

კაკეთური				არაბული				ლათინური				ბერძნული				სიმბ- ოლ	
ა	ბ	გ	დ	ა	ბ	გ	დ	A	B	C	D	Α	Β	Γ	Δ	Α	Β
ე	ვ	ზ	თ	ე	ვ	ზ	თ	E	V	Z	T	Ε	Β	Γ	Δ	Ε	Β
ი	პ	ჟ	რ	ი	პ	ჟ	რ	I	P	J	R	Ι	Ρ	Ζ	Θ	Ι	Ρ
ს	ზ	ყ	ფ	ს	ზ	ყ	ფ	S	Z	Q	F	Σ	Ζ	Ψ	Φ	Σ	Ζ
ც	ძ	ჭ	ხ	ც	ძ	ჭ	ხ	C	ძ	ჭ	X	Τ	Χ	Ψ	Χ	Τ	Χ
ძ	წ	წ	ჩ	ძ	წ	წ	ჩ	ძ	წ	წ	ჩ	Υ	Φ	Ψ	Φ	Υ	Φ
კ	კ	კ	კ	კ	კ	კ	კ	K	კ	კ	კ	Ψ	Ψ	Ω	Ψ	Ψ	Ω
ლ	ლ	ლ	ლ	ლ	ლ	ლ	ლ	L	ლ	ლ	ლ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
მ	მ	მ	მ	მ	მ	მ	მ	M	მ	მ	მ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ნ	ნ	ნ	ნ	ნ	ნ	ნ	ნ	N	ნ	ნ	ნ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ვ	ვ	ვ	ვ	ვ	ვ	ვ	ვ	V	ვ	ვ	ვ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
გ	გ	გ	გ	გ	გ	გ	გ	G	გ	გ	გ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
დ	დ	დ	დ	დ	დ	დ	დ	D	დ	დ	დ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ე	ე	ე	ე	ე	ე	ე	ე	E	ე	ე	ე	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ვ	ვ	ვ	ვ	ვ	ვ	ვ	ვ	V	ვ	ვ	ვ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ზ	ზ	ზ	ზ	ზ	ზ	ზ	ზ	Z	ზ	ზ	ზ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
თ	თ	თ	თ	თ	თ	თ	თ	T	თ	თ	თ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ი	ი	ი	ი	ი	ი	ი	ი	I	ი	ი	ი	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
პ	პ	პ	პ	პ	პ	პ	პ	P	პ	პ	პ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ჟ	ჟ	ჟ	ჟ	ჟ	ჟ	ჟ	ჟ	J	ჟ	ჟ	ჟ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
რ	რ	რ	რ	რ	რ	რ	რ	R	რ	რ	რ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ს	ს	ს	ს	ს	ს	ს	ს	S	ს	ს	ს	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ზ	ზ	ზ	ზ	ზ	ზ	ზ	ზ	Z	ზ	ზ	ზ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ყ	ყ	ყ	ყ	ყ	ყ	ყ	ყ	Q	ყ	ყ	ყ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ფ	ფ	ფ	ფ	ფ	ფ	ფ	ფ	F	ფ	ფ	ფ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ქ	ქ	ქ	ქ	ქ	ქ	ქ	ქ	X	ქ	ქ	ქ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ც	ც	ც	ც	ც	ც	ც	ც	C	ც	ც	ც	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ც	ც	ც	ც	ც	ც	ც	ც	C	ც	ც	ც	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	ძ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	წ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ
ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	ჩ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ	Ϡ

## ნ. თევზაძე

მეცნიერებისა და ტექნიკის დამსახურებული მოღვაწე.  
ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

# საინჟინრო გეოდეზია

## VI

(გეომეზრიული ოპტიკა, კათხსაზომი  
ხალსაწყობი და ინსტრუმენტები)

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპეციალ-  
ური განათლების სამინისტროს მიერ დამტკიცებულია სა-  
ხელმძღვანელოდ უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლ-  
ბის სტუდენტებისათვის

საინჟინრო გეოდეზიის წინამდებარე მეექვსე ნაწილში განხილულია გეომეტრიული ოპტიკისა (სარკეები, პრიზმები, ლინზები, სამიზნეული ხელსაწყოები) და კუთხსაზომი ინსტრუმენტების (ბუსოლები, დანაყოფების ასათეული ხელსაწყოები, კომპენსატორები, თარაზოები, ლითონის წრედებიანი და ოპტიკური თეოდოლიტები) თეორია და პრაქტიკა.

წიგნში მოცემულია ზემოხსენებული ხელსაწყოებისა და ინსტრუმენტების შემოწმება-შესწორებები, გამოკვლევები და მათი გამოყენების წესები. წიგნი შეიძლება გამოიყენოს ყველა პროფილის სტუდენტმა, სადაც იკითხება გეოდეზიის კურსი; იგი სარგებლობას მოუტანს აგრეთვე გეოდეზიური და სამარკშეიდერო წარმოების მეცნიერ და პრაქტიკოს მუშაკებს.

# უიწაარსი

## გეოდეზიური ხელსაწყოები და ინსტრუმენტები

### თავი I

#### ობიექტის ხაზუქვლები

6. 1. 1. გეომეტრიული და ტალღური (ტალისშიერი) ობიექტა . . . . .	8
A. გეომეტრიული ობიექტის კანონები და მათი გამოყენება სარკეებისა და პრიზმ- ბისაგან შედგენილ ობიექტურ, სისტემებში . . . . .	10
B. არეკლა . . . . .	10
I. ბრტყელი სარკეები	
b. გარდატეხა . . . . .	14
c. სრული შიგა არეკლა . . . . .	17
II. ობიექტური პრიზმები	
1. გარდამტეხი პრიზმა . . . . .	21
2. სრული შიგა ამრეკლავი პრიზმები . . . . .	23
III. ობიექტური ლინზები	
6. 1. 2. იდეალური ობიექტური სისტემა. გაუსის ობიექტა. ლინზების ობიექტური ცენტრი . . . . .	33
A. ლინზების ძირითადი ფორმულები . . . . .	36
B. ლინზის ობიექტური ძალა . . . . .	39
C. საგნის გამოსახულების აგება . . . . .	40

### თავი II

#### სამიზნებელი ხელსაწყოები

6. 2. 1. ადამიანის თვალი და მისი თესვებები . . . . .	43
6. 2. 2. შიშა-სახახაი—ალიდადა დიოპტრებით . . . . .	47
6. 2. 3. ობიექტური ხელსაწყოების დანიშნულება . . . . .	49
6. 2. 4. სამზერი და სამიზნებელი კოგრი . . . . .	50
A. კოგრის ხილული კუთხური გამადიდებლობა . . . . .	52
a. ნორმული, მაქსიმალური და მინიმალური გამადიდებლობა . . . . .	57
b. კოგრის გამადიდებლობის განსაზღვრის პრაქტიკული ხერხები . . . . .	59
B. კოგრის მხედველობის არე . . . . .	61
a. კოგრის მხედველობის არის განსაზღვრის პრაქტიკული ხერხები . . . . .	62
C. გამოსახულების ნათლობა . . . . .	65
D. კოგრის მკაფიობის ძალა . . . . .	67
a. კოგრის მკაფიობის ძალის განსაზღვრის პრაქტიკული ხერხი . . . . .	68
6. 2. 5. კეპლერის მარტივი ასტრონომიული კოგრის უარყოფითი მხარეები . . . . .	68
A. სფერული აბერაცია . . . . .	69
B. ქრომატული აბერაცია . . . . .	70
C. ასტიგმატიზმი და გამოსახულების არას სიმრულე . . . . .	72
D. კომა და დისტორსია . . . . .	73
6. 2. 6. რთული ლინზა . . . . .	74

A. რთული ობიექტები, ტელეობიექტები	78
B. რთული ოკულარები	79
C. ძაფთა ბადე	84
6. 2. 7. კოგრი შიგა ფოკუსთგაწყობით	85
6. 2. 8. სამზერად კოგრის დაყენება. ძაფთა პარალაქსი. კოგრის დამიზნება	86
6. 2. 9. კოგრით დამიზნების სიზუსტე	89
6. 2. 10. ღერბინდი	90
6. 2. 11. გალილის კოგრი (ბინოკლი)	91
6. 2. 12. კოგრის გამოცდა	92

### თ ა ვ ი III

#### დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოები

6. 3. 1. კერნიერი	93
6. 3. 2. ერთლინზიანი და რთული ლუპა	107
6. 3. 3. რთული მიკროსკოპი	110
6. 3. 4. ასათვლელი მიკროსკოპები. მიკროსკოპი მაჩვენებლითა (ინდექსით) და სკალით	112
6. 3. 5. მიკროსკოპი ხრახნილიანი მიკრომეტრით	119
6. 3. 6. ცალმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრი	123
A. მიკრომეტრი ბრტყელი-პარალელური ფირფიტით	124
B. მიკრომეტრი ოპტიკური სოლით	126
6. 3. 7. ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრი	124
A. ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრი ბრტყელ-პარალელური ფირფიტებით	128
B. ოპტიკურსოლებიანი ორმხრივი მიკრომეტრი	132
C. ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრის გამოკვლევა	134
6. 3. 8. ოპტიკური შვმფასებელი	138

### თ ა ვ ი IV

#### შვეული. თარაზო

6. 4. 1. შვეული	141
A. ზონარი შვეული	142
B. ხისტი შვეული	143
C. ოპტიკური შვეული	143
a. ცალმხრივი ოპტიკური შვეული	144
b. ორმხრივი ოპტიკური შვეული	145
c. შვეულის სამიზნე ღერძის თვითმომწესობადი ოპტიკური შვეული	146
D. ოპტიკური შვეულის შემოწმება	147
a. როდესაც შვეულის კოგრზეა თარაზო	147
b. როდესაც შვეული მიმაგრებულია ინსტრუმენტის სადგარზე	147
c. როდესაც შვეული მიმაგრებულია ინსტრუმენტის კოგრზე	148
d. სამიზნე ღერძის თვითდამყენებელი შვეული	148
6. 4. 2. თარაზოები	149
6. 4. 3. დასაყენებელი, ტლანქი, დამოუკიდებელი ცილინდრული თარაზოს დამზადება და გა- მოყენება	149
6. 4. 4. ცილინდრული თარაზოს ამულის დამზადება და გეომეტრიული ელემენტები	152
6. 4. 5. თარაზოები პრისმების სისტემებით	156
6. 4. 6. ცილინდრული თარაზოს ჩარჩო	157
6. 4. 7. ცილინდრული თარაზოს ღერძის დახრის განსაზღვრა	158
6. 4. 8. თარაზოს ერთი დანაყოფის საფასურის განსაზღვრა	161
A. თარაზოს საფასურის განსაზღვრა ეგზამინატორით	161
B. თარაზოს საფასურის განსაზღვრა იმწვეი ხრახნებით	166
C. თარაზოს საფასურის განსაზღვრა ლარტყით	168
D. თარაზოს საფასურის განსაზღვრა უნივერსალზე	171
6. 4. 9. თარაზოს მგრძნობიარობა	175
6. 4. 10. თარაზოს შემოწმება. ზახისა და სიბრტყის ნიველირება	178
6. 4. 11. კუთხოვანი ინსტრუმენტის კოგრის ბრუნვის ღერძის ნიველირება	180
6. 4. 12. თარაზოთი ღერძის ნიველირება	181
6. 4. 13. სფერული თარაზო	185

თ ა ვ ი V

კომპენსატორები

6. 5. 1.	კომპენსატორების მოქმედების ზოგადი პრინციპი . . . . .	186
6. 5. 2.	კომპენსატორები ბრტყელპარალელური ფირფიტებით . . . . .	189
6. 5. 3.	კომპენსატორი ობტიკური სოლით . . . . .	190
	A. ერთსოლიანი კომპენსატორი . . . . .	190
	B. ორსოლიანი კომპენსატორი . . . . .	191
	C. მბრუნავი ორსოლიანი კომპენსატორი . . . . .	191
6. 5. 4.	ერთლინიანი კომპენსატორი . . . . .	192
6. 5. 5.	ავტორედუქციული კომპენსატორები . . . . .	193
6. 5. 6.	სითხიანი კომპენსატორები . . . . .	197
	A. კომპენსატორი ცილინდრული თარაზოთი . . . . .	197
	B. კომპენსატორი სფერული თარაზოთი . . . . .	198
	C. ღიაპირი კომპენსატორი თხევადზედაპირიანი კომპენსატორი . . . . .	199
	D. კომპენსატორი ორ განშრეხებულ სითხეს შორის გარდამტეხი ზედაპირით . . . . .	199

თ ა ვ ი VI

ინსტრუმენტების მექანიკური ნაწილები და ღერძების აგებულება

6. 6. 1.	შტატივები, კონსოლები, დაცენტრის აგებულება და სიგნალები . . . . .	201
6. 6. 2.	ზედადგარი . . . . .	203
6. 6. 3.	ღერძების სისტემები . . . . .	204
	A. ვერტიკალური ღერძები . . . . .	204
	B. პირობონტული ღერძები და მასთან დაკავშირებული ელემენტები . . . . .	205
	C. ხრახნები . . . . .	206

თ ა ვ ი VII

აღვილზე დაკვალვებისა და კუთხეების გაზომვისათვის ხ.ჭირო უმარტივესი ინსტრუმენტები

6. 7. 1.	აღვილზე მართი და გაშლილი კუთხეების დასაკვალავი უმარტივესი ინსტრუმენტები . . . . .	207
	A. ჩხირებიანი და დიოპტრებიანი ეკერები . . . . .	207
	a. ჭვარედინა ეკერის შემოწმება . . . . .	209
	b. ჭვარედინა ეკერის გამოყენება . . . . .	211
	B. სარკიანი ეკერები . . . . .	212
	a. ერთსარკიანი ეკერი . . . . .	212
	b. ორსარკიანი ეკერი . . . . .	214
	c. ჭვარედინასარკიანი და მასშტაბიანი ეკერი . . . . .	216
	C. პრიზმიანი ეკერები . . . . .	217
	a. ტოლფერდა მართკუთხაპრიზმიანი ეკერი . . . . .	217
	b. პენტაპრიზმიანი ეკერი . . . . .	219
	c. ევლასტონისპრიზმიანი ეკერი . . . . .	219
	d. ორპრიზმიანი ეკერი . . . . .	219
	e. ობტიკური ეკერების უპირატესობა და ნაკლი მარტივ ჭვარედინა ეკერებთან შედარებით. ეკერების სიზუსტე . . . . .	221
6. 7. 2.	საორიენტაციო, თარაზული და დახრის კუთხეების გასაზომი და აღვილზე ნებისმიერი ოდენობის თარაზული კუთხეების დასაკვალავი უმარტივესი ინსტრუმენტები . . . . .	222
	A. კომპასი და ბუსოლი . . . . .	222
	B. ბუსოლის შემოწმება . . . . .	231
	a. საერთო პირობები, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ნებისმიერი ბუსოლი . . . . .	231
	b. დამატებითი პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ზოგიერთი ბუსოლი . . . . .	235
	c. ზოგიერთი მითითებები მაგნიტური ინსტრუმენტებით მუშაობისათვის . . . . .	236
	C. დეკლინატორი . . . . .	237
	a. დეკლინატორის შემოწმება . . . . .	241
	D. ასტროლაბი. გონიომეტრი. პანტომეტრი . . . . .	242
	E. ეკლიმეტრები . . . . .	244
	a. ტანდორფის ეკლიმეტრი . . . . .	246

b. ბრანდისის ეკლიმეტრი . . . . .	248
o. ვიმპერის ეკლიმეტრი . . . . .	249
d. ეკლიმეტრი და ხრისის კუთხის გაზომვის სიზუსტე . . . . .	250

თ ა შ ი VIII

თანამედროვე ხრულყოფილი კუთხსაზომი და დასაკვალავი ინსტრუმენტები

6. 8. 1. კუთხეების სახეობები და მათი გასაზომი ინსტრუმენტების სრულყოფილი გეომეტრიული კონსტრუქცია . . . . .	252
6. 8. 2. თანამედროვე სრულყოფილი კუთხსაზომი ინსტრუმენტების კლასიფიკაცია . . . . .	254
6. 8. 3. დაბალი სიზუსტის სრულყოფილი კუთხსაზომი ინსტრუმენტები (IV-ჯგუფი) . . . . .	257
A. ლითონისწრედებიანი თეოდოლიტ-ტაქსომეტრები . . . . .	258
a. კუთხის წერტილზე თეოდოლიტის დაყენება სამუშაო მდგომარეობაში, წერტილებზე სამიზნეების დაყენება, კოვრის სამიზნედ გამზადება და დამიზნება საგანზე, ხელსაწყოებითურთ მისი ჩალაგება ყუთში . . . . .	266
b. ინსტრუმენტის შემოწმებისა და გამოკვლევის არსი . . . . .	269
c. ლითონისწრედებიანი თეოდოლიტების შემოწმებები და შესწორებები . . . . .	270
B. მცირეგაბარიტიანი ოპტიკური თეოდოლიტები . . . . .	301
a. მცირე ოპტიკური თეოდოლიტი TOM . . . . .	301
b. მცირეგაბარიტიანი ოპტიკური თეოდოლიტი T—30 . . . . .	303
c. საშო ოპტიკური თეოდოლიტი T—20 . . . . .	304
d. სამარკშიდერო ოპტიკური თეოდოლიტი OMT—30 . . . . .	306
C. უცხოეთის ფირმების მცირეგაბარიტიანი თეოდოლიტები . . . . .	311
a. მცირე ოპტიკური თეოდოლიტი Theo—120 . . . . .	311
b. დასაკიდი თეოდოლიტი Theo—6,1 . . . . .	313
c. საინჟინრო ოპტიკური თეოდოლიტი Te—E4 . . . . .	314
6. 8. 4. საშუალო სიზუსტის (ხუსტი) ოპტიკური თეოდოლიტები (III ჯგუფი) . . . . .	315
A. ოპტიკური თეოდოლიტი T 10 . . . . .	316
B. ოპტიკური თეოდოლიტი T 5 . . . . .	317
C. ოპტიკური თეოდოლიტი Theo—020' . . . . .	318
D. ოპტიკური თეოდოლიტ-ტაქსომეტრი Te—D2 . . . . .	319
6. 8. 5. მაღალი სიზუსტის (პრეციზიული) ოპტიკური თეოდოლიტები (II ჯგ.) . . . . .	320
A. თეოდოლიტი TT—4 . . . . .	320
B. თეოდოლიტი T—2 . . . . .	326
C. თეოდოლიტი Theo—010 და Te—B 1 . . . . .	329
D. უნივერსალური თეოდოლიტი Te—C 1 . . . . .	330
6. 8. 6. უმაღლესი სიზუსტის ოპტიკური თეოდოლიტები (I ჯგუფი) . . . . .	331
A. სატრანსგულაციო თეოდოლიტი TT—2/6 . . . . .	331
B. ოპტიკური თეოდოლიტი OT—02 . . . . .	332
a. წრედები და სამიზნე კოვრის . . . . .	334
b. ოპტიკური სქემა . . . . .	337
c. წრედებზე ანათოლების აღება . . . . .	338
C. ოპტიკური თეოდოლიტების შემოწმება და შესწორება . . . . .	344
6. 8. 8. თეოდოლიტების გამოკვლევები . . . . .	355
6. 8. 9. თეოდოლიტის გამოყენების წესი . . . . .	375
6. 8. 10. რედუქციისა და დაცენტრის შეცდომების გააღწევა კუთხეების ვანაზომებზე . . . . .	376
6. 8. 11. საგანზე კოვრით დამიზნების დროს თარაზული წრედის სასურველ ანათვალზე დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოების დაყენება. წერტილზე მიმართების მაგაიტური აბსცისის გაზომვა თეოდოლიტის თარაზული წრედის საშუალებით . . . . .	3 78
6. 8. 12. თარაზული მიმართულებებისა და კუთხეების გაზომვის სხვადასხვა მეთოდი . . . . .	382
A. ნახევარი და ერთი ილეთით ცალკეული კუთხის გაზომვა . . . . .	383
B. განმეორებითი ხერხით ცალკეული კუთხის გაზომვა . . . . .	386
C. წრთელი ილეთების ხერხი . . . . .	394
D. შრებიერის ხერხით ცალკეული კუთხეების გაზომვა . . . . .	402
E. სამი მიმართულების ხერხი. შრებიერის სახეშეცვლილი ხერხი . . . . .	408
6. 8. 13. ვერტიკალური (დ-ხრისა და ზენიტური) კუთხეების გაზომვა . . . . .	410
ლიტერატურა . . . . .	415

## გეოდეზიური ხელსაწყოები და ინსტრუმენტები

გეოდეზიური ინსტრუმენტებით (თეოდოლიტი, ნიველირი, კიპრე-გელი, პლანიმეტრი, გრაფიმეტრი და სხვა) ხდება ასტრონომიული, გეოდეზიურა და გრაფიმეტრიული დაკვირვებები და გაზომვები, ხოლო ხელსაწყოები (თარაზო, სამიზნეხელი ჭოგრი, ვერნიერი, მიკროსკოპი, ბუსოლი და სხვა) წარმოადგენს მათ ნაწილებს. როცა ხელსაწყოს ვიყენებთ დამოუკიდებლად (ბუსოლი გაგნებისათვის), მაშინ მათ შეიძლება ვუწოდოთ ინსტრუმენტი.

აღნიშნული ხელსაწყოებისა და ინსტრუმენტების კარგად ცოდნის გარეშე აქ შეიძლება, გაზომვებისადმი მოთხოვნილი სიზუსტის შესაბამისად, მათი შეარჩევა და გამოყენება. ამიტომ, ერთი მხრივ, საჭიროა ვიცოდეთ ხელსაწყოებისა და ინსტრუმენტების აგებულების თეორია და მუშაობის პრინციპი, მეორე მხრივ, გვქონდეს მათი გამოყენებისა და მოვლის გამოცდილება.

ნებისმიერი ხელსაწყო და ინსტრუმენტი თანხლებულია შეცდომებით, რომელთაც ზოგადად ვუწოდოთ ინსტრუმენტული შეცდომები.

ამ შეცდომებისაგან თავისუფალი განაზომების მიღების მიზნით ატარებენ სამჩაირ ღონისძიებას:

1. სათანადო შემასწორებელი ხრახნებით მათ ოდენობებს შესაძლებლისად ამცირებენ;

2. ამ ნარჩენი შეცდომების გავლენას სპობენ სათანადო ფორმულები გამოყენებით ან საზღვრავენ მათ ოდენობებს და განაზომებში შეაქვთ შესწორებების სახით;

3. იმ შეცდომების მიმართ, რომელთა შესწორებისათვის ხრახნები და მოსპობისათვის ფორმულები არ არსებობს, შეარჩევენ გაზომვების სხვადასხვა მეთოდისაგან განაზომებზე მათი გავლენის მინიმუმამდე დაყვანის მიზნით.

განხილავთ ტომის აგებულების მეთოდოლოგია, ძირითადად, ინდუქციის პრინციპის შესაბამისია. ძირითადად იმიტომ, რომ ზოგიერთი საკითხი გაშუქებისათვის საჭირო ხდება ზოგადი სახის ცნებების გამოყენება. მაგალითად, პირველ რიგში შეისწავლება ხელსაწყოები და შემდეგ ინსტრუმენტები, ანავე დროს მათთან დაკავშირებული საკითხების განხილვის წინ საჭიროა გეომეტრიული და ტალღური ოპტიკის ზოგიერთი ცნების განსაზღვრებები და ნათი ოდენობების განსაზღვრის საკითხების განხილვა.

არსებული მასალის ათვისებისათვის ჩვენს მიერ მიღებული მეთოდისა მოცემული იქნება განსახილველი ხელსაწყოს და ინსტრუმენტის: დანიშნულების შესახებ განსაზღვრება; აღწერილობა; მათთან დაკავშირებული ცნებების განსაზღვრებები და ოდენობების განსაზღვრის ფორმულები და ხერხები; სავლელ (არა საქარხნო) შემოწმებები და ინსტრუმენტული შეცდომების შესახებ ზემოთ მოყვანილი ღონისძიებების ჩატარების მეთოდისა და ფორმულები (საჭიროებისამებრ გამოკვლევები); პრაქტიკულად მათი გამოყენების მეთოდიკა.



## ოპტიკის საფუძვლები

### 6.1.1. გეომეტრიული და ტალღური (ტალღისმძიარი) ოპტიკა

გეოდეზიური სამუშაოებისათვის საჭირო საველე და კამერული ინსტრუმენტები დანიშნულებისა და აგებულების მხრივ, ძირითადად, უაღრესად სხვადასხვაგვარი სახის ოპტიკური ხელსაწყოების აგრეგატებს წარმოადგენენ, რომელთა მოქმედება ემყარება სინათლის ქვემოთ მოყვანილი ივისებების გამოყენებას.

ბუნებრივი სინათლე წარმოადგენს ელექტრომაგნიტურ ტალღებს, რომლებიც მათი წყაროდან (მნათი წერტილიდან) გამოსული ერთგვაროვან (იზოტროპულ) გარემოში ყველა მიმართულებით ვრცელდებიან ურთიერთდამოუკიდებლად, წრფივად და უცვლელი სიჩქარით. სინათლის ენერჯის ნაკადის მიმართულებას უწოდებენ სინათლის სხივს, ხოლო ამ უკანასკნელთა დიდ ერთობლიობას ეწოდება სინათლის სხივების კონა. მნათი წერტილი და სინათლის სხივი ცდით მიღებული აბსტრაგირებული გეომეტრიული ცნებებია.

1. 1. 1. პარაგრაფში აღნიშნული იყო, რომ უჰაერო (კოსმოსური) სივრცეებიდან დედამიწის ატმოსფეროში სინათლის გავრცელების სიჩქარეა 298800 კმ/სეკ. აქვე დავსძენთ, რომ გეოდეზიური გამოთვლების დროს წმინდა უჰაერო სივრცეში ელექტრომაგნიტური ტალღების სიჩქარე სივრცეში მიღებულია დაახლოებით 298884 კმ/სეკ. ხშირად ფაქტობრივად იღებენ 300000 კმ/სეკ. როგორც ვხედავთ, ჰაერში სინათლის სიჩქარე წედარებით მცირეა. მნიშვნელოვნად მცირდება სინათლის სიჩქარე, როცა ის გადის სხვადასხვა ნივთიერებებში; მაგალითად, მინაში გავლისას იგი დაახლოებით უდრის 200000 კმ/სეკ.

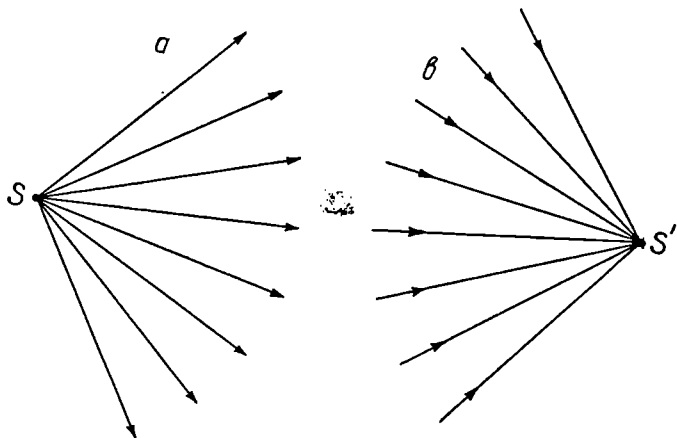
ოპტიკა, ანუ მეცნიერება სინათლის შესახებ, სწავლობს სინათლეს გეომეტრიული (სხივური) და ფიზიკური (ტალღური) თვალთახედვით.

გეომეტრიულ ოპტიკაში შეისწავლება ოპტიკურ სისტემებსა და გარემოში სინათლის სხივების გავლის საკითხები მათი ფიზიკური არსის ანალიზის გარეშე. იგი ეყრდნობა რა სინათლის ზემოხსენებულ პირობით განსაზღვრებასა და ემპირიულ (ექსპერიმენტულ) კანონებს, მარტივად და საკმარისი სიზუსტით გამოიყენება ოპტიკური სისტემების დაპროექტებისა და გამოთვლების დროს. მას დიდი გამოყენება აქვს კუთხსაზომ და სანიველო იარაღებში.

ფიზიკური ოპტიკა სწავლობს სინათლის სხივს, როგორც ტალღურ პროცესს. ეყრდნობა რა სინათლის ტალღურ თეორიას, იგი არკვევს სინათლის ბუნებას, აყალიბებს სინათლის ენერჯის გადაცემის თეორიას და ხსნის

მასთან დაკავშირებულ მოვლენებს, როგორცაა: დიფრაქცია, ინტერფერენცია, ზოლარიზაცია, სინათლის შთანთქვა გამჭვირვალე გარემოთი და სხვა. მას დიდი გამოყენება აქვს თანამედროვე „ფიზიკური მანძილზომების“ დაპროექტების საქმეში. აგრეთვე გარდა გეომეტრიული ოპტიკისა, ტალღური ოპტიკის საშუალებებსა და მეთოდებს იყენებენ: ოპტიკური ხელსაწყოების გაყოფადობის (განზოლოების, გარჩევის) ძალის (უნარის) დადგენის; მიკროსკოპებში გამოსახულების მიღების თეორიის; ოპტიკური ხელსაწყოების ხარისხის დადგენისა და სხვა საკითხების ახსნისათვის. ფიზიკური (ტალღური) ოპტიკის ზოგიერთი საკითხები, როგორცაა: სინათლის აბერაცია და თვისებები, დოპლერ-ფიუზიის პრინციპი და დოპლერის ფორმულით ასტრონომიული ერთეულის განსაზღვრა განხილულია (1.4.4.), (1.4.5) და (1.4.6) პარაგრაფებში.

მნათი წერტილის ერთი საერთო ცენტრიდან გამოსულ სხივთა კონის, რომელიც იშლება სხვადასხვა მიმართულებით, ეწოდება **გ ა ნ შ ლ ა დ ი გ ო მ ო ც ე ნ ტ რ უ ლ ი კ ო ნ ა**. ამ კონას შეესაბამება სფერული ფორმის ტალღური



ნახ. 6.1.1.11.

ზედაპირი, რომლის ნორმალებია გომოცენტრული კონის სხივები. შებრუნებით, ანუ, როცა სხივები მიემართება სხივთა კონის ცენტრისაკენ, მათ ეწოდება **კ რ ე ბ ა დ ი გ ო მ ო ც ე ნ ტ რ უ ლ ი კ ო ნ ა**. ნებისმიერი ოპტიკური ხელსაწყოს დანიშნულებაა ერთი სახის გომოცენტრული კონა გარდაქმნას მეორე სახის კონად, რისთვისაც საჭირო იქნება სხივების არეკვლისა და გარდატეხის ძეგისებების გამოყენება. (1') ნახაზის შესაბამისად კონის  $S$  ცენტრს ეწოდება **ს ა გ ა ნ ი** და  $S'$  ცენტრს **კ ი გ ა მ ო ს ა ხ უ ლ ე ბ ა**. გომოცენტრულობის შენარჩუნებით სინათლის წყაროს (საგნის) თითოეული წერტილი იძლევა გამოსახულების ერთ წერტილს. ასეთ გამოსახულებას ეწოდება **წ ე რ ტ ი ლ ო ვ ა ნ ი** ანუ **ს ტ ი გ მ ა ტ უ რ ი**. თუ წარმოვიდგენთ სხივების სვლას  $S'$  გამოსახულებიდან საწინააღმდეგო მიმართულებით, მაშინ ოპტიკური სისტემა გარდაქმნის დამოკე

კონას ისეთ კონად, რომელსაც ცენტრში აქვს ცსაგანი. ასეთ წერტილებს და სხვთა კონებს ოპტიკური სისტემის მიმართ ეწოდება შეუღლებულები.

გამოსახულების წერტილს ეწოდება ნ ა მ დ ვ ი ლ ი, როცა სხივთა გომოცენტრული კონა (და არა მათი განგრძობა) გადაიკვეთება მათ გეომეტრიულ  $S'$  წერტილში, ხოლო, როცა სინამდვილეში სხივთა კონა არ გადის ამ წერტილში და იგი ( $S'$  წერტილი) მიიღება სხივების (წარმოდგენით) გეომეტრიულად (შეზრუნებით) განგრძობით, მაშინ წერტილის ან საგნის გამოსახულებას ეწოდება წ ა რ მ ო ს ა ხ ვ ი თ ი (მოჩვენებითი). ნამდვილი გამოსახულება შეიძლება მიღებულ იქნეს ეკრანზე და ფოტოფირზე; წარმოსახვითი გამოსახულება კი არ შეიძლება დაგვემიღებულ იქნეს ეკრანზე, ხოლო იგი შეიძლება ასახულ იქნეს როგორც ნამდვილი მნათი წერტილი.

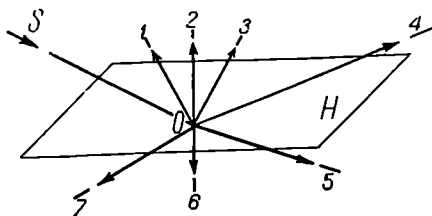
საერთოდ ოპტიკური სისტემები არღვევს სხივთა კონის გომოცენტრულობასა და სტიგმატურობას, რითაც იქმნება ა ს ტ ი გ მ ა ტ უ რ ი სხივების კონა. ამ მოვლენას ყოველმხრივ ებრძვიან, რათა დაცულ იქნეს სხივთა გომოცენტრული და სტიგმატური თვისებები.

სინათლის სხივების მიმართ ფიზიკური სხეულები იყოფა ორ ჯგუფად: გა მ ჰ ვ ი რ ვ ა ლ ე, რომლებიც უშვებენ თავიანთ ტანში სხივებს, და გა უ მ ჰ ვ ი რ ვ ა ლ ე, რომლებიც არ უშვებენ მათ.

#### 4. გომოცენტრული ოპტიკის კანონები და მათი გამოყენება სარკეებისა და პრიზმებისაგან შედგენილ ოპტიკურ სისტემებში

##### ა. არეკვლა

სინათლის  $S$  კონა გარემოს ორად გამყოფ  $H$  ზედაპირზე დაცემისას იშლება სხივებად, რომელთაგანაც ნაწილი (1,2,3,4) ა ი რ ე კ ლ ე ბ ა, ხოლო დანარჩენები (5,6,7) გ ა რ დ ა ტ ე ხ ი ლ ნ ი გადიან გარემოს მეორე ნაწილში.  $H$  ზედაპირი თუ ხორკლია-



ნახ. 6.1.1.1.

ნია, ვინილავთ დიფუზურ (განზნევით) არეკვლას, რომლის დროს არეკლილი სხივები მიემართება მრავალი (1, 2, 3, 4) მიმართულებით (ნახ. 1). ცხადია, ამ შემთხვევაში ზედაპირზე დაცემული სინათლის ძალა მეტი იქნება არეკლილი სინათლის ძალაზე. ამ დროს დაკარგული

სინათლის ოდენობა დამოკიდებულია სხივთა კონის დაცემის კუთხეზე, სინათლის ძალასა და ამ რეკლი ზედაპირის თვისებაზე.

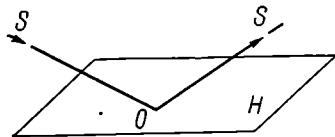
იმ შემთხვევაში, როცა სხივთა კონის დაცემის  $H$  ზედაპირი ბრტყელი, გაპრიალებული და ერთ მხარეზე სხივამრეკლითაა დაფარული (ბრტყელი სარკე, ლითონის გაპრიალებული ფირფიტა) ანუ სხივგაუმტარი, ადგილი ექნება

სარკეული არეკვლის მოვლენას (იხ. შემდეგი მუხლი), რომლის დროს  $S$  კონა არ იშლება (იგი შეგვიძლია მოვიხსენიოთ სინათლის სხივად) და აირეკლება მხოლოდ ერთი მიმართულებით (ნახ. 2). აქ ამრეკლავ ზედაპირად შეიძლება იყოს სარკის როგორც ზედა, ისე ქვედა სიბრტყე. მეორე შემთხვევაში სინათლის სხივები გაივლის მინის სიზრქეში და აირეკლება.

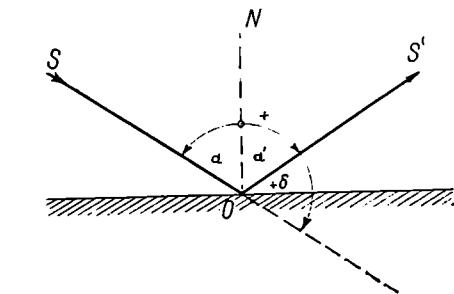
ექსპერიმენტებით დადგენილია კანონი, რომ დაცემის წერტილ-

ში  $S$  სინათლის სხივი,  $NO$  ნორმალ და  $S'$  არეკლილი სხივი ერთ სიბრტყეშია, ხოლო  $\alpha$  დაცემისა და  $\alpha'$  არეკვლის კუთხეები აბსოლუტურად ტოლი, მაგრამ ურთიერთსაწინააღმდეგო ნიშნებისაა, რადგანაც ორივე სხივი განლაგებულია ნორმალის სხვადასხვა მხარეზე (ნახ. 3).

შეთანხმების თანახმად, დაცემის  $\alpha$  და გარდატეხის  $\alpha'$  კუთხეები ითვლება დადებითად, თუ მათი შექმნისათვის შესაბამისი სხივი (როგორც დაცემის, ისე არეკვლის) საჭიროა ვაბრუნოთ  $NO$  ნორმალიდან საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი იქნებიან უარყოფითი; მაგალითად, (3) ნახაზზე დაცემის  $\alpha$  კუთხე უარყოფითია,



ნახ. 6.1.1.2.



ნახ. 6.1.1.3.

რის ანუ მოხვევის კუთხე და გამოითვლება:

$$|\delta| = 180^\circ - 2|\alpha| \quad (6.1.1.1)$$

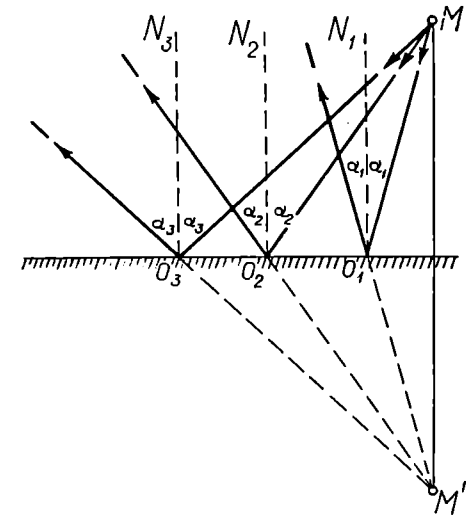
დამოკიდებულებით. ეს კუთხე ითვლება დადებითად, როცა მისი შექმნისათვის საჭიროა  $OS'$  არეკლილი სხივი ვაბრუნოთ საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით საწყისი მიმართულების, ანუ  $SO$  სხივის გაგრძელების მიმართ. მაგალითად, (3) ნახაზზე იგი არის დადებითი.

### 1. ბრტყელი სარკეები

წინა მუხლში მიღებული განსაზღვრების თანახმად სარკეს უწოდებენ გამჭვირვალე ან გაუმჭვირვალე მასალისაგან დამზადებულ საგანს (ფირფიტას), რომლის ზედაპირი

სინათლის სხივების ოპტიკური არეკვლის თვისების მქონეა.

საგნის გამოსახულება ბრტყელ სარკეში არის წარმოსახვითი ფორმის და ოდენობით დაუმახინჯებელი და გვერდებით



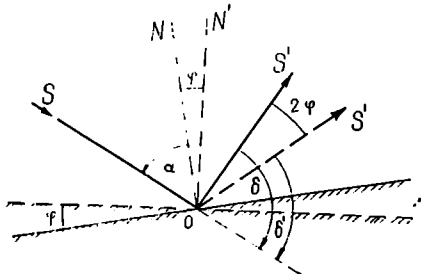
ნახ 6.1.1.4.

საგნის ნამდვილი და წარმოსახვითი ერთსახელა წარფე მართობია სარკის ზედაპირისა, რომელიც წერტილში. ზემოაღნიშნულის შესახებ ნათელ წარმოდგენას იძლევა M წერტილიდან გამოსული სხივები (ნახ. 4), რომლებიც სხვადასხვა  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  ოდენობის კუთხეებით ეცემიან H ბრტყელ სარკეს. ცხადია, ეს სხივები გეომეტრიული ოპტიკის კანონის მიხედვით აირეკლება იმავე  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  ოდენობების კუთხეებით. არეკლილი სხივები იქნება განშლადი და მათ დამხვდურ თვალს მოეჩვენება თითქოს ეს სხივები გამოდის შებრუნებით მათი გაგრძელების გადაკვეთაზე M' წერტილიდან. ამ წერტილში დაინახავს დამკვირვებელი M მნათი წერტილის გამოსახულებას, რომელიც იქნება მარჯვენაებითი,

წერტილების შემაერთებელი მდებარეობს ამ წრფის შუა წერტილში. ზემოაღნიშნულის შესახებ ნათელ წარმოდგენას იძლევა M წერტილიდან გამოსული სხივები (ნახ. 4), რომლებიც სხვადასხვა  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  ოდენობის კუთხეებით ეცემიან H ბრტყელ სარკეს. ცხადია, ეს სხივები გეომეტრიული ოპტიკის კანონის მიხედვით აირეკლება იმავე  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  ოდენობების კუთხეებით. არეკლილი სხივები იქნება განშლადი და მათ დამხვდურ თვალს მოეჩვენება თითქოს ეს სხივები გამოდის შებრუნებით მათი გაგრძელების გადაკვეთაზე M' წერტილიდან. ამ წერტილში დაინახავს დამკვირვებელი M მნათი წერტილის გამოსახულებას, რომელიც იქნება მარჯვენაებითი,

წერტილების შემაერთებელი მდებარეობს ამ წრფის შუა წერტილში. ზემოაღნიშნულის შესახებ ნათელ წარმოდგენას იძლევა M წერტილიდან გამოსული სხივები (ნახ. 4), რომლებიც სხვადასხვა  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  ოდენობის კუთხეებით ეცემიან H ბრტყელ სარკეს. ცხადია, ეს სხივები გეომეტრიული ოპტიკის კანონის მიხედვით აირეკლება იმავე  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  ოდენობების კუთხეებით. არეკლილი სხივები იქნება განშლადი და მათ დამხვდურ თვალს მოეჩვენება თითქოს ეს სხივები გამოდის შებრუნებით მათი გაგრძელების გადაკვეთაზე M' წერტილიდან. ამ წერტილში დაინახავს დამკვირვებელი M მნათი წერტილის გამოსახულებას, რომელიც იქნება მარჯვენაებითი,

ნახევრად ( $180^\circ$ ) შებრუნებული (საგანზე ურთიერთმართობი მიმართულებიდან ერთი შეცვლილია საწინააღმდეგოთი. მაგალითად, საათის ისარი სარკისმიერ გამოსახულებაში ბრუნავს საწინააღმდეგოდ). წარმოსახვითი გამოსახულების შებრუნების მიმართულება დამოკიდებულია დამკვირვებლისა და სარკის განლაგებაზე. მაგალითად, ვერტიკალურ სარკეში წარმოსახვითი გამოსახულება შებრუნებულია თარაზული მიმართულებით მარცხნიდან მარჯვნივ (საგნის მარცხენა გვერდი გამოსახულებაში იქნება მარჯვენა) ან პირიქით, ხოლო თარაზულ სარკეში—ვერტიკალური მიმართულებით ზემოდან ქვევით.



ნახ. 6.1.1.5.

ანუ წარმოასახვით იგი არ შეიძლება მივიღოთ ეკრანზე ან ფოტოფირზე (ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ წარმოსახვითი გამოსახულების ეკრანზე დაგეგმილება არ შეიძლება, ხოლო თვალმა შეიძლება აღიქვას იგი, როგორც ნამდვილი მნათი წერტილი).  $MM'$  წრფე არის მართობი სარკის ზედაპირისა და თვით სარკე იძყოფება მის შუა მანძილზე.

(3) და (5) ნახაზების შესაბამისად (1) დამოკიდებულებით  $S$  სხივის გადახრის კუთხე (ნიშნების უგულებელყოფითა)

$$\delta = 180^\circ - 2\alpha. \quad (a)$$

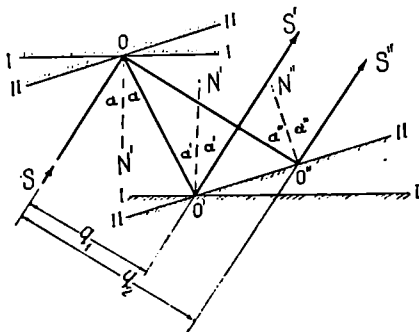
შევაბრუნოთ სარკე  $O$  წერტილის მიმართ  $\varphi$  კუთხით. ამ შემთხვევაში არეკლილი სხივი შეიცვლის მიმართულებას და იგივე დამოკიდებულება ასე გადაიწერება

$$\delta' = 180^\circ - 2(\alpha + \varphi), \quad (b)$$

სადაც  $\alpha + \varphi$  არის  $O$  წერტილში  $S$  სხივის დაცემის კუთხე, როცა სარკე შევარუნებულია  $\varphi$  კუთხით (ნახ. 5). (a) და (b) სხვაობით მივიღებთ:

$$\delta - \delta' = 2\varphi. \quad (6.1.1.2)$$

მაშასადამე, თუ სარკეს შევებრუნებთ  $\varphi$  კუთხით, მაშინ არეკლილი სხივი გადაიხრება  $2\varphi$  კუთხით. ბრტყელ სარკის ამ თვისებას იყენებენ ისეთ სისტემებში, სადაც გამოყენებულია მაგნიტი (ბუსოლები, დეკლინატორები, კომპენსატორები და სხვა). მაგალითად, მაგნიტური ისრის სისტემა სარკით ზრდის ანათელების ალების სიზუსტეს ორჯერ.



ნახ.6.1.1.6.

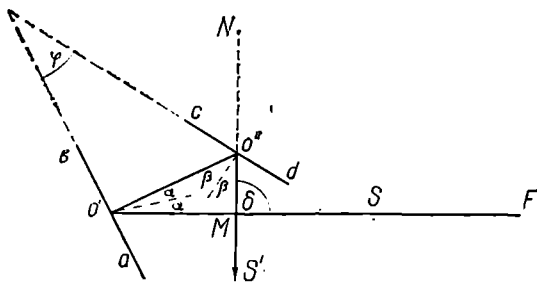
პარალელურ I—I სარკეებზე დაცემის შედეგად სხივი  $q_1$  ოდენობით გადაადგილდება, მიმართულება კი იგივე რჩება (ნახ. 6), ე. ი.  $S \parallel S'$ .  $q_1$  გადაადგილების ოდენობა დამოკიდებულია სხივის დაცემის კუთხესა და სარკეებს შორის მანძილზე; მაშასადამე,

სარკეებს თუ ერთი და იმავე კუთხით შევებრუნებთ (6 ნახაზზე II—II სარკეები), დაცემული და არეკლილი სხივები ისევ პარალელურები დარჩება, ე. ი.  $S \parallel S''$ , მხოლოდ გადაადგილების ოდენობა შეიცვლება და იქნება  $q_2$ .

$ab$  სარკესთან თუ  $cd$  სარკე ადგენს  $\varphi$  კუთხეს, მაშინ  $S$  სხივი  $O'$  და  $O''$  წერტილებში დაცემა-არეკლის შედეგად შეიცვლის მიმართულებას, ანუ  $S$  სხივის მიმართულებიდან  $S'$  სხივი გადაიხრება (მოუხვევს)  $\delta$  კუთხით, რომელიც სარკეებს შორის გაორკეცებულ კუთხეს უდრის. მართლაც, (ნახ. 7) მიხედვით  $\delta = 2(\alpha + \beta)$ , ხოლო  $\varphi = \alpha + \beta$ . მაშასადამე,

$$\delta = 2\varphi. \quad (6.1.1.3)$$

გადახრის კუთხის ოდენობა არ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ  $ab$  ან  $cd$  სარკეს სად და როგორი კუთხით დაეცემა სხივი. მაშასადამე, სარკეში მიღებული გამოსახულება დარჩება უცვლელი (არ გადაადგილდება) მთელი სისტემა რომ დავხაროთ ან შევებრუნოთ. ამ თვისებით ხასიათდება სარკეებით შექ-



ნახ. 6.1.1.7.

მნილი ყველა ობტიკური სისტემა, რომლებიც აერთიანებენ ამრეკლი ზედაპირების წყვილ რაოდენობას. მაგალითად, ორსარკიან ეკერებში სარკეებს ურთიერთ აყენებენ  $-45^\circ$ , რის შედეგად მოხვევის კუთხეს იღებენ  $90^\circ$ .

პარალელური სარკეები, რომლებიც ორჯერ აირეკლავენ სხივს, ისევე, როგორც თითოჯერ არეკლის შემთხვევაში, არეკლილ სხივს გადაადგილებენ პირველი მიმართების პარალელურად. ხოლო, თუ ერთ-ერთი სარკე შევებრუნეთ  $\varphi$  კუთხით, მაშინ ორჯერ არეკლილი სხივი შექმნის საწყის მიმართულებასთან  $4\varphi$  კუთხეს. ამ თვისებას იყენებენ თვითმომწესობადი ნიველირების კომპენსატორებში.

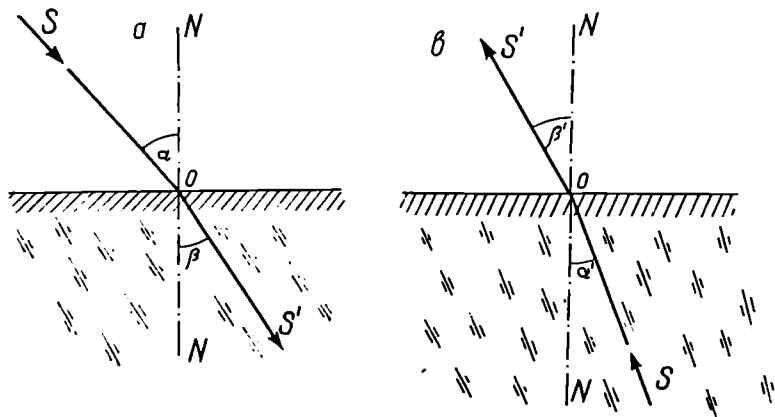
### ბ. პარაბოზა

სინათლის სხივი ერთი გარემოდან მეორეში, ვთქვათ, ჰაერიდან მინაში (ნახ. 8<sup>ა</sup>) ან მინიდან ჰაერში (ნახ. 8<sup>ბ</sup>) გადასვლისას იცვლის მიმართულებას ანუ გადატყდება.

სხივების მიმართულების შეცვლა არ არის დამოკიდებული იმაზე, სხივი მიემართება პირდაპირ (ნახ. 8<sup>ა</sup>) თუ შებრუნებით (ნახ. 8<sup>ბ</sup>), ორივე შემთხვევაში სხივების სვლა იქნება ერთნაირი. ობტიკურად ნაკლები სიმაკრივის (ჰაერი) გარემოდან უფრო მკვრივ (მინა) გარემოში გადასვლისას  $\alpha$  და  $\beta$  კუთხეები ერთმანეთს უდრის, რადგანაც გარდატეხის შემდეგ სხივი იხრება დაცემის წერტილში აღმართული  $NO$  ნორმალისაკენ (ნახ. 8<sup>ა</sup>), წინააღმდეგ შემთხვევაში  $\alpha' < \beta'$  (ნახ. 8<sup>ბ</sup>). ამავე დროს  $S$  დაცემის,  $S'$  გარდატეხის სხივი და გარემოს გამყოფი ზედაპირისადმი  $O$  წერტილში აღმართული  $NO$  ნორმალი იქნებიან ერთ სიბრტყეში. დადგენილია, რომ ჰაერიდან მინაში გადასვლის მომენტში სინათლის სხივი მ.თ. მეტად გადაიხრება თავისი პირველი მიმართულებიდან, რაც უფრო დახრილად დაეცემა გარემოს გამყოფ (გარდამტეხს) ზედა-

პირს. გარდატეხის წერტილში სინათლის სიჩქარე ნახტომისებურად იკლებს და პირიქით.

ჰაერში სინათლის  $c_1$  სიჩქარისა და სხვა გარემოში ანუ შეთანხმების თანახმად მინაში  $c_2$  სიჩქარის ფარდობას ეწოდება გარდატეხის მაჩვენებელი მინისათვის შედარებით ჰაერთან და აღინიშნება  $n$  ასოთი<sup>1</sup>. რიცხობრივად გარდატეხის მაჩვენებლის ოდენობა ტოლია დაცემის კუთხის



ნახ. 6.1.1.8.

სინუსისა და გარდატეხის კუთხის სინუსების ფარდობისა. გარემოს გამყოფი ზედაპირის ორივე მხარეზე მდებარე მოცემული წყვილი ნივთიერებისათვის ეს ფარდობა წარმოადგენს მუდმივს ანუ

$$n_{1,2} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \text{const.} \quad (6.1.1.4)$$

(4) ფორმულის მიხედვით მამკელისათვის უნდა ვიგულისხმოთ, რომ ყოველთვის  $n$  გარდატეხის მაჩვენებლის გამოსათვლელი წილადის მრიცხველია ჰაერიდან დაცემის  $\alpha$  კუთხის სინუსი, ხოლო მნიშვნელი გარდატეხის  $\beta$  კუთხის სინუსი, რომელიც ეკუთვნის ჰაერთან შედარებით მკვირვ (მინა და სხვა) გარემოს. მაშასადამე,  $n$  გამოდის ერთზე მეტი და ვამბობთ, რომ ის არის მინის გარდატეხის მაჩვენებელი. მაგალითად, ოპტიკურ ხელსაწყოებში გამოყენებული მინები მათი შედგენილობის მიხედვით იყოფა ორ ჯგუფად: 1. კრონი და 2. ფლინტი. თითოეული ჯგუფი იყოფა ქვეჯგუფებად. კრონი არის საუკეთესო ხარისხის ჩვეულებრივი მინა, რომელშიც შედის: თავგმარლის (კვარცის) სილა 58%, სოდა 23%, ცარცი 8% და მინის ნამსხვრევები 11%. როგორც ხედავთ მასში სრულია:

<sup>1</sup> იგივე განსაზღვრებაა ნებისმიერი ნივთიერების გარდატეხის მაჩვენებლისათვის.



არ შედის სურიჩი (ტყვიის ქანგი). ამ ჯგუფის მინების გარდატეხის მაჩვენებელი ცვალებადობს 1,50004—1,5688 ფარგლებში, საშუალოდ დაახლოებით 1,5. ფლინტის შედგენილობაშია: თავემარლის სილა 44%, სურიჩი (ტყვიის ქანგი) 44%, სოდა, გვარჯილა და მაგნეზია სულ 12%. აქ ტყვიის ქანგი მნიშვნელოვანი რაოდენობით შედის. ფლინტის ჯგუფის მინების გარდატეხის მაჩვენებლები მოქცეულია 1,5335-1,7550 ფარგლებში, საშუალოდ კი დაახლოებით იგი ტოლია 1,7.

ზემომოყვანილი გარდატეხის მაჩვენებლები ეხება თეთრ სხივს, რომელიც იშლება სხვადასხვა ფერებად (წითელი, ნარინჯის ფერი, ყვითელი, მწვანე, ცისფერი, ლურჯი და იისფერი). ყოველ მათგანს აქვს სხვადასხვა ოდენობის გარდატეხის მაჩვენებლები. მათ შორის ყველაზე დიდი გარდატეხის მაჩვენებელი აქვს იისფერ სხივს, ხოლო წითელს—ყველაზე მცირე. სხივის დაშლა ფერებად აგრეთვე დამოკიდებულია ერთ მოვლენასთან, რასაც დისპერსია ანუ შუქთგაბნევა ეწოდება. მისი ოდენობა აღინიშნება  $N$  ასოთი და გამოითვლება ტოლობით:

$$N = \frac{n_i - n_e}{n - 1}, \quad (6.1.1.5')$$

სადაც  $n_o$ ,  $n_e$ ,  $n$  — შესაბამისად იისფერი, წითელი და თეთრი სხივის გარდატეხის მაჩვენებლებია (იხ. 6.2.5 პარაგრაფი).

კრონისა და ფლინტისათვის, შესაბამისად,  $N$  დაახლოებით ტოლია 0,04—0,06. მაშასადამე, შეიძლება დაიწეროს გარდატეხისა და შუქთგაბნევის მაჩვენებლების დაახლოებითი ოდენობები:

$$\left. \begin{array}{l} \text{კრონისათვის} \quad n \approx 1,5, \quad N \approx 0,04 \\ \text{ფლინტისათვის} \quad n \approx 1,7, \quad N \approx 0,06 \end{array} \right\} \quad (6.1.1.5)$$

ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ გარდატეხის მაჩვენებლების ოდენობა, გარდა სხივის გარდამტეხი გარემოსა, დამოკიდებულია თვით სხივის ფერებზეც. აგრეთვე მისი ოდენობა იცვლება ტემპერატურის ცვალებადობითაც. გარდა ზემოაღნიშნულისა, ოპტიკური მინები ხასიათდება ხარისხის, ქიმიური შედგენილობისა, მექანიკური თვისებებისა და თერმული თვისებების სხვადასხვა მაჩვენებლებით.

ნებისმიერ გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელს უპაერო სივრცესთან შედარებით ეწოდება გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი, რომელიც აღვნიშნოთ  $n_0$  სიმბოლოთი. მაშასადამე, ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებელი იქნება

$$n_0' = \frac{\sin \alpha_0}{\sin \beta'}, \quad (6.1.1.6)$$

სადაც  $\alpha_0$  არის უპაერო სივრცეში დაცემის კუთხე;

$\beta'$  — ჰაერში გარდატეხის კუთხე.

ანალოგიურად, ნებისმიერი გარემოსათვის, ეთქვათ მინისთვის, გარდატეხის მაჩვენებელი იქნება

$$n_0'' = \frac{\sin \alpha_0}{\sin \beta''}. \quad (6.1.1.7)$$

(6). და (7) ტოლობის შედარებით

$$n_0' \cdot \sin \beta' = n_0'' \cdot \sin \beta'' = \text{const.} \quad (6.1.1.8)$$

მიღებული გამოსახულების ავტორია პოლანდიელი მეცნიერი სნ ე-ლი იუ სი (1591-1626). (8) დამოკიდებულება ასე გამოითქმის: ნ ე ბ ი ს მ ი-ერ ი გ ა რ ე მ ო ს გ ა რ დ ა ტ ე ხ ი ს მ ა ჩ ე ე ნ ე ბ ლ ი ს ა და მ ა ს შ ი ს ხ ი ე ი ს გ ა რ დ ა ტ ე ხ ი ს კ უ თ ხ ი ს ს ი ნ უ ს ი ს ნ ა მ რ ა ვ ლ ა მ უ დ მ ი ე ი ს ი დ ი დ ე ა.

(6) დამოკიდებულების მიხედვით ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებელი  $n_0' = 1,00028$  ცელსიუსის +20° ტემპერატურის დროს. მართლაც, (4) ფორმულაში თუ ჩავსვამთ ამ პარაგრაფის შესავალში მიღებულ სინათლის სიჩქარეებს უჰაერო სივრცესა და ღელამიწის ატმოსფეროში, მივიღებთ

$$n_0' = \frac{298\ 884}{298\ 800} \approx 1,00028.$$

ოპტიკური სისტემის შერჩევის დროს იღებენ ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებელს ერთის ტოლად, ე. ი.  $n_0' = 1$ , ხოლო მინისას 1,5. მაშასადამე, თუ ცნობილია გარემოს (მინის) გარდატეხის მაჩვენებელი და მასი ერთ-ერთი (დაცემის ან გარდატეხის) კუთხე, (8) დამოკიდებულებით შეიძლება გამოვითვალოთ მეორე უცნობი (დაცემის ან გარდატეხის) კუთხე.

იმ შემთხვევაში, როცა სინათლის სხივი ეცემა გარემოს გამყოფ ზედაპირს პერპენდიკულარულად, მისი მიმართულება არ იცვლება.

### ე. სრული შიგა არეკვლა

(8) ნახაზისა და მოყვანილი ტოლობების მიხედვით დავასკვნით, რომ მინისა და ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებელი ურთიერთშექცეული სიდიდეებია, ანუ

$$\left. \begin{aligned} \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} &= n \\ \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} &= \frac{1}{n} \end{aligned} \right\} \quad (6.1.1.9)$$

სადაც  $\alpha$  არის სხივის გარე დაცემის კუთხე;  $\beta$ —შიგა გარდატეხის კუთხე;

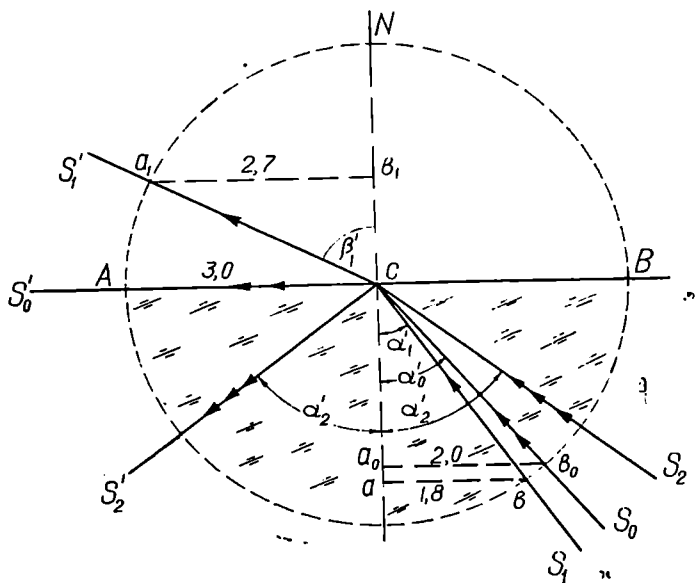
$\alpha'$  — შიგა დაცემის კუთხე;  $\beta'$  — გარე გარდატეხის კუთხე;  $n = \frac{3}{2}$  — მინის

გარდატეხის მაჩვენებელი. მაშასადამე, ჰაერიდან მინაში სხივის გადასვლის დროს გარდატეხის მაჩვენებელია  $\frac{3}{2}$ , ხოლო მინიდან ჰაერში გადასვლისას

კი  $\frac{2}{3}$ . აგრეთვე (8) დამოკიდებულებიდან  $\frac{n_0'}{n_0''} \cdot \sin \beta' = \sin \beta''$  და  $\frac{n_0''}{n_0'} \cdot \sin \beta'' = \sin \beta'$  ტოლობების მარცხენა მხარეები არასდროს არ იქნება ერთზე მეტი, რადგანაც მათი მარჯვენა მხარის  $\sin \beta''$  და  $\sin \beta'$  გარდატეხის კუთხის სინუსები ერთზე მეტი არ შეიძლება იყოს.

განვიხილოთ მოვლენები, რომლებიც ხდება მინიდან ჰაერში სხივის

გადასვლის დროს. ვისარგებლოთ (9) დამოკიდებულების მეორე ტოლობით. გარემოს გამყოფ  $AB$  გარდატეხის ზედაპირის  $C$  წერტილიდან შემოვწერთ წრეხაზი სამი ერთეულის ტოლი რადიუსით. ვთქვათ, მინაში  $S_1$  სხივის დაცემის  $\alpha_1'$  კუთხის შესაბამისი სინუსის  $ab$  ხაზი ტოლია 1,8. მაშინ (9)



ნახ. 6.1.1.9.

ტოლობის მიხედვით  $\beta_1'$  გარდატეხის კუთხის შესაბამისი სინუსის ხაზის ოდენობა

$$a_1 b_1 = ab \times n = 1,8 \times 1,5 = 2,7.$$

ახლა ისე მივმართოთ  $S_0$  სხივი, რომ  $a_0 b_0$  უდრიდეს 2, მაშინ დაცემის  $\alpha_0'$  კუთხეს შეესაბამება გარდატეხის  $NCA = 90^\circ$ , რადგანაც

$$CA = a_0 b_0 \times n = 2 \times 1,5 = 3.$$

მაშასადამე,  $S_0$  სხივი არ გადავა ჰაერში და გაივლის გარემოს გამყოფ  $BA$  ზედაპირზე  $S_0'$  სხივის სახით.  $\alpha_0'$  კუთხეს ეწოდება დაცემის ზღვრული კუთხე. მისი ოდენობა კრონისათვის ( $n = 1,5$ ) არის  $41^\circ 49'$ , ხოლო ფლინტისათვის ( $n = 1,7$ ) იქნება  $36^\circ 02'$ .

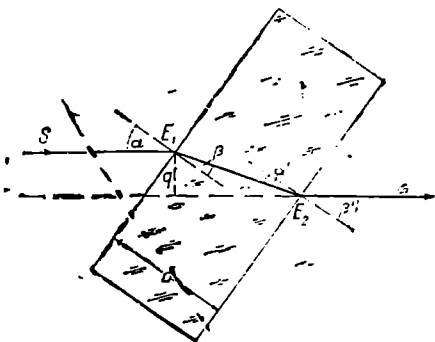
დაბოლოს,  $S_2$  სხივი მივმართოთ ზღვრული კუთხისაკენ დიდი  $\alpha_2'$  კუთხით. ვნახავთ, რომ  $S_2$  სხივი მინიდან ჰაერში არ გავა და იგივე კუთხით აირეკლება გარემოს გამყოფი ზედაპირიდან და წარიმართება  $CS_2'$  მიმართულებით. ამ მოვლენას ეწოდება სხივის სრული შიგა არეკვლა. ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი ყველა შემთხვევაში, როცა სხივი მიმართ-

თება უფრო მეტი გარემოდან ნაკლები სიმკვრივის გარემოში. აქვე შევნიშნავთ, რომ სარკისმიერი არეკვლის დროს იკარგება სინათლის დიდი რაოდენობა, ხოლო თვით შინაში ანუ სრული შიგა არეკვლის დროს სინათლე არ იკარგება, რაც საფუძვლად უდევს მეტწილად ამ მოვლენის გამოყენებას ოპტიკურ სისტემაში.

### 1. პრაქტიკული პარალელური ფირფიტა

ბრტყელ პარალელურ ფირფიტას უწოდებენ ისეთ გამჭვირვალე სხეულს (მინა), რომელიც შემოზღუდულია ორი გახეხილი პარალელური ბრტყელი ზედაპირით (ნახ. 10). იგი შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც ორი ერთ-ერთპარალელური სიბრტყეების სისტემა. განვიხილოთ შემთხვევა, როცა ფირფიტა იმყოფება ჰაერის გარემოცვაში, ანუ როცა  $\frac{1}{n} = 1$ . აღ-

ნიშნული დასტურდება იმით, რომ ფირფიტის ერთ-ერთ გვერდზე  $E_1$  წერტილში ჰაერიდან დაცემული  $S$  სხივის გარდატეხის  $\beta$  კუთხე გვერდების პარალელურობის გამო ტოლია სხივის შიგა დაცემის  $\alpha'$  კუთხისა და დაცემის  $\alpha$  კუთხე კი ტოლია გარე გარდატეხის  $\beta'$  კუთხისა. მაშასადამე,  $S$  სხივი გარემოს გაყოფის მეორე გვერდის  $E_2$  წერტილიდან უცვლელი მიმართულებისა, მხოლოდ გადაადგილება თავისი მიმართულების პარალელურად  $q$  მანძილით. (10) ნახაზის მიხედვით:



ნახ. 6.1.1.10.

$$q = E_1 E_2 \cdot \sin(\alpha - \beta),$$

$$E_1 E_2 = \frac{d}{\cos \beta},$$

რადგანაც

$$\beta' = \alpha \text{ და } \alpha' = \beta.$$

მაშასადამე,

$$q = \frac{d \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}. \quad (6.1.1.10)$$

ანავე დროს ცნობილია, რომ

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n, \quad \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{1}{n}.$$

შვილდება (10) ფორმულიდან მიიღო პრაქტიკული მიზნებისათვის სრულიად დამაკმაყოფილებელი ფორმულა:

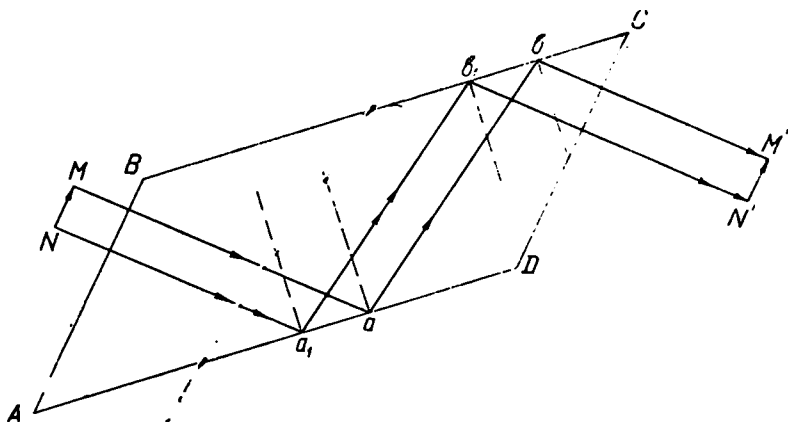
$$q \approx \frac{n-1}{n} d \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.1.1.10')$$

ხოლო, როცა დაცემის  $\alpha$  კუთხე მცირეა, მას გამოსახავენ რადიანებში და (10) ტოლობა მიიღებს შემდეგ სახეს

$$q = d \frac{n-1}{n} \alpha. \quad (6.1.1.11)$$

მაშასადამე, სხივის  $q$  გადაადგილების ოდენობა დამოკიდებულია ფირფიტის  $d$  სისქეზე, სხივის დაცემის  $\alpha$  კუთხესა და შინის  $n$  გარდატეხის მაჩვენებელზე. როგორც ვხედავთ, სხივის სასტრუქველ მანძილზე გადაადგილება შეიძლება სხივისადმი ფირფიტის ამა თუ იმ კუთხით დახრით.

ზოგჯერ გეოდეზიური ხელსაწყოებით საჭირო ხდება სხივის ან მთელი გამოსახულების მნიშვნელოვანი და უცვლელა ოდენობით გადაადგილება.



ნახ. 6.1.1.11.

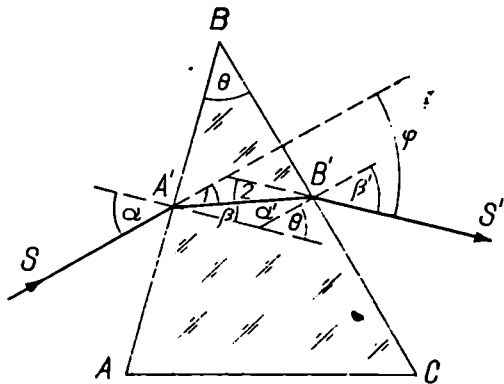
ამისათვის იყენებენ ბრტყელ პარალელურ ფირფიტას, რომელიც გვაძლევს სრულ შიგა არეკვლას. აღნიშნულის ნათელსაყოფად (11) ნახაზზე ნაჩვენებია საგნიდან დაცემული სხივების სელა ირიბ პარალელურ ფირფიტაში მათი ორჯერ შიგა არეკვლის შედეგად.

## II. ოპტიკური პრიზმები

ოპტიკური პრიზმები წარმოადგენს მინიმუმ ორი გაპრიალებული, ურთავერთ გადაკვეთილი ბრტყელი ზედაპირით შემოსაზღვრულ გამჭვირვალე მასალისაგან დამზადებულ საგნებს. გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში უმთავრესად გამოიყენება სხივების გარდატეხი და სრული შიგა ამრეკვლა ვი პრიზმები.

განხილავთ პრიზმა ორი გადაკვეთილი  $AB$  და  $BC$  წახნავით შემოსაზღვრული გამჭვირვალე საგანია (ნახ. 12). სხივის გარდამტეხი გვერდის მართობ  $ABC$  სიბრტყეს ეწოდება პრიზმის მთავარი კვეთილობა, ხოლო  $\theta$  ორწახნავა მახვილ კუთხეს—გარდამტეხი კუთხე. როცა  $\theta$  გარდამტეხი მახვილი კუთხე მცირე ოდენობისაა, ასეთ პრიზმას ეწოდება ოპტიკური სოლი.

ოპტიკური სოლის  $A'$  წერტილში დაკეცილი სხივი მის მთავარ კვეთილობაში ორჯერ გარდამტეხის შემდეგ იღებს  $S'$  მიმართულებას, ე. ი. გადაიხრება სოლის ფუძისაკენ და  $S$  მიმართულებასთან ქმნის  $\varphi$  კუთხეს, რომლის ოდენობა ძირითადად დამოკიდებულია პრიზმის ნივთიერების  $n$  გარდამტეხის მაჩვენებლისა და  $\theta$  გარდამტეხის კუთხის ოდენობაზე. მართლაც, (12) ნახაზისა და (9) ტოლობის მიხედვით:



ნახ. 6.1.1.12.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n; \quad \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{1}{n}.$$

გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში კუთხეების სიმცირის გამო მათი სინუსები შეიძლება შეიცვალოს კუთხეების რადიანული ზომებით (აგრეთვე ვიყენებთ მათ აბსოლუტურ მნიშვნელობებს), ე. ი. დაწვრიტ:

$$\frac{\alpha}{\beta} = n; \quad \frac{\alpha'}{\beta'} = \frac{1}{n},$$

საიდანაც

$$\alpha = n \beta; \quad \beta' = n \alpha'.$$

მათი შეკრებით მივიღებთ:

$$\alpha + \beta' = n(\beta + \alpha').$$

აგრეთვე ნახაზიდან:

$$\beta + \alpha' = \theta. \quad \text{ე. ი. } \alpha + \beta' = n\theta,$$

ხოლო

$$\varphi = \angle 1 + \angle 2 = (\alpha - \beta) + (\beta' - \alpha') = (\alpha + \beta') - (\beta + \alpha') = n\theta - \theta;$$

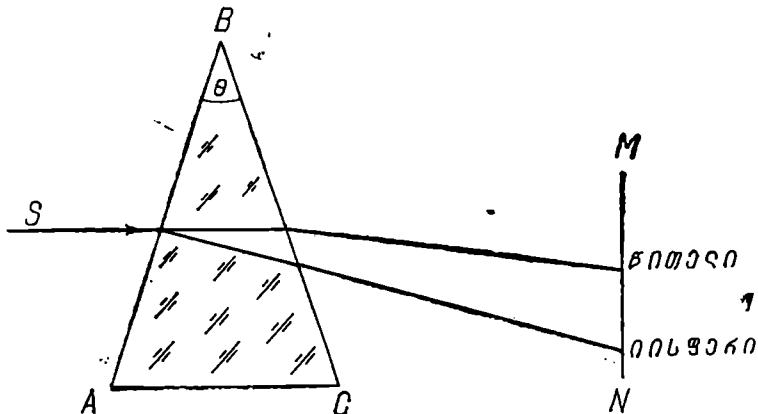
აქმასადაც,

$$\varphi = \theta(n - 1).$$

ამ ფორმულით შეიძლება სარგებლობა, როცა სხივის დაცემის კუთხე არ აღემატება  $5^\circ$ , წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭიროა ვისარგებლოთ ფორმულით:

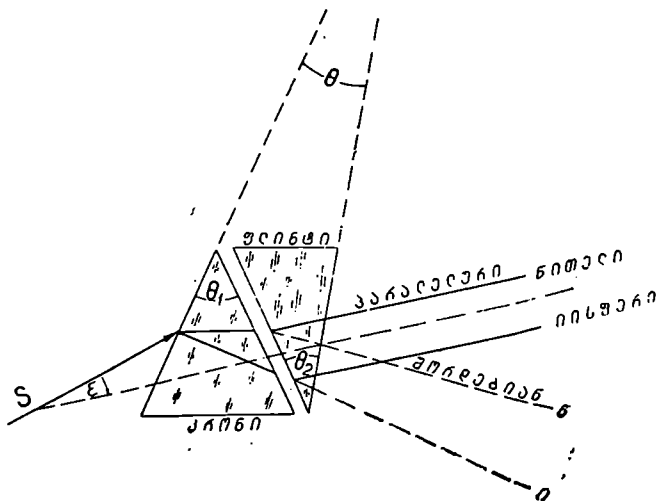
$$\varphi = \theta \left( \frac{n \cos \beta}{\cos \alpha} - 1 \right); \quad (6.1.1.13)$$

გარდამტეხ პრიზმაში გავლის დროს თეთრი სხივი იშლება ფერებად, რომელთაგანაც უმცირესი გარდატეხის მაჩვენებელი აქვს წითელ სხივს,



ნახ. 6.1.1.13.

ხოლო უდიდესი—ისფერს (ნახ. 13). მაშასადამე, ხდება თეთრი სხივის დისპერსია (გაფანტვა), რის შედეგად  $MN$  ეკრანზე მიიღება სპექტრი



ნახ. 6.1.1.14.

ფერების ზოლის სახით, რომელშიც სხვადასხვა ფერი მოქცეულია წითელ ღია იისფერს შორის. მოვლენას, რომლის დროსაც თეთრი სხივის დაშლის გამო გამოსახულება ჩანს შეფერადებული, უწოდებენ ქრომატიზმს, რაც ძლიერ ხელს უშლის გამოსახულების მკაფიობას (საგნები არ ჩანს ისეთა ფერის, როგორიც ისინი არიან სინამდვილეში).

დისპერსიის მოსპობის მიზნით შეწყობით ორი ან სამი ოპტიკური პრიზმისაგან ადგენენ პრიზმას, რომელსაც ეწოდება აქრომატული პრიზმა. იგი დაშლილ სხივებს სტეხს ერთი და იმავე კუთხით, რითაც გამოსახულებებს შეფერადებულს არ ვიღებთ. მაგალითად, (14) ნახაზზე ნაჩვენებია ბიპრიზმა, ანუ აქრომატული სოლი, რომელიც შედგენილია მცირე გარდატეხის კუთხეების მქონე კრონისა და ფლინტის ოპტიკური სოლებით. ამათგან კრონის  $M_1$  გარდატეხის კუთხე ცოტა მეტია ფლინტის  $M_2$ -ზე. ბიპრიზმის გარდატეხის კუთხე კი არის  $\theta$ . ეს სოლები, როგორც ნახაზიდან ჩანს, ფუძეებით ურთიერთშეკეულებია. პირველ სოლში (კრონი) გავლის დროს დაშლილი სხივები მეორე სოლის (ფლინტი) მიერ იკრიბება და ხდებიან ურთიერთპარალელურები, ე. ი. საბოლოოდ ყველა სხივი ერთი და იმავე კუთხით ტყდება, შეირწყმება და გამოსახულება რაც შეიძლება თავისი ფერით მიიღება. მაშასადამე, ბიპრიზმით აბერაცია ფაქტობრივად ნულამდე დაიყვანება და ყველა სპექტრულ სხივს იგი თეთრი  $S$  სხივიდან გადახრის ერთა და იმავე  $\epsilon$  კუთხით.

## 2. სრული შიგა ახრეკლავი პრიზმა

ამრეკლავი ანუ სრული შიგა ამრეკლავი პრიზმები ეწოდება რამდენიმე გაპარალელური ბრტყელი გვერდების მქონე პრიზმას, რომელშიც სრული შიგა არეკვლის მოვლენა გამოიყენება სინათლის სხივის მიმართულების შესაცვლელად; მისი გადაადგილებისათვის გამოსახულების შესაბრუნებლად და მხედველობის არის გასაყოფად.

სარკეებთან შედარებით ამრეკლავ პრიზმებს აქვს შემდეგი უპირატესობა:

1. ამრეკლავ სიბრტყეებს შორის კუთხეები მტკიცე და მუდმივია, ანუ წახნაგებს შორის კუთხეები კარგად არის დაცული;
2. ამრეკლავი ზედაპირები დროთა ვითარებაში არ ფუჭდება;
3. გამოსახულებას ვიღებთ ზუსტად და მკაფიოდ;
4. ერთი პრიზმით შეიძლება მივიღოთ ერთი და იმავე სხივის მრავალჯერ არეკვა;
5. ისინი მოხერხებულად და ადვილად თავსდებათ და მაგარდებიან ინსტრუმენტში.

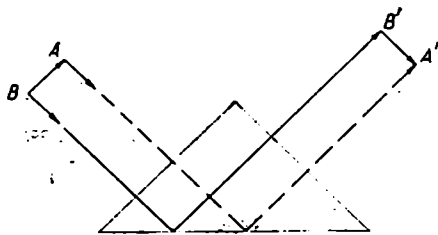
წყვილი რაოდენობის ამრეკლი ზედაპირების მქონე პრიზმები იძლევა საგნის მსგავს (ნორმალურ) არასარკისმიერ გამოსახულებას, ხოლო კენტის შემთხვევაში—სარკისმიერს, ანუ მარჯვენა და მარცხენა მხარის მიმართ შებრუნებულს ძსე, როგორც ხდება ბრტყელ სარკეში. იმ შემთხვევაში, როცა პრიზმის იუენებენ ისეთი სხივის არეკვლისათვის, რომელიც მის ამრეკლავ ზედაპირს ეცემა სრული შიგა არეკვლის კუთხეზე მცირე კუთხით, ამ ზედაპირს ეძახევენ ამრეკლავი ფენით (ამალგამით ან ვერცხლით), რათა მივიღოთ სხივის სრული შიგა არეკვა. ამავე დროს ამრეკლავი ზედაპირის მიერ სინათლის ნაწილობრივი შთანთქვის გამო ნათელობა შემცირდება.



პრიზმის მოქმედება ეკვივალენტურია ბრტყელი პარალელური ფირფიტის მოქმედებისა—შესასვლელ წახნაგზე სხივის დაცემის  $\alpha$  კუთხე ტოლია გამოსასვლელი წახნაგიდან სხივის გარე გარდატეხის  $\beta'$  კუთხისა. ამ პირობის შეუსრულებლობის შემთხვევაში პრიზმა იძლევა საგნის შეფერადებულ გამოსახულებას.

ტოლფერდა მართკუთხა პრიზმა გამოიყენება როგორც

ერთი სარკე, ანუ იგი სინათლის სხივებს უცვლის მიმართულებას  $90^\circ$ , როცა ამრეკლავ ზედაპირად ვიყენებთ მის ჰიპოტენუზას (ნახ. 15), ან როგორც სისტემა ორი ურთიერთმართობი სარკისა, რომლებიც სინათლის სხივებს უცვლიან მიმართულებას  $180^\circ$ , როცა ამრეკლავ ზედაპირად გამოიყენე-



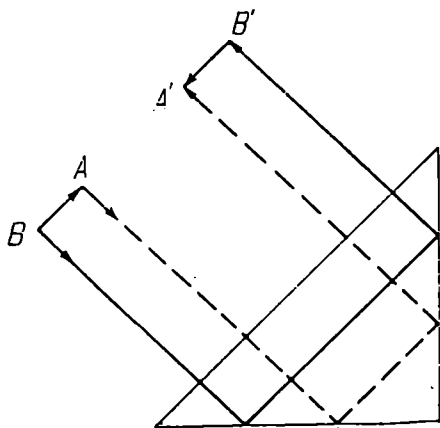
ნახ. 6.1.1.15.

ბულია მისი ორივე კათეტი (ნახ. 16), ან სხივების მიმართულებას არ სცვლიან, მხოლოდ საგნის გამოსახულებას უჩვენებენ გადაბრუნებულს (ნახ. 17). უკანასკნელ შემთხვევაში პრიზმას უწოდებენ დოვეს ან ამიჩის პრიზმას. ამ პრიზმის ჰიპოტენუზისადმი პარალელური სხივები კათეტების მიერ ორჯერ ტყდება, მხოლოდ ჰიპოტენუზის მიერ ერთხელ აირეკლება და ისევ ჰიპოტენუზის პარალელური რჩება.

ზემოხსენებული პირველი ორი თვისების გამო (15 და 16 ნახაზი) პრიზმები გამოიყენება დიდი დახრის კუთხით დამზერისა და კუთხსაზომი იარაღების წრედებზე ანათვლების აღების დროს.

როცა სხივი მდებარეობს პრიზმის წიბოების მართობ  $abc$  სიბრტყეში და იმავე დროს ეცემა კათეტ-წახნაგს  $E$  წერტილში იმ წიბოს ახლო, რომელიც გადის მართი კუთხის წვეროზე (ნახ. 18) და ტყდება შემდეგ,  $E_1$  და  $E_2$  წერ-

ტილში განიცდის სრულ შიგა აირეკლას და ბოლოს მეორეჯერ ტყდება  $E_3$  წერტილში. სხივის პირველ და მეცვილ მიმართულებას შორის  $\delta$  კუთხე იქნება  $90^\circ$ ; აგრეთვე  $\delta$  კუთხის ოდენობა არ არის დამოკიდებული დაცემის  $\alpha$  კუთხეზე და რომ შევაბრუნოთ პრიზმა  $abc$  კვეთილობის მართობი



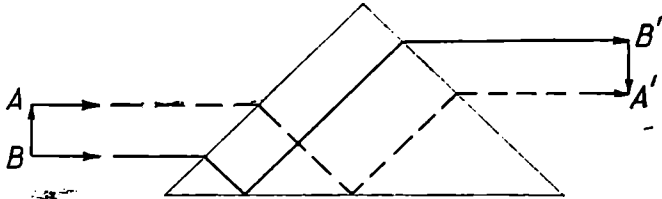
ნახ. 6.1.1.16.

ღერძის მიმართ, ამ პრიზმით მიღებული გამოსახულება დარჩება უძრავი. სწე-  
მთქმულს ადასტურებს (18) ნახაზი, სადაც  $\alpha$  არის  $E$  წერტილში  $B$  სხივის  
დაცემის,  $\beta$  კი გარდატეხის კუთხე. გარდატეხილი სხივი  $bc$  კათეტ-წახნაგის  
 $E_1$  წერტილში ქმნის დაცემის კუთხეს

$$\gamma = 90^\circ - \beta.$$

(a)

$\beta$  კუთხის სიმეირის გამო ( $\beta < 4^\circ 19'$ ) შიგა დაცემის  $\gamma$  კუთხე იქნება



ნახ. 6.1.1.17.

ნართ კუთხესთან ახლო, ამიტომ სხივი იმავე კუთხით აირეკლება და დაეცემა  
პიპორტენუზა-წახნაგს  $E_2$  წერტილში  $\varepsilon$  კუთხით, რომლის ოდენობა  $\beta E_1 E_2$  სამ-  
კუთხედიდან იქნება:

$$\varepsilon = \gamma - 45^\circ,$$

(b)

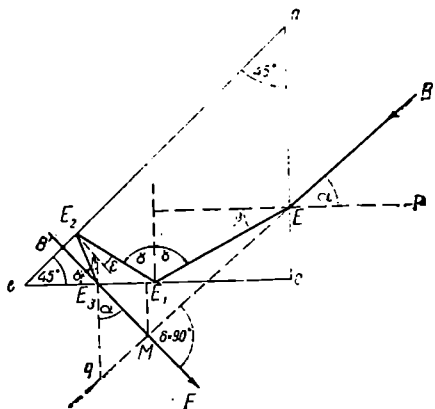
ხოლო (b) დამოკიდებულებაში (a) დამოკიდებულების ჩასმით მივიღებთ:

$$\varepsilon = 45^\circ - \beta.$$

(c)

მაშასადამე, ვინაიდან  $\varepsilon = 40^\circ 41'$  მეტია შიგა დაცემის ზღვრულ კუთხეზე,  
 $E_2$  წერტილში სხივი ისევ აირეკლება  $\varepsilon$  კუთხით და კვლავ დაეცემა  $bc$  კათეტ-

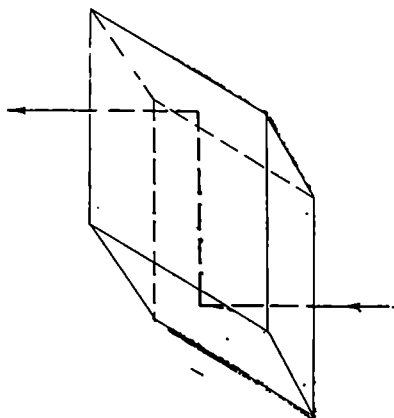
წახნაგს  $E_3$  წერტილში. ამ  
წერტილში სხივის შიგა და-  
ცემის კუთხე იქნება  $\alpha$  კა-  
თეტ-წახნაგზე  $E$  წერტილ-  
ში გარდატეხის  $\beta$  კუთხის  
ტოლი, რაც დასტურდება  
 $E_1 E_2 E_3$  სამკუთხედის გან-  
ხილვით და (b) და (a) და-  
მოკიდებულებების გამოყე-  
ნებით. აღნიშნულის გამო  
დავასკვნით, რომ  $bc$  კათეტ-  
წახნაგიდან სხივის გარეთ  
გამოსვლის კუთხე იქნება  $\alpha$   
კუთხის ოდენობის ტოლი  
და სხივი მიიღებს  $E_3 F$  მი-  
მართულებას;  $F$  წერტილში  
მოთავსებული ადამიანის  
თვალი დაინახავს  $B$  წერტი-  
ლის გამოსახულებას  $B'$   
წერტილში. ვინაიდან  $EP$  და  $E_3 q$  წრფეები ურთიერთმართობია და ამავე



ნახ. 6.1.1.18.

დროს მათ მიმართ სხივის დაცემის კუთხე  $E$  წერტილში და  $E_3$  წერტილი-

დან გარდატეხის (გამოსვლის) კუთხეები ტოლებია და გადახრილია  $EP$  და  $E_3q$  მართი წრფეებიდან ერთ (მარცხნივ) მხარეზე, თვით  $\delta$  იქნება  $90^\circ$  ტოლი. გამოსახულების ნათელობის მომატების, ანუ სხივების ნაკლები



ნახ. 6.1.1.19

ხუთწახნაგოვანი (პენტა) პრიზმა (ნახ. 20) სცვლის სხივი მიმართულებას  $90^\circ$  პრიზმის ზედაპირზე სხივის დაცემის კუთხის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის ისე, როგორც ეს ხდება ორსარკიან ეკერში (ნახ. 7).

ამ პრიზმაში სხივის შიგა დაცემის კუთხეები მცირეა სრული შიგა არეკვლის ზღვრულ კუთხეებთან შედარებით, ამიტომ ამრეკლავი წახნაგები იფარება ვერცხლის ამაღამით. ამაღამიანი წახნაგები, რომელთა შორის კუთხე  $45^\circ$ -ია, წაჭრილია, რომ პრიზმას მიეცეს უფრო მოხერხებული ხუთკუთხედის ფორმა.

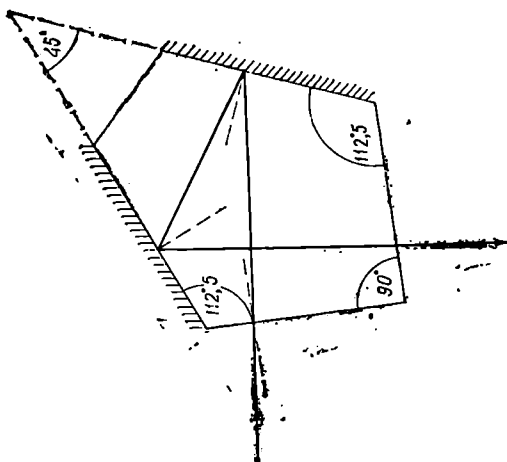
ვოლასტონის პრიზმა (ნახ. 21)

სხივის მიმართულებას (3) ტოლობის შესაბამისად სცვლის  $270^\circ$ -ით. მაშასადამე,  $360^\circ - 270^\circ = 90^\circ$ , რადგანაც  $BC$  და  $DC$  გვერდებს შორის კუთხეა

შთანთქმისათვის  $ab$  პიოტენუზა-წახნაგს ფარავენ ვერცხლის ამაღამით. პრიზმების ასეთ თვისებებს იყენებენ ეკერებში.

იმ შემთხვევაში, როცა სხივები ეცემა კათეტ-წახნაგის შუა, მისი დაცემის კუთხის შესაბამისად იცვლება პრიზმიდან სხივის გამოსვლის მიმართულება; ამავე დროს აქ ხდება სხივის მხოლოდ ერთჯერ სრული შინაგანი არეკვლა.

რომბულკი პრიზმა (ნახ. 19) სხივს აადგილებს თავისი პარალელური მიმართულებით და საგნის გამოსახულება მიიღება პირდაპირი, ისეთი, როგორიც ორი პარალელური სარკის გამოყენების დროს (ნახ. 6).

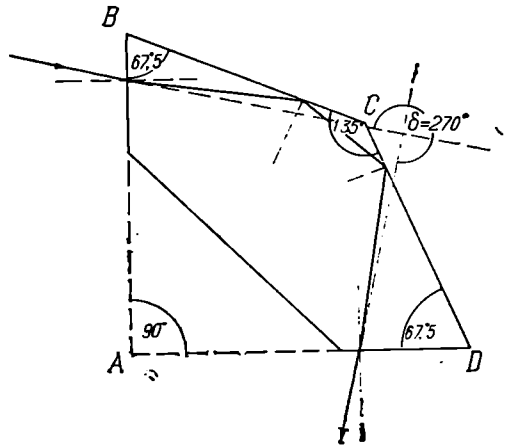


ნახ. 6.1.1.20.

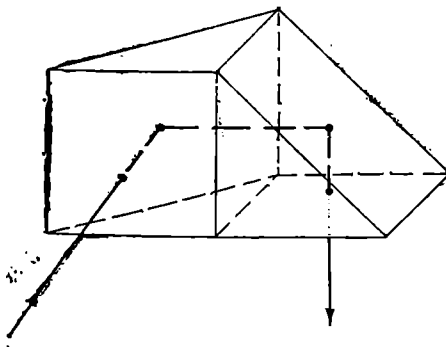
135°. ამ პრიზმაში არ არის საჭირო ამრეკლავი  $BC$  და  $DC$  წახნაგების ამაღ-  
გამირება. ამ პრიზმის  $A$  მართი კუთხის წახნაგებს ჰკვეთენ და აძლევენ  
ხუთკუთხედის მოხერხებულ ფორმას. როგორც პენტა, ისე ვოლასტონის პრიზ-  
მა გამოიყენება ეკერებად.

სფენოიდი (ნახ. 22) სხივს აადგილებს და მიმართულებას უცვლის  
90°. იგი შედგენილია  
თრი მართკუთხა ტოლ-  
ფერდა პრიზმების ურ-  
თიერთ 90° შებრუნე-  
ბულად შეერთებით.  
ამრეკლავებად გამოყე-  
ნებულია ჰიპოტენუზა-  
წახნაგები. სფენოიდის  
სხვა პრიზმებთან კომ-  
ბინაციას იყენებენ ცი-  
ლინდრული თარაზოს  
ბუშტულის ბოლოების  
გამოსახულების კონ-  
ტაქტის დასადგენად.

ლინზების სო-  
როს სისტემა იძ-  
ლევა გამოსახულე-  
ბის გადაადგილებასა  
და შებრუნებას 180°. არსებობს პოროს პირველგვარი სისტემა (ნახ.  
23), სადაც შეერთებულია ორი მართკუთხა ტოლფერდა პრიზმა, რომლებშიც  
სხივის არეკვლა ხდება კათეტ-წახნაგით. ამ სისტემას იყენებენ ჰოგრებსა და  
ბინოკლებში. პოროს მეორეგვარი სისტემა (ნახ. 24) კი შედგენილია სამი მა-



ნახ. 6.1.1.21



ნახ. 6.1.1.22.

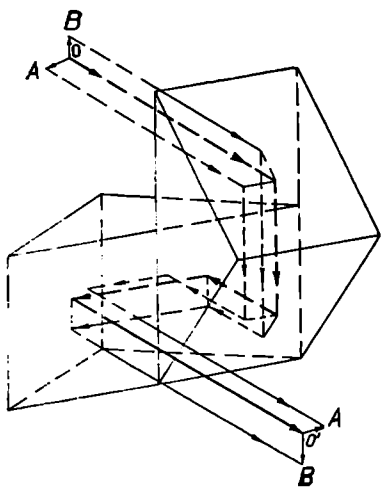
რთკუთხა ტოლფერდა პრიზ-  
მით. მას იყენებენ თვითმომ-  
წესობად ნიველირებში.

სახურავის მაგვა-  
რი ანუ დახპრიზმა  
(ნახ. 25) საგნის გამოსახუ-  
ლებას გვიჩვენებს მხოლოდ  
შებრუნებულს. მასში ხდე-  
ბა სხივის ორჯერ გარდა-  
ტეხა და ორჯერ შინაგანი  
არეკვლა. ეს პრიზმა შეიძ-  
ლება მიღებულ იქნეს სამ-  
წახნაგა, პენტა ან ვოლას-  
ტონის პრიზმიდან თუ მა-  
თი ორი ამრეკლავი ზედა-

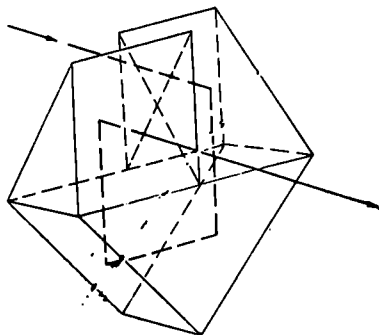
პირებიდან ერთ-ერთს შევცვლით სახურავისმაგვარი ორი ზედაპირით,  
რომლებიც შექმნიან 90°-ის ტოლ ორწახნაგა კუთხეს. განხილად პრიზმას იყე-

ნებენ ოპტიკურ თეოდოლიტებში მიკროსკოპებით ანათვლების ასაღებად და ავითომომწესობად ნიველირებში.

სარკისებრ ტრიპელ პრიზმაში (ნახ. 26), რომელიც შედგება ურთიერთმართობი სამი წახნაგისაგან, სხივი განიცდის სამივე წახნაგზე სრულ შიგა არეკვლას და პრიზმიდან გამოდის პირველი



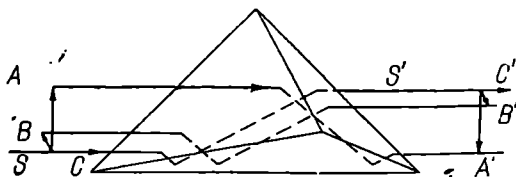
ნახ 6.1.1.23.



ნახ. 6.1.1.24.

მიმართულების საწინააღმდეგო და პარალელური მიმართულებით. ასეთ პრიზმებს იყენებენ ელექტროოპტიკურ მანძილზომების ამრეკლავ ხელსაწყოებში ამ მანძილზომებიდან წარმოგზავნილი სხივების კონის უკანვე ასარეკლავად.

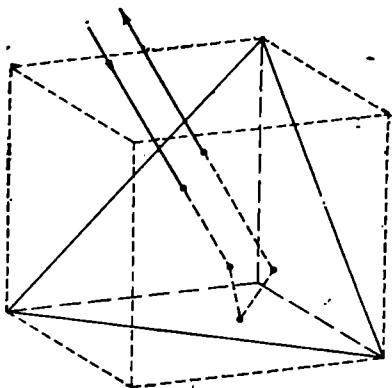
როგორც ვხედავთ, ოპტიკური პრიზმები შეიძლება გამოვიყენოთ: 1. სხივების ორჯერ გარდატეხის გაზოყენებით მათი მიმართულების შესაცვლელად



ნახ. 6.1.1.25.

(ნახ. 12, 13, 14); 2. სხივების სრული შიგა არეკვლის გამოყენებით მათი მიმართულების შესაცვლელად, რითაც ვიღებთ სარკისმიერ გამოსახულებებს (ნახ. 15, 16,); 3. სხივების ორჯერ გარდატეხისა და ერთჯერ სრული შიგა არეკვლით მათი მიმართულების შენარჩუნებით გამოსახულებიან შებრუნებისათვის (ნახ. 17) ან სხივების გადაადგილებით პირდაპირი გამოსახულებისათვის (ნახ. 19); 4. სხივების ორჯერ გარდატეხით და ორჯერ სრული შიგა არეკვლით

ადგილზე მართი კუთხის აგებისათვის (ნახ. 18, 20, 21) ან კიდევ სხივების გადაადგილებით და მიმართულების შესაცვლელად 90° (ნახ. 22). 5. კომბინირებულ პრიზმები გამოსახულების გადასაადგილებლად და 180°-ზე შესაბრუნებლად (ნახ. 23, 24), გამოსახულების მხოლოდ შესაბრუნებლად (ნახ. 25) ან სამჯერ სრული შიგა არეკვლით სხივების უკანვე დასაბრუნებლად პარალელური მიმართულებით (ნახ. 26).

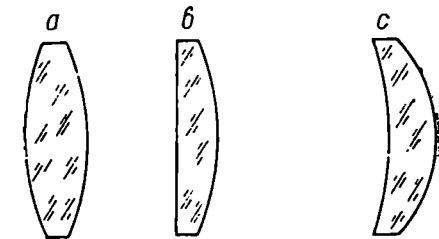


ნახ. 6.1.1.26.

### III. ოპტიკური ლინზები

ოპტიკურ ლინზას (ოსპს) უწოდებენ გამჭვირვალე მასალისაგან (უმთავრესად მინისაგან) შედგენილ საგანს, რომელსაც აქვს გაპრიალებული ორი სფერული<sup>1</sup> გვერდი ან ერთი სფერული და მეორე ბრტყელი გვერდი. სხივთა

კონის გარდატეხის შედეგთა ანუ იმის მიხედვით—ჰკრებენ თუ განაბნევენ მათზე დაკემულ სხივთა კონას, ლინზებს ყოფენ შემკრებ ანუ დადებით და გამბნევე ანუ უარყოფით, ჯგუფებად. პირველი ჯგუფის ლინზებია: ორმხრივამოზნექილი (ნახ. 27<sup>ა</sup>), ბრტყელამოზნექილი (ნახ. 27<sup>ბ</sup>), შეზნექილამოზნექილი ანუ დადებითი მენისკი (ნახ.



ნახ. 6.1.1.27.

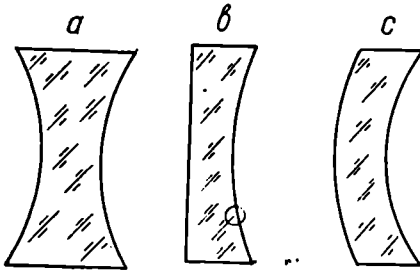
27<sup>ა</sup>), მეორე ჯგუფს მიაკუთვნებენ: ორმხრივშეზნექილს (ნახ. 28<sup>ა</sup>), ბრტყელ-შეზნექილს (ნახ. 28<sup>ბ</sup>) და ამოზნექილ-შეზნექილს ანუ უარყოფით მენისკს (ნახ. 28<sup>გ</sup>).

შემკრები ლინზები შუა ნაწილში უფრო სქელია, ვიდრე ნაპირებში, ამავე დროს სხივები მათში გავლისას გარდატეხილი სხივები ერთმანეთს შორდება. ოპტიკური ლინზების დიამეტრები მათი გვერდების სიმრუდის რადიუსებთან შედარებით მუდამ მცირე ზომისაა.

ყოველი ლინზა შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც შედგენილი დიდი რაოდენობის მცირე პრიზმებისაგან, რომელთა გარდატეხი კუთხე ლინზის

<sup>1</sup> აგრეთვე იყენებენ ცილინდრულ, ელიფსოიდურ, პარაბოლურ, ჰიპერბოლურ და სხვა სხვის ზედაპირებთან ლინზებს.

შუაგულიდან ნაპირებისაკენ იზრდება (ნახ. 29). როცა ასეთი ელემენტარული პრიზმების რაოდენობა უსასრულოდ დიდია, ლინზების ზედაპირები იღებს



ნახ. 6.1.1.28.

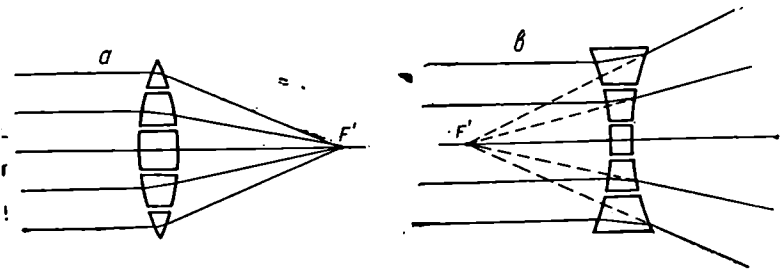
სფერულ სახეს (შეიძლება მიეცეს ბრტყელი სახეც). აქედან გამომდინარე შეიძლება ვისარგებლოთ წინამუხლებში პრიზმებისა და სარკეების შესახებ მოყვანილი ფორმულებითა და თვისებებით.

განვიხილოთ სქელი ლინზა (ნახ. 30). ლინზის ოპტიკური ღერძი ეწოდება იმ წრფეს, რომელიც გადის სფერული გვერ-

დების სიმრუდის  $O$  და  $O_1$  ცენტრებში, ხოლო ბრტყელ-ამოხნეილი და ბრტყელ-შეზნეილი ლინზის ოპტიკური ღერძი კი გაივლის სფერული გვერდის სიმრუდის ცენტრში და მართობია ბრტყელი გვერდისა.

ლინზების ოპტიკური თვისებები ისაზღვრება მათი პირველი (მარცხენა) და მეორე (მარჯვენა) სხივთვარდამტეხი გვერდის სიმრუდის  $OM_1=R$  და  $O_1M_1'=R_1$  რადიუსების,  $a$  სისქის და  $n$  გარდატეხის მაჩვენებლის მიხედვით.

გეომეტრიულ ოპტიკაში ამოცანების ცალსახად ამოხსნის მიზნით პირობით მიღებულია, რომ სინათლე მიიმართება მარცხნიდან მარჯვნივ.



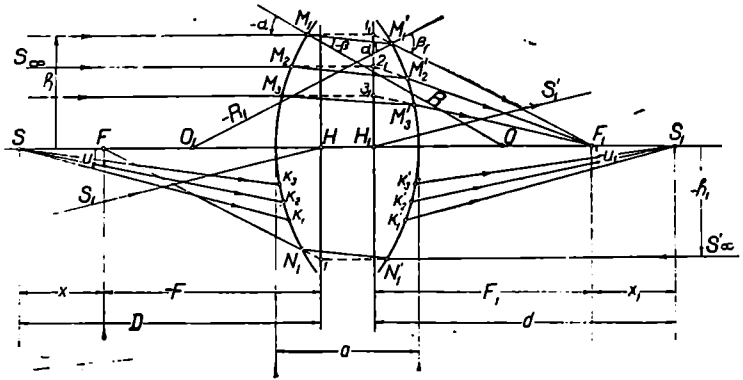
ნახ. 6.1.1.29.

ანის გამო ლინზიდან მარცხნივ სივრცე ეწოდება საგნების სივრცედ, ხოლო მარჯვნივ—გამოსახულების სივრცედ.

ცდებით დაღვენილია, რომ საგნების (ობიექტების) სივრცის მნათი  $S$  წერტილიდან წამოსული სხივები, რომლებიც იმყოფებიან ლინზის ოპტიკურ  $OO_1$  ღერძზე და მის ახლო, ლინზაში გარდატეხის შემდეგ იკვეთებიან გასახულების სივრცის ოპტიკური ღერძის  $S_1$  წერტილში. ანალოგიურ მოცუვნას ექნება ადგილი სხივთა შებრუნებათ სვლის შემთხვევაში. ამიტომ  $S$  და  $S_1$  წერტილს ეწოდება შეუღლებული წერტილები (საერთოდ ფო-

კუსები), ხოლო  $SK_1, SK_2, SK_3$  და  $S_1K_1', S_1K_2', S_1K_3'$  სხივებს, შესაბამისად, შეუღლებული სხივები.

იმ შემთხვევაში, როცა მნათი წერტილი იმყოფება უსასრულობაში, რასაც  $S_{\infty}$  სიმბოლოთი აღვნიშნავთ, ობიექტის სივრცეში სხივები იქნება პარალელური და ლინზაზე დაცემისა და გარდატეხის შემდეგ გამოსახულების სივრცეში იკრიბებიან ობიექტური ღერძის  $F_1$  წერტილში, რასაც ეწოდება ლინზის უკანა მთავარი ფოკუსი (ლინზის მთავარ ფოკუსსა და შესაბამის მანძილს აღვნიშნავთ ერთი და იმავე სიმბოლოთი). თუ სხივთა სვლას წარმოვიდგინებთ გამოსახულების სივრცის უსასრულობაში მდებარე  $S'_{\infty}$  წერტილიდან, მივიღებთ ანალოგიურ სურათს საგნების სივრცეში და  $F$  წერტილსა და შესაბამის მანძილს ლინზამდე ეწოდება წინა მთავარი ფოკუსი და



ნახ. 6.1.1.30.

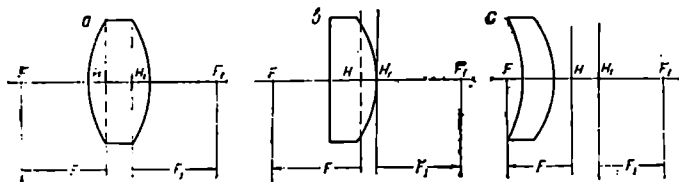
მთავარი საფოკუსო მანძილი. მაშასადამე, ლინზის უკანა  $F_1$  მთავარი ფოკუსი არის შებრუნებული საგნების საერცის უსასრულობაში მყოფი  $S_{\infty}$  მნათი წერტილისა, ხოლო ლინზის წინა მთავარი  $F$  ფოკუსი კი არის შეუღლებული გამოსახულების სივრცის უსასრულობაში მყოფი  $S'_{\infty}$  მნათი წერტილის.

ლინზის ობიექტური ღერძის მართობულ სიბრტყეებს, გატარებულს  $F$  და  $F_1$  წერტილებში, უწოდებენ წინა და უკანა მთავარ ფოკალურ სიბრტყეებს. ამ სიბრტყეებში იკვეთება როგორც ლინზის ობიექტური ღერძისაღმე თანხვედრილი, ისე მის მიმართ ნებისმიერი კუთხით დახრილი პარალელური სხივები (ნახ. 6.1.2.2<sup>ა</sup>)  $S_{\infty}M_1, S_{\infty}M_2, S_{\infty}M_3$  და შესაბამისად  $F_1M_1', F_1M_2', F_1M_3'$ . შეუღლებული სხივების გადაკვეთით მიღებულ  $1_1, 2_1, 3_1$  წერტილებში ობიექტური ღერძისაღმე  $H_1$  წერტილში გატარებულ მართობ სიბრტყეს ეწოდება ლინზის მთავარი უკანა სიბრტყე, ხოლო თვით  $H_1$  წერტილს კი — ლინზის მთავარი უკანა წერტილი.



ანალოგიურად მიიღება ლინზის  $H$  მთავარ წინა წერტილში ლინზის მთავარი წინა სიბრტყე  $S'_{\infty} N_1'$  და  $FN_1$  შეუღლებული სხივე-ზისა (1 წერტილი) და მათმაგვარი სხივების წყვილ-წყვილად გადაკვეთი. მაშასადამე, მთავარი სიბრტყეები წარმოადგენს ოპტიკური ღერძის პარალელურ და შესაბამის მთავარ ფოკუსებში გატარებულ მათი შეუღლებული სხივების გადაკვეთის გეომეტრიულ ადგილს.

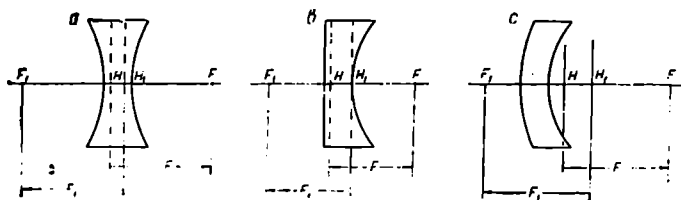
მთავარი სიბრტყეები ურთიერთშეუღლებულია, რომლებშიც ობიექტსა და მის გამოსახულებას ერთი და იგივე ოდენობა და მიმართულება აქვს, ანუ



ნახ. 6.1.1.31.

ერთი სიბრტყის წრფის მონაკვეთი მეორეში გამოისახება მისი ტოლი და იმავე მიმართულების მქონე მონაკვეთის სახით. მთავარი სიბრტყეებით სარგებლობენ გარდამტეხი პირველი და მეორე (მარცხენა და მარჯვენა) ზედაპირის ნაცვლად გამოსახულებების აგებისა და ოპტიკური სისტემების გაანგარიშების დროს. ორივე ჯგუფის ლინზების მთავარი  $H$  წინა და  $H_1$  უკანა წერტილები და სიბრტყეები, მთავარი  $F$  წინა და  $F_1$  უკანა ფოკუსები და საფოკუსო ზანძილები მიღებულია ზემოთ განხილული გზით და წარმოდგენილია (31) და (32) ნახაზებზე.

(30) ნახაზზე საგნიდან ლინზამდე და ლინზიდან მის გამოსახულებამდე ზანძილები, შესაბამისად, აღნიშნულია  $D$  და  $d$ -თი, ხოლო  $S_1$  და  $S_1'$  შეუ-



ნახ. 6.1.1.32.

ღლებული სხივები, რომლებიც გადიან  $H$  და  $H_1$  მთავარ წერტილებში და ურთიერთპარალელურები არიან, იწოდება მთავარ სხივებად.

ოპტიკური  $OO_1$  ღერძის მიმართულება ითვლება დადებითად მარცხნიდან მარჯვნივ. ანუ როცა ის ემთხვევა საგნიდან წამოსული სხივების მიმართულებას. როგორც (30), (31), (32) ნახაზებიდან ჩანს, ოპტიკური ღერძისადმი პარალელური მონაკვეთები იზომება  $H$ ,  $H_1$  მთავარი წერტილებიდან ან გარ-

დამტეხი ზედაპირების წვეროებიდან ( $R$  და  $R_1$  სიმრუდის რადიუსები), ან მთავარი  $F$  და  $F_1$  ფოკუსიდან ( $F$ ,  $F_1$  და  $X$ ,  $X_1$  მონაკვეთები). ყველა შემთხვევაში ათვლილი მონაკვეთების ნიშანი დადებითია, თუ მათი მიმართება ემთხვევა სინათლის სხივის გავრცელების მიმართებას, წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი უარყოფითი ნიშნით გამოისახებიან. ოპტიკური ღერძის მართობი მონაკვეთები არის დადებითი, როცა ისინი მიმართული არიან მისგან ზევით, და უარყოფითი—საწინააღმდეგო (ქვევით) მიმართებისას. სხივის მიერ შედგენილი ყოველი კუთხე ოპტიკურ ღერძთან ( $\alpha_1$ ) და გარდამტეხ პირეულების ნორმალებთან ( $\alpha$  და  $\beta$  და  $\alpha_1$  და  $\beta_1$  შიგა და ცეცხლის და  $\beta_1$  გარე გარდატეხის) ითვლება დადებითად, როცა ეს კუთხეები იქმნება ოპტიკური ღერძიდან ან გვერდების ნორმალებიდან (რადიუსებიდან) საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით სხივის ბრუნვით, წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი უარყოფითი იქნებიან.

## 6.1.2. იდეალური ოპტიკური სისტემა. გაუსის ოპტიკა. ლინზის ოპტიკური ცენტრი

წინა პარაგრაფის შესავალში შენიშნული იყო, რომ ოპტიკური სისტემები: არღვევენ სხივთა კონის გომოცენტრულობასა და სტიგმატურობას, რასაც უნდა ვებრძოლოთ. ამავე დროს დადგენილია, რომ ლინზების ოპტიკური ღერძების ახლო სივრცის, ანუ მეტად შეზღუდული ნაწილი სხივებისა გამოისახება წერტილოვანი (სტიგმატური), ანუ გომოცენტრული კონის სახით. აღამიანის პრაქტიკული საქმიანობა კი მოითხოვს შეიქმნას ისეთი ოპტიკური სისტემა, რომელიც მოგვეცემს სტიგმატურ გამოსახულებას ოპტიკური ღერძიდან მნიშვნელოვნად დაშორებული, ანუ ფართოდ გაშლილი გომოცენტრული სხივთა კონისას. მაშასადამე, გამოყენებითი ოპტიკის მთავარი ამოცანაა გაფართოებულ იქნეს სივრცე, რომლის ფარგლებში მიიღება დამაკმაყოფილებელი გამოსახულებები შერჩეული ოპტიკური სისტემით. ამასთან დაკავშირებით მათემატიკურად დასაბუთებულია იდეალური ოპტიკური სისტემა, რომელიც თავისუფალია იმ შეზღუდვებისაგან, რომელსაც სივრცეებში ნებისმიერად ფართო გომოცენტრული კონის სახით.

იდეალური ოპტიკური სისტემის ცნება გულისხმობს, რომ არსებობს ფიზიკური შესაძლებლობა გვექონდეს ისეთი ოპტიკური სისტემა, რომელიც მოგვეცემს წერტილების გამოსახულებას უსასრულოდ დიდ სივრცეებში ნებისმიერად ფართო გომოცენტრული კონის სახით.

იდეალური ოპტიკური სისტემის თეორია ეყრდნობა შემდეგ დებულებებს:

1. საგნების სივრცის ყოველი წერტილი უნდა გამოისახოს მისი შესაბამისი გამოსახულების სივრცეში მხოლოდ ერთი წერტილის სახით. ასეთ ორ წერტილს ეწოდება შეუღლებული წერტილები;

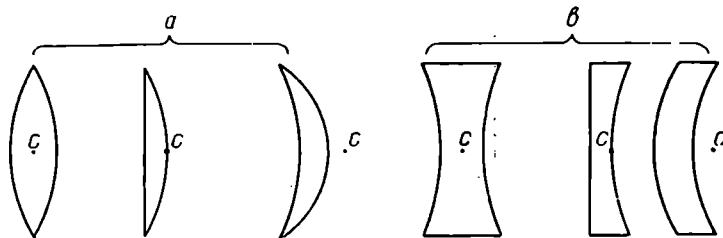
2. საგნების სივრცის ყოველი წრფე უნდა გამოისახოს გამოსახულების სივრცეში მხოლოდ ერთი წრფის სახით; ეს წრფეები იქნება შეუღლებულები;

3. თუ საგნების სივრცის რაიმე წერტილი ძვეს წრფეზე, მაშინ ამ წერტი-

ლის შეუღლებული წერტილი გამოსახულების სივრცეში უნდა გამოისახოს წრფეზე, რომელიც შეუღლებულია პირველი წრფისადმი.

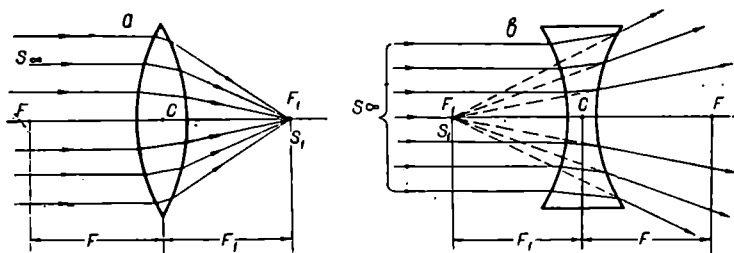
აქვე შევნიშნავთ, აბემ დაამტკიცა, რომ მეორე და მესამე დებულება შედეგია პირველი დებულებისა.

ზემოხსენებული დებულების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ



ნახ. 6.1.2.1.

იდეალური ოპტიკური სისტემა პრაქტიკული მიზნების შესაბამისად საგნების სივრცის გომოცენტრულ სხივთა კონას გარდაქმნის გამოსახულების სივრცის გომოცენტრულ კონად, მაშასადამე, საგნების სივრცის ყოვე-



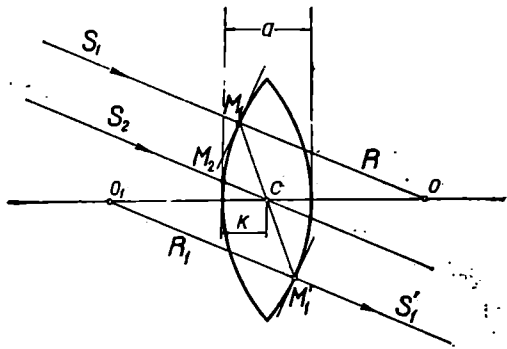
ნახ. 6.1.2.2.

ლი სიბრტყე გამოსახულების სივრცეში გამოისახება შეუღლებულ სიბრტყედ. იდეალური ოპტიკური სისტემის სრული თეორია დამუშა-

ეგებულია გაუსის მიერ და გამოქვეყნებულია 1841 წელს, რის გამოც სისტემა ჩამოყალიბდა უფოდებენ გაუსის ოპტიკას, ხოლო ასეთი სისტემებით მიღებულ გამოსახულებებს უწოდებენ გაუსის გამოსახულებებს ან სისტემის სრული გეომეტრიული თეორია კი დამუშავებულია აბეის მიერ.

ვგულისხმობთ, რომ არსებობს ფიზიკური შესაძლებლობა განვახორციელოთ ისეთი სისტემა, რომელიც დააკმაყოფილებს გაუსის ოპტიკას ამასთან დაკავშირებით განვიხილავთ არა სქელ ლინზებს, რომელთა დაწვრილებითა დაახასიათება და ელემენტები მოყვანილია წინა პარაგრაფში, არამედ უსასრულოდ თხელ ლინზებს. სადაც შერწყმულად იგულისხმება  $H$

და  $H_1$  მთავარი სიბრტყეები ერთ წერტილში, რომელსაც ლინზის ოპტიკურ ცენტრს ვუწოდებთ და აღვნიშნავთ  $C$  ასოთი (ნახ. 1 და 2). აგრეთვე ლინზების ოპტიკური ცენტრისა და ძირითადი ფორმულებს მარტივად გამოყვანის მიზნით საჭირო ელემენტებს აბსოლუტური



ნახ. 6.1.2.3.

მნიშვნელობით ავიღებთ. ხოლო რიცხვითი ოდენობების გამოყენების დროს ამ ფორმულებში წევრებს შევიტანთ თავისი ნიშნებით. (1) და (2) ნახაზების ლინზების ოპტიკური ცენტრები დატანილია (1) ფორმულის გამოყენებით, რომელიც მიღებულია შემდეგნაირად: განვიხილოთ ორმხრივ ამოხსენილი ლინზა (ნახ. 3), რომელსაც  $OO_1$  ოპტიკური ღერძის ახლოს,  $M_1$  და  $M_2$  წერტილებში, ეყება  $S_1$  და  $S_2$  სხივი.  $S_1$  სხივი  $M_1$  წერტილში გარდატედება,  $C$  წერტილში გავლის შემდეგ კიდევ გარდატედება  $M_1'$  წერტილში და ლინზიდან გამოვა გარკვეული მანძილით გადაადგილებული, მხოლოდ პირველი მიმართულების პარალელურად. ანალოგიურ მოვლენას ექნება ადგილი  $S_2$  სხივისა და სხვა სხივების მიმართ, რომლებიც მოქცეულნი იქნებიან ლინზის  $M_1$  და  $M_1'$  წერტილებს შორის. მაშასადამე, ლინზა ასრულებს  $M$  და  $M_1'$  წერტილებში გატარებული ბრტყელი პარალელური ფირფიტების ფუნქციას. ლინზის სიმცირის გამო შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ სხივები ლინზაში გავლისას არ ტყდება და მათ აქეთ ოპტიკურ ღერძზე შეწყვეტილი სხივების თვისება. აღნიშნულის გამო გამოსახულების მისაღებად ვიყენებთ ოპტიკურ ღერძსა და მისი თვისების მქონე  $S_2$  სხივისადმი შერწყმულ წრფეს. რასაც გვერდითი ღერძი ვუწოდოთ (სქელ ლინზაში, 3. 1. 1. 30 ნახაზზე, იგი აღნიშნულია  $S_1$  და  $S_1'$  სიმბოლოთი და ვუწოდებთ მთავარი სხივი). ე. ი. გვერდით ღერძად იგულისხმება სხივი, რომელიც არ არის შერწყმულ ოპტიკურ ღერძთან, მაგრამ აქვს მისი თვისება და ვადის

ღერძის ოპტიკურ  $C$  ცენტრში. (3) ნახაზზე  $O$  და  $O_1$  არის ლინზის პირველი და მეორე (მარცხენა და მარჯვენა) გვერდის სიმრუდის ცენტრი;  $OM_1=R$  და  $O_1M_1'=R_1$ , შესაბამისად—სიმრუდის რადიუსები;  $a$ —ლინზის სისქე;  $k$ —მანძილი მარცხენა გვერდიდან ოპტიკურ  $C$  ცენტრამდე, რომელიც ითვლება უცნობად. (3) ნახაზიდან:

$$\frac{R}{R_1} = \frac{R-k}{R_1-(a-k)},$$

სადაც

$$k = \frac{a}{1 + \frac{R_1}{R}}. \quad (6.1.2.1)$$

(:) ფორმულა გამოყენებულია (6. 1. 2. 1.) ლინზების ოპტიკური ცენტრების დანიშვნისათვის, რისთვისაც დაცულია შემდეგი პირობა:  $R$  და  $R_1$  ითვლება დადებითად, როცა  $O$  იმყოფება გამოსახულების სივრცეში, ხოლო  $O_1$ —საგნების სივრცეში ისე, როგორც ეს ნახვენება (3) ნახაზზე. მაგალითად,

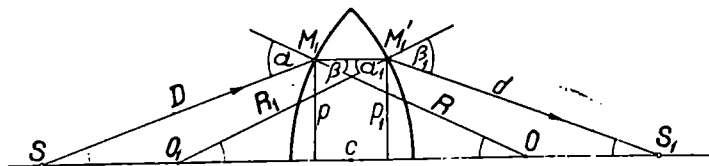
(3) ნახაზზე  $R=R_1$  და ორივე დადებითია, მაშასადამე  $k=\frac{a}{2}$ ; ბრტყელ-ამონეჩილი ლინზის  $R=\infty$ , ე. ი.  $k=a$ ; შეზნეკილ-ამონეჩილი ლინზის  $|R|>|R_1|$ , ხოლო  $R$  რადიუსის ნიშანი უარყოფითია. მაშასადამე,  $k>a$ . ანალოგიური მიდგომითაა დანიშნული გამბნევი ლინზების ოპტიკური ცენტრები.

#### 4. ლინზის ძირითადი ფორმულაჲი

(4) ნახაზისა და 6. 1. 1. 9. დამოკიდებულებების შესაბამისად დაეწერთ:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n, \quad \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{1}{n}.$$

$S$  ძნათი წერტილისა და მისი  $S_1$  გამოსახულების  $D$  და  $d$  დაშორება ლინზიდან უაღრესად დიდია შედარებით ლინზის ოდენობასთან, აგრეთვე იგულისხმება, რომ სხივები ლინზას ეცემა მისი ოპტიკური  $C$  ცენტრის



ნახ. 6.1.2.4.

მახლობლად, ამიტომ გარე დაცემის  $\alpha$ , შიგა გარდატეხის  $\beta$ , შიგა დაცემის  $\alpha_1$ , გარე გარდატეხის  $\beta_1$  კუთხეები, რომლებიც  $S$  სხივის მიერ შედგენილია ლინზის გვერდობრივად რადიუსებთან (წორმალეებთან), მცირე ოდენობები-

საა, რის გამო კუთხის სინუსები შეგვიძლია შევცვალოთ აღნიშნული კუთხე-  
ების რადიანებში გამოსახვით, ე. ი. დავწეროთ:

$$\frac{\alpha}{\beta} = n, \quad \frac{\alpha_1}{\beta_1} = \frac{1}{n},$$

საიდანაც

$$\alpha = n\beta, \quad \beta_1 = n\alpha_1.$$

მათი შეკრებით მივიღებთ:

$$\alpha + \beta_1 = n(\beta + \alpha_1). \quad (a)$$

(4) ნახაზიდან:

$$\alpha = \angle S + \angle O; \quad \beta_1 = \angle S_1 + \angle O_1; \quad \beta + \alpha_1 = \angle O + \angle O_1,$$

რომელთა (ა) დამოკიდებულებაში შეტანით მივიღებთ:

$$\angle S + \angle S_1 = (n-1)(\angle O + \angle O_1). \quad (b)$$

პროპორციულობის გამო კუთხეები შევცვალოთ სინუსებით

$$\frac{P}{D} + \frac{P_1}{d} = (n-1) \left( \frac{P}{R} + \frac{P_1}{R_1} \right). \quad (c)$$

ვინაიდან  $P \approx P_1$ , შეგვიძლია (c) ტოლობა გადავწეროთ ასე:

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = (n-1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right). \quad (6.1.2.2)$$

ამ ტოლობით გამოითვლება  $d$  მანძილი ლინზიდან  $S_1$  გამოსახულებამდე (ფოკუსამდე) ცნობილი  $D$  მანძილის გამოყენებით. როგორც ვიცით  $S$  და  $S_1$  წერტილები ურთიერთშეუღლებულია.

იმ შემთხვევაში, როცა  $S$  მნათი წერტილი გადაადგილდება ოპტიკურ ღერძზე უსასრულობაში, ე. ი.  $D = \infty$ , მაშინ (2) ტოლობის მარჯვენა ნაწილის მუდმივობის გამო  $d$  ფოკუსი გადაიწევა ლინზისაკენ და გადაიქცევა მთავარ ფოკუსად, ხოლო ლინზიდან გამოსახულებამდე მანძილი — მთავარ სფოკუსო მანძილად, რომლებიც აღინიშნებიან ერთი და იმავე  $F$  ასოთი.

აქვე შევნიშნავთ, რომ საერთოდ ლინზის როგორც წინა, ისე უკანა მთავარი ფოკუსები და საფოკუსო მანძილები შემდგომისათვის აღენიშნოთ ერთნაირი სიმბოლოთი; აგრეთვე, როგორც შევნიშნეთ, ფორმულების განი-  
ყვანის დროს ლინზის ელემენტების ნიშნებს ნუ მივიღებთ მხედველობაში, ხოლო ამ ფორმულებით ოდენობების განსაზღვრისას მათში ელემენტები ოდენობების ნიშნებით შეიტანება. მაშასადამე, (2) ფორმულა ასე გადაიწერება:

$$\frac{1}{F} = (n-1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right). \quad (6.1.2.3)$$

ამ ტოლობით შეიძლება გამოვითვალოთ ლინზების მთავარი ფოკუსური მანძილები, თუ ცნობილია მათი გვერდების სიმრუდის რადიუსები და გარდატეხის მაჩვენებლები.

(2) და (3) ტოლობების შედარებით დავწერთ:

ანუ

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{D} + \frac{1}{d} &= \frac{1}{F} \\ d &= \frac{F}{1 - \frac{F}{D}} \end{aligned} \right\} (6.1.2.4)$$

$D$  და  $d$  შეუღლებული სიდიდეებია. (4) ტოლობაში ცნობილი  $D$  მანძილის შეტანით ისაზღვრება  $d$  სიგრძე:

1. როცა  $D = \infty$ , მაშინ ფოკუსური მანძილი გადაიქცევა მთავარ საფოკუსო მანძილად, ე.ი.  $d = F$  (ნახ. 2) განმზნევი ლინზებისათვის (4) ტოლობაში ფოკუსური მანძილები უარყოფითი იქნება, ანუ გამოსახულება წარმოსახვითია;

2. როცა  $D > 2F$ , მაშინ  $F < d < 2F$ . მაშასადამე, როცა მნათი წერტილი იმყოფება საგნების სივრცის მთავარ ორმაგ საფოკუსო მანძილსა და უსასრულობას შორის, მისი გამოსახულება მიიღება გამოსახულების სივრცის ერთმაგ და ორმაგ მთავარ ფოკუსებს შორის;

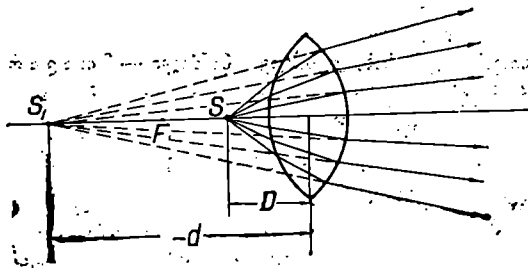
3. როცა  $D = 2F$ , მაშინ  $d = 2F$ ;

4. როცა  $F < D < 2F$ , მაშინ  $d > 2F$ . ვთქვათ,  $D = 1,5F$ , მაშინ  $d = 3F$ ;

5. როცა  $D = F$ , მაშინ  $d = \infty$ , ე. ი. ლინზიდან გამოსვლისას სხივები მიემართება ოპტიკური ღერძის პარალელურად. ამ თვისებით სარგებლობენ, როცა სურთ სინათლის წერტილოვანი წყაროს საშუალებით თანაბრად გაანათონ რაიმე ზედაპირი;

6. როცა  $D < F$ ,

მაშინ  $d$  იქნება უარყოფითი. ვთქვათ,  $D = 0,5F$ , მაშინ  $d = -F$ . მაშასადამე, ამ შემთხვევაში საფოკუსო მანძილი იქნება უარყოფითი და მთავარი საფოკუსო მანძილის აბსოლუტურად ტოლი, რაც იმის მა-



ნახ. 6.1.2.5.

ჩვენებელია, რომ ფოკუსი ძევს არა სხივების გადაკვეთის, არამედ მათი საწინააღმდეგო გაგრძელების გადაკვეთაზე; რაც გამოსახულების, ანუ ფოკუსის წარმოსახვითობას ნიშნავს; გამოსახულების სივრცეში მყოფ თვალს ეჩვენება თითქოს სხივები გამოდიოდა  $S_1$  წერტილიდან, რომელიც მდებარეობს  $S$  მნათი წერტილის მხარეზე და მიღებულია  $S$  მნათი წერტილიდან ე-მოსული და ლინზაში გარდატეხილი სხივების უკან განგრძობით (ნახ. 5).

ლინზის ოპტიკურ (სხივის გარდამტეხ) ძალას უწოდებენ  $\frac{1}{F}$  ოდენობას,

ანუ ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილის შებრუნებულ სიდიდეს, რომელიც ზოგადად აღვნიშნოთ  $T$  სიმბოლოთი. ლინზის ოპტიკური ძალის საზომად მიღებულია დიოპტრია, ანუ იმ ლინზის ძალა, რომლის მთავარი ფოკუსური მანძილი 1 მეტრია. რაც უფრო მცირე ექნება ლინზის მთავარი ფოკუსური მანძილი, მით მეტი ექნება მას სხივის გარდატეხის უნარი, ანუ ოპტიკური ძალა. მაგალითად, თუ ლინზის  $F=0,2$  მ, მისი  $T=1:0,2=5$  დიოპტრიას. (1) ნახაზის ლინზების შესაბამისი ოპტიკური ძალა (3) ტოლობის მიხედვით გამოისახება ასე:

ორმხრივ ამოზნექილი ლინზისათვის

$$T=(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R_1}\right), \quad (6.1.2.5)$$

ბრტყელ-ამოზნექილისათვის

$$T=(n-1)\frac{1}{R_1}, \quad (6.1.2.6)$$

შეზნექილ-ამოზნექილისათვის (დადებითი მენისკი)

$$T=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R}\right), \quad (6.1.2.7)$$

ორმხრივ შეზნექილისათვის

$$T=-(n-1)\left(\frac{1}{R}+\frac{1}{R_1}\right), \quad (6.1.2.8)$$

ბრტყელ-შეზნექილისათვის

$$T=-(n-1)\cdot\frac{1}{R_1}, \quad (6.1.2.9)$$

ამოზნექილ-შეზნექილისათვის (უარყოფითი მენისკი)

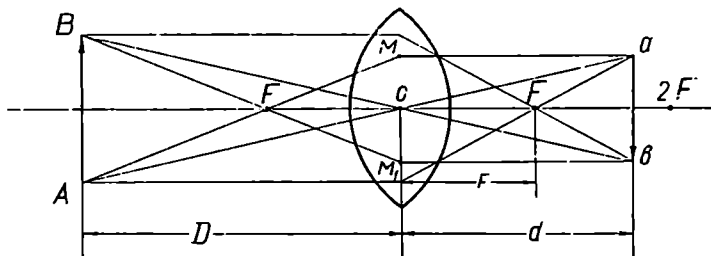
$$T=-(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R}\right). \quad (6.1.2.10)$$

როგორც აღვნიშნეთ, (5)-(10) ტოლობებით აგრეთვე გამოითვლება გაცნობიერების სივრცის ანუ ლინზების უკანა მთავარი ფოკუსური მანძილები. ზემოთაღნიშნულ ფორმულებში, როგორც ვხედავთ, ლინზების ბრტყელი გვერდებისათვის  $R=\infty$ , ხოლო შეზნექილი გვერდებისათვის რადიუსები ჩათვლილია უარყოფითად. გამხრევი ლინზებში ფოკუსის მანძილები მუდამ უარყოფითია (ნახ. 6. 1. 1. 32 და 2) და მნათი წერტილიდან ლინზამდე ნებისმიერი მანძილებისათვის გამოსახულება ყოველთვის წარმოსახვითია. მაშასადამე, აქაც გამოსახულების სივრცეში მყოფ თვალს ეჩვენება, თითქოს სხივები გამოდის საგნების სივრცეში, ანუ  $S$  მნათი წერტილის მხარეზე მყოფი  $S_1$  წერტილიდან, რომელიც წარმოქმნილია  $S$  წერტილიდან წამოსული და ლინზაში გარდატეხილი სხივების წარმოდგენითი უკან განგრძობით (ამიტომ უწოდებენ ლინზებს. მეორე ჯგუფს უარყოფითს).



### C. საგნის გამოსახულების აგება

გვერდითი და ოპტიკური ღერძის ზემოთ განხილული თვისება შესაძლებლობას გვაძლევს საგნების სივრცეიდან ღიწვის ოპტიკური ღერძისადმი ნებისმიერად (როგორც სიმეტრიულად, ისე არასიმეტრიულად) მდებარე  $AB$  საგნის ყოველი წერტილის, ვთქვათ,  $A$  წერტილის  $a$  გამოსახულება მივიღოთ ამ წერტილებიდან გამოსული  $AC$  გვერდითი ღერძისა და ღიწვის წინა ფოკუსში: გამავალი  $AFM$  სხივის გადაკვეთით ან იმავე გვერდითი ღერძისა და ოპტიკური ღერძის პარალელური  $AM_1F$  სხივის გადაკვეთით (ნახ. 6).  $B$  წერტილის



ნახ. 6.1.2.6.

ტილის, მაშასადამე, მთელი  $AB$  საგნის,  $ab$  გამოსახულებაც მიღებულია იმავე გზით.

საგნის  $ab$  გამოსახულებასა და  $AB$  ოდენობას შორის ფარდობას ეწოდება განივი (ხაზოვანი) გამადიდებლობა, რომელსაც აღვნიშნავთ  $G$  ასოთი. (6) ნახაზიდან

$$G = \frac{ab}{AB} = \frac{d}{D}. \quad (6.2.1.11)$$

ამავე დროს (4) ფორმულით

$$d = \frac{F}{1 - \frac{F}{D}}.$$

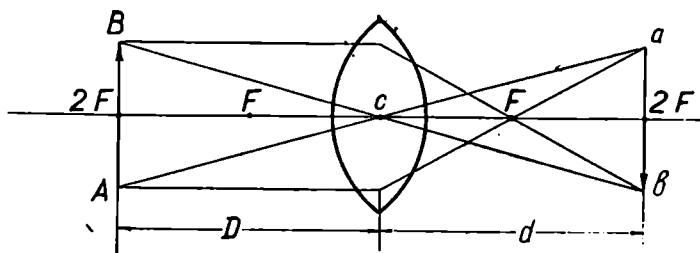
მაშასადამე, საგნების სივრცეში ღიწვიდან  $AB$  საგნის  $D$  მანძილის შესაბამისად ამ დამოკიდებულებების საშუალებით შეგვიძლია დავადგინოთ, თუ გამოსახულების სივრცეში რას ედრება  $d$  საფოკუსო მანძილი, როგორი განლაგება ექნება  $ab$  გამოსახულებას ოპტიკური ღერძის მიმართ და რას ედრება განივი  $G$  გამადიდებლობა. განვიხილოთ შემთხვევები:

1. როცა  $D = \infty$ , (4) ფორმულით  $d = F$  და (11) ფორმულით  $G$  განივი გამადიდებლობა იქნება ნული. აქ უნდა ვიგულისხმოთ, რომ თვით საგანიც უსასრულოდ მცირე იქნება, ე. ი. საგნის მიმართაც გვექნება (2) ნახაზის ანალოგიური, ანუ (9) ნახაზი შებრუნებულად;

2. როცა  $D > 2F$ , მაშინ  $F < d < 2F$ , ხოლო  $G < 1$  (ნახ. 6). მაშასადამე:

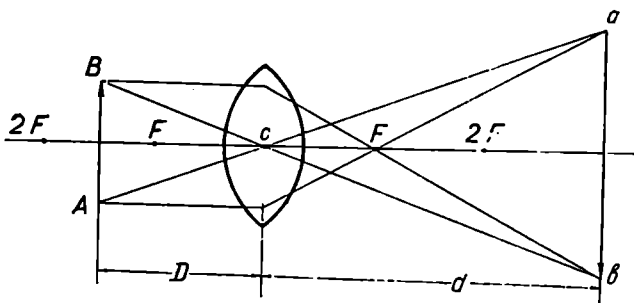
ბე, გამოსახულება მიიღება ერთმაგ და ორმაგ მთავარ საფოკუსო მანძილებს შორის ნამდვილი, შებრუნებული და შემცირებული;

3. როცა  $D=2F$ , მაშინ  $d=2F$ , ხოლო  $G=1$  (ნახ. 7). გამოსახულება მიიღება ორმაგ საფოკუსო მანძილებ ნამდვილი, შემობრუნებული და იმავე ოდენობის;



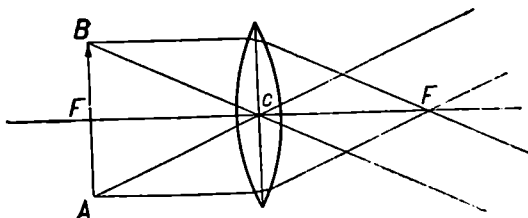
ნახ. 6.1.2.7.

4. როცა  $F < D < 2F$ , მაშინ  $d > 2F$  და  $G > 1$  (ნახ. 8), გამოსახულება მიიღება ორმაგ საფოკუსო მანძილებ შორის ნამდვილი, შებრუნებული და გადიდებული.



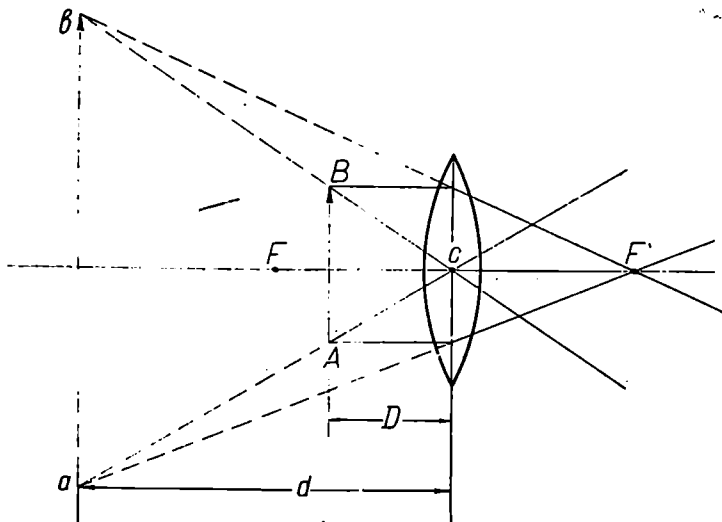
ნახ. 6.1.2.8.

5. როცა  $D=F$ , მაშინ  $d=\infty$ , მაშასადამე, საგნის გამოსახულებას მივიღებთ უსასრულობაში (ნახ. 9).



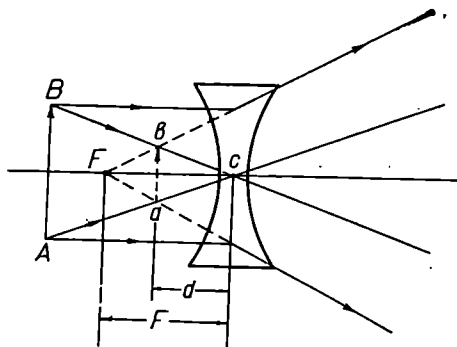
ნახ. 6.1.2.9.

6. როცა  $D < F$ , მაშინ  $d$  იქნება უარყოფითი და  $G > 1$ . გამოსახულება მიიღება საგნების სივრცეში, ანუ  $AB$  საგნისაგან პირდაპირი, გადიდებული და წარმოსახვითი. გამოსახულების სივრციდან თვალს ეჩვენება თითქოს  $ab$



ნახ. 6.1.2.10.

საგანი უშვებდეს სხივებს, რომელიც მდებარეობს  $AB$  საგნის მხარეზე და წარმოქმნილია  $AB$  საგნიდან ლინზაში გარდატეხილი სხივების უკან განგრძობით (ნახ. 10).



ნახ. 6.1.2.11.

მხნეე ლინზებში, როცა გამოსახულება მიიღება საგნების სივრცეში, გამოსახულება იქნება პირდაპირი.

(4) და (11) ფორმულები, გამოყვანილი შემკრები ლინზებისათვის, გამოდგება განმზნევი ლინზებისათვისაც, მხოლოდ ამ შემთხვევაში საფოკუსო მანძილები უარყოფითი იქნება. როგორც ცნობილია, განმზნეე ლინზაში გამოსახულება მუდამ წარმოსახვითი, პირდაპირი და შემცირებულია (ნახ. 11). საერთოდ როგორც შემკრებ, ისე გან-

## სამიზნეობელი ხელსაწყოები

სამიზნეობელი ხელსაწყოებია მარტივი— დიოპტრები და სრულყოფილი—ოპტიკური მილი, ანუ ქოგრი. ისინი წარმოადგენენ გეოდეზიური ინსტრუმენტების ერთ-ერთ ძირითად ნაწილს, რომელთა საშუალებით იღებენ ადგილის სხვადასხვა წერტილებზე მიმართებებს. აღნიშნული ხელსაწყოები ინსტრუმენტებთან დაკავშირებულია ე. წ. შიმშა ან წრედალი და დის საშუალებით, რითაც საშუალება გვეძლევა მივიღოთ ადგილის წერტილებზე მხოლოდ მიმართებები და მათ შორის კუთხეები ან მიმართულებებიც და მათ შორის კუთხეები. მაშასადამე, ალიდადას ეუწოდებთ კუთხდამზაზი ინსტრუმენტის თანხლებულ ნაწილს ან კუთხზომი ინსტრუმენტის განუყოფელ ნაწილს, რომელზედაც სხვა ხელსაწყოებთან ერთად დამაგრებულია სამიზნეობელი ხელსაწყო (დიოპტრები ან ქოგრი). მაგალითად, პლანშეტზე მხოლოდ მიმართებების გატარებისათვის იყენებენ შიმშა-სახაზავ ალიდადას დიოპტრებით ან ქოგრით (კიპრეგელი) და თარაზოთი; ხოლო მიმართულებების ასაღებად იყენებენ: შიმშა ალიდადას დიოპტრებით (ბუსოლი). დანაყოფებია ამთვლელი ხელსაწყოებით და თარაზოთი ან წრედალი და დის ქოგრით, დანაყოფების ამთვლელი ხელსაწყოებით და თარაზოთი (თეოდოლიტი).

დიოპტრებიანი ალიდადის საშუალებით ხდება საგნებზე მხოლოდ დამიზნება, ე. ი. ამ დროს საგნები ჩანს იმ ადგილზე და იმ სახით, როგორც იგი ეჩვენება ადამიანის თვალს დიოპტრების გარეშე. ალიდადაზე დამაგრებული ქოგრით კი ხდება საგნებზე მხოლოდ დამზერა (დასამზერი ქოგრი) ან დამიზნებაც (სამიზნეობელი ქოგრი) და მისი გამოყენებით ხდება შორეული საგნების დამკვირვებლის თვალთან შიახლოება, მაშასადამე გამოსახულების გადიდება, რაც საშუალებას გვძლევს საგნებზე ზუსტად დამიზნებისა და ამ საგნებამდე მანძილების საჭირო სიზუსტით გაზომვისას.

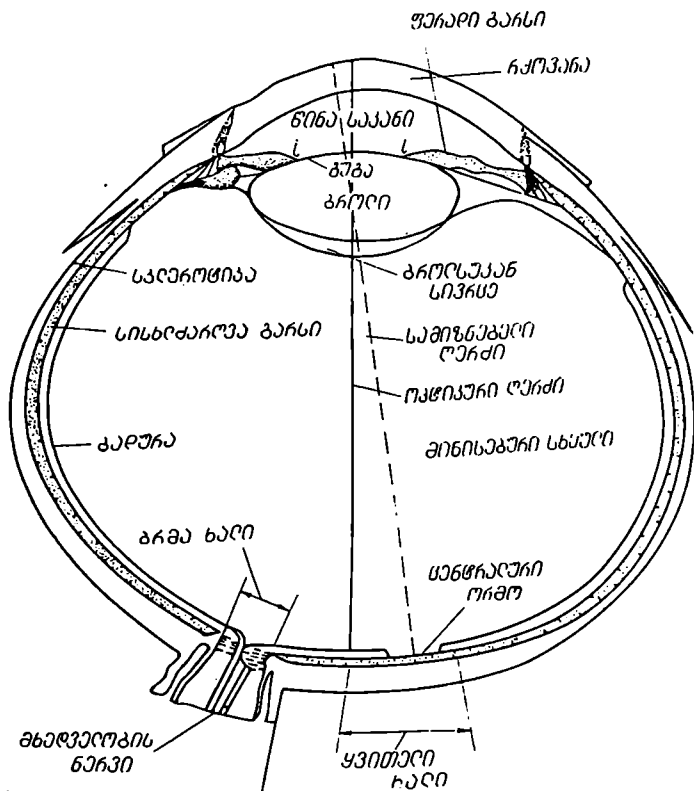
ყველა შემთხვევაში უტილობელი და განმსაზღვრელია ადამიანის თვალი, რომელსაც განვიხილავთ პირველ რიგში.

### 8. 2. 1. ადამიანის თვალი და მისი თვისებები

თვალის კაკალი წარმოადგენს წესიერი ბურთობის მოყვანილობის მინისებრ სხეულს, რომლის დიამეტრი დაახლოებით 25 მილიმეტრია, და შეერიეებულია თავის ტვინთან მხედველობის ნერვებით. თვალის კაკალი მისი წინა ნაწილის კუნთების საშუალებით შეიძლება ვაბრუნოთ ზევით, ქვევით, მარჯვნივ, მარცხნივ (იხ. 1-ლი ნახაზი, რომელიც წარმოადგენს ადამიანის მარჯვენა თვალის თარაზულ კვეთს).

თვალის კანი შედგება სამი გარსისაგან: 1. გარე თეთრი გაუმჭვირვალე და

უმკვირველი შრე სკლეროტიკა, რომელიც თვალს იცავს მექანიკური დაზიანებისაგან და რომელიც გარშემო უვლის მთელ თვალს, გარდა მისი წინა ნაწილისა, სადაც იგი არის მრგვალი, ამოზნექილი და სრულებით გამკვირვალე; მას უწოდებენ რქოვან გარსს (რქოვანა); 2. სისხლ-ძარღვოვანი გარსი, რომელიც რქოვანი გარსის ქვეშ წყდება და ქმნის მცირე სარკმელ-იან *ii* ძგიდურს. ამ ძგიდურის ორივე მხარეს სისხლ-ძარღვოვანი გარსის ნაწილს უწოდებენ ფერად გარსს; მისი ფერი სხვადასხვა ადამიანის თვალში სხვადასხვანაირია; ძგიდურის სარკმელს კი ეწოდება



ნახ. 6.2.1.1.

თვალის გუგა (ბაია), რომელიც თვალის შუა ნაწილს იცავს სინათლის გაბნეული სხივებისაგან და თვალის შიგ უშვებს სხივებს. მისი დიამეტრი ცვალებადობს 2—7.5 მმ შორის; 3. ბადური გარსი ანუ თვალის ბადურა (რეტინა), რომელზეც ვიღებთ თვალით დამზერილი საგნების ნამდვილ შემცირებულ და შებრუნებულ გამოსახულებას, ხოლო შეჩვევის გამო

ადამიანის გონებაში აღქმულს როგორც პირდაპირს; იგი სინათლის სხივების შემგრძნობი ფენაა და შედგება მოზაიკისმაგვარი მხედველობის ნერვების მრავალი ბოჭკოსაგან; ფორმის მიხედვით მისი დაბოლოება შედგება კოლბებისა და ჩხირებისაგან. პირველნი არიან სინათლისა და ფერების მგრძნობიარენი, მეორენი კი მხოლოდ—სინათლის ძალის მგრძნობიარენი; ეს ელემენტები განაწილებულია არათანაბრად; მაგალითად, ბადურის უკანა შუა ნაწილში მეტია კოლბები, ვიდრე ჩხირები და გუგუის პირდაპირ (თვალის უკან) ჰქმნიან საუკეთესო ხედვის მცირე უბანს, რომელსაც უწოდებენ ყვითელ ხალს (დიამეტრია 1,25 მილიმეტრა); მას აქვს ცენტრალური ორმო, რომლის დიამეტრია 0,4 მმ. ბადურის რომელიმე ნაწილი, რაც უფრო დაშორებულია ყვითელი ხალიდან, მით უფრო ნაკლებად მოიპოება იქ კოლბები და ჩხირები, ხოლო იმ ადგილას, სადაც ცვალში შემოდის მხედველობის ნერვი, ისინი სრულებით აღარ არიან. ამ ადგილის დიამეტრია დაახლოებით 2,5 მმ და უწოდებენ ბრმა ხალს. ფერადი გარსის შიგნით მოთავსებულია დრეკადი გამჭვირვალე სხეული—ბროლი. მისი უდიდესი სისქე აღწევს 3, 81 მმ; აქვს ორმხრივი ამოზნექილი ლინზის ფორმა და მისი ყველა თვისება, ამასთანავე მისი წინა ზედაპირის რადიუსი მეტია, ვიდრე უკანა ზედაპირისა; ბროლს აქვს მეტად რთული ფენოვანი შედგენილობა, გარე ფენის გარდატეხის მაჩვენებელია დაახლოებით 1,38, ხოლო შიგა ფენისა 1,41. მას შეუძლია თავისი კუნთებით მიიღოს სხვადასხვა ფორმა; თვალის შიგა ნაწილს ბროლი ჰყოფს უთანასწორო სიღრმედ, რომელთაგანაც წინა მომცრო საესეა წყლისებური გამჭვირვალე სითხით, ხოლო უკანა—მოზრდილი მინისებური სხეულით, რომლის გარდატეხის მაჩვენებელია დაახლოებით 1,336. ხსენებული ორი სითხე ბროლთან ერთად საკუთრივ ჰქმნის თვალის ოპტიკურ სისტემას; მთელი სისტემის ოპტიკური ცენტრი იმყოფება ბროლის შუა ადგილას. ამ ცენტრზე და ყვითელი ხალის ცენტრალურ ორმოზე გამავალ წრფეს ეწოდება დამზერის, ანუ თვალის ღერძი, ხოლო იმავე ცენტრზე და ცენტრალურ ორმოსა და ბრმა ხალს შორის გამავალ წრფეს თვალის ოპტიკური ღერძი ეწოდება. გარე საგნიდან წამოსული სხივები, რამდენიმეჯერ გარდატყდება რა განხილად სისტემაში, როგორც ვთქვით, თვალის ბადურაზე მოგვეცემს ნამდვილ, შემციობებულ და შებრუნებულ გამოსახულებას.

თვალი რომ წარმოადგენდეს უცვლელ ოპტიკურ სისტემას. მაშინ საგნის გამოსახულება ბადურაზე მოხედებოდა მხოლოდ თვალიდან საგნის რაიმე განსაზღვრულ მანძილზე დაშორების შემთხვევაში; ამ მანძილზე მეტი დაშორების შემთხვევაში საგნის გამოსახულება მიიღებოდა ბადურის წინ (ბროლისკენ), ხოლო ახლო საგნებისა კი ბადურის უკან (თვალის გარეთ); ორივე შემთხვევაში გამოსახულება იქნებოდა ბუნდოვანი. მაგრამ ვინაიდან თვალი წარმოადგენს გარემოს შესაბამისად ცვალებად ოპტიკურ სისტემას, ის ხასიათდება მანძილებთან შემგუებლობის, ანუ აკომოდაციის თვისებით, რის გამო თვალიდან ნებისმიერ მანძილებით დაშორებული საგნის გამოსახულება ყოველთვის მიიღება თვალის ბადურაზე; აკომოდაცია შედეგია მანძილების შესაბამისად სათანადო კუნთით თვალის ბროლის წინა ზედაპირის სიმრუდის ცვალებადობისა. აქვე დავძენთ, რომ ბროლის ამ თვისებას მიეწერება ისიც, რომ თვალი თავისუფალია სფერული აბერაციისა-

გან. ამანთანავე, თვალის ზემოთ აღნიშნული სითხისა და ბროლის ერთობლივი გავლენის გამო თვალი თავისუფალია ქრამატული აბერაციებისაგანაც.

როგორც ვნახეთ, აკომოდაცია საშუალებას გვაძლევს საგნები ვიხილოთ მკაფიოდ, რის შესაბამისად დადგენილია თვალიდან საგნამდე ზღვრული მანძილები. მაგალითად, ყველაზე გარკვეული და მკაფიო გამოსახულება მიიღება ბაღურაზე მაშინ, როდესაც სამზერი საგანი დაშორებულია თვალიდან ისეთ მანძილზე, რომელიც არ იწვევს არავითარ ცვლილებას ბროლის ბუნებრივ მოყვანილობაში; ამ მანძილს უწოდებენ საუკეთესო მხედველობის მანძილს; ნორმალური თვალისათვის თვალისათვის იგი საშუალოდ = 25 სმ. ნორმალური თვალი აგრეთვე ადვილად ეგუება ცოტა მეტ-ნაკლებ მანძილებსაც. მაგრამ არსებობს თვალი, რომელსაც ბროლის გარე პირეუმი ნორმალური თვალის ბროლის წინა ზედაპირთან შედარებით აქვს მცირე ბუნებრივი სიმრუდის რადიუსით, ე. ი. აქვს მეტი სიმრუდე, რის გამო მას არ შეუძლია შორეული საგნების გარკვეულად დანახვა; ასეთ თვალებს უწოდებენ ბეცს, რომელთათვის საუკეთესო მხედველობის მანძილია საშუალოდ 10 სმ, ხოლო იმ თვალებს, რომელთა ბროლის წინა ზედაპირის სიმრუდე ნაკლებია ნორმალური თვალის წინა ზედაპირის სიმრუდესთან შედარებით, რის გამო მათი საუკეთესო მხედველობის მანძილი მეტია ნორმალური თვალის საუკეთესო მხედველობის მანძილზე, ეწოდება ყუ შ ი ანუ შორსმხედველი. ასეთი თვალისათვის საუკეთესო მხედველობის მანძილია საშუალოდ 50 სმ.

ბეცი თვალის უარყოფით მხარეს ასწორებენ უარყოფითი (განმზნევი) ლინზების გამოყენებით, ხოლო ყუ შისას—დადებითი (შემკრები) ლინზებით.

თვალის თვისებას—გააჩიო ორი ურთიერთ ახლო წერტილი, ეწოდება თვალის მკაფიოობის, გაყოფადობის (ამოხსნის) ძალა ანუ მხედველობის სიმახვილე. იგი ხასიათდება იმ კუთხური მანძილის შებრუნებული სიდიდით, რომლითაც საუკეთესო ხედვის მანძილზე მდებარე ორი წერტილი აღიქმის თვალით ცალ-ცალკე. უმცირესი კუთხური მანძილის ოდენობა შეზღუდულია კოლბების ანატომიური ზომებით. ორი წერტილი აღიქმის თვალის მიერ ცალ-ცალკე, თუ მათი გამოსახულება იმყოფება ბაღურის იმ კოლბებზე, რომლებიც ურთიერთდაშორებულია ერთი კოლბით მაინც. ამ უკანასკნელის აღგზნება განსხვავდება მისი მოსაზღვრე იმ კოლბებისაგან, რომელზედაც მოთავსებულია აღნიშნული ორი წერტილის გამოსახულება. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ყვითელი ხალის შემავსებელი კოლბების დიამეტრი არის 0,005—0,006 მმ და მანძილი ბროლის მთავარ წერტილსა (ოპტიკური ცენტრის) და ყვითელ ხალს შორის დაახლოებით 22,8 მმ, მივიღებთ, რომ უმოკლესი კუთხური  $\varepsilon$  მანძილი გამოვა 40"—60"—მდე. მაგალითად, როცა კოლბის (უკრედი) დიამეტრი არის 0,006 მმ, მივიღებთ

$$\varepsilon = \frac{0,006 \text{ მმ}}{22,8} \cdot 206265 \approx 54'' \quad (3.2.1.1.)$$

ნორმალური თვალისათვის  $\varepsilon$  ოდენობას იღებენ 60''. გარდა ზემოაღნიშნულისა, თვალის მკაფიოობის ანუ გაყოფადობის ძალა დამოკიდებულია განხილადი წერტილის განათებასა და თვალის გუგის ზომებზე. დადგენილია, რომ თვალს მხედველობის მკაფიოობის საუკეთესო ძალა აქვს

მანინ, როცა თვალის გუგის დიამეტრი იმყოფება 3—4 მმ ფარგლებში და სანიზნე საგანი განათებულია 50 ლკ (ლუქსით).

ორი წრფის ურთიერთდაშორება აღიქმება თვალით, თუ ამ დაშორების კუთხური ოდენობა არის 10" (ზოგ ადამიანს აქვს უნარი ეს კუთხე დაიყვანოს 3"—მდე). მაშასადამე, ზემოთ მიღებული უმოკლესი კუთხური  $\varepsilon$  მანძილი 60". რომლის ფარგლებში დაიშორება ორი წერტილი, ცალ-ცალკე ექვსკერე მეტრა ორი წრფის ცალ-ცალკე დამზერისათვის საჭირო კუთხეზე. ეს ხდება იმიტომ, რომ თითოეული წრფე ურთიერთდამოუკიდებლად განლაგებულია რამდენიმე ჯარედზე (კოლაზე) და ამიტომ ისინი ადვილად იხილებიან ცალ-ცალკე, ვიწრო წერტილები. სკალებზე ანათვლების ზუსტად აღებისათვის სჭირდება კვესურებს შორის მანძილი იყოს 1,0—1,5 მმ, როცა კვესურების სისქე იქნება 0,1—0,15 მმ, ხოლო სიგრძე 6—9 მმ.

გარდა ზემომოყვანილი სასარგებლო თვისებებისა, თვალს აქვს იარაღის გარეშე საგნებამდე მანძილების გაზომვის. ანუ თვალზომის უნარი.

დადგენილია, რომ სამიზნე საგნიდან აანდათან დაშორებით მხედველობას კუთხე თანდათან მცირდება, ერთი და იგივე საგანი გვეჩვენება დიდი ან მცირე ოდენობის, იმის მიხედვით ის დაიშორება მხედველობის დიდი თუ მცირე კუთხით. თვალის კუნთების დაძაბულობა აკომოდაციისათვის ნაყოფნერია შედარებით მცირე მანძილებზე; თუ სიშორე გადასცილდა გარკვეულ ზღვარს—50—80 სანტიმეტრს, ხსენებული დაძაბულობის სარგებლობა უკვე უმნიშვნელო იქნება. როგორც ვხედავთ, ერთი თვალით ვერ ფასდება მანძილებისა და საგნების ოდენობა, აქ ისაზღვრება მხოლოდ მიმართება საგანზე. მაგრამ იმის გამო, რომ ადამიანს აქვს ორი თვალი, მას საშუალება ეძლევა შეაფასოს შორეული მანძილები, რისთვისაც იგი თვალებს აყენებს ისე, რომ მათი სამიზნე ღერძები გადაიკვეთონ სამიზნე წერტილებში; მაშასადამე, წერტილის ორივე გამოსახულება მიიღება ყვეთელი ხალის ცენტრალურ ორმოზე. მიუხედავად ამისა, რომ სამიზნე საგნის წერტილიდან თითოეული თვალით ვიღებთ ცალ-ცალკე გამოსახულებას, ჩვენ ვხედავთ ერთ წერტილს. ცხადია, თვალებს სამიზნე ღერძთა შორის სამიზნე წერტილზე დაყრდნობილი კუთხეები სხვადასხვა მანძილების შესაბამისად სხვადასხვა ოდენობის იქნება და ამ კუთხის ოდენობის საშუალებით, რომელიც შეიგრძნობა თვალის კუნთების დაძაბულობით, თვალის კაცლების მათ ფოსოებში ტრიალის დროს, შეფასდება მანძილი საგნამდე მიუხედავად იმისა, ცნობილია ჩვენთვის საგანი თუ უცნობი. აქვე დავსძენთ, რომ თვალის ღერძებს შორის კუთხეების ცვლილება საგრძნობია (შეიძლება შეფასდეს) მხოლოდ მცირე მანძილებზე. მაგალითად, 300—400 მეტრ მანძილზე თვალით სამიზნე ღერძები თითქმის პარალელურები ხდება, რის გამო თვალზომით დიდი მანძილების განსაზღვრას თან ახლავს ტლანჭი შეცდომები.

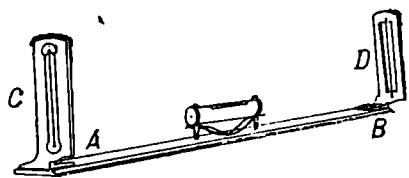
## 6. 2. 2. შიშვა-სახაზავი ალიდადა დიოპტრებით

პლანშეტზე ადგილის რაიმე წერტილზე მიმართების გატარებისათვის უმარტივესი ხელსაწყო, როგორც ამ თავის შესავალში აღვნიშნეთ, არის შიშვა-სახაზავი ალიდადა დიოპტრებით. იგი წარმოადგენს სპილენძის 10—25—50 სანტიმეტრამდე სიგრძის  $AB$  შიშვა-სახაზავს, რომელსაც ბოლოებში მართობულად დამაგრებული აქვს ვიწრო  $C$  და  $D$  ფირფიტები. პირ-



ველს ეწოდება თვალის დიოპტრი, ხოლო მეორეს — სავანის დიოპტრი. თვალის დიოპტრს (ნახ. 1) აქვს ვიწრო განაპერი ან წვრილი ნასკრეტების რიგი წრფივად, ხოლო სავანის დიოპტრის განაპერი ფართოა, რომელშიც სახაზავის მართობულად და თვალის დიოპტრის განაპერის პარალელურად დაჭიმულია ცხენის შავი ძუის ან ასეთივე ფერის რაც შეიძლება წვრილი მკეთულის ძაფი. არსებობს ალიდადა ორჯა დიოპტრით, რომლებშიც ვიწროა ერთიმეორის ზემოთ თვალის და სავანის დიოპტრი იმისათვის, რომ შეიძლება პირდაპირი და შებრუნებული მიმართებით დამიზნება.

თვალის დიოპტრის ვიწრო განაპერსა და სავანის დიოპტრის კრილის შუაზე დაჭიმულ ძუაზე გამაჯვარი შეეუღლ სიბრტყეს ეწოდება კოლიმაციური, ანუ სამიზნებელი სიბრტყე. ალიდადის ცალი მხარე, რომელსაც იყენებენ მიმართების ასაგებად, დაცერებულია  $20^{\circ}$ — $30^{\circ}$ -ით, რომ ფანქრის წვერი მას მკვიდროდ ებჯინებოდეს; აგრეთვე მასზე მიმაგრებულია ცილინდრული თარა-



ნახ. 6.2.2.1.

ხო იმ პლანშეტის თარაზულად დასაყენებლად, რომელზეც გეგმის შესადგენად გადაკრულია სახაზავი ქალაღი; მუშაობის დროს მასზე იდგმება ალიდადა და იხაზება მიმართება.

დიოპტრების დამიზნება ნიშნავს იმას, რომ მისი კოლიმაციური სიბრტყე

გადიოდეს სამიზნე საგანზე, ანუ თვალის დიოპტრში ცქერის დროს სავანის დიოპტრის ძაფი მოჩანდეს მისი განაპერის შუაში და ამავე დროს ფარავდეს ას შუაზე ჰყოფდეს სამიზნე საგანს. თვალის დიოპტრის განაპერი რაც უფრო ვიწროა, მათ მეტი სიზუსტით იქნება დამიზნება, მაგრამ თვალში შუქი მინაკლებად შევა, რის გამო სამიზნე საგანი გარკვეულად ვეღარ გამოჩნდება. ჩვეულებრივ, თვალის დიოპტრის განაპერის სიგანე ერთ მილიმეტრამდეა. დამიზნების სიზუსტეზე აგრეთვე გავლენას ახდენს დიოპტრებს შორის მანძილი, ანუ ალიდადის შიშის სიგრძე, რომლის ოდენობა, ცხადია სჯობს იყოს საუკეთესო მხედველობის მანძილის ტოლი; მაშინ თვალი დიოპტრებით დამიზნების დროს იხილავს სავანის დიოპტრის ძაფს სრულებით დაუღლეულად. პრაქტიკაში, როცა დამიზნების მოთხოვნილი სიზუსტე მცირეა (ბუსოლი), დიოპტრებს შორის მანძილს იღებენ ნორმალურზე მცირეს. ბოლოს აღვნიშნავთ, რომ დამიზნების სიზუსტე მით მეტია, რაც წვრილია სავანის დიოპტრის ძაფი, და რაც უფრო განათებულია სამიზნე საგანი. მანძილადამე, დიოპტრებით დამიზნების შეცდომა დამოკიდებულია თვალის დიოპტრის განაპერის სიგანეზე, დიოპტრებს შორის მანძილსა, სავანის დიოპტრის ძაფის სიშხობა და სამიზნე საგნის განათებულობაზე. ცდებით დადგენილია, რომ ეს შეცდომა აღწევს  $\pm 1'$ , თუმცა გამოცდილი დამკვირვებელი აღწევს  $\pm 30''$ -მდე.

ტლანტ ინსტრუმენტებში, როგორცაა ჭვარდინა ეკერები, დიოპტრების ნაცვლად იყენებენ ჭვარდინა ლარტყებისადმი ბოლოებში შეეუღლად

ჩაკედებულ ნემსებს ან წვრილ ლურსმნებს, რომელთა შორის შვეული სიბრტყე იქნება კოლიმაციური.

შიშშა-ალიდადა სახაზავი უნდა აკმაყოფილებდეს ორ მოთხოვნას:

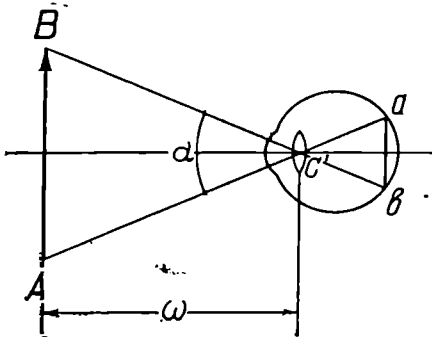
1. თვალის განაპირი და საგნის დიოპტრის ძაფი იმყოფებოდეს შიშშა-სახაზავის ქვედა ზედაპირის მართობულ სიბრტყეში. 2. კოლიმაციური სიბრტყე უნდა იყოს შერწყმული ან პარალელური სახაზავის დაცერებული მხარისა. ამ შემთხვევებს შეეხებით კუთხდამხაზი ინსტრუმენტის, ანუ მენზულის განხილვის დროს; იქვე განიხილება შიშშა-სახაზავი ალიდადა ჭოგრით (კიბრე-გელი).

დიოპტრებიანი შ ი მ შ ა-ა ლ ი და და წარმოადგენს ზოგიერთი ბუსოლის განუყოფელ ნაწილს, რომლის დიოპტრებს შორის მანძილი, როგორც ზემოთ შევნიშნეთ, ჩვეულებრივ, მცირეა საუკეთესო მხედველობის მანძილზე. ამ მოთხოვნება მისი ცენტრის ბუსოლის ცენტრთან თანმთხვევა, რომელსაც შეეხებით ბუსოლების საკითხის განხილვის დროს.

წრედ-ალიდადა ჭოგრით კუთხსაზომი ინსტრუმენტების—თეოდოლიტების განუყოფელი ნაწილია; მისი ცენტრი უნდა ემთხვეოდეს თეოდოლიტის თარაზული წრედის ცენტრს, რაც აგრეთვე შეისწავლება თეოდოლიტის განხილვის დროს.

## 6. 2. 8. ოპტიკური ხელსაწყოების დანიშნულება

ოპტიკური ხელსაწყოების შექმნა შემდეგი მიზეზით არის გამოწვეული: იმისათვის, რომ თვალით ვიხილოთ დასამზერი  $AB$  საგანი სრულყოფილად, საჭიროა ეს საგანი იმყოფებოდეს საუკეთესო მხედველობის  $\alpha$  მანძილზე. ამ შემთხვევაში თვალი კუნთების ძალდონის დაუჭიშვად უმზერს საგანს  $\alpha$  მხედველობის კუთხით, რომელსაც თვალის ოპტიკურ  $C'$  ცენტრთან ადგენს საგნის განაპირა  $A$  და  $B$  წერტილებიდან წამოსული სხივები და ბალურაზე მივიღებთ  $ab$  გამოსახულებას (ნახ. 1). ცნობილია, რომ გეოდეზიური საშუაოების შესასრულებლად საჭიროა დამზერა შორეული დიდი



ნახ. 6.2.3.1.

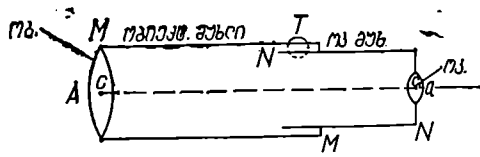
საგნებისა, რომელთა უშუალოდ მოახლოება თვალთან საუკეთესო მხედველობის მანძილზე შეუძლებელია. მაშასადამე, საჭირო გახდა შექმნილიყო ისეთი ოპტიკური სისტემა, რომელთა საშუალებით მოხდებოდა საგნების დამკვირვებლისადმი მოახლოება ანუ მხედველობის  $\alpha$  კუთხის გადიდება და გამოსახულების მიყვანა ბალურაზე. ამ ფუნქციას ასრულებს საკვრეტი ოპტიკური მილი ანუ ჭოგრი, სადაც გამოყენებულია წინა პარაგრაფებში განხილული ოპტიკური ლინზები, რომლებიც გვაძლევენ გარე საგნის გამოსახულებას საუკეთესო მხედველობის მანძილზე და მასთან ისეთი ოდენობით,

რომ მხედველობის კუთხე, რომლის ფარგლებში იხილება ეს გამოსახულება მეტი იქნება, ვიდრე კუთხე, რომლის ფარგლებში დაიმზირება საგანი ჭოგარის ანუ ლინზების გამოყენების გარეშე.

გეოდეზიური სამუშაოების შესრულების დროს ხშირად საჭიროა გადასატანი საგნების დამზერაც (ლიმბზე ანათვლების აღება და სხვა), რომელთა მოახლოება მხედველობის კუთხის გაზრდის მიზნით თუმცა შესაძლებელია, მაგრამ ისინი იმდენად მცირე ზომის არიან, რომ თვით საუკეთესო მხედველობის მანძილზე მოჩანან უაღრესად მცირე კუთხის ფარგლებში და მათი კიდევ უფრო მოახლოებით თუმცა გადიდებოდა მხედველობის კუთხე, მაგრამ გამოიწვევდა გამოსახულების ბუნდოვნობას. ვინაიდან ამ შემთხვევაში ეს მანძილი გადაცილებული იქნებოდა შემგუებლობის (აკომოდაციის) ზღვარს. მაშასადამე, აქაც საჭირო ხდება დამკვირვებლისადმი ახლომდებარე და მეტად მცირე ოდენობის საგნები დამზერილ იქნეს მხედველობის დიდი კუთხით. ამ მიზნით აქაც გამოყენებულ იქნა გამადიდებელი მიწინა ანუ ლუპა და მიკროსკოპი, რომლებიც საშუალებას გვძლევს ახლომდებარე მცირე საგნების გადიდებულად ხილვის, ანუ დიდი მხედველობის კუთხით დამზერისას. როგორც ვხედავთ, შექმნილია ორგვარი ოპტიკური ხელსაწყო: ჭოგარი, რომლითაც დაიმზირება შორეული დიდი ზომის საგნები მათი მოახლოების და გამოსახულებების გადიდების მიზნით, ხოლო მეორე—ლუპა და მიკროსკოპი, რომლებითაც დაიმზირება ახლომდებარე მცირე ზომის საგნები მათი გამოსახულების გადიდების მიზნით.

**6. 2. 4. სამზერი და სამიზნებელი ჭოგარი**

სამზერი ჭოგარი წარმოადგენს *MM* ობიექტივისა და *NN* ოკულარის მუხლისაგან შედგენილ თითბრის ცილინდრულ მილს. უმრავლეს შემთხვევაში ოკულარის მუხლი მოძრაობს ობიექტივის მუხლში. ობიექტივის მუხლში მოთავსებულია საგნების *A* ლინზა და ეწოდება ობიექტივი, ხოლო ოკულარის მუხლში—თვალის *a* ლინზა და ეწოდება ოკულარი (ნახ. 1).



ნახ. 6.2.4.1.

ობიექტივის მუხლში—თვალის *a* ლინზა და ეწოდება ოკულარი (ნახ. 1).

გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში ხშირად მხოლოდ დიოპტრიულ სამზერ

ჭოგარს, ანუ ისეთ მილს, რომელშიც გამოყენებულია მხოლოდ სფერული ლინზები; ასტრონომიულ ინსტრუმენტში გარდა აღნიშნულისა გამოიყენება აგრეთვე კატოპტრიული ჭოგარიც, რომელშიც სფერულ ლინზებთან ერთად გამოყენებულია სფერული სარკეც.

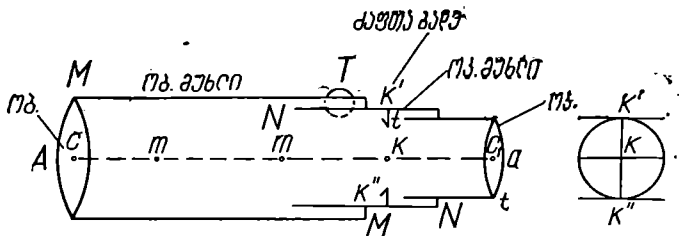
დიაპტრიული სამზერი ჭოგარი არის ოთხნაირი: 1. ასტრონომიული, რომლის ობიექტივი და ოკულარი შეეკრები (დადებითი) ლინზებია; 2. ჰოლანდიური, ანუ გალაღის სამზერი ჭოგარი, სადაც ობიექტივია შეეკრები და ოკულარი გამბნევი (უარყოფითი) ლინზა; 3. ობიექტივისა და ოკულარის შეეკრებ ლინზებს შორის მოწყობილია გამოსახულების შემაბრუნებელი ლინ-

ზეზის სისტემა; 4. ობიექტივისა და ოკულარის შემკრებ ლინზებს შორის მოწყობილია გამოსახულების შემაბრუნებელი პრიზმების სისტემა.

უკანასკნელი სამი ჭკუფის სამზერ კოგრებს ეწოდება მიწიპირული, რომლებიც იძლევიან საგნების პირდაპირ გამოსახულებას.

ასტრონომიული სამზერი კოგრი კი იძლევა საგნის შებრუნებულ გამოსახულებას.

გეოდეზიური სამუშაოების შესრულების დროს მოითხოვება საგნების არა მარტო დამზერა, არამედ გარკვეულ წერტილებზე დამიზნება და გაზომვა თარაზული და დახრილი მიმართულებებისა, რითაც საშუალება გვძლევს განვსაზღვროთ თარაზული და დახრის კუთხეები, მანძილები, აღმატებები და სხვა სიდიდეების ოდენობები. მაშასადამე, საჭიროა ისეთი კოგრის გამოყენება, რომელიც მოგვცემს სამიზნეხაზს. ასეთ ხაზს კი მოგვცემს ის კოგრა, რომლის ობიექტივი იძლევა საგნის ნამდვილ გამოსახულებას. აგრეთვე კოგრი არ უნდა შთანქაედეს სინათლის ბევრ სხივს, ე. ი. კოგრი უნდა იძლეოდეს გამოსახულების მეტ ნათელობას. დაბოლოს, უპირატესობა აქვს იმ კოგრს, რომელიც ერთნაირი ოპტიკური თვისებების შემთხვევაში უფრო მოკლე იქნება. ყველა ზემოთ წაყენებულ პირობას აკმაყოფილებდა კეპლერის მიწი შექმნილი მარტივი ასტრონომიული კოგრი. ამიტომ თანამედროვე გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში გამოყენებულია. თითქმის, მხოლოდ კეპლერ-



ნახ. 6.2.4.2.

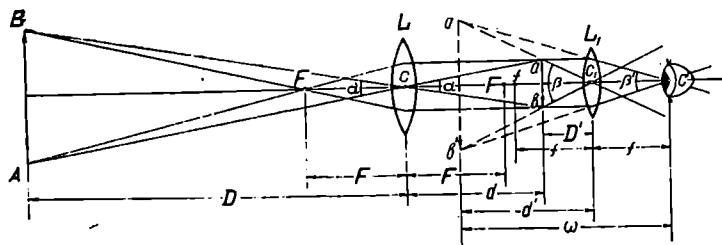
რის კოგრი. ამ კოგრით რომ გამოსახულებას შებრუნებულს იღებენ, ეს არ შეიძლება ჩაითვალოს ნაკლად, რადგანაც საგნების შებრუნებულ გამოსახულებაზე დაკვირვება არ არის ძნელი მათ პირდაპირ გამოსახულებასთან შედარებით. საჭიროა აქვე შევნიშნოთ, რომ ამჟამად როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ უკვე ამზადებენ ასტრონომიული კოგრების ტოლ ოპტიკური და ეკონომიური მონაცემების მქონე მიწიპირულ კოგრებს.

როგორც აღვნიშნეთ, კეპლერის მარტივი სამზერი ასტრონომიული კოგრი მისივე სამიზნე კოგრისაგან ძირითადად განსხვავდება იმით, რომ მასში არის სამიზნე ღერძი, რაც განხორციელებულია ოკულარის მუხლში  $K'KK''$  ძაფთა ბადის ჩასმით (ნახ. 2). როგორც ვხედავთ, სამიზნე კოგრს აქვს  $mm$  გეომეტრიული, ანუ სიმეტრიის ღერძი,  $C_1C$  ოპტიკური ანუ ოკულარისა და ობიექტივის ოპტიკური ცენტრების შემაერთებელი წრფე და  $KC$  სამიზნე, ანუ ობიექტივის ოპტიკური ცენტრისა და ბრტყელ პარალელურ ფირფიტაზე 1—2 მიკრონის სისქის მქონე დაკვესილი ურთიერთმართობი მონაკვეთების

გადაკვეთის  $K$  წერტილის შემაერთებელი წრფე. ადრე ძაფთა ბადეს ჰქმნიდნენ აბლაბუდას (ობობას) ძაფებით. ტერმინები სამიზნე ლერძი, სამიზნე სხივი, მიზნების ხაზი სინონიმურია.

ობიექტივის ( $A$  ლინზის) მთავარი საფოკუსო მანძილი გრძელია, ხოლო ოკულარის ( $A'$  ლინზის) კი მცირე. ბზინვის მოსაცილებლად ჰოგარი შიგნიდან შავად არის შეღებილი.

განხილადი ჰოგარი  $AB$  საგნის გამოსახულების მისაღებად ვიყენებთ 6.1.2 პარაგრაფის  $C$  მუხლში განხილულ 6.1.2.6 და 6.1.2.10 ნახაზებით



ნახ. 6.2.4.3.

გამოსახულ შემთხვევას ლინზით საგნის გამოსახულების მიღების შესახებ. (3) ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ ობიექტივით  $AB$  საგნის  $ab$  გამოსახულება მიიღება მის ერთმხედ და ორმხედ მთავარ საფოკუსო მანძილს შორის და არის შებრუნებული, ნამდვილი და შემციირებული; შემდეგ ოკულარით მის მთავარ  $f$  საფოკუსო მანძილის ფარგლებში მდებარე  $ab$  გამოსახულება, დამზერ-ლი დიდი კუთხით, საბოლოოდ მიიღება პირდაპირი, წარმოსახვითი და გადი-დებული  $a'b'$  გამოსახულების სახით. მაშასადამე, ეს უკანასკნელი იქნება სამიზნეული  $AB$  საგნის შებრუნებული გამოსახულება დამკვირვებლის ოვალთ ხილული.

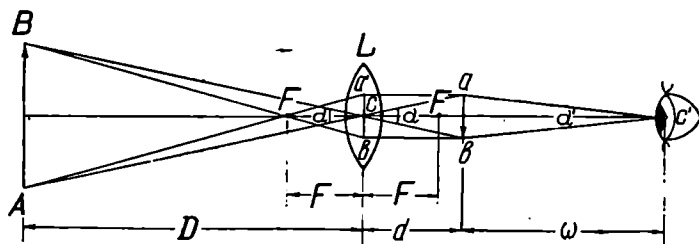
ყოველი ასტრონომიული სამიზნე ჰოგარის სიმძლავრე ხასიათდება გა-მადიდებლობით, მხედველობის არეთი, გამოსახუ-ლების ნათელობით და მკაფიოობის (გარჩევის) ძალით.

#### 4. ზოგარის ხილული კუთხური პარადიგმა

გეომეტრიულ ობიექტაში არჩევენ ჰოგარის გრძივ, განივ და კუთხურ გამადიდებლობას. გეოდეზიური სამუშაოების შესრულები-სათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ჰოგარის ე. წ. ხილულ კუთხურ გამადიდებლობას (მოკლედ ვუწოდებთ ხოლმე ჰოგარის გამადი-დებლობას), რაც გვიჩვენებს, თუ რამდენჯერ გადიდებული ჩანს სამზერი საგ-ნის ზომები ჰოგარით, შეუიარაღებელი თვალთ მზერისას იმავე საგნის ზომებ-თან შედარებით. ჰოგარის გამადიდებლობის ოდენობას გამოსახავენ ფარდობით  $\beta$  კუთხისა, რომლის ფარგლებში დაიმზირება საგნის  $ab$  გამოსახულება

ქოვრში, იმ  $\alpha$  კუთხესთან, რომლის ფარგლებში დაიმზირება თვით  $AB$  საგანი შეუიარაღებელი თვალით (ნახ. 3). პირველ შემთხვევაში იგულისხმება, რომ თვალი დაყენებულია  $C_1$  წერტილში (ფაქტიურად კი იგი იმყოფება  $C'$  წერტილში), ხოლო მეორე შემთხვევისას —  $C$  წერტილში. ასე რომ, სიმცირობის გამო ქოვრის სიგრძე მხედველობაში არ არის მიღებული. ქოვრის გამადიდებლობის გამოთვლა ხდება ზემოხსენებულ განსაზღვრებაზე დაყრდნობით მიღებული სამუშაო ფორმულების საშუალებით, რისთვისაც პირველ რიგში გაცნობილავთ ქოვრში ობიექტისა და ოქულარის არსებით თვისებებს და მათ საკუთარ ხილულ გამადიდებლობებს ცალ-ცალკე და ბოლოს გამოვიყვანოთ ორივეს ერთად მოქმედების ანუ ქოვრის ხილულ გამადიდებლობის ფორმულას.

(4) ნახაზზე ნაჩვენებია, რომ  $L$  ობიექტივის საშუალებით მიღებულია  $AB$  საგნის  $ab$  გამოსახულება, რომლის  $D$  დაშორება ობიექტივიდან გაცილებით მეტია ვიდრე თვით ობიექტივის მუხლის სიგრძე. ცხადია,  $ab$  გამო-



ნახ. 6.2.4.4.

სახელების ხილვისათვის თვალი უნდა დავაყენოთ საუკეთესო მხედველობის მანძილზე, რომლის შესაბამისი მხედველობის კუთხე იქნება  $\alpha'$ . შემკრები  $L$  ობიექტივი რომ არ ყოფილიყო, მაშინ  $AB$  საგანი დაიმზირებოდა  $\alpha$  კუთხის ფარგლებში, რომელიც შეიქმნებოდა მის ადგილას მყოფი თვალის  $C$  ცენტრთან საგნის განაპირა  $A$  და  $B$  წერტილებიდან წამოსული სხივების მიერ.

მაშასადამე, განსაზღვრების თანახმად, ობიექტივის ხილული გამადიდებლობა

$$k_1 = \frac{\alpha'}{\alpha}. \quad (6.2.4.1)$$

მიღებული დამოკიდებულების შესაბამისი სამუშაო ფორმულის გამოყვანამდე საყურადღებოა დავადგინოთ, თუ რა სხვაობაა  $L$  ობიექტივის  $d$  საფოკუსო და მთავარ  $F$  საფოკუსო მანძილებს შორის, რისთვისაც გამოვიყენოთ (6. 2. 1. 4) ძირითადი ფორმულა

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}.$$

ეს ტოლობა გადავმრავლოთ  $d$ -ზე და განვსაზღვროთ სხვაობა

$$d - F = \frac{d}{D} \cdot F. \quad (a)$$

ახლა იგივე (6. 2. 1. 4) ტოლობა გავამრავლოთ  $D$ -ზე და განვსაზღვროთ  $\frac{d}{D}$

სიდიდე, მივიღებთ

$$1 \quad \frac{d}{D} = \frac{F}{D - F}.$$

მაშასადამე, (a) ტოლობა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$d - F = \frac{F^2}{D - F}, \quad (6.2.4.2)$$

სიდაც  $d - F$  და მისი განმსაზღვრელი ელემენტები გამოისახება მთავარი საფოკუსო მანძილის განზომილებაში.

ვთქვათ,  $F = 20$  სმ;  $D = 200$  მ = 20000 სმ; მაშინ  $d - F = 0,02$  სმ = 0,2 მმ.  $D = 10000$  სანტიმეტრისათვის იგივე სხვაობა იქნება 0,04 სმ = 0,4 მმ; ხოლო  $D = 5000$  სანტიმეტრისათვის კი 0,08 სმ = 0,8 მმ. როგორც ვხედავთ,  $(d - F)$  სხვაობა ერთ მილიმეტრზე ნაკლებია, ამიტომ პრაქტიკულად, უგულებელსაყოფო შეცდომის დაშვებით მივიღებთ  $d = F$ , რის გამო შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ სამზერი საგანი უსასრულოდ შორს არის და, მაშასადამე, (4) ნახაზის მიხედვით (1) ტოლობის შესაბამისი სამუშაო ფორმულის გამოსაყვანად საჭირო  $ab$  ოდენობის განსაზღვრის დროს ობიექტივის  $d$  საფოკუსო მანძილის ნაცვლად გამოვიყენებთ მის მთავარ  $F$  საფოკუსო მანძილს

$$ab = 2F \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 2a \operatorname{tg} \frac{\alpha'}{2}.$$

$\alpha$  და  $\alpha'$  კუთხეების სიმციროს გამო მათი ტანგენსები შეგვიძლია შევცვალოთ კუთხეების რადიანული ზომებით

$$F \alpha = a \alpha',$$

საიდანაც

$$g_1 = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{F}{a}. \quad (6.2.4.3)$$

გამოყვანილი სამუშაო ფორმულა გვიჩვენებს, რომ ობიექტივი მით უფრო დიდს გვიჩვენებს საგნის  $ab$  გამოსახულებას, რაც მეტია მისი მთავარი საფოკუსო მანძილი, ანუ რაც უფრო ბრტყელია ლინზა და იგი გამადიდებელი იქნება, თუ  $F > a$ . წინააღმდეგ შემთხვევაში ობიექტივი მხოლოდ აახლოებს და არ იდილებს საგანს. ასეთი ფაქტი ხდება უმრავლეს შემთხვევაში.

განვიხილოთ ჰოგარის ოკულარი, რომელიც, როგორც ამას ქვემოთ ვნახავთ, არსებითად წარმოადგენს გამადიდებელ ლინზას, ანუ ლუპას. (5) ნახაზის მიხედვით (2) ფორმულაში  $d$ ,  $F$  და  $D$  სიდიდეების ნაცვლად, შესაბამისად, შევითანოთ  $-d'$ ,  $f$  და  $D'$  სიდიდეებს. მაშინ (2) ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$-d - f = \frac{f^2}{D' - f}. \quad (b)$$

წარმოსახვითი  $a'b'$  გამოსახულების მკაფიოდ ხილვისათვის სკეპირა მი-  
სი დაშორება თვალიდან იყოს საუკეთესო მხედველობის ა მანძილზე, რომე-  
ლიც უდრის  $d+f$  მანძილს და  
რომელსაც შეესაბამება მხედვე-  
ლობის  $\beta'$  კუთხე, დაყრდნობილი  
თვალის  $C'$  ცენტრზე. მაშინ  $\omega(b)$   
ტოლობა დაიწერება ასე:

$$-\omega = \frac{f^2}{D' - f} \quad (c)$$

ჩვენთვის საინტერესოა, თუ რამ-  
დენად გაუარესდება ხილვადობა  
 $ab$  გამოსახულებისა, თუ ოკუ-  
ლარს დაეყენებთ მისგან არა  $D'$ ,  
არამედ მის მთავარ  $f$  საფოკუსო  
მანძილზე. ამისათვის (c) ტოლო-  
ბიდან განვსაზღვროთ  $D'$  სიდიდე:

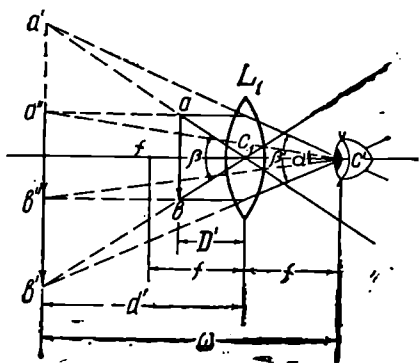
$$D' = f \left( 1 - \frac{f}{\omega} \right) \quad (6.2.4.4)$$

აქვეათ,  $f=1$  სმ; როგორც ცნობილია, ნორმალური თვალისათვის  
საუკეთესო ა მანძილია 25 სმ, ყუშისათვის 50 სმ, ხოლო ბეცისათვის 10 სმ.  
მაშინ (4) ტოლობის მიხედვით მივიღებთ:

ნორმალური თვალისათვის	$D' = 0,960$ სმ
ყუშისათვის	$D' = 0,980$ "
ბეცისათვის	$D' = 0,900$ "

$D'$  სიდიდის უდიდეს და უმცირეს ოდენობებს შორის სხვაობა ერთ მილი-  
მეტრზე ნაკლებია, რაც უმნიშვნელოა. მოყვანილი რიცხვები აგრეთვე გვიჩ-  
ვენებს, რომ  $D'$  და  $f$  შორის სხვაობაც ერთ მილიმეტრზე ნაკლებია, ე. ი.  
უმნიშვნელო შეცდომის დაშვებით მივიღებთ, რომ  $D' \approx f$ . მაშასადამე,  $ba$   
გამოსახულებისადმი ოკულარი შეიძლება დაეყენოთ მის მთავარ  $f$  საფოკუს-  
სო მანძილზე, რითაც მისი წარმოსახვითი გამოსახულება მიიღება საკმარისად  
მკაფიოდ. აქვე შევნიშნავთ, რომ (4) ტოლობის მიხედვით  $\omega$  სიდიდის ოდენ-  
ობის ზრდით იზრდება  $D'$  მანძილი, ე. ი. ყუში თვალის მქონე ადამიანს უწ-  
და ეჭიროს ოკულარი (ლუპა) საგნიდან უფრო შორს, ვიდრე ბეცი თვალის  
მქონეს.

ახლა გამოვიყენოთ ოკულარის ხილული კუთხური გამადიდებლობის  
განსაზღვრისათვის სამუშაო ფორმულა.  $L_1$  ოკულარი (ლუპა) რომ არ გამო-  
ვიყენოთ (ნახ. 4),  $ab$  გამოსახულებიდან თვალი უნდა დაეყენოთ  $\omega$  საუ-  
კეთესო მანძილზე. (5) ნახაზზე ამ მანძილს შეესაბამება  $a''b''$  გამოსახუ-  
ლება, რომლის შესაბამისი მხედველობის კუთხეა  $a''C'b'' = \alpha'$ , ოკულა-  
რის ( $L_1$ ) გამოყენებისას კი თვალი დაეყენებულია მისგან დაახლოებით  $f$



ნახ. 6.2.4.5.



მთავარ საფოკუსო მანძილზე, ე. ი.  $a'b'$  წარმოსახვისი გამოსახულების მკაფიოდ ხილვისათვის თვალი იმავე საუკეთესო ხედვის  $\alpha$  მანძილზეა დაყენებული, რომლის შესაბამისი მხედველობის კუთხეა  $a'C'b' = \beta'$ . განსაზღვრების თანახმად, ოკულარის ხილული  $g_3$  გამადიდებლობა გამოისახება და-მოკიდებულებით:

$$g_3 = \frac{\beta'}{\alpha'}. \quad (d)$$

აქვე შევნიშნავთ, რომ ვინაიდან თვალის დაშორება ოკულარიდან არ აღემატება მის მთავარ ფოკუსურ  $f=1$  სმ მანძილს, ხოლო თვით ოკულარის მანძილი  $a'b'$  გამოსახულებამდე დაახლოებით უდრის საუკეთესო მხედველობის  $\alpha$  (10—25—50 სმ) მანძილს, ამიტომ  $a'C'b' = \beta'$  კუთხე უმნიშვნელოდ განსხვავდება  $a'C_1b' = \beta$  კუთხისაგან. მაშასადამე, (d) დამოკიდებულების ნაცვლად დავწერთ:

$$g_3 = \frac{\beta}{\alpha'}. \quad (e)$$

$aC_1b$  და  $a''C'b''$  სამკუთხედიდან

$$ab = a''b'' = 2f \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = 2\omega \operatorname{tg} \frac{\alpha'}{2}.$$

სიმერიის გამო განხილად კუთხეთა რადიანებში გამოსახვის შედეგად დავწერთ:

$$f\beta = \omega\alpha',$$

საიდანაც

$$g_3 = \frac{\beta}{\alpha'} = \frac{\omega}{f}. \quad (6.2.4.5)$$

ნიღბული სამუშაო ფორმულა გვიჩვენებს, რომ რაც მოკლეა ოკულარის (ლუპის) მთავარი საფოკუსო მანძილი, ანუ რაც უფრო ამობურცულია ლინზა, მით მეტია მისი ხილული კუთხური გამადიდებლობა.

თვით ჭოგრის ხილული გამადიდებლობის სამუშაო ფორმულის გამოსაყვანად ზემოგანხილული (2) და (4) ფორმულების ანალიზის საფუძველზე მიღებული  $d = F$  და  $D' = f$  დამოკიდებულებების (3) ნახაზში შეტანით იგი დაიხაზება (6) ნახაზის სახით, რასაც ტელესკოპური სისტემა ეწოდება. ასეთი სისტემა იგულისხმებოდა ზემოთ მიღებულ განსაზღვრებაში, ე. ი. ჭოგრის  $G$  ხილული გამადიდებლობა იქნება ფარდობა  $\beta$  კუთხისა, რომლის ფარგლებშიც დაიმზირება  $ab$  გამოსახულება ჭოგრი,  $\alpha$  კუთხესთან, რომლის ფარგლებში დაიმზირება  $AB$  საგანი შეუიარაღებელი თვალით. მაშასადამე,

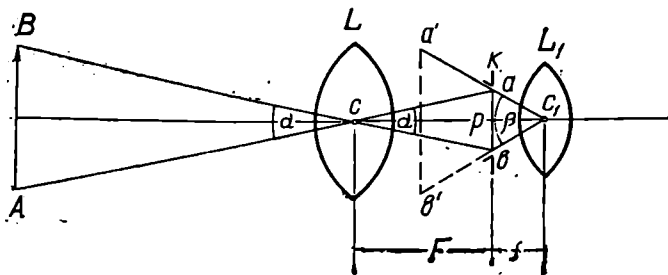
$$G = \frac{\beta}{\alpha},$$

ხოლო (6) ნახაზის მიხედვით

$$ab = 2F \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 2f \operatorname{tg} \frac{\beta}{2},$$

$$F\alpha = f\beta,$$

$$G = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{F}{f}. \quad (6.2.4.6)$$



ნახ. 6.2.4.6.

იმავე ფორმულას მივიღებთ ობიექტივისა და ოკულარის ხილული გამადიდებლობის (3) და (5) ფორმულის შეთავსებით, რაც მათ გადამრავლებას ნიშნავს, ე.ი.

$$G = g_1 \cdot g_2 = \frac{F}{\omega} \cdot \frac{\omega}{f} = \frac{F}{f}. \quad (6.2.4.6')$$

მაშასადამე, ტელესკოპურ ანუ ანტიფოკალურ სისტემამდე დაყვანილი ჭოგრის ხილული კუთხური გამადიდებლობა უდრის მისი ობიექტივისა და ოკულარის მთავარ საფოკუსო მანძილთა ფარდობას.

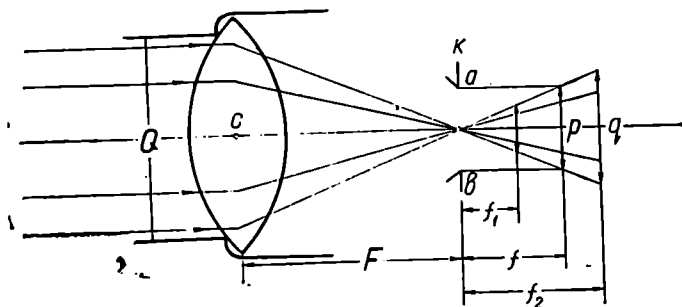
**ა. ნორმალური, მაქსიმალური და მინიმალური გამადიდებლობა**

იგულისხმება რა სამზერი საგანი უსასრულოდ შორს, პარალელური სხივები (ნახ. 7) ეცემა ტელესკოპურ სისტემამდე დაყვანილი ჭოგრის ობიექტივის ჩარჩოში მოქცეულ  $Q$  თავისუფალ განხმულებას (ხვრეტს), რომელსაც მოკლედ ვუწოდებთ სხივების შესასვლელ გუგას, ხოლო გამოსვლის გუგა არის ობიექტივის ჩარჩოს ნამდვილი გამოსახულება, დამზერილი სამიზნე ჭოგრის ოკულარით, რომელიც გამოისახება ოკულარის უკანა მთავარი ფოკუსის ახლო დაყენებულ ეკრანზე  $P$  დიამეტრის მქონე ნათელი წრის სახით (რამდენის სარკმელი). იგი იზომება მასშტაბური სახაზავით ან დინამეტრით (6. 2. 4 პარაგრაფი).

(6) ფორმულისა და (7) ნახაზის შესაბამისად ჭოგრის ხილული კუთხური ნორმალური გამადიდებლობა

$$G = \frac{Q}{P}. \quad (6.2.4.7)$$

მოცემული ობიექტივისათვის ჭოგრის მაქსიმუმი გამადიდებლობა ექნება, თუ (6) დამოკიდებულებაში შევიტანოთ  $f_{min}$ . (7) ნახაზზე იგი  $f_1$ -ით არის აღნიშ-



ნახ. 6.2.4.7.

ნული. ექსპერიმენტით დადგენილია, რომ  $f_1$  არ შეიძლება იყოს ნაკლები 7,5 მმ-ზე, ე. ი.

$$G_{max} = \frac{F}{7,5}; \quad (6.2.4.8)$$

სადაც ობიექტივის  $F$  მთავარი საფოკუსო მანძილი, ცხადია, გამოსახული იქნება მილიმეტრებში.

მოცემული ობიექტივისათვის ჭოგრის ექნება მინიმალური გამადიდებლობა, თუ მას დაუყენებთ დიდი საფოკუსო მანძილის მქონე ოკულარს: მაგრამ ფოკუსის მანძილის გადიდებასთან ერთად საჭირო იქნება მისი დიამეტრის გადიდებაც, რომ ობიექტივიდან გამოსული ყველა სხივი მოხვდეს ადამიანის თვალს. ამისათვის კი საჭიროა, რომ ოკულარის დიამეტრი არ იყოს ადამიანის თვალის გუგის მაქსიმალურ შესაძლო  $q$  ოდენობაზე მეტი. ცნობილია რომ ადამიანის თვალის გუგის დიამეტრი განათებულობის (შზიანი და ღრუბლიანი დღე) მიხედვით შეიძლება იცვლებოდეს 2-8 მმ-მდე. მაშასადამე, თუ ოკულარს ავიღებთ  $q=8$  მმ დიამეტრისას, მაშინ მოცემული ობიექტივისათვის (7) ნახაზის მიხედვით ჭოგრის მინიმალური ხილული კუთხის გამადიდებლობა იქნება:

$$G_{min} = \frac{F}{f_2} = \frac{F}{\frac{q}{q} \cdot F} = \frac{Q}{q}. \quad (6.2.4.9)$$

ხშირად ჭოგრებს აქვს რამდენიმე სხვადასხვა მთავარი საფოკუსომანძილიანი ოკულარი, რაც საშუალებას იძლევა ჭოგრი იყოს სხვადასხვა გამადიდებლობის. დიდი გამადიდებლობა, როგორც ვნახავთ, არ არის ხოლმე სასურველი, ვინაიდან გამადიდებლობის ზრდასთან მკირდება ჭოგრის მხედველობის არე და გამოსახულებების ნათელობა. ამ მოსახრების გამო საჭირო გახდა მოცემული ობიექტივისათვის ვიცოდეთ ნორმალური მაქსიმუმი და მინიმუმი გამადიდებლობა, გამოსახული ზემოთ განხილული ფორმულებით.

იმის გამო, რომ (6) ფორმულით ჟოგარის გამადიდებლობის დადგენისათვის საჭირო ობიექტივისა და ოკულარის მთავარი საფოკუსო მანძილების განსაზღვრა ძნელია, მიმართავენ ჟოგარის გამადიდებლობის განსაზღვრის სხვადასხვა პრაქტიკულ ხერხებს.

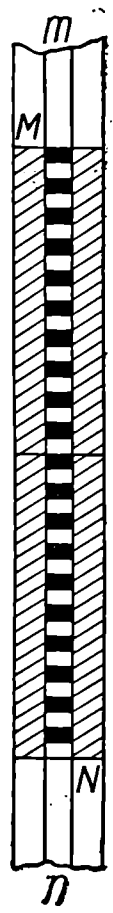
1. გალილეის ხერხი

გალილეის ხერხს, ანუ ლარტყის გამოყენების ხერხს იყენებენ შედარებით მცირე გამადიდებლობის ჟოგარების გამადიდებლობის დასადგენად, რისთვისაც ჟოგარიდან 20—50 მეტრის მანძილზე შევეულად აყენებენ *mn* ლარტყას (სქელი ფიცრის ვიწრო და გრძელი ნაჭერი თანასწორ ნაწილებად დაყოფილი), რომელსაც დამზერენ ცალი თვალთა ჟოგარში, მეორეთი უჟოგროთ. დამკვირვებელი თანადროულად დაინახავს ჟოგარით გადიდებულ რამდენიმე მსხვილ *MN* და უშუალოდ თვალთა მრავალ წვრილ დანაყოფს ლარტყაზე. თვალში ისე უნდა იყოს დაყენებული, რომ ორივე სურათი ერთმანეთს ჰფარავდეს. ესაზღვრავთ *mn* ლარტყაზე დანაყოფების რაოდენობას, რომელიც შეესაბამება ჟოგარით დამზერილ და გადიდებულ ერთ დანაყოფს. მიღებული რიცხვი გამოხატავს ჟოგარის ხილულ კუთხურ გამადიდებლობას, რადგანაც ამ მეთოდში წარმოებს შედარება მხედველობის კუთხეებისა, რომელთა ფარგლებში დაიმზირება ლარტყა ჟოგარში და უჟოგროდ. როგორც (8) ნახაზიდან ჩანს, ყოველ 20 წვრილი დანაყოფი *mn* ლარტყაზე იფარება ერთი მსხვილი დანაყოფით; მაშასადამე, ჟოგარის კუთხური გამადიდებლობა იქნება  $G' = 20 \times$ .

იმ შემთხვევაში, როცა არა გვაქვს ლარტყა, შეიძლება მის მაგიერ ვისარგებლოთ აგურის კედლით ან ერთნაირი ზომის წვრილი ფიცრების საგან აგებული მესერიით.

განხილავი ხერხი ვერ იძლევა ჟოგარის  $G'$  გამადიდებლობის ზუსტ მნიშვნელობას, რადგანაც ჟოგარიდან ლარტყის ახლო მანძილზე დაყენების გამო ვერ ვიღებთ ტელესკოპურ გამადიდებლობას. ამიტომ ჟოგარის ტელესკოპური  $G$  გამადიდებლობა მიიღება დამოკიდებულებით:

$$G = G' \frac{D' - F}{D}, \quad (6.2.4.10)$$



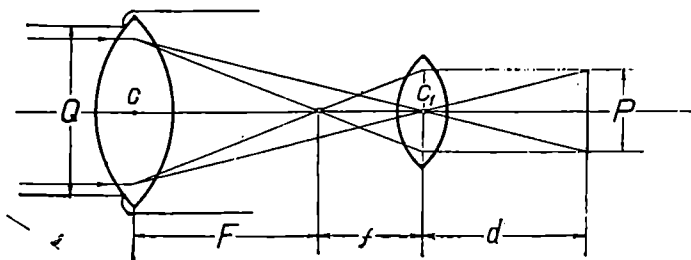
ნახ. 6.2.4.8.

სადაც  $D$  და  $D'$  არის, შესაბამისად, მანძილი ლარტყამდე დამკვირვებლის თვალთან და ჟოგარის ობიექტივიდან;  $F$  — ობიექტივის მთავარი საფოკუსო მანძილი. ვთქვათ,  $D=50$  მ,  $F=20$  სმ, მაშინ (10) ფორმულით

$$G = 20 \frac{49,78 - 0,20}{50} = 18,2 \times$$

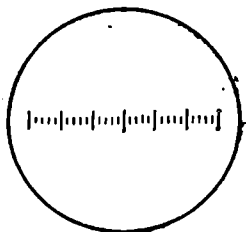
## ჟ. ღინამებარით

გამოდრავებთ ოკულარის მუხლს ობიექტივის მუხლში ისე, რომ ოკულარიდან ჭოგრიტ დამზერილი შორეული საგანი ნათლად გამოჩნდეს. შემდეგ ობიექტივს მიდმარსავთ რაიმე ნათელ ფონზე (ფანჯარაზე, ცაზე), რომ ობიექტივი კარგად განათდეს; ამ დროს ოკულარის წინ ჭოგრის ღერძის მართობულად ვაყენებთ გასანთლული ქაღალდის (ვოსკოვკის) ეკრანს ისე, რომ მასზე გამოჩნდეს ობიექტივის  $Q$  თავისუფალი განხმულები, შესვლის გუგის



ნახ. 6.2.4.9.

$P$  გამოსახულება, ვამოკვეთილი ნათელი წრის სახით (ნახ. 9). გავზომავთ ფარგლით და მილიმეტრებიანი დანაყოფების მქონე სამასშტაბო სახაზავი ობიექტივის  $Q$  თავისუფალ განხმულებას (შესვლის გუგის დიამეტრს) და მის  $P$  გამოსახულებას ეკრანზე (გამოსვლის გუგის დიამეტრს), რითაც შივიღებთ ჭოგრის ნორმალურ გამადიდებლობას:



ნახ. 6.2.4.10.

$$G = \frac{Q}{P}.$$

მართლიც, (9) ნახაზის მიხედვით, რომელიც შედგენილია (7) ნახაზის შესაბამისად,

$$G = \frac{F}{f} = \frac{Q}{P}.$$

ეს კი იგივე (6) და (7) ტოლობების შესაბამისი დამოკიდებულებაა.

იმისათვის, რომ ზუსტად გაიზომოს უარესად მცირე ნათელი წრის  $P$  დიამეტრი, ინგლისელი მექანიკოსის რამსდენის (1735-1800) მიერ შექმნილია დიანამეტრი, რომელიც წარმოადგენს მინის თხელ ფირფიტას, რომელზეც ღაკვესილია უარესად მცირე დანაყოფებიანი კიბური, მაგალითად 0, 1 მმ (ნახ. 10).

ეს ფირფიტა დაყენებულია გასაშლელ მილაკში, რომელშიც აგრეთვე მოთავსებულია დანაყოფების გამადიდებელი ღინზა (ლუპა). მილაკს ადებენ გამოსაცდელი ჭოგრის ოკულარს და მისი ფირფიტაიანი მუხლის გადაადგილებით ფირფიტას აყენებენ იმ ადგილზე, სადაც იმყოფება ობიექტივის თავი-

სუფალი განხმულების ნათელი წრის გამოსახულება, ხოლო მანამდე ლუბა დაყენებულია ისე, რომ ფირფიტა ნათლად ჩანდეს. რათა  $P$ -ს შესაბამისი დანაყოფები ნათლად ავითვალოთ. როგორც ვიცით, ობიექტივს თავისუფალი განხმულების  $Q$  ოდენობას კი, როგორც დიდ ოდენობას, ვზომავთ ფარგლით და მილიმეტრებიანი დანაყოფების მქონე მასშტაბური სახაზავით.

ვთქვათ, ობიექტივის თავისუფალი  $Q$  განხმულება არის 30 მმ, ხოლო დინამეტრით განსაზღვრული ნათელი მცირე წრის დიამეტრი  $P = 1$  მმ, მაშინ ჭოგრის ნორმალური გამადიდებლობა იქნება  $30\times$ . ამიტომ პრაქტიკულად ჭოგრის გამადიდებლობად სთვლიან ობიექტივის თავისუფალი განხმულების  $Q$  დიამეტრის მილიმეტრებში.

ჩვეულებრივ, ოკულარიდან თვალი უნდა იყოს დაყენებული ოკულარის  $f$  მთავარ საფოკუსო მანძილზე, ე. ი.  $d \approx f$ , რომელსაც შეესაბამება  $P$  დიამეტრის ნათელი წრე, ანუ ის ადგილი, სადაც თვალს ხედება ობიექტივიდან შემოსული სხივების სრული რაოდენობა.

საჭიროა აქვე აღინიშნოს, რომ ჩვენში უმრავლესად ჭოგრებზე აყენებენ სტანდარტულ ოკულარებს. რომელთა მთავარი საფოკუსო მანძილებია 10 მმ. მაშასადამე, ასეთი ოკულარების ნორმალური გამადიდებლობა თანახმად (5) დამოკიდებულებებისა, იქნება  $25$ , ხოლო ჭოგრის გამადიდებლობა დაახლოებით იქნება იმდენი, რამდენ სანტიმეტრსაც უდრის ობიექტივის მთავარი  $F$  საფოკუსო მანძილი.

## B. ზოგის მხედველობის არა

ტელესკოპურად (უსასრულობაზე) დაყენებული ჭოგრის (ნახ. 6) მხედველობის არე ეწოდება კონუსური ზედაპირით შემოსაზღვრულ იმ სივრცეს. რომელსაც მოიცავს ადამიანის თვალი ჭოგრში მზერის დროს. ასხვავებუნ მხედველობის ორ არეს—ერთია ქეშმარიტი, ნამდვილი (საგნის, ობიექტური), რომლის შესაბამისად  $ACB$  ანუ  $a'Cb$  კონუსური სივრცე (დამკვირვებლის თვალი იგულისხმება ობიექტივის  $C$  ოპტიკურ ცენტრში ანუ ჭოგრის შესასვლელი გუგის შუა წერტილში), მეორეა ხილული, მოჩვენებითი (სუბიექტური) და მისი შესაბამისია  $aC_1b$  ანუ  $a'C_1b'$  კონუსური სივრცე (თვალი, იგულისხმება, ოკულარის ოპტიკურ  $C_1$  ცენტრში, ფაქტობრივად კი თვალი იმყოფება ჭოგრის გამოსასვლელი გუგის შუა წერტილში, ე. ი. ოკულარის თვალის ლინზიდან მცირე მანძილზე). პირველის საზომია  $\alpha$  კუთხე, ხოლო მეორესი —  $\beta$ , რომელთა გვერდები ეხვინება ძაფთა ბადის  $X$  ძვიდურის განხმულებას. აღნიშნოთ  $ab$  გამოსახულება  $P$  ასოთი (დიფრაგმის დიამეტრი), (6) ნახაზის მიხედვით დავწერთ:

$$\alpha \approx \frac{P}{F} \rho', \quad (6.2.4.11)$$

$$\beta \approx \frac{P}{f} \rho', \quad (6.2.4.12)$$

$$\frac{\beta}{\alpha} \approx \frac{F}{f} = G, \quad (6.2.4.13)$$

$$\alpha \approx \frac{\beta}{G}, \quad (6.2.4.14)$$

სადაც  $\rho = 3438'$  არის რადიანი.

ხილული (მოჩვენებითი) მხედველობის არის  $\beta$  საზომი დამოკიდებულია ოკულარის ოპტიკურ თვისებებზე; მისი ოდენობა იცვლება  $25^{\circ}$ - $70^{\circ}$ -მდე, ხოლო ჭეშმარიტი მხედველობის არის  $\alpha$  საზომი, ჩვეულებრივ, არის  $1^{\circ}$ - $2^{\circ}$ -მდე.

სამიზნე ჭოგრები ხასიათდება ნამდვილი მხედველობის არეთი, რომლის  $\alpha$  საზომი ისაზღვრება (11) და (14) ტოლობით. (13) ტოლობიდან ჩანს, რომ, თუ ცნობილია  $\beta$  და  $\alpha$ , შეიძლება მათი ფარდობით გამოთვლილ იქნეს ჭოგრის  $G$  გამაღიღებლობა. (14) ფორმულიდან დავასკვნით, რომ ჭეშმარიტი მხედველობის  $\alpha$  საზომი მით მცირეა, რაც დიდია ჭოგრის გამაღიღებლობა. იგივე დასკვნამდე მივალთ, თუ (11) ფორმულაში  $P$ -ს მაგიერ შევიტანთ პრაქტიკულად მიღებულ  $P = 0,6f$  ოდენობას.

$$\alpha = \frac{0,6f}{F} 3438' \approx \frac{2000}{G}. \quad (6.2.4.14')$$

ზემოთ აღნიშნეი, რომ მხედველობის არის საზომი  $1^{\circ}$ - $2^{\circ}$ -მდე აღწევს. მაგრამ არსებობს ჭოგრები, რომლებშიც იგი გაცილებით ნაკლებია. მაგალითად, პულკოვოს (ლენინგრადი) ობსერვატორიის დიდ რეფრაქტორში უმცირესი გამაღიღებლობის (150) ოკულარისათვის  $\alpha = 9',7$ , ხოლო უდიდესი გამაღიღებლობის ოკულარისათვის (1550) იგი  $1'$ -ა. ცხადია, რომ ასეთი ჭოგრი შეუძლებელია მზისა და მთვარისა ცი მთელი დისკოთი დანახვა, რადგანაც ჭოგრის არეში გამოჩნდება მხოლოდ მათი მცირე ნაწილები. ამიტომ ამ ჭოგრებზე უძრავად დამაგრებულია მათი ღერძის პარალელურად მამბებარი ანუ დიდი მხედველობის არეს მქონე ჭოგრები და მათ დამიზნებას ვარსკვლავზე მოპყვება მთავარი ჭოგრის მასზევე დამიზნება.

#### ა. მოკრის მხედველობის არის განსაზღვრის პრაქტიკული ხარხები

##### 1. ჭეშმარიტი მხედველობის არეს $\alpha$ საზომის განსაზღვრა

პირველი ხერხი. ჭოგრის ვუმზინებთ რაიმე შორეულ წერტილს  $K$  დიაფრაგმის ჯერ ერთი მხარეთი (ზედა ან მარჯვენა), შემდეგ მეორე (ქვედა ან მარცხენა) მხარეთი და ყოველი დამიზნების დროს ვიღებთ  $n_1$  და  $n_2$  ანათვლებს ვერტიკალურ წრედზე (პირველი წვეილი დამიზნების დროს) ან ლიმბზე (თარაზულ წრედზე მეორე წვეილი დამიზნების დროს). ცხადია,  $n_1 - n_2$  სხვაობა პრაქტიკულად იქნება ტოლი ჭოგრის ჭეშმარიტი მხედველობის არეს  $\alpha$  საზომისა.

მეორე ხერხი. ჭოგრის ობიექტივიდან ლარტყას ვაყენებთ მისი სამხერი ღერძის პერპენდიკულარულად  $D$  (ეთქვათ,  $50-80$  მეტრის) მანძილზე.

ვიღებთ  $a_1$  და  $a_2$  ანათვალს  $K$  დიაფრაგმის ჯერ ქვედა ნაწილის და მერე ზედა ნაწილის დამიზნების შესაბამისად.  $\alpha$  კუთხის შესაბამისი სიგრძე ლარტყაზე იქნება  $a_1 - a_2$ . მაშასადამე,

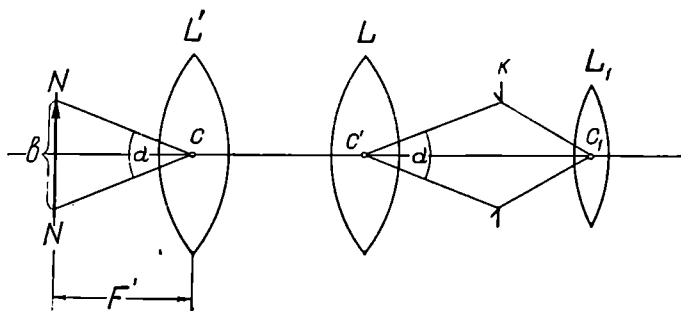
$$\alpha = \frac{a_1 - a_2}{D} \cdot \rho, \quad (6.2.4.15)$$

სადაც  $\rho$  — რადიანია ( $57^\circ, 3$ ).

მაგალითი. ჭოგრიდან ლარტყა დაყენებულია  $D=50$  მ მანძილზე; დიაფრაგმის ქვედა მხარის ანათვალი  $a_1=2328$  მმ, ხოლო ზედასი —  $a_2=670$  მმ. მაშასადამე, (15) ტოლობით:

$$\alpha = \frac{2328 - 670}{50} \cdot 57^\circ, 3 \approx 1^\circ, 9.$$

მესამე ხერხი. ვიყენებთ ფოტოაპარატის ან სამზერიო ჭოგრის  $L'$  ობიექტივს, რომლის მთავარი საფოკუსო  $F'$  მანძილი ცნობილია, და მილიმეტრებიან  $NN$  მასშტაბურ სახაზავს (ნახ. 11). უქანასკნელს ვაყენებთ ობიექტივს



ნახ. 6.2.4.11.

კური ლერძის მართობულად დამხმარე  $L'$  ობიექტივის  $F'$  მთავარ საფოკუსო მანძილზე, რისთვისაც ვაადგილებთ მას ობიექტიური ლერძის გასწვრივ მანამ, სანამ ვამოსაცდელი ჭოგრში  $L_1$  ოკულარიდან მზერის დროს მის მხედველობის არეში მკაფიოდ არ გამოჩნდება აღნიშნული სახაზავის  $b$  გამოსახულება.

ამ შემთხვევაში ჭოგრის ნამდვილი მხედველობის არეს საზომი გამოიკლება ფორმულით:

$$\alpha = \frac{b}{F'} \cdot \rho, \quad (6.2.4.16)$$

სადაც  $b$  არის მხედველობის არეში მოქცეული დანაყოფების რაოდენობის შესაბამისი სიგრძე.

როცა  $NN$  სახაზავი დაყოფილია კუთხურ განზომილებაში, მაშინ მასზე ანათვლები იქნება  $\alpha$ -ს გამომსახველი.

დამხმარე  $L'$  ობიექტივსა და  $NN$  სახაზავს აერთიანებენ საგანგებო ხელსაწყოში, რომელსაც ეწოდება მხედველობის არეს კოლიმატორი. მაგალითი.  $L'$  ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილი  $F'=250$  მმ, ხოლო სახაზავზე ანათვალი  $b=6$  მმ. მაშინ (16) ტოლობით

$$\alpha = \frac{6}{250} \cdot 57^\circ, 3 \approx 1^\circ, 38.$$

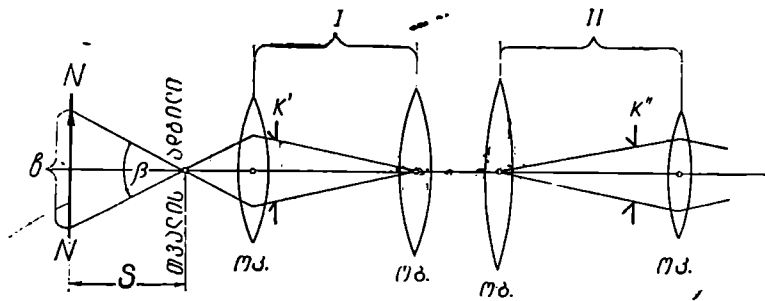


პირველი ხერხი. ამ შემთხვევაში დამხმარე  $L'$  ობიექტივისა და  $NN$  სახაზავის მიმართ გამოსაცდელი ჭოგრი უნდა შევებრუნოთ ისე, რომ ძვალთ ვიციკირებოდეთ ჭოგრში ობიექტივიდან. ცხადია, (16) ფორმულაში შესატანი  $b$  მიიღება დიდი.

მეორე ხერხი. თუ ცნობილია ჭოგრის  $G$  გამადიდებლობა და ზემოთ განხილული რომელიმე ხერხით განსაზღვრული გვაქვს ნამდვილი მხედველობის  $\alpha$  საზომი, (13) ფორმულიდან

$$\beta = \alpha \cdot G. \quad (6.2.4.17)$$

მესამე ხერხი. იმ შემთხვევაში, როცა გვაქვს მეორე ჭოგრი, მაშინ ორივე ჭოგრს ვაყენებთ ობიექტივებით ურთიერთ ისე, რომ მათი ოპტიკური ღერძები რაც შეიძლება იყოს ერთ წრფეზე (ნახ. 12). შემდეგ გამოსაცდელი I



ნახ. 6.2.4.12.

ჭოგრის თვალის ადგილიდან (დაახლოებით მისი ოკულარიდან ერთი სანტიმეტრის დაშორებით)  $S = 4-5$  მეტრის მანძილზე ჭოგრის ოპტიკური ღერძის მართობულად ვაყენებთ სანიველო ლარტყას და დამხმარე II ჭოგრით ვიღებთ გამოსაცდელი I ჭოგრის მხედველობის არეს, ანუ  $K'K'$  ძვიდურის განხმულეზის შესაბამის ანათვლებს, რომელთა სხვაობის შესაბამისი სიგრძე იქნება  $b$ . იმ შემთხვევაში, როცა II ჭოგრის დიაფრაგმის მხედველობის არე ნაკლებია I ჭოგრის დიაფრაგმისთან შედარებით, მაშინ I ჭოგრის დიაფრაგმის შესაბამისი ანათვლები აიღება თანამიმდევრობით, რადგანაც თანადროულად II ჭოგრიდან იხილება I ჭოგრის დიაფრაგმის მხოლოდ ერთი მხარე. ნახაზიდან

$$\text{ჩგ } \beta = \frac{b}{S}. \quad (6.2.4.18)$$

მაგალითი. სანიველო ლარტყის მონაკვეთის სიგრძე, რომელიც ათვლილია II ჭოგრით, I ჭოგრში სხივების გავლის შემდეგ  $b = 2,92$  მ, ამავე დროს

ლარცუა იყო დაყენებული I ჰოგრის გამოსასვლელი გუგვიდან (თვალის ადგილიდან)  $S=4,06$  მ მანძილზე. მაშინ (18) ტოლობით:

$$\text{tg } \beta = \frac{2,92}{4,06} \approx 0,72, \text{ ანუ } \beta = 39^{\circ}, 6.$$

წინა მაგალითიდან ჰოგრის ნამდვილი მხედველობის არეს საზომი  $\alpha \approx 1^{\circ}, 38$ , ხოლო ხილული (მოჩვენებითი) მხედველობის არეს საზომი  $\beta \approx 39^{\circ}, 6$ . ამ მონაცემების (13) ფორმულაში ჩასმით გამოვივლით განხილავლი ჰოგრის გამადიდებლობას

$$G = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{39,6}{1,38} \approx 30\%. \quad (\times\text{-ჯერ}).$$

### C. გამოსახულების ნათელობა

საზოგადოდ ნათელობა (შუქიანობა) ეწოდება სხივთა რაოდენობას, რომელიც მოდის განხილავლი ფართობის ერთ კვადრატულ ერთეულზე. შეუიარაღებელი თვალით მიღებული გამოსახულების ნათელობა იქნება სხივთა რაოდენობა, რომელიც მოდის თვალის ბადურაზე მიღებული გამოსახულების ფართობის ერთეულზე (მაგ., კვადრატულ მილიმეტრზე); ხოლო ჰოგრის საშუალებით თვალის ბადურაზე მიღებული გამოსახულების ნათელობა იქნება ჰოგრის საშუალებით თვალში შესული სხივთა რაოდენობა, რომელიც მოდის ხსენებული გამოსახულების კვადრატულ ერთეულზე.

შეუიარაღებელი და შეიარაღებული თვალით გამოსახულებათა ნათელობის აბსოლუტური მნიშვნელობების დადგენა შეუძლებელია, ამიტომ ანგარიშობენ ჰოგრის  $h$  ფარდობით ნათელობას, რომელიც აღნიშნავს, თუ რამდენჯერ მეტია ან ნაკლები ჰოგრით ბადურაზე მიღებული გამოსახულების  $h_2$  ნათელობა შედარებით იმავე საგნის გამოსახულების  $h_1$  ნათელობასთან შეუიარაღებელი თვალით დამზერის დროს. ამიტომ გამოვიყვანოთ ჯერ  $h_1$  ნათელობა, შემდეგ კი  $h_2$ , დაბოლოს  $h_2$  გავყოთ  $h_1$ -ზე, რაც მოგვცემს  $h$  ფარდობითი, ანუ სუბიექტიური ნათელობის ოდენობას.

აღნიშნოთ: პროპორციულობის კოეფიციენტი, ანუ ერთ კვადრატულ ერთეულზე მიღებული სხივების რაოდენობა, ზოგადად,  $C$  ასოთი, თვალის გუგის დიამეტრი  $q$ -ასოთი და რაიმე  $A$  საგნის გამოსახულების ფართობი, მიღებული შეუიარაღებელი თვალით,  $S$  ასოთი. მაშინ, ზემოთ მოყვანილი განსაზღვრების თანახმად, შეუიარაღებელი თვალით გამოსახულების  $h_1$  ნათელობა

$$h_1 = C \frac{\pi q^2}{4S}. \quad (a)$$

იმავე  $A$  საგნის ჰოგრით დამზერის დროს დამკვირვებლის თვალში სხივები შევა ობიექტივის შესასვლელი გუგის  $Q$  დიამეტრის შესაბამისი ფართობის პროპორციულად, ანუ

$$C \frac{\pi Q^2}{4}. \quad (b)$$

მაგრამ, თანამედროვე ჰოგრებში შესული სხივების რაოდენობა შთაინთქება

(იკარგება) დაახლოებით 10%. მაშასადამე, თვალის ბაღურაზე  $A$  საგნის  $B$  გამოსახულების ნათელობა

$$h_2 = 0,90 \frac{\pi Q^2}{4B}. \quad (c)$$

შეუიარაღებელი თვალით  $A$  საგნის  $S$  ბაღურაზე გამოსახულება და შეიარაღებული თვალით იგივე საგნის  $B$  გამოსახულება იქნება მსგავსი, მხოლოდ ოდენობით სხვადასხვა. მეორის მსგავსეული გვერდის ფარდობა პირველისაზე იქნება ჰოგარის გამადიდებლობა, ხოლო  $B$ -ს ფარდობა  $S$ -თან — გამადიდებლობის კვადრატით:

$$\frac{B}{S} = G^2, \text{ ანუ } B = SG^2. \quad (d)$$

(d) დამოკიდებულების (c)-ში შეტანით მივიღებთ

$$h_2 = 0,90 \frac{\pi Q^2}{4SG^2}. \quad (e)$$

(e) და (d) ტოლობების ფარდობით მივიღებთ ჰოგარის სუბიექტურ, ანუ ფარდობით  $h$  ნათელობას:

$$h = \frac{h_2}{h_1} = 0,90 \frac{Q^2}{q^2 G^2}. \quad (6.2.4.18)$$

მაშასადამე,  $q$  დიამეტრის მქონე ჰოგარის გამოსახულები გუგის შემთხვევაში ჰოგარის გამოსახულების ფარდობითი  $h$  ნათელობა ობიექტივის, ანუ ჰოგარის შესავლის გუგის,  $Q$  დიამეტრის კვადრატის პირდაპირპროპორციულია და გამადიდებლობის კვადრატის უკუპროპორციული.

ვთქვათ, გგსურს ჰოგარს მიეცეთ მაქსიმალური ფარდობითი ნათელობა, მაშინ (18) ფორმულაში უნდა შევიტანოთ  $G_{min}$  (9) ფორმულის მიხედვით:

$$h_{max} = 0,9 \frac{Q^2}{q^2 G_{min}^2} = 0,9 \frac{Q^2}{q^2 \frac{Q^2}{q^2}} = 0,9.$$

მაშასადამე, ჰოგარით მიღებული გამოსახულების ნათელობა ყოველთვის 10%-ით ნაკლებია, ვიდრე შეუიარაღებელი თვალით მიღებული გამოსახულების ნათელობა. ასე რომ, ნათელობის გასადიდებლად სჯობს  $Q$  ავილოთ რაც შეიძლება დიდი და  $G$  მცირე.

ყოველივე ზემონათქვამი ეხება მიწისპირულ საგნებს და აგრეთვე მზის ოჯახის წევრებს, რომლებიც ჰოგარით დამზერით გადიდებული ჩანან. რაც შეეხება ვარსკვლავებს, როგორც ეს აღნიშნული იყო 1.1 თავში, ისინი უდიდესა გამადიდებლობის ჰოგარებითაც კი არ დიდდებიან და თვალს ეჩვენება ისეთივე წერტილებად (მხოლოდ გაბრწყინებული), როგორც შეუიარაღებელ თვალს. ამიტომ აქ ნათელობისათვის გვექნება მარტივი ფორმულა:

$$h = 0,90 \frac{Q^2}{q^2}, \quad (6.2.4.19)$$

ე. ი. ამ შემთხვევაში ჰოგარის დანიშნულებაა თვალის ბაღურაზე გამოსახულების არა გადიდება, არამედ, უმთავრესად, ვარსკვლავის სხივთა უდიდესა

რაოდენობის ერთ ადგილას შემჭიდროება (გამოსახულების გაბრწყინება) და უცხოური სხივების შთანთქვა.

როგორც ვხედავთ, ზემოთ მოყვანილი (6), (14), (18) ტოლობები გვიჩვენებს იმას, რომ საჭიროებისამებრ ჰოგრის ოპტიკური თვისების მიღწევა შეიძლება მხოლოდ და მხოლოდ გამადიდებლობისა, მხედველობის არესა და ნათელობას შორის გარკვეული ზღვრების დაცვით.

#### D. ზოგრის მკაფიოების ძალა

ჰოგრის მკაფიობის (გარჩევის) ძალას უწოდებენ იმ მხილების უნარს, რომელსაც გამოამქლავნებს ჰოგრი სამზერი საგნის უახლოესი ორი წერტილის ცალ-ცალკე გარკვეულად გამოსახვის მხრივ. ეს განსაზღვრება სრულიად ანალოგიურია შეუიარაღებელი თვალით მკაფიობის ძალისა (6.2.1.1 ფორმულა). მაშასადამე, ისევე როგორც შეუიარაღებელი თვალის შემთხვევაში, მკაფიობის ძალა ჰოგრისა ხასიათდება იმ მცირე  $\psi$  კუთხით, რომლითაც ორი ახლო წერტილი აისახება თვალში ცალ-ცალკე. ამ კუთხის ოდენობა ისაზღვრება დიფრაქციის თეორიის მიხედვით შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\psi = \frac{120''}{Q}, \quad (6.2.4.20)$$

სადაც  $Q$  — ჰოგრის შესასვლელი გუგის, ანუ ობიექტივის თვისისუფალი განსწილებების დიამეტრია.

ვინაიდან შეუიარაღებელი თვალის კრიტიკული კუთხე დაახლოებით არის  $60''$  და სამიზნე ჰოგრი აღიღებს მხედველობის კუთხეს  $G$ -ჯერ, ბუნებრივია, ჰოგრის კრიტიკული კუთხე იქნება:

$$\alpha_{კრ} \approx \frac{60''}{G_{max}}. \quad (6.2.4.21)$$

ჰოგრის მკაფიობის ძალა იქნება მაქსიმალურად გამოყენებულა, თუ დაცული იქნება პირობა:

$$\frac{60''}{G_{max}} \approx \frac{120''}{Q}. \quad (6.2.4.22)$$

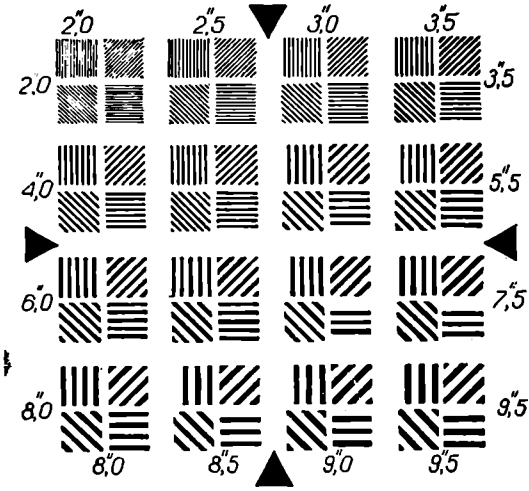
აქედან უდიდესი გამადიდებლობა ჰოგრისა, რომელიც შეიძლება იქნეს გამოყენებული, განისაზღვრება ტოლობით:

$$G_{max} \approx Q : 2. \quad (6.2.4.23)$$

მიღებული დამოკიდებულების დაცვა აუცილებელია ჰოგრში, რამე სრულად შეიძლებოდეს მისი მკაფიობის ძალის გამოყენება.

იმისათვის, რომ დაკვირვებების დროს თვალი ნაკლებად დაიღალოს, გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში იყენებენ 1,5—2-ჯერ მეტი გამადიდებლობის ჰოგრებს, ვიდრე ეს მოითხოვება (23) ტოლობით, და ჰოგრის გამოსავალ ვუგას აკეთებენ 1,3—1,0 მმ. მაშასადამე, რომ არ დაიღალოს დამკვირვებლის თვალები, ჰოგრის სასარგებლო გამადიდებლობად იღებენ მილიმეტრებში გამოსახული მისი შესასვლელი გუგის  $Q$  დიამეტრს,

ამისათვის იყენებენ ს ა გ ა ნ გ ე ბ ო ს კ ა ლ ა ს, რომელსაც წარმოებაში უწოდებენ მირას (ნახ. 13). სკალა წარმოადგენს ერთნაირი ზომის ოთხ-ოთხი კვადრატისაგან შემდგარი ჭკუფების ერთობლიობას. ყოველი ჭკუფის კვადრატი ურთიერთ განსხვავდება მხოლოდ კვესურების ორიენტაციებით, მათი სისქე და ურთიერთდაშორება ტოლია, რომელიც 'ზოგადად აღენიშნოთ  $a$  ასოთი. განხილად ჭკუფებს აწერია ჭოგარის მკაფიოობის ძალის გამომსახველი კუთხის ოდენობა  $\psi$ , რომლის ფარგლებშიც იმზირება ჭოგარით ამ ჭკუფის კვესური. სკალა თავსდება კ ო ლ ი მ ა ტ ო რ ი ს  $F_3$  ფოკალურ მანძილზე (ნახ. 6. 2. 12. 1) ან გამოსაცდელი ჭოგარის ობიექტივიდან  $D$  მანძილზე.



ნახ. 6.2.4.13.

პირველ შემთხვევაში

$$\psi = \frac{a}{F_3} \cdot p, \quad (6.2.4.24)$$

ხოლო მეორე შემთხვევაში

$$\psi = \frac{a}{D} \cdot p, \quad (6.2.4.25)$$

სადაც  $p = 206265''$  — რადიანია სეკუნდებში. პრაქტიკულად ჭოგარს მივაწეროთ  $\psi$  მკაფიობის ძალას სეკუნდებში მირას იმ ჭკუფისას, რომლის კვესურები ჩანან მკაფიოდ და ურთიერთგანცალკეებულად.

სკალის ყოველ ჭკუფში სხვადასხვა ორიენტაციების კვესურები საშუალებას იძლევა დავადგინოთ არსებობს თუ არა ჭოგარში ასტიგმატიზმი, რომლითაც ირღვევა გომოცენტრულობისა და სტიგმატიზმის მოთხოვნილა პირობა. როცა ჭკუფში ყველა აღნიშნული კვესურის გამოსახულება ჭოგარით მკაფიოა, ეს ნიშნავს, რომ ჭოგარი თავისუფალია ასტიგმატიზმის ცუდი თვისებისაგან.

**6.2.5. კეპლერის მარტივი ასტრონომიული ზოგარის უარყოფითი მხარეები**

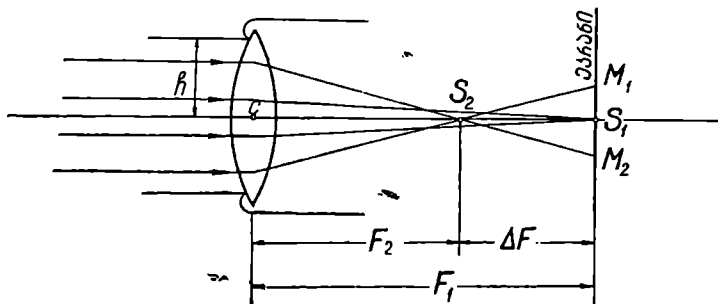
აქამდე ვიხილავდით კეპლერის ჭოგარის უმარტივეს სახეს, რომლის ობიექტივისა და ოკულარის მუხლი აღჭურვილი იყო თითო ლინზით. ასეთი ჭოგარის გამადიდებლობის, მხედველობის არეს, გამოსახულების ნათელობისა და მკაფიობის ძალის თვისებების შესწავლას დროს ვგულისხმობდით.

რომ ამ ლინზებით მიღებულ გამოსახულებას არავითარი ნაკლი არა აქვს. სინამდვილეში, მიღებული გამოსახულებანი ხასიათდებიან რიგი ნაკლოვანებით, თუ გინდ გამოყენებული ლინზები იყოს უნაკლოდ დამზიდებული. ნაკლი ის არის, რომ დანაშვური საგნის გამოსახულება მიიღება არამკაფიოდ, არაგარკვეულად ანუ არ გამოისახება ისეთი სახით, როგორც ეს საგნები არის სინამდვილეში. ამ არასასურველ მოვლენას, ზოგადად, ეწოდება აბერაციები. ცნობილია აბერაციები: სფერული, ქრომატიული, ასტიგმატიზმი, გამოსახულების ველის სიმრუდე, კომა და დისტორსია.

პირველ ორ აბერაციას (არამკაფიობას) აქვს განსაკუთრებული მნიშვნელობა, რადგანაც ისინი მოქმედებენ ჭოვრის შთავარ ოპტიკურ ღერძზე გამავალ გამოსახულებაზე, ხოლო დანარჩენი ნაკლი მოქმედებს აღნიშნული ღერძის გარე მხრეებზე გამოსახულებაზე.

### ა. სფერული აბერაცია

სფერულ აბერაციას ეწოდებთ მოვლენას, როცა პარალელური სხივები ლინზაში გავლის შემდეგ არ იკრიბება ერთ წერტილში (ნახ. 1). ცდება დადგენილია, რომ ლინზის ოპტიკური ცენტრის ახლო გამავალი (ცენტრალური) სხივები, წამოსული უსასრულობიდან, იკვებება ლინზიდან უფრო შორს, ვიდრე განაპირა სხივები. ლინზის ოპტიკური ცენტრის უახლოეს სხა-



ნახ. 6.2.5.1.

ვთა გადაკვეთით მიღებულ  $F_1$  საფოკუსო და განაპირა სხივების გადაკვეთით მიღებულ  $F_2$  საფოკუსო მანძილებს შორის სხვაობას, ანუ  $\Delta F = F_1 - F_2$  მანძილს, ეწოდება გრძივი სფერული აბერაცია.  $S_1$  წერტილში ლინზის ოპტიკური ღერძის მართობულად დაყენებულ ეკრანზე საგნის ყოველი წერტილი, ნაცვლად წერტილისა გამოსახება  $M_1M_2$  დიამეტრის მქონე ლაქისმაგვარი სხივთ განზნევის ნათელი წრის სახით. ამ წრის  $M_1M_2$  დიამეტრს ეწოდება ლინზის განივი სფერული აბერაციის საზომი. ოპტიკიდან ცნობილია, რომ

$$\left. \begin{aligned} \Delta F &= C \frac{h^3}{F} \\ M_1M_2 &= C \frac{h^3}{F^2} \end{aligned} \right\}, \quad (6.2.5.1)$$

სადაც  $C$  არის კოეფიციენტი, დამოკიდებულ ლინზის ზედაპირების სიძრუდის რადიუსებსა და მის გარდატეხის მაჩვენებელზე;

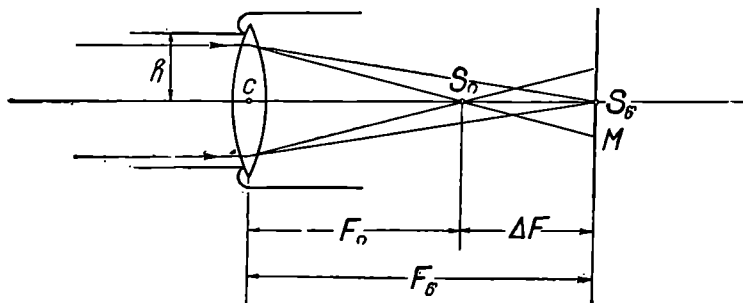
$h$  — ლინზის თავისუფალი განზომლების დიამეტრის ნახევარი;

$F$  — ლინზის მთავარი (საშუალო) საფოკუსო მანძილი.

სფერული აბერაციის მოსასპობად, ანუ აპლანეტური სისტემის შესაქმნელად, ჰოგრში, ნაცვლად ერთი ლინზისა, რთული ლინზა უნდა იქნეს დაყენებული. როგორც ვნახავთ, რთული ლინზა შედგება ორი შემკრები ან შემკრები და განზნევი ლინზებისაგან.

### B. პრომატული აპარატი

ქრომატულ აბერაციას ეწოდებთ მოვლენას, როცა ჰოგრით მიღებული სპექტრის ყოველი წერტილის გამოსახულება მიიღება მრავალნაირად შეფერადებული წრეების სახით (ნახ. 2). ცდებით დადგენილია, რომ თეთრი მზანვიერი სინათლე წარმოადგენს სხვადასხვა სიგრძის ტალღებისაგან შემდგარ რთულ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, რომელიც ლინზაში გავლისას იშლება მარაოსებურად, შვიდი ფერისაგან შედგენილი ზოლის სახით, რასაც სპექტრი ეწოდება. ნივთიერების ამ თვისებას ეწოდება სინათლის დაშლა (დისპერსია). მარაოსებურად განლაგების მიზეზია ის, რომ დაშლილია



ნახ. 6.2.5.2.

სხივების ტალღების სიგრძე რაც შეტაა, მით ნაკლებია ლინზის გარდატეხის მაჩვენებელი. მაგალითად, წითელი სხივის  $n_r$  გარდატეხის მაჩვენებელი კრონისათვის არის 1,513, ხოლო ფლინტისათვის 1,597; იისფერი სხივის  $n_v$  გარდატეხის მაჩვენებელი კრონისათვის არის 1,532. ხოლო ფლინტისათვის 1,634, რადგანაც წითელი სხივების ტალღები უფრო გრძელია, ვიდრე იისფერისა. დანარჩენი ხუთი ფერი კი მოქცეულია მათ შორის.

მაშასადამე, ვინაიდან  $n_v > n_r$ , ადგილი ექნება პირობას  $F_v > F_r$  და ნაცვლად ერთი მთავარი ფოკუსისა მივიღებთ მთელ რიგ (შვიდ) ფოკუსს. შემკრები ლინზისათვის იისფერ სხივთა  $F_v$  ფოკუსი (ნახ. 2) მასთან იქნება უახლოესი, ხოლო  $F_r$  წითლისა — უშორესი; დანარჩენ შუალედ ფერთა ფოკუსები დაგდება ხსენებულ კიდურ ფოკუსთა შორის. თუ იისფერი სხივების  $F_v$  ფო-

კუსში მოვათავსებთ თეთრ ეკრანს, მაშინ მასზე გამოჩნდება მონოქრომა თეთრი ლაქა გარშემო წითლად შეფერილი; წითელი სხივების  $F_{\text{წ}}$  ფოკუსში კი დაისახება მოწითალო-თეთრი ლაქა იისფერით მოვლებული.

თეთრ სხივთა კონის გამხრევე ლინზაში გავლის დროს, თუ დაშლილი სხივები მიიღებს კრებად კონის სახეს, ფერადი სხივების ფოკუსები დაეწყობა წებრუნებულად. ლინზასთან უახლოესი იქნება წითელ სხივთა  $F_{\text{წ}}$  ფოკუსი, ხოლო უშორესი —  $F_{\text{ც}}$  ფოკუსი იისფერი სხივებისა. ზემოაღნიშნული ურთიერთსაწინააღმდეგო თვისების გამოყენებით აღწევენ მინების ქრომატული აბერაციის მოსპობას, ანუ აქრომატული რთული ლინზების შექმნას.

კიდურ ფერად სხივთა საფოკუსო მანძილების  $\Delta F = F_{\text{წ}} - F_{\text{ც}}$  სხვაობის შესაბამის მანძილს ეწოდება გრძივი ქრომატული აბერაცია, ხოლო  $S_{\text{წ}}$  ფოკუსში დაყენებულ ეკრანზე ლინზის ოპტიკური ღერძიდან იისფერი სხივის გადაკვეთამდე  $S_{\text{წ}}M$  მანძილს ეწოდება განივი ქრომატული აბერაცია.

გრძივი ქრომატული აბერაციის ფორმულის დასადგენად გამოვიყენოთ ლინზების ოპტიკური ძალის, ანუ მთავარი საფოკუსო მანძილების გამოსაყვანი (6. 1. 2. 3) ტოლობა

$$\frac{1}{F} = (n-1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right),$$

საიდანაც

$$\frac{1}{n-1} = F \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right). \quad (a)$$

აგრეთვე, იგივე ფორმულა გამოვიყენოთ როგორც იისფერი, ისე წითელი სხივებისათვის:

$$\frac{1}{F_{\text{წ}}} = (n_{\text{წ}} - 1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right),$$

$$\frac{1}{F_{\text{ც}}} = (n_{\text{ც}} - 1) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right).$$

პირველს გამოვაკლოთ მეორე, მივიღებთ

$$\Delta F = F_{\text{წ}} - F_{\text{ც}} = (n_{\text{წ}} - n_{\text{ც}}) F_{\text{წ}} \cdot F_{\text{ც}} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right).$$

$F_{\text{წ}}$  და  $F_{\text{ც}}$  სიდიდეებს შორის მცირე განსხვავების გამო მათი ნამრავლი შეიძლება შევცვალოთ დაშლილი სხივების საფოკუსო მანძილთა  $F^2$  საშუალოთი, რომელსაც შეესაბამება  $n$  გარდატეხის მაჩვენებელი. მაშასადამე,

$$\Delta F = (n_{\text{წ}} - n_{\text{ც}}) F^2 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} \right),$$

ხოლო (a) ტოლობის გამოყენებით

$$\Delta F = \frac{n_{\text{წ}} - n_{\text{ც}}}{n-1} F,$$

სადაც  $\frac{n_{\text{წ}} - n_{\text{ც}}}{n-1}$  ფარდობას ეწოდება შუქთ განხრევის მაჩვენებელი და



აღინიშნება  $N$  ასოთი, ე. ი. გრძივი ქრომატული აბერაცია გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta F = N \cdot F. \quad (6.2.5.1)$$

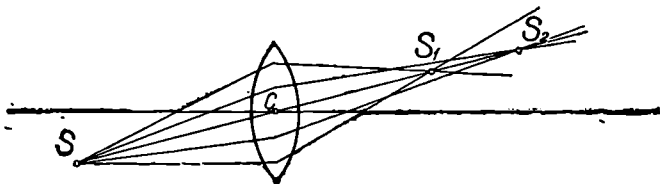
განივი ქრომატული აბერაციის გამოსათვლელი ფორმულის მისაღებად მიემართოთ (2) ნახაზს

$$S_2 M = \frac{\Delta F}{F_0} \cdot h = \frac{N F}{F_0} \cdot h \approx N \cdot l, \quad (6.2.5.2)$$

ჩაადგანაც  $F$  და  $F_0$  მცირე ოდენობით განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ამ შემთხვევაში ქრომატული აბერაციის მოსაზრების მიზნით იყენებენ რთულ ლინზას, შედგენილს ორი დადებითი ან დადებითი და უარყოფითი ლინზები-საგან. რთულ ლინზას, რომელიც თავისუფალია ქრომატული აბერაციისაგან, ეწოდება აქრომატული სისტემა.

### C. ასტიგმატიზმი და გამოსახულების არას სიზრდად

(6. 1.) თავის შესავალში აღინიშნეთ, რომ როგორც განშლად, ისე კრებად გომოცენტრულ კონას შეესაბამება წერტილის ნამდვილი ან წარმოსახვითი წერტილოვანი ანუ სტიგმატური გამოსახულება. იქვე ვთქვით. რომ ოპტიკური სისტემები არღვევენ სხივთა კონის გომოცენტრულობასა და სტიგმატურობას, რითაც იქმნება ასტიგმატური სხივების კონა. ასტიგმატურობის ერთ-ერთ მიზეზს, რომელიც ეხებოდა ჰოგარის მთავარ ოპტიკურ ღერძზე წერტილის გამოსახულების სხვადასხვა ფოკუსებში მიღე-



ნახ. 6.2.ა.3.

ბის უარყოფით მხარეს,  $A$  მუხლში გავეცანით და ეუწოდეთ სფერული აბერაცია. იგივე მოვლენას აქვს ადგილი, როცა მნათი  $S$  წერტილი იმყოფება არამთავარ ოპტიკურ ღერძზე. ვთქვათ, იგი იმყოფება მასთან რაიმე კუთხით დახრილ გვერდით ღერძზე (ნახ. 3) და  $S$  წერტილის გამოსახულება გვერდით ღერძზე მიიღება  $S_1$  და  $S_2$  წერტილების სახით, რადგანაც  $S$  და ოპტიკურ  $C$  წერტილებზე გაშვალ (მერიდიანულ) სიბრტყეში სხივები უფრო მეტად ტყდება, ვიდრე ამ სიბრტყის პერპენდიკულარულ (ეკვატორულ) სიბრტყეში. ამავე დროს, ფაქტობრივად უფრო რთული მოვლენა ხდება, რაც ნახაზზე ნაჩვენები არ არის. მაგალითად, ორივე სიბრტყეში მიიღება შესაბამისი ფოკუსები და ამავე დროს მერიდიანულ ფოკუსებში წერტილის გამოსახულების მიღების ნაცვლად ვიღებთ ეკვატორულ სიბრტყეში ხაზის მონაკვეთის გამოსახულებას, ხოლო ეკვატორულ ფოკუსებში მიიღება ამ ხაზის მონაკვეთისადმი მართობი მონაკვეთი, მდებარე

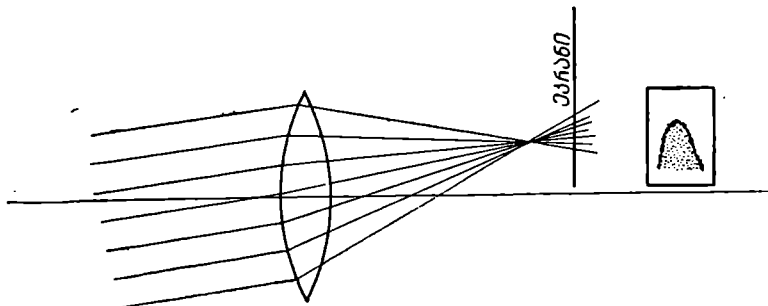
მერიდიანულ სიბრტყეში. გამოსახულების ობერაციის ეს მოვლენა იწოდება საკუთრივ ასტიგმატიზმად (არაწერტილოვან გამოსახულებად).

ასტიგმატიზმის ამ მოვლენასთან დაკავშირებულია კიდევ ერთი სახე აბერაციისა— გამოსახულების არეს. სიმრუდე, რაც გამოიხატება იმაში, რომ, თუ კოგრის მთავარი ოპტიკური ღერძის მიმართ მართობულად დავაყენებთ სიბრტყეს (ეკრანს), მისი გამოსახულება მიიღება არა სიბრტყის, არამედ ორი მრუდხაზოვანი (ფინჯანისებური) ზედაპირის სახით. ერთი იქნება მერიდიანული კონისა და მეორე კი ეკვატორული კონის შესაბამისი, რომლებიც ურთიერთშეეხებიან ღერძის ამა თუ იმ წერტილში.

ორივე მოვლენის მოსასპობად აქაც იყენებენ რთულ ლინზას, რისივისაც არჩევენ საჭირო სისქის, ზედაპირთა რადიუსებისა და ვარდატების ბაჩვენებლის მქონე ლინზებს და აყენებენ ურთიერთ გარკვეულ მანძილზე. ასეთ შერჩეულ სისტემას ეწოდება ანასტიგმატი.

#### D. კომა და დისტორსია

კოგრის მთავარი ოპტიკური ღერძისადმი მნიშვნელოვანი კუთხით წერტილიდან ან საგნიდან წამოსული პარალელური სხივები, ისევე როგორც სფერული აბერაციის შემთხვევაში, ნაცვლად წერტილისა, იძლევა კომეტისმაგვარ წარეცხილი ფორმის ლაქას (ნახ. 4). ასეთი სახის აბერაციას, რომელიც



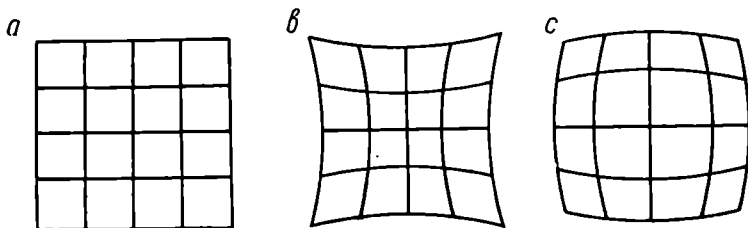
ნახ. 6.2.5.4.

დაკავშირებულია სფერულ აბერაციასთან, ეწოდება კომა. ამ უარყოფით ოვისების მოსასპობადაც იხმარება რთული ლინზა. რთულ ლინზას, რომელიც თავისუფალია სფერული და კომის აბერაციისაგან, ეწოდება აპლანეტური.

დისტორსია არის შედეგი იმისა, რომ მთელი მხედველობის არეს ღარგლებში ყოველი მიმართულებით კოგრში არ ხდება დანამზერი საგნის (ნახ. 5<sup>ა</sup>) ყველა ელემენტის ერთნაირად გადიდება და გამოსახულება მიიღება საგნის არამსგავსი.

დისტორსია შეიძლება იყოს დადებითი (ნახ. 5<sup>ბ</sup>) და უარყოფითი (ნახ. 5<sup>გ</sup>).

გეოდეზიურ ინსტრუმენტების ქოგარებში დისტორსიას არა აქვს არსებითი მნიშვნელობა. ფოტოაპარატებში და განსაკუთრებით კი აეროფოტოგრაფიაში ხელსაწყოებში იგი არსებითი მნიშვნელობის უარყოფითი მოვლენაა.



ნახ. 6.2.5.5. |

დისტორსიის მოსასპობადაც იყენებენ სათანადო სიმრუდის რადიუსების, სინქისა და გარდატეხის მაჩვენებლიან ლინზებისაგან შემდგარ რთულ ლინზას, რომელსაც უწოდებენ ო რ თ ო ს კ ო პ უ ლ ლ ი ნ ზ ა ს.

### 6. 2. 6. რთული ლინზა

წინა პარაგრაფიდან ნათელია, თუ რატომ იხმარება კუბლერის უმარტივეს ქოგარის ობიექტივისა და ოკულარის მუხლში ნაცვლად თითოეული (მარტივი) ლინზისა ერთობლივად ორი-სამი და მეტი ლინზა, რასაც მოკლედ რ ა თ უ ლ ი ლ ი ნ ზ ა ვ უ წ ო დ ე თ . ამ მინებს აწყობენ მილში უშუალოდ ერთმანეთის გვერდით ან მცირე დაშორებით, ამასთან, აუცილებელი პირობის დაკვირვებით, რომ მათი ოპტიკური ღერძები შეთავსებულ იქნან, რასაც მინების შეცენტრირა ეწოდება. როგორც ქვემოთ ვნახავთ, ყოველი რთული ლინზა მოქმედებს ისე, როგორც მისი ტ ო ლ ძ ა ლ ო ვ ა ნ ი , ანუ ე კ ვ ი ვ ა ლ ე ნ ტ უ რ ი ერთი ლინზა. აქ განვიხილავთ რთულ ლინზას, შემდგარს შემკრები და განმბნევი ლინზებისაგან (ნახ. 1<sup>ა</sup>) და ორივე შემკრები ლინზისაგან (ნახ. 1<sup>ბ</sup>), ქვემოთ ორივე სისტემა განიხილება თანადროულად ნიშნების წესის დაცვის გარეშე, მხოლოდ მიღებულ ფორმულებში პრაქტიკულად მუშაობის დროს მთავარი ფოკუსები ჩაისმება თავისი ნიშნებით.

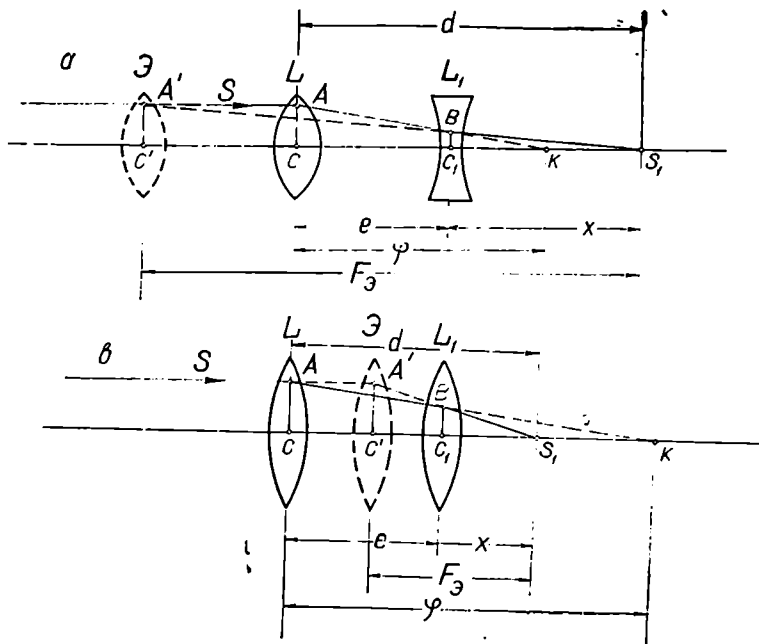
ვთქვათ, გვაქვს ორი  $L$  და  $L_1$  ლინზა, შესაბამისად,  $f$  და  $f_1$  მთავარი საფოკუსო მანძილებით (ნახ. 1), რომელთა შორის მანძილია'  $e$ . დაუშვათ, რომ ამ ლინზების მთავარი ოპტიკური ღერძები შერწყმულია, ხოლო მათ შორის მანძილი

$$e < f. \quad (a)$$

ნახაზზე  $L_1$  ლინზის  $f_1$  მთავარი საფოკუსო მანძილი არ არის ნაჩვენები.

ვთქვათ,  $L$  ლინზაზე დაეცემა  $SA$  სხივი, რომელიც პარალელურია ორივე ლინზის მთავარი ოპტიკური ღერძისა; მეორე  $L_1$  ლინზა რომ არ ყოფილიყო. მაშინ პირველ ლინზაში გარდატეხის შემდეგ  $AB$  სხივი გადაჰყვებოდა მთავარ ღერძს  $K$  წერტილში  $CK = f$  მთავარ საფოკუსო მანძილზე; მაგრამ მეორე  $L_1$  ლინზის არსებობის გამო, სხივი განიცდის რა ხელშეორედ  $B$  წერ-

ტილში გარდატეხას, გადაჭვეთს ობიექტურ ღერძს  $S_1$  წერტილში. (1<sup>ა</sup>) ნახაზზე  $L_1$  განმზნევი ლინზა ასრულებს შემკრები ლინზის როლს. ახლა შევცვალოთ ეს ორი (რთული) ლინზა ერთი ეკვივალენტური  $\mathfrak{D}$  ლინზით. მისი მდებარეობის დადგენისათვის გავაგრძელოთ  $SA$  და  $S_1B$  სხივი ურთიერთგა-



ნახ. 6.2.6.1.

დაკვეთამდე. ცხადია,  $\mathfrak{D}$  ეკვივალენტური ლინზა  $S_1$  წერტილიდან იქნება  $C'S_1 = F_3$  მთავარ საფოკუსო მანძილზე.  $\mathfrak{D}$  ეკვივალენტური ლინზის  $F_3$  მთავარ საფოკუსო მანძილსა და მოცემულ  $\varphi$ ,  $\varphi_1$  და  $e$  ელემენტებს შორის კავშირის დასამყარებლად (1) ნახაზის მიხედვით დავწერთ:

$$\frac{AC}{BC_1} = \frac{CK}{C_1K} = \frac{\varphi}{\varphi - e}; \quad \frac{A'C'}{BC_1} = \frac{C'S_1}{C_1S_1} = \frac{F_3}{x},$$

სადაც  $A'C' = AC$ , მაშასადამე,

$$\frac{\varphi}{\varphi - e} = \frac{F_3}{x}. \quad (b)$$

ახლა  $S_1$  მივიღოთ მნათ წერტილად, რომლის გამოსახულება  $L_1$  ლინზით იქნება წარმოსახვითი  $K$  წერტილი, მაშინ, გამოვიყენებთ რა (6.1.2.4) ძირითად ფორმულას, მივიღებთ:

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{\varphi - e} = \frac{1}{\varphi_1}. \quad (c)$$

(ბ) დამოკიდებულებიდან განვსაზღვროთ  $\frac{1}{x}$ , მისი მნიშვნელობა შევიტანოთ

(ც) დამოკიდებულებაში, საიდანაც მივიღებთ რთული ლინზის, ანუ მისი ეკვივალენტური ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილის გამოსათვლელ ფორმულას:

$$\left. \begin{aligned} F_3 &= \frac{\varphi\varphi_1}{\varphi + \varphi_1 - \epsilon} \\ \frac{1}{F_3} &= \frac{1}{\varphi} + \frac{1}{\varphi_1} - \frac{\epsilon}{\varphi\varphi_1} \end{aligned} \right\} \quad (6.2.6.1)$$

(ბ) დამოკიდებულებიდან განვსაზღვროთ  $F_3$  და მისი მნიშვნელობა გავუტოლოთ (1) ტოლობის მარჯვენა მხარეს, საიდანაც მივიღებთ დამატებითი  $L_1$  ლინზიდან გამოსახულების შიღების მანძილის გამოსათვლელ ფორმულას:

$$x = \frac{\varphi\varphi_1 - \varphi_1 \epsilon}{\varphi + \varphi - \epsilon} \quad (6.2.6.2)$$

(ბ) დამოკიდებულებიდან განვსაზღვროთ  $\frac{1}{\varphi - \epsilon}$  და მისი მნიშვნელობა შევიტანოთ (ც) დამოკიდებულებაში, საიდანაც მივიღებთ ეკვივალენტური  $\varnothing$  ლინზის მთავარ საფოკუსო  $F_3$  მანძილის გამოსათვლელ ფორმულას ზოგიერთი სხვა კომპონენტით:

$$F_3 = \frac{\varphi}{\varphi_1} (\varphi_1 - x) \quad (6.2.6.3)$$

$L$  ლინზიდან წერტილის  $S_1$  გამოსახულებამდე მანძილი, დაახლოებით, ჰოგრის სიგრძეს წარმოადგენს, რომელსაც აღვნიშნავთ  $d$  სიმბოლოთი; მისი ოდენობა ნახაზიდან იქნება:

$$d = x + \epsilon = \frac{\varphi\varphi_1}{\varphi + \varphi_1 - \epsilon} - \frac{\varphi_1 \epsilon \varphi}{(\varphi + \varphi_1 - \epsilon) \varphi} + \epsilon,$$

ე. ი. ჰოგრის სიგრძე გამოითვლება ფორმულით:

$$d = F_3 - \frac{F_3 \cdot \epsilon}{\varphi} + \epsilon, \quad (6.2.6.4)$$

სადაც  $\frac{F_3 \cdot \epsilon}{\varphi} = F_3 - x$  არის  $L_1$  ლინზიდან  $\varnothing$  ეკვივალენტურ ლინზამდე მანძილი.

(1) დამოკიდებულებაში, თანახმად 6.1.2 პარაგრაფის  $B$  მუხლისა, შევიტანოთ  $\frac{1}{F_3} = T_3$ ,  $\frac{1}{\varphi} = T$  და  $\frac{1}{\varphi_1} = T_1$  აღნიშვნები, რომლებიც წარმოადგენენ  $\varnothing$ ,  $L$  და  $L_1$  ლინზების ოპტიკურ ძალას. მაშასადამე, (1) დამოკიდებულება გადაიწერება ასე:

$$T_3 = T + T_1 - T T_1 \epsilon. \quad (6.2.6.5)$$

როცა  $\epsilon = 0$ , მაშინ (1) და (5) დამოკიდებულებების მიხედვით მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{F_3} &= \frac{1}{\varphi} + \frac{1}{\varphi_1} \\ T_3 &= T + T_1 \end{aligned} \right\} \quad (6.2.6.6)$$

ე. ი. როცა ორი თხელი ლინზა შეცენტრირლია მიჯრით, მაშინ მათი ეკვივალენტური ლინზის ოპტიკური ძალა ტოლია ამ რთული ლინზის შემადგენელი ლინზების ოპტიკური ძალების ჯამისა.

ამავე დროს (6) ფორმულისა და (1) ნახზის მიხედვით დავასკვნით, რომ, თუ რთული ლინზა შედგება ორი შემკრები ლინზისაგან, ანუ  $\varphi$  და  $\varphi_1$  დადებითია (ნახ. 1<sup>ა</sup>), მაშინ ისინი მოქმედებენ ერთი შემკრები ლინზის სახით, რომლის (ეკვივალენტური) მთავარი  $F_3$  ფოკუსური მანძილი შემადგენელი ლინზების მთავარ ფოკუსურ მანძილებზე ნაკლებია; ხოლო, როცა ერთი ლინზა შემკრებია ( $\varphi$  დადებითია) და მეორე განმზნევი ( $\varphi_1$  უარყოფითი), მაშინ მინების ერთობლიობა (რთული ლინზა) მოქმედებს როგორც შემკრები (ნახ. 1<sup>ბ</sup>) ან როგორც განმზნევი ლინზა და მისი მთავარი ფოკუსური მანძილი (ნიშნის სათვალავში მიუღებლად) მეტია, ვიდრე მთავარი ფოკუსის მანძილი იმ მინისა, რომლის მთავარი ფოკუსის მანძილი უდიდესია.

ანალოგიურად გამოითვლება სამი და მეტი ლინზისაგან შემდგარი რთული ლინზის, ანუ მისი ეკვივალენტური ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილი. მაგალითად, მიჯრით დაყენებული და შეცენტრირლი ლინზებისათვის იქნება ასეთი გამოსახულება:

$$\frac{1}{F_3} = \frac{1}{\varphi} + \frac{1}{\varphi_1} + \frac{1}{\varphi_2} + \frac{1}{\varphi_3} + \dots \quad (6.2.6.7)$$

ამჟამად რთული ლინზები ძირითადად მზადდება კრონისა — შემკრები (გარდატეხის მაჩვენებელი  $n \approx 1,5$ , შუქთ განმზნევის მაჩვენებელი  $N \approx 0,04$ ) და ფლინტისაგან — განმზნევი ( $n \approx 1,7$ ,  $N \approx 0,06$ ) ან ორივე კრონისაგან — შემკრებები. პირველ შემთხვევაში ლინზები მიჯრით უნდა იყოს შეცენტრირლი, ხოლო მეორე შემთხვევაში — ურთიერთდაშორებული.

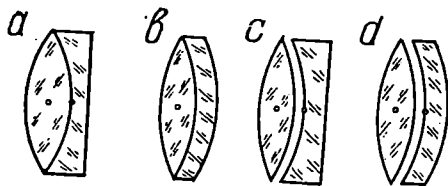
მაგალითები: 1. ვთქვათ, მიჯრით შეცენტრირლია კრონი (შემკრები)  $\varphi = +7,00$  სმ, ფლინტი (განმზნევი)  $\varphi_1 = -10,768$  სმ. მაშინ (6) ან (1) ტოლობის მიხედვით  $F_3 \approx +20$  სმ. 2. დავუშვათ გვაქვს ორივე შემკრები (კრონი) ლინზა  $\varphi = +1,8$  და  $\varphi_1 = 1,0$  სმ, მათ შორის მანძილი  $e = 0,8$  სმ, მაშინ (1) ფორმულით  $F_3 = \frac{1,8 \cdot 1,0}{1,8 + 1 - 0,8} = +0,9$  სმ.

მაშასადამე, პირველი კომბინაციის (ნახ. 1<sup>ა</sup>) გამოყენებით, გარდა ოპტიკური თვისებების გაუმჯობესებისა, იზრდება რთული ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილი, ხოლო მეორე კომბინაციის (ნახ. 1<sup>ბ</sup>) დროს მთავარი საფოკუსო მანძილი მცირდება; ამავე დროს ვიცით, რომ ჰოგრის გამადიდებლობა პირდაპირპროპორციულია ობიექტივის მთავარ საფოკუსო მანძილისა და უკუპროპორციულია ოკულარის მთავარი საფოკუსო მანძილისა. მაშასადამე, უმჯობესია პირველი კომბინაცია გამოვიყენოთ: ობიექტივის შუხლში, ხოლო მეორე-ოკულარის მუხლში.

როგორც ვხედავთ, კეპლერის უმარტივესი ჰოგრის საფუძველზე უნდა შეიქმნას რთული ობიექტივისა და რთული ოკულარის სამიზნებელი ჰოგრები.

**A. რთული ობიექტივაი. ბელეოზიფიკივი**

უმარტივეს რთულ ობიექტივს ადგენენ ორი შეწყებებული ლინზისაგან; ერთია ორმხრივ ამოზნექილი—კრონი, მიმართული საგნისაკენ, ხოლო მეორე—ბრტყელი შეზნექილი (ნახ. 2<sup>ა</sup>), ან ამოზნექილ-შეზნექილი ფლინტი (ნახ. 2<sup>ბ</sup>). სამიზნე ჯოგარებში ადრე ფრაუნჰოფერის წინადადებით რთულ ობიექტივებს ამზადებდნენ არა შეწყებებული ლინზებით, არამედ მათ აცილებდნენ გარკვე-

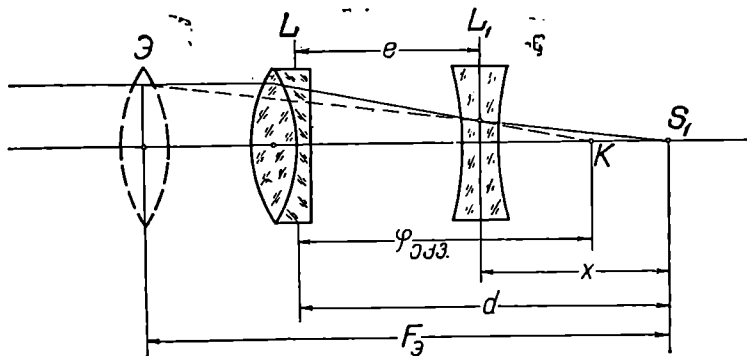


ნახ. 6.2.6.2.

ულ მანძილზე (ნახ. 2<sup>ა</sup>, 2<sup>ბ</sup>). გეოდეზიური იარაღების სამიზნე ჯოგარების ობიექტივების მთავარი საფოკუსო მანძილებია 100—700 მმ-დე.

მრავალი ლინზისაგან შედგენილ ობიექტივებს იყენებენ საგანგებო დანიშნულების ინსტრუმენტების ჯოგარებში, როგორც არის ასტრონომიული, ასტრონომიულ-გეოდეზიური და ფოტოგრაამეტრიული ინსტრუმენტები; აგრეთვე თანამედროვე თეოდოლიტებში, თეოდოლიტ-ტახეომეტრებში და ნიველირებში.

მრავალლინზიანი ობიექტივებიდან ყველაზე საყურადღებოა ტელეობიექტივი (ნახ. 3), რისთვისაც ჯოგარის ობიექტივის მუხლში, გარდა რთული ლინზისა (კრონი და ფლინტი), დამატებით გარკვეულ მანძილზე ჩოთავსებულია უძრავი ან მოძრავი (შემკრები ან განმზნევი) ლინზა (კრონი ან ფლინტი). მაშას-



ნახ. 6.2.6.3.

დამე, ობიექტივის მუხლს, რომელშიც რთული ობიექტივიდან  $e$  (უცვლელ ან ცვლად) მანძილზე დაყენებულია შემკრები ან განმზნევი ლინზა, ეწოდება ტელეობიექტივი. ობიექტივის რთული ლინზა შეიძლება შედგებოდეს სამი და მეტი ლინზისაგანაც. ყველა შემთხვევაში მათი ეკვივალენტური ლინზის  $F_{\text{კვ}}$  მთავარი საფოკუსო მანძილი, გამოთვლილი (7) ტოლობით, რო-

გორც ერთი  $L$  ლინზისა შეიტანება (1) და (4) ტოლობებში და გამოითვლება ტელეობიექტივის  $F_3$  მთავარი საფოკუსო მანძილი.

ვთქვათ, ობიექტივის რთული  $L$  ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილი, გამოთვლილი (7) ტოლობით,  $\varphi_{\text{ავ}} = 10$  სმ, ობიექტივის მუხლში დამატებული  $L_1$  ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილი  $\varphi = -7$  სმ, ხოლო მათ შორის მანძილი  $\epsilon = 5$  სმ, მაშინ (1) ფორმულით ტელეობიექტივის მთავარი საფოკუსო მანძილი

$$F_3 = \frac{\varphi_{\text{ავ}} \varphi_1}{\varphi_{\text{ავ}} + \varphi_1 - \epsilon} = \frac{-70}{-2} = 35 \text{ სმ,}$$

ხოლო (4) ფორმულით ჭოგრის დაახლოებითი სიგრძე

$$d = F_3 - \frac{F_3 \epsilon}{\varphi} + \epsilon = 35 - 17,5 + 5 = 22,5 \text{ სმ.}$$

მაშასადამე, ტელეობიექტივის გამოყენებით ჭოგრის სიგრძე დამოკლდა თითქმის ერთი მესამედით ისე, რომ მისი გამადიდებლობა არ შემცირებულა.

### B. რთული ოპულარაზი

სამიზნე ჭოგრი რომ სასურველი გამადიდებლობის გაცხადოთ და აგრეთვე გავათავისუფლოთ ცნობილი უარყოფითი მხარეებისაგან, მას უნდა გავუკეთოთ სხვადასხვა გამადიდებლობის მქონე რთული ოკულარები. რთულ ოკულარში ლინზას, რომელიც მდებარეობს ობიექტივისაკენ, ეწოდება ს ა ვ ე ლ ე ლ ი ნ ზ ა, ხოლო მეორე ლინზას, რომელიც დამკვირვებლისკენაა, თ ვ ა ლ ი ს ლ ი ნ ზ ა ჰქვია. საველე ლინზა სწევს სხივებს ოპტიკური ღერძისაკენ და ამით აძვირებს თვალის ლინზის დიამეტრს. თვალის ლინზა აღიდებს ობიექტივით მიღებული გამოსახულების ოდნობას. საველე ლინზის წინ ობიექტივისაკენ ოკულარის ფოკალურ სიბრტყეში ჩასმულია ძაფთა ბადე, სადაც ობიექტივით მიიღება საგნის გამოსახულება.

ნებისმიერი ოკულარი ხასიათდება მ ხ ე დ ვ ე ლ ო ბ ი ს ა რ ე ს ს ა ზ ო მ ი კ უ თ ხ ი თ, მ თ ა ვ ა რ ი ს ა ფ ო კ უ ს ო მ ა ნ ძ ი ლ ი თ და თ ვ ა ლ ი ს ლ ი ნ ზ ი დ ა ნ გ ა მ ო ს ა ვ ა ლ ი გ უ გ ი ს და შ ო რ ე ბ ი თ.

ცნობილია ორი სისტემის რთული ოკულარი: რ ა მ ს დ ე ნ ი ს—დადებითი და ჰ ი უ გ ე ნ ს ი ს — უარყოფითი. სახელწოდება დადებითი და უარყოფითი წარმოსდგა იქიდან, რომ პირველს შეესაბამება ობიექტის ძირითადი ფორმულიდან:

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d};$$

მეორეს

$$-\frac{1}{D} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d},$$

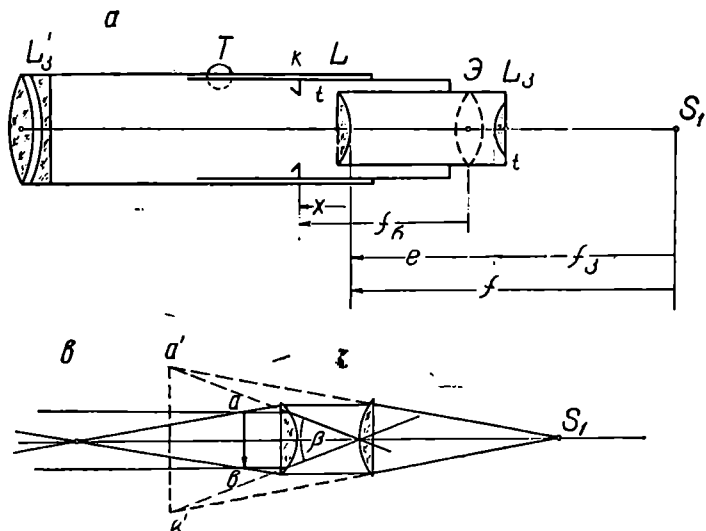
ე. ი. საგნიდან (გამოსახულებიდან) ოკულარის რთულ ლინზამდე  $D$  მანძილი და ოკულარიდან გამოსახულებამდე  $d$  მანძილი რამსდენის ოკულარში დადებითია, ხოლო ჰიუგენისისაში—უარყოფითი.



რამსდენის ოკულარი შედგება ორი ბრტყელი ამოზნექილი ლინზისაგან, რომელნიც მიმართული არიან ერთმანეთისაკენ თავისი ამოზნექილი გვერდებით (ნახ. 4). მან ეს ლინზები დააღაგა შემდეგი პროპორციის შესაბამისად:

$$f : e : f_3 = 9 : 4 : 5. \quad (6.2.6.8)$$

საველე  $L$  ლინზა  $f$  მთავარი საფოკუსო მანძილით რომ არ იყოს, მაშინ გვექნებოდა კებლერის ოკულარი მხოლოდ თვალის  $L_3$  ლინზით, რომლის მთავარი საფოკუსო მანძილია  $f_3$ . საჭიროა გამოვითვალოთ რამსდენის



ნახ. 6.2.6.4.

ოკულარის, ანუ  $L$  და  $L_3$  ლინზის, ეკვივალენტური  $\exists$  ლინზის მთავარი  $f_3$  საფოკუსო მანძილი, რისთვისაც გამოვიყენოთ რთული ლინზის (1) ტოლობა, მხოლოდ მასში  $f$ -ს ნაცვლად უნდა შევიტანოთ  $f_3$ ,  $f_1$ -ის ნაცვლად კი  $f$ . სანამ (1) ფორმულას გამოვიყენებდეთ, საჭიროა კომპონენტები გამოვსახოთ  $f_3$ -თი. ამისათვის (8) დამოკიდებულებებიდან მივიღებთ:

$$f = \frac{9}{5} f_3; \quad e = \frac{4}{5} f_3.$$

(1) ტოლობის მიხედვით (უნდა წარმოვიდგინოთ, რომ სხივები თითქოს მოდის დამკვირვებლის მხრიდან, ნახ. 4\*).

$$f_3 = \frac{f \cdot f}{f_3 + f - e} = \frac{f_3 \cdot 9/5 f_3}{f_3 + 9/5 f_3 - 4/5 f_3} = \frac{9}{10} f_3. \quad (a)$$

საველე  $L$  ლინზიდან გამოსახულებამდე, ანუ  $K$  ძვიდურამდე, მანძილი, გამოითვლება (2) ტოლობით

$$x = \frac{f_3 \cdot f - f \cdot e}{f_3 + f - e} = \frac{f_3 \cdot 9/5 f_3 - 9/5 f_3 \cdot 4/5 f_3}{f_3 + 9/5 f_3 - 4/5 f_3} = \frac{1}{5} f_3. \quad (b)$$

მიღებული ოდენობები საშუალებას გვაძლევს გამოვითვალოთ ჭოგრის გამაღიდებლობა, მხედველობის არე და ნათელობა, როცა მას დაყენებულა აქვს რამსდენის ოკულარი. ობიექტივში არაფერი შეცვლილა, მაშასადამე, (6. 2. 4. 6), (6. 2. 4. 14) და (6. 2. 4. 18) ფორმულებით მივიღებთ:

$$G_6 = \frac{F_3}{f_6} = \frac{F_3}{9/10 f_3} = \frac{10}{9} G_3;$$

$$\alpha_6 = \frac{\beta}{G_6} = \frac{\beta}{10/9 G_3} = \frac{9}{10} \alpha_3;$$

$$h_6 = 0,90 \frac{Q^2}{q^2 G_6^2} = 0,90 \frac{Q^2}{q^2 \frac{100}{81} G_3^2} = \frac{81}{100} h_3.$$

როგორც ვხედავთ ჭოგრში, რომელშიც დაყენებულია რამსდენის ოკულარი, კეპლერის ჭოგრთან შედარებით იზრდება გამაღიდებლობა, ხოლო მცირდება მხედველობის არე და გამოსახულების ნათელობა.

ჭოგრის მოქმედება რამსდენის ოკულარით ნაჩვენებია (4<sup>b</sup>) ნახაზზე. ჰუგენსის ოკულარი, აგრეთვე, შედგება ორი ბრტყელი ამოზნექილი  $L$  (საველე) და  $L_3$  (თვალის) ლინზებისაგან, რომლებიც თავისი გამოზნექილი გვერდებით მიმართული არიან ობიექტივისაკენ. მან ეს ლინზები დაალაყა შემდეგ პროპორციის შესაბამისად (ნახ. 5<sup>a</sup>):

$$f : e : f_3 = 3 : 2 : 1, \quad (6.2.6.9)$$

საიდანაც

$$f = 3f_3; \quad e = 2f_3; \quad x = f_3. \quad (c)$$

აბერაციების მოსპობის მიზნით ძაფთა ბადე მოქცეულია ოკულარის ღერძებს შორის. მაშასადამე, ჰუგენსის ოკულარით შეიცვლება ჭოგრის ობიექტივის  $F_3$  მთავარი საფოკუსო მანძილი, რადგანაც ობიექტივის  $L'$  ლინზა და ოკულარის საველე  $L$  ლინზა ერთად, როგორც რთული ლინზა, შეამცირებს მათი ეკვივალენტური ლინზის მთავარ  $F_3$  საფოკუსო მანძილს.

მანძილი ობიექტივის  $L_3'$  ლინზასა და ოკულარის საველე  $L$  ლინზას შორის უცნობია, ამიტომ გამოვიყენოთ (3) ფორმულა, სადაც  $f$ -ს ნაცვლად შეიტანება ობიექტივის  $F_3$  (კეპლერის მთავარი საფოკუსო მანძილი).  $f_1$ -ის ნაცვლად  $f = 3f_3$ ;  $x_1$ -ის ნაცვლად  $f_3$  და  $F_3$ -ის ნაცვლად  $F_3$  (ჰუგენსის); მაშასადამე, (c) დამოკიდებულებების (3) ფორმულაში გამოყენებით მივიღებთ:

$$F_3 = \frac{F_3}{3f_3} (3f_3 - f_3) = \frac{2}{3} F_3. \quad (d)$$

$F_3$  მნიშვნელობის (6.2.4.6), (6.2.4.14) და (6.2.4.18) ფორმულებში შეტანივ ბივილებთ:

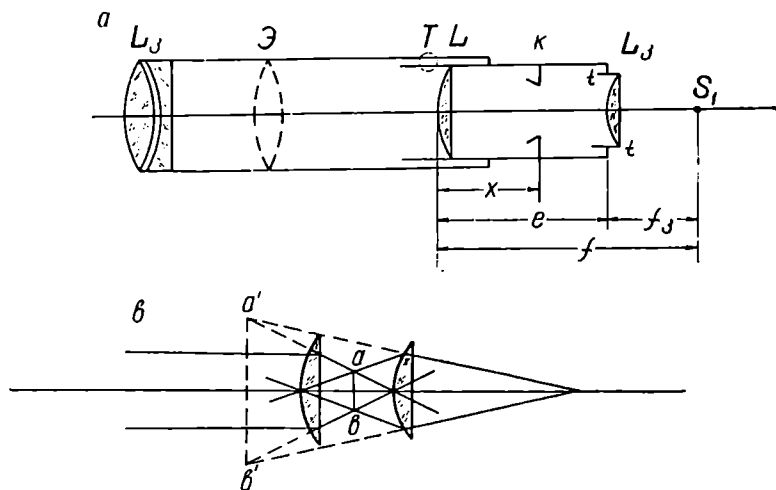
$$G_3 = \frac{F_3}{f_3} = \frac{2/3 F_3}{f_3} = \frac{2}{3} G_2;$$

$$\alpha_3 = \frac{\beta}{G_3} = \frac{\beta}{2/3 G_2} = \frac{3}{2} \alpha_2;$$

$$h_3 = 0,90 \frac{Q^2}{q^2 G_3^2} = 0,90 \frac{Q^2}{q^2 \frac{4}{9} G_2^2} = \frac{9}{4} h_2.$$

მასადაბე, კებლერის კოგრზე .ჰაუგენსის ოკულარის დაყენებით მცირდება კოგრის  $G$  გამადიდებლობა და იზრდება მისი მხედველობის არეს ნამდვილი  $\alpha$  საზომი და ფარდობითი  $h$  ნათელობა.

ჰაუგენსის ოკულარის ნაკლია ის, რომ ძაფთა ბადის სიბრტყეში მიღებული გამოსახულება იხილება მხოლოდ ერთი (თვალის) ლინზით, რის გამო



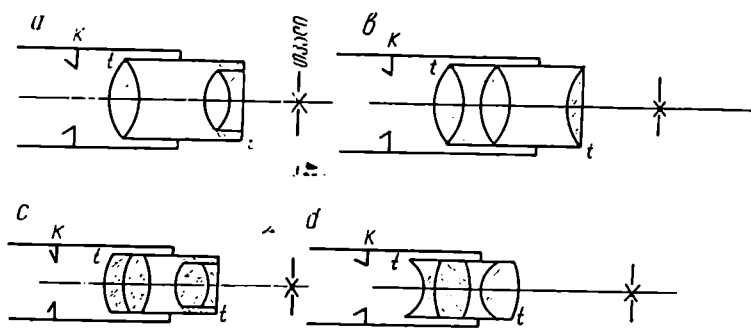
ნახ. 6.2.6.5.

სფერული აბერაცია ვერ ისპობა. აგრეთვე ამ მიზეზით ძაფთა ბადე გარკვეულად ჩანს მხოლოდ მხედველობის არეს შუა გულში, მაგრამ მის ნაპირებში ძაფები გვეჩვენება ბუნდოვნად, გამრუდებულად და ნაწილობრივ შეფერილად ამის გამო ამ ოკულარის გამოყენება შეზღუდულია. მას იყენებენ დიდ კუთხისაზომ თეოდოლიტებში და მაძებარ კოგრებში. კოგრის მოქმედება ჰაუგენსის ოკულარით ნაჩვენებია ( $S^*$ ) ნახაზზე.

გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში, საერთოდ, ძველად დიდად გამოიყენებოდა რამსდენის ოკულარი, რომელიც ხასათდებოდა დაახლოებით 30-35° სუბიექტური მხედველობის არეთი, 8 მმ მთავარი საფოკუსო მანძილით და

3-4 მმ თვალის ლინზის უკიდურესი წერტილიდან გამოსვლის გუგის მანძილით. განხილული ოკულარები მთლიანად ვერ სპობს აბერაციებს, რის გამო რამსდენის ოკულარის გაუმჯობესების შედეგად კ ე ლ ნ ე რ მ ა (ნახ. 6<sup>ა</sup>) შექმნა ოკულარი, რომელიც შედარებით ამცირებს აბერაციებს. ამ ოკულარში აბერაციების შემცირება მიღწეულია იმით, რომ თვალის ლინზა შედგება შეწებებული ორმხრივ ამოზნექილი კრონისა (საგნის ლინზისაკენ) და ბრტყელ-შეზნექილი ფლინტისაგან (თვალისაკენ), რომელიც სრულიად თავისუფალია ქრომატული აბერაციისაგან, ხოლო სავსე ლინზა არის ორმხრივ ამოზნექილი (კრონი). მაშასადამე, ეს ოკულარი შედგება სულ სამი ლინზისაგან. გარდა აბერაციისა, ამ ოკულარში დისტორსია თითქმის სულ აღუბუღია და რამსდენისა და ჰაუგენის ოკულარებთან შედარებით თვალის ნებისმიერ მდგომარეობაში იგი იძლევა საგნის ბრტყელ, პერსპექტიულად სწორ გამოსახულებას.

თანამედროვე ინსტრუმენტებში დიდად გამოიყენება ო რ თ ო ს კ ო პ უ ლ ი ოკულარები (ნახ. 6<sup>ბ</sup>, 6<sup>გ</sup>), სადაც მინიმუმამდეა დაყვანილი დისტორ-



ნახ. 6.2.6.6.

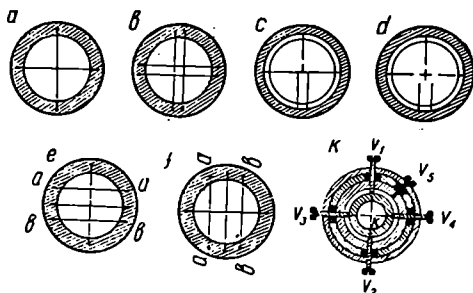
რ ს ი ა (მიღწეულია ორთოსკოპულობა—საგნის ფორმის სწორად გადმოცემა). ამ ოკულარებში, რომლებიც ოთხ-ოთხი ლინზისაგან შედგებიან, საგნის შეწებებულ ლინზებსა და თვალის ლინზას შორის მანძილი მცირეა, ამავე დროს თვალის ლინზიდან გამოსასვლელის, ანუ თვალის დაყენების, ადგილი (გამოსვლის გუგა) დაშორებულია შედარებით მეტ მანძილზე. იგი თითქმის აღწევს ოკულარის საფოკუსო მანძილს. მხედველობის არეს სუბიექტური საზომი კ 40°-50°. არსებობს სამლინზიანი ოკულარები (ნახ. 6<sup>დ</sup>), სადაც გამოსავლის გუგა დაშორებულია ოკულარის მთავარ საფოკუსო მანძილზე მეტად და მხედველობის არეს სუბიექტური საზომი აღწევს 60°-მდე.

თუ დავეუკირდებით თანამედროვე ოკულარებს (ნახ. 4 და 6). ვნახავთ, რომ ისინი შედგებიან ორი მილაკისაგან, პირველში (თვალისაკენ) ხისტად ჩამაგრებულია ყველა ლინზა (საგნისა და თვალის), ხოლო მეორეში ხრახნებით ჩამაგრებულია ქ ა ფ თ ა ბ ა დ ი ს ძ გ ი ლ უ რ ი. ამ მილაკში მოძრაობს პარველი მილაკი და ვოველი დამკვირვებელი თვალის მილაკის წინ და უკან წაწევით აკეთებს ფოკუსირებას მანამ, სანამ დაახლოებით მთელი ოკულარ-

რის მთავარ ფოკალურ მანძილზე დაყენებულ  $K$  ძვიდურზე მოთაკსებულ, დაფთა ბადე არ გამოჩნდება ნათლად. ამ მოქმედებას ეწოდება ჭოგრის (ოკულარის) თვალზე დაყენება (ფოკუსთვაწყობა). ამიტომ უფრო სრულყოფილად წარმოდგენისათვის საჭიროა საგანგებოდ განვიხილოთ საკითხი დაფთა ბადის შესახებ.

### C. დაფთა ბადე

სამზერსა და სამიზნე ჭოგრის შორის ძირითადი განსხვავება, როგორც აღვნიშნეთ, მდგომარეობს იმაში, რომ განსხვავებით პირველისაგან მეორეს დაბატებული აქვს დაფთა ბადის  $K$  დიაფრაგმა (ძვიდური), რითაც ჭოგრისში აქმნება, გარდა გეომეტრიული და ოპტიკური ღერძისა, სამიზნე ღერძი—ობიექტივის ოპტიკური ცენტრისა და დაფთა ბადის გადაკვეთის შემაერთებელი წრფე. დიაფრაგმა, რომელზეც ჩამაგრებულია დაფთა ბადის რგოლი, შთანთქავს განაპირა სხივებს. თანამედროვე დაფთა ბადე (ნახ. 7) წარმოადგენს ოპტიკური მიწისაგან შედგენილ ბრტყელ პარალელურ ფირფიტას, რომელზეც ფოტოგრაფიული ხერხით ან უფრო ხშირად დამყოფი მანქანებით დაკვეცილია 1—2



ნახ. 6.2.6.7.

მიკრონის ( $\mu$  — მიკრონი 0,001 მმ) სისქის კვესურები. კვესურები ამოჭმულია მკვავითი და შემდეგ შევსებულია საღებავით. (7) ნახაზზე წარმოდგენილია მრავალი სახეობიდან ზოგიერთი დამახასიათებელი სახე დაფთა ბადისა. მაგალითად, (7<sup>ა</sup>) კონსტრუქცია უფრო ზუსტ შე-

დგეს იძლევა დამიზნების დროს, რადგანაც მასზე არ არის ნაჩვენები კვესურის გადაკვეთის წერტილი, რომელიც ჭოგრის დამიზნებისას საგნის დასამიზნებელ წერტილს ფარავს. ასეთივე მიდგომით გამოართლებულია ბისექტორი ანუ ორი კვესური, რომელთა შორის წარმოსახვითი სიმეტრიის ხაზია სამიზნედ გამოყენებული. 7<sup>ბ</sup> და 7<sup>გ</sup> ნახაზებზე დამატებით ნაჩვენებია  $a-a$  და  $b-b$  საშენიძლო დაფები, რომელნიც გამოიყენებიან დაფებიან მანძილმზომებში. ჭოგრის სამიზნე ღერძის სწორად დასაყენებლად დაფთა ბადის დიაფრაგმა არის მოძრავი ოკულარის მეორე მილაკში. (7<sup>კ</sup>) ნახაზზე  $V_1, V_2, V_3, V_4$  შემასწორებელი ხრახნებით ფირფიტა გადაადგილდება სასურველი მიმართულებით, რომ სამზერი ღერძი დამთხვევს გეომეტრიულ და ოპტიკურ ღერძებს, ხოლო  $V_5$  ხრახნით შეიძლება დიაფრაგმის შებრუნება ჭოგრის ღერძის გარშემო, რათა თარაზული დაფი დაყენებულ იქნეს ზუსტად თარაზულად. უმრავლეს შემთხვევაში შემოაჩვენებულ დაფთა ბადეს მტვერისაგან დასაცავად ორივე მხრიდან აწებებენ ბრტყელ სწვრივ ფირფიტას.

თუ როგორი სისქის უნდა იქნეს საზანძილო ძაფები, ამის დადგენის საშუალებას იძლევა ფორმულა

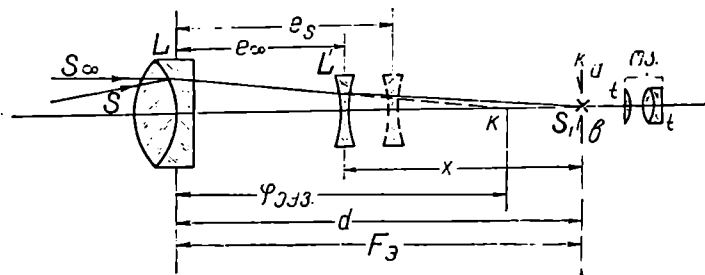
$$\tau = \frac{0,1f}{\omega} \quad (6.2.6.10)$$

შენიშვნა: ძველად ძაფთა ბაღედ იყენებდნენ ობობას ძაფებს, რომელთა სისქე 2—3 მმ ზომის ობობასათვის აღწევს 2—3  $\mu$ . მიუხედავად იმისა, რომ ამჟამად ძაფებს არ იყენებენ, კვესურების პიპარტაცი ძველ სახელწოდება—„ძაფთა ბაღე“—დარჩა.

### 6. 2. 7. ჰიზგრი შიგა ფოკუსთვაწყობით

ძველად იყენებდნენ ჰოგრებს გარე ფოკუსთვაწყობით (ნახ. 6.2.4.2, 6. 2. 6. 4, 6. 2. 6. 5), რომელთა ობიექტივის მუხლში  $T$  ხრახნის საშუალებით მოძრაობს ოკულარის მუხლი. მაშასადამე, ასეთი ჰოგრის სიგრძე ფოკუსირების შესაბამისად იცვლება.

როგორც ცნობილია, თანამედროვე რთული ობიექტივები წარმოადგენს ტელეობიექტივებს. იმ შემთხვევაში, როცა ობიექტივის მუხლში, გარდა შეწყებებული რამდენიმე ლინზისა, თვალისაკენ მათგან მუდმივად მანძალზე დამაგრებულია დამატებითი ლინზა, მაინც ასეთი ტელეობიექტივიანი ჰოგრი რჩება გარე ფოკუსთვაწყობიანი. როცა დამატებითი მაფოკუსირებელი ლინზა (ჩვეულებრივ, გამბნევი—ფლინტი) ან ლინზები დაყენებულია ცვალებად მანძილზე, მაშინ ჰოგრის სიგრძე მუდმივია და მას ეწოდება ჰიზგრი შიგა ფოკუსთვაწყობით (ნახ. 1). მაშასადამე, სამიზნე

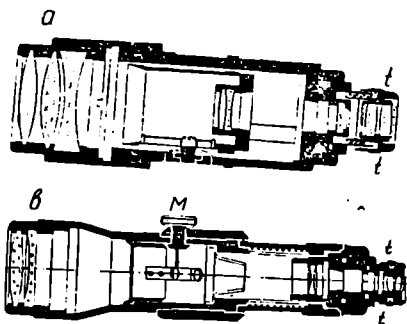


ნახ. 6.2.7.1.

ჰოგრს, რომლის ტელეობიექტივის დამატებითი ლინზა (ან ლინზები) მოძრავია, ეწოდება ჰოგრი შიგა ფოკუსთვაწყობით. ორივე სახის ჰოგრებში, რადგანაც ობიექტივი და ოკულარიც შემკრებია, დანამზერი საგნების გამოსახულება მიიღება შებრუნებული, ანუ ქვემო ნაწილი ზევით და მარჯვენა—მარცხნივ.

ჰოგრს შინაგანი ფოკუსთვაწყობით აქვს რიგი უპირატესობანი გარე ფოკუსთვაწყობიანი ჰოგრების მიმართ. ოკულარის მუხლი, როდესაც ის მოძრაობს.

ობიექტივის მუხლში, არ შეიძლება გაკეიდეს მტვერგაუმტარი და ლინზებზე შეიძლება ადვილად დაიმტვეროს; ამავე დროს ხანგრძლივი გამოყენების შემთხვევაში მილაკი იწყებს რყევას ფოკუსირების დროს, რაც იწვევს მზერის ღერძის ტეხას. შიგა ფოკუსთგაწყობილი ჭოგრის სიგრძე უცვლელია და თიქმის სულ გერმეტული (მტვერგაუმტარი); მისი სიგრძე, როგორც ვნახავთ:



ნახ. 6.2.7.2.

ტელეობიექტივის ეკვივალენტური ლინზის მთავარ საფოკუსო მანძილზე მცირეა, ე. ი. სიგრძით მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე გარე ფოკუსთგაწყობის ჭოგრი, რის გამო ეკონომიურია და სახშირად ადვილი; ამავე დროს ლინზების კომბინაციით ობიექტივისა და ოკულარის მუხლში იზრდება ჭოგრის გამადიდებლობა; ზემოაღნიშნულის გამო იგი ნაკლებად ზიანდება მექანი-

კური ზემოქმედებით და იძლევა დამიზნების დიდ სიზუსტეს.

არსებობს თანამედროვე ჭოგრები, რომელთა მაფოკუსირებელი ლინზები რთულია (ნახ. 2).

ასტრონომიულ-გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში ხშირად იყენებენ ტეხილ სამზერ ჭოგრს, სადაც ობიექტივისა და ოკულარის შორის ათავსებენ მართკუთხა ან პენტაპრიზმას, რომლებიც აიორეკლავენ სხივებს 90°-იანი კუთხით და წარგზავნიან ჭოგრის ბრუნვის ღრუში.

იმ კულსაზომ ინსტრუმენტებს, რომელთაც იყენებენ დიდი დახრის კუთხეების გასაზომად, გააჩნიათ ოკულარის პრიზმა ან მუხლა ოკულარი, ან ობიექტივზე პრიზმული საცმი.

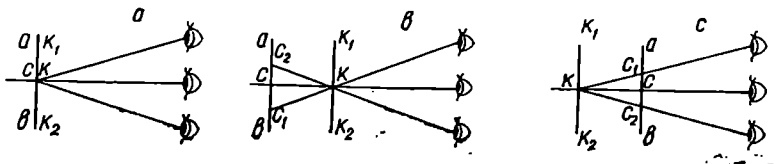
### 6.2.8. სამზერად ჭოგრის დაყენება. ძაფთა პარალაქსი. ჭოგრის დამიზნება

სამზერად ჭოგრის დაყენება ანუ მისი ფოკუსთგაწყობა გულისხმობს ჭოგრის თვალზე და საგნის მიმართ დაყენებას.

პირველ რიგში როგორც გარე, ისე შიგაფოკუსთგაწყობიან ჭოგარში უნდა წესრულდეს თვალზე ოკულარის დაყენება ანუ თვალზე ფოკუსთგაწყობა, რაც გულისხმობს  $K$  ძაფთა ბადის ოკულარის მთავარ ფოკუსში დაყენებას. ამისათვის დამზერმა ჭოგრი უნდა მიმართოს ცაში ან გაშუქებულ თეთრ საგანზე და ოკულარის პირველი  $t-t$  მილაკი (ნახ. 6.2.4.2, 6.2.6.4., 6.2.6.5, 6.2.6.6, 6.2.7.1, 6.2.7.2) ამოძრავს წინ და უკან მანამ, სანამ ბადის ძაფები არ განოჩნდება მკაფიოდ. ამის შემდეგ  $t-t$  მილაკს ხელი აღარ უნდა ვახლოთ.

საგანზე ჭოგრის დასაყენებლად ანუ საგანზე ფოკუსთგაწყობისათვის საჭიროა საგნის გამოსახულება გამოჩნდეს გარკვეულად.

ეს მოხდება მაშინ, როცა საგნის გამოსახულების სიბრტყე მოხვედბა ობიექტივის მთავარ ფოკუსში. ამისათვის გარე ფოკუსთ გაწყობიან ჭოგრებში (ნახ. 6. 2. 4. 2, 6. 2. 6. 4, 6. 2. 6. 5)  $T$  კრემალიერის საშუალებით დამზერმა ოკულარის მუხლი უნდა ამოძრაოს წინ და უკან მანამ, ვიდრე საგნის  $ab$  გამოსახულების ერთი და იმავე, ვთქვათ,  $C$  წერტილი თვალის ნებისმიერ მდებარეობიდან არ დაფარავს ძაფთა ბადის გადაკვეთის  $K$  წერტილს. ეს მოხდება მაშინ, როცა ძაფთა ბადის  $K_1K_2$  სიბრტყე დამოხვევა ჭოგრით მიღებული  $ab$  გამოსახულების სიბრტყეს (ნახ. 1<sup>ა</sup>). (1<sup>ბ</sup>) ნახაზი გვიჩვენებს, რომ საჭიროა  $T$  კრემალიერით ოკულარის მუხლის ობიექტივი-



ნახ. 6.2.8.1.

საკენ გადაწევა, სანამ მივიღებდეთ (1<sup>ა</sup>) ნახაზის შესაბამის სურათს, ხოლო (1<sup>ბ</sup>) ნახაზის მიხედვით ჩანს, რომ საგანი ახლოა და მის  $ab$  გამოსახულების სიბრტყეს უნდა შევეუთავსოთ  $K_1K_2$  ძაფთა ბადის სიბრტყე  $T$  კრემალიერით ოკულარის მუხლის გამოწვევით. (1<sup>ბ</sup> და 1<sup>ვ</sup>) ნახაზის შესაბამის მოვლენას, ანუ ფაქტს, როცა  $K_1K_2$  ძაფთა ბადის სიბრტყე არ არის შეთავსებული  $ab$  გამოსახულების სიბრტყესთან, ეწოდება ძაფთა ბადის პარალაქსი.

შევა ფოკუსთგაწყობიან ჭოგრებში, როგორც იყო ნათქვამი, თვალზე ფოკუსთგაწყობა ხდება ისე, როგორც გარე ფოკუსთგაწყობიან ჭოგრში. რაც შეეხება საგანზე ფოკუსთგაწყობას, ანუ ძაფთა პარალაქსის მოსპობას, ამისათვის საჭიროა  $M$  კრემალიერის საშუალებით ტელეობიექტივის დამატებითი  $L'$  ლინზის მოძრაობა, რითაც  $ab$  გამოსახულების სიბრტყეს შევეუთავსებთ  $K_1K_2$  ძაფთა ბადის სიბრტყეს (ნახ. 6. 2. 7. 1, 6. 2. 7. 2). ასე რომ, ჭოგრის სიგრძე უცვლელი რჩება, რადგანაც აქ ოკულარის მუხლი უძრავად არის დამაგრებული.

იმის გამო, რომ  $L'$  მათოკუსირებელ ლინზას ვაადგილებთ სამიზნე საგნის დაშორების მიხედვით, ცხადია, შეიცვლება ტელეობიექტივის ეკვივალენტური ლინზის  $F_3$  მთავარი საფოკუსო მანძილი (ნახ. 6.2.7.1). საერთოდ, ასეთ ჭოგრში უარყოფითი  $L'$  ლინზის დაშორება ობიექტივიდან შეესაბამება უსასრულობას (დიდ მანძილს). მაშასადამე, (6.2.6.1) ფორმულის სახე ამ შემთხვევაში ასეთი იქნება:

$$F_3 = \frac{F_{30} \varphi_1}{\varphi_{30} + \varphi_1 - \epsilon_0}, \quad (6.2.8.1)$$



ხოლო, როცა მანძილი სასრულოა (ახლოა), იგივე ფორმულა დაიწერება ასე:

$$F_3 = \frac{\varphi_{\text{აა}} \varphi_1}{\varphi_{\text{აა}} + \varphi_1 - \epsilon_0} \quad (6.2.8.2)$$

ცხადია, რაც დიდ იქნება მანძილი საგნამდე, მთ მცირე გადაადგილება იქნება საჭირო  $L'$  მაფოკუსირებელი ლინზისა დაბალი ბადისკენ, ხოლო, როცა მანძილი მცირეა, მაშინ  $L'$  ლინზა უნდა გადაადგილდეს დაბალი ბადისაკენ მეტ მანძილზე და მაშინ მოხდება  $ab$  გამოსახულების სიბრტყე დაბალი ბადის სიბრტყეში, ანუ მოიხსობა დაბალი პარალაქსი. მაგალითად, როცა ტელეობიექტივის  $\varphi_{\text{აა}} = 149$  მმ,  $\varphi_1 = 500$  მმ, ჭოგრის სიგრძე  $d = 165$  მმ, ხოლო  $\epsilon_0$  უსასრულოდ შესაბამისად არის დაყენებული; იმისათვის, რომ 200-100 მეტრით დაშორებული საგნის  $ab$  გამოსახულება მოხდეს დაბალი ბადის  $K_1K_2$  სიბრტყეში, საჭიროა  $L'$  მაფოკუსირებელი ლინზის გადაწევა დაბალი ბადისაკენ 0,16 მმ, ხოლო 10-5 მეტრის მანძილზე დაშვების დროს—3,43 მილიმეტრით. მაშასადამე, რაც უფრო ახლოა საგანი ჭოგრიდან, მით მეტა მანძილითაა საჭირო მაფოკუსირებელი  $L'$  ლინზის გადაწევა დაბალი ბადისაკენ.

არის შემთხვევა, როცა მაფოკუსირებელი ლინზა არის დადებითი (შემკრები). ასე რომ, იგი ტელეობიექტივის ეკვივალენტური ლინზის მთავარ საფოკუსო მანძილს ამცირებს (ნახ. 6.2.6.1<sup>ა</sup>). ასეთი ლინზა მით უფრო მეტად უნდა გადაიწიოს ობიექტივისაკენ (დაშორდეს დაბალი ბადეს), რაც მცირე იქნება საგნამდე მანძილი.

ჭოგრის ფოკუსთგაწყობის—სამზერად დაყენების, ანუ თვალზე ფოკუსთგაწყობის და პარალაქსის მოსპობის შემდეგ შესაძლებელია საგნის ნებისმიერი წერტილზე ჭოგრის დამიზნება. ამისათვის თარაზულად და შევეულად ამოძრავებენ ჭოგრის მანამ, სანამ დაბალი ბადის გადაკვეთის  $K$  წერტილი (ნახ. 6. 2. 6. 7) არ დაფარავს სამიზნე წერტილს ან ოთხი დაბალი მიერ შექმნილი კვადრატის ცენტრში არ მოექცევა ხსენებული წერტილი. ანალოგიურად უნდა მოვიქცეთ, როცა საჭიროა საგანზე დამიზნება ბისექტორიანი დაბალი ბადის გამოყენებით.

ჭოგრის საგანზე დამიზნებასთან დაკავშირებით საჭიროა გვეცნოთ კიდევ ერთ ცნებას. სახელდობრ, ჭოგრის სხივის, რომელსაც ვუწოდებთ ხაზს, რომელიც ჭოგრით დამზერილი საგნის შორეულ წერტილს აკავშირებს ობიექტივის წინა მთავარ ფოკუსთან და დაბალი ბადის გადაკვეთასთან. ამასთანავე, როგორც ვიცით, ჭოგრის მზერის ღერძია ხაზი, რიგელები გადის ობიექტივის ოპტიკურ ცენტრსა და დაბალი ბადის გადაკვეთის წერტილზე (გარე ფოკუსთგაწყობიან ჭოგრებში); ხოლო შიგა ფოკუსთგაწყობიან ჭოგრებში საჭიროა დავუთვალოთ, რომ მზერის ხაზი გადის აგრეთვე მაფოკუსირებელი ლინზის ოპტიკურ ცენტრში (დაახლოებით ტელეობიექტივის უკანა მთავარ ფოკუსში). მაშასადამე, საჭიროა ჭოგრის სხივი და მიზნების ღერძი ერთ წრფედ იყვნენ შერწყმულნი, რაც პრაქტიკულად ირრევეა იმის გამო, რომ

ჭოგრის სხივი და მზერის ღერძი ძლიერ მცირე სიმრუდის ჰიპერბოლას წარმოადგენს, მაშასადამე, ისინი არ ემთხვევიან ჭოგრის ოპტიკურ ღერძს. ამიტომ საჭიროა ჭოგრის დამიზნება მოხდეს მისი ორი მდებარეობით. მაგალითად, ნიველობის დროს მზერის ღერძის (დამიზნების სხივის) სიმრუდე არ ბათილდება, რადგანაც დამიზნება ხდება ჭოგრის მხოლოდ ერთი მდებარეობით.

### 6.2.9. ჰოზრიტ დამიზნების სიზუსტე

დამიზნების სიზუსტე შეუიარაღებელი თვალით, ანუ უბრალო დიოპტრებით, დამოკიდებულია თვალის დიოპტრის განაქერის სიგანეზე, დიოპტრებს შორის მანძილზე, საგნის დიოპტრის ძაფის სისხოსა და სამიზნე საგნის განათებულობაზე. ცდებით დადგენილია, რომ ეს შეცდომა არ აღემატება თვალის კრიტიკულ კუთხის—მკაფიობის ძალას ანუ 60".

ჭოგრით დამიზნების სიზუსტე დამოკიდებულია: სამიზნე საგნის ფორმასა და განათებაზე, ატმოსფეროს მდგომარეობაზე, გამოსახულების ნათელობაზე, მანძილზე, ძაფთა ბადის ფორმაზე; აგრეთვე მთავარი ფაქტორებია ჭოგრის გამადიდებლობა, მკაფიობის ძალა და ძაფთა ბადის შტრიხების სისქე.

ფაქტორთა მრავალი სახეობისა და ზოგი მათგანის ოდენობის დადგენის შეუძლებლობის გამო ჭოგრით საგანზე დამიზნების სიზუსტის საკითხი რთული და ჩერჩერობით ამოუხსნელია.

გამოკვლევებით დასტურდება, რომ ასტრონომიული ჭოგრით დამიზნების სიზუსტე თითქმის პროპორციულია მისი  $G$  გამადიდებლობისა, როცა მისი ოდენობა არ არის ძლიერ დიდი, რაც გამოიწვევდა ნათელობის შესუსტებას. ზომიერი (შედარებით მცირე  $10\times-70\times$ ) გამადიდებლობის ჭოგრის დამიზნების ზღვრულ შეცდომა  $\delta$ ს, როცა დამიზნება ხდება ერთი ძაფის გამოყენებით, იღებენ  $\frac{\delta}{G}$ , სადაც  $\delta$  არის თვალის მკაფიობის ძალა, რომელიც ფაქტობრივად ცვალებადობს დიდ (10—240") ფარგლებში. ამ შეცდომას ხელშემწყობი პირობებისათვის იღებენ:

$$\delta = \pm \frac{60''}{G}, \quad (6.2.9.1)$$

სადაც 60" არის უბრალო დიოპტრებით დამიზნების ზღვრული შეცდომა.

$m$  საშუალო კვადრატულ შეცდომას კი ანგარიშობენ ფორმულით:

$$m = \pm \frac{60''}{G \sqrt{3}}. \quad (6.2.9.2)$$

როდესაც ძაფი ფარავს სამიზნე ნიშანს, მაშინ დამიზნების ზღვრულ შეცდომას სთვლიან იმ კუთხის ტოლად, რომლის ფარგლებში იმზირება ძაფის სისქე ობიექტივის უკანა მთავარი ფოკუსიდან და ანგარიშობენ ფორმულით:

$$\delta = \pm \frac{b}{F} \rho'', \quad (6.2.9.3)$$

სადაც  $b$  არის ძაფის სისქე;

$F$  — ობიექტივის მთავარი საფოკუსო მანძილი;

$\rho'' = 206265$ —რადიანი,

ბადის ძაფის სისქის გავლენა გამორიცხულია, როცა ვიყენებთ ბადეს პარალელური ძაფებით, ანუ ბისექტორით (ნახ. 6.2.6.7, *b*, *c*, *d*). ამ შემთხვევაში დამიზნების შეცდომის ოდენობა დამოკიდებულია ძაფების სისქისა, მათ შორის მანძილისა და სამიზნის გამოსახულების სისქეზე. ცდებით დადგენილია, რომ დამიზნებისათვის ხელშემწყობ პირობებში, როცა ძაფებს შორის *C* მანძილი ორჯერ მეტია სამიზნე საგნის გამოსახულების სისქეზე, დამიზნების ზღვრული შეცდომა გამოითვლება ფორმულით:

$$\delta = \pm \frac{C}{F \cdot 18} \rho'', \quad (6.2.9.4)$$

სადაც  $\frac{C}{F} \cdot \rho''$  დაახლოებით ტოლია 35—40"-სა.

ამ შემთხვევისათვის ს. ელისევიცის გამოკვლევებით დიდ მანძილებზე დამიზნების საშუალო კვადრატული შეცდომა შეიძლება გამოვითვალოთ ფორმულით:

$$m = \pm \frac{C}{FG} \rho'', \quad (6.2.9.5)$$

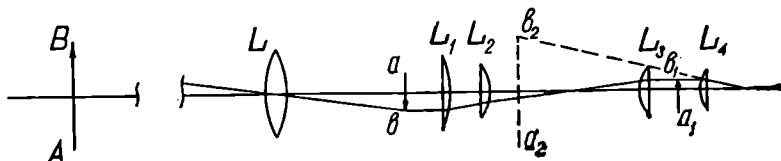
სადაც  $\frac{C}{F} \cdot \rho'' = 15''$ .

იმ შემთხვევაში, როდესაც ჰოგარის ოპტიკური სისტემა იძლევა სამიზნის ორ გამოსახულებას და დამიზნების არსი მდგომარეობს ამ გამოსახულებების შეთავსებაში (ნახევარგამოსახულებათა გამთელებაში), მაშინ საშუალო კვადრატული შეცდომა გამოითვლება ფორმულით:

$$m = \pm \frac{10''}{G}. \quad (6.2.9.6)$$

## 6.2.10. დურბინდი

დურბინდი წარმოადგენს მიწისპირულ ჰოგარს, რომელიც იძლევა საგნის პირდაპირ გამოსახულებას, რისთვისაც *L* ობიექტივისა და ჰაუგენისის *L<sub>3</sub>*, *L<sub>4</sub>* ოკულარის შორის დაყენებულია ოთხი *L<sub>1</sub>*, *L<sub>2</sub>* ლინზა ობიექტივისაკენ მიმართული ბრტყელი გვერდებით. *L<sub>1</sub>*, *L<sub>2</sub>* ოთხი ლინზა ჩამაგრებულია ოკუ-



ნახ. 6.2.10.1.

ლარის მუხლში ისე, რომ ოკულარის მუხლი შედგება ოთხი *L<sub>1</sub>*, *L<sub>2</sub>*, *L<sub>3</sub>* (საველე) და *L<sub>4</sub>* (თვალის) ლინზისაგან, რომლებიც ხისტად არიან ჩამაგრებულნი და ამით ოკულარის სიგრძე უცვლელია. ობიექტივის *L* ლინზა დაშორებულია *L<sub>1</sub>* ლინზისაგან თავის მთავარ საფოკუსო მანძილზე მეტად (ნახ. 1).

*AB* საგნის ნამდვილი და შებრუნებული *ab* გამოსახულება მიიღება *L*

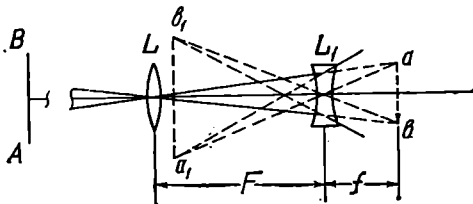
ობიექტებით დამატებით  $L_1, L_2$  ლინზების წინ;  $ab$  გამოსახულებიდან წამოსული სხივები კვლავ გარდატყდება დამატებით  $L_1, L_2$  და სავსე  $L_3$  ლინზაში, რის შედეგად მივიღებთ კიდევ შებრუნებულ  $a_1b_1$  (ანუ  $AB$  საგნისადმი პირდაპირ) ნამდვილ გამოსახულებას, რაც დაშვებული თვალის  $L_4$  ლინზით საბოლოოდ გამოჩნდება წარმოსახვითი გადიდებული  $a_2b_2$  გამოსახულების სახით. საგანზე ფოკუსთვაწყოა ხდება ოკულარის (ოთხივე ურთიერთმდებამანძილზე დაშორებული ლინზის) მუხლის ობიექტივის მუხლში მოძრაობით. ასეთ ჭოგრის აქვს ერთი უცვლელი გამადიდებლობა. არსებობს ისეთი ჭოგრებიც, რომელთა ოკულარის მუხლის სივრცე ცვალებადია იმით, რომ  $L_1, L_2$  და  $L_3, L_4$  ლინზები წყვილ-წყვილად ურთიერთ ადგილდება ნებისმიერად, რითაც იცვლება ჭოგრის გამადიდებლობა. ასეთ სამზერ მილებს ეწოდება პანკრატიული ჭოგრები.

ვინაიდან ტექნიკის თანამედროვე დონე იძლევა მრავალი ლინზის ზუსტად შეცენტრირის საშუალებას, გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში უკვე შემოღებულია მიწიპირულ-პანკრატიული ჭოგრების გამოყენება.

## 6. 2. 11. გალილეის ჭოგრი (ბინოკლი)

განხილავთ სამზერი მილი არის უმარტივესი, გამოგონილი გალილეის მიერ. იგი შედგება შემკრები  $L$  ობიექტივისა და განმზნევი  $L_1$  ოკულარისაგან და იძლევა დანამზერი  $AB$  საგნის პირდაპირ, წარმოსახვით და გადიდებულ  $a_1b_1$  გამოსახულებას (ნახ. 1).

ოკულარის  $L_1$  ლინზა რომ არ ყოფილიყო,  $L$  ობიექტივი მოგვეცემდა დანამზერი  $AB$  საგნის ნამდვილ, შემცირებულ და შებრუნებულ  $ab$  გამოსახულებას დაახლოებით ობიექტივის მთავარ  $F$  საფოკუსო მანძილზე. მაგრამ,  $L_1$  ოკულარი, მოთავსებული ობიექტივისა და საგნის გამოსახულების ადგილს შორის, ეღობება გზაში კრებად სხივებს და როგორც განმზნევი ლინზა, აქცევს მათ განშლად სხივებად; ამიტომ ოკულართან მოთავსებულ თვალს ეჩვენება თითქოს სხივები წარმოგზავნილი იყოს საგნის წარმოსახვითი და გადიდებულ  $a_1b_1$  გამოსახულებიდან, რომელიც, ამასთანავე, დანამზერი  $AB$  საგნის მიმართ გამოდის პირდაპირი. ოკულარის  $L_1$  ლინზის გადაადგილებით ყოველი დამზერი აყენებს თვალს საუკეთესო ხედვის მანძილზე, რითაც, ცხადაა, შეიცვლება  $a_1b_1$  გამოსახულების ოდენობა. გალილეის ჭოგრის  $G$  გამადიდებლობა გამოითვლება ცნობილი (6.2.4.6) ფორმულით:



ნახ. 6.2.11.1.

$$G_g = \frac{F}{f},$$

სადაც  $F$  და  $f$  — ობიექტივისა და ოკულარის მთავარი საფოკუსო მანძილებია.

გალილეის ჭოგრის მხედველობის არე განსხვავდება კეპლერის ჭოგრის

მხედველობის არესაგან. იგი დამოკიდებულია არამარტო ობიექტივის მთავარ საფოკუსო მანძილისა და ოკულართან მოწყობილ ძაფთა ბადის ღიაფრაგმის განხმულებაზე, არამედ ობიექტივის  $Q$  განხმულებაზეც. გალილეის ობიექტივის ნაწილი რომ დაეფაროთ, ჭოგრის მხედველობის არე არ დარჩება მრგვალი, როგორც ეს ხდება კეპლერის ჭოგრში, არამედ მიიღებს სეგმენტის სახეს. ტოლი ობიექტივებისა და ოკულარების განხმულებების შემთხვევაში გალილეის ჭოგრის მხედველობის არე მეტია კეპლერის ჭოგრისაზე. გალილეის ჭოგრის გამოსახულებების ნათელობა, ისევე როგორც კეპლერის ჭოგრში, პირდაპირპროპორციულია ობიექტივის თავისუფალი ხერტის,  $Q^2$ -ისა და უკუპროპორციულია გამადიდებლობის  $G^2$ -ისა.

იმის გამო, რომ გალილეის ჭოგრში არ მიიღება დანამზერი საგნის ნამდვილი გამოსახულება, მასში შეუძლებელია ძაფთა ბადის მოთავსება და, მაშასადამე, არ შეიძლება მისი გამოყენება ისეთ ინსტრუმენტებში, სადაც საჭიროა საგნებზე დამიზნება; იგი გამოსადეგია მხოლოდ შორეული საგნების დასამზერად. ჩვეულებრივ, ერთ ორმაგ ბუდეში ათავსებენ გალილეის ორ ჭოგრს ისე, რომ მათი ოპტიკური ღერძები ურთიერთპარალელურები იყვნენ, რათა შესაძლებელი გახდეს ორივე თვალთ მზერა; ასეთი კომბინაციის გალილეის ჭოგრებს ეწოდება ბინოკლი. ჩვეულებრივ ბინოკლებს იკერენ ხელით თვალთან. მათ დიდი გამადიდებლობა არ აქვთ, სახელდობრ, მათი გამადიდებლობა 2—10-მდე აღწევს. მაგალითად, თეატრის ბინოკლების გამადიდებლობა არის დაახლოებით 3, მაგრამ მხედველობის არე და ნათელობა შედარებით დიდი აქვთ. საველე ბინოკლებში უმთავრესი მნიშვნელობა აქვს გამადიდებლობას და შემდეგ მხედველობის არეს. ჭოგრის სიგრძის შემცირების ნიშნით მათში შეაქვთ ოპტიკური პრიზმები, რის გამო შესაძლებელი გახდა გამადიდებლობის გაზრდა 12-მდე და მეტიც.

### 6.2.12. ჭოგრის გამოცდა

ჭოგრით მიღებული გამოსახულების ხარისხი მით უფრო მაღალია, რაც უფრო ნაკლებია (6.2.5) პარაგრაფში აღწერილი უარყოფითი თვისებები სხვადასხვა აბერაციების სახით.

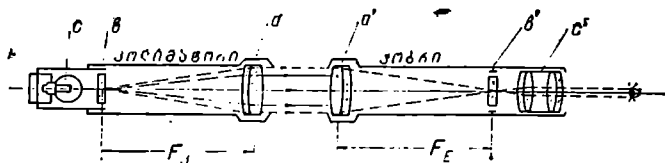
გამოსახულების ხარისხი შეიძლება განისაზღვროს ლაბორატორიულ პირობებში ეკრანზე გაკრული სხვადასხვა ცხრილების, კოლიმატორის ან ნიველირის ჭოგრის გამოყენებით და საველე პირობებში — მბრწყინავ ვარსკვლავებზე დაკვირვების ან ეკრანის გამოყენებით. გარდა ზემოხსენებულისა, უნდა შემოწმდეს ჭოგრის ობიექტივისა და ოკულარის ოპტიკური სისტემების შეცენტრირა, ღერძების შერწყმა და საგანზე ფოკუსირების დროს მზერის ღერძების წრფივობა. პირველ რიგში უნდა შემოწმდეს ლინზის ხარისხი.

### A. ლინზის ხარისხის შემოწმება

სათანადო ლაბორატორია როცა არა გვაქვს, მაშინ ვსარგებლობთ დაბნელებული ოთახით, სადაც ნათურას სინათლეზე გამოწმებთ, ხომ არა აქვს ლინზას ნაფხაქნი ან ბუშტულები და ჯავარი შიგა ნაწილში.

კოლიმატორის საშუალებით ხდება შეცვლა უსასრულობაში მყოფი საგნისა, რომელსაც საჭიროა დაუმინოთ ჭოგრი მისი გამოცდის დროს. მაშასადამე, კოლიმატორი წარმოადგენს ოპტიკურ სისტემას, რომელიც ლაბორატორიულ პირობებში მოჩვენებით იძლევა სამიზნეს უსასრულობაში, რომელსაც უმზერო გამოსაცდელი ჭოგრით.

კოლიმატორი წარმოადგენს მილს (ნახ. 1), რომელშიც ჩაყენებულია აბერაციებისაგან თავისუფალი  $a$  ობიექტივი. მის ფოკალურ  $F_j$  მანძილზე აყენე-



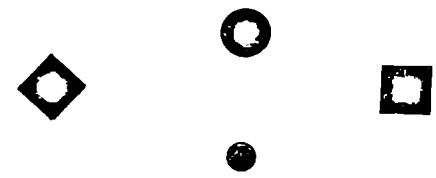
ნახ. 6.2.12.1.

ბენ  $b$  დიაფრაგმას, რომელშიც საჭიროებისამებრ ათავსებენ ბადეს ან სკალას (მირას), წერტილოვან ფირფიტას ან ვიწრო ჭრილს. ბადური ნათდება  $C$  ნათურათი, რის შედეგად  $a$  ობიექტივი იძლევა პარალელური სხივების კონას, რომელიც წამოსულია  $b$  დიაფრაგმიდან. ამიტომ აღნიშნული წერტილი, დამზერილი ჭოგრის  $a'$  ობიექტივის მხრიდან, გვეჩვენება თითქოს იგი იმყოფება უსასრულობაში. კოლიმატორის საშუალებით ხდება გამოკვლევა ჭოგრის როგორც გამოსახულების ხარისხის, ისე მისი ოპტიკური სისტემის მკაფიოობის ძალისა; აგრეთვე მას იყენებენ ოპტიკური ინსტრუმენტების ან მათი ნაწილების (ძაფთა ბადე) დაზუსტებისათვის. საერთოდ, კოლიმატორი ძლიერ საჭიროა ოპტიკური სისტემების ურთიერთორიენტირებისათვის იმ დროს, როცა საჭიროა სხვადასხვა საინჟინრო-ტექნიკური ამოცანების ამოხსნა. (1) ნახაზზე მოცემულია ოპტიკური ორი სისტემა: კოლიმატორი და გამოსაცდელი ჭოგრი, რომლებიც ურთიერთ არიან ორიენტირებული. ჭოგრის  $a'$  ობიექტივი იძლევა პარალელურ სხივებს, როცა ის  $b'$  ბადის საშუალებით დამიზნებულია კოლიმატორის  $b$  ბადეზე. ამ შემთხვევაში მოგვეჩვენება კოლიმატორის  $b$  ბადე უსასრულობაში, ხოლო ჭოგრისა და კოლიმატორის ღერძები ურთიერთ პარალელურად. კოლიმატორებს მთავარი საფოკუსო მანძილები აქვთ 50—500 მილიმეტრი და ობიექტივის თავისუფალი  $Q$  განხმულება 50 მმ.

ჭოგრის ოპტიკური თვისებების გამოსარკვევად კოლიმატორის  $b$  დიაფრაგმაში ათავსებენ მირას ან წერტილოვან ფირფიტას და სხვა. მაგალითად, ცხრილის ანუ მირას საშუალებით არკვევენ ჭოგრის მკაფიოობის ძალასა და ასტიგმატიზმს, ხოლო წერტილის საშუალებით — სფერულ და ქრომატულ აბერაციას და სისტემის შეცენტრის ხარისხს. როგორც ვთქვით, ჭოგრი შეიძლება გამოკვლეულ იქნეს ერთეულ მბრწყინავ ვარსკვლავზე დამიზნებითაც. კოლიმატორის ნაცვლად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნიველირის შემოწმებული და უნაკლო ჭოგრი ან შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ჭოგრიდან 10 მეტრამდე დაშორებუ-

ლი და განათებული ეკრანი, რომელზეც შავად დაიხაზება ან მიეკერის ქალღღებზე 15—45 მილიმეტრის ზომის დატუშული კვადრატები და წრეები.

ყველა შემთხვევაში, გარდა ვარსკვლავის გამოყენებისა, ჭოგრში აბერაციების (სფერული, ასტიგმატიზმი, გამოსახულების არესიმიკრული, კომა, დიფრაქცია) დამადასტურებელია, როცა ზემოხსენებული ფიგურები ხილული გამოსაცდელი ჭოგრის ობიექტივით სრულიად მკაფიო (მკვეთარი) ხდება არამკაფიო ობიექტივის ნახევრად დიაფრაგმირების



ნახ. 6.2.12.2.

(ობიექტივის ცენტრალური ნაწილის დაფარვად გამოყენებითი მუყაითი, რომლის ფართობი იქნება ობიექტივის ფართის ნახევრის ტოლი) ან ოკულარიდან გვერდზე გადაადგილებული თვალით მათზე დამიზნების დროს.

ჭოგრში ქრომატული აბერაციის დამადასტურებელია, როცა მიღებულ გამოსახულებებს არ ექნებათ სუფთა შავი ფერი და ისინი მთარშიებული იქნებიან წითელი, ყვითელი, მწვანე და სხვა ფერებით. გამოსახულების ნაპირებზე ოდნავი მოცისფრო-მოიისფერო არშია დასაშვებია.

იმ შემთხვევაში, როცა არა ვართ უზრუნველყოფილი სათანადო ლაბორატორიით, ჭოგრის გამოცდა შეიძლება ფრაუნჰოფერის მიერ მოწოდებული ხერხით: თეთრად შეღებილ დაფაზე (ეკრანზე) ან პირდაპირ თეთრ ქალღღებზე ხაზავენ წესიერ შავად შეღებილ კვადრატებსა და წრეებს (ნახ. 2) სიგრძე-სიგანით 15—45 მილიმეტრამდე და აყენებენ მათ კარგად განათებულ ადგილას, ჭოგრიდან დაახლოებით 50 მეტრის მანძილზე. თუ სამზერად ჭოგრის დაყენების შემდეგ დამზერის დროს ნაკეთებს არ ექნათ შავი ფერი და მთარშიებულნი აღმოჩნდებიან წითელი, ყვითელი და სხვა ფერებით, ან კიდევ დაკარგული ექნებათ მოყვანილობა და გვეჩვენება აბერაციების შესაბამისი სანახაობა, ეს იმას ნიშნავს, რომ ჭოგრი უვარგისია ზუსტი გაზომვებისათვის. ხოლო, თუ ნაკეთებმა შეინარჩუნეს მსგავსი მოყვანილობა, აქვთ შავი ფერი და ნაპირებზე ემჩნევათ ოდნავი მოცისფერო-მოიისფერო არშია, მაშინ ჭოგრი ვარგისია გამოსაყენებლად.

როცა ჭოგრის გამოცდა ხდება მბრწყინავ ვარსკვლავზე დამზერის ან გაჩხვლელი ეკრანის უკან დაყენებულ ნათურას საშუალებით, მისი ოპტიკური სისტემა უნდა ჩაითვალოს დამაკმაყოფილებლად, თუ ვარსკვლავის ან ეკრანის ნაჩხვლელის გამოსახულება მიღებულ იქნა კონცენტრული რგოლებით შემოვლებული ნათელი წერტილის სახით როგორც მთავარ ფოკალურ სიბრტყეში, ასევე მისგან ანუ მთავარი ფოკუსიდან ორივე მხარის (წინ და უკან) სიბრტყეებში (ნახ. 3<sup>ა</sup>). იმ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს სფერულ აბერაციას, გარდა მთავარი ფოკალური სიბრტყისა, დიფრაქციული რგოლები იწყებენ ცვალებადობას ოკულარის მუხლის ან შიგა დამატებითი ლინზის გადაადგილების შესაბამისად (ნახ. 3<sup>ბ</sup>).

ქრომატული აბერაციის არსებობის შემთხვევაში მთავარი ფოკუსის ორივე მხარის (წინა და უკანა) სიბრტყეში გამოსახულება იქნება შემოვლებუ-

ლი ნაირფერადი არშეებით. ასტიგმატიზმის არსებობის შემთხვევაში დიფრაქციულ რგოლებს ექნებათ სიმეტრიული დამახინჯება წერტილის გამო-სახულების მიმართ (ნახ. 3<sup>ა</sup>), ხოლო კომის არსებობის დროს ამ დამახინჯე-ბას ექნება არასიმეტრი-ული — ცალმხრივი სახე (ნახ. 3<sup>ბ</sup>). ასეთივე არასიმე-ტრიული სახის დამახინჯე-ბას ექნება ადგილი ოპტი-კური სისტემების არაზუს-ტად შეცენტრის შე-დეგად.



ნახ. 6.2.12.3.

რაც შეეხება საკითხს კოორდინატების მზერის ღერძის მის გეომეტრიული და ოპტიკურ ღერძებთან შერწყმის და ფოკუსირების დროს მზერის ღერძის უც-ვლელ წრფელ დარჩენის მოთხოვნის საკითხები განხილული იქნება ნიველირე-ბის შემოწმების დროს.



## დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოები

ადგილის ნებისმიერ წერტილზე ქოგრის დამიზნებით ვიღებთ მიმართულ ბეჭებს, რომლებიც დაკვირვების წერტილში გამავალ სხვადასხვა სიგრძობრივ სიბრტყეებში წყვილ-წყვილად ჰქმნიან კუთხეებს. ადგილის გეგმების, რუკებისა და პროფილების შესადგენად, როგორც ვიცით, საჭიროა აღნიშნული კუთხეების თარაზული და ვერტიკალური (დახრის ან ზენიტის) გეგმილები. ამავე დროს, ცნობილია, რომ პრაქტიკულად თარაზული (ან დახრის) კუთხეების განსაზღვრა შეიძლება, თუ დაკვირვების წერტილიდან ქოგრით მიღებული ყოველი მიმართების თარაზულ (ან ვერტიკალურ) გეგმილს დავეუკავშირებთ რაიმე გამოსავალ თარაზულ მიმართებას, ე. ი. გაეზომავთ თარაზულ (ან ვერტიკალურ) მიმართულებებს, ანუ კუთხეებს, რომლებსაც ყოველი მიმართების თარაზული (ან ვერტიკალური) გეგმილი ჰქმნის ერთ და იმავე საწყის (გამოსავალ) თარაზულ მიმართებასთან. ესადა ამდაგვარად მიღებულ მიმართულებათა შორის სხვაობა იქნება ძიებული თარაზული კუთხეები. დახრის (ან ზენიტის) კუთხეებს კი წარმოადგენს თვით ვერტიკალური მიმართულებები. თარაზული და ვერტიკალური მიმართულებების პრაქტიკულად გაზომვისათვის გეოდეზიური ინსტრუმენტები აღჭურვილია წრეებით. წრეებს გარს შემოვლებული აქვს ვერცხლის ან თითბრის ფირფიტის არშია (ზოლი), რომლებზეც დაკვესილია გრადუსული ან გრადული დანაყოფებიანი წრიული სკალა (კიბური). წრის ამ არშიას ლათინურად ეწოდება ლიმბი ანუ ქართულად წრედი. მაშასადამე, კუთხსაზომი წრედები (ლიმბები) გვხვდება თარაზული (ჰორიზონტული) და შვეული (ვერტიკალური). პირველით გაიზომება თარაზული მიმართულებები, ხოლო მეორეთი—დახრილი. თავისი აგებულებით თარაზული და შვეული წრედები პრინციპულად ურთიერთ არ განსხვავდება; ამიტომ ჯერჯერობით მათ კუთხსაზომი წრედის სახელწოდებით უფრო ვრცლად დავახასიათებთ.

თანამედროვე კუთხსაზომი წრედებია ლითონის ან მინის (ნახ. !). მათი დიამეტრები გვხვდება 46—270 მმ. ლითონის წრედებს ამზადებენ ნეიზილბერიისაგან (13,5—16,5% ნიკელის, 18,22% თუთია და დაახლოებით 61% სპილენძის შენადნობი) ან 94% ვერცხლისა და 6% სპილენძის შენადნობისაგან. მინის წრედებს კი ამზადებენ BK—10 მარკის ოპტიკური მინისაგან.

ლითონის კუთხსაზომ წრედზე ინდექსით (მაჩვენებლით) ანათვლების აცემისათვის ატარებენ შტრიხებს 100 მიკრონის სისქისას, ინტერვალი (მათ შორის ხაზოვანი მანძილები) 1000 მიკრონია; ვერნიერით ანათვლების აღება-

1 მიკრონი ანუ 0,001 მმ აღინიშნება  $\mu$  ასოთი.

სათვის ატარებენ 20—100  $\mu$  სისქისას, ინტერვალი 200—1000  $\mu$ , ხოლო მიკროსკოპებით ანათვლების ასაღებად 1,5—2  $\mu$  სისქის კვესურებს ატარებენ, ინტერვალი კი აღწევს 20—30  $\mu$ , მინის კუთხსაზომი წრედის შტრიხების სისქე 0,5—8 $\mu$ , ინტერვალი კი 5—80  $\mu$ .

ცენტრალურ კუთხეს, რომელიც შეესაბამება ორ მეზობელ შტრიხს შორის რკალს (უმცირეს დანაყოფს), ეწოდება კუთხსაზომი წრედის ერთი დანაყოფის საფასური. ჩვეულებრივ, გრადუსულ დანაყოფებში საფასურის ოდენობა გვხვდება 1°, 30', 20', 10', 5', 4' და იშვიათად 2', ხოლო გრადუსო დანაყოფების სისტემის დროს საფასურების ოდენობებია: 1°, 50', 20', 10'. ორივე სისტემით წრედებზე (ლაბებზე) წარწერები იზრდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით. პირველ შემთხვევაში 0°—360° ყოველ 10°, 5°, 2° ან 1° წარწერებით; ხოლო მეორე შემთხვევაში 0°—400°, 10°, 5°, 2°, ან 1° წარწერებით. კუთხსაზომი წრედის დანაყოფის საფასური ადვილად გაიგება მის შტრიხებზე წარწერილი რიცხვების მიხედვით; ასე მაგალითად, (1<sup>ა</sup>) ნახაზზე 10° შეესაბამება 20 დანაყოფი, ე. ი. საფასური ტოლია 30', ხოლო (1<sup>ბ</sup>) ნახაზზე 10° შეესაბამება 30 დანაყოფი, ე. ი. საფასური ტოლია 20'.

ვერტიკალურ წრედებზე წარწერები იზრდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით: 0°—360° ან საწყისია დიამეტრის ორივე ბოლო, რომელთა წარწერებია 0°—60° და 300°—360°.

თარაზულ წრედზე თარაზული მიმართულების ათვლისათვის კუთხსაზომ იარაღების ჰოგრი სათანადო დგარების საშუალებით ხისტად დაკავშირებულია წრედ-ალიდადასთან, რომელიც ან ჩამულია ხოლმე ლიმბში, ან იმყოფება მის ზედაპირზე. წრედ-ალიდადას ღერძი შეცენტრირლია თარაზული წრედის ღერძთან, ანუ ისინი შეთავსებულნი არიან საერთო შვეულ ღერძად. თარაზული მიმართულების გაზომვის დროს თარაზული წრედი უძრავია, ხოლო წრედ-ალიდადა ჰოგრთან ერთად მოძრაობს აღნიშნული შვეული ღერძის გარშემო. მიმართულების, ანუ უძრავი თარაზული წრედის ნულოვან გამოსავალ მიმართებასთან რაიმე წერტილზე მიმართების მიერ შედგენილი კუთხის ასათვლელად წრედ-ალიდადაზე ერთ-ერთი დიამეტრის ბოლოებში მოწყობილია დანაყოფები ისეთი ასათვლელი ხელსაწყო, რომლის უმარტივესი სახეა ინდექსი, ანუ მაჩვენებელი.

ცხადია, სადგურზე ორ მეზობელ მიმართებას შორის ყოველი თარაზული კუთხე განისაზღვრება მარჯვენა მიმართულებასა (ლიმბზე მარჯვენა ანათვალ) და მარცხენა მიმართულებას (ლიმბზე მარცხენა ანათვალ) შორის სხვაობით.

შვეული წრედი და ჰოგრი ხშულადაა დამაგრებული წრედ-ალიდადაზე მოწყობილი ზემოხსენებული დგარების ბუდეებში მოთავსებული ჰოგრის ბრუნვის ღერძზე. რომლის ბრუნვით ისინი სივრცეში მოხაზვენ ვერტიკალურ სიბრტყეებს. აქ წრედ-ალიდადა ანუ, უფრო ხშირად, უბრალო შიშვალ-ალიდადა უძრავად არის დამაგრებული იმ დგარზე, რომლის ახლოა შვეული წრედი. ასევე, აქაც დაყენებულია დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყო ინდექსით (მაჩვენებლით). დახრის ან ზენიტური კუთხის განსაზღვრის მიზნით ალიდადას აყენებენ ყოველთვის თარაზულად, ხოლო მისი ინდექსით შვეულ

წრედზე ანათვალნი იქნება კუთხე გამომსახველი ჰოგრიტ დამზერილი, დახრილა ან ზენიტური მიმართულების. საერთოდ, როცა ცნობილია  $\nu$  დახრის კუთხე, ზენიტური  $\alpha$  კუთხე გამოითვლება ტოლობით  $\alpha = 90^\circ - \nu$ .

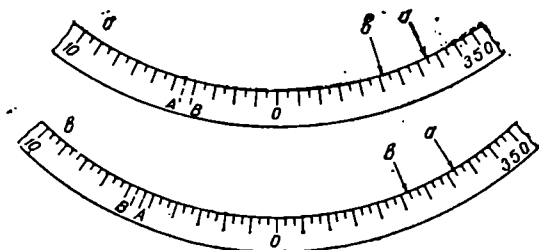
კუთხსაზომ წრედზე ყოველი ანათვალნი წარმოადგენს მასზედ ინდექსია ანათვალისა და დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოთი ანათვალის ჭამს. აღიდადაზე მოწყობილი დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოები ძირითადად იარგვარია:

1. ვერნიერი (ნონიუსი) მარტივი მიკროსკოპით (ერთლიწიანი და რთული ლუპა);

2. რთული მიკროსკოპები: ინდექსით (მაჩვენებლით), სკალით, ხრახნიანი მიკრომეტრით, ცალმხრევი ოპტიკური მიკრომეტრით, ორმხრევი ოპტიკური მიკრომეტრით (ბრტყელი პარალელური ფირფიტებით და სოლისებრა პრიზმებით) და ოპტიკური ინდექსით (მაჩვენებლით).

### 6.3.1. ვერნიერი

ყოველი ანათვალნი, ანუ მიმართულება, წარმოადგენს კუთხსაზომი წრედის რკალის სიდიდეს, მოთავსებულს ნისი სკალის ნულოვან შტრიხსა და აღიდადას ინდექსს (ნულოვან შტრიხს) შორის. კუთხსაზომი წრედის ნულიდან ყოველი დანაყოფის წინა შტრიხის შესაბამისი რკალის კუთხური ოდ-



ნახ. 6.3.1.1.

ნობა ნაკლებია შემდეგი შტრიხის კუთხური ოდენობასთან შედარებით, ამიტომ (1) ნახაზე ნაჩვენებ  $A$  და  $B$  შტრიხებს, შესაბამისად, ვუწოდოთ უმცროსი და უფროსი შტრიხები; მათ შორის რკალის შესაბამისი ცენტრალურ კუთხეს ანუ საფასურს აღვნიშნავთ  $l$  ასოთი.

ვთქვათ, ვიყენებთ  $l = 30'$  და  $l = 20'$ ; საფასურების მქონე კუთხსაზომი იარაღი წრედს (ნახ. 1). დავეშვათ, რომ მიმართულების აღების დროს ინდექსი გაჩერდა კუთხსაზომი წრედის ერთ-ერთი შტრიხის პირდაპირ, იმ ადგილას, რომელიც აღნიშნულია  $a$  ასოთი; ცხადია, ანათვალნი ( $1^\circ$ ) ნახაზე იქნება  $352^\circ 30'$ , ხოლო ( $1^\circ$ ) ნახაზე  $352^\circ 40'$ . ახლა წარმოვიდგინოთ, რომ ინდექსი გაჩერებულია ორ შტრიხს შორის,  $b$  ასოთი აღნიშნულ ადგილას. ამ შემთხვევაში უნდა გამოვიყენოთ იგივე ხერხი, რაც იყო გამოყენებული მასშტაბზე

ანათვლების აღების დროს. მაშასადამე, თვალთ უნდა შევადგასოთ, თუ მთელი დანაყოფის (საფასურის) რა ნაწილს შეადგენს ინდექსსა და კუთხსაზომი წრედის უახლოეს უმცროს შტრიხს შორის მანძილი. განხილად შემთხვევაში (1ა) ნახაზზე იგი იქნება  $0,7$ , ხოლო (1<sup>ბ</sup>)-ზე  $0,2$ , ე. ი. თვალზომით აღებული ანათვალი: პირველ კუთხსაზომ წრედზე იქნება  $354^{\circ}30' + 30' \times 0,7 = 354^{\circ}51'$ , ხოლო, მეორეზე  $354^{\circ}40' + 20' \times 0,2 = 354^{\circ}44'$ . აქაც ისე, როგორც მასშტაბის გამოყენების დროს, უცილებელია შემთხვევითი შეცდომა, რომლის ოდენობა იქნება საფასურის  $\pm 0,1$ -მდე, რაც პირველ შემთხვევაში  $\pm 3'$ , ხოლო მეორეში  $\pm 2'$  აღწევს. გეოდეზიური გაზომვების დროს ასეთი შეცდომები დაუშვებელია. ანათვლების (ინდექსიდან უმცროს შტრიხამდე რკალის საფასურის) სიზუსტის გაზრდის მიზნით 1631 წელს გამოქვეყნებულ შრომაში ჰოლანდიელი პეტრე ვერნიერის მიერ შედგენილი იქნა სკალა, რომლის სახელი შერჩა ამ ხელსაწყოს. ვერნიერის გამოგონების იდეა დამყარებულია ადამიანის თვალის იმ თვისებაზე, რომ მას შეუძლია მაღალი სიზუსტით გაარჩოს მიჯრით დაყენებულ სკალების ორი მოპირდაპირე შტრიხის თანხვედენა, რომლებიც იქნებიან ერთმანეთის გაგრძელება, და შეაფასოს მეზობელი შტრიხების მათდამი განლაგების სიმეტრია. ცხადია, ორივე სკალის შტრიხები ერთნაირი სისქის უნდა იყოს.

ვერნიერი წარმოადგენს  $n$  ტოლი დანაყოფის მქონე რკალს, რომელიც შეესაბამება კუთხსაზომი წრედის იმავე ზომის რკალს, დაყოფილს  $(n-1)$  ან  $(n-1)$  ტოლ ნაწილად. პირველ ვერნიერს ეწოდება დადებითი, ანუ პირდაპირი, და მეორეს კი უარყოფითი, ანუ შებრუნებული. ვერნიერის მოქმედება ემყარება დიფერენციალურ (სხვაობით) პრინციპს, რადგანაც მისი ხარისხის ზომად მიღებულია კუთხსაზომი წრედის  $l$  საფასურსა და ვერნიერის  $s$  საფასურს შორის  $t$  სხვაობა, წოდებული ვერნიერის სიზუსტედ, ე. ი.

$$t = l - s. \quad (6.3.1.1.)$$

ცხადია, რაც უფრო მცირე იქნება  $t$ , მით მეტი სიზუსტის იქნება ვერნიერი. მაშასადამე, საჭიროა შევარჩიოთ ვერნიერის  $t$  სიზუსტე ისეთი ოდენობის, რომ ეს ზომა იყოს პრაქტიკული გამოყენებისათვის მოხერხებული.

ზემოხსენებული განსაზღვრებიდან გამომდინარე, ვერნიერსა და კუთხსაზომი წრედის შესაბამის რკალს შორის მათემატიკური კავშირი მოგვეცემს საშუალებას გამოვიყვანოთ ფორმულა მოცემული კუთხსაზომი წრედისათვის დამზადებული დადებითი და უარყოფითი ვერნიერის  $t$  სიზუსტის განსაზღვრისათვის. მართლაც, ამ პირობით პირველი სახის ვერნიერისათვის  $CD = L$  რკალის სიგრძეს შეესაბამება ტოლობა:

$$CD = L = (n-1)l = n s, \quad (6.3.1.2.)$$

საიდანაც (1) ტოლობის გამოყენებით

$$t = l - s = + \frac{l}{n}. \quad (6.3.1.3)$$

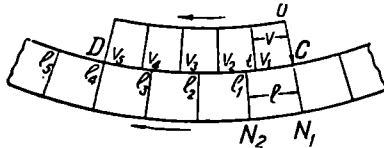
მეორე სახის ვერნიერისათვის, ანალოგურად,

$$L = (n + 1)l = n\nu$$

და

$$t = l - \nu = -\frac{l}{n}. \quad (6.3.1.4)$$

მაშასადამე, ვერნიერის  $l$  სიზუსტის ოდენობა უდრის კუთხსაზომი წრედის  $l$  საფასურისა და ვერნიერის დანაყოფების  $n$  რიცხვის ფარდობას. პირველი ვერნიერის  $l$  სიზუსტე დადებითია, ხოლო მეორესი უარყოფითი, ამიტომ პირველს ეწოდება დადებითი და მეორეს უარყოფითი ვერნიერი.



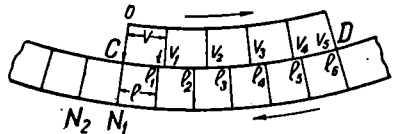
ნახ. 6.3.1.2.

რკალი, დაყოფილი ოთხ ტოლ ნაწილად, ხოლო (3) ნახაზზე  $CD$  რკალი კუთხსაზომ წრედზე ექვს ტოლ ნაწილად არის დაყოფილი. ორივე შემთხვევაში ვერნიერის ინდექსები აღნიშნულია ის რით და ნულით. მაშასადამე, პირველი ვერნიერი იქნება დადებითი და მეორე უარყოფითი. მართლაც, (2) და (3) ნახაზების შესაბამისად, დავწერთ:

$$\left. \begin{aligned} t = l - \nu &= \frac{CD}{n-1} - \frac{CD}{n} = \frac{CD}{n(n-1)} = +\frac{l}{n} \\ t = l - \nu &= \frac{CD}{n+1} - \frac{CD}{n} = -\frac{CD}{n(n-1)} = -\frac{l}{n} \end{aligned} \right\} \quad (6.3.1.5)$$

დადებითი ვერნიერის (ნახ. 2)  $CD$  რკალზე წარწერა იზრდება კუთხსაზომი წრედის  $N_1 N_2$  ზრდადი მიმართულებით, ამიტომ მას ეწოდეთ პირდაპირი ვერნიერი.

უარყოფითი ვერნიერის (ნახ. 3)  $CD$  რკალზე კი წარწერა იზრდება კუთხსაზომი წრედის  $N_1 N_2$  ზრდადი წარწერების საწინააღმდეგო მიმართულებით, რის გამოც მას ეწოდეთ შებრუნებული ვერნიერი.



ნახ. 6.3.1.3.

(2) ნახაზის მიხედვით დავწერთ:

$$\begin{aligned} l_1 \nu_1 &= C l_1 - C \nu_1 = l - \nu = t, \\ l_2 \nu_2 &= C l_2 - C \nu_2 = 2(l - \nu) = 2t, \\ l_3 \nu_3 &= C l_3 - C \nu_3 = 3(l - \nu) = 3t, \\ l_4 \nu_4 &= C l_4 - C \nu_4 = 4(l - \nu) = 4t, \\ l_5 \nu_5 &= C l_5 - C \nu_5 = 5(l - \nu) = 5t = l. \end{aligned}$$

ზოგადად  $\kappa$  დაიწერება

$$l_n p_n = Cl_n - C v_n = n(l - v) = nt = l.$$

ამის შემდეგ აღვიღოთ კუთხსაზომ წრედზე ვერნიერით ათვლის წესის დადგენა. (2) ნახაზზე ინდექსი გაჩერებულია ზუსტად  $N_1$  შტრიხის პირისპირ, რომლის შესაბამის წარწერად იგულისხმება გრადუსები ან გრადუსები და ათეული მინუტები. ვთქვათ, წრედ-ალიდადა შემოვებარუნეთ ისე, რომ ვერნიერის  $v_1$  შტრიხი დადგა ზუსტად ლიშბის  $l_1$  შტრიხის პირისპირ; მაშინ, ცხადია, ვერნიერის  $O$  ინდექსი დაშორდება ლიშბის  $N_1$  უმცროს შტრიხს  $l_1 v_1 = t$  ოდენობით და, მაშასადამე, ვერნიერით ანათვლი იქნება

$$N_1 + t.$$

თუ წრედ-ალიდადის შემდგომი ბრუნვით თანამიმდევრობით დაეყენებთ  $v_2$ -ს ლიშბის  $l_2$ -შტრიხის პირისპირ,  $v_3$ -ს— $l_3$ -შტრიხის პირისპირ და ა. შ.  $v_n$ -ს  $l_n$ -ს პირისპირ, შესაბამისად, ლიშბზე ვერნიერით ანათვლები იქნება:

$$N_1 + 2t, N_1 + 3t, \dots, N_1 + nt = N_1 + l = N_2.$$

(2) ნახაზის მიხედვით  $\kappa$  კონკრეტულად  $N_2 = N_1 + 5t = N_1 + l$ . მაშასადამე, ვერნიერის საშუალებით ლიშბზე ათვლის წესი იქნება ასეთი: ვერნიერის ინდექსის ახლო უმცროსი შტრიხის შესაბამის უმცირეს კუთხურ (გრადუსები ან გრადუსები და ათეული მინუტები)  $N_1$  ოდენობას, ათვილის ლიშბზე, მიუვებრებთ  $t$  სიზუსტის ნამრავლს ვერნიერის იმ შტრიხის ნომერზე, რომელიც აღმოჩნდება ზუსტად პირისპირ ლიშბის ამა თუ იმ შტრიხთან.

ავიღოთ რიცხვითი მაგალითი. ლიშბის ერთი უმცირესი დანაყოფის საფასურია  $20'$ . დაეუშვათ, რომ ლიშბის  $39$  დანაყოფი შეუთავსდა ვერნიერის  $40$  დანაყოფს, ე. ი.  $l = 20'$ ,  $n = 40$ . ვერნიერის რკალის კუთხური ოდენობა

$$L = (n - 1)l = 39 = 13^\circ; \quad t = \frac{20'}{40} = 30''.$$

ვთქვათ, ვერნიერის ინდექსის ახლო ლიშბის უმცროსი შტრიხის კუთხური ოდენობა  $N_1 = 276^\circ 40'$  და ვერნიერის  $30$ -ე შტრიხი აღმოჩნდა ზუსტად პირისპირ ლიშბის რომელიღაც შტრიხთან, ე. ი. ინდექსის დაშორება ლიშბზე მის ახლო უმცროს შტრიხთან იქნება  $t \times 30 = 30'' \cdot 30 = 15'$ , რომლის მიმატება ლიშბის შტრიხის ჩვენებასთან მოგვცემს:

$$276^\circ 40' + 15' = 276^\circ 55'.$$

ანათვლების აღების იგივე წესი ვრცელდება შეეული წრედის მიმართაც, მხოლოდ აქ მოძრაობს თვით წრედი კოგრთან ერთად, ალიდადა ვერნიერით  $\kappa$  თარაზულად და უძრავად დგას.

ყოველ ჯერზე, რომ არ გვიხდებოდეს ვერნიერის თანხედენილი (პირისპირმდებარე) შტრიხის ნომრის  $t$  სიზუსტეზე გამრავლება, თვით ვერნიერზე ეწერება ამ ნამრავლების გამოშასხველი რიცხვები მინუტებში. ეს წარწერები მოხერხებულობის თვალთახედვით განლაგებულია ყოველ  $5, 10, 15$  ან  $12$  დანაყოფის ინტერვალის ბოლოში. მაგალითად,  $l = 1^\circ$ ,  $n = 30$  (ნახ. 4<sup>ა</sup>), ე. ი. (2) ფორმულის მიხედვით ვერნიერის ანუ ლიშბის რკალის კუთხური ოდენობა

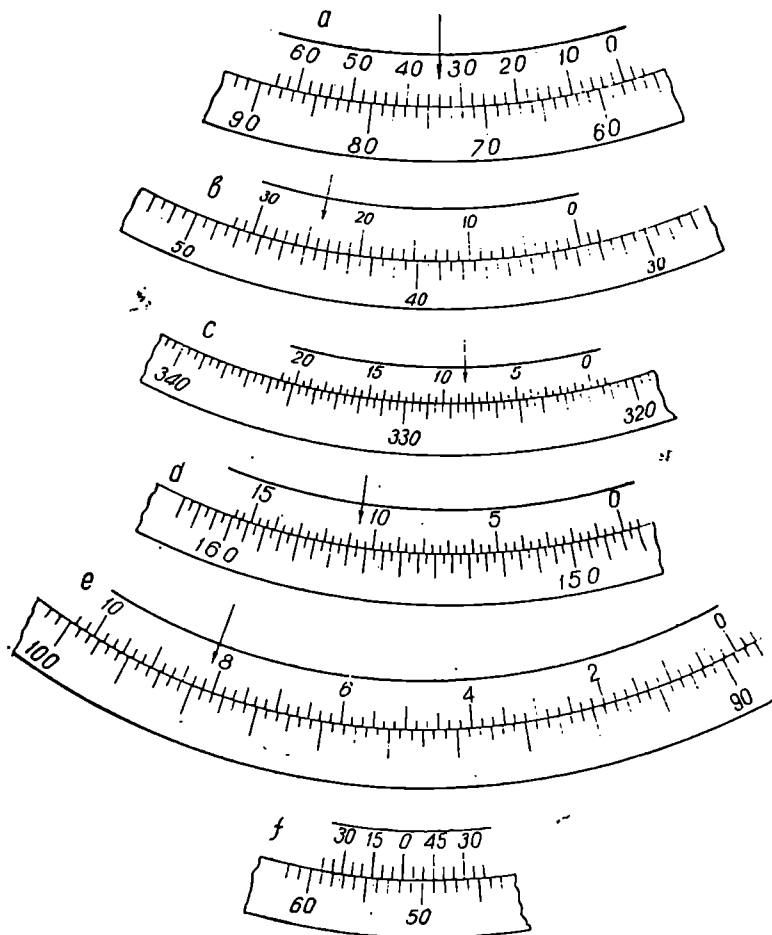
$$L = (n - 1)l = 29^\circ, \quad t = \frac{1^\circ}{30} = 2'.$$

ამიტომ თანამიმდევრობით ვერნიერის ყოველი ხუთი დანაყოფის ინტერვალს აწერია  $10 = (2' \times 5), 20 = (2' \cdot 10), 30 = (2' \cdot 15),$

40=(2'.20), 50=(2'.25), 60=(2'.30), რომელთა განზომილება ივულისხმება მინუტებში. ლიმბზე ანათვლები ინდექსით არის 57°, ვერნიერით 30'+4'=34', ე. ი. სულ ლიმბზე ანათვლია 57°+34'=57°34'.

$$(4^b) \text{ ნახაზის მიხედვით } l=30', n=30, L=(n-1)l=14^{\circ}30', t=\frac{30'}{30}=1'$$

და თანამიმდევრობით ვერნიერზე ყოველი ათი დანაყოფის ბოლოში წარწერი-



ნახ. 6.3.1.4.

ლია აღნიშნული ნამრავლი 10, 20 და 30 მინუტი; ლიმბზე ინდექსით ანათვლია 32°30', ვერნიერით 20'+4'=24', სულ ლიმბზე ანათვლითქნება 32°54'.

(4<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით  $l=20'$ ,  $n=40$ ,  $L=13^\circ$ ,  $t=\frac{20'}{40}=30''$  და თანა-

მიმდევრობით ვერნიერზე ყოველი ათი დანაყოფის ინტერვალზეა წარწერები 5, 10, 15 და 20 მინუტი; ლიმბზე ინდექსით ანათვალა  $321^\circ 40'$ , ვერნიერით  $5'+3'30''=8'30''$ ; სულ ლიმბზე ანათვალა იქნება  $321^\circ 48'30''$ .

(4<sup>ბ</sup>) ნახ. მიხედვით  $l=15'$ ,  $n=45$ ,  $L=11^\circ$ ,  $t=20''$ , თანამიმდევრობით ვერნიერზე ყოველი თხუთმეტი დანაყოფის ინტერვალს აწერია 5, 10 და 15 მინუტი; ლიმბზე ინდექსით ანათვალა  $146^\circ 15'$ , ვერნიერით  $10'+40''=10'40''$ , სულ ლიმბზე ანათვალა არის  $146^\circ 25'40''$ .

(4<sup>გ</sup>) ნახაზის მიხედვით  $l=10'$ ,  $n=60$ ,  $L=9^\circ 50'$ ,  $t=10''$  და ვერნიერზე თანამიმდევრობით ყოველი 12 დანაყოფის ინტერვალს აწერია 2, 4, 6, 8, 10 მინუტი, ლიმბზე ინდექსით ანათვალა  $89^\circ 40'$ , ვერნიერით  $8'+10'' \times 1=8'10''$ . სულ ლიმბზე ანათვალა  $89^\circ 48'10''$ .

ზოგჯერ ვერნიერის ინდექსად (ნულ შტრიხად) იღებენ მისი სკალის შუა შტრიხს, დანარჩენი შტრიხების წარწერები ლაგდება ნულიდან მარცხნივ განაპირა შტრიხამდე, ხოლო შემდეგ მარჯვენა განაპირა შტრიხიდან ვერნიერის ნულ შტრიხამდე (ნახ. 4<sup>ა</sup>). ცხადია, ამ ვერნიერის მოხმარების წესი ისეთივე იქნება, როგორც ჩვეულებრივ, პირდაპირი ვერნიერისა.

(4<sup>დ</sup>) ნახაზის მიხედვით  $l=1'$ ,  $n=12$ ,  $L=11^\circ$ ,  $t=5''$  და ვერნიერზე თანამიმდევრობით ყოველი სამი დანაყოფის ინტერვალს აწერია 15, 30, 45, 60 მინუტი. ლიმბზე ინდექსით ანათვალა  $51^\circ$ , ვერნიერით  $45'$ , სულ ლიმბზე  $51^\circ 45'$  ანათვალა.  $2'$  და  $5'$  სიზუსტის ვერნიერებს იყენებენ უმარტივეს გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში (ბუსოლი, გონიომეტრი და სხვა). როგორც აღვნიშნეთ, ტექნიკურ გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში უმთავრესად ჯერ კიდევ გამოიყენება  $30''$  და  $20''$  სიზუსტის ვერნიერები. საერთოდ კი  $10''$ -ზე უფრო ზუსტ ვერნიერებს არ იყენებენ. ვერნიერებზე წარწერებით სრულიად ადვილად ირკვევა ვერნიერის სიზუსტე, რადგანაც ისინი წარმოადგენენ ნამრავლს სიზუსტისა შეთავსებულ შტრიხის ნომერზე. მაგალითად, ზემომოყვანილი  $1^a$ ,  $1^b$ ,  $1^c$ ,  $1^d$ ,  $1^e$ ,  $1^f$  ნახაზების შესაბამისად ვერნიერების სიზუსტე თანამიმდევრობით იქნება:

$$t = \frac{10'}{5} = 2''; \quad t = \frac{10'}{10} = 1''; \quad t = \frac{5'}{10} = 30'';$$

$$t = \frac{5'}{15} = 20'', \quad t = \frac{2'}{12} = 10'' \text{ და } t = \frac{15'}{3} = 5''.$$

უკანასკნელი გამოშვების ლითონის წრედებიან ინსტრუმენტებში (TT-5, TT-50 და სხვ.)  $l=10''$ , ხოლო  $n=20$ ; ვერნიერზეა წარწერები 0, 5, 10. მაშასადამე,

$$t = \frac{5'}{10} = 30'' \text{ (ნახ. 6. 8. 3. 9<sup>ბ</sup>)}, \text{ ე. ი. ვერნიერის სიზუსტე უდრის}$$

მისი ინდექსიდან პირველი წარწერილი რიცხვის (მინუტებში) ფარდობას შესაბამისი დანაყოფების რაოდენობაზე. (4) ნახაზზე თანხედენილი შტრიხები მითითებულია ისრებით.

ზემო ნათქვამიდან და ნახაზების განხილვიდან ნათელია, თუ რატომ გუწოდებენ  $t = l - v$  ოდენობას ვერნიერის სიზუსტე. მართლაც,  $t$  წარმოადგენს სრულებით გარკვეულ ზუსტად აღებულ კუთხსაზომ-



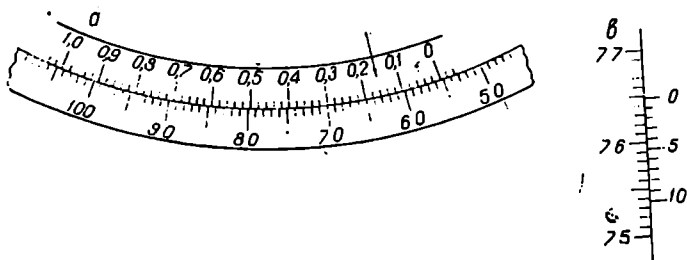
წრედის ერთი დანაყოფის უმცირეს ნაწილს, რომელსაც ვიღებთ ვერნიერით.

იმის გამო, რომ ათვლების დროს მოპირდაპირე შტრიხების ზუსტად დახვედნის დადგენისას ვსარგებლობთ მათდამი მეზობელი შტრიხების იქით-აქეთ სიმეტრიაზე დაკვირვებით, ვერნიერის თავსა და ბოლოში დაკვესილია 2-3 დამატებითი შტრიხი (ნახ. 4), რომელთაც ვიყენებთ მაშინ, როცა შტრიხების თანხვედნა ხდება ვერნიერის ბოლოების ახლო. ცხადია, ვერნიერის ამ დამატებითი შტრიხებით არავითარი ანათვალა არ მიიღება.

ყოველი კუთხსაზომი წრედის ალიდადას ერთი და იმავე დიამეტრის ბოლოში მოწყობილია თითო ვერნიერი, რათა ანათვლების საშუალოთი გამოირიცხოს ალიდადას ექსცენტრობა. კუთხსაზომ წრედს და ალიდადას ათავსებენ გარსაცმში, რათა ისინი დაცულ იქნან მტვრისა, სინესტისა და მყვასაგან, რომელიც თან ახლავს დამკვირვებლის ხელების ოფლს.

ზემოთ განხილულია წრიული ვერნიერის თეორია და პრაქტიკა არსებობს იმავე თეორიაზე დამყარებული სწორხაზოვანი ვერნიერები, მაგრამ მათ უწოდებენ პორტუგალიელი პეტრე ნონიუსის სახელს, რომელმაც 1542 წელს გამოაქვეყნა შრომა მცირე დანაყოფების ნაწილების შეფასების შესახებ. მიუხედავად იმისა, რომ მის თეორიას არავითარი საერთო არა აქვს ზემოთ განხილული და ამჟამად მიღებული ვერნიერის სისტემასთან. მაინც მის პატივსაცემად სწორხაზოვან ვერნიერსა და ამდგავარ ხელსაწყოებს ხშირად ნონიუსს უწოდებენ.

ნონიუსს იყენებენ სხვადასხვა ხაზოვან საზომებში (სამანძილო და სანავილო ლარტყები), ბარომეტრებში და სხვა, როგორც აღვნიშნეთ, ყოველივე



ნახ. 6.3.1.5.

ზემოთქმული ვერნიერის თეორიისა და გამოყენების შესახებ ზუსტად ვრკველდება ნონიუსზედაც, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ამ შემთხვევაში გრადუსების ნაცვლად საქმე გვექნება სანტიმეტრებთან და მილიმეტრებთან, ე. ი. ათობით ანუ დეციმალურ (მეტრულ) სისტემასთან, რის შესაბამისად ესაზღვრება ნონიუსის სიზუსტე. ნონიუსის შედგენის ეს შემთხვევა ზუსტად ემთხვევა წრიულ ვერნიერს გრადუსული სისტემისათვის.  $l = 1^\circ$ ,  $n = 50$ ,  $L = 49^\circ$ ,  $f = 0^\circ,02$  (ნახ. 5) და ვერნიერზე თანამიმდევრობით ყოველი ხუთი დანაყოფის ინტერვალს აწერია 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 გრადი. ლიმბზე (სახაზავზე) ინდექსით ანათვალა  $55^\circ$ , ვერნიერით კი  $0,1 + 0,06 = 0,16$ , სულ ლიმბზე ანათვალა არის  $55^\circ,16 = 55^\circ 16'$ . ანალოგიურად ვიყენებთ ნონიუსს

ბარომეტრზე, რომელზეც არის უარყოფითი ანუ შებრუნებული ვერნიერი, მაგალითად: (ნახ. 5<sup>ბ</sup>)  $l=1$  მმ,  $n=10$ ,  $L=(n+1)l=11 \times 1=11$  მმ,  $t=0,1$  მმ და  $\sigma$ -ანამიმდევრობით ნონიუსის ყოველ ხუთ დანაყოფის ინტერვალს აწერია 5.10 (იგულისხმება 0,5 და 1 მმ); ბარომეტრის სკალაზე ანათვალთ ინდექსით 764 მმ (აქ წარწერები ათჯერ უნდა გამოავლდეს), ნონიუსზე 0,8 მმ, სულ ბარომეტრით წნევა გამოდის 764,8 მმ.

შტრიხების გადიდებულად, მკაფიოდ დასანახად და თვალის მათდამა მართობულად დასაყენებლად ვერნიერს ყოველთვის აქვს ლუპა და ილუმინატორები (მაშუქები); უკანასკნელები წარმოადგენს დახრილად დაყენებულ მრკალი მინის ფირფიტებს. ანათვლების აღების დროს ლუპა ისე უნდა იყოს დაყენებული, რომ თანხვედნილი შტრიხები მოექცნენ ლუპის მსედველობის არეს შუაში. ლუპისა და მიკროსკოპების შესახებ უფრო დაწვრილებით მოხსენებული იქნება შემდეგ პარაგრაფში.

ვერნიერისა და ნონიუსებით ანათვლების აღების დროს დაცული უნდა იქნეს შემდეგი წესი:

1. ზემოთ იყო თქმული, რომ ვერნიერის ბოლოებში დაკვეცილია დამატებითი შტრიხები იმისათვის, რომ ვერნიერის რომელიმე ბოლოს ახლო თანხვედნილი შტრიხების სიზუსტე შეფასდეს მათ იქით-აქეთ შტრიხების სიმეტრიულობის შესაბამისად. მაშასადამე, უნდა გვახსოვდეს, რომ, საერთოდ, საჭიროა თანხვედნილი შტრიხის ორივე მხარეზე მდებარე შტრიხები სიმეტრიულად იყვნენ განლაგებული კუთხსაზომი წრედის შტრიხების მიმართ. ამ გარემოებას უნდა მიექცეს ყურადღება განსაკუთრებით მაშინ, როცა თვალს ვერნიერის ორი მეზობელი შტრიხი ეჩვენება თანხვედნილად კუთხსაზომი წრედის მოპირდაპირე შტრიხებთან; თუ მეზობელი შტრიხები ვერნიერისა სიმეტრიულად იშლება არა მარტო ერთი შტრიხიდან, არამედ აღნიშნული ორივე თანხვედნილი შტრიხიდან, მაშინ სწორი ანათვალი იქნება მათი საშუალო არითმეტიკული; ამ შემთხვევაში ანათვლის სიზუსტე ორჯერ აღემატება ვერნიერის სიზუსტეს;

2. შეიძლება ვერნიერის არც ერთი შტრიხი არ ხვდებოდეს კუთხსაზომი წრედის შტრიხს, მაშინ პირდაპირი ვერნიერის შემთხვევაში ვერნიერის ერთ-ერთი დანაყოფი მოექცევა კუთხსაზომი წრედის დანაყოფის ფარგლებში და თუ ვერნიერი შებრუნებულია, კუთხსაზომი წრედის დანაყოფი მოექცევა ვერნიერის ერთ-ერთი დანაყოფის ფარგლებში. ორივე შემთხვევაში ვერნიერის ნამდვილი ანათვალი იქნება მისი ორივე შტრიხის შესაბამისი ანათვლის საშუალო არითმეტიკული;

3. დამკვირვებლის თვალი, როგორც ვთქვით, ყოველთვის უნდა იყოს დაყენებული ისე, რომ მზერის სხივი მართობული აღმოჩნდეს კუთხსაზომი წრედის ზედაპირის, რაშიც ვადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ლუპისა და ილუმინატორების გამოყენებას. ეს გარემოება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაშინ, როცა ვერნიერისა და წრედის შტრიხები ერთ სიბრტყეში არ არის მოთავსებული. ცხადია, ამნაირ მდგომარეობაში გეზედ ხილვის დროს მხედველობის სხივის მრავალნაირად დახრის გამო თვალს თანხვედნილად მოეჩვენება სხვადასხვა შტრიხები და ადგილი ექნება ძაფთა ბადის პარალაქსისმაგვარ მოვლენას. ილუმინატორების გამოყენებით თანაბრად უნდა იყოს განათებული ანათვლების აღების ადგილი.

ახლა განვიხილოთ შებრუნებული ამოცანა. ვთქვათ, მოცემული კუთხ-საზომი წრედისათვის საჭიროა  $t$  სიზუსტის ვერნიერის დამზადება. ამ შემთხვევაში ვისარგებლებთ (3) ან (4) ფორმულით, საიდანაც ვერნიერზე დანაყოფების რიცხვი

$$n = \frac{l}{t}. \quad (6.3.1.6)$$

ვთქვათ, ლიმბის  $l$  საფასურია  $20'$  და საჭიროა დამზადდეს პირდაპირი ვერნიერი სიზუსტით  $t = 30''$ . (6) ფორმულით

$$n = \frac{20'}{30''} = 40.$$

მაშასადამე, ლიმბის 39 დანაყოფს, რომელსაც შეესაბამება რკალი  $13^{\circ}$ , დავყოფთ 40 ტოლ ნაწილად და ეს სკალა იქნება მოცემული ლიმბისთვის დადებითი ვერნიერი. ან კიდევ, ვთქვათ, ლიმბის  $l = 1^{\circ}$  და საჭიროა დამზადდეს  $t = 0^{\circ},02 = 2''$  სიზუსტის დადებითი ვერნიერი. (6) ფორმულით

$$n = \frac{1^{\circ}}{2''} = \frac{100^{\circ}}{2^{\circ}} = 50.$$

მაშასადამე, რკალი  $L = 49^{\circ}$  უნდა დაიყოს 50 ტოლ ნაწილად.

ყოველთვის არ არის შესაძლებელი ნებისმიერი სიზუსტის ვერნიერის აგება მაგალითად, შეუძლებელია გრადუსებად დაყოფილი ლიმბისათვის დამზადდეს  $5''$  სიზუსტის ვერნიერი, რადგან (6) ფორმულით  $n = 1^{\circ} : 5'' = 360'' : 5'' = 720$ , რაც, ცხადია, უაზრობაა, ვინაიდან მოცემულ წრედს აქვს მხოლოდ 360 დანაყოფი. ამ შემთხვევაში განვიღიადი წრედის საფასური უნდა იყოს მცირე, მაგალითად,  $10'$ .

საერთოდ კი ვერნიერის საშუალებით შეუძლებელია ანათვლების უდიდესი სიზუსტით აღება, რადგანაც გარდა ზემოაღნიშნულისა შტრიხები მათა სისქისა და მდებარეობის მიხედვით, რაც ქვემოთ აღინიშნება, შეიცავს უცულობელ შეცდომებს. მაგალითად, საუკეთესო დამყოფი მანქანების შტრიხების შეცდომა აღწევს  $\pm 2''$ -მდე, რის გამო მოთხოვნილი ანათვლის სიზუსტე რომ მეტი (ოდენობით ნაკლები იყოს  $2''$ -ზე) იყოს, მაშინ ანათვლების აღების დროს ერთი თანხვედნილი შტრიხის ნაცვლად გვექნებოდა რამდენიმე, ხოლო მათ შორის დაეწყობოდა დანარჩენი არათანხვედნილი შტრიხები, რის გამო დამკვირვებელი ზუსტ ანათვალს ვერ აიღებდა.

ახლა განვიხილოთ საკითხი, თუ რა მოთხოვნილებები წაეყენება ვერნიერს და როგორია მათი სიზუსტე.

გარდა იმისა, რომ ლიმბისა და ვერნიერის შტრიხები უნდა იყოს რაც შეიძლება წერილი, საჭიროა აღიდადასა და კუთხსაზომ წრედს შორის ღრეჩო (მანძილი) იყოს მინიმალური, მაგალითად,  $2$ — $5$  მიკრონამდე, აუცილებელია, რომ მათი ზედაპირები იყოს ერთიმეორის გაგრძელება (ერთ სიბრტყეში). როგორც ცნობილია, ვერნიერით ანათვლის შეცდომა არის ანათვლის დამრგვალების შეცდომა და მისი საშუალო კვადრატული შეცდომა

$$m = \pm 0,3 t. \quad (6.3.1.7)$$

ამ ფორმულით გამოთვლილი ანათვლის დამრგვალების საშუალო კვად-

რატული შეცდომები სხვადასხვა სიზუსტის მქონე ვერნიერებისათვის მოცემულია (1) ცხრილში.

ცხრილი 6.3.1.1.

ვერნიერის სიზუსტე	ანათლის დამრგვალების $m$ საშუალო კვადრატული შეცდომა
10"	3"
20	6
30	9
60	18

ცდებით მიღებული მონაცემები თითქმის ემთხვევა (1) ცხრილში მოცემულ რიცხობრივ მაჩასიათებლებს.

ვერნიერის შემოწმება მდგომარეობს იმაში, რომ თანამიმდევრობით მისი ინდექსის კუთხსაზომი წრედის შტრიხებთან შეთავსების დროს ბოლო შტრიხი უნდა იყო თანხვედნილი (შეთავსებელი) კუთხსაზომი წრედის სათანადო შტრიხთან.

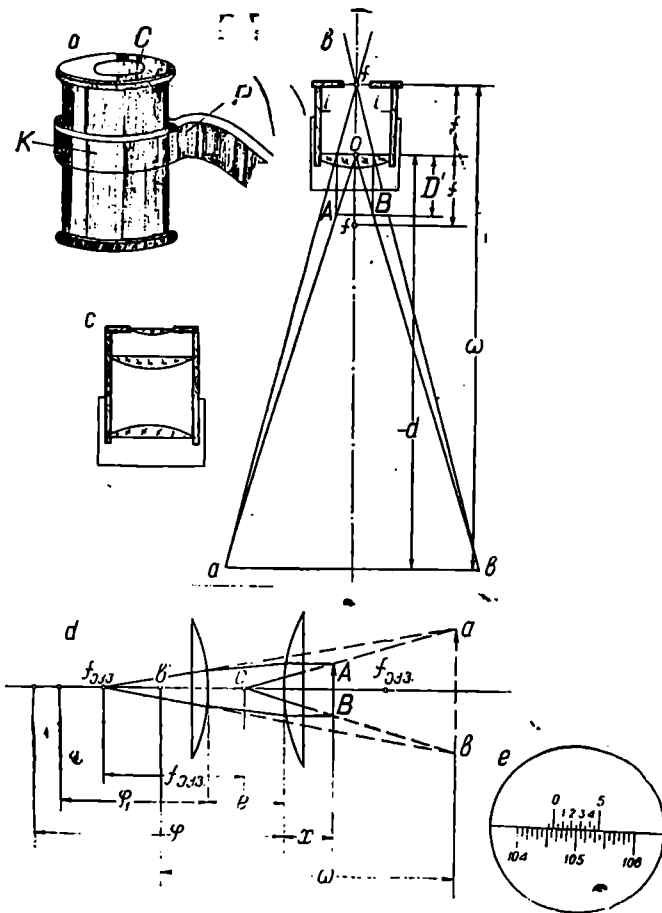
### 6.3.2. პრტილინიანი და რთული ლუპა

წინა პარაგრაფში იყო აღნიშნული, რომ დამკვირვებლის თვალთან ახლო კუთხსაზომი წრედებისა და ვერნიერების წვრილი შტრიხებისა და დანაყოფების დასამზერად გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში მოწყობილია მარტივი მიკროსკოპები ცალინიანი და რთული ლუპის სახით, რომლებიც იძლევიან სკალების პარდაპირ, ვადიდებულ და წარმოსახვით გამოსახულებებს.

ცალინიანი ლუპა წარმოადგენს ცილინდრულ მოკლე მილს, რომელშიც ჩასმულია ბრტყელი ამოხეჩილი მოკლე ფოკუსიანი ლინზა. ეს ლინზა ამოხეჩილი გვერდით საგნისაყენა მიმართული, რითაც მინიმუმამდე დაიყვანება სფერული აბერაციის გავლენა (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ხსენებულ ცილინდრს ზემოდან აქვს თვალის  $C$  ხერედი (ნახ. 1<sup>ა</sup>), ხოლო შუაში შავად შეღებილი  $m$  დიაფრაგმა (ძგიდური) (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რომლის დანიშნულებაა განაპირა სხივების შთანქმეა, ანუ კვლავ სფერული აბერაციის შემცირება. თვალზე ლუპის დასაყენებლად, ანუ სხვადასხვა მანძილზე მყოფ საგნებზე აკომოდაციისათვის, ცილინდრი შეიძლება ვამოძრაოთ  $k$  სალტეშა ლიშბისადმი მიახლოების ან დაშორებისათვის, რომელიც მიმაგრებულია მოხრილ  $p$  ღეროსთან. ამ ღეროთი ლუპა შეიძლება ვაბრუნოთ ალიდალა ღერძის გარშემო. ლუპის ქვემო ნაწილში ლიშბისა და ვერნიერის თანაბრად განათებისათვის დამაგრებულია ილუმინატორი (მაშუქები). განხილადი ლუპით დანამზერი საგნის გამოსახულების მიღება ნაჩვენებია (1<sup>ა</sup>) ნახაზზე. სამზერი  $AB$  საგანი მოქცეულია ლინზასა და მის მთავარ ფოკუსს შორის, რის შედეგად, როგორც აღვნიშნეთ, ვიღებთ საგნის პირდაპირ ვადიდებულ და წარმოსახვით  $ab$  გამოსახულებას. მაგრამ, თვალი რომ არ დაიძალოს ხშირი აკომოდაციის გამო, საჭიროა ლუპა დავაყენოთ ისე, რომ სკალა მოხვდეს მისი ლინზის წინა მთავარ ფოკუსში, რითაც შტრიხების

ყოველი წერტილიდან ლუბაში გავლილი სხივები წარიმართება პარალელური კონის სახით; ამ შემთხვევაში ლუბით მიღებული გამოსახულება მიიღება უსასრულობაში. საერთოდ, სამზერი ხელსაწყოები ისე უნდა გამოვიყენოთ, რომ არ იყოს საჭირო ხშირი აკომოდაცია.

ზემოთ მოყვანილი აღწერილობით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ერთლინზი-



ნახ. 6.3.2.1.

ანი ლუბა წარმოადგენს კებლერის ქოგრის ოქულარს, რომლის  $g_2$  გამაღი-  
დებლობა, (6.2.4.5) და (1<sup>ბ</sup>) ნახაზის მიხედვით, გამოყვანილია (6.2.4) პარა-  
რაფში და გამოსახულია (6.2.4.5) ფორმულით:

$$g_2 = \frac{\omega}{f}, \quad (6.3.2.1)$$

სადაც  $\omega = 250$  მმ არის ნორმალური თვალის ჩაუკეთესო მხედველობის მანძილი;

$f$  — ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილი.

განხილადი ლინზის გამადიდებლობას იღებენ იმ ანგარიშით, რომ კუთხსაზომი წრედის მცირე დანაყოფების ხაზოვანი  $\Delta$  ინტერვალი ვიხილოთ 0,7 მმ, სასურველია ეს სიდიდე იყოს 1,4 მმ. ტექნიკურ კუთხსაზომი წრედების დანაყოფები ხშირად 0,2 მმ არის. მოთხოვნილი პირობით ლუპის გამადიდებლობა უნდა იყოს:

$$g_1 = \frac{1,4 \text{ მმ}}{0,2 \text{ მმ}} = 7\times. \quad (6.3.2.2)$$

მაშასადამე, (1) ტოლობის მიხედვით

$$f = \frac{\omega}{g_1} = \frac{250 \text{ მმ}}{7\times} \approx 36 \text{ მმ}. \quad (6.3.2.3)$$

როგორც განხილადი თავის შესავალში იყო აღნიშნული, სკალეების ინტერვალები 0,1 მმ = 100  $\mu$  უფრო ხშირია, ამიტომ მარტივ ლუპებში მოწყობილია ლინზები, რომელთა გამადიდებლობა აღწევს 5—14  $\times$ , ხოლო მათი მხედველობის არეს საზომია 25—30°.

როგორც ცნობილია, თანამედროვე მანქანებით კუთხსაზომ წრედებზე ვერნიერებით ათვლებისათვის დანაყოფების ხაზოვანი  $\Delta$  ოდენობები შემცირებულია 20—100 მიკრონამდე, ე. ი. მოთხოვნის შესაბამისად საშუალოდ ლუპის გამადიდებლობა უნდა იყოს:

$$g_2 = \frac{1,4 \text{ მმ}}{0,06 \text{ მმ}} \approx 27\times, \quad (6.3.2.4)$$

ხოლო ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილი

$$f = \frac{\omega}{g_2} = \frac{250}{27} \approx 9 \text{ მმ}. \quad (6.3.2.5)$$

ასეთი მცირე მთავარ საფოკუსომანძილიანი ლინზა რომ გამოვიყენოთ, მართალია, გაიზრდება ლუპის გამადიდებლობა, მაგრამ გაიზრდება მისი სფერული, ქრომატული და სხვა სახის აბერაციები; ამის გამო იყენებენ რთულ დუპლას, რომელიც წარმოადგენს ზემოხსენებულ მილაკში რამდენიმე ლინზისაგან შედგენილ დასამზერ მილს (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ორი ლინზისათვის ასეთი ლუპის (1<sup>ა</sup>) ნახაზი სრულიად ანალოგიურია რთული ლინზის (6.2.6.1<sup>ა</sup>) ნახაზისა, რომელსაც შეესაბამება (6.2.6.1) ფორმულა.

$$f_{\text{კო}} = \frac{\varphi \cdot \varphi_1}{\varphi + \varphi_1 - \varepsilon}. \quad (6.3.2.6)$$

საერთოდ მიღებულია, რომ ორი ბრტყელი ამოზნექილი ლინზა ურთიერთდაშორებული იყოს

$$\varepsilon = \frac{\varphi + \varphi_1}{2} \quad (6.3.2.7)$$

მანძილზე.

ვაჭვათ, ვიყენებთ ბრტყელ გამოზნეკილ ორ ლინზას:  $\varphi=9$  მმ,  $\varphi_2=8$  მმ. (7) ტოლობით  $e=8.5$  მმ, ე. ი. (6) ტოლობით  $f_{\text{კვ}} \approx 8,4$  მმ. მაშასადამე, ასეთი სახის რთული ლინზით დავაკმაყოფილებთ (5) ფორმულით მოთხოვნილ ოდენობა, აგრეთვე შევამცირებთ მილას სიგრძე და აბერაციები.

რთულ ლუპაშიც საგანი თავსდება ლუპასა და მისი ეკვივალენტური ლინზის მთავარ ფოკუსს შორის (ფაქტობრივად მთავარ ფოკუსებში) და ამიტომ ისიც ერთლიზიანი ლუპისმაგვარად იძლევა პირდაპირ, გადიდებულ და წარმოთსახვით გამოსახულებას (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ჩვეულებრივ, თანამედროვე რთული ლუპების ვაშაღიდელობა აღწევს 30-მდე, ხოლო მხედველობის არის საზომი 70°-მდე.

(1<sup>ა</sup>) ნახაზზე ნაჩვენებია რთული ლუპით დამზერილი ლიმბი და ვერნიერის  $l=5'$ ,  $n=10$ ,  $L=45'$ ,  $t=30''$  და ლიმბზე ვერნიერის ინდექსით ანათვალა  $104^{\circ}35'$ , ხოლო ვერნიერით  $2'30''$ , სულ ლიმბზე ანათვალა  $104^{\circ}37'30''$ .

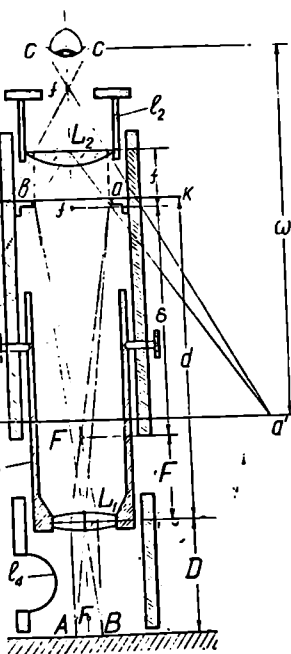
### 6.3.3. რთული მიკროსკოპი

რთული მიკროსკოპი წარმოადგენს სამიზნე ჰოგარს იმ განსხვავებით, რომ ზარველი გამოიყენება შორეული მანძილების დასამზერად (მოახლოებისა და

გადიდებისათვის), ხოლო მეორე — მცირე საგნების მხოლოდ გადიდებისათვის და სკალეებზე წვრილი დანაყოფების ათვლისათვის. რთული მიკროსკოპი (ნახ. 1) შედგება  $L_1$  ობიექტივისა და  $L_2$  ოკულარის ლინზისაგან, რომლებიც, შესაბამისად, ჩამაგრებული არიან  $l_1$  და  $l_2$  მილაკებში; ამავე დროს ეს მილაკები შეგნიდან შავად შეღებილია და მოთავსებულია ასევე შავად შეღებილ  $l_3$  მილაკში, სადაც მოწყობილია ბრაუნების საჭიროებისამებრ ამ ლინზებს შორის მანძილის ცვალებადობისათვის. ობიექტივს აქვს მცირე ზომა და გაცილებით ნაკლები მთავარი საფოკუსო მანძილი, ვიდრე ოკულარს.

აბერაციების გავლენის შემცირების მიზნით ობიექტივიცა და ოკულარიც რთულ ლინზებს წარმოადგენენ. (1) ნახაზზე სიმარტივისათვის ისინი ნაჩვენებია თითო ლინზით.

$AB$  საგანი განათებულია  $l_1$  მილაკში მოთავსებულ ილუმინატორით. ეს საგანი შდებარეობს  $L_1$  ობიექტივის ერთმაგ ( $F$ ) და ორმაგ ( $2F$ ) მთა-



ნახ. 6.3.3.1.

ვარ საფოკუსო მანძილს ( $L_1$  ლინზიდან  $D$  მანძილზე) შორის. მისი  $ab$  გამოსახულება მიკროსკოპში მიიღება  $kk$  დიაფრაგმაზე  $L_1$  ობიექტივიდან  $d$  მანძილზე სამჯერ (მაქსიმუმ ოთხჯერ) გადიდებული, ნამდვილი და შებრუნებული. ოკულარის ისე აყენებენ, რომ ნამდვილი  $ab$  გამოსახულება მოქცეული იქნება  $L_2$  ოკულარისა და მის  $f$  მთავარ ფოკუსს შორის (როგორც ვთქვათ, დაახლოებით მთავარ ფოკუსში), რის გამო  $L_2$  ოკულარი მოქმედებს ისე, როგორც ლუპა და საბოლოოდ ვიღებთ წარმოსახვით, პირდაპირ და მეორეჯერ გადიდებულ  $a'b'$  გამოსახულებას. მაშასადამე, რთული მიკროსკოპი და მარტივი (ერთლინზიანი და რთული ლუპა) მიკროსკოპი ურთიერთ განსხვავდება იმიო, რომ პირველი საბოლოოდ იძლევა საგნის შებრუნებულ, გადიდებულ და წარმოსახვითს, ხოლო მეორე პირდაპირ, გადიდებულ და წარმოსახვით გამოსახულებას.

6.2.4. პარაგრაფიდან ცნობილია, რომ ჰოგრის გამადიდებლობა ტოლია ობიექტივისა და ოკულარის გამადიდებლობათა ნამრავლისა (6.2.4.6 ფორმულა). ასევეა რთული მიკროსკოპისთვის  $G_{\text{მკ}}$  გამადიდებლობა.

$$G_{\text{მკ}} = g_1 \times g_2, \quad (a)$$

სადაც (1) ნახაზის მიხედვით გამადიდებლობა

$$g_1 = \frac{ab}{AB} = \frac{d'}{D} = \frac{\delta}{F}, \quad (b)$$

ხოლო (6.2.4.5) ფორმულის მიხედვით ოკულარის გამადიდებლობა

$$g_2 = \frac{w}{f}.$$

მაშასადამე, რთული მიკროსკოპის გამადიდებლობა

$$G_{\text{მკ}} = \frac{\delta \cdot w}{F \cdot f} = \frac{250 \cdot \delta}{f \cdot F}, \quad (6.3.3.1)$$

სადაც  $w$  არის საუკეთესო მხედველობის მანძილი (ნორმალური თვალისათვის 250 მმ.);

$F$  და  $f$  — ობიექტივის და ოკულარის მთავარი საფოკუსო მანძილი;

$\delta$  — ოპტიკური ინტერვალი, რომლის ოდენობა რამდენიმეჯერ აღემატება ობიექტივისა და ოკულარის მთავარ საფოკუსო მანძილს. ამიტომ მთელი სისტემის მთავარი საფოკუსო მანძილი გამოდის ძლიერ მცირე. (1) ნახაზიდან ოპტიკური ინტერვალი

$$\delta = e - F - f, \quad (6.3.3.2)$$

სადაც  $e$  არის  $L_1$  და  $L_2$  ლინზას შორის მანძილი, რომელიც ნახაზზე ნაჩვენებია არ არის. მაშასადამე, რთული ლინზის (6.2.8.2) ფორმულის შესაბამისად რთული მიკროსკოპის მთავარი საფოკუსო მანძილი დაიწერება ასე:

$$f_{\text{მკ}} = \frac{F \cdot f}{F + f - e} = -\frac{Ff}{\delta}. \quad (6.3.3.3)$$

მიღებული (1) და (3) ფორმულები ერთი და იმავე შედეგს გულისხმობს;



მართლაც, როცა  $F$  და  $f$  მცირეა, მიკროსკოპის  $G$  გამადიდებლობა დიდია, ამავე დროს, რაც დიდია  $\delta$  ობიექტური ინტერვალი, მით ნაკლები იქნება მიკროსკოპის საერთო ზოვარი საფოკუსო მანძილი (აბსოლუტური ოდენობით) შედარებით ობიექტივსა და ოკულარის ზოვარი საფოკუსო მარტივებთან. ობიექტივის გამადიდებლობა არ სცილდება  $4\times$  და ოკულარისა  $15\times$ . ასე რომ, რთული მიკროსკოპების გამადიდებლობა აღწევს  $60\times$ -მდე.

მიკროსკოპის მწვედველობის არე ისაზღვრება  $ab$  გამოსახულების  $kk$  დიაფრაგმით.

სხივების შესვლის გუგად ითვლება ობიექტივის განხმულება, ხოლო გამოსვლის გუგად—მისი გამოსახულება ოკულარით, სადაც დაყენებულია დამკვირვებლის თვალი.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ხრახნების საშუალებით მილაკების მოძრაობით შეიძლება რთული მიკროსკოპის ფოკუსთგაწყობა. ამავე დროს შეიძლება მისი გამადიდებლობის ცვლა. არსებობს მიკროსკოპები, რომლებსაც აქვს რამდენიმე ობიექტივი და ოკულარი, რომლებიც იძლევიან სხვადასხვა გამადიდებლობას.

როგორც ვნახავთ, გეოდეზიური ინსტრუმენტების მიკროსკოპებში  $kk$  დიაფრაგმასთან, ანუ სადაც ვიღებთ  $AB$  საგნის ნამდვილ  $ab$  გამოსახულებას, აწყობენ ინდექსს (მაჩვენებელს), სკალას ან მიკრომეტრს ხაზოვანი გაზომვებისათვის. მაშასადამე, რთული მიკროსკოპებით საგნის გამოსახულების მიღების თეორია საერთოა, ხოლო იმის მიხედვით, თუ  $kk$  დიაფრაგმაში (ძვიდურში) როგორი ასათვლელი მოწყობილობაა, მიკროსკოპები ურთიერთაგანსხვავდებიან.

## ასათვლელი მიკროსკოპები

### 6.8.4. მიკროსკოპი მაჩვენებლითა (ინდექსით) და სკალით

თანამედროვე ინსტრუმენტებში ასათვლელი მიკროსკოპები (ნახ. 1) გამოიყენება სკალებზე უაღრესად მცირე ( $100\mu$  და  $10\mu$ ) დანაყოფების გარჩევისა და ანათვლების აღებისათვის. გარდა აღნიშნულისა, მარტივ მიკროსკოპებთან (ერთლინზიანი და რთული ლუბა) შედარებით მათი უპირატესობა ის არის, რომ სამზერი საგნები მათგან მეტ მანძილზეა დაშორებული. ვიდრე ლუბით დამზერის დროს. ამის გამო მიკროსკოპის სამზერად ფოკუსთგაწყობა მოხერხებულად სრულდება, ანუ ოკულარი შეიძლება დაყენებულ იქნეს დამკვირვებლის თვალზე ( $kk$  ძვიდური ნათლად და მკაფიოდ გამოჩნდება) და  $ab$  გამოსახულება ობიექტივის მუხლის მოძრაობით დამთხვევს  $kk$  ძვიდურს, ანუ არ დაეუშვათ სკალისა და  $kk$  ძვიდურის პარალაქსი: ამავე დროს ობიექტური ხერხით სრულიად ზუსტად შეიძლება განისაზღვროს მიკროსკოპის ინდექსსა და კუთხსაზომი წრედის უმცროს შტრიხს შორის მანძილი ისე, რომ ვერანიერისებური მექანიკური კონტაქტი არ მოვახდინოთ სკალასა და მასზე ასათვლელ ხელსაწყოს შორის.

როგორც ცნობილია, ანათვლებზე ექსცენტრისიტეტის გავლენის მოსპობის მიზნით ალიდალაზე ერთი და იმავე დიამეტრის ბოლოებში მოწყობილია

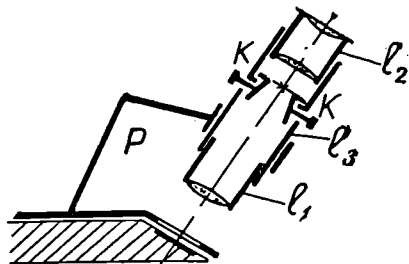
ვერნიერები ლუპებით. თანამედროვე ინსტრუმენტებში (ობტიკურ თეოდოლიტებში) ასათვლელ ხელსაწყოებს ათავსებენ სამიზნე მილის ბრუნვის ღერძის დასაყრდენი დგარების სიღრუის შიგნით, ხოლო მის ოქულარს უფრო ხშირად აყენებენ სამიზნე მილის გვერდით.

ასეთი სახის ასათვლელი მიკროსკოპების დანიშნულებაა: 1. სკალის განათვა; 2. ერთი და იმავე ადგილზე იქნეს მიღებული გამოსახულება ჰორიზონტული და შვეული წრედისა (აქ შეიძლება გვექნეს ორ-ორი ან თითო უბანი ჰორიზონტულ და შვეულ წრედზე თანამიმდევრობით, ანუ ცალ-ცალკე და თანადროულად მათზე დაკვირვების); 3. მიღებულ იქნეს გამოსახულებები სკალების სხვადასხვა უბნებისა მათზე ანათვლების ასაღებად.

იმ შემთხვევაში, როცა შვეული წრედის სკალის უბნებს იღებენ ჰორიზონტული წრედის სიბრტყეში, გამადიდებლობა იქნება ერთზე მეტი, რადგანაც, ჩვეულებრივ, შვეული წრედის დიამეტრი ყოველთვის მცირეა ჰორიზონტული წრედის დიამეტრთან შედარებით.

იმისათვის, რომ ასათვლელი მიკროსკოპებით მივიღოთ უშეცდომო ანათვლები, საჭიროა მიკროსკოპები აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნილებებს:

1. ოქულარის  $L_1$  მილაკის  $L_2$  მილაკში მოძრაობით ოქულარი დაყენებული უნდა იყოს თვალზე ნამდვილი  $kk$  ძვიდურის, ანუ ინდექსის, ნათლად მზერისათვის (ნახ. 6.3.3.1) და (ნახ. 1); 2. ობიექტივის  $L_1$  მილაკის  $L_2$  მილაკში (ტუბუსში) მოძრაობით სკალის გამოსახულება მიღებული უნდა იქნეს  $kk$  დიაფრაგმის ადგილას, ე. ი. უნდა მოისპოს პარალაქსი ინდექსსა და სკალას შორის (სამიზნე ჰოვრებში ამ მიზნით ოქულარის მუხლს აადგილებენ ობიექტივის მუხლში, ე. ი. აადგილებენ ძაფთა ბადეს, აქ კი პირიქით); 3. სკალიან მიკროსკოპებში ასათვლელი სკალის საგრძნობ ტოლი უნდა იყოს კუთხსაზომი წრედის თითოეულ უმცირესი დანაყოფის ინტერვალისა და ობიექტივის გამადიდებლობის ნამრავლის, ანუ მიკროსკოპის მხედველობის არეში ხსენებული სკალა ზუსტად უნდა თავსდებოდეს კუთხსაზომი წრედის ყოველ წყვილ მეზობელ შტრიხს შორის. წინააღმდეგ შემთხვევას ანუ ხსენებულ სიგრძეთა არატოლობის შემთხვევას, უწოდებენ ინგლისურ ტერმინს „run“ და გამოითქმის რენი, რაც ნიშნავს „გაქცევას“.



ნახ. 6.3.4.1.

გამოითქმის რენი, რაც ნიშნავს „გაქცევას“. მთელ მიკროსკოპს (ტუბუსსა) აადგილებენ კუთხსაზომი წრედიდან ისე, რომ მიკროსკოპის ობიექტივისა და მას შორის მანძილის ცვლებადობით მოვსპოთ რენი; 4. როცა ინსტრუმენტზე დაყენებულია ორი მიკროსკოპი, საჭიროა ისინი იყენენ დაყენებული ზუსტად ერთი და იმავე დიამეტრის ბოლოებში. ანუ მათ ინდექსებს შორის კუთხე იყოს  $180^\circ$ ; წინააღმდეგ შემთხვევაში, ანუ როცა არსებობს გატეხის კუთხე, იგი ისპობა გვერდითი შემასწორებელი ხრახნებით. დანარჩენი შემასწორებელი ხრახნები, რომლებიც მოქმედებენ ანათვლების მართობულად დასაყენებლად, გამოიყენება მიკროსკოპის ასათვლელი სკალის სიმალლეში გადასაადგილებლად, რათა ხსენებული სკალა და კუთხსა-

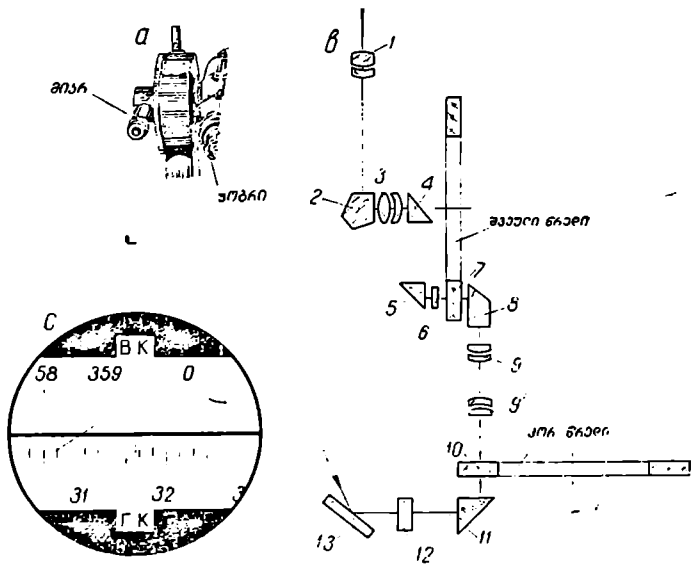
ზომი წრედის სკალები იყოს ერთ სიმალლეზე (უახლოეს მანძილზე), ერთ სიბრტყეში და სხვა. თანამედროვე ინსტრუმენტებში ეს საკითხები უკვე მოგვარებულია და დამკვირვებელი მხოლოდ ოკულარის გადაადგილებით სკალებს ნათლად ხედავს.

მიკროსკოპი მაჩვენებლით (ინდექსით) წარმოადგენს უმარტივეს ასათვლელ ხელსაწყოს. მას *ჩჩ* ძვილურის სიბრტყეში ჩაყენებული აქვს მინის თხელი ფირფიტა, რომელზეც დაკვესილია კუთხსაზომი წრედის დანაყოფების პარალელური შტრიხი. ეს შტრიხია მიკროსკოპის ინდექსი (მაჩვენებელი), რომლის დანიშნულება იგივეა; რაც აქვს ვერნიერის ინდექსს (ნულოვან შტრიხს). (6.3.1) პარაგრაფში ვერნიერის თეორიის ახსნის დროს შესავალში დაწუნებულ იქნა ამდაგვარივე ინდექსის გამოყენება. ამჟამად ასეთი ინდექსი ტექნიკურ კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში დიდად გამოიყენება, რადგანაც თანამედროვე ტექნიკით მიღწეულია კუთხსაზომი წრედების დაყოფა გაცილებით მცირე დანაყოფებად, ვიდრე ამას ადრე აღწევდნენ. მაგალითად, თუ ძველად ლაპარაკი იყო ინდექსით ანათვლების აღების შესახებ 30' და 20' საფასურის მქონე კუთხსაზომ წრედებზე, სადაც სიზუსტეს ვიღებდით  $\pm 3'$  და  $\pm 2'$ , ამჟამად წრედები, ჩვეულებრივ, ასეთი შემთხვევისათვის დაყოფილია 10' საფასურად, ე. ი. სიზუსტეა  $\pm 1'$ , ხოლო როცა წრედი დაყოფილია 5' ინტერვალებად, სიზუსტე  $\pm 30''$  იქნება. ასეთი მიკროსკოპის ზუსტების დროს ზემოჩამოთვლილი პირობებიდან საჭიროა შესრულდეს მხოლოდ მეორე პირობა კუთხსაზომი წრედისა და დანაყოფების და ინდექსის *ჩჩ* დიაჟრაგმის სიბრტყეში ნათლად და გარკვეულად მზერის მხრივ იმის გამო, რომ რენის მოსპობა ასეთ მიკროსკოპში საჭირო არ არის. მიკროსკოპს ამაგრებენ ისე, რომ არ ხდებოდეს მისი ღერძის პარალელურად გადაადგილებები. განხილად შემთხვევაში მიკროსკოპს დიდი გამადიდებლობა არ მოეთხოვება. მაგალითად, აქ საკმარისია (6.3.2.2) ფორმულით გამოთვლილი გამადიდებლობა.

განვიხილოთ ასეთი მიკროსკოპის ერთ-ერთი სახე. ეს მიკროსკოპი შეერთებულია სამიზნე ჰოგართან ან ჰოგარის ერთ-ერთ დგამთან (ნახ. 2<sup>ა</sup>). მიკროსკოპის მხედველობის არის ერთ მხარეს იხილება ჰორიზონტული წრედის (ქვემოთ), ხოლო მეორე მხარეს (ზევით) შვეული წრედის დანაყოფების გამოსახულება (ნახ. 2<sup>ბ</sup>). ისევე, როგორც სამიზნე ჰოგარი, განხილადი მიკროსკოპი შეიძლება ვაბრუნოთ თარაზული ღერძის მიმართ და დავაყენოთ ოკულარი სამიზნე ჰოგარის ოკულარის მხარეზე. ამ მიკროსკოპში სხივების სვლა მოწყობილია ერთ-ერთი დგარის ღრუში. (2<sup>ბ</sup>) ნახაზზე 1 არის ოკულარი, 2—პენტაპრიზმა, 3—ობიექტივი; ასათვლელი ინდექსი 6, რომელიც დაკვესილია მინის ფირფიტაზე, თითქმის მიდგმულია შვეულ წრედზე 7. ჰორიზონტული წრედისათვის ობიექტივი 9 და 9' პრიზმასთან 8 ერთად იძლევა მისი სკალის 10 გამოსახულებას ინდექსის 6 სიბრტყეში (პრაქტიკულად შვეული წრედის 7 დანაყოფების სიბრტყეში). ამიტომ ობიექტივი 3, პენტაპრიზმა 2 და პრიზმა 4 და 5 იძლევა ინდექსისა და ორივე კუთხსაზომი წრედების სკალების გამოსახულებას ოკულარის 1 ფოკალურ (მთავარი ფოკუსის) სიბრტყეში.

ყოველი საბოლოო ანათვალი კუთხსაზომ წრედზე ტოლია ინდექსის (მაჩვენებლის) ახლო ხსენებული წრედის უმცროსი შტრიხის შესაბამისი  $N_1$

კუთხური ოდენობისა და თვალზომით შეფასებული მათ შორის რკალის კუთხური ოდენობის (წრედის ერთი დანაყოფის  $l$  საფასურის ნაწილის) ჯამისა. მაგალითად, (2<sup>o</sup>) ნახაზზე: ინდექსის ახლო უმცროსი შტრიხს ანუ მრგვალი ანათვალისა პორიზონტულ წრედზე  $N_1 = 31^{\circ}30'$ , თვალით შეფასებული რკალის კუთხური ოდენობა პორიზონტული წრედის უმცროს შტრიხსა და ინდექს შორის არის  $0,7 \times 10' = 7'$ , სულ პორიზონტულ წრედზე ანათვალისა  $31^{\circ}37'$ . ანალოგი-



ნახ. 6.3.4.2.

ურად შეეულ წრედზე ანათვალის იქნება  $359^{\circ}10' + 0,6 \times 10' = 359^{\circ}16'$ . ორივე კუთხსაზომი წრედი ნათდება სარკით 13, დამცავი მინით 12 და პრიზმით 11.

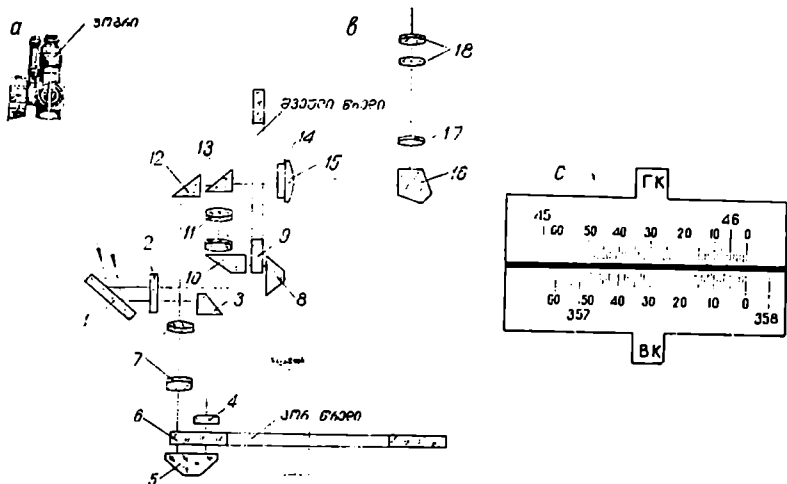
მიკროსკოპი სკალით გამოიყენება კუთხსაზომ წრედებზე უარესად მცირე საფასურების ნაწილების ასათვლელად. როგორც აღინიშნა, მიკროსკოპის მინის ფირფიტაზე, გარდა ინდექსისა, ტარდება მისი პარალელური  $m$  რაოდენობის შტრიხი. ამ სკალის სგრძე. როგორც ცნობილია, უნდა უდრდეს კუთხსაზომი წრედის ერთი დანაყოფისა და მიკროსკოპის ობიექტივის განადიდებლობის ნამრავლს, ანუ მიკროსკოპის მხედველობის არეში შესწავლილი სკალა ზუსტად უნდა თავსდებოდეს წრედის ორ მეზობელ შტრიხს შორის გამოსახულებაში. ამ სკალის წარწერები უნდა იზრდებოდეს კუთხსაზომი წრედის წარწერების საწინააღმდეგო მიმართულებით. მაშასადამე, მიკროსკოპის სკალის ერთი დანაყოფის საფასური, რომელიც აღვნიშნეთ  $l$  ასოთი, გამოითვლება ფარდობით:

$$k = \frac{l}{m}, \quad (6.3.4.1)$$



აქ ორი მიკროსკოპის გამოყენების შემთხვევაში ლიმბზე ანათვალის იქნება პირველი მიკროსკოპის ინდექსით მიღებულ ანათვალს პლუს სკალების ანათვლების ჯამის საშუალო.

როგორც ვიცი, თანამედროვე ინსტრუმენტს აქვს ერთი ასათვლელი მიკროსკოპი, რომლის მხედველობის არეში იხილება თანადროულად პორიზონტულ და შვეულ წრედზე ასათვლელი უბანი. როგორც ითქვა, ეს მიკროსკოპი ცალმხრივია, რომელიც ჰოგარის გვერდით არის გაწყობილი და მისი ოკულარიც ჰოგარის ოკულარის პარალელურია და მის გვე-



ნახ. 6.3.4.4.

რდით არის (ნახ. 4<sup>ა</sup>). პორიზონტული წრედისათვის რთული ობიექტივი 7, პრიზმა 12, შვეული წრედისათვის რთული ობიექტივი 11, პრიზმა 10 და 13 (ნახ. 4<sup>ბ</sup>), შესაბამისად, იძლევა პორიზონტული 6 და შვეული წრედის 9 სკალების გამოსახულებას მიკროსკოპის სკალაზე, რომელიც დაკვესილია ფირფიტაზე 14. როგორც ვიცი, სკალის სიგრძე, რომელიც დაყოფილია  $m$  ტოლ ნაწილად, ტოლია პორიზონტული და შვეული წრედის თითო დანაყოფის, შესაბამისად, მათი ობიექტივების გამადიდებლობის ნამრავლისა. ეს იმას ნიშნავს, რომ რამდენჯერაც ნაკლები იქნება ვერტიკალური წრედის ერთი დანაყოფის სიგრძე პორიზონტული წრედის დანაყოფის სიგრძეზე, იმდენჯერვე მეტი იქნება მიკროსკოპის ობიექტივის 11 გამადიდებლობა ობიექტივის 7 გამადიდებლობაზე.

მიკროსკოპის სკალა 14 მდებარეობს მიკროსკოპის კოლექტიური (საგნის) ლინზის 15 წინ. ორივე წრედი ნათდება ერთი წყაროდან, ანუ სარკისა 1 და დამცავი მინის 2 საშუალებით. პორიზონტულ წრედზე სინათლე ეცემა პრიზმებით 3 და 5 და კონდენსორით 4 (სხივების შემამჭიდროებელით), ხოლო ვერტიკალურ წრედზე პრიზმით 8.

მიკროსკოპის (მესამე) ობიექტივი 17 და პენტაპრიზმა 16 იძლევა

ორივე წრედის გამოსახულებას მიკროსკოპის 18 მთავარი ფოკუსის სიბრტყეში.

(4<sup>ე</sup>) ნახაზის კმხედვით ორივე წრედების  $l=1^{\circ}$ ,  $m=60$ ,  $\kappa=1'$ ,  $t=0,1$   $\kappa=6''$ .

ჰორიზონტულ წრედზე ანათვალის ინდექსით არის  $46^{\circ}$ , სკალით  $5'$ , სულ ჰორიზონტულ წრედზე ანათვალის  $46^{\circ}05'00'' \pm 6''$ .

შვეულ წრედზე ანათვალის ინდექსით არის  $357^{\circ}$ , სკალით  $52,4 \times 1'$ , სულ ანათვალის შვეულ წრედზე არის  $357^{\circ}52'24'' \pm 6''$ .

განხილადი მიკროსკოპის ჰორიზონტული 7 და შვეული წრედის 11 ობიექტივის გამადიდებლობა ახლოა ერთთან, ხოლო ობიექტივის 17 გამადიდებლობა, ჩვეულებრივ, არის არაუმეტეს  $2-3 \times$ .

მიკროსკოპის  $r$  რენს, ანუ მიკროსკოპით ხილული სკალის სიგრძესა და ლიმბის შესაბამის ინტერვალს შორის სხვაობას არკვევენ ლიმბის ყოველ  $30^{\circ}$ -ის ინტერვალის ფარგლებში, ლიმბის ერთი დანაყოფისა და მიკროსკოპის სკალის სიგრძის კუთხურ განზომილებაში შედარებით. ამისათვის ცოველ ინტერვალში სკალის ინდექსს (ნულოვან შტრიხს) შეუდევსებენ ლიმბის ერთ-ერთ შტრიხს და მეორე შტრიხით იღებენ ანათვალს მიკროსკოპის სკალაზე, რითაც ითვლიან  $r_1, r_2, \dots, r_{12}$ . შემდეგ საზღვრავენ მათ საშუალოს (იხ. სქემა 1).

სქემა 6.3.4.1.

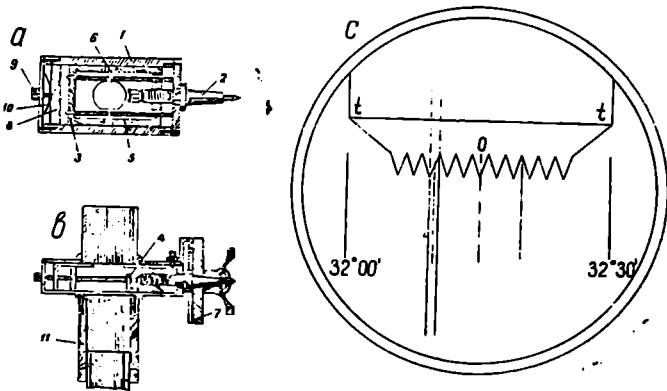
ანათვალის		სხვაობა (რენი)	შენიშვნა
ლიმბზე	მიკროსკოპზე		
$0^{\circ}-1^{\circ}$	60,0	0,0	ლიმბის საფასური $l=1^{\circ}$ ; მიკროსკოპის დანაყოფები $m=60$ , სკალის ერთი დანაყოფის საფასური $\kappa=1'$ , $r_{\text{სავ}}=-2'',5$ .
$30-31$	59,9	-0,1	
$60-61$	60,0	0,0	
$90-91$	59,9	-0,1	
$120-121$	60,0	0,0	
$150-151$	60,0	0,0	
$180-181$	60,0	0,0	
$210-211$	59,9	-0,1	
$240-241$	60,0	0,0	
$270-271$	59,9	-0,1	
$300-301$	59,9	-0,1	
$330-331$	60,0	0,0	

$$\Sigma r = -0',5$$

როგორც აღვნიშნეთ, რენის მოსპობას პრაქტიკულად აღწევენ ბუდეში (ტუბუსში) მიკროსკოპის მთლიანი მოძრაობით. როგორც წესი, რენი არ უნდა აღემატებოდეს მიკროსკოპის სკალის სიგრძის  $0, 2\%$ , რადგანაც ამოღენა შეეძლოვას. უშვებთ სკალაზე თვალთზომით ანათვლის აღების დროს. მაშასადამე, განხილადი მიკროსკოპის დასაშვები  $r=60' \times 0,2\% = \pm 2'',2$ . საჭიროა აღინიშნოს, რომ ამეამად უკვე ასეთ მიკროსკოპებში რენის შემოწმებას აღარ აწარმოებენ იმის გამო, რომ სკალეების დაყოფის ტექნიკამ გაუსწრო ცვალით ანათვლის აღების შეფასებას.

### 6.3.5. მიკროსკოპი ხრახნილიანი მიკრომეტრით

განხილადი მიკროსკოპი იმით განირჩევა წინა პარაგრაფში მოყვანილი მიკროსკოპისაგან, რომ მასში სკალა შეცვლილია კოლოფით 1, რომელშიც მიკრომეტრული 2 ხრახნის საშუალებით მის გასწვრივ მოძრაობს მარჯო 3 (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ამისათვის ხრახნი გადის ქანჩში, რომელიც ჩამაგრებულია მოძრავი 3 ჩარჩოს წინა წახნაგში; 2 ხრახნი თავის ბოლოთი ებჯინება საგანგებო საბჯენს 4; (ნახ.1<sup>ბ</sup>). სპირალური 5 ორი ზამბარაკი თითო ბოლოთი მიბჯენილია კოლოფზე, ხოლო მეორეთი ჩარჩოზე, რათა მოსპობილ იქნეს ხრახნილის 2 ფუქი სვლა; ჩარჩოზე 3 დაკიმულია ორი ახლო მდებარე ძაფი 6, რომლებიც ზუსტად წრედის შტრიხების სწვრივად უნდა იყვნენ დაყენებული; ამ ძაფებს უწოდებენ ბისექტორს და ისინი გამოიყენებიან წრედის შტრიხებზე ზუსტად დასამიზნებლად; ეს უკანასკნელი მიიღწევა შტრიხის ზუსტად ამ ორ ძაფს (ბისექტორს) შორის დაყენებით; ხრახნზე 2 მიმაგრებულია ასათვლელი დოლით 7 (ნახ. 1<sup>ბ</sup>), რომელიც საჭიროებისამებრ დაყოფილია 30, 60 ან 120 ტოლ ნაწილად და წარწერები დალაგებულია ისე,



ნახ. 6.3.5.1.

რომ ბისექტორის წრედის უფროსი შტრიხიდან უმეტროსზე გადასვლის დროს ანათვლები იზრდებოდეს. ჩარჩოს 3 ზემო სახურავთან 8 მოწყობილია (ნახ. 1<sup>ა</sup>)  $t-t$  სავარცხელი (ბიბილური) წვრილი კბილებით (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რომელთა შორის მანძილი შეესაბამება მიკრომეტრიული ხრახნის 2 ბიჯს ანუ დოლის სრულ შემობრუნებას (ფაქტობრივად ეს სავარცხელი ცვლის სკალას); სავარცხლის შუა კბილი ითვლება ინდექსად (მაჩვენებლად) და აღნიშნავენ 0 ნასვრეტით ან ჩანაჭერით და უწოდებენ მიკრომეტრის ნულპუნქტს (ნახ. 1<sup>ა</sup>); იგი წარმოადგენს მიკრომეტრის სიბრტყესა და კბილის ამონაჭრის გასწვრივ მდებარე წერტილს, სადაც გაივლის ბისექტორი, როცა სავარცხელსა და დოლზე ანათვლები ნულებია, რაც გულისხმობს ძაფების ნორმალურად მდებარეობას; მიკრომეტრის ნულპუნქტის ამდაგვარად ზუსტების მიზნით სახურავს 8 გაყრილი აქვს ხრახნი 9



ზამბარაკით: 10, რომლითაც შეიძლება მისი მცირეოდენი გადაადგილება (ხაზ. 1<sup>ა</sup>). მიკრომეტრის კოლოფი ჩაყენებულია მიკროსკოპის ტუბუსში 11 (ხაზ. 1<sup>ბ</sup>) ისე, რომ ბისექტორი 6 გადაადგილებულ იქნეს ზუსტად მიკროსკოპის მთავარფოკუსში, სადაც ვილებთ ლიმბისა და სავარცხლის დანაყოფების გამოსახულებას. როდესაც ორი მიკროსკოპით ხდება მუშაობა, მაშინ მათი ხრახნილების საშუალებით შეიძლება ინდექსების ისე დაყენება, რომ ანათვლები ლიმბზე ურთიერთ ზუსტად განსხვავდებოდეს 180°-ით; მიკროსკოპის ობიექტივი, როგორც ცნობილია, ტუბუსში მოძრაობს და თვით ტუბუსი დამაგრებულია ალიდადაზე.

მიკრომეტრით წრედებზე ანათვლების ასაღებად საჭიროა ვიცოდეთ წრედის დანაყოფების მიხედვით საფასურები: სავარცხლის მეზობელ კბილებს შორის მანძილის, ანუ ხრახნის 2 ერთი ბიჯის (სრული შემობრუნების) და დოლის ერთი დანაყოფის შესაბამისი კუთხური ოდენობის. განვიხილოთ მაგალითები.

ვთქვათ, ლიმბის საფასური  $l = 10'$ , რომელსაც შეესაბამება სავარცხლის ხუთი კბილი; მაშასადამე, სავარცხლის ერთი დანაყოფის საფასური  $კ = 10' : 5 = 2'$ . დოლი დაყოფილია 60 ტოლ ნაწილად, ე. ი. მისი ერთი დანაყოფის საფასური  $μ = 2' : 60 = 2''$ , თვალზომით შეიძლება ავითვალოთ დოლის ერთი დანაყოფის 0,1, რითაც მიკრომეტრის ანათვლის აღების სიზუსტე  $l = 0,1 \times 2'' = 0'',2$  იქნება. მაგალითად, (1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით ლიმბზე ნულპუნქტით (ინდექსით) მთელი დანაყოფების ანათვალია  $33^{\circ}10'$ , აგრეთვე, ბისექტორიდან, რომელიც დაყენებულია ლიმბის უმცროს შტრიხზე, კბილების რაოდენობა ნულპუნქტამდე არის 2, ე. ი.  $2 \times 2' = 4'$ , და დოლზე ანათვალია  $44,3$  დანაყოფი, ანუ  $44,3 \times 2'' = 1'28'',6$ . სულ ანათვალი იქნება  $32^{\circ}10' + 4' + 1'28'',6 = 32^{\circ}15'28'',6$ .

როგორც ვხედავთ, მიკროსკოპ-მიკრომეტრით კუთხსაზომ წრედზე ანათვლის ასაღებად საჭიროა:

1. ავიღოთ წრედზე მიკრომეტრის ნულპუნქტის (ინდექსის) ახლო უმცროსი კვესურის შესაბამისი  $N_A$  ანათვალი (წრედის მთელი დანაყოფების კუთხური ოდენობა);

2. ბისექტორი ზუსტად დავაყენოთ ლიმბის ხსენებულ უმცროს კვესურზე (1 მდებარეობა ანუ დოლზე ანათვალია ნული) და დავითვალოთ კბილების  $K_1$  რიცხვი ნულპუნქტსა და წრედის უმცროს შტრიხს შორის და მათი რაოდენობა გადავამრავლოთ სათანადო საფასურზე ( $K_1კ$ );

3. დოლის ბრუნვით ბისექტორი I მდებარეობიდან ანუ უმცროსი შტრიხიდან გადავადგილოთ II მდებარეობაში; ავიღოთ ანათვალი მიკრომეტრის დოლზე მისი დანაყოფების 0,1 სიზუსტით თვალზომით და მიღებული ანათვალი გადავამრავლოთ დოლის ერთი დანაყოფის საფასურზე ( $K_2 \cdot μ$ ). ბოლოს შევკრიბოთ ყველა ოდენობა, რაც გამოისახება ტოლობით:

$$S = N_A + K_1კ + K_2 \cdot μ \quad (6.3.5.1)$$

ხშირად ანათვლების ადვილად აღების მიზნით ვერნიერების ანალოგი-

ურად დოლზე წარწერილია შტრიხების ნომრებისა და საფასურის ნამრავლი სეკუნდებში ან მიწუტებში.

ავიღოთ კიდეკ მაგალითი. ვთქვათ, ლიშბის ერთი დანაყოფის საფასური  $l=10'$ , სკალის ერთი კბილის საფასური  $\lambda=5'$ , დოლის დანაყოფები  $m=60$ , ე. ი. დოლის ერთი დანაყოფის საფასური  $\mu=5':60=5''$  და  $t=0'',5$ . ლიშბზე მთელი დანაყოფების ანათვალი ინდექსით (ნულბუნქტი)  $N_A=84^{\circ}40'$ , ნულბუნქტსა და ლიშბის უმცროს შტრიხზე დაყენებულ ბისექტორს შორის ნოთავსებულა ერთი კბილი  $K_1=1$ , ე. ი.  $K_1 \cdot \lambda=1 \times 5'=5'$ , და ბისექტორის გადაადგილების შემდეგ ანათვალი დოლზე არის  $K_2=38,7$ , ე. ი.  $K_2 \times \mu=38,7 \times 5''=3'13'',5$ ; სულ (1) ფორმულის შესაბამისად ანათვალი:  $S=84^{\circ}40'+5'+3'13'',5=84^{\circ}48'13'',5$ . ასეთ დოლზე თუ წააწერებოდა ყოველ იორმეტ დანაყოფზე მიწუტი,  $K_1 \mu$  ანათვალი იქნებოდა  $3'$  და  $2,7 \times 5''=3'13'',5$ , რითაც გამრავლების პროცესი გამარტივდებოდა.

#### 4. მიკროსკოპ-მიკროვახრის შენობა

მიკროსკოპში: 1) რენის მოსპობის მიზნით ზუსტება სრულდება ტუბუსში ობიექტივის მუხლის მოძრაობით. მაგალითად, როცა წრედის ერთი დანაყოფის სიგრძე მეტია გაანგარიშებით საჭირო სიგრძესთან შედარებით, ობიექტივის მუხლი ტუბუსში შეწეული უნდა იქნეს; წინააღმდეგ შემთხვევაში—გამოწეული. ამის შემდეგ საჭირო გახდება საბოლოოდ მიკროსკოპის, ანუ, სულერთია, ტუბუსის გადაადგილება სალტეში, რათა საგნების გამოსახულება იყოს მკვეთრი. ცხადია, სრულიად უშეცდომო ზუსტება შეუძლებელია და ამიტომ ნარჩენი შეცდომის სათანადო შესწორება რენის სახით, განსაზღვრული 6.3.4.1 ცხრილის შესაბამისად, შეიტანება ანათვლებში; ამჟამად ასეთ მიკრომეტრებში ცნობილი მიზეზით რენის გამოკვლევას თითქმის აღარ აწარმოებენ. (2) ბისექტორის 6 ძაფები უნდა იყოს ზუსტად წრედის შტრიხების პარალელურად, რისთვისაც საჭიროებისამებრ ტუბუსს ვაბრუნებთ თავის სალტეებში;

მიკროსკოპ-მიკრომეტრი, გარდა წრედებზე ანათვლების აღებისა, გამოიყენება ასტრონომიულ-გეოდეზიური ინსტრუმენტების მთავარი კოორდინატების მიკროსკოპების მიკრომეტრებად, რომლებიც საშუალებას იძლევა ან ზუსტად განვსაზღვროთ მცირე კუთხური შუალედები. ამისათვის ოკულარის მიკრომეტრის დოლის ერთი დანაყოფის დაახლოებით მნიშვნელობას საზღვრავენ ფორმულით:

$$\alpha'' = \frac{h}{m \cdot F} \cdot \rho'', \quad (6.3.5.1')$$

სადაც  $h$  არის მიკრომეტრული ხრახნის ერთი ბიჯი;

$m$  — დოლის დანაყოფების რიცხვი;

$F$  — მიკროსკოპის ობიექტივის მთავარი საფოკუსო მანძილი;

$\rho''=206265''$  — რადიანის კუთხური ოდენობა.

3. მიკრომეტრიული ხრახნის შემოწმება. აქ მოითხოვება, რომ ბისექტორის გადაადგილება იყოს დოლის დანაყოფების პროპორციული; წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი აქვს მიკრომეტრიული

ხ რ ა ხ ნ ი ს შ ე ც დ ო მ ა ს . ეს შეცდომებია სამი სახის: პ რ ო გ რ ე ს ი უ-  
 ლ ი , პ ე რ ი ო დ უ ლ ი და შე მ თ ხ ვ ე ვ ი თ ი . *a* . პროგრესიული, ანუ  
 სისტემატურია შეცდომა, როცა ხ რ ა ხ ნ ი ს კ უ თ ხ ვ ი ლ ი ს ს ა შ უ ა ლ ო ბ ი-  
 ჯ ი არ შეესაბამება მის ნომინალურ (წარწერით ნაგულისხმებ) მნიშვნელობას;  
 ამ შემთხვევაში ხ რ ა ხ ნ ი ს კ უ თ ხ ვ ი ლ ი ს (Резна) ბიჯი რამდენადმე იცვლება,  
 მაგრამ ეს ცვალებადობა ხდება სწორად, არანახტომებით; ეს შეცდომები ანა-  
 ლოგიურია მასშტაბის შეცდომებისა და მათი ოდენობა იზრდება გასაზომი  
 სიგრძის ზრდის შესაბამისად. მათი ოდენობა ხ რ ა ხ ნ ი ს 6—8 ბრუნვის შესაბა-  
 მისად შეიძლება აღწევდეს 0,5—1,5 მიკრონს. ამ სახის შეცდომა ვლინდება  
 შემდეგნაირად: ვირჩევთ მირას (სამიზნე ნახაზს) ორი შტრიხით ისე, რომ ამ  
 შტრიხებს შორის მანძილი ახლო იყოს ხ რ ა ხ ნ ი ს კ უ თ ხ ვ ი ლ ი ს ბიჯის საშუალო  
 ოდენობასთან; მ ი რ ა ს ვ ზ ო მ ა ვ თ გ ა მ ო ს ა ც დ ე ლ ი მიკრომეტრიული ხ რ ა ხ ნ ი ს თ ი-  
 თოეული ბრუნვით ცალ-ცალკე; ყოველი გაზომვა სრულდება რამდენიმეჯერ  
 და ვსაზღვრავთ მათ საშუალოს; ცდის შედეგად ვნახავთ, რომ ყოველი ცალ-  
 კეული განაზომი არ ედრება ხ რ ა ხ ნ ი ს ერთი სრული ბრუნვის შესაბამისი დანა-  
 ყოფების რაოდენობას და მათ შორის სხვაობა იქნება *a*. აღნიშნულის გამო  
 შეიძლება შევადგინოთ გ ა ნ ტ ო ლ ე ბ ა თ ა ს ი ს ტ ე მ ა :

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= x + \Delta_1 \\ a_2 &= x + \Delta_2 - \Delta_1 \\ a_3 &= x + \Delta_3 - \Delta_2 \\ &\dots \\ a_m &= x + \Delta_m - \Delta_{m-1} \end{aligned} \right\}, \quad (6.3.5.2)$$

სადაც  $a_1, a_2, a_3$  არის სხვაობა დოღზე მიღებულ ანათვალსა და ხ რ ა ხ ნ ი ს  
 ერთი სრული ბრუნვის შესაბამისი დანაყოფების რაოდენობას შო-  
 რის, შესაბამისად, მირას გაზომვებისა ხ რ ა ხ ნ ი ს პირველი სრული  
 ბრუნვის, მეორე სრული ბრუნვის, მესამე სრული ბრუნვისა და . შ .  
*x* — სხვაობა მირას ორ შტრიხს შორის მანძილსა და ხ რ ა ხ ნ ი ს კ უ თ ხ ვ ი ლ ი ს  
 საშუალო ბიჯს შორის;

$\Delta_1$  — პროგრესიული (სისტემატური) შეცდომა ხ რ ა ხ ნ ი ს ერთი პირველი  
 ბრუნვისა,

$\Delta_2$  — ხ რ ა ხ ნ ი ს პირველი და მეორე ბრუნვის ჯამური შეცდომა;

$\Delta_3$  — ხ რ ა ხ ნ ი ს პირველი, მეორე და მესამე ბრუნვის ჯამური შეცდომა; ამის  
 გამო  $\Delta_2 - \Delta_1$  იქნება შეცდომა მხოლოდ მეორე ბრუნვისა,  $\Delta_3 - \Delta_2$  —  
 შეცდომა მხოლოდ მესამე ბრუნვის და ა . შ . ცხადია,  $\Delta_m = 0$ , რადგა-  
 ნაც რიგის ყოველი განაზომის საშუალო არითმეტიკულიდან გადახ-  
 რების ჯამი ტოლია ნულის.

(2) ტოლობების სისტემის შეკრებით მივიღებთ:

$$[a] = mx, \text{ საიდანაც } x = \frac{[a]}{m}. \quad (6.3.5.3)$$

(2) და (3) დამოკიდებულებების საფუძველზე განვსაზღვრავთ ხრახნის თითოეული სრული ბრუნვის  $\Delta_i$  შეცდომას:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_1 &= a_1 - x \\ \Delta_2 - \Delta_1 &= a_2 - x \\ \Delta_3 - \Delta_2 &= a_3 - x \\ \dots &\dots \dots \\ \Delta_m - \Delta_{m-1} &= a_m - x \end{aligned} \right\} \quad (6.3.5.4)$$

*ბ.* პერიოდული შეცდომის მიზეზია ხრახნის კუთხვილის არასწორად ჭრა; ისინი წარმოიშობიან ხრახნის ყოველი ბრუნვის დროს, როგორცაა ოდენობა ყოველ ჯერზე უცვლელია, ხოლო ეს შეცდომა ერთი ბრუნვის საზღვრებში იცვლება სინუსოიდალური კანონით: მათი გავლენა შედეგზე მსიშენელოვანია; მაგალითად, როცა ეს შეცდომაა ერთი მიკრონი, კუთხვე იზომება 0",3 შეცდომით. საერთოდ, იგი არ აღემატება 0,8 მიკრონს; ამ შეცდომის გამოვლინება შეიძლება ზემოაღწერილი ხერხით, მხოლოდ აქ საჭიროა მირა, რომლის შტრიხებს შორის მანძილი იქნება ხრახნის კუთხვილის ბრუნვის გარკვეული ნაწილი, მაგალითად, მისი ერთი მეათედი, როცა ამ შეცდომის გამოკვლევა საჭიროა დოლის დანაყოფების ყოველი ათი დანაყოფის ინტერვალთ.

თანამედროვე ინსტრუმენტებში შეცდომის ეს ორი სახე თითქმის არ გვხვდება.

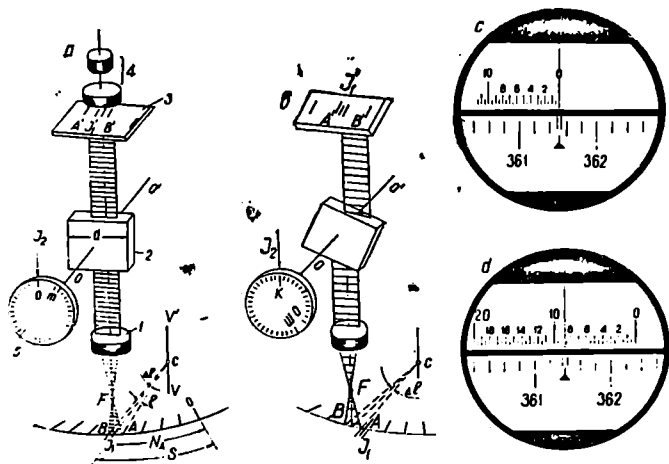
*გ.* შემთხვევითი შეცდომების მიზეზია არასწორი ჭრა ხრახნის ყოველი კუთხვილის ფარგლებში; გრძელი კუთხვილის, ანუ ღრმა ქანჩის შემთხვევაში ეს შეცდომები ვერ ახდენს დიდ გავლენას, რადგანაც მეზობელი კუთხვილები იმავე მოვლენით წონასწორდება.

**6.3.6. ცალმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრი**

დანაყოფების ასათვლელი მიკროსკოპების მარტივი ოპტიკური მიკრომეტრები წარმოადგენს წინა პარაგრაფში განხილულ ხრახნაღიან მიკრომეტრთან შედარებით უფრო სრულყოფილ და ზუსტ ასათვლელ მოწყობილობას. აქ გადაადგილება ხდება ლიმბის ასათვლელი უბნის გამოსახულებისა და არა ასათვლელი ინდექსის (მაჩვენებლის), როგორც ეს ხდება ხრახნაღიან მიკრომეტრში. ოპტიკური მიკრომეტრების ძირითადი ნაწილია ოპტიკური ბისტემა, რომელიც მოიცავს ერთ ან რამდენიმე მოძრავ სხივის გადაამადგილებელ ელემენტს, რომელსაც აქვს სკალა, რათა განისაზღვროს მისი გადაადგილების ოდენობა. ასეთი მიკრომეტრები გამოიყენება მანძილზომებში, ნიველირებასა და კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში. ტექნიკური სიზუსტისა და ზუსტ კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში უფრო იყენებენ ცალმხრივ მიკრომეტრს, ხოლო ზუსტ და მაღალი სიზუსტის ინსტრუმენტებში — ორმხრივს; სადაც ისპობა წრედალიდადას ექსცენტრობის შეცდომა. ოპტიკური მიკრომეტრები გვხვდება ბრტყელ-პარალელური ფირფიტებით, ოპტიკური სოლითა და ლინზით. ამათგან უფრო გავრცელებულია პირველი ორი.

ცალმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრის სქემა ნაჩვენებია (1) ნახაზზე. იგი შედგება ობიექტივის 1, ბრტყელ-პარალელური ფირფიტისა 2, მინის ფირფიტისა 3 ბისექტორით  $I_1'$  და ოკულიარისაგან 4. ობიექტივი 1 იძლევა ლიშხის  $AB$  დანაყოფების  $A'B'$  გამოსახულებას (3) ფირფიტის  $I_1'$  ბისექტორის სიბრტყეში. ბრტყელ-პარალელური ფირფიტა შეიძლება ეაბრუნოს  $OO'$  ღერძის გარშემო  $m$  დანაყოფების მქონე დოლის 5 საშუალებით და შევუთავსოთ ლიშხის უმცროსი  $A'$  შტრიხი  $I_1'$  ბისექტორს.

ბრტყელ-პარალელური ფირფიტის 2  $\beta_m$  კუთხით  $OO_1$  ღერძის გარშემო შემობრუნებით (ნახ. 1<sup>ა</sup>) ხდება სხივების გადაადგილება  $d \frac{\pi-1}{\pi}$  ტვ  $\beta_m$  ოდენობით, რომელიც უდრის ლიშხის  $AB$  ერთი დანაყოფის  $A'B'$  გამოსახულებას, სადაც  $d$  არის მინის ფირფიტის სისქე და  $\pi$ —მისი გარდატეხის მაჩვენებელი. ფირფიტა 2 ნორმალურად დაყენებულად ითვლება, როცა მის



ნახ. 6.3.6.1.

შემობრუნებამდე (5) დოლზე  $I_2$  ინდექსით ნული ანათვალი (ნახ. 1<sup>ა</sup>) გახდება  $m$  ხსენებული ფირფიტის  $\beta_m$  კუთხით შემობრუნების შედეგად.  $\beta_m$  კუთხის სიმციროს გამო დოლზე ანათვლები ფირფიტის შემობრუნების კუთხის ტანგენსის პროპორციულად იცვლება, რის გამო  $I_1'$  ბისექტორისადმი მის ახლო ლიშხის  $A'$  უმცროსი შტრიხის შეთავსებისათვის გავლილ  $A_1 I_1'$  მანძილს შეესაბამება დოლზე  $k$  ანათვალი (ნახ. 1<sup>ა</sup>). მაშასადამე,

$$A' I_1' = d \frac{\pi-1}{\pi} \text{ტვ } \beta_m. \quad (6.3.6.1)$$

მიკრომეტრით ანათვლები ადგება. (1<sup>ა</sup>) ნახაზე  $C$  არის ლიბმის ცენტრი,  $A$  და  $B$  — მისი უმცროსი და უფროსი შტრიხი (მათ შორის რკალის შესაბამისი კუთხური მნიშვნელობა, ანუ საფასური, აღენიშნოთ  $l$  ასოთი),  $A'$  და  $B'$  — ხსენებული შტრიხების გამოსახულება ფირფიტის პიკტურაში და  $I_1$  — ბიექტორის პროექცია ლიბმის სიბრტყეში. ლიბზე სრული ანათვალი

$$S = N_A + \Delta l, \quad (6.3.6.2)$$

სადაც  $N_A$  არის ლიბმის უმცროსი შტრიხის შესაბამისი კუთხური ოდენობა:

$\Delta l$  — ლიბმის საფასურებში გამოსახული კუთხური ოდენობა, რომელიც იზომება მიკრომეტრით.

(1<sup>ა</sup>) ნახაზიდან

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{AI_1}{AB} = \frac{A'I_1'}{A'B'}.$$

$A'I_1'$  და  $A'B'$  სიდიდეების ნაცვლად შემომოყვანილი მათი მნიშვნელობების შეტანით დავწერთ:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\text{tg } \beta_k}{\text{tg } \beta_m},$$

ხოლო კუთხეების სიმცირის გამო რადიანებში მათი გამოსახვით მივიღებთ:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\beta_k}{\beta_m}.$$

როგორც აღენიშნეთ,  $\beta_k$  და  $\beta_m$  კუთხეები პროპორციულია მიკრომეტრზე  $k$  და  $m$  ანათვლებისა, ე. ი.

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{k}{m} \text{ და } \Delta l = \frac{l}{m} k. \quad (6.3.6.3)$$

(3) დამოკიდებულებაში  $\frac{l}{m}$  არის მიკრომეტრის დოლის ერთი დანაყოფის საფასური კუთხური განზომილებაში, რომელიც აღენიშნოთ  $\mu$  ასოთი. მაშასადამე, (3) ფორმულის სამუშაო სახე იქნება:

$$\Delta l = \mu k, \quad (6.3.6.4)$$

ხოლო ლიბზე სრული ანათვალი (2) დამოკიდებულების შესაბამისად განისაზღვრება ფორმულით:

$$S = N_A + \mu \cdot k. \quad (6.3.6.5)$$

იმ შემთხვევაში, როცა ფირფიტის (2) შებრუნების  $\beta$  კუთხე დილია, მაშინ მას უყენებენ შემაბრუნებელ ტანგენსურ მექანიზმს.

თანამედროვე ოპტიკურ კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში ლიბმის და მიკრომეტრის სკალის გამოსახულებას გადასცემენ სამზერი კოგრის გვერდით დაყენებული ერთი მიკროსკოპის მხედველობის არეში.

(1<sup>ე</sup> და 1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით, სადაც ნაჩვენებია მიკროსკოპის მხედველობის არე, ლიბების საფასური  $l=20^{\circ}$ , დოლის დანაყოფების რაოდენობა  $m=40$ . მისი ერთი დანაყოფის საფასური  $\mu=\frac{20^{\circ}}{40}=50^{\circ}$ , სიზუსტე  $t=\pm 5^{\circ}$ .

დოლზე წარწერებია გრადულმინუტებში. (1<sup>ე</sup>) ნახაზი შეესაბამება დოლზე ნულოვან ანათვალს. ამ დროს ლიბებზე ანათვალი არის  $N_A=361^{\circ}40'$ . დოლის ბრუნვით (ფირფიტის გადაწვევით) ბისექტორთან შევთავსებთ მის ახლო ლიბების წინა (უმცროს  $A$ ) შტრიხს. მაშინ (ნახ. 1<sup>ა</sup>) დოლზე ანათვალი უშუალოდ დათვლით იქნება  $k=17,2$ , ე. ი.  $\Delta l=17,2 \times 50^{\circ}=8^{\circ}60'$ , (5) ტოლობის მიხედვით სულ ლიბებზე ანათვალი იქნება  $S=361^{\circ}48'60''$ . როგორც ადუნიშნით, (1) ნახაზის მიხედვით დოლის წარწერები გრადულ მინუტებშია. მანისადამე, ანათვალი დოლზე პირდაპირ იქნება  $\Delta l=8^{\circ},6=8^{\circ}60'$ , ე. ი.  $S=361^{\circ}48'60''$ , რითაც ადვილდება ანათვლების აღება.

### B. მიაკრომატრი თაბიაური სოლი

წრედილიდადაზე დამაგრებული მიკროსკოპის ოკულარის ფოკალურ სიბრტყეში დაყენებული მინის (3) ფირფიტის  $I_1'$  ბისექტორის სიბრტყეში ვილებთ ლიბების  $A, B$  შტრიხის  $A'$  და  $B'$  გამოსახულებას მიკროსკოპის ობიექტივის 1 საშუალებით (ნახ. 2<sup>ა</sup>). ფირფიტასა 3 და ობიექტივს 1 შორის მიჯავსებულია ორი ერთნაირი 2 და 2' ობიექტური სოლი, რომლებიც დაყენებული არიან გარდამტეხი  $\Theta$  კუთხეებით ურთიერთსაწინააღმდეგოდ, ქვედა სოლი უძრავია, ხოლო ზედა შეიძლება გადაადგილდეს მიკროსკოპის ღერძის პარალელურად. მოძრავ სოლზე მიმაგრებულია მინის 4 ფირფიტა  $m$  რაოდენობის დანაყოფების სკალით, რომელზეც აიღება ანათვლები  $I_2$  ინდექსის საშუალებით. ამ სკალაზე ნულოვან ანათვალს შეესაბამება სოლის 2' საწყისი (გადაუადგილებელი) მდებარეობა; ამ დროს ობიექტივის 1 საშუალებით  $I_1'$  ბისექტორი გეგმილდება ლიბებზე  $I_1$  სახით. სოლის '2' მიკროსკოპის ღერძის პარალელურად  $i$  მანძილზე გადაადგილებით ქვედა სოლი გადახრის სხივს მარჯვნივ  $\varphi=\Theta(n-1)$  კუთხით, ხოლო ზედა 2' სოლი კი იმავე სხივს იგივე კუთხით მარცხნივ გადახრის. ასე რომ, სხივი დარჩება საწყისი მიმართულებით პარალელური, ხოლო გადაადგილდება (ნახ. 2<sup>ე</sup>)

$$\Delta = i \cdot t \cdot g \varphi \quad (6.3.6.6.)$$

სიდიდით.

ზედა სოლის სკალის მთელი  $l_m$  სიგრძით, ანუ სკალის  $m$  დანაყოფის რაოდენობით, გადაადგილებას შეესაბამება სხივის  $\Delta_m$  გადაადგილება, რომელიც უდრის ლიბების ერთი  $AB$  დანაყოფის  $A'B'$  გამოსახულებას,

$$A'B' = \Delta_m = l_m \cdot t \cdot g \varphi. \quad (6.3.6.7)$$

ანათვლები ს აღება. (2<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით ანათვლი ლიზმზე

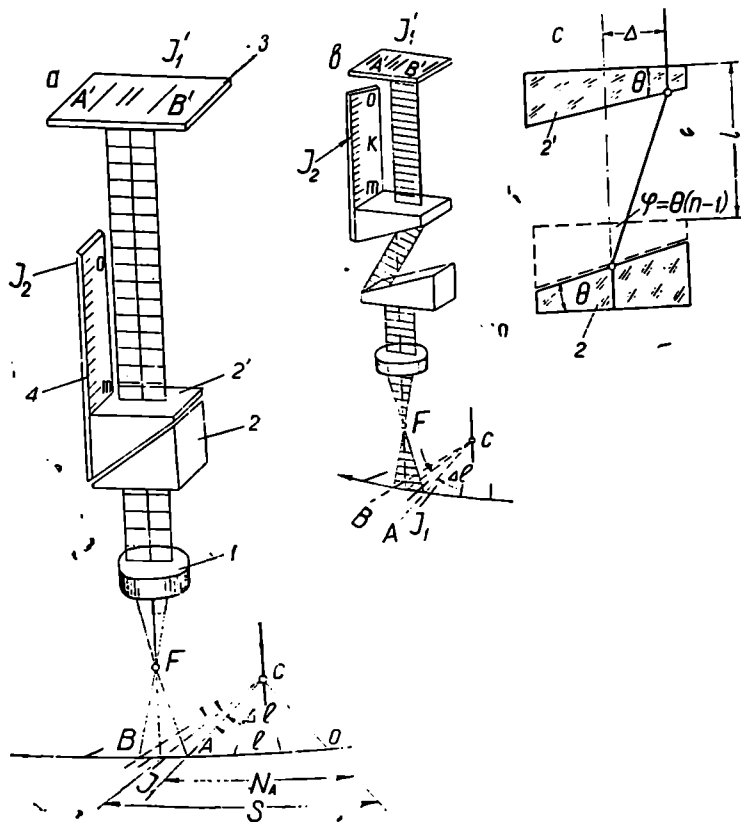
$$S = N_A + \Delta l \quad (6.3.6.8)$$

ღა

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{I_1' A'}{A' B'} \quad (6.3.6.9)$$

სადაც  $l$  არის ლიზმის ერთი დანაყოფის საფასური:

$\Delta l$  — ლიზმის ერთი დანაყოფის ნაწილი, რომელიც აითვლება მიკრომეტრით.



ნახ. 6.3.6.2.

აეწიოთ  $2'$  სოლი  $l_k$  სიმაღლეზე ისე, რომ ლიზმის  $A$  მცირე შტრიხი დაემთხვეს  $I_1'$  ბისექტორს (ნახ. 2<sup>ა</sup>) და ავიღოთ სკალაზე  $k$  ანათვლი. (7) ფორმულის შესაბამისად მივიღებთ

$$\Delta_k = I_1' A' = l_k \operatorname{tg} \varphi. \quad (6.3.6.10)$$



(9) დამოკიდებულებაში გამოვიყენოთ (10) და (7) დამოკიდებულებები, დავწერთ:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{l_k}{l_m} \text{ ანუ } \frac{\Delta l}{l} = \frac{k}{m}, \quad (6.3.6.11)$$

რადგანაც მიკრომეტრის დანაყოფების  $k$  და  $m$  რიცხვი პროპორციულია  $l_k$  და  $l_m$  სიგრძის. (11) დამოკიდებულებიდან მივიღებთ:

$$\Delta l = \frac{l}{m} \cdot k = \mu \cdot k, \quad (6.3.6.12)$$

სადაც  $\mu$ —მიკრომეტრის სკალის ერთი დანაყოფის საფასურია. ე. ი. ლიმბზე საბოლოო ანათვალი (8) დამოკიდებულებით იქნება:

$$S = N_A + \mu \cdot k. \quad (6.3.6.13)$$

მაშასადამე, ლიმბზე სრული ანათვალი ტოლია ინდექსის ახლო წრედის უმცროსი შტრიხის შესაბამისი  $N_A$  კუთხური ოდენობისა და სკალაზე აღებული  $k$  ანათვალისა და მისი  $\mu$  საფასურის ნამრავლის ჯამისა.  $k$  არის დანაყოფების რიცხვი სკალაზე, რომელიც შეესაბამება  $2'$  სოლის აწევას მანამ, სანამ  $A'$  უმცროსი შტრიხი არ შეუთავსდება  $I_1'$  ბისექტორს (ინდექსს).

მიკრომეტრის გამოკვლევას აწარმოებენ (6.3.4.1) სქემის ანალოგიურად.

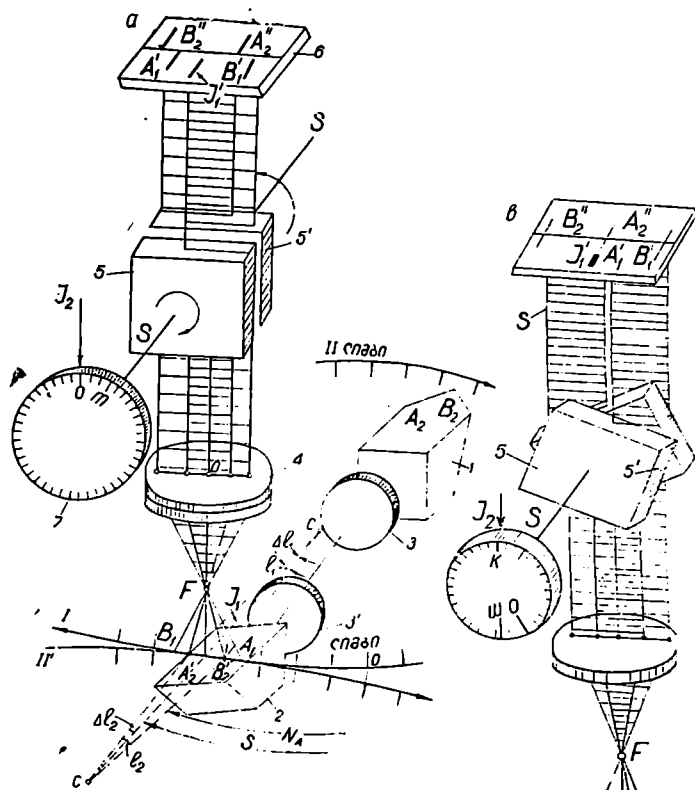
### 6.8.7. ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრი

ასეთი მიკრომეტრები გავრცელებულია ზუსტი და მაღალი სიზუსტის ოპტიკურ ინსტრუმენტებში. კუთხსაზომი წრედის  $l$  საფასურის ინტერვალის მიკრომეტრით გაზომვა ეყრდნობა წრედის დიამეტრალურად მოპირდაპირე შტრიხების გამოსახულების ტორსულად (გრეხილად) შეთავსების პრინციპს. მიკრომეტრის სკალაზე აღებული ანათვლები თავისუფალია ალიდადის ექსცენტრობისა და ინდექსის არასწორად მდებარეობის შეცდომისაგან.

#### A. ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრი ზრბხალ-პარალელური ფირფიტებით

(1<sup>ა</sup>) ნახაზზე ნაჩვენებია, რომ ალიდადას სახურავისმაგვარი, ანუ დახპრიზმა 1 და მართკუთხა 2 პრიზმა,  $1 \times$  გამადიდებლობის მქონე რთულ, 3, 3' ობიექტივთან ერთად იძლევა ლიმბის II მხარის რკალის II' გამოსახულებას იის საწინააღმდეგო I ნაწილის რკალის დანაყოფების სიბრტყეში. II' რკალის მიმართულება (წარწერები) საწინააღმდეგოა I რკალისა, ამიტომ ვერტიკალური ღერძის გარშემო ალიდადის ბრუნვით ისინი ერთნაირი სიჩქარით გადაადგილდებიან ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეზე. ლიმბის დანაყოფები ობიექტივის 4 საშუალებით გვემილდება  $I_1'$  ინდექსის მქონე მინის ფირფიტაზე  $\pm$  ისე, რომ ლიმბის ერთი მხრიდან წამოსული სხივები ვადის ბრტყელ-პარალელურ ფირფიტაში 5, ხოლო მეორე მხრიდან წამოსული სხივები კი—ფირფიტაში 5'.  $m$  დანაყოფების მქონე დოლის 7 საშუალებით ფირფიტები 5 და 5' ბრუნავს ტოლი სიჩქარით ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით და მათში

ვავლილ სხივებს ურთიერთშეუთავსებს ან აშორებს. დოლის 7 ერთი სრული შემობრუნებით, რომელსაც შეესაბამება  $m$  ანათვალი, თითო ფირფიტით ხდება სხივების გადაადგილება ლიმბის ერთი დანაყოფის გამოსახულების ნახევრით.  $I_1'$  ბისექტორს (ინდექსს) ყოველთვის უჭირავს ლიმბის ორი ურ-



ნახ. 6.3.7.1.

თერთ დიამეტრალურად მოპირდაპირე (თანამოსახელე) შტრიხების თანხდენის (შეთავსების) ადგილი; მაგალითად, იგი მდებარეობს  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ — $200^{\circ}$ , და ა. შ. შტრიხების შეთავსების ადგილას.

ანათვლების აღება. ლიმბის I ნაწილზე  $A_1$  და  $B_1$  არის უმცროსი და უფროსი შტრიხები, ხოლო II ნაწილზე მათი შესაბამისი დიამეტრალურად ( $180^{\circ}$ -სით განსხვავებული) მოპირდაპირე უმცროსი და უფროსი შტრიხია  $A_2$  და  $B_2$ , რომელთა პროექცია ლიმბის II' გამოსახულებაზე არის  $A_2'$  და  $B_2'$ ; მართკუთხა (2) პრიზმაზე  $I_1$  არის (6) ფირფიტის  $I_1'$  ინდექსის (ბისექტორის) პროექცია, რომელიც ლიმბის სიბრტყეში მდებარეობს. ამ შემ-

თხვევაში ალიდადის ექსცენტრობისაგან თავისუფალი ანათვალ ლიმბზე იქ-  
ნება (ნახ. 1<sup>ა</sup>):

$$S = N_A + \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{2} = N_A + \Delta l_{\text{სა}}, \quad (6.3.7.8)$$

სადაც  $\Delta l_1$  და  $\Delta l_2$  არის კუთხური ოდენობები იმ რკალებისა, რომლებიც შეესაბამებიან  $A_1$  და  $A_2'$  შტრიხებიდან  $I_1$  ინდექსამდე მანძილებს, რომლებიც ისაზღვრებიან მიკრომეტრის დოლის 7 ანათვლებით;  $N_A$  — ჩვეულებრივ უმცროსი შტრიხის გრადუსებისა (გრადების) და ათე-  
ული მინუტების ოდენობა.

როგორც აღვნიშნეთ,  $\Delta l_1$  ოდენობას საზღვრავენ ბრტყელ-პარალელუ-  
რი 5. ხოლო  $\Delta l_2$ -ს — 5' ფირფიტებით.

(7) დოლის ნული (ნახ. 1<sup>ა</sup>) დაეყენოთ მისი  $I_2$  ინდექსის პირისპირ. მა-  
შინ ორივე ბრტყელ-პარალელური ფირფიტა დადგება ნორმალურად (თა-  
რახულად) და მინის ფირფიტაზე (6) ლიმბის I და II' ნაწილების  $A_1$ ,  $A_2'$   
უმცროსი შტრიხების  $A_1'$ ,  $A_2''$  გამოსახულებანი  $I_1'$  ინდექსიდან იქნება  
დაშორებული ტოლ ან ურთიერთ არატოლ მანძილებზე (ნახ. 1<sup>ა</sup>). მაშასადამე,  
აქ განიხილება ორი შემთხვევა: I, როცა  $\Delta l_1 = \Delta l_2$ , და II, როცა  $\Delta l_1 \neq \Delta l_2$ .  
ვაბრუნოთ (7) დოლი (1<sup>ა</sup>) ნახაზზე ნაჩვენები მიმართულებით და  $A_1'$   
გამოსახულება შევეუთავსოთ  $I_1'$  ინდექსს, დოლის სკალაზე ავიღოთ ანათვა-  
ლი  $k_1$ ; (ნახ. 1<sup>ბ</sup>) გვიჩვენებს, რომ (5 და 5') ფირფიტები შებრუნდება ურთი-  
ერთსაწინააღმდეგო მხარეზე, ე. ი. თუ  $I_1'$  ინდექსი იმყოფებოდა წრედის  
ორივე ნაწილის უმცროს  $A_1'$  და  $A_2''$  გამოსახულებების შუაში (პირ-  
ველი შემთხვევა), მაშასადამე, ინდექსთან შეირწყმოდა  $A_2''$  შტრიხიც. ამ  
შემთხვევაში  $k_2$  ანათვალ დოლზე იგივე  $k_1$  იქნება და თანახმად (6.3.6.4) და  
(8) ფორმულებისა, დაეწერთ:

$$\Delta l_{\text{სა}} = k_1 \mu = \Delta l_1 = \Delta l_2, \quad (6.4.7.9)$$

სადაც  $\mu$  — დოლის ერთი დანაყოფის საფასურია. დავეუვათ, რომ ლიმბის  $A_1'$   
და  $A_2''$  უმცროსი შტრიხები  $I_1'$  ინდექსიდან ტოლ მანძილზე არ არის და-  
შორებული (ნახ. 2<sup>ა</sup>). ამ შემთხვევაში თანამიმდევრობით შევეუთავსებთ  $I_1'$   
ინდექსს ჯერ  $A_1'$  შტრიხს (ნახ. 2<sup>ბ</sup>) და ავიღებთ  $k_1$  ანათვალს; შემდეგ გა-  
ვაჯრძელებთ დოლის პირდაპირ ან საწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვას  
მანამ, სანამ  $A_2''$  შტრიხი არ შევეუთავსდება იმავე ინდექსს (ნახ. 2<sup>ვ</sup>) და ავი-  
ღებთ დოლზე  $k_2$  ანათვალს. მაშასადამე, მიკრომეტრით განსაზღვრული კუთ-  
ხეები, (6.3.6.4) ფორმულის შესაბამისად,

$$\Delta l_1 = k_1 \mu, \quad \Delta l_2 = k_2 \mu,$$

რომელთა შეტანით (8) ფორმულაში მივიღებთ საშუალო, ანუ ალიდადას ექს-  
ცენტრობისაგან თავისუფალ ანათვალს:

$$S = N_A + \frac{k_1 + k_2}{2} \cdot \mu, \quad (6.3.7.9')$$

თუ დავაკვირდებით (2<sup>ბ</sup>) და (2<sup>ვ</sup>) ნახაზს, ფაქტობრივად ვიღებთ (2<sup>ა</sup>) ნახაზს, ე. ი. ლიშბის ხსენებულ  $A_1'$  და  $A_2''$  შტრიხები ფაქტობრივად უთავსდება ერთმანეთს ზუსტად მათი საწყისი მდგომარეობის შუა  $I_0$  ინდექსის ადგილას (სადაც უნდა იყოს დაყენებული  $I_1'$  ინდექსი), რადგანაც ურთიერთობა (5 და 5') ფირფიტები ტოლი დახრის კუთხით და სიჩქარით ბრუნვა ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეზე. აღნიშნულის გამო, როცა  $A_1'$  და  $A_2''$  შტრიხებს ერთმანეთს შევეუთავებთ,  $k_0$  ანათვალის იქნება  $k_1$  და  $k_2$  ანათვლების საშუალო არითმეტიკული (თავისუფალი ალიდადის ექსცენტრობისაგან) და სამუშაო ფორმულას ექნება ისეთივე სახე, როგორც გვექონდა ცალმხრივი მიკრომეტრის დროს:

$$S = N_A + k_0 \mu. \quad (6.3.7.10)$$

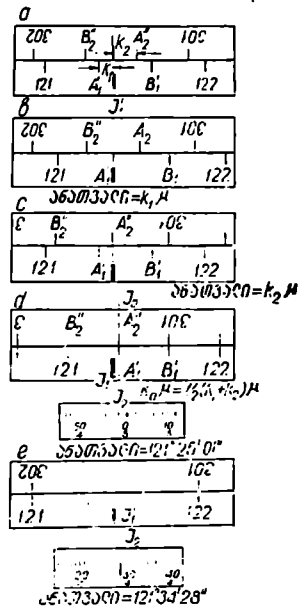
(2<sup>ა</sup>) ნახაზზე ლიშბის საფასური  $l=20'$ , დოლის დანაყოფების რიცხვი  $m=600$ , დოლის ერთი სრული ბრუნვა შეესაბამება ლიშბის ერთი მცირე დანაყოფის ნახევარს, ე. ი.  $10''$ -ს, მაშასადამე, დოლის ერთი დანაყოფის საფასური  $\mu = 10' : 600 = 1''$ ; (10) ტოლობის მიხედვით  $N_A = 121'20''$ . დოლზე  $I_2$  ინდექსით ანათვლების აღებისათვის საჭიროა ვიცოდეთ, რომ მისზე წარწერები ქვემოთ მინუტებია, ხოლო ზემოთ—სეკუნდები. მაგალითად, ქვემოთ 1' ექვსჯერ არის განმეორებული და ზემოთ მიეწერება  $10'', 20'', 30'', 40'', 50'', 60''$ , შემდეგ 2'—ექვსჯერ და მიეწერება ზემოთ, შესაბამისად,  $10'', 20'', 30'', 40'', 50'', 60''$  და ა. შ. მაშასადამე, (2<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით დოლზე ანათვალის  $I_2$  ინდექსით იქნება  $5'01''$ . წარწერები, რომ ასე არ იყოს, მაშინ უნდა დაგვეთვალა  $k$ . ეს კი იქნებოდა  $301''$  და გადაგვემრავლებია  $\mu=1''$ -ზე. ასე რომ, საბოლოო ანათვალის ლიშბზე იქნება:

$$S = 121'20'' + 5'01'' = 121'25'01''.$$

$A_1'$  და  $A_2''$  შტრიხების შეთავსების შემთხვევაში ინდექსს შეიძლება ექნეს მათთან შეთავსებული (2<sup>ა</sup> ნახაზი  $I_0$  ინდექსი) ან მათ შორის შუა მდებარეობა (ნახ. 2<sup>ა</sup>,  $I_1'$  ინდექსი). პირველ შემთხვევაში ლიშბზე ანათვლები იქნება მისი  $l$  საფასურის ჯერადი ( $121'20''$ ). ხოლო მეორე შემთხვევაში კი  $l$  საფასურის ნახევრის ჯერადი ( $121'30''$ ).

(2<sup>ბ</sup>) ნახაზის მიხედვით ზემოთ განხილული წესის თანახმად:  $N_A = 121'30''$ , ხოლო  $I_2$  ინდექსით  $k\mu = 4'28''$ , ე. ი.

$$S = 121'34'28'',$$



ნახ. 6.3.7.2.

ლიმბზე  $N_A$  ანათვლები შეიძლება ავილოთ; არა  $I_1'$  ინდექსით, არამედ მის ორივე მხარეზე მდებარე ლიმბის ერთსახელა ანუ დიამეტრალურად მოპირდაპირე ( $180^\circ$  გრადუსით განსხვავებულ) შტრიხებს შორის ლიმბის დანაყოფების რაოდენობის გამოყენებით, მაგალითად, ( $2^\circ$ ) ნახაზის მიხედვით,  $I_0$  ინდექსის ორივე მხარეზე ლიმბის მოპირდაპირე შტრიხებია  $121^\circ$  და  $301^\circ$ , რომელთა შორის არის ორი დანაყოფი, ამიტომ ლიმბზე ანათვლი იქნება

$$N_A = 121^\circ + 2_i \times \frac{1}{2} 20' = 121^\circ 20'.$$

( $2^\circ$ ) ნახაზის მიხედვით. ასევე არ ვაქცევთ ინდექსს ყურადღებას, მხოლოდ მის ორივე მხარეზე ერთსახელა  $121^\circ$  და  $301^\circ$  შორის ვითვლით სამ დანაყოფს.  
ე. ო.  $N_A = 121^\circ + 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20' = 121^\circ 30'$ .

მაშასადამე, ლიმბზე ანათვლის ასაღებად ინდექსის ახლო ლიმბის I ნაწილის უმცროსი შტრიხის გრადუსულ ოდენობას ვუმატებთ ინდექსის ორივე მხარეზე ლიმბის ერთსახელა შტრიხებს შორის დანაყოფების რაოდენობის ნაძრავლს  $\frac{l}{2}$ -ზე.

ასეთი წესით ავიცილებთ ლიმბზე გრადუსებს შორის ათეულ მინუტების ადების დროს შეცდომას, მით უმეტეს მაშინ, როცა ინდექსი ზუსტად არ არის თავის ადგილზე.

#### B. ოპტიკურსოლანიანი ორმხრივი მიკრომეტრი

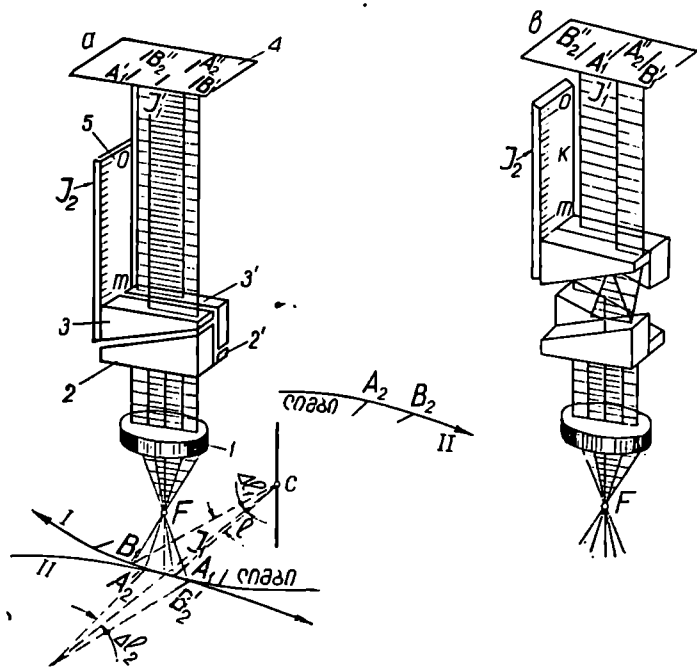
ისევე, როგორც ბრტყელ-პარალელურ ფირფიტებიან მიკრომეტრს, სოლებიან მიკრომეტრსაც აქვს დაყენებული ერთი ტოლი გამადიდებლობის მქონე რთული ობიექტივი ალიდადას დახპრიზმა და მართკუთხა პრიზმა ( $3^\circ$  ნახაზზე ნაჩვენებია არ არის), რომლებიც იძლევიან ლიმბის II ნაწილის II' გამოსახულებას მის მოპირდაპირე I ნაწილის სიბრტყეში.

ობიექტივსა 1 და  $I_1'$  ინდექსიანი მინის ფირფიტას 4 შორის მოთავსებულია ორი წყვილი ოპტიკური ( $2, 2'$  და  $3, 3'$ ) სოლები, რომლებსაც აქვთ ტოლი სხივგარდამტეხი კუთხეები და ამ კუთხეებით დაყენებული არიან ურთიერთსწინააღმდეგო მიმართულებით. სოლების ქვედა 2 და  $2'$  წყვილი უძრავია, ზედა წყვილი 3 და  $3'$  შეიძლება გადავაადგილოთ მიკროსკოპის ლერძის პარალელურად. ზედა ( $3$  და  $3'$ ) სოლების ბუდეზე მიმაგრებულია მინის (5) ფირფიტა  $m$  დანაყოფების მქონე მიკრომეტრის სკალით და  $I_2$  ინდექსით, რომლითაც საზღვრავენ ლიმბის  $\Delta l$  ოდენობას.

(2) ზოლი სხივებს გადახრის მარჯვნივ, ხოლო  $2'$ —მარცხნივ; ზედა ( $3$  და  $3'$ ) სოლები კი, შესაბამისად, საწინააღმდეგოდ გადახრის სხივებს, რითაც სხივების პარალელურობა არ ირღვევა, მხოლოდ ხდება მათი გადაადგილება. ( $2$  და  $3$ ) სოლებში გადის სხივები ლიმბის I ნაწილიდან, ხოლო ( $2'$  და  $3'$ ) სოლებში კი დიამეტრალურად საწინააღმდეგოდ ანუ II' ნაწილიდან. პირველი წყვილი სოლით იზომება  $\Delta l_1$ , ხოლო მეორეთი  $\Delta l_2$  კუთხე ( $I_1$  ინდექსიდან უმცროს  $A_1$  და  $A_2$  შტრიხებამდე რკალის კუთხური მნიშვნელობა).

სოლების ნორმალურ მდებარეობას (ნახ.  $3^\circ$ ) მიკროსკოპის (5) სკალაზე

შეესაბამება  $I_2$  ინდექსით ანათვალის ნული (3 და 3') სოლების ერთ სრულ გადაადგილებას, ანუ  $I_2$  ინდექსით სკალაზე სრულ  $m$  ანათვალს შეესაბამება მიკროსკოპის ოკულარის ფოკალურ სიბრტყეში მოთავსებული მინის ფირფიტაზე 4 მიღებული ერთსახელა შტრიხების გამოსახულების გადაადგილება ლიმბის დანაყოფის (სათასურის) ნ ა ხ ე ვ რ ი თ (ნახ 3<sup>ა</sup>), რადგანაც ყოველი



ნახ. 6.37.3.

სოლი აადგილებს ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით სხივს მათი ძვრის პროპორციულად.

ანათვლების აღება. ლიმბზე მიკრომეტრით ანათვლები (6.3.6.12) ფორმულის შესაბამისად იქნება:

$$\Delta l_1 = k_1 \mu \text{ და } \Delta l_2 = k_2 \mu, \quad (6.3.7.11)$$

ხადაც  $\Delta l_1, \Delta l_2$  არის  $I_1'A_1'$  და  $I_1'A_2''$  რკალების კუთხური ოდენობა (ნახ. 3<sup>ა</sup>);  $k_1, k_2$  — შესაბამისად,  $I_2$  ინდექსით (5) სკალაზე ანათვალის ლიმბის I ნაწილის უმცროსი  $A_1'$  შტრიხის  $I_1'$  ინდექსისადმი შეთავსების დროს და ასევე II' ნაწილის უმცროსი ერთსახელა ( $180^\circ$  განსხვავებული)  $A_2''$  შტრიხის  $I_1'$  ინდექსისადმი შეთავსების დროს;

$\mu = \frac{l}{m}$  — სკალის 5 ერთი დანაყოფის საფასური ლიმბის საფასურებში;

$l$  — ლიმბის ერთი დანაყოფის საფასური კუთხურ განზომილებაში;

$m$  — სკალაზე 5 დანაყოფების რაოდენობა.

ალიდადას ექსცენტრობისაგან თავისუფალი სრული ანათვალის ლიმბზე იქნება:

$$S = N_A + \frac{k_1 + k_2}{2} \mu. \quad (6.3.7.12)$$

აქაც ისევე, როგორც ფირფიტების შემთხვევაში, ფაქტობრივად მიკრომეტრით ისაზღვრება არა  $\Delta l_1$  და  $\Delta l_2$ , არამედ მათი საშუალო  $\Delta l_0$ , რადგანაც ლიმბის ორივე ნაწილის ერთსახელა უმცროსი  $A_1'$  და  $A_2''$  შტრიხების გამოსახულება თანამიმდევრობით უთავსდება არა ინდექსს, არამედ ურთიერთს (სადაც სპირაო იყოს ინდექსი) (ნახ. 3<sup>b</sup>) და შტრიხების შეთავსებისას აღებული ანათვალის სკალაზე 5 იქნება ავტომატურად  $k_1$  და  $k_2$  საშუალო არითმეტიკული. მაშასადამე,

$$S = N_A + k_0 \mu. \quad (6.3.7.13)$$

სოლებიანი მიკრომეტრი ფირფიტებიანი მიკრომეტრთან შედარებით უფრო მარტივი და ზუსტია, აგრეთვე საშუალებას იძლევა ლიმბის შტრიხები გადავადგილოთ დიდ ინტეოვალზე, მხოლოდ ის მეტ გაბარიტს მოითხოვს.

### 6.3.7.3. ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრის გამოკვლევა

ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრის  $r$  რენის ანუ ლიმბის ნახევარდანაყოფის ნომინალურ (ნაგულისხმებ) ოდენობასა და მიკრომეტრით განზომის შიარის სხვაობის განსაზღვრა, ისევე, როგორც ცალმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრისა, ხდება ლიმბის სხვადასხვა ნაწილების გამოკვლევით. პირველ რიგში მიკრომეტრის დოლის ბრუნვით აყენებენ ანათვალს დაახლოებით ნულზე ( $l_2$  ინდექსთან ათავსებენ სკალის ნულს) და შემდეგ ალიდადას მიკრომეტრული (დამყენებელი, მიმართავი) ხრახნით დაახლოებით ურთიერთს შეუთავსებენ ლიმბის დიამეტრალურად მოპირდაპირე შტრიხებს, მაგალითად,  $0^\circ$  და  $180^\circ$ . მიკრომეტრისა და ალიდადას ამდაგვარად დაყენების შემდეგ შეუდგებიან დაკვირვებას:

1. მიკრომეტრის დოლის ბრუნვით ზუსტად უთავსებენ ლიმბის მოპირდაპირე  $A$  და  $(A+180^\circ)$  შტრიხებს (ნახ. 4<sup>a</sup>), იღებენ  $a_1$  ანათვალს, აშლიან მიკრომეტრს და ისევ ზუსტად უთავსებენ ხსენებულ შტრიხებს და იღებენ  $a_2$  ანათვალს;

2. ლიმბის ზედანაწილის გამოსახულების რენის კერძო მნიშვნელობის დადგენისათვის მიკრომეტრის დოლის ბრუნვით მთელი სკალის სიგრძის შესაბამისად ლიმბის სკალის ზედა ნაწილს ანუ  $(A-l)$  შტრიხს ორჯერ ზუსტად შეუთავსებენ  $(A+180^\circ)$  შტრიხს (ნახ. 4<sup>b</sup>) და იღებენ მიკრომეტრზე  $b_1$  და  $b_2$  ანათვალს. ამ დროს  $A$  და  $(A+180^\circ-l)$  შტრიხები შეთავსებულ-

ლი უნდა იყოს, მაგრამ რადგანაც ეს არ სრულდება, ამიტომ ლიშის ქვედა ნაწილის გამოსახულების რენის კერძო მნიშვნელობის დასადგენად ანალოგიური მოქმედებით ორჯერ უთავსებენ  $A$  და  $(A+180^\circ-1)$  შტრიხებს (ნახ. 4<sup>ე</sup>) და იღებენ  $c_1$  და  $c_2$  ანათვლებს მიკრომეტრის სკალაზე.

ზემოხსენებულ მოქმედებებს იმეორებენ ლიშის სხვადასხვა ნაწილებზე და ყოველ ჯერზე (ილეთზე) ითვლიან  $a_1-b_1+\frac{l}{2}$ ,  $a_1-c_1+\frac{l}{2}$ ,  $a_2-b_2+\frac{l}{2}$ ,

$$a_2-c_2+\frac{l}{2} \text{ სხვაობებს; საზღვრავენ მათს } \frac{\left(a_1-b_1+\frac{l}{2}\right)+\left(a_2-b_2+\frac{l}{2}\right)}{2},$$

$$\frac{\left(a_1-c_1+\frac{l}{2}\right)+\left(a_2-c_2+\frac{l}{2}\right)}{2} \text{ საშუალოებს. მაგალითად, (1) სქემაში მო-}$$

ცემულია  $T2$  თეოდოლიტის გამოკვლევა, რომლის ლიშის საფასური  $l=20'$ , მიკრომეტრის დოლის დანაყოფები  $m=600$ , რომლის სრული ბრუნვა შესაბამისი უნდა იყოს  $\frac{l}{2}$ -ს, ე. ი. დოლის დანაყოფის საფასური  $\mu=10':600=1''$ .

მაშასადამე, ყოველი მეორე მოქმედების ანათვალი იქნება  $b_1-10'$  და შესამე მოქმედებისა  $c_1-10'$ , რის გამო (1) სქემაში განსაზღვრულია ლიშის ზემო და ქვემო ნაწილის რენების კერძო მნიშვნელობები:  $a_1-b_1+10'=+0'', 2-(-0'', 2)=+0'', 4$ ;  $a_1-c_1+10'=+0'', 2-(-1'', 9)=+2'', 1$ ;  $a_2-b_2+10'=+0'', 8-(-0'', 2)=+1'', 0$ ;  $a_2-c_2+10'=+0'', 8-(-1'', 3)=+2'', 1$  და მათი საშუალოები.  $\frac{+0'', 4+1'', 0}{2}=+0'', 7$ ;  $\frac{+2'', 1+2'', 1}{2}=+2'', 1$ . შემდეგ ისა-

ზღვრება მიღებულ კერძო მნიშვნელობათა საშუალოები

$$r_1 = \frac{+0,70+(-0,25)+1,70+(-0,70)+0,00+(-0,70)+0,30+0,60}{8} = +0'', 21$$

და

$$r_2 = \frac{+2,10+0,65+1,05+(-0,70)+0,00+(-0,25)+(-0,55)+0,90}{8} = +0'', 40,$$

რომლებიც შეესაბამებთან (1) სქემაში ნაჩვენებ ლიშის პირდაპირი სკლის (ალიდალის საათის ისრის მიმართულებით ბრუნვას) ანათვლების ინტერვალებს. ანალოგიურად განისაზღვრება ლიშის  $r_1'+10'$  ზედა და  $r_2'+10'$  ქვედა ნაწილის რენების საშუალო წრედალიდალას შებრუნებული ბრუნვის შესაბამისად (სქემა 1). შემდეგ ისაზღვრება ლიშის ზედა და ქვედა ნაწილის გამოსახულება რენის საშუალოებით

$$r_3 = \frac{r_1+r_1'}{2} = \frac{+0'', 21+0'', 10}{2} = +0'', 16;$$

(6.3.7.14)

$$r_4 = \frac{r_2+r_2'}{2} = \frac{+0,40+0,55}{2} = +0'', 48.$$



აღიარდს დაყენება ლობზე	პირდაპირი სვლა						აღიარდს დაყენება ლობზე	შებრუნებული სვლა									
	ა1		ა2-10'		ა3-10'			ა1		ა2-10'		ა3-10'					
	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12					
0° 00'	+0,2	-0',2	-1",9	+0',4	+2',1	22° 20'	-2",0	-2",2	-3",0	+0',2	+1",0	-2",0	-2',0	-2',5	0,0	+0,10	+0,75
45 20	+0,8	-0,2	-1,8	+1,0	+2,1	67 40	-2,0	-2,0	-2,5	+1,6	+1,9	+0,4	+0,6	+0,6	+0,3	+1,2	+1,0
90 40	0,0	0,0	-1,0	0,0	+1,0	113 00	+1,6	+1,9	+0,4	0,0	+0,3	+0,4	+0,2	+0,2	-0,3	-0,4	-0,3
135 00	-0,7	-0,2	-1,0	-0,5	+0,3	157 20	+1,6	+1,3	+0,6	0,0	+0,3	+0,2	+0,3	+0,2	-0,3	-0,2	-0,2
			საშუალო	+0,70	+2,10				საშუალო								
			საშ.	0,0	+1,0												
			საშ.	-0,2	-1,0												
			საშ.	-0,2	-1,0												
			საშ.	-0,25	+0,65												
			საშ.	+1,7	+1,1												
			საშ.	+1,7	+1,0												
			საშ.	+1,70	+1,05												
			საშ.	-0,4	-0,8												
			საშ.	-1,0	-0,6												
			საშ.	-0,70	-0,70												

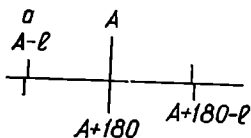
პარამეტრები

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
180 20	+0,5 +1,2	+0,6 +1,1	+0,7 +1,0	-0,1 +0,1	-0,2 +0,2	202 40	+1,4 +0,7	+0,6 -0,2	-0,9 -1,0	+0,8 +0,9	+2,3 +1,7
			საშ.	0,00	0,00					+0,85	+2,00
225 40	+0,2 +0,8	+1,2 +1,2	+0,5 +1,0	-1,0 -0,4	-0,3 -0,2	248 00	0,0 -0,4	-0,9 -0,4	-0,2 -1,0	+0,9 0,0	+0,2 +0,6
			საშ.	-0,70	-0,25					+0,45	+0,40
270 00	-2,0 -2,0	-2,2 -2,4	-1,0 -1,9	+0,2 +0,4	-1,0 -0,1	292 20	-0,8 -1,0	-0,5 -1,4	-1,2 -0,9	-0,3 +0,4	+0,4 -0,1
			საშ.	+0,30	-0,55					+0,05	+0,15
315 20	-1,0 -1,2	-1,4 -2,0	-2,1 -1,9	+0,4 +0,8	+1,1 +0,7	337 40	+1,1 +0,9	-0,2 -0,6	-0,8 -0,7	+1,8 +1,5	+1,9 +1,6
			საშ.	+0,60	+0,90					+1,40	+1,75
			საშედილი	$r_1=0,21$	$r_2=0,40$					$r_1'=0,10$	$r_2'=0,55$

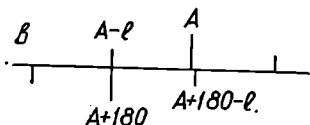
რენის საბოლოო ოდენობის განსაზღვრა ხდება მათი საშუალოთი და სხვაობით

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{r_b + r_j}{2} = \frac{+0",16 + 0",48}{2} = +0",32 \\ \Delta r &= r_b - r_j = 0",16 - 0",48 = -0",32 \end{aligned} \right\} \quad (6.3.7.15)$$

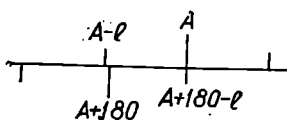
(15) ტოლობით განსაზღვრული ოდენობები საერთოდ არ უნდა აღემატებოდეს ლიშბის საფასურის 0,2%-ს. ჩვენ-



ში მიღებულია, რომ  $OT=0,2M$  თეოდოლიტისათვის ისინი არ უნდა გადასცილდნენ  $0",5$ -ს, ხოლო  $T2$  თეოდოლიტში  $1"$ -ს.



ამჟამად ხრახნიან მიკრომეტრებში რენის განსაზღვრას არ აწარმოებენ, რადგანაც მათ სკალაზე თვალთ ანათვლის აღების შეცდომა მეტია რენის ოდენობაზე.



საერთოდ, როცა რენი მეტი გამოდის დასაშვებ ოდენობაზე, ანათვლებში შეაქვეთ შესწორება შებრუნებული ოდენობით:

$$\Delta r = \frac{2r}{l} k, \quad (6.3.7.16)$$

ნახ. 6.3.7.4

სადაც  $k$  არის ანათვლი სკალაზე (კუთხურ ერთეულებში);

$l$  — ლიშბის ერთი დანაყოფის საფასური.

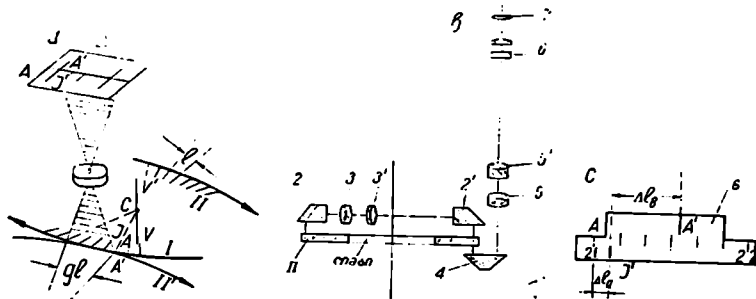
საერთოდ კი სჯობს თეოდოლიტის ზუსტება სახელოსნოში შესრულდეს.

### 6. 3. 8. ოპტიკური შემფასებელი

ოპტიკური შემფასებელი წარმოადგენს „უსკალო“ ასათვლელ მოწყობილობას, რადგანაც ლიშბის I სკალის უბანი გამოიყენება მასზე და ოპტიკურ შემფასებელზე ანათვლების მისაღებად, ხოლო ლიშბის II მოპირდაპირე ნაწილის II' გამოსახულების შტრიხები—ინდექსებად (მაჩვენებლად, ამ შემფასებლისადმი მიკუთვნებული ლიშბის I ნაწილის სხენებული სკალა ისაზღვრება ლიშბის II ნაწილის ერთი დანაყოფის II' გამოსახულებით ( $1^{\circ}$  ნახაზზე ლიშბის II ნაწილის II' გამოსახულებების ერთ დანაყოფს შეესაბამება ლიშბის I ნაწილის (შემფასებლის) სკალაზე ოთხი დანაყოფი). ( $1^{\circ}$ ) ნახაზის აღიდადაზე დამაგრებული სახურავისებრი 2 (დაპირიზმა) მართკუთხა პრიზმა 2' და რთული ობიექტივი 3, 3', რომლებსაც აქვეთ ერთზე მეტი ნივლი რიცხვების შესაბამისი გამადიდებლობა (რადგანაც ლიშბის II' გამოსახულების ერთ დანაყოფს შეესაბამება შემფასებლის სკალის ანუ ლიშბის I ნაწილის ოთხი დანაყოფი), იძლევა ლიშბის II ნაწილის II' გამოსახულებას

მისი მოპირდაპირე I ნაწილის სიბრტყეში. განხილად შემთხვევებში  $g = 4 \times$ ; ზრიზმა 4 და ობიექტივი 5 და 5' (ნახ. 1<sup>ა</sup>) აგეგმილებს ლიმბის ორივე ნაწილის გამოსახულებას I' მაჩვენებლის მქონე ფირფიტის 6 სიბრტყეში (ნახ. 1<sup>ა</sup>). როცა ლიმბის I ნაწილის A და II' ნაწილის A' შტრიხები შეთავსებულია. მაშინ I' ინდექსიც მათდამი შეთავსებულ მდგომარეობაშია (ნახ. 1<sup>ა</sup>).

ანათვლების აღება. ვთქვათ, 3 და 3' ობიექტივის  $g$  გამადიდებლობა არის ერთზე მეტი მრგვალი რიცხვი (განხილად შემთხვევაში  $g=4$ ), მაშინ ლიმბის II ნაწილის ერთი l დანაყოფის II' გამოსახულებას შეესაბამება I ნაწილის რკალის დანაყოფების  $g$  რაოდენობა.



ნახ. 6.3.8.1.

ვერტიკალური ღერძის ირგვლივ აღიდადას ბრუნვით შევუთავსოთ დამეტრალურად მოპირდაპირე ლიმბის A და A' შტრიხების გამოსახულება ურთიერთს (ნახ. 1<sup>ა</sup>); მივიღებთ ლიმბის უმცროს A შტრიხის შესაბამის  $N_A$  ანათვალს, ათვლილს II' ნაწილის A' შტრიხით (I' ინდექსიც მათთან არის). შევებრუნოთ აღიდადა  $\Delta l_a$  კუთხით (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ამავე ოდენობის კუთხით ვადაადგილდება მარცხნივ ლიმბის I ნაწილის A' უმცროსი შტრიხი I' ინდექსიდან, შემთავსებლის A' შტრიხი იქნება გადაადგილებული მარჯვნივ  $\Delta l_b = g \cdot \Delta l_a$  ოდენობით. (1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით:

$$\Delta l_a + \Delta l_b = kl + 0, 1 \cdot m, \quad (6.3.8.1)$$

სადაც  $k$  არის მთელი დანაყოფების რიცხვი A და A' შტრიხებს შორის (განხილად შემთხვევაში  $k=3$ );

$m$  — ლიმბის ერთი დანაყოფის (სათვალის) მეთაფების რიცხვი, რომელიც აითვლება თვალით (განხილად შემთხვევაში  $m=4$ ).

შევიტანოთ (1) ტოლობაში  $\Delta l_b$  ოდენობის მაგიერ მისი ტოლი  $g \Delta l_a$  სიდიდე და გამოვიტანოთ ფრჩხილებს გარეთ  $\Delta l_a$  ოდენობა, მივიღებთ:

$$\Delta l_a(1 + g) = l(k + 0, 1m),$$

საიდანაც

$$\Delta l_a = \frac{l}{1 + g} (k + 0, 1m). \quad (6.3.8.2)$$

აქ  $\Delta l_a$  არის კუთხე, რომელიც შეესაბამება ლიმბის უმცროს A შტრიხსა

და რეალურ ან ფიქტიურ  $I$  ინდექსს შორის რკალს. ამ კუთხეს შემფასებ-  
ლით ვსაზღვრავთ ისე, რომ  $I'$  ინდექსს არ ვიყენებთ (აქ მას ვიყენებთ, მხო-  
ლოდ ლიმბის  $I$  ნაწილის უმცროსი შტრიხის დასადგენად).  $\frac{l}{1+g}$  კი არის  
შემფასებლის ერთი დანაყოფის საფასური, რომელსაც აღვნიშნავთ  $\kappa$  ასო-  
თი, აგრეთვე  $\kappa \cdot 0,1$  ნამრავლი აღვნიშნოთ  $\mu$  ასოთი. მაშინ (2) ფორმულა  
გადაიწერება ასე:

$$\Delta'_s = \kappa \cdot \kappa + m\mu. \quad (6.3.8.3)$$

მაშასადამე, ლიმბზე ანათვალი

$$S = N_A + \kappa\lambda + m\mu, \quad (6.3.8.4)$$

მაგალითად, ( $1^h$  და  $1^m$ ) ნახაზზე ნაჩვენებია ლიმბის  $l = 10'$ , შემფასებლის დანაყო-  
ფის საფასური  $\kappa = \frac{l}{1+g} = \frac{10'}{1+4} = 2'$ ,  $k = 3$ ,  $\mu = \kappa \cdot 0,1 = 2' \cdot 0,1 = 0',2$ ;  $m = 4$ ;  
ლიმბის უმცროსი  $A$  შტრიხის შესაბამისი ანათვალი  $N_A = 21^\circ$ ; მაშასადამე,  
ლიმბზე ანათვალი (4) ფორმულის შესაბამისად იქნება:

$$S = 21^\circ + 3 \cdot 2' + 4 \cdot 0',2 = 21^\circ 6' 48'' \pm 12''.$$

ვილდის მიერ მოწოდებული ამდაგვარი ოპტიკური შემფასებელი არის  
მოწყობილი  $Dk1$  და  $Dk2$  კერნის ფირმის ერთ წრეზე დატანილი ორ  $I$   
ლიმბიან ოპტიკურ თეოდოლიტებში.  $3,3'$  ობიექტივის გამადიდებლობა  $g = 1$ ,  
ე. ი. (2) ტოლობის სახე იქნება მარტივი:

$$\Delta l_s = \frac{l}{2} k + 0,1m). \quad (6.3.8.5)$$

აქ ანათვლები თავისუფალია ალიდადას ექსცენტრობის შეცდომებისაგან.

## შვეული. თარაზო

როგორც ცნობილია, ადგილის ტოპოგრაფიული გეგმა წარმოადგენს დონებრივ სიბრტყეზე დაგეგმილებული ადგილის შემცირებულ ასლს ქალაღდზე. აგრეთვე ცნობილია, რომ ხსენებული გეგმები მიიღება უშუალო გაზომვების წედგავღ, რისთვისაც გეოღეზიური ინსტრუმენტებით ვზომავთ არა ადგილზე არსებულ ნამღვიღ კუთხეებს ნებისმიერ მიმართულებათა შორის, რომლებიც ჰორიზონტის მიმართ მოთავსებულია სხვადასხვა სიბრტყეში, არამედ კუთხეებს მიმართულებათა ჰორიზონტულ და ვერტიკალურ გეგმილებს შორის; ამასთან ერთად წშირად საჭირო ხღება ნაგებობათა კონსტრუქციული ეღემენტების ღერძების მცირედი დახრის კუთხეების გაზომვა და ასევე მცირე კუთხით დაყენება და შენება. ყვეღა შემთხვევაში საჭიროა გაზომვების ღროს ვუკავშირღებოღეთ  $x$ ,  $y$  თარაზულ და  $z$  საკოორღინატო ღერძებს.

გეოღეზიური, ტოპოგრაფიული, სამარკშეიღერო, ასტრონომიული და ღრაღემეტრიული ინსტრუმენტები საჭიროებისამებრ, როგორც ამას ვრცღად ქვემოთ განვიხიღავთ, შეღგება ჰორიზონტული და შვეული ღერძებისაგან. კუთხსაზომი წრეღებისა, კომპენსატორებისა, დანაყოფების ასათვეღი, მექანიკური და ოპტიკური ხელსაწყოებისაგან და სხვა, რომლებიც გაზომვების ღროს შემოხსენებული საკოორღინატო ღერძების შესაბამისად დაყენებული უნდა იყენენ შვეულად და თარაზულად; აგრეთვე, შეიღლება საჭირო გახღდეს განსაზღვრა: ინსტრუმენტის ან რაიმე ნაგებობის ესა თუ ის ეღემენტი რა ოღენობის კუთხით არის დახრიღი შვეული ან თარაზული მიმართულებიღან ან რა ოღენობის კუთხით უნდა დაეხაროთ ისინი და სხვა.

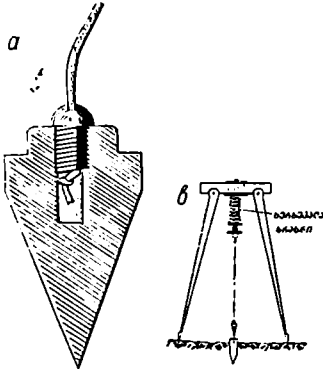
ამჟამად, შემოხსენებული ამოცანების ამოხსნა სრულღება შვეული და თარაზოთი. გამოიყენება ზონარი, ხისტი და ოპტიკური შვეულები.

კონსტრუქციული თავისებურების თვალთახეღვით არსებობს ციღინდრული და სღფერული თარაზოები.

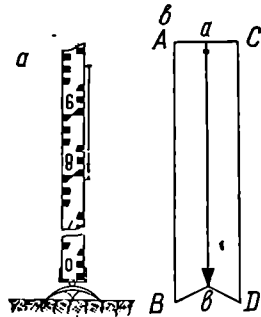
### 6.4.1. შვეული

შვეულს იყენებენ ადგილის შერჩეულ წერტილზე (პუნქტზე) კუთხსაზომი ან კუთხდამზაზი ინსტრუმენტის დასაცენტრავად; სარისა და ლარტყის ზუსტად შვეულად დასაყენებლად; უმარტივეს სანივეღო და ხაზების დახრის კუთხეების გასაზომი ინსტრუმენტის—ვატერპასისა და ეკღიმეტრის ხელსაწყოღ; ნაგებობათა კონსტრუქციული ეღემენტების ღერძების შვეულად და საჭირო დახრის კუთხით დასაყენებლად და სხვა. ამჟამად, როგორც იქვეა, ხმარებაშია ზონარი, ხისტი და ოპტიკური შვეულები.

განხილავთ შვეული წარმოადგენს ზონარს ბოლოში ლითონის ტვირთით. იგი სიმძიმის ძალის მოქმედებით ყოველ წერტილზე იღებს სრულიად გარკვეულ მიმართულებას, რომელსაც ეწოდება შვეული ხაზი. იმისათვის, რომ ლითონის (თითბერი ან ფოლადის) ტვირთის წვერო გადიოდეს

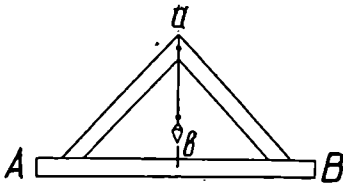


ნახ. 6.4.4.1.



ნახ. 6.4.4.2.

ზუსტად დაკვირვებული ზონარის ღერძის გაგრძელებაზე, ტვირთს აკეთებენ გადაბრუნებული კონუსის ფორმისას (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რომლის ფუძეში ჩახრახნილია მცირე ზომის ცილინდრი; ამ ცილინდრის ხერტში გაყრილია ზონარი ბოლოში მარყუქით.



ნახ. 6.4.4.3.

დება პუნქტზე ჩამაგრებული პალოს ან სხვა რაიმე ნიშნის ცენტრს.

კუთხდამხაზ ინსტრუმენტებში, სადაც საჭირო ხდება პლანშეტზე მდებარე წერტილის ადგილზე მის შესაბამის წერტილთან და ცენტვრა, იყენებენ ე. წ. ორთითას შვეულით, რომლის შემოწმებასა და გამოყენებას განვიხილავთ მენზულასთან ერთად (იხ. VII ტომი). ასევე, სარისა და ლარტყის (ნახ. 2<sup>ა</sup>) ვერტიკალურად დაყენებისათვის შვეულის გამოყენების საკითხს განვიხილავთ ხაზების დასარვისა და ნიველობის დროს; შვეულს, როგორც ვატერპასისა (ნახ. 3) და ეკლიმეტრის ნაწილს, განვიხილავთ მათთან ერთად. (2<sup>ბ</sup>) და (3) ნახაზები, შესაბამისად, გვიჩვენებს შვეულის გამოყენების შემთხ-

ვევას ნაგებობათა სვეტებისა და ძელების ვერტიკალურად და თარაზულად დაყენებისათვის, რაც აგრეთვე თავის ადგილას ვრცლად იქნება განხილული.

საერთოდ, ზონარი შვეული ინსტრუმენტის დაცენტრება მშვიდ ამინდში სრულდება  $\pm 3-5$  მილიმეტრის შეცდომით.

ზონარი შვეულით ჰარგებლობენ ჩვეულებრივი აგებმების დროს. ხოლო ზუსტი სამუშაოებისათვის და განსაკუთრებით მაშინ, როცა ქარი ზონარს არ აძლევს მშვიდად დგომის საშუალებას, იყენებენ ხისტანობტიკურ შვეულს.

### B. ხისტი შვეული

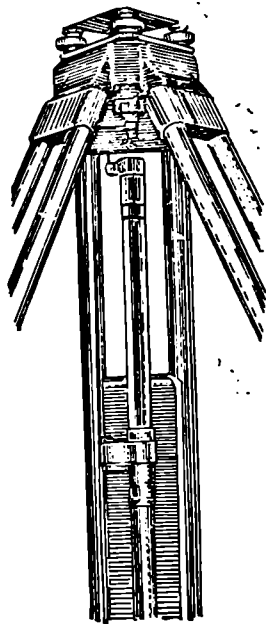
მას აგრეთვე უწოდებენ დეროვან შვეულს ან დამცენტრებულ დეროს, რომელიც წარმოადგენს ბოლოწაწვეტებულ ფოლადის მილს, რომელსაც გვერდით მიმაგრებული აქვს სფერული თარაზო (ნახ. 4). შვეულს ზედა ბოლოთი ჰკიდებენ კუთხსაზომი ინსტრუმენტის შტატივზე დასამაგრებელი ხერხემალა ხრახნის ცენტრალურ კავზე. ხშირად ხსენებულ მილაკზე ჰკვესავენ სანტიმეტრებიანი დანაყოფების სკალას, რომლითაც პუნქტის მიმართ შეიძლება გაიზომოს ინსტრუმენტის სიმაღლე.

გრუნტში ჩამაგრებულ პუნქტზე თვალზომით ვაყენებთ ინსტრუმენტს და ხისტი შვეულის სიგრძის რეგულირებით მის წვეტანას ვუთავსებთ კერნერით ანუ წვეტიანი ფოლადის დეროთი პუნქტის ცენტრში ჰდელს (კერნს) ან საერთოდ რაიმე ნიშნით აღნიშნულ პუნქტის ცენტრს. შემდეგ, ვათავისუფლებთ რა შტატივზე ინსტრუმენტის მიმამაგრებელ (ხერხემალა) ხრახნს, ვადგილებთ შტატივის სადგარზე ინსტრუმენტს მანამ, სანამ შვეულის თარაზოს ბუტულა მის შუაში არ აღმოჩნდება. არის ისეთი ხისტი შვეულები, რომელთა საშუალებით ინსტრუმენტის დაცენტრებასთან ერთად ავტომატიურად ხდება მათი მთავარი დეროდის ტლანქად შვეულად დაყენება.

ხისტი შვეულით ინსტრუმენტის დაცენტრებას აღწევენ  $\pm 1-2$  მილიმეტრი შეცდომით.

### C. ოპტიკური შვეული

ოპტიკური შვეული წარმოადგენს სამიზნე კოგრს, რომლის საშუალებით ხდება წერტილის დაგვიგმილება ვერტიკალური მიმართულებით. უმთავრესად მათ იყენებენ პუნქტებზე კუთხსაზომი ინსტრუმენტისა და სიგნალის დაცენტრებისათვის.



ნახ. 6.4.1.4.



ოპტიკური შვეულები იქნება, როგორც დამოუკიდებელი ინსტრუმენტები ან წარმოდგენს კუთხსაზომი ინსტრუმენტების მუდმივ ან დროებით (მოსახსნელ) ნაწილს. საერთოდ მათი საშუალებით პუნქტზე ინსტრუმენტის დაცენტრირა სრულდება  $\pm 0,5$  მილიმეტრის შეცდომით.

დანიშნულების შესაბამისად, ოკულარის მილაკისა და თვით ოკულარის მუხლის კრემალერის მოძრაობით ძაფთა ბადისა და საგნის მკაფიო გამოსახულება მიიღწევა ვერტიკალური მიმართულებით პუნქტამდე (1-დან 2 მეტრამდე).

თანამედროვე გრანდიოზულ ნაგებობათა მშენებლობასთან დაკავშირებით მოითხოვება შვეულის მიმართულებით წერტილთა ზუსტი დაგეგმილება მალევი ნაგებობის, სატელევიზიო კოშკების, დიდი სიმაღლის ხიდების და აკედლეუკების საყრდენებისა და ჰიდროელექტროსადგურების კაშხლების მშენებლობის დროს, ნაგებობათა და მილგაყვანილობათა დეფორმაციების დადგენისა და შახტების მშენებლობის დროს, წილის გამონამუშევართა ორიენტირებისათვის ზედაპირიდან შახტებში წერტილების დაგეგმილებისათვის და სხვა. ამ შემთხვევაში იყენებენ პრეციზიულ (მაღალი სიზუსტის) ოპტიკურ შვეულებს, რომელთაც აქვთ სხვადასხვა დიდ მანძილებზე დამიზნებისათვის გაანგარიშებული შიგა ფოკუსთგაწყობიანი დიდი გამადიდებლობის მქონე ჭოგრი; აგრეთვე აქ იყენებენ მაღალი სიზუსტის ხელსაწყობებს ჭოგრის სამიზნე ღერძის ზუსტად ვერტიკალურად დასაყენებლად, რაც უზრუნველყოფს წერტილების ზუსტად დაგეგმილებას დიდ მანძილზე.

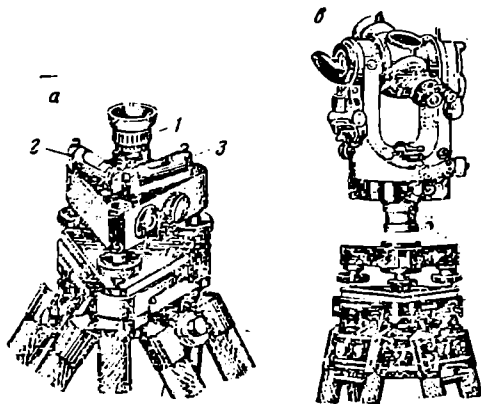
არსებობს ცალმხრივი (ზენიტის ან ნადირი) და ორმხრივი (ზენიტ-ნადირი) ოპტიკური შვეული. პირველი წერტილის დაგეგმვა ან აგეგმილება შეიძლება მოხდეს ზევით (ზენიტისაკენ) ან ქვევით (ნადირისაკენ), ხოლო მეორით როგორც ზენიტის, ისე ნადირისაკენ. ცალმხრივი ოპტიკური შვეული გვხვდება მარტივი, რომელთა სამიზნე ღერძებს ვერტიკალურად აყენებს თარაზო და ავტომატურად აწესებს საპროექციონის თვითდამყენებელს, სადაც იყენებენ კომპენსატორებს.

## გ. ცალმხრივი ოპტიკური შვეული

ცალმხრივი ოპტიკური შვეული (ნახ. 5ა) წარმოდგენს კუთხსაზომი ინსტრუმენტის ან სიგნალის სადგარში მოთავსებულ ბაქსასთან (სახსარ-სადგარი) მზრუნველად შეერთებულ  $2-3\times$  გამადიდებლობის ჭოგრას 1.

პუნქტისადმი ან პუნქტად განკუთვნილი წერტილისადმი შვეულის მზერის ღერძის ვერტიკალურად დაყენება ხდება ბაქსაზე ურთიერთპერპენდიკულარულად დაყენებული ცილინდრული თარაზოს 2 და 3 საშუალებით. შემდეგ სადგარის გადაადგილებით ხდება შვეულის ძაფთა ბადისა და პუნქტის შუთავსება ანუ ცენტრირება ან სადგარის გადაადგილებლად ძაფთა ბადის გა-

დაკვეთის შესაბამისად პუნქტზე ცენტრის დაკერნა. როგორც ვხედავთ, თანადროულად ხდება სადგარის ნიველირება და დაცენტრება. ხსენებული

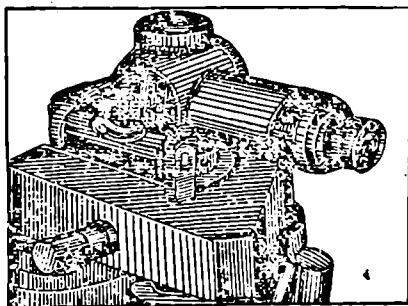


ნახ. 6.4.1.5.

ნიველის თეოდოლიტით (ნახ. 5<sup>ა</sup>) ან სიგნალით შეცვლით ეს უკანასკნელნი კომპლექსის ავტომატიურად იცენტრებიან იმავე პუნქტზე.

### ბ. ოპტიკური ოპტიკური შვეული

განხილადი შვეულით შეიძლება ინსტრუმენტის ან სიგნალის დაცენტრება ან ცენტრის გადატანა ინსტრუმენტის (სიგნალის) როგორც ქვევით (ნადირისაკენ), ისე ზევით (ზენიტისაკენ), განხილული წესის ანალოგიურად. აქ ობიექტივის მილის წინ სინათლის სხივების სვლის პარალელურად დაყენებულია პენტაპრიზმა, რომელიც დოლის 4 საშუალებით შეიძლება შებრუნდეს  $90^\circ$ -ით. დოლის 4 ბოლომდე სხვადასხვა მხარეს შებრუნებით კოგარის სამზერო ღერძის მიმართებას სცვლიან  $180^\circ$ -ით (ნადირისაკენ ან ზენიტისაკენ). შვეულის დანარჩენი ნაწილები იგივეა, რაც წინა შემთხვევაში.



ნახ. 6.4.1.6.

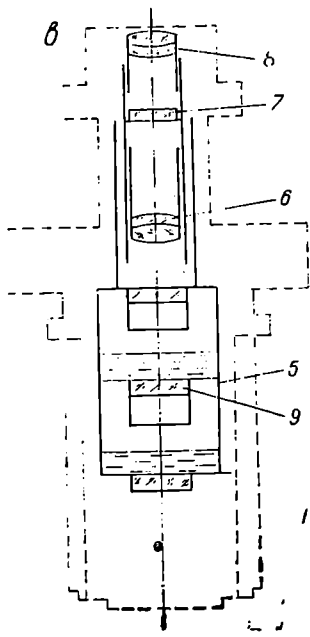
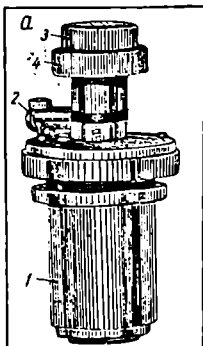
ზემოთ განვიხილეთ მოსახსნელი (დროებითი) შვეულები.

ინსტრუმენტებზე მიმაგრებული ოპტიკური შვეულებიც არის ცალმხრივი და ორმხრივი. პირველი მაგრდება კუთხსაზომი ინსტრუმენტის ზედადგარზე ან მის წრედალიდადზე. ორმხრივი შვეული კი, ჩვეულებრივ, მაგრდება კუთხსაზომი ინსტრუმენტის კოგარზე. ამ შემთხვევაში ინსტრუმენტის მთავარი (ვერტიკალური) ღერძი არის ღრუ; 10. ნ. თევაძე

პროგრს აქვს რვეერსიული (ორმხრივი) თარაზო, რათა ინსტრუმენტის მთავარი ღერძის ვერტიკალურად დაყენება მოხდეს მისი ორი მდებარეობის შესაბამისად.

**ე. შვეულის სამიზნეწდარის თვითმომწვესოგალი ოპტიკური შვეული**

განხილავი შვეული განხილული შვეულებისაგან განსხვავდება იმით, რომ აქ იყენებენ კომპენსატორებს, რომელთა საშუალებით შვეულის სამიზნე ღერძი ავტომატიურად დგება ვერტიკალურად.



ნახ. 6.4.1.7.

სამიზნე ღერძის სტაბილიზაციის მიზნით, ჩვეულებრივ, იყენებენ სითხიან კომპენსატორებს. (7) ნახაზზე ნაჩვენებია ოპტიკური შვეული სითხიანი კომპენსატორით, რომლითაც ხდება კუთხსაზომი ინსტრუმენტის ავტომატიურად დაცენტრება წერტილზე (ნადირისაკენ). (7<sup>ა</sup>) ნახაზზე ნაჩვენებია ბაქსა 1, თარაზო 2, თვალზე ოკულარის დასაყენებელი რგოლი 3 და საგანზე შიგა ფოკუსირების რგოლი 4. (7<sup>ბ</sup>) ნახაზზე ნაჩვენებია სითხიანი კომპენსატორი 5, მოთავსებული ბაქსაში; შვეულის ობიექტივი 6, ძაფთა ბადე 7, ოკულარი 8 და ბრტყელ-პარალელური ფირფიტა 9. კომპენსატორი 5 შედგება ორი სექციისაგან თითოში მცირე სისქის სითხით. ეს სექციები ურთიერთ გაყოფილია ბრტყელ-პარალელური ფირფიტებით 9 და დახურულია გერმეტულად.

ბრტყელ-პარალელური ფირფიტები პერპენდიკულარულად არის დაყენებული შვეულის ვერტიკალური ღერძისადმი. ამიტომ, როცა შვეულის ღერძი ვერტიკალურად დგას, სექციებში იქმნება თხევადი ორი ბრტყელი პარალელური ფირფიტა, ხოლო დახრის დროს—თხევადი ორი სოლი გარდამტეხი ე კუთხით, რომელიც შვეული ღერძის დახრის ტოლია. პირველ შემთხვევაში შვეულის სამიზნე ხაზი არ გადაიხრება, ხოლო მეორე შემთხვევაში იგი გადაიხრება კუთხით:

$$e' = 2e(n - 1). \quad (6.4.1.1)$$

განხილავი შვეული იძლევა შედარებით დიდ სიზუსტეს და ზრდის შრომისნაყოფიერებას.

#### D. ტახიკური შვეულაის შემოწმება

საერთოდ, ოპტიკური შვეულები ძირითადად უნდა აკმაყოფილებდეს ორ პირობას: 1. დამყენებელი თარაზოს ღერძი უნდა იყოს შვეულის სამიზნე ღერძისადმი პერპენდიკულარული და 2. შვეულის სამიზნე ღერძი უნდა იყოს შეთავსებული კუთხსაზომი ინსტრუმენტის ზედადგარის მანძილის ღერძთან, ხოლო როცა შვეული მიმაგრებულია, მაშინ — ინსტრუმენტის ვერტიკალურ (მთავარ) ღერძთან.

განვიხილოთ რამდენიმე შემთხვევა:

##### ა. როდესაც შვეულის მოგრება თარაზო (ნახ. 5 და 6)

პირველი შემოწმებისათვის ერთ-ერთ თარაზოს აყენებენ ორი ამწევი ხრახნის პარალელურად და მათი ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვით ბუშტულას აყენებენ თარაზოს შუაში. შემდეგ შეაბრუნებენ აღნიშნულ თარაზოს 180°-ით და თუ ბუშტულა შუაშია, მოთხოვნილი პირობა შესრულებულად ითვლება. წინააღმდეგ შემთხვევაში შესწორებისათვის ბუშტულის გადახრის ნახევარზე თარაზოს ნულპუნქტისაკენ გადასწევენ ბუშტულას თარაზოს შემასწორებელი ხრახნით, ხოლო, შემოწმების განმეორების მოხნით მეორე ნახევარს გადასწევენ იმავე დამყენებელი ხრახნით და იმეორებენ ამ მოქმედებებს მანამ, სანამ თარაზოს ყოველ 180°-ზე შემობრუნებისას ბუშტულა შუაში არ იქნება. ამ შესწორებული თარაზოთი შვეულის ღერძს აყენებენ ვერტიკალურად. რისთვისაც მას შეაბრუნებენ 90°-ზე, მესამე ხრახნის გასწვრივ, რომლის ბრუნვით თარაზოს ბუშტულას აყენებენ შუა გულში (აღწერილ მოქმედებებს ეწოდება ინსტრუმენტის მომწესობაში მოყვანა). ამ დროს მეორე თარაზოს ბუშტულას აყენებენ მისი შემასწორებელი ხრახნით შუაში, ამით ორივე თარაზო აკმაყოფილებს მოთხოვნილ პირობას და მათი საშუალებით თანადროულად შეიძლება დაყენებულ იქნეს შვეულის ღერძი ვერტიკალურად ანუ ინსტრუმენტი მოყვანილი იქნეს მომწესობაში.

მეორე პირობა მოწმდება შვეულის ძაფთა ბადის გადაკვეთის ეკრანზე ჭოგრის ორი მდებარეობის შესაბამისად დაგეგმილებით, რისთვისაც მომწესობაში დაყენებულია ინსტრუმენტი (იხ. 6.8.3. პარაგრაფის A, a მუხლი). შვეულის ძაფთა გადაკვეთას აღნიშნავენ შტატივის ქვემოთ ან ზემოთ (საჭიროებისამებრ) დამაგრებულ პლანშეტზე. შვეულის მილაკს აბრუნებენ მისი ვერტიკალური ღერძის გარშემო 180°-ით და პლანშეტზე კვლავ აღნიშნავენ ძაფთა გადაკვეთის წერტილს. თუ დაგეგმილებული წერტილები არ შეირწყმება, მათ შორის შუა წერტილს დანიშნავენ პლანშეტზე და მას შეუთავსებენ ძაფთა გადაკვეთის წერტილს ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრახნების საშუალებით.

##### ბ. როდესაც შვეული მიმაგრებულია ინსტრუმენტის ზედადგარზე

ამ შემთხვევაში შვეულის ვერტიკალურად დაყენება ხდება წრედალი-დალაზე დამაგრებული თარაზოთი. მაშასადამე, შვეულის პირველი შემოწმება ხდება თვით ინსტრუმენტის ანალოგიურ შემოწმებასთან ერთად.

მეორე პირობა მოწმდება ინსტრუმენტის ქოგრის კოლიმაციური სიბრტყის (წრედი მარჯვნივ და წრედი მარცხნივ) ორი ურთიერთპერპენდიკულარული მიმართულებით დაგვემილებს საშუალებით, რისთვისაც კარგად შევამოწმებთ ინსტრუმენტს, მოვიყვანთ მომწესობაში და, როცა წრედი მარჯვნივა, ქოგრს ვუმისწვებთ ინსტრუმენტიდან 3 მეტრამდე მანძილით დაშორებულ მიწაში ჩამაგრებულ ფართო პალოს, რომელზეც აღვნიშნავთ ქოგრის ძაფთა ბადის გადაკვეთის დაგვემილებს წერტილს, გადავიტანთ ქოგრს ზენიტზე და იმავე მანძილზე ხსენებულ პალოსა და ინსტრუმენტის გასწვრივობაში ჩასმულ პალოზე ანალოგიურად აღვნიშნავთ ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილს; იგივე მოქმედებას ვიმეორებთ წრედი მარცხნივ და პალოებზე დაფინიანავთ საშუალო წერტილებს. შემდეგ შემოვავბრუნებთ წრედალიდადას 90°-ით და ორივე წრედი ვასრულებთ ანალოგიურ მოქმედებებს. დაკვირვებით ზონარს პალოებზე საშუალო მიმართულებების შესაბამის წერტილებს შორის, რომელთა გადაკვეთა იქნება ინსტრუმენტის ცენტრის გვემილი. თუ შევეულის ძაფთა გადაკვეთის წერტილი შეუთავსდა ამ წერტილს, პირობა შესრულებულად ითვლება. წინააღმდეგ შემთხვევაში შემასწორებელი ხრახნებით შევეულის ძაფთა ბადის გადაწვეით მათი გადაკვეთა უნდა დავმთხვენ ხსენებულ წერტილს.

#### ც. როდნას შვალნი მინაგრაპულია ინსტრუმენტის ზოგრაჲ

ამ შემთხვევაში შევეულს ვერტიკალურად აყენებენ ინსტრუმენტის ქოგრზე დამაგრებული თარაზოთი, რომლის ძირითადი დანიშნულებაა ქოგრის თარაზულად დაყენება. ამ შემთხვევაში პირველი პირობა არ შეიძლება შესრულდეს ხსენებული თარაზოს შემასწორებელი ხრახნებით. პირველი შემოწმებისა და შესწორების მიზნით ინსტრუმენტს მოვიყვანთ მომწესობაში და ქოგრს დავაყენებთ პორიზონტულად მასზე დამაგრებული თარაზოთა. დავნიშნავთ პლანშეტზე შევეულის ძაფთა გადაკვეთის წერტილის გვემილს; შემდეგ შემოვავბრუნებთ ინსტრუმენტს მთავარი (შვეული) ლერძის გარშემო 180° და ისევ დავაყენებთ ინსტრუმენტის ქოგრს პორიზონტულად და დავნიშნავთ იმავე პლანშეტზე შევეულის ძაფთა გადაკვეთის წერტილს. თუ ეს პროექციები ერთმანეთს არ დავმთხვა, მაშინ მათ შორის საშუალო წერტილს შევეუთავსებთ შევეულის ძაფთა გადაკვეთის წერტილს მათი შემასწორებელი ხრახნების საშუალებით.

მეორე შემოწმება სრულდება პირველი შემოწმების ანალოგიურად, მხოლოდ პლანშეტამდე მანძილი, ანუ ინსტრუმენტის სიმაღლე, უნდა შეიცვალოს.

#### ძ. სანიონე ლერძის თვითდაზოვნებალი შვალნი

— გარდა პირველ პუნქტში აღნიშნული შემოწმებებისა, საჭიროა შევეულის კომპენსატორის შემოწმება მისი სამიზნე ლერძის ავტომატურად სტაბილიზაციის სისწორის მხრივ.

თარაზოს საშუალებით ახდენენ სადგარის ნიველირებას და ინსტრუმენტს ცენტრავენ წერტილზე შევეულის საშუალებით. სადგარს სტაბილიზაციის კუთხის ფარგლებში დახრიან ამწევი ხრახნების საშუალებით და აკვირდებიან ადგილდება თუ არა შევეულის ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილი წინა

მოქმედებით დაცენტრირებული წერტილიდან. თუ წერტილები არ ემთხვევა ერთმანეთს და ადგილი აქვს წერტილთა ურთიერთ ძვრას, კომპენსატორი წესრიგში არ არის და საჭიროა სახელოსნოში მისი შესწორება.

#### 6.4.2. თარაზოები

თარაზოს ძირითად ნაწილს წარმოადგენს მგრძობიარე ელემენტები-- მინის ამპულა სითხით და ჩარჩო გარეგანი ზემოქმედებისაგან დასაცავად და ინსტრუმენტებზე მისამაგრებლად.

ამპულის ფორმის ანუ კონსტრუქციული თავისებურების მიხედვით, როგორც აღენიშნეთ, არსებობს ცილინდრული და სფერული თარაზო.

დანაშნულების მიხედვით ცილინდრული თარაზოებია: დასაყენებელი და ასათვლელი. პირველი გვხვდება: დამოუკიდებელი, მარტივი (ტლანქი) ინსტრუმენტის სახით, რომელსაც იყენებენ ხაზებისა და სიბრტყეების თარაზულად და შვეულად დასაყენებლად. მათ სიმარტივისათვის მოკლედ ვუწოდოთ დასაყენებელი, ტლანქი, დამოუკიდებელი, ცილინდრული თარაზოები; როგორც სხვადასხვა ინსტრუმენტის თანხლებული ნაწილი, მათი ღერძებისა და წრედების თარაზულად და შვეულად დასაყენებლად მოკლედ მათ ვუწოდოთ დასაყენებელი თანხლებული თარაზოები. ასათვლელ ანუ მეორე ჯგუფში შედის: ასათვლელი, დამოუკიდებელი, ცილინდრული თარაზოები, რომლებსაც იყენებენ ღერძების მაღალი სიზუსტით ნიველირებისათვის ანუ თარაზულად და შვეულად დასაყენებლად, აგრეთვე მათი მცირედი დახრის კუთხეების გასაზომად, და ასათვლელი, თანხლებული, ცილინდრული თარაზოები, რომელთა საშუალებით ხდება ინსტრუმენტების ღერძებისა და წრედების მაღალი სიზუსტით ნიველირება და მცირედი დახრის კუთხეების გაზომვა.

სფერული თარაზოები წარმოადგენს დასაყენებელ თანხლებულ თარაზოებს.

ზემომოყვანილი ცილინდრული თარაზოებიდან დასაყენებელი ტლანქი დამოუკიდებელი თარაზოები დანარჩენებისაგან არსებითად განსხვავდება როგორც დამზადების, ისე მგრძობიარობის მხრივ. პირველ რიგში მათ განვიხილავთ და შემდეგ დანარჩენებს ერთად, ცილინდრული თარაზოების სახელწოდებით, რადგანაც მათი დამზადება და არსი ერთნაირია, ხოლო მგრძობიარობის მიხედვით ისინი ურთიერთ განირჩევიან ერთნაირი თვალთახედვით.

#### 6. 4. 3. დასაყენებელი, ტლანქი, დამოუკიდებელი ცილინდრული თარაზოს დამზადება და გამოყენება

ასეთ თარაზოს უმეტესად იყენებს მშენებელი ხელოსნები და ამიტომ მას ხშირად უწოდებენ დურგლის თარაზოს. მისი დამზადებისათვის აცხელებენ ცალი ბოლოთი დახშულ მინის მილს და ერთ მეტრამდე რადიუსის შესაბამისი რკალის სახით მოლუწავენ, რომელშიც ასხამენ სპირტს ისე, რომ მილი პირამდე არ აივსოს და მას ათავსებენ +38<sup>0</sup>-მდე გამობარი წყლის

აბაზანაში; აღუღებული სპირტი გაფართოებისაგან აიწვეს მილის პირამდე და დაიწყებს გადმოქცევას; ამ დროს მილის მეორე პირსაც დახშავენ მინის საგოზავით. განვლების შემდეგ სპირტი შეიკუმშება და მილში გაჩნდება უჰაერო მცირე სივრცე, ბუშტულა, სპირტის ნაორთქლით. ამჟღის შიგა უმაღლეს შუა (სიმეტრიის) წერტილს ეწოდება ნულპუნქტი და მის  $H_1H_2$  მხებს—თარაზოს ღერძი (ნახ. 1<sup>ა</sup>). როცა ბუშტულის შუა გული დამთხვევა ამჟღის ნულპუნქტს, მაშინ თარაზოს  $H_1H_2$  ღერძი თარაზული ანუ ჰორიზონტულია (და არა ჰორიზონტალური). იმისათვის, რომ ბუშტულის ნებისმიერ მხარეზე გადაადგილება შეფასდეს, ამჟღაზე მისი ღერძის მართობულად ბუშტულის ბოლოების შესაბამისად ნულპუნქტიდან ორ-ვე მხარეზე ატარებენ შედარებით გრძელ შტრიხებს ისე, რომ მათ შორის მანძილი უდრიდეს ორი მილიმეტრის ჯერად რიცხვს; შემდეგ მათგან ორივე მხარეზე თითო ან ორ შედარებით მოკლე შტრიხს ატარებენ ურთიერთ ორ-ორი მილიმეტრის დაშორებით (ნახ. 1); მაშასადამე, თარაზოს შუა ნაწილი არ იშტრიხება, რაც აადვილებს ბუშტულის ბოლოების თარაზოს ნულპუნქტისადმი სიმეტრიულად დაყენებას. შემდეგ თარაზულად ზუსტად დაყენებულ ფოლადის ფილაზე სდებენ ჩარჩოს  $AB$  წიბოს შესაბამისი თარაზული წახნაგით და საგანგებოდ ამოჭრილ მის ბუდეში მჭიდნარევი თაბაშირით ამ-გრებენ ხსენებულ ამჟღას 1 ისე, რომ მისი ბუშტულის ბოლოები ზუსტად

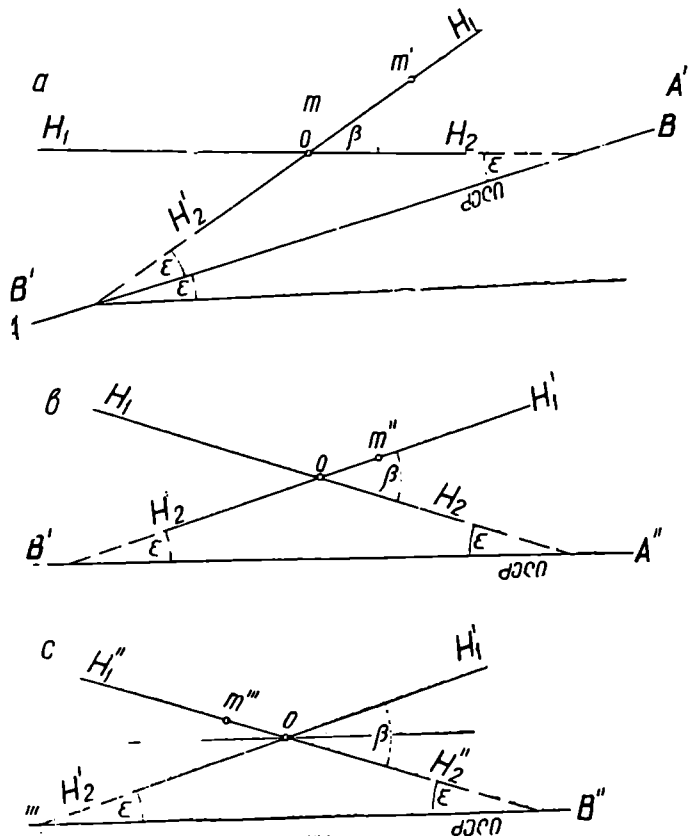


ნახ. 6.4.3.1.

სიმეტრიულად იყვნენ განლაგებულნი გრძელი შტრიხების მიმართ. ცხადია, უნდა ვიგულისხმოთ, რომ ზემოხსენებული მოქმედებების ზუსტად შესრულების შემთხვევაში თარაზოს  $H_1H_2$  ღერძი და  $AB$  წიბოს შესაბამისი თარაზული წახნაგი პარალელურები იქნება (ნახ. 1<sup>ბ</sup>). სვეტების შვეულად დასაყენებლად თაროს ჩარჩოს ცალ მხარეზე ამოჭრილ ბუდეში იმავე წესით აყენებენ ანალოგიურად დამზადებულ იგივე ან მცირე ზომის ამჟღას 2 ისე, რომ მისი ღერძი პერპენდიკულარული იყოს  $AB$  წიბოს შესაბამისი თარაზული წახნაგის მიმართ (ნახ. 1<sup>ბ</sup>). ქვემოთ სიმოკლისათვის ეხმარათ  $AB$  წიბოს და ვიგულისხმებთ მის შესაბამის თარაზულ წახნაგს. განხილავთ თარაზოს შემასწორებელი ხრახნი არა აქვს, რაც გულისხმობს იმას, რომ თარაზოს  $H_1H_2$  ღერძის და  $AB$  ფუძის პარალელურობა საქმარისად დაცულია. მიუხედავად ამისა, მაინც საჭიროა ხაზებისა და სიბრტყეების თარაზულად და შვეულად დაყენება მოხდეს მათზე თარაზოს ორი მდებარეობის შესაბამისად.

ვთქვათ, განხილავთ თარაზოთი საჭიროა სათანადოდ გასალაშინებული ძელის თარაზულად დაყენება. თარაზოს ნულპუნქტი აღვნიშნოთ  $O$  ასოთი, ხოლო ბუშტულის შუა წერტილი  $m$ -ით. დავუშვათ, რომ თარაზო ვერ არის დამზადებული სათანადოდ და მისი  $H_1H_2$  ღერძი და  $AB$  წიბო პარალე-

ლურები არ არის; ამავ დროს ამ თარაზოს შემასწორებელი ხრახნი არა აქვს. თარაზოს ვლებთ  $AB$  წახნავით ხსენებულ ძელზე (მე-2 ნახაზზე ძელი  $AB$  წიბოსთან შერწყმულად იგულისხმება) და აწვევთ მის ერთ მხარეს (მე-2<sup>ა</sup> ნახაზზე აწვეულია ძელის მარჯვენა მხარე) მანამ, სანამ  $m$  წერტილი არ შეუთავსდება  $H_1$  წერტილს. ასეთ შეთავსებას კი ვიგულისხმებთ მაშინ,



ნახ. 6.4.1.2.

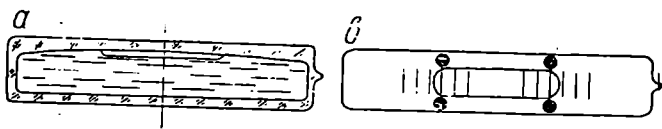
როცა ბუშტულის ორივე ბოლო სიმეტრიულად იქნება შესაბამისი ვრძელი შტრიხების მიმართ. (2) ნახაზზე ძელი აღგენს თარაზულ მიმართულებასთან  $\alpha$  კუთხეს, რადგანაც თარაზოს  $H_1H_2$  ღერძი მის  $AB$  წიბოსთან აღგენს იგივე კუთხეს, რომელიც აღნიშნულია  $\beta$  ასოთი. შევებარუნოთ ძელზე ხსენებული თარაზო, მაშასადამე,  $AB$  დაიპერს ძელზე  $A'B'$  მდებარეობას, ხოლო  $H_1H_2$  ღერძი მიიღებს  $H_1'H_2'$  მიმართულებას. მათ შორის კუ-



თხე ანუ თარაზულ მიმართულებასთან  $\beta$  კუთხე ტოლი იქნება  $2\epsilon$ , რასაც შესაბამება ბუშტულის ცენტრის  $m$ -დან  $m'$  წერტილში გადაადგილება (ბუშტულის ორივე ბოლოს ტოლ მანძილებზე მარჯვნივ გადაადგილება შესაბამისი გრძელი შტრიხებიდან). საჭიროა, მოისპოს თარაზოს შემასწორებელი ხრახნით ბუშტულის გადახრის ნახევარი ანუ  $\epsilon$  კუთხე, რომლითაც  $H_1'H_2'$  ღერძი უნდა დაიწიოს ისე, რომ  $m'$  წერტილი გადაადგილდეს 0 წერტილისაკენ  $om'$  მანძილის ნახევარზე; მაგრამ ასეთი ხრახნი თარაზოს არა აქვს. ამიტომ თვით ძელის მარჯვენა მხარეს დაწვევით  $\epsilon$  კუთხით, რის შედეგად  $A'B'$  (ნახ. 2<sup>ა</sup>) მიიღებს თ არ ა ზ უ ლ  $A''A'$  მი მ მ ა რ თ უ ლ ე ბ ა ს (ნახ. 2<sup>ბ</sup>). მის მიმართ თარაზოს ღერძს ექვება არა  $2\epsilon$ , არამედ შეცდომის ტოლი იგივე  $\epsilon$  დახრა, რომელსაც შესაბამება ბუშტულის შუა წერტილის დაშორება  $om' : 2 = om''$  მანძილზე. კონტროლის მიზნით საჭიროა  $A''B$  (ნახ. 2<sup>ბ</sup>) მდებარეობიდან თარაზო ისევ შევებარუნოთ ძელზე (ნახ. 2<sup>ა</sup>)  $A''B''$  მდებარეობაში; ამ დროს  $H_1''H_2''$  ღერძზე ბუშტულის შუა  $m''$  წერტილის დაშორება ნულ პუნქტიდან მარცხნივ უნდა იყოს მის მარჯვნივ  $m''$  დაშორების ტოლი, ე. ი. დაკული უნდა იყოს ტოლობა  $om'' = om'$ , რაც თარაზოზე გრძელი შტრიხებიდან ბუშტულის მარჯვნივ გადაადგილებისა და მარცხნივ გადაადგილების ტოლობას ნიშნავს (ნახ. 2<sup>ბ</sup>,  $\epsilon$ ). წინააღმდეგ შემთხვევაში ყოველივე უნდა გავიმეოროთ.

#### 6.4.4. ცილინდრული თარაზოს ამპულის დამზადება და გომომეტრიული ელემენტები

თანამედროვე ცილინდრული თარაზოს ამპულის დასამზადებლად იყენებენ ქიმიურად, თერმულად და მექანიკურად მედეგი მინის ცილინდრულ მილს. მილის დიამეტრია დაახლოებით 10-20 მილიმეტრამდე, ხოლო სიგრძე



ნახ. 6.4.4.1.

30-250 მმ. მილის მრუდი შიდაპირის გამოხვევის მიზნით მასში ათავსებენ სასურველი რადიუსის სიმრუდის ზედაპირის მქონე ფოლადის ქლიბს, რომლის ბრუნვით ხეხვის შედეგად იღებენ კასრის მსგავსად შიგნიდან გამოხვეწილ ამპულას. მისი ყოველი გრძივი კვეთილობის შესაბამისი სამუშაო შიდაპირი იქნება შერჩეული რადიუსის რკალი, ხოლო სამუშაო შიდაპირის შუა წერტილიდან ამპულის ბოლოებისაკენ სიმეტრიული განივი კვეთილობები იქნება წრეხაზები, რომელთა დიამეტრები თანდათან მცირდება. ჩვეულებრივი სიზუსტის ამპულის ცალ ბოლოს დაადუღებენ, ხოლო მეორე ბოლოს აგრძელებენ და აძლევენ წვრილი მილაკის სახეს. საიდანაც ხდება ამპულაში სითხის ჩასხმა (1 ნახაზი). შემავსებელ სითხედ იყენებენ სპირტს, წყლიან გლიცერინს, გოგირდოვან ეთერს

და სხვა. ამჟღის შევსება ხდება გაცხელებული სითხეთი იმ ანგარიშით, რომ მილაკის დადუღების და ნორმალურ ტემპერატურამდე (+20°C) სითხის განვლებების შემდეგ ამჟღისაში წარმოიშვას თარაზოს ბუშტულად წოდებული უჰაერო სივრცე, გავსებული სითხის ნაორტლით, რომლის სიგრძე დაახლოებით იყოს ამჟღის სიგრძის 0,3—0,4.

მაღალი სიზუსტის ანუ შიგა სამუშაო პირეულის მცირე სიმრუდის ამჟღების ბოლოების დადუღებამ შეიძლება გამოიწვიოს თვით ამჟღის დეფორმაცია. ამიტომ ნაცვლად დადუღებისა ამჟღის ერთ-ერთ ბოლოზე თევზის წებოთი აწებებენ მინის წრეს, ხოლო მეორე ბოლოზე — მინის წრეს მილაკით, საიდანაც ამჟღისაში ასხამენ სითხეს, რის შემდეგ მასაც ანალოგიურად ხშავენ.

უბრალო ამჟღების გამოყენებით იქმნება უხერხულობა იმ მხრივ, რომ ტემპერატურის დაწვევისას სითხის შეკუმშვის გამო ბუშტულა შეიძლება ისე დაგრძელდეს, რომ მისი ბოლოები მოექცეს ბუდის შიგნით და ანათვის ალება შეუძლებელი გახდეს; მაღალ ტემპერატურაზე კი, ზაფხულში, სითხის გაფართოების შედეგად ბუშტულა შეიძლება სრულიად მოისპოს, რის გამოც თარაზოს ვერ გამოვიყენებთ. ამ მიზეზის გამო ამზადებენ კამერაიან (ნახ. 2<sup>ა</sup>) ან კომპენსირებულ (ნახ. 2<sup>ბ</sup>) ამჟღის. პირველ შემთხვევაში ახდენენ ბუშტულის სიგრძის რეგულირებას, რისთვისაც ამჟღის ერთ-ერთი ბოლოს ახლო აწებებენ სამარაგო A კამერას, რომელიც



ნახ. 6.4.4.2.

ამჟღის მუშა ნაწილისაგან გამოყოფილია ქვემონახვერტის მქონე მინის ტიხრით. სამარაგო A კამერაშია ნაწილი სითხე და ნაწილი მისი ნაორტლი. ბუშტულის სიგრძის რეგულირების მიზნით, ანუ მისი სიგრძის უცვლელობისათვის, თარაზოს იმ ბოლოს აწვევ-დაწვევით, საითაც არის სამარაგო კამერა, ახდენენ სითხის ნაორტლის სამუშაო კამერაში გადაშვებას ან პირიქით. მაგალითად, ყინვების დროს სამარაგო კამერაში ხდება გადაადგილება სითხის ნაორტლისა, ხოლო დიდი სიცხეების დროს პირიქით. მეორე შემთხვევაში ხდება ბუშტულის სიგრძის უცვლელად შენარჩუნება სხვადასხვა ტემპერატურის დროს იმის გამო, რომ ამჟღისაში ათავსებენ ბოლოებდახშულ მინის მილს, რითაც მცირდება ამჟღისაში სითხის რაოდენობა, რომელიც ხასიათდება მინაზე მეტი ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტით.

ზემონახვებული თარაზოების ამჟღები ცალმხრივია. არსებობს ორმხრივი, ანუ რევერსიული (საბრუნავი), თარაზოების ამჟღები (ნახ. 3), რომელთაც აქვთ ურთიერთმოპირდაპირე სამუშაო ორი შიგა პირი. ცხადია, ასეთი ამჟღების დამზადების დროს დაცული უნდა იქნეს უზუსტესა სიმეტრია მისი ზედა და ქვედა ნახვერტების შიგა პირეულებისა.

დასაყენებელი თარაზოებისათვის ცალმხრივ ამჟღებზე ცალი მხრიდან, ხოლო რევერსიულებზე ორივე მხრიდან ატარებენ სამუშაო

პირეულის შუაში ბუშტულის ბოლოების შესაბამისად ორ გრძელ (8-10 მმ) შტრიხს ისე, რომ მათ შორის მანძილი  $20^{\circ}C$  ტემპერატურის დროს დაახლოებით იყოს ბუშტულის სიგრძე და ორი მილიმეტრის ჭერადი (6-12 მმ), შემდეგ ამ შტრიხების ორივე მხარეზე ატარებენ ორ-ორი მილიმეტრით დაშორებულ ორ-სამ მოკლე (3-4 მმ) შტრიხებს ციფრების წარწერების გარეშე (ნახ. 1). ამდაგვარად შტრიხების განლაგება საშუალებას იძლევა ადვილად შევადგინოთ ბუშტულის ბოლოების ამჟღავნების შუა გულიდან დაშორების სიმეტრიულობა.

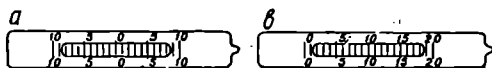
ასათვლელი თარაზობის როგორც ცალმხრივი, ისე რევერსიული ამჟღავნების მთელ სამუშაო ზედაპირზე ატარებენ ორ-ორი მილიმეტრით ურთიერთდაშორებულ შტრიხებს ისე, რომ ამჟღავნების შუიდან ორივე მხარეზე (ნახ. 4<sup>ა</sup>) ან ერთ-ერთი ბოლოდან (ნახ. 4<sup>ბ</sup>) მეორესაკენ ყოველ მეხუთე ან მეათე შტრიხს აგრძელებენ და აწერენ ნულიდან შესაბამის რიცხვს. რევერსიულ თარაზობების მოპირდაპირე მხარის ერთსახელა (თანამოსახელე) შტრიხები ტარდება დანაყოფის  $\pm 0,2$ , ანუ  $\pm 0,4$  მილიმეტრის შეცდომით.



ნახ. 6.4.4.3.

ამჟღავნების სამუშაო ზონად ითვლება მისი ის ნაწილი, რომელზეც დატანილია სკალა. ზემომოყვანილი რიცხვითი მონაცემებისა და ნახაზების შესაბამისად ამ ზონის სიგრძე ამჟღავნების შუაგულში არის ამჟღავნების სიგრძის 0,6, ხოლო სიგანე ბუშტულის სიგანეზე  $1,4$  მილიმეტრით მეტია.

როგორც ცნობილია, ამჟღავნების უძრავ მდგომარეობაში სითხის ზედაპირი ჰორიზონტულია, რასაც თარაზულს ვეწოდებთ. მაშასადამე, *ab* ბუშტულის ქვედა ნაწილიც თარაზული (დონებრივი) იქნება (ნახ. 5); ამავე დროს ამჟღავნებაში ბუშტულს ექნება უმაღლესი მდებარეობა; ამჟღავნების დაახლოებით შესაბამისად ბუშტულს დაიძვრის და ისწრაფვის დაიჭიროს ამჟღავნებაში უმაღლესი მდებარეობა, ე. ი. *ab* ბუშტულის გადაადგილება ხდება ამჟღავნების შიგნით სამუშაო ზონაში. იმისათვის, რომ თარაზობის ვიზოქმედოთ, საჭიროა მისი გეომეტრიული ელემენტების ცოდნა (ნახ. 5).

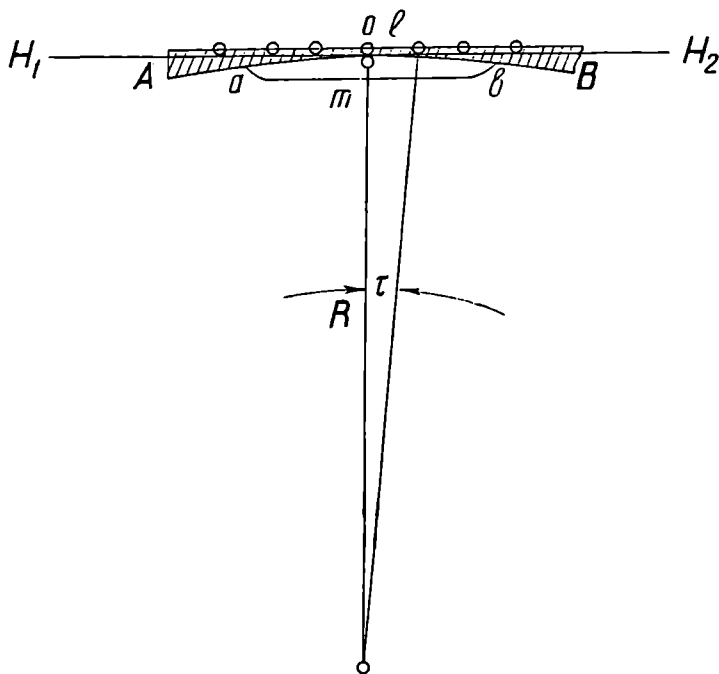


ნახ. 6.4.4.4.

შიგნით სამუშაო ზედაპირზე მოძრავი *ab* რკალის საშუალო *m* წერტილს, რომლისგანაც ტოლ მანძილებზე არის დაშორებული ბუშტულის ბოლოები, ეწოდება ბუშტულის შუა გული. ამ წერტილში *ab* რკალის მხები ყოველთვის ჰორიზონტულია. სკალის საშუალო 0 წერტილია თარაზობის ამჟღავნების სიმეტრიის (ნორმალური) წერტილი და ეწოდება ნული. მაშასადამე, ნულუნიქტი ნახ. 4<sup>ა</sup> და 4<sup>ბ</sup>-ზე შესაბამისად ერწყმის 0 და 10 შტრიხს. ამჟღავნების *AB* შიგნით სამუშაო ზონის ნულუნიქტის  $H_1H_2$  მხები ეწოდება თარაზობის დერძი. ცხადია, რევერსიულ თარაზობის ექნე-

ბა ორი ღერძი, რომლებიც ურთიერთპარალელურნი უნდა იყვნენ და ნულ-  
პუნქტები უნდა მდებარეობდეს ერთ პერპენდიკულარულ ხაზზე.

როცა ბუშტულის  $m$  შუა გული (სკალაზე ბუშტულის ბოლოების შესა-  
ბამისი ანათვლების საშუალო) შერწყმულია ნულპუნქტთან, თარაზოს  
 $H_1H_2$  ღერძი თარაზულია, წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი დახრილია. თარაზოს  
 $H_1H_2$  ღერძის  $\tau$  დახრის კუთხეს, რომელიც შეესაბამება  $\angle ab$  ბუშტულის  
ეროი  $l = 2$  მილიმეტრით გადაადგილებას ანუ ერთი დანაყოფის შესაბამის



ნახ. 6.4.4.5.

ცენტრალურ კუთხეს, ეწოდება თარაზოს დანაყოფის საფასური,  
რომლის დამოკიდებულება თარაზოს დანაყოფის  $l = 2$  მილიმეტრთან და სი-  
მრუდის  $R$  რადიუსთან გამოისახება ფორმულით:

$$\tau'' = \frac{l}{R} \rho'' = \frac{2}{R} \frac{\partial \partial}{\partial \partial} \cdot \rho'', \quad (6.4.4.1)$$

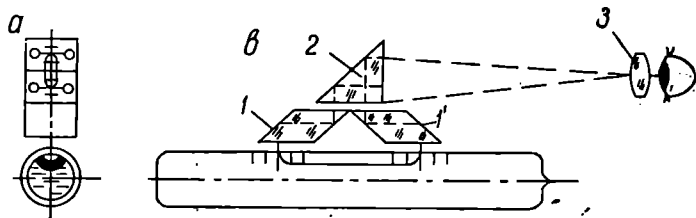
სადაც  $\rho'' = 206265''$  — რადიანია.

თარაზოს საფასურის ოდენობის განსაზღვრის საკითხს ქვემოთ საგან-  
გებოდ განვიხილავთ.

### 6.4.5. თარაზოვანი პრიზმების სისტემებით

პრიზმების სისტემებს იყენებენ მხოლოდ დასაყენებელ ცილინდრულ თარაზოვებში, რომლებშიც ორი სახის გვხვდება. პირველში ბუშტულა იხილება ჩვეულებრივი სახით (ნახ. 1), ხოლო მეორეში კონტაქტის სახით (ნახ. 2).

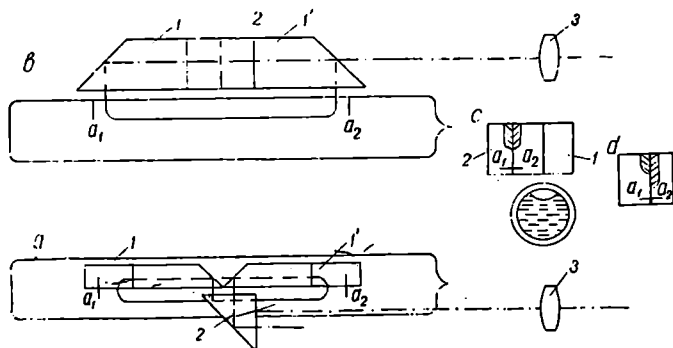
საერთოდ, სისტემა შედგება სამი პრიზმისაგან (ნახ. 1 და 2), რომელთაგანაც 1 და 1' დამაგრებულია ამპულის შუანაწილის ზემოთ და მარტყუთხა პრი-



ნახ. 6.4.5.1.

ზმა 2; რომელიც შეიძლება ვაბრუნოთ; ჩვეულებრივ, მის წინ აყენებენ მცირე გამადიდებლობის ლუპსს 3, რომელთა საშუალებით იზიარება ბუშტულის ბოლოები. ხშირად ქვემოდან უყენებენ მოძრავ სარკესს.

პირველი სახის თარაზოვებში (ნახ. 1) პრიზმა 1 და 1' სრულად ფარავს ამპულის ბუშტულას და ვიღებთ მისი ბუშტულის ბოლოების სრულ გამოსახულებას (ნახ. 1<sup>ბ</sup>); მეორე სახის თარაზოვში ხსენებული (1 და 1') პრიზმა ფარავს ბუშტულის სიგანის ნახევარს (ნახ. 2<sup>ა</sup>) და თარაზოს ღერძის გასწვრივ



ნახ. 6.4.5.2.

მიიღება ბუშტულის ბოლოების გაკრილი გამოსახულება.

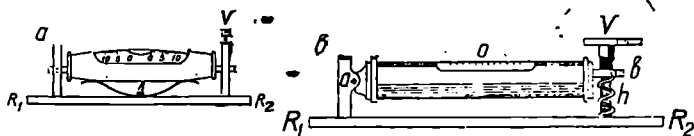
ასეთი კონტაქტური თარაზოს ბუშტულის შუა წერტილის ნულ-პუნქტზე დაყენება ხდება თარაზოს ბუშტულის ბოლოების გაკრილი ნაწილების შეთავსებით ანუ კონტაქტით (ნახ. 2<sup>ა</sup>). როცა კონტაქტი არ არის (ნახ. 2<sup>ბ</sup>), ბუშტულის შუა წერტილი და ნულ-პუნქტი შეთავსებული არ არის. კონტაქტურ თა-

ტარაზების ამპულაზე, ჩვეულებრივ, დანაყოფები არ არის, ნულპუნქტი იგულისხმება  $a_1$  და  $a_2$  შტრიხის შუა ადგილას (ნახ. 2<sup>ა</sup>, ბ).  $a_1$  და  $a_2$  შტრიხი უნდა გამოჩნდეს ლუპაში ურთიერთგაკრძელებული ერთი ხაზის სახით (ნახ. 2<sup>ა</sup>, ბ), რაც იმას ნიშნავს, რომ პრიზმების სისტემა დამაგრებულია ამპულაზე ზუსტად. ამ დროს ბუშტულის ბოლოების კონტაქტი ნიშნავს იმას, რომ თარაზოს ღერძი პორიზონტულია (ნახ. 2<sup>გ</sup>).

პრიზმების სისტემა ადიდებს სიზუსტეს და მოხერხებულია სამუშაოდ, რადგანაც ბუშტულის ბოლოების გამოსახულებას ვიღებთ დამკვირვებლისათვის მოხერხებულ ადგილას. ჩვეულებრივ თარაზობთან შედარებით მათ დაახლოებით ოთხჯერ მეტი სიზუსტე აქვთ. განხილად თარაზობს იყენებენ კუთხისაზომ იარაღებსა და ნიველირებში, სადაც თანადროულად ჩანს ლარტყა და ბუშტულის ბოლოები. ხშირად ჭოგრით თანადროულად ჩანს ლარტყა და თარაზოს ბუშტულა. როცა ობიექტივის გამადიდებლობაა 0,1 და ოკულარის 30, მაშინ ბუშტულის ბოლოები ჭოგრით მოჩანს სამჯერ გადიდებული.

### 6.4.6. ცილინდრული თარაზოს ჩარჩო

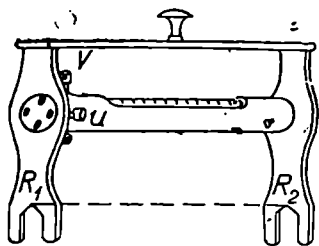
დაზიანებისაგან დასაცავად და სხვადასხვა ინსტრუმენტებზე მისამაგრებლად თარაზოს ამპულას ათავსებენ თითბრის ჩარჩოს ბუდეში ისე, რომ ბუდის ამონაჭრიდან ჩანდეს მოძრავი ბუშტულის მდებარეობა. ჩარჩოში გაკეთე-



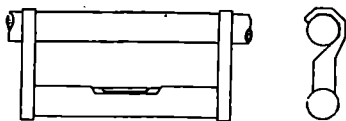
ნახ. 6.4.6.1.

ბულია თერმოიზოლაცია, რის შედეგად ამპულაზე ტემპერატურის გავლენა მცირდება.

როგორც ვიცით, ცილინდრული თარაზოები გვხვდება: ინსტრუმენტიდან მოსახსნელი (დამოუკიდებელი) და ინსტრუმენტებზე ხისტად მიმაგრებული (თანხლებული) სახით. ჩარჩოებიც შესაბამისი სახის მზადდება. ინსტრუმენტებიდან მოსახსნელი თარაზობია როგორც დასაყენებელი, ისე ასათვლელი:



ნახ. 6.4.6.2.



ნახ. 6.4.6.3.

1. რაიმე სიბრტყეზე სადები თარაზოები (ნახ. 1); 2. ცილინდრულ ღერძზე დასადგმელი თარაზო (ნახ. 2); 3. ცილინდრულ ღერძზე დასაკიდებელი თარაზო (ნახ. 3);

ინსტრუმენტებზე ხისტად მიმაგრებული თარაზოებია უმთავრესად დასაყენებელი:

1. კუთხსაზომი ინსტრუმენტის მთავარი (ვერტიკალური) ღერძის შვეულად დასაყენებელი თარაზო, რომელიც დაყენებულია წრედალიდადას გარსაცმზე ქოგრის ბრუნვის ღერძის პარალელურად (განივი თარაზო) ან მის მართობულად (გრძივი თარაზო);

2. ვერტიკალური წრედის თარაზო, რომელიც დაყენებულია შიმშა ან წრედალიდადას გარსაცმზე ალიდადას ინდექსის ვერტიკალური ან თარაზული მიმართულებისადმი მდებარეობის საკონტროლოდ;

3. თეოდოლიტის ქოგრზე ხისტად მიმაგრებული თარაზო, რომლებსაც იყენებენ ქოგრის თარაზულად დასაყენებლად და ალიდადას ინდექსის ვერტიკალურ ან თარაზულ მიმართულებისადმი მდებარეობის საკონტროლოდ;

4. ნიველირის ქოგრზე მიმაგრებული თარაზო, რომლის საშუალებით ი ქოგრის სამიხნე ღერძს აყენებენ თარაზულად.

მეორე ჯგუფის თარაზოები არის დამყენებელი, რომელთა თარაზოს შივა სამუშაო ზოლის შუაში ბუშტულის დაყენებით ინსტრუმენტის ღერძები მოკყავთ თარაზულ და შეეუღლ მდგომარეობაში.

ყოველ თარაზოს გააჩნია შემასწორებელი ხრახნი. მაგალითად, (1<sup>ა</sup> და 2) ნახაზებზე იგი გამოიყენება ცილინდრული თარაზოს სიბრტყის პორიზონტულ მდგომარეობაში მოსაყვანად; ამისათვის იგი დამაგრებულია შემასწორებელი  $V$  ხრახნილით  $R_1 R_2$  შიმშაზე. ხრახნილის ფუჭის სვლის მოსასობად თარაზოსა და შიმშას შორის მოთავსებულია ფირფიტოვანი  $h$  ზამბარა (ნახ. 1<sup>ა</sup>); ზოგი თარაზოს შემასწორებელ  $V$  ხრახნზე მოწყობილია ზვია $\nabla$   $h$  ზამბარა (ნახ. 1<sup>ბ</sup>).

ზემომოყვანილი თარაზოების შემოწმება და გამოყენება განიხილება სათანადო ინსტრუმენტების განხილვის დროს.

#### 6.4.7. ცილინდრული თარაზოს ღერძის დახრის განსაზღვრა

ცილინდრული თარაზოს ღერძის დახრას ვუწოდებთ  $\alpha$  კუთხეს, რომელსაც თარაზოს  $H_1 H_2$  ღერძი ჰქმნის თარაზულ სიბრტყესთან ან ბუშტულის შუა  $m$  წერტილის მხები ქმნის  $H_1' H_2'$  მხებთან (ნახ. 1). მისი ოდენობა გამოთვლება ფორმულით:

$$\alpha = \tau \cdot n, \quad (6.4.7.1)$$

სადაც  $\tau$  არის თარაზოს ერთი დანაყოფის საფასური:

$n$  — ნულპუნქტიდან ბუშტულის შუაგულის გადაადგილების ოდენობა, გამოსახული თარაზოს სკალის დანაყოფებში.

ვინაიდან ბუშტულის შუაგულის შესაბამისი ანათვისის ზუსტად აღება სკალაზე მოუხერხებელია, ამიტომ  $n$  ოდენობა გამოითვლება ბუშტულის ბოლოების შესაბამისი ანათვლების საშუალებით, რისთვისაც აღენიშნოთ თარაზოს ბუშტულის მარცხენა ბოლო და ნულპუნქტიდან მისი დაშორება სკალის დანაყოფებში  $a$  ასოთი, ხოლო მარჯვენა ბოლო და მისი ჩვენება —  $b$  ასოთი.

დადებითად ჩავთვალოთ თარაზოს ღერძის დახრა, როცა მისი მარჯვენა მხარეა აწეული ანუ, როცა ბუშტულის შუა  $m$  წერტილი მდებარეობს  $O$  ნულპუნქტის მარჯვნივ.

განვიხილოთ ორი ძირითადი შემთხვევა:

1. როცა ნულპუნქტის ორივე მხარეზე იზრდება წარწერები (ნახ. 6.4.4.4<sup>ა</sup>).

(1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით დავწერთ:

$$n = a + \frac{b-a}{2} = \frac{a+b}{2}. \quad (6.4.7.2)$$

მაშასადამე, (1) ტოლობის შესაბამისად თარაზოს ნახევარსაფასურებში

$$a = \frac{\tau}{2} \cdot (a+b). \quad (6.4.7.3)$$

შეთანხმების შესაბამისად მივიღოთ ნულპუნქტიდან  $a$ ,  $b$  ანათვლები მარჯვნივ პლუსად, ხოლო მარცხნივ— მიმწუსად; მაშინ ზემოთ მიღებული პირობის თანახმად, (3) ფორმულით გამოწვეული თუ პლუსი მივიღოთ, აწეული იქნება თარაზოს მარჯვენა მხარე, ხოლო მინუსის შემთხვევაში მარცხენა მხარე იქნება აწეული.

მაგალითი 6.4.7.1.

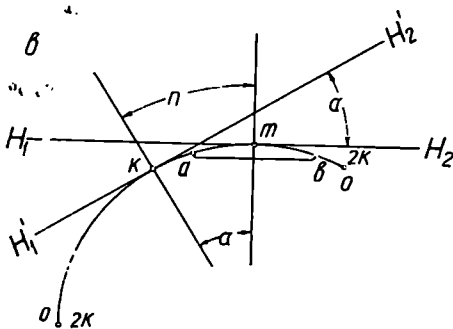
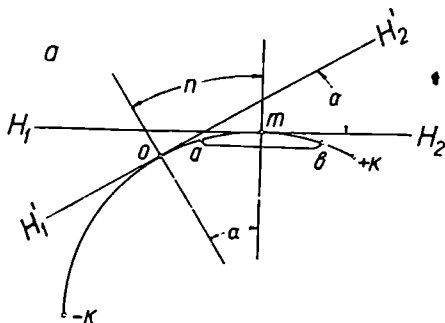
$\tau = 20''$ ;  $a = -5,6$ ;  $b = +6,8$ , (3) ფორმულით  $\alpha = 10'' (-5,6 + 6,8) = 12''$ .

მაგალითი 6.4.7.2.

$\tau = 20''$ ;  $a = -16,8$ ;  $b = -5,2$ , მაშინ (3) ფორმულით  $\alpha = 10'' (-16,8 - 5,2) = -220''$ .

მაშასადამე, პირველ შემთხვევაში აწეულია თარაზოს მარჯვენა მხარე, ხოლო მეორეში—მარცხენა.

როდესაც ვსაზღვრავთ დამყენებელი (შუაში უკვალო) თარაზოს (ნახ. 6.4.4.1<sup>ა</sup>) ღერძის დახრას, საჭიროა თარაზოს ბუშტულის სიგრძის შესაბამისი გრძელი შტრიხები მივიღოთ ნულებად და მათგან ბუშტულის ბოლოებით  $a$  და  $b$  ანათვლები მარცხნივ მივიღოთ უარყოფითი ნიშნით, სოლო მარჯვნივ დადებითი ნიშნით.



ნახ. 6.4.7.1.



2. როცა წარწერები იზრდება მარცხენა მხარედან მარჯვნივ ან პირიქით (ნახ. 6.4.4.4<sup>ა</sup>). ამ შემთხვევაში ნულპუნქტა შეესაბამება დანაყოფების რაოდენობის ნახევარს, რომელიც აღვნიშნოთ  $k$  ასოთი. (1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით შეიძლება მივიღოთ ორი ფორმულა.

ა. თუ სკალის ნული მისი  $k$  ნულპუნქტიდან არის მარცხნივ, მაშინ

$$n = \frac{a+b}{2} - k = \frac{1}{2}(a+b-2k), \quad (6.4.7.4)$$

ხოლო ნახევარსაფასურებში დახრის კუთხე:

$$\alpha = \frac{\tau}{2}(a+b-2k). \quad (6.4.7.5)$$

ბ. როცა სკალის ნულია მისი  $k$  ნულპუნქტის მარჯვნივ,

$$n = k - \frac{a+b}{2} = \frac{1}{2}(2k-a-b) \quad (6.4.7.6)$$

და ნახევარსაფასურებში

$$\alpha = \frac{\tau}{2}(2k-a-b). \quad (6.4.7.7)$$

ამ შემთხვევაში  $a$ ,  $b$  ანათვლებს ნიშანი არ ეწერება და (5), (7) ფორმულებით გამონათვალი გვიჩვენებს თარაზოს რომელი მხარეა აწეული.

მაგალითი 3.4.7.3.  $\tau = 20''$ ; სკალის ნული მოთავსებულია მარცხნივ.  $k = 25$ ;  $\alpha = 27,2$ ;  $b = 43,1$ ; მაშინ (5) ფორმულით  $\alpha = 10''(27,2 + 43,1 - 50) = +203''$ .

როცა სკალის ნული მარჯვნივ არის, განხილად შემთხვევაში ანათვლები იქნება  $a = 22,8$ ;  $b = 6,9$ ; (7) ფორმულით ნახევარსაფასურებში:

$$\alpha = 10''(50 - 22,8 - 6,9) = +203''.$$

პირველ შემთხვევაში  $a$  და  $b$  მეტია  $k$ -ზე, ხოლო მეორე შემთხვევაში ისინი ნაკლები არიან მასზე, რაც იმას ნიშნავს, რომ ბუშტულა იმყოფება ნულპუნქტის მარჯვნივ, ე. ი. აწეულია თარაზოს მარჯვენა მხარე, რაც პირობით პლუსად აღვნიშნეთ.

ახლა ვთქვათ:  $\tau = 20''$ ;  $k = 25$ ;  $a = 6,9$ ;  $b = 22,8$ ; ნული მოთავსებულია მარცხნივ, მაშინ (5) ფორმულით:

$$\alpha = 10''(6,9 + 22,8 - 50) = -203'',$$

ხოლო, როცა ნული იქნება მარჯვნივ,  $a = 43,1$ ;  $b = 27,2$ , ე. ი. (7) ფორმულით

$$\alpha = 10''(50 - 43,1 - 27,2) = -203''.$$

მეშასაღამე, აქ უკვე აწეულია თარაზოს მარცხენა მხარე.

შენიშვნა. ამ პარაგრაფში მოყვანილი მაგალითებიდან ჩანს, რომ  $n$ -ს ვანგარიშობთ (2), (4), (6) ფორმულებით ორზე გაყოფის გარეშე ანუ  $n$  გამოსახავს ნახევარდანაყოფების რაოდენობას. სამაგიეროდ (3), (5), (7) ფორმულების შესაბამისად  $\tau$  იყოფა ორზე. ასეთ მოქმედებებს ის გამართლება აქვს, რომ (1) ტოლობაში ყოველი თარაზოსათვის  $\tau$  მუდმივია და  $n$  კი ცვალებადი.

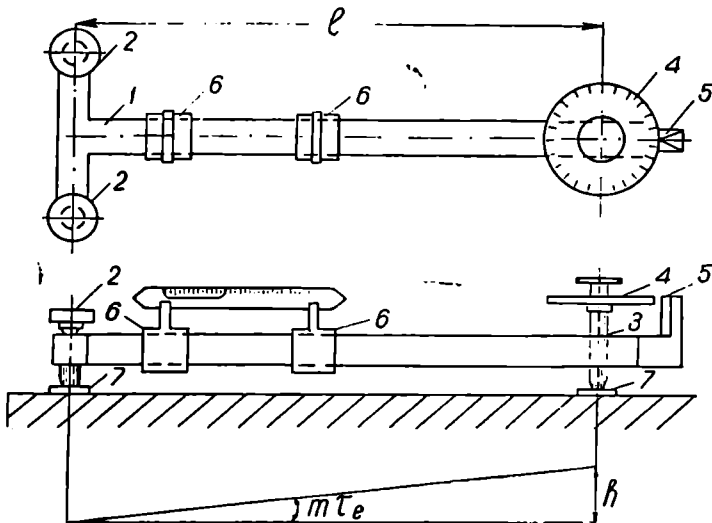
### 6.4.8. თარაზოს ერთი დანაყოფის საფასურის განსაზღვრა

თარაზოს საფასურის განსაზღვრა ხდება ეგზამინატორით, ამწევი ხრახნებით, ლარტყითა და უნივერსალით.

A. თარაზოს საფასურის განსაზღვრა ეგზამინატორით.

ეგზამინატორი, წარმოადგენს რეიშინისმაგვარ ლითონის სქელ შიმშას 1 (ნახ. 1) ორი ამწევი ხრახნით 2 და ერთი მიკრომეტრული ხრახნით 3, რომლებიც ეყრდნობიან საქუსლებს 7. შიმშაზეა მოძრავი ორი დგამი 6 მათზე გამოსადეგი თარაზოს მოსათავსებლად და (5) ინდექსი მიკრომეტრულ ხრახნზე 3 არსებულ ჰორიზონტულ წრედზე 4 ანათვლების ასათვლელად, რომელიც, ჩვეულებრივ, დაყოფილია 120 ან 180 ნაწილად, რაც საერთოდ აღვნიშნოთ  $m$  ასოთი.

განხილად წრედზე წარწერები იზრდება საათის ისრის საწინააღმდეგო



ნახ. 6.4.8.1.

მიმართულებით (ჩახრახნისას ანათვლები იზრდება და შიმშის შესაბამისი მხარე ზევით იწევს).

წრედის 4 ერთი დანაყოფით შემობრუნების შესაბამისად შიმშის დახრის კუთხეს ანუ ხსენებული დანაყოფის შესაბამის ცენტრალურ კუთხეს ეწოდება ეგზამინატორის წრედის ერთი დანაყოფის საფასური და აღვნიშნავთ  $\tau_e$  სიმბოლოთი.

ჩვეულებრივ, ეგზამინატორის მიკრომეტრული (3) ხრახნის ბიჯის  $h$  სიმაღლეს, წრედის დანაყოფების  $m$  რაოდენობასა და მიკრომეტრული (3) ხრახნილიან ამწევი ხრახნების 2 შემაერთებელ წრედებზე  $l$  მანძილს შეარჩევნებთ, რომ მისი  $\tau_e$  საფასური იყოს ერთი სეკუნდი.

ვინაიდან არის შემთხვევები, როცა  $\tau_e$  არ უდრის ერთ სეკუნდს, საჭიროა ახლად მიღებულ ხელსაწყოში განსაზღვრულ იქნეს იგი. (1) ნახაზის შესაბამისად:

$$\tau_e = \frac{h}{ml} \cdot \rho'', \quad (6.4.8.1)$$

სადაც  $m$  არის ეგზამინატორის (4) წრედის დანაყოფების რაოდენობა ჩვეულებრივ (120—180);

$\rho = 206265''$  — რადიანი;

$l$  — მიკრომეტრული ხრახნის 3 დაშორება ხრახნების 2 შემაერთებელ წრფემდე;

$h$  — მიკრომეტრული ხრახნის ბიჯის სიმაღლე, რაც შეესაბამება წრედის ერთ სრულ ბრუნვას, ანუ  $m$ -ს.

$l$  მანძილის გასაგებად ეგზამინატორს ათავსებენ ქალაქზე, რომელზეც აღნიშნავენ სამივე ფეხის კვალს და ფარგლით ზომავენ (3) მიკრომეტრული ხრახნის კვალიდან (2) ხრახნების კვლების შემაერთებელ წრფემდე მანძილს. მიკრომეტრული ხრახნის ბიჯის  $h$  სიმაღლეს განსაზღვრისათვის (2<sup>ა</sup> ნახაზი) შიმშიდან ამოხრახნიან მას და თავის ღერძის გასწვრივ დააპირებენ ქალაქს ისე, რომ მასზე აღიბეჭდოს რაც შეიძლება მეტი რაოდენობა ხრახნილის ხვეულისა, რის შემდეგ ზომავენ მანძილს ხრახნის კიდურ ანაბეჭდებს შორის ( $H$ ) და ჰყოფენ მათ შორის დანაყოფების, ანუ ბიჯების, რიცხვზე ( $N$ ). ამ მონაცემების (1) ფორმულაში შეტანით განისაზღვრება  $\tau_e$ .

თარაზოს  $\tau$  საფასურის განსაზღვრისათვის ეგზამინატორის ლითონის ფილას აყენებენ იატაკისაგან იზოლირებულ მასიურ (ბეტონის, ქვის) სვეტზე, (ამჟამად იყენებენ ამწვე ხრახნებზე დაყენებული სფერული თარაზოს მქონე ლითონის ფილას), რომელიც იმყოფება ისეთ სათავსოში, სადაც შეიძლება დაცული იქნეს ტემპერატურის მუდმივობა თარაზოს საფასურის განსაზღვრის პერიოდში.

(1) სქემაში ნაჩვენებია თარაზოს საფასურის განსაზღვრა ეგზამინატორით 15°, 7C ტემპერატურის დროს; ამჟამის სკალაზე წარწერები იზრდება ერთი თავიდან მეორისაკენ. (4) წრედის დანაყოფები  $m = 180$  და წარწერები იზრდება საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ეგზამინატორის წრედის ერთი დანაყოფის საფასური  $\tau_e = 1''$ .

სამუშაოს დაწყებამდე ეგზამინატორის ფუძეს (ფილას) აყენებენ თარაზულად და გამოსაცდელ თარაზოს სდებენ მის დგამებში 6 ისე, რომ ამჟამის სკალის ნული ამწვეი ხრახნებასაკენ 2 იყოს და იცდიან დაახლოებით ორი საათი, სანამ თარაზო მიიღებდეს სათავსის ტემპერატურას. შემდეგ მიკრომეტრული ხრახნით 3 ბუშტულას დააყენებენ ამჟამის შიგა სამუშაო პირეზლის შუაში.

თარაზოს საფასურის განსაზღვრა სრულდება მინიმუმ სამი ილეთით (ანუ თარაზოს პირდაპირი და შებრუნებული მდებარეობის შესაბამისად მიკრომეტრულ ხრახნის ექვსჯერ სრული შემობრუნებით). რადგან ყოველი ილეთის პირველ ნახევარს შეესაბამება ეგზამინატორზე თარაზოს ერთი (პირდაპირი)

მდებარეობა, ხოლო მეორე ნახევარს—შებრუნებული მდებარეობა, ყოველი ნახევარი ილეეთის შესრულებისათვის საჭიროა მიკრომეტრული ხრახნის ერთი სრული ( $m$  დანაყოფით) შემობრუნება ანუ ხრახნის ბიჯის  $h$  სიმაღლის შესაბამისად ეგზამინატორის შიშვის დახრის შეცვლა. ამასთან დაკავშირებით პირველ რიგში ანგარიშობენ, თუ რამდენი  $P$  ილეეთი ანუ წრედის რამდენი  $2P$  სრული ბრუნვა უნდა შესრულდეს და შიშვის თარაზული მდებარეობიდან ამოხრახნიან (3) მიკრომეტრულ ხრახნს  $P$  ჯერ სრული ბრუნვით, რის შედეგად შიშვის ის მხარე დაიწვეს, საითაც მიკრომეტრული ხრახნია. შემდეგ, სრული ბრუნვის ნახევარზე ნაკლები ბრუნვით აყენებენ წრედის 4 წილს მაჩვენებლის (ინდექსის) პირისპირ. ბოლოს ეგზამინატორის ამწვევი ხრახნებით 2 გადასწევენ რაც შეიძლება მათკენ ამჟღის ბუშტულას სამუშაო ზონის ფარგლებში (ბუშტულის პირველი განაპირა მდებარეობა) ისე, რომ ამ ხრახნებით მუშაობის დროს არ მოხდეს შიშვის განივი გადახრა.

შემომოყვანილი წინასწარი ღონისძიების ჩატარება საჭიროა იმისათვის, რომ გამოკვლევის დროს ვიმუშაოთ მიკრომეტრული ხრახნის მხოლოდ ჩანჩახნით, ანუ, შესაბამისად, შიშვის ყოველთვის იმ მხარის აწვეით, საითაც მიკრომეტრული ხრახნია; ამავე დროს ვისარგებლოთ ხრახნის კუთხვილის (ხრახნილის) იმ ხვეულებით, რომლებიც სიმეტრიულად არიან შიშვის თარაზული მდებარეობიდან.

ზემოხსენებულ მდგომარეობაში ვიღებთ წრედზე  $m_1 = 0$  ანათვალს (სქემის მე-2 სვეტი), ასევე ვიღებთ ამჟღის სკალაზე ბუშტულას მარცხენა და მარჯვენა ბოლოთი  $a_1 = 9,3$  და  $b_1 = 24,6$  ანათვალს დანაყოფის მეათედი სიზუსტით (მე-3, 4 სვეტები). ვსაზღვრავთ ბუშტულის სიგრძეს  $b_1 - a_1 = 24,6 - 9,3 = 15,3$  და ვწერთ სქემის 5 სვეტში (ეს სვეტი ტემპერატურის მუდმივობის საკონტროლოა). შემდეგ ვაბრუნებთ (ჩახრახნით) მიკრომეტრულ ხრახნს  $m_2 = 30$  ანათვალზე (მე-2 სვეტი) და ვიღებთ ამჟღაზე  $a_2 = 17,7$  და  $b_2 = 33,0$  ანათვლებს (მე-3, 4 სვეტში); შესაბამისად, ბუშტულის სიგრძე იქნება  $b_2 - a_2 = 33,0 - 17,7 = 15,3$  (მე-5 სვეტი), რაც ადასტურებს ტემპერატურის უცვლელობას; ვაყენებთ წრედს  $m_3 = 60$  ანათვალზე, ამ დროს სკალაზე ანათვალა  $a_3 = 26,2$ ,  $b_3 = 41,5$ ; ბუშტულის სიგრძეა  $b_3 - a_3 = 41,5 - 26,2 = 15,3$ ; ამ დროს ბუშტულა გადაადგილებულია მიკრომეტრული ხრახნის ახლო სამუშაო ზონის ნაპირზე, რის გამო საჭიროა ამწვევი ხრახნებით (2) ბუშტულის ისევ გადაადგილება მათკენ, ე. ი.  $m_4 = 50$  იგივე იქნება, ხოლო ანათვლებია  $a_4 = 9,1$  და  $b_4 = 24,5$ ; ბუშტულის სიგრძეა  $b_4 - a_4 = 24,5 - 9,1 = 15,4$ ; ვაყენებთ წრედს  $m_5 = 90$  ანათვალზე, სკალაზე ანათვლებია  $a_5 = 17,6$ ,  $b_5 = 33,0$ , ბუშტულის სიგრძეა  $33,0 - 17,6 = 15,4$ ; შემდეგ, როცა  $m_6 = 120$ ,  $a_6 = 26,1$ ,  $b_6 = 41,5$ , ხოლო ბუშტულის სიგრძეა  $41,5 - 26,1 = 15,4$ ; როცა  $m_7 = 120$ , ამწვევი ხრახნებით 2 ისევ გადავწვეთ ბუშტულას მათკენ; ამ დროს  $a_7 = 9,3$ ,  $b_7 = 24,6$ , ხოლო ბუშტულას სიგრძეა  $24,6 - 9,3 = 15,3$ ; ვაყენებთ წრედს  $m_8 = 150$ -ზე, სკალაზე  $a_8 = 17,7$ ,  $b_8 = 33,0$ , ბუშტულის სიგრძე იქნება  $33,0 - 17,7 = 15,3$ ,  $m_9 = 180$ ; ანათვალზე

$a_1 = 26,2, b_1 = 41,6$ , ბუშტულის სიგრძე კი იქნება  $41,6 - 26,2 = 15,4$ . ამით ვამთავრებთ პირველი ილეთის ნახევარს, სადაც შესრულებულია ხრახნის ერთი ბიჯის  $h$  ოდენობის შესაბამისად (4) წრედის 180 დანაყოფზე სრული ბრუნვა თარაზოს ერთ (პირდაპირ) მდებარეობაში. ანალოგიური თანამიმდევრობით სრულდება მეორე და მესამე ილეთის პირველი ნახევრები თარაზოს იმავე (პირდაპირ) მდებარეობაში, შემდეგ შევებრუნებთ თარაზოს შიმშის დგამებში (ახლა ამპულის სკალის ნული მიკროხრახნისკენ არის) და თარაზოს შებრუნებულ მდებარეობისათვის ვიწყებთ პირველი ილეთის პირველი ნახევრის ანალოგიურად ყოველი ილეთის მეორე ნახევრებს, რისთვისაც ამოვხრახნით მიკრომეტრულ ხრახნს  $P$ -ჯერ სრული ბრუნვით, რომელიც გავლილი იქნება ჩახრახნისა და პირდაპირი ანუ პირველი ნახევარი ილეთების შესრულების დროს. შემდეგ ამწევი ხრახნებით გადავადგილებთ ბუშტულას შესაძლებლობისდაგვარად მათკენ და ვიწყებთ ზენოალწერილი თანამიმდევრობით მოქმედებებს. (1) სქემაში მოცემულია, პირველი ილეთის პირველი და მეორე ნახევრის (თარაზოს პირდაპირი და შებრუნებული მდებარეობის) მასალა.

სამივე ილეთის დამთავრების შემდეგ სქემის მე-3, 4 და 8,9 სვეტების ჩანაწერებით ისაზღვრება ბუშტულის გადაადგილებები ნახევარდანაყოფებში პირველი და მეორე ნახევარი ილეთების (ანუ, როცა ამპულის სკალის ნული ამწევი ხრახნებისაკენ და მიკრომეტრული ხრახნისაკენაა) შესაბამისად ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} n_3 &= (a_i - a_{i-1}) + (b_i - b_{i-1}) \\ n_4 &= (a_{i-1} - a_i) + (b_{i-1} - b_i) \end{aligned} \right\}, \quad (6.4.8.2)$$

რაც სრულად შეესაბამება (6.4.7.4.) და (6.4.7.6) ფორმულებს

$$(n = n_i - n_{i-1}).$$

(2) ფორმულით გამონათვლები იწერება სქემის მე-6 და 11 სვეტებში; მაგალითად, ასეთი გამონათვლები ხსენებულ სვეტებშია ექვს-ექვსი. სანიმუშოდ მოვიყვანთ (2) ფორმულით ორ გამონათვალს:  $n_3 = (17,7 - 9,3) + (33,0 - 24,6) = 16,8$  და  $n'_3 = (33,1 - 24,7) + (17,8 - 9,4) = 16,8$ , ხოლო მათი საშუალო  $n_m = (n'_3 + n_3) \frac{1}{2} = 16,8$  იწერება სქემის (12) სვეტში. ასეთი საშუალო იქნება ექვსი, ხოლო

მათი საშუალო პირველი ილეთისათვის, ანუ წრედის ყოველი 30 დანაყოფისათვის, ბუშტულის საშუალო გადაადგილება პირველ ილეთში იქნება  $n_{30} = 16,983$ , ხოლო წრედის სრული 180 დანაყოფის შესაბამისად ბუშტულის გადაადგილება სკალის ნახევარდანაყოფებში  $[n_m] = 101,90$ . მაშასადამე, პირველი ილეთით თარაზოს ნახევარსაფასური, ანუ სკალის დანაყოფის ნახევრის შესაბამისი, ცენტრალური კუთხე იქნება:

$$\frac{\tau}{2} = \frac{\tau \cdot n}{[n_m]} = \frac{180^\circ}{101,90} \approx 1,777. \quad (6.4.8.3)$$

მისი საბოლოო მნიშვნელობა იქნება სამი ილეთის საშუალო.

შესრულებული სამუშაოს სიზუსტის შეფასებისათვის სქემას დართული აქვს (13) და (14) სვეტი. (13) სვეტში გამოთვლილია უალბათისი შეც-

პირდაპირი სკლა (პირველი ილეთი)	ნახევარი						შებენებული სკლა (მეორე ნახ. ილეთი)						$\frac{n_3 + n_2}{2}$ $n_{32}$	$\sigma = n_{32} - n_{23}$	$\sigma^2$
	ანათლებლები		თარაზობე		შედეგები		ანათლებლები		თარაზობე		შედეგები				
	ა	ბ	ა	ბ	ა	ბ	ა	ბ	ა	ბ	ა	ბ			
1	0	9,3	84,8	15,3	16,80	180	24,7	9,4	15,3	16,80	12	14	0,0338		
	30	17,7	39,0	15,8	17,00	150	39,1	17,9	15,3	17,00	17,00	19	0,0001		
	60	26,2	41,5	15,3	17,00	120	41,6	26,9	15,3	17,00	16,95	14	0,0010		
	90	9,1	24,5	15,4	17,00	120	24,6	9,2	15,4	16,90	17,05	13	0,0045		
	90	17,8	33,0	15,4	17,00	90	39,1	17,6	15,5	17,10	17,00	12	0,0103		
	120	26,1	41,5	15,4	17,00	60	41,6	26,2	15,4	17,10	17,10	11	0,0186		
	120	9,3	24,6	15,3	16,80	60	24,5	9,2	15,3	17,20	17,10	10			
	150	17,7	39,0	15,3	17,10	80	39,1	17,4	15,3	17,10		9			
	180	26,2	41,8	15,4		0	41,7	26,3	15,4			8			

პირდაპირი სკლა (პირველი ილეთი) ნახევარი

შებენებული სკლა (მეორე ნახ. ილეთი)

$n_{1-1} = (a_{1-1} + b_{1-1} - 2k)$   
 $n_{12} = (a_{12} + b_{12} - 2k)$   
 $n_{2-1} = (a_{2-1} + b_{2-1} - 2k)$   
 $n_{3-1} = (a_{3-1} + b_{3-1} - 2k)$   
 $n_{32} = n_{3-1} - n_{2-1} = (a_{3-1} - a_{2-1}) + (b_{3-1} - b_{2-1})$

ამებზე წარწერები

$n_{32} = 16,989$   
 $[n_{32}] = 101,90$   
 $\sigma = \pm 0,002$   
 $\sigma^2 = 0,0539$

ამებზე წარწერები

$n_{32} = 16,989$   
 $[n_{32}] = 101,90$   
 $\sigma = \pm 0,002$   
 $\sigma^2 = 0,0539$

პირდაპირი სკლა (პირველი ილეთი) ნახევარი

შებენებული სკლა (მეორე ნახ. ილეთი)

$n_{1-1} = (a_{1-1} + b_{1-1} - 2k)$   
 $n_{12} = (a_{12} + b_{12} - 2k)$   
 $n_{2-1} = (a_{2-1} + b_{2-1} - 2k)$   
 $n_{3-1} = (a_{3-1} + b_{3-1} - 2k)$   
 $n_{32} = n_{3-1} - n_{2-1} = (a_{3-1} - a_{2-1}) + (b_{3-1} - b_{2-1})$

პირდაპირი სკლა (პირველი ილეთი)

შებენებული სკლა (მეორე ნახ. ილეთი)

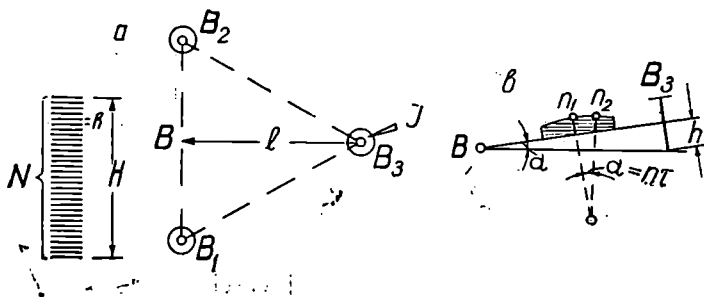
$n_{1-1} = (a_{1-1} + b_{1-1} - 2k)$   
 $n_{12} = (a_{12} + b_{12} - 2k)$   
 $n_{2-1} = (a_{2-1} + b_{2-1} - 2k)$   
 $n_{3-1} = (a_{3-1} + b_{3-1} - 2k)$   
 $n_{32} = n_{3-1} - n_{2-1} = (a_{3-1} - a_{2-1}) + (b_{3-1} - b_{2-1})$

დომები, ხოლო (14)-ში მათი კვადრატები, რაც საჭიროა ბე ს ე ლ ი ს ფორ-  
მულით განაზომთა საშუალო არითმეტიკულის  $m_{n_{\text{სა}}}$  საშუალო კვადრატული  
შეცდომის განსაზღვრისათვის (იხ. III ტომი).  
მაგალითად, I ილეთის შედეგისათვის

$$m_{n_{\text{სა}}} = \pm \sqrt{\frac{[\sigma^2]}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{0,0533}{6 \cdot 5}} = \pm 0,04. \quad (6.4.8.4)$$

### B. თარაზოს საზნაუროს განსაზღვრა ამწევი ხრახნებით

განხილადი ხერხით აწარმოებენ ტექნიკური და მცირე სიზუსტის ინსტრუმენტების თარაზობის  $\tau$  საფასურის განსაზღვრას. ამ შემთხვევაში ეგზამინატორის მსგავს ამწევე აპარატად ვიყენებთ ინსტრუმენტის ზედადგარის დამყენებელ სამივე ხრახნს, რომელთაგანაც ერთ-ერთ. (ვთქვათ,  $B_2$ ) ხრახნს



ნახ- 6.5.8.2.

(ნახ. 2) ვიყენებთ როგორც მიკრომეტრულს, ხოლო დანარჩენ ორს ( $B_1$ ,  $B_2$ )—ამწეველ. (2) ნახაზის მიხედვით:

$$\alpha = n r = \frac{h}{l} \cdot \rho''. \quad (6.4.8.4)$$

აქედან

$$\tau'' = \frac{h}{nl} \cdot \rho'', \quad (6.4.8.5)$$

სადაც  $h$  არის  $B_3$  მიკრომეტრული ხრახნის ხრახნილის ბიჯი;

$l$  — მანძილი  $B_3$  მიკრომეტრული ხრახნიდან ამწევი  $B_1$  და  $B_2$  ხრახნების შემაერთებელ წრფემდე;

$n$  — გამოსადეგლ თარაზოზე, დანაყოფების რაოდენობა, რომელიც შეესაბამება მიკრომეტრული ხრახნის ერთ სრულ ბრუნვას, ანუ  $h$  ბიჯს;

$\rho'' = 206265''$  — რადიანი.

$h$  ბიჯის განსაზღვრისათვის  $B_3$  ხრახნს ამოვხრახნით. ინსტრუმენტის ზედადგარიდან და ქალაღზე ვიღებთ მისი ხრახნის ანაბეჭდს (ნახ. 2). ზუსტად გავზომავთ  $H$  მანძილს ამ ანაბეჭდის განაპირა ხვეულებს შორის და და-

ვითვლით მისი შესაბამისი  $h$  ბიჯების  $N$  რაოდენობას, რომელთა საშუალებით ვსაზღვრათვ ხრახნის ბიჯს;

$$h = \frac{H}{N}. \quad (6.4.8.6)$$

$B_3$  ხრახნს ისევე ჩავხრახნით ინსტრუმენტის ზედადგარში და სამივე ხრახნს ვაყენებთ მათი სიმაღლის შუაში. შემდეგ ზედადგარს ვათავსებთ ქალაღღზე და მასზე ხელის დაჭირებით ქალაღღზე ვიღებთ  $B_1, B_2, B_3$  ხრახნების კვალეღს და ვზომავთ  $l$  სიგრძეს.

$n$ -ის ოდენობის დასადგენად ინსტრუმენტს ვათავსებთ საქუსღეღებში მკვიღრ საღუღძვეღზე და თარაზოთი ვაყენებთ პორიზონტულად,  $B_3$  ხრახნის თავზე ფანქრით ვატარებთ ინღექს (შტრიხს) და მის პირისპირ ვაყენებთ რაღმე სავანს (ასანთის ან წამღების ყუთს), რომელზეღ დავიტანთ ხსენებულღ შტრიხის  $I$  გაგრძეღებას. გამოსადღელ თარაზოს ვაყენებთ  $l$  ხაზის სარალეღურად.  $B_1$  და  $B_2$  ხრახნების ერთი მიმართუღებით ბრუნვით ამპუღლის ბუშტულას ვაადღიღებთ მათკენ მისი სამუშაო ზონის განაპირა მღღებარეობამღღ და ვიღებთ ბუშტუღლის მარცხენა და მარჯვენა ბოლოთი  $a_1$  და  $b_1$  ანათვღებს.  $B_3$  ხრახნის ჩახრახნით გადავადღიღებთ ბუშტულას მისკენ ამპუღლის სამუშაო ზონის ნაპირამღღ და ვიღებთ  $a'_1$  და  $b'_1$  ანათვღებს. შემღღღ  $B_1$  და  $B_2$  ხრახნით ისევე უკან (მათკენ) გადავადღიღებთ ბუშტულას ამპუღლის სამუშაო ზონის განაპირა მღღებარეობამღღ და ვიღებთ  $a_2, b_2$  ანათვღებს. ისევე  $B_3$  ხრახნით გადავადღიღებთ ბუშტულას მისკენ და ამპუღლის სამუშაო ზონის განაპირა მღღებარეობიღღან ვიღებთ  $a'_2, b'_2$  ანათვღებს.  $B_1, B_2$  ხრახნებით მათკენ გადაადღიღების შესაბამისად ვიღებთ  $a_3, b_3$  და მერე  $B_3$  ხრახნით მისკენ გადაადღიღებით ვიღებთ ბუშტუღლის ბოლოებით  $a'_3, b'_3$  ანათვღებს. აღწერიღ მოქმეღღებს ვიმეორებთ მანამ, სანამ  $B_3$  ხრახნით არ შესრულღება სრული ანუ  $h$ -ის შესაბამისი ბრუნვა, რასაც გვიჩვენებს  $B_3$  ხრახნის თავზე ინღექსის ისევე საწყის  $I$  ინღექსთან პირისპირ დადღომა.

იმ შემთხვევაში, როცა ამპულაზე ერთი ბოლოღღან წარწერები იზრღება მისი მეორე ბოლოსაკენ,  $n$  გამოითვღება (2) ტოლობების შესაბამისად, ხოლო როცა ამპუღლის (ნულპუნქტიღღან) შუაღღან ორივე მხარეზე აზრღადი რიცხვები, მაშინ ხრახნის ბიჯის შესაბამისად ბუშტუღლის გადაადღიღებათა ჯამი

$$n = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k [(a_i' + b_i') - (a_i + b_i)]. \quad (6.4.8.7)$$

ზემოხსენებულ ოდენობათა (5) ფორმულაში შეტანით მივიღებთ:

$$\tau'' = \frac{2h\rho''}{l \sum_{i=1}^k [(a_i' + b_i') - (a_i + b_i)]}. \quad (6.4.8.8)$$



(2) სქემაში მოყვანილია  $\tau$  საფასურის განსაზღვრის ნიმუში (7) და (8) ტოლობების შესაბამისად.

სქემა 6.4.8.2

a	b	a+b	a'	b'	a'+b'	(a'+b')-(a+b)	შენიშვნა
1	2	3	4	5	6	7	8
-6,5	-2,0	-8,5	+2,3	+6,7	+9,0	17,5	$l=18,32$ სმ
-5,9	-0,9	-6,2	+2,0	+6,5	+8,5	14,7	$N=12$
-6,0	-1,7	-7,7	+1,8	+6,3	+8,1	15,8	$H=0,22$ სმ; $h=0,018$ სმ
						$n=48,0$	

(8) ფორმულაში (2) სქემის მონაცემების შეტანით

$$\tau = \frac{2 \cdot 0,018 \cdot 206265''}{18,32 \cdot 48} \approx 9''.$$

### C. თარაზოს ხაზახურის განსაზღვრა ლარტყით

განხილავთ ხერხით საზღვრავენ ნიველირზე ან თეოდოლიტის ჰოგარზე მიმაგრებულ თარაზოს  $\tau$  საფასურს. ინსტრუმენტიდან  $L = 40-70$  მეტრის მანძილზე ერთ-ერთი ამწევი  $B_3$  ხრახნის გასწვრივ ვასობთ პალოს და მის თავზე ვაჭედებო სფერული თავის მქონე ლურსმანს (ნახ. 3). ინსტრუმენტს მოვიყვანთ მომწესობაში; სანტიმეტრებიანი დანაყოფების მქონე ლარტყაა შევუღალ ვდგამთ პალოზე.  $B_3$  დამყენებელი ან ელევაციური ხრახნის ბრუნვით მის გასწვრივ დაყენებული გამოსაცდელი თარაზოს ბუშტულას გადავადგილებთ  $B_1, B_2$  ხრახნებისაკენ ამპულის სამუშაო ზონის ნაპირამდე და თარაზული ძაფით ვიღებთ  $l_1 = 24,55$  ანათვალს ლარტყაზე მილიმეტრებში. ასევე ვიღებთ თარაზოს ბუშტულის ბოლოების შესაბამის  $a_1 = 7,9$ ,  $b_1 = 28,3$  ანათვლებს (3 სქემის მე-2, 3, 4 სვეტი). იმავე  $B_3$  დამყენებელი ხრახნით 5 მილიმეტრით ავწევთ ჰოგარს, ე. ი. დავაყენებთ  $l_2 = 24,60$  მმ ანათვალზე, რის გამო ბუშტულა გადაადგილდება  $B_3$ -საკენ და ვიღებთ ანათვლებს ბუშტულის ბოლოებზე  $a_2 = 14,9$ ,  $b_2 = 35,3$ . (3) სქემაში განხილულია ასათვლელი თარაზო, რომლის სკალა 50 დანაყოფიანია. წარწერა იზრდება ერთი ბოლოდან მეორისაკენ და გამოცდის დროს ნული არის  $B_1, B_2$  ხრახნებისაკენ და თარაზო დაყენებულია თეოდოლიტის ჰოგარზე. ამიტომ ნახევარდანაყოფებში თარაზოს ღერძის დახრა ყოველი კერძო შემთხვევის დროს გამოითვლება (6.4.7.4) ფორმულით

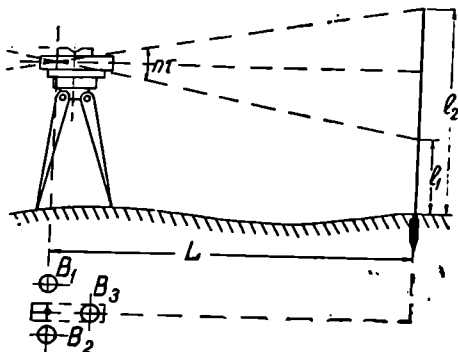
$$n_i = (a_i + b_i - 2k),$$

მაშასადამე,

$$n_1 = (7,9 + 28,3 - 50) = -13,8 \quad (\text{სქემის მე-7 სვეტი});$$

$$n_2 = (14,9 + 35,3 - 50) = +0,2 \quad (\text{სქემის მე-7 სვეტი}).$$

ასე გრძელდება გამოთვლები, მაგალითად,  $B_3$  ხრახნით კიდევ ავწევთ ჯოგრს 5 მმ, ე. ი. დავაყენებთ  $l_3=2465$  ანათვალზე, ხოლო ამ დროს ამპულაზე ანათვლები იქნება  $a_3=22,3$ ;  $b_3=42,7$ . ბუშტულა კი დაიჭერს ამპულის სამუშაო ზონაში  $B_3$  ხრახნისაკენ უკიდურეს მდებარეობას. მაშასადამე საჭიროა ამ ხრახნით ბუშტულა ისევ გადაიწიოს  $B_1, B_2$  ხრახნებისაკენ ამპულის სამუშაო ზონის ნაპირზე. ამავე დროს საჭიროა ამწევი ხრახნებით ცოტა შეიცვალოს ინსტრუმენტის პორიზონტი. ამ დროს ანათვლები იქნება:  $l_4=2455$ ,  $a_4=7,1$ ,  $b_4=27,6$ . ისევ ავწევთ 5 მმ ზევით ჯოგრს  $B_3$  ხრახნით, ე. ი. დავაყენებთ  $l_5=2460$  ანათვალზე, ხოლო ამ დროს  $a_5=14,2$ ,  $b_5=34,7$ .



ნახ. 6.4.8.3.

კიდევ ავწევთ  $B_3$  ხრახნით ჯოგრს ზევით 5 მმ, ე. ი. დავაყენებთ  $l_6=2465$  ანათვალზე, ამ დროს  $a_6=21,5$ ,  $b_6=42,0$ . ამით მთავრდება პირდაპირი სვლა, ანუ I ილეთის პირველი ნახევარი. მეორე ნახევარი, ანუ შებრუნებული სვლა, ანალოგიურად სრულდება, იხილეთ სქემის მე-5 და 6 სვეტი. ასეთი თანამიმდევრობით საჭიროა 3—4 სრული ილეთის შესრულება. (3) სქემაში მოცემულია ორი სრული ილეთის ნიმუში. (3) ნახაზის მიხედვით ერთი კერძო შემთხვევისათვის:

$$\tau'' = \frac{(l_2 - l_1)}{L n} \rho'', \quad (6.4.8.10)$$

ხოლო პრაქტიკულად შესრულებული ილეთებისათვის ნახევარსაფასური გამოითვლება ფორმულით:

$$\frac{\tau''}{2} = \frac{\Sigma (l_2 - l_1)}{2L \Sigma n} \rho''. \quad (6.4.8.11)$$

თუ ამ ფორმულაში შევიტანთ  $B_1, B_2$  ხრახნების შემაერთებელი ხაზიდან ლარტყამდე მანძილს, მაგალითად, როცა  $L=40$  მ, (3) სქემის მონაცემებით ორი ილეთისათვის მივიღებთ:

$$\frac{\tau''}{2} = \frac{80 \cdot 206265''}{2 \cdot 40000 \cdot 115,75} = 1'',782.$$

იმ შემთხვევაში, როცა თარაზოს ამპულაზე ნულპუნქტიდან ორივე მხარეზე იზრდება წარწერები, თარაზოს დახრა  $n$  დანაყოფებში ისაზღვრება (6.4.7.2) ფორმულით

$$n_i = \frac{a_i + b_i}{2}.$$

ილუმინანტი №	მანძილი ლამპიდან	ანათილები ბუტელის ბოლოებში						თარიღის ღირებულება დაწესებულებაში		ფუნდის ღირებულება	დასრულებულია	დასრულების თარიღი	შენიშვნა
		პირდაპირი სულა			უბრუნებული სულა			პირდაპირი სულა	უბრუნებული სულა				
		1ა	1ბ	1გ	2ა	2ბ	2გ						
I		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2455		7,9	28,3	7,9	28,3	-13,8	-13,8	-13,80	10	14,20	$T_1 = 12^{\circ} 80$		
2460		14,9	35,3	15,1	35,5	+ 0,2	+ 0,6	+ 0,40	10	14,70			
2465		22,3	42,7	22,4	42,8	+ 15,0	+ 15,2	+ 15,10	10				
2455		7,1	27,6	7,0	27,5	-15,3	-15,5	-15,40	10	14,20	ამჟამად ხრახნებით ცოცხალია ინსტრუმენტის კორიზონტი $T_2 = 12^{\circ} 90$		
2460		14,2	34,7	14,1	34,6	- 1,1	- 1,3	- 1,20	10	14,60			
2465		21,5	42,0	21,4	41,9	+ 13,5	+ 13,3	+ 13,40	10				
II											$T_2 = 13^{\circ} 20$		
2280		7,7	27,8	7,9	28,0	-14,5	-14,1	-14,30	10	14,35			
2285		15,0	35,0	15,0	35,1	0,0	+ 0,1	+ 0,05	10	14,90			
2290		22,4	42,4	22,4	42,5	+ 14,8	+ 14,9	+ 14,85	10				
2280		6,1	26,1	6,0	26,1	- 17,9	- 17,9	- 17,85	10	14,25	ამჟამად ხრახნებით ცოცხალია ინსტრუმენტის კორიზონტი $T_1 = 13^{\circ} 50$		
2285		13,1	33,2	13,2	33,3	- 3,7	- 3,5	- 3,60	10	14,65			
2290		20,5	40,5	20,5	40,6	+ 11,0	+ 11,1	+ 11,05	10				

$\Sigma (L_2 - L_1) = 80$        $\Sigma n = 115,75$

მაგალითად, ლარტყაზე  $l_1$  ანათელის შესაბამისი დახრა იქნება

$$n_1 = \frac{a_1 + b_1}{2},$$

ხოლო  $l_2$ -ს შესაბამისად იქნება

$$n_2 = \frac{a_2 + b_2}{2}.$$

$(l_2 - l_1)$  კი შეესაბამება

$$n = |n_1| + |n_2| = \frac{1}{2} [(a_2 + b_2) - (a_1 + b_1)], \quad (6.4.8.12)$$

რადგანაც ამ შემთხვევაში თარაზოს ნულბუნქტის მარცხნივ ანათელებს შინუსით, ხოლო მარჯვენა ანათელებს კლუსით აღვნიშნავთ (იხ. 4 სქემა).

მაშასადამე, (10) ფორმულაში მხოლოდ  $n$ -ის გამოთვლა იქნება მთელ საფასურებში ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია (12) ფორმულაში. (4) სქემაში განხილულია ტექნიკური ნიველირის თარაზოს  $\tau$  საფასურის განსაზღვრა. ამ შემთხვევაში იღეთებს შორის ცვლიან იარაღიდან ლარტყამდე  $L$  მანძილს (იხ. 4 სქემა).

სქემა 6.4.8.4.

ილეთის №№	ანათელები ლარტყაზე, მმ	ანათელები ბუშტულის ბოლოებით		5
		a	b	
1	2	3	4	
I $L_1 = 37,80$ მ	1812	-5,5	+2,3	$n_1 = -1,6$
	1828	-1,3	+6,5	$n_2 = +2,6$
	$l_2 - l_1 = 16$ მმ	-4,2	-4,2	$n_1^I =  n_1  +  n_2  = 4,2$
II $L_2 = 31,04$ მ	1716	-6,1	+1,9	$n_1' = -2,1$
	1729	-1,6	+6,3	$n_2 = +2,4$
	$l_2 - l_1 = 18$ მმ	-4,5	-4,4	$n^{II} =  n_1  +  n_2  = 4,5$

$$L_{\text{საშ}} = \frac{L_1 + L_2}{2} = 34,42; \quad \Sigma(l_2 - l_1) = 29; \quad \Sigma n = 8,7$$

(11) ფორმულის მიხედვით:

$$\frac{\tau''}{2} = \frac{\Sigma(l_2 - l_1) \cdot \rho''}{2L_{\text{საშ}} \Sigma n} = \frac{i 29 \cdot 206265''}{2 \cdot 34420 \cdot 8,7} \approx 10'', 0.$$

#### D. თარაზოს საფასურის განსაზღვრა უნივერსალურ

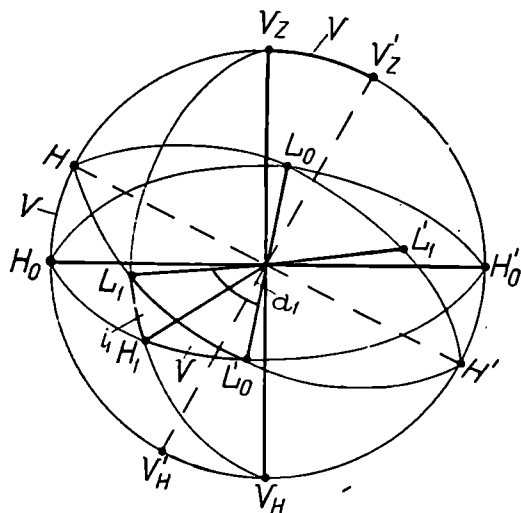
განხილადი მეთოდი ცნობილია ასტრონომიულ-გეოდეზიურ პრაქტიკაში, სადაც მაღალი სიზუსტით ხდება თარაზოს საფასურის განსაზღვრა ისე, რომ მას არ ხსნიან ინსტრუმენტიდან.

ამ მეორედის თეორიის განხილვის მიზნით ვისარგებლოთ დამხმარე სფეროთ (ნახ. 4).

წარმოვიდგინოთ, რომ დამხმარე სფეროს ცენტრი შერწყმულია კუთხსაზოში ინსტრუმენტის ლიშის ცენტრთან, განოსაცდელი თარაზო ძეგს ლიშის სიბრტყეში ისე, რომ მისი ღერძი მართობია ინსტრუმენტის შვეული (მთავარი) ღერძისა. მოვიყვანოთ მოშწესობაში ინსტრუმენტი ანუ დავაყენოთ ლიშბი თარაზულად, რის გამო ინსტრუმენტის მთავარი ღერძი დადგება ვერტიკალურად, ხოლო განხილადი თარაზოს ღერძი ყველა აზიმუტური მნიშვნელობისათვის თარაზულად იქნება. ვერტიკალური ღერძი დამხმარე სფეროზე მოგვცემს  $V_Z$

ზენიტს და  $V_H$  ნადირ წერტილს, ხოლო ლიშბი  $H_0L_0H_0'L_0'$  დიდი წრის რკალს.

მცირე  $\nu$  კუთხით დაგხართ ინსტრუმენტი ნახაზის სიბრტყეში, რის გამო დამხმარე სფეროზე მივიღებთ ინსტრუმენტის ღერძის გადაკვეთის  $V_Z'$ ,  $V_H'$  წერტილებს და ლიშბის გადაკვეთის  $HL_0H'L_0'$  დიდი წრის რკალს. ახლა განხილად თარაზოს ღერძს ექნება მხოლოდ ერთ  $L_0L_0'$  მდებარეობაში თარაზული მდებარეობა და ყველა სხვა მდებარეობაში მისი ღერძის



ნახ. 6.4.8.4.

დის დახრას შეესაბამება ამჟღის ბუშტულით სათანადო ანათვლები.

შემოვგაბრუნოთ წრედალიდალა ვერტიკალური ღერძის გარშემო მცირე  $\alpha_1$  კუთხით. რის შედეგად თარაზოს ღერძი  $L_0L_0'$  მდებარეობიდან შემობოუნდება იმავე კუთხით და მიიღებს  $L_1L_1'$  მდებარეობას და დაიხრება კუთხით:

$$i_1 = \pi_1 \cdot \tau', \quad (6.4.8.13)$$

სადაც  $\pi$  არის ამჟღის დანაყოფებში ბუშტულის გადაადგილება;

$\tau'$  — გამოსაცდელი თარაზოს ამჟღის ერთი დანაყოფის საფასური.

$L_1$  წერტილში გავატაროთ დიდი წრის  $V_ZL_1$ ,  $V_H$  რკალი, თარაზული  $H_0L_0H_0'L_0'$  წრის პერპენდიკულარულად, რის გამო მივიღებთ სფერულ მართკუთხა  $L_0'H_1L_1$  სამკუთხედს  $H_1L_1 = i$ ,  $L_0'L_1 = \alpha_1$  გვერდებით და  $\nu$

კუთხით. ამ სამკუთხედიდან, თანახმად სფერულ ტრიგონომეტრიის (1.2.8.7) ტოლობებისა, დავწერთ:

$$\sin i_1 = \sin v \cdot \sin \alpha_1,$$

ხოლო  $i$  კუთხის სიმციროს გამო დავიწერთ:

$$\frac{i_1}{\rho''} = \sin v \cdot \sin \alpha_1. \quad (6.4.8.14)$$

(13) ტოლობის გამოყენებით

$$\frac{n_1 \tau''}{\rho''} = \sin v \cdot \sin \alpha_1. \quad (6.4.8.15)$$

თარაზოს სხვა, ვთქვათ  $\alpha_2$ , მიმართულებისათვის ანალოგიურად დავიწერებთ:

$$\frac{n_2 \tau''}{\rho''} = \sin v \cdot \sin \alpha_2. \quad (6.4.8.16)$$

(16) ტოლობას გამოვაკლოთ (15) და მარჯვენა ნაწილს მივცეთ ლოგარით-მული სახე:

$$\begin{aligned} \frac{n_2 - n_1}{\rho''} \tau'' &= \sin v (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) = \\ &= 2 \sin v \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \cdot \sin \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}. \end{aligned} \quad (6.4.8.17)$$

თარაზოს საფასურის განსაზღვრა და გამოკვლევა ხდება შედარებითა მცირე  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  ოდენობების შესაბამისად, რის გამო შეიძლება მივიღოთ  $\cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = 1$ . ამავდროს  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  ოდენობები გამოისახება ლიმბზე აღებული ანათელების სხვაობებით  $\alpha_1 = N_1 - N_0$  და  $\alpha_2 = N_2 - N_0$ , სადაც  $N_0$  არის ანათვალი, როცა თარაზოს ღერძი პორიზონტულია;  $N_1$  და  $N_2$  კი—ანათელები ლიმბზე  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  კუთხით შემობრუნების შესაბამისი. შევიტანოთ (17) ტოლობაში ზემოთ მოყვანილი მნიშვნელობები, მივიღებთ:

$$\frac{n_2 - n_1}{\rho''} \tau'' = 2 \sin v \cdot \sin \frac{N_2 - N_1}{2} = 2 \sin v \cdot \sin \frac{\Delta N}{2},$$

სადაც

$$\Delta N = N_2 - N_1.$$

მაშასადამე,

$$\tau'' = \frac{2 \sin v \cdot \sin \frac{\Delta N}{2}}{n_2 - n_1} \cdot \rho''. \quad (6.4.8.17)$$

$v$  და  $\Delta N$  ოდენობების სიმციროს გამო შეიძლება ვისარგებლოთ გამარტივებული ფორმულით:

$$\tau'' = \frac{2v \frac{\Delta N}{2}}{\rho'' (n_2 - n_1) \cdot \rho''} \cdot \rho'' = \frac{v \Delta N}{(n_2 - n_1) \cdot \rho''}. \quad (6.4.8.18)$$

განხილავთ წესით თარაზოს საჯასურის განსაზღვრისათვის ინსტრუმენტს, რომელზეც გამოსაცდელი თარაზო დამაგრებული აყენებენ მკვლარს საფუძველზე (ბეტონის სვეტი, შტატივი) და შემოწმებული (იმავე) თარაზოთი მოკვავთ მოწესობაში (ჰორიზონტულად).

ერთ-ერთი, ვთქვათ,  $B_3$  ხრახნის მიმართულებით ირჩევენ ან აღნიშნავენ სამიზნე წერტილს, მას უმიზნებენ ჰოვარს და ვერტიკალურ წრედზე იღებენ ანათვალს. შემდეგ აბრუნებენ ჰოვარს თავისი ღერძის გარშემო სასურველი, ვთქვათ,  $\nu = 1^\circ$  კუთხით. ცხადია, ჰოვარის სამიზნე ღერძი გადაიხრება სამიზნე წერტილიდან, რომელზეც ისევ უკანვე დავუმიზნებთ ჰოვარს სამიზნესაკენ მიმართული  $B_3$  ამწევი ხრახნით, რის გამო ინსტრუმენტის მიაჯარი ღერძი ანუ ლიბში ჰორიზონტის მიმართ დაიხრება  $\nu = 1^\circ$  კუთხით. ვაბრუნებთ წრედალიდადს მანამ, სანამ გამოსაცდელი თარაზოს ღერძის ბუშტულა არ დადგება ამჟღის შუაში. წრედალიდადს  $\alpha_1$  კუთხით ბრუნვით გადავადგილებთ გამოსაცდელი თარაზოს ბუშტულას რამდენიმე დანაყოფით ნულუქტიდან მარცხნივ ან მარჯვნივ და ვიღებთ ლიბსსა და ბუშტულის ბოლოებზე  $N_1, a_1, b_1$  ანათვლებს. ვაბრუნებთ წრედალიდადს კიდევ  $\alpha_2$  მცირე კუთხით, რომელიც  $\alpha_1$ -საგან რამდენიმე დანაყოფით განსხვავდება ისე, რომ ბუშტულა არ დაიშალოს ბუდეში და ვიღებთ  $N_2, a_2, b_2$  ანათვლებს. მაშასადამე, მივიღებთ:

$$\Delta N = N_2 - N_1; \quad n_2 - n_1 = \frac{a_2 + b_2}{2} - \frac{a_1 + b_1}{2}$$

და (17) ან (18) ფორმულებით ვანგარიშობთ  $\tau$  საფასურს.

ჩვეულებრივ, ზემოაღწერილ მოქმედებებს იმეორებენ რამდენიმეჯერ ლიბის ერთი და იმავე მცირე კუთხით ბრუნვების შესაბამისად (იხილეთ მე-5 სტემა).

ს ქ ე მ ა 6.4.8.5.

ანათვლები ლიბში	პირდაპირა სვლა			შებრუნებული სვლა		ბუშტულის გადაადგილე- ბა ნახევარ- დანაყოფებში	შენიშვნა	
	ანათვლები თარაზოზე		ბუშტულის გადაადგილე- ბა ნახევარ- დანაყოფებში	ანათვლები თარაზოზე				
	ა	ბ		ა	ბ			
15°00'	2,0	13,7	2,9	2,1	13,8	2,7	(18) ფორმულისათვის $\nu = 1^\circ = 3600''$ საშუა- ლოდ $\Delta N = N_2 -$ $- N_1 = 10' 60 = 600''$ და ნახევარდანაყო- ფებში $(n_2 - n_1) =$ $= \frac{3,1 + 3,07}{2} = 3,08$	
10	3,5	15,1	3,4	3,5	15,1	3,3		
20	5,2	16,8	3,0	5,1	16,8	3,5		
30	6,8	18,2	3,3	7,0	18,4	3,2		
40	8,4	19,9	3,3	8,6	20,0	3,0		
50	10,0	21,6	2,9	10,0	21,6	3,0		
16°00'	11,5	23,0	2,9	11,6	23,0	2,8		
10	13,0	24,4	2,9	13,0	24,4	2,8		
			$\Sigma = 21,7$ საშუალო 3,1			$\Sigma = 21,5$ საშუალო 3,07		

(18) ფორმულით:

$$\frac{\tau}{2} = \frac{3600'' \cdot 600''}{3,08 \cdot 206265''} \approx 3'',4.$$

#### 6.4.9. თარაზოს მგრძნობიარობა

თარაზოს მგრძნობიარობა ეწოდება მხილვების უნარიანობას, რომელსაც იჩენს თარაზო მისი ღერძის მცირედ დახრის დროს. ასეთი მხილების უნარიანობის საზომს უწოდებენ ამპულის მგრძნობიარობის ზღუდეს (ზღურბლს) ანუ თარაზოს ღერძის დახრის იმ უმცირეს კუთხეს, რომელიც შეესაბამება ბუშტულის შეუიარაღებელი თვალით ძეღად გასარჩევ ოდნავ გადაადგილებას.

თანამედროვე ნორმებით ეს გადაადგილება მიღებულია 0,2 მმ ანუ ამპულის სკალის დანაყოფის 0,1. თარაზოს მგრძნობიარობის ზღუდე (საზომი) კი, რომელსაც აღვნიშნავთ  $\Delta\tau$  სიმბოლოთი, არ უნდა აღემატებოდეს მისი  $\tau$  საფასურის 15%. ვთქვათ, გვაქვს ორი თარაზო, რომელთა საფასურები  $\tau_1 = 10''$  და  $\tau_2 = 20''$ . პირველის მგრძნობიარობის ზღუდე  $\Delta\tau_1 = 1'',5$ , ხოლო მეორეის  $\Delta\tau_2 = 3'',0$ , რაც იმას ნიშნავს, რომ პირველი თარაზოს ღერძის ერთნახევარი სეკუნდით დახრის დროს ბუშტულა გადაადგილდება მისი დანაყოფის 0,1, ანუ 0,2 მილიმეტრით მაშინ, როდესაც მეორე თარაზოს ღერძის იმავე კუთხით დახრის დროს ბუშტულის გადაადგილებას შეუიარაღებელი თვალით ვერ შევამჩნევთ და გვეჩვენება, რომ ბუშტულა არ გადაადგილებულა. ამიტომ დავასკვნით, რომ პირველი თარაზო უფრო მგრძნობიარეა, ვიდრე მეორე. ეხლა განვიხილოთ საკითხი—რომელი თარაზოს ამპულის სამუშაო ზონის რკალის სიმრუდის რადიუსია მეტა. როგორც ცნობილია,

$$\tau'' = \frac{l}{R} \rho'' = \frac{2 \text{ მმ}}{R} \rho''$$

და

$$\Delta\tau'' = 0,15\tau'' = \frac{0,1l}{R} \rho'' = \frac{0,2 \text{ მმ}}{R} \rho''$$

საიდანაც

$$R = \frac{0,2 \text{ მმ}}{\Delta\tau''} \rho''. \quad (6.4.9.1)$$

აქედან ჩანს, რომ პირველი თარაზოს სიმრუდის რადიუსი ორჯერ მეტია მეორისაზე. მაშასადამე, თარაზოს მგრძნობიარობა მისი ამპულის რკალის სიმრუდის რადიუსის პირდაპირპროპორციულია. ამავე დროს, პირველი თარაზოს საფასური ორჯერ მცირეა, რომელსაც შეესაბამება ორჯერ მცირე ოდენობის მგრძნობიარობის ზღუდე. მაშასადამე, თარაზოს მგრძნობიარობა მის  $\tau$  საფასურის უკუპროპორციულია და ამპულის სამუშაო ზონის რკალის რადიუსის პირდაპირპროპორციულია.

რადიუსთან, მაშასადამე, საფასურთან დაკავშირებით თარაზოები (მგრძნობიარობის ზღუდის მიხედვით) სამ ჯგუფად არის დაყოფილი, რაც მოცემულია (1) ცხრილში.



ჯგუფი	საერთო სახელწოდება	სათასური რ"	მგრძნობიარობის ზღუდე $\Delta r''=0,15$ რ"	ამპულის სამუშაო ზონის სიგრძელის $R$ რადიუსი, მმ
I	უმგრძნობიარესი — უზუსტესი	1—5	0,15—0,75	412530—103132
II	მგრძნობიარე—ზუსტი	5—60	0,75—9,00	103132—6876
III	დაბალი მგრძნობიარობის — დაბალი სიზუსტის	60—600	9,00—90,00	6876—688

როგორც (1) ცხრილიდან ჩანს, რაც ნაკლები ოდენობის არის შეუიარაღებელი თვალით ბუშტულის 0,2 მილიმეტრის ძნელად შესამჩნევი ოდნავი გადაადგილების შესაბამისი მგრძნობიარობის ზღუდე, მით მეტი იქნება თარაზოს მგრძნობიარობა, ე. ი. ერთი და იმავე კუთხით თარაზოების ღერძების დახრის შემთხვევაში იმ თარაზოს ბუშტულა მეტად გადაადგილდება, რომელსაც აქვს მგრძნობიარობის მცირე ზღუდე.

გარდა რადიუსისა, თარაზოს მგრძნობიარობა დამოკიდებულია: ბუშტულის სიგრძე-სიგანეზე; სითხის თვისებებზე; შიგასამუშაო პირეულის გამოხვეწილობის ხარისხზე; ამპულის ნივთიერებასა და ტემპერატურაზე. რაც მეტი ექნება განხილად თარაზოს ზემოხსენებულ ფაქტორთა დამაკმაყოფილებელი მაჩვენებლები, მით ნაკლები იქნება მისი მგრძნობიარობის ზღუდე. მაგალითად, ყველა სხვა პირობების ერთნაირობის შემთხვევაში თარაზოს მგრძნობიარობა ბუშტულის სიგრძე-სიგანის პროპორციულია.

ამპულაში ჩასხმული სითხე ეკვრის მის კედლებს; ამიტომ თარაზოს დახრის დროს ბუშტულა გადაიწევეს ახალ უმაღლეს წერტილისაკენ მხოლოდ მაშინ, როდესაც წნევათა სხვაობა ბუშტულის ბოლოებში დასძლევს ამპულის გვერდებზე სითხის მიკვრის ძალას. თარაზოს ერთისა და იმავე კუთხით დახრისათვის ბუშტულის ბოლოების წნევათა სხვაობა მით მეტი იქნება, რაც უფრო გრძელი და ფართოა ბუშტულა. როცა ბუშტულა ძალიან მოკლე და ვიწროა, შესაძლებელია წნევათა სხვაობის ძალამ ვერ დასძლიოს ამპულის კედლებზე სითხის მიკვრის ძალა და ბუშტულა დარჩეს გადაუადგილებელი. ამიტომ არის კარგი კამერიანი ამპულა, რომელიც საშუალებას იძლევა ბუშტულას ექნეს სასურველი დ მუდმივი სიგრძე. კომპენსირებული თარაზოთი კიდევ უფრო სრულყოფილად სრულდება ზემოხსენებული პირობა.

გოგირდოვანი ეთერი სპირტზე ნაკლებად ეკვრის მინას. მაშასადამე, გოგირდოვანი ეთერით გავსებული ამპულა დანაყოფის ერთნაირი საფასურისა და ბუშტულის თანასწორი სიგრძე-სიგანის შემთხვევაში სპირტ ჩასხმულ ამპულაზე უფრო მგრძნობიარეა.

მოტლანქო ხვეწილი ამპულის შიდა სამუშაო პირეულისა და მასზე ოდნავი ხიწვები და პრწყალები ხელს უწყობს მასზე სითხის მიკვრას. აღნიშნულის გამო ეგზამინატორზე თარაზოს გამოცდის დროს ხშირად შეიმჩნევა ეს ნაკლი იმით, რომ მცირედი კუთხით ამპულის დახრის შემთხვევაში დროებით უძრავად რჩება ბუშტულა და მერე ერთბაშად მოწყდება და გაქანდება მაღლა, რაც

გვიჩვენებს იმას, რომ ხიწვებმა და ბრწყალებმა ხელი შეუშალა ბუშტულის მდოვრედ გადაადგილებას.

ამულის ნივთიერებას, როგორც იყო აღნიშნული (6. 5. 4 პარაგრაფი), წარმოადგენს ქიმიურად, თერმულად და მექანიკურად მედეგი მინის მილი, რომლითაც მზადდება შედარებით კარგი ხრისხის ამპულა.

როგორც ცნობილია, თარაზოს ამპულაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურა, რის მიზეზით 20—30° მცირე საფასურიან ამპულების დეფორმაციას იცავენ რამდენიმე ბუდით და გარე ჩარჩოს ახურავენ მაუღს; აგრეთვე ბუდეში აწყობენ საიზოლაციო შუასადებებს და წერტილოვან საბჯენებს და მათ ბოლოებს ამაგრებენ ორი ხისტი და ერთი ზამბარაიანი მისაბჯენით. როცა თარაზოს საფასური 20° ნაკლებია, მაშინ ბუდეში ამპულას ამაგრებენ თაბაშირით ან მჭიდნარევი თაბაშირით.

თარაზოს თუ სუსტი მგრძნობიარობა აქვს, ის არ გამოდგება ღერძების მცირედი დახრის კუთხეების ზუსტად განსაზღვრისათვის და გამოიყენება მხოლოდ როგორც დამყენებელი თარაზო.

თარაზოს მგრძნობიარობის ზღუდის განსაზღვრას აწარმოებენ ეგზამინატორზე, რისთვისაც მას ათავსებენ იატაკისაგან იზოლირებულ საყრდენებზე, ტემპერატურა უნდა იყოს 20°C ამულის ნორმალური სიგრძის დროს.

გამოსაცდელ თარაზოს ათავსებენ ეგზამინატორის დგამებში, რომლებიც მოყვანილი იქნება სამუშაო მდგომარეობაში. მიკრომეტრული ხრახნის ჩახრახნით ბუშტულას მოვიყვანთ ამულის სამუშაო ზონის ფარგლებში და როცა იგი „დამშვიდდება“, ავიღებთ მარცხენა და მარჯვენა ბოლოთი *a* და *b*, ხოლო მიკრომეტრის წრედზე  $m_1$  ანათვლებს. მიკრომეტრული ხრახნის ჩახრახნით გადავაადგილებთ ბუშტულას და ისევ ამოხრახნით დავაბრუნებთ ძველ ადგილას ისე, რომ ანათვლები იყოს ისევ *a* და *b*. ამ დროს ვიღებთ ანათვალს მიკრომეტრის წრედზე, ვთქვათ,  $m_2$ . ასეთ გაზომვებს ვასრულებთ ამულის სკალის სხვადასხვა ნაწილზე. მიკრომეტრული ხრახნის წრედზე ანათვლების სხვაობა იქნება თარაზოს მგრძნობიარობის ზღუდის მნიშვნელობები მისი სამუშაო ზონის ფარგლებში, რაც ზოგადად ასე დაიწერება:

$$\Delta\tau'' = m_1 - m_{i+1} \quad (6.4.9.2)$$

მგრძნობიარობის ზღუდის საბოლოო მნიშვნელობა იქნება  $\Delta\tau''_1, \Delta\tau''_2 \dots \Delta\tau''_k$  გამონათვალთა საშუალო:

$$\Delta\tau_{\text{საშ}}'' = \frac{\Delta\tau''_1 + \Delta\tau''_2 + \dots + \Delta\tau''_k}{k} \quad (6.4.9.3)$$

სადაც *k* — ცალკეულ განსაზღვრათა რაოდენობაა.

ცდის პერიოდში ბუშტულის მოძრაობას არ უნდა ვაშორებდეთ თვალს და ამავე დროს უნდა ვაკვირდებოდეთ ბუშტულა მოძრაობს მდოვრეთ თუ ნახტომებით.

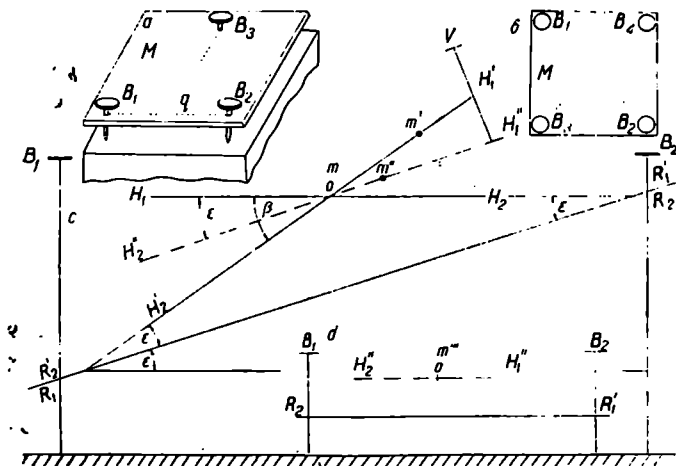
ცდებით დადგენილია, რომ ამულის შუაში ბუშტულის დაყენების საშუალო კვადრატული შეცდომა, ჩვეულებრივ, მარტივ, ანუ იმ თარაზოებში, რომელთაც არ აქვთ საგანგებო მოწყობილობა, ტოლია  $\pm 0,14\%$ ; სარკიან თარაზო-12, ნ. თეზაძე

ებში  $-\pm 0,1\tau''$ ; თარაზობებში სარკითა და ლუბით კი  $\pm \frac{\tau''}{10G}$ , სადაც  $G$ —ლუბის გამადიდებლობა (ჩვეულებრივ  $G=2-3\times$ ); თარაზობებში ჩვეულებრივი პრიზმული სისტემებით  $-\pm \frac{\tau''}{15}$ ; თარაზობებში კონტაქტური პრიზმული სისტემებით  $\pm \frac{\tau''}{25}$  და კონტაქტურ თარაზობებში ლუბით  $\pm \frac{\tau''}{25G}$ .

#### 6. 4. 10. თარაზოს შემოწმება. ხაზისა და სიბრტყის ნიველირება

ნიველირება ნიშნავს ხაზისა და სიბრტყის ჰორიზონტულად დაყენებას ან ადგილის ჰორიზონტულად მოშინდაკებას (მოსწორებას), ხოლო ნიველობით ისაზღვრება წერტილთა შორის სიმაღლეთა სხვაობა ან დახრის კუთხეები.

(6.4.6) პარაგრაფიდან ცნობილია, რომ ინსტრუმენტებიდან მოსახსნელი თარაზობებია როგორც დასაყენებელი, ისე ასათვლელი: 1. რაიმე სიბრტყეზე სადები (ნახ. 6. 4. 6. 1); 2. ცილინდრულ ღერძზე სადები (ნახ. 6. 4. 6. 2) და 3. ცილინდრულ ღერძზე დასაკიდებელი (ნახ. 3. 4. 6. 3). ამ პარაგრაფში განვიხილავთ პირველს, ხოლო დანარჩენი ორი განვიხილება შემდეგ პარაგრაფში. რაც



ნახ. 6 4.10.1.

შეეხება სხვადასხვა ინსტრუმენტზე ხისტად მიმაგრებულ თარაზობებს, მათ განვიხილავთ თვით ინსტრუმენტებთან ერთად.

შევაშოვოთ (6. 4. 6. 1) ნახაზზე ნაჩვენები ტიპის თარაზო დი მისი საშუალებით მოვიყვანოთ ხაზი და სიბრტყე ჰორიზონტულ მდგომარეობაში. შემოწმება მდგომარეობს იმაში, რომ ასეთი თარაზოს  $H_1 H_2$  ღერძი უნდა იყოს  $R_1 R_2$  შიშის ქვედა პირის პარალელური.

ჰორიზონტულად დასაყენებელი  $M$  სიბრტყე დაყრდნობილი უნდა იყოს სამ ან ოთხ დამყენებელ (ამწვე) ხრახნზე (ნახ. 1).

სიბრტყის მდებარეობა სივრცეში განისაზღვრება: არა ერთ წრფეზე მდებარე სამი წერტილით; წრფით და გარე წერტილით, ორი ურთიერთმკვეთი წრფით ან ორი პარალელური წრფით. მაშასადამე, სიბრტყის ჰორიზონტულად ან ვერტიკალურად დასაყენებლად საჭიროა ხაზის ჰორიზონტულ ან ვერტიკალურ მდგომარეობაში მოყვანის ცოდნა. (6.4.6) პარაგრაფში განხილული იყო საკითხი სვეტების როგორც ჰორიზონტულად, ისე ვერტიკალურად დაყენების შესახებ ისეთი თარაზითი, რომელსაც არ ჰქონდა შემასწორებელი  $V$  ხრახნი. მაშასადამე, განხილად შემთხვევაშიც შეიძლება თარაზის შემოწმების გარეშე დაეყენოთ ხაზი და სიბრტყე ჰორიზონტულად; მაგრამ, რადგანაც თარაზის გააჩნია შემასწორებელი  $v$  ხრახნი, სჯობს ისიც შევამოწმოთ და შევასწოროთ, რაც ხდება ხაზის ჰორიზონტულად (შვეულად) დაყენების თანაღრობულად.

თარაზო დაედოთ  $M$  სიბრტყეზე ორი დამყენებელი, ვთქვათ,  $B_1$  და  $B_2$  ხრახნების გასწვრივ (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ვთქვათ, ხსენებული თარაზის  $H_1 H_2$  ღერძი პარალელური არ არის შიშვის  $R_1 R_2$  ფუძისა და მათ შორის არის მცდარობის  $\varepsilon$  კუთხე, რომელსაც უწოდებენ ნულის ადგილს, ანუ, მოკლედ, ნულ-ადგილს (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ამ მიზეზით  $M$  სიბრტყე  $B_1 B_2$  მიმართულებით უნდა დავხაროთ ჰორიზონტულ მიმართულებასთან თანაბრად (მდოვრედ) და სწრაფად  $\varepsilon$  კუთხითი, რისთვისაც  $B_1$  და  $B_2$  ხრახნებს ეაბრუნებთ ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით  $M$  სიბრტყის ცენტრიდან გარეთ (რადგანაც საჭიროა ბუშტულის მარჯვნივ გადაადგილება) მანამ, სანამ ბუშტულის შუა  $m$  წერტილი არ დაემთხვევა თარაზის შუა  $O$  წერტილს ანუ ნულპუნქტს (ნახ. 1<sup>ა</sup>). მაშასადამე, ნულპუნქტიდან ბუშტულის ორივე ბოლო უნდა იყოს დაშორებული ტოლი მანძილებით. შემდეგ გავავლოთ შიშვის ნაპირზე ხაზი და შევატრიალოთ თარაზო  $180^\circ$ -ზე, რომელსაც შეესაბამება შიშვის  $R_1' R_2'$  და თარაზის ღერძის  $H_1' H_2'$  მდებარეობა. მათ შორის კუთხე, ცხადია, იგივე  $\varepsilon$  ნულ-ადგილი იქნება, ხოლო თარაზის ღერძის პირველ ( $H_1 H_2$ ) და მეორე ( $H_1' H_2'$ ) მიმართულებებს შორის კუთხე იქნება  $\beta$ , რომელსაც შეესაბამება ბუშტულას გადაადგილება  $om'$  მანძილით.

(1<sup>ა</sup>) ნახაზიდან

$$\beta = 2\varepsilon, \quad (6.4.10.1)$$

საიდანაც

$$\varepsilon = \frac{\beta}{2} = \frac{Om'}{2}. \quad (6.4.10.2)$$

საჭიროა  $\varepsilon$  ნულ-ადგილის მოსპობა, რისთვისაც ბუშტულა თარაზის შემასწორებელი  $V$  ვერტიკალური ხრახნით გადავადგილოთ უკანვე  $om'$  მანძილის ნახევრით  $om''$  მანძილზე. მაშასადამე, თარაზის ღერძი მიიღებს  $H_1'' H_2''$  მიმართულებას, დაემთხვევა  $\beta$  კუთხის ბისექტრისას და პარალელუ-

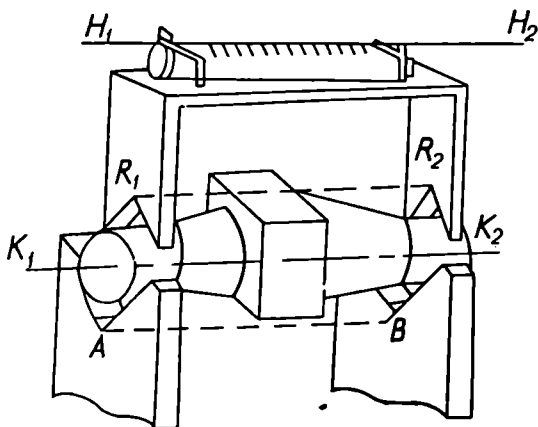
რი იქნება შიშის  $R_1, R_2$  ფუძისა. ე. ი. ვგულისხმობთ, რომ  $\varepsilon$  ნულ-ადგილი მოვსპეთ. ამით უფლება გვეძლევა შესწორებული თარაზოთი  $R_1, R_2$  შიშა დავაყენოთ ჰორიზონტულად. ამისათვის საჭიროა თარაზოს ბუშტულა გადავადგილოთ ნულპუნქტისაკენ  $om$  მანძილით, ანუ მოვსპოთ თარაზოს  $H_1, H_2$  ლერძის ჰორიზონტთან დახრის  $\varepsilon$  კუთხე, რისთვისაც დამყენებელ  $B_1$  და  $B_2$  ხრახნებს ვაბრუნებთ ურთიერთსაწინააღმდეგო  $M$  სიბრტყის ცენტრისაკენ (რადგანაც საჭიროა ბუშტულის მარცხნივ გადაადგილება) მანამ, სანამ ბუშტულის შუაგული არ დაემთხვევა ნულპუნქტს (ნახ. 1<sup>ა</sup>-ზე  $\sigma$  და  $m''$  წერტილები). ასეთი მოქმედებები უნდა გავიმეოროთ რამდენიმეჯერ, რადგანაც  $\varepsilon$  ნულ-ადგილის ერთი მოქმედებით მოსპობა არ შეიძლება. ასე მტკიცედ დავაყენებთ  $M$  სიბრტყეს  $B_1, B_2$  მიმართულებით ჰორიზონტულად. ივით სიბრტყის ჰორიზონტულად დასაყენებლად საჭიროა მისი მეორე ხაზის ჰორიზონტულად დაყენება. ამისათვის შესწორებულ თარაზოს დავადებო  $B_3, q$  ( $B_3, B_4$ ) ხაზს და  $B_3$  (ან  $B_3^-$  და  $B_4$ ) დამყენებელი ხრახნით ბუშტულის დავაყენებთ თარაზოს შუაში. როგორი მიმართულებითაც არ უნდა ვამოძრაოთ სიბრტყეზე შესწორებული თარაზო, ბუშტულა მუდამ შუაში იქნება. მაშასადამე, განხილად თარაზოს თუ ნულ-ადგილი არა აქვს, ხაზზე პირდაპირ და შებრუნებით დაყენებისას ბუშტულა მუდამ შუაში იქნება.

#### §. 4. 11. კუთხსაზომი ინსტრუმენტის ჰოზგრის ბრუნვის ლერძის ნიველირება

ჰოზგრის ბრუნვის ლერძის ნიველირება, ანუ ჰორიზონტულად დაყენება, ხდება ზედსადები თარაზოთი (ნახ. 6.4.6.2), რომელიც იდგმება ჰოზგრის ბრუნვის ლერძზე (ნახ. 1). თარაზოს საყრდენი ხაზია მისი დგამების ამონაპრების შემაერთებელი  $R_1, R_2$  წრფე, განხილად შემთხვევაში მოითხოვება, რომ თარაზოს  $H_1, H_2$  და საყრდენი  $R_1, R_2$  ხაზი იყოს ერთ შევულ სიბრტყეში და ამავე დროს იყვნენ ურთიერთპარალელური. ვთქვათ, ორივე პირობა შესრულებულია, მაშინ ჰოზგრის ბრუნვის ლერძის ნიველირებისათვის ხსენებულ ლერძს თარაზოთი ვაყენებთ ორი, ვთქვათ,  $B_1$  და  $B_2$ , დამყენებელი (ნახაზზე ის არ არის ნაჩვენები) ხრახნის გასწვრივ და მათი ურთიერთსაწინააღმდეგო ბრუნვით ბუშტულას მოვიყვანთ შუაში. თუ გვსურს, რომ ლერძი ინსტრუმენტის სრული ბრუნვის შესაბამისად იყოს მუდამ ჰორიზონტულად, შევებრუნებთ ლერძს, მაშასადამე, თარაზოს  $B_3$  დამყენებელი ხრახნის გასწვრივ და მისი ბრუნვით ბუშტულას ვაყენებთ ამჟღის შუაში. აღწერილ მოქმედებას ვუწოდებთ იარაღის მომწესობაში მოყვანას.

ახლა ვთქვათ, თარაზოში დარღვეულია ორივე პირობა. პირველი შემოწმების მიზნით ვაყენებთ ჰოზგრის ბრუნვის ლერძს, ე. ი. თარაზოს  $H_1, H_2$  ლერძს  $B_1$  და  $B_2$  დამყენებელი ხრახნების გასწვრივ და მათი საშუალებით ბუშტულას ვაყენებთ სკალის შუაში; შემდეგ ჰოზგრის ლერძზე ვამოძრაებთ.

თარაზოს შვეული მდებარეობიდან იქით-აქეთ. ამ დროს თუ ბუშტულამ დაიწყო ამპულის ბოლოებისაკენ გადაადგილება, ეს ნიშნავს, რომ თარაზოს  $H_1 H_2$  და საყრდენის  $R_1 R_2$  ხაზები არ იმყოფება ერთ შვეულ სიბრტყეში (ვასწვრივობაში), რაც სწორდება თარაზოს შემასწორებელი გვერდითი  $\mu$  ხრახნით (ნახ. 6.4.6.2.). მეორე შემოწმება ზუსტად წინა პარაგრაფში განხი-



ნახ. 6.4.11. 1.

ლული წესით ხდება. შევებრუნებთ ღერძზე თარაზოს  $180^\circ$  და თუ ბუშტულა გადაიხარა შუადან, მაშინ გადახრის ნახევრით უკანვე გადავადგილებთ მას თარაზოს ვერტიკალური შემასწორებელი  $V$  ხრახნით. ჭოგრის ღერძის თარაზულად დასაყენებლად ბუშტულის გადახრის დარჩენილ ნახევარს უკან გადავწევთ  $B_1$  და  $B_2$  ხრახნებით ისე, რომ ბუშტულა ისევ შუაში დადგეს (ყოველივეს ვიმეორებთ რამდენიმეჯერ). შემდეგ ინსტრუმენტის მომწესობაში მოყვანისათვის შევებრუნებთ რა ღერძს  $B_3$  ხრახნის გასწვრივ, მისი საშუალებით მოვიყვანთ ბუშტულას შუაში.

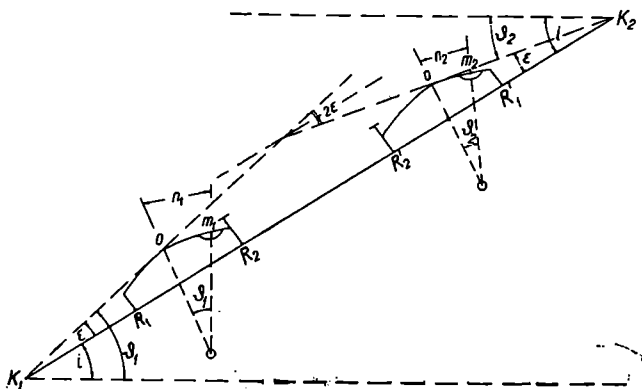
როცა ჭოგრის ღერძის პოპოტიკები არ არის ერთნაირი დიამეტრის, ჭოგრის ბრუნვის ღერძი იქნება კონუსური და მისი  $K_1 K_2$  გეომეტრიული ღერძი არ იქნება პარალელური  $R_1 R_2$  საყრდენი ანუ პოპოტიკების ხაზისა. ამ შემთხვევაში ღერძის კონუსურობისა და დახრის გამორკვევისათვის ხდება ნიველოზა თარაზოსა და ღერძის ორ მდებარეობაში, რაც განხილულია შემდეგ პარაგრაფში.

#### 6.4.12. თარაზოთი ღერძის ნიველოზა

აქ განვიხილავთ საკითხს, თუ როგორ განვსაზღვროთ ღერძის მცირე დი დახრის კუთხე, როცა უზუსტეს და ზუსტ ასათვლელ თარაზოებში სრულიად ვერ მოვაპეთ  $\mu$  ნულ-ადგილი. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში თარაზოს  $H_1 H_2$  ღერძისა და  $K_1 K_2$  ღერძის დახრის კუთხეები ტოლი

არ იქნება და თარაზოს ერთი დადებითი ღერძის დახრის კუთხეს ვერ განვსაზღვრავთ.

ვთქვათ, საჭიროა  $K_1K_2$  ღერძის მცირე დახრის  $i$  კუთხის გაზომვა. ამისათვის ამ ღერძის ერთ და იმავე ადგილზე თარაზოს ურთიერთშებრუნებულად ორჯერ დავდებთ. თარაზოს პირველი დადება ანუ პირველი ნახევარი ილეთი იქნება  $R_1R_2$ , ხოლო მეორე ნახევარი ილეთი  $R_1'R_2'$ . (1) ნახაზიდან



ნახ. 6.4.12.1.

პირველ ნახევარ ილეთს შეესაბამება თარაზოს ღერძის დახრა (ამპულის ნულპუნქტიდან ორივე მხარეს იზრდება წარწერები);

$$\varphi_1 = i + \varepsilon = n_1 \tau = \frac{\tau}{2} (a_1 + b_1), \quad (6.4.12.1)$$

ხოლო მეორე ნახევარი ილეთისათვის

$$\varphi_2 = i - \varepsilon = n_2 \tau = \frac{\tau}{2} (a_2 + b_2), \quad (6.4.12.2)$$

სადაც  $\varphi_1$  და  $\varphi_2$  — ორივე ნახევარი ილეთის შესაბამისად თარაზოს ღერძის დახრის კუთხეებია პორიზონტთან;

$a_1$  და  $b_1$  — ბუშტულის მარცხენა და მარჯვენა ბოლოების შესაბამისი ანათვლები სკალაზე.

ორივე ტოლობის შეკრებით მივიღებთ  $K_1K_2$  ღერძის დახრის  $i$  კუთხეს

$$i = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{\tau}{2} (n_1 + n_2) = \frac{\tau}{4} [(a_1 + b_1) + (a_2 + b_2)]. \quad (6.4.12.3)$$

1-ლი ტოლობიდან (2) ტოლობის გამოკლებით კი მივიღებთ ნულ-ადგილს:

$$\varepsilon = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = \frac{\tau}{2} (n_1 - n_2) = \frac{\tau}{4} [(a_1 + b_1) - (a_2 + b_2)]. \quad (6.4.12.4)$$

რომელსაც ამჟღის სკალაზე შეესაბამება  $N$  ანათვალი:  $N = \frac{1}{4} [(a_1 + b_1) - (a_2 + b_2)]$

$$N = \frac{1}{2} (n_1 - n_2) = \frac{1}{4} [(a_1 + b_1) - (a_2 + b_2)]. \quad (6.4.12.5)$$

მაშასადამე, ნულ-ადგილის განსაზღვრება შეიძლება ასეც ჩამოყალიბდეს, რომ მას შეესაბამება იმავე სახელწოდების ანათვალი სკალაზე იმ წერტილში, სადაც გატარებულია შიშის  $R_1 R_2$  ფუძის პარალელური მხები. (4) ფორმულას ვიყენებთ საკონტროლოდ, იმის გასაგებად—არსებობს თუ არა თარაზოში ნულ-ადგილი.

ზემონათქვამის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ, საერთოდ, შეიძლება არ განესაზღვროთ ნულ-ადგილი და თარაზოთი სრული ილეთის შესრულებით გავზომოთ ღერძის დახრის კუთხე.

მაგალითი (6.4.12.1.) განესაზღვროთ ღერძის  $i$  დახრის კუთხე თარაზოთი, რომლის  $\tau'' = 10''$  და სკალის წარწერები იზრდება ნულ-პუნქტის ორივე მხარეს.

ანათვლებია:

$$I \text{ ილეთის } a_1 = -8,2; b_1 = +8,8;$$

$$II \text{ ილეთის } a_2 = -8,6; b_2 = +8,4;$$

(3) ტოლობით

$$i = \frac{10''}{4} [(-8,2 + 8,8) + (-8,6 + 8,4)] = 2'' \cdot 0,4 = +1''.$$

მაშასადამე, აწეულია ღერძის მარჯვენა მხარე.

(4) ტოლობით ნულ-ადგილის კუთხური ოდენობა

$$e'' = \frac{10''}{4} [(-8,2 + 8,8) - (-8,6 + 8,4)] = 2'' \cdot 0,8 = +2''.$$

(5) ტოლობით ნულ-ადგილის შესაბამისი ანათვალი სკალაზე

$$N = \frac{1}{4} [(-8,2 + 8,8) - (-8,6 + 8,4)] = 0,25 \cdot 0,8 = +0,2.$$

იმ შემთხვევაში, როცა ამჟღის სკალის წარწერები ერთი ბოლოდან მეორისაკენ იზრდება, (1) ნახაზზე უნდა ვიგულისხმოთ ნულპუნქტის ადგილას წარწერა  $k$  (სკალის დანაყოფების ნახევარი), მაშინ იმავე (1) ნახაზის შესაბამისად დავწერთ:

I ილეთისათვის

$$\varphi_1 = i + e = n_1 \tau = \frac{\tau}{2} (a_1 + b_1 - 2k); \quad (6.4.12.6)$$

II ილეთისათვის

$$\varphi_2 = i - e = n_2 \tau = \frac{\tau}{2} (2k - a_2 - b_2). \quad (6.4.12.7)$$

ამ შემთხვევაში, როგორც ვიცით, ბუშტულის ბოლოების შესაბამის ანათვლებს ნიშანი არ მიეწერება.



ორივე ტოლობის შეკრებით მივიღებთ

$$i = \frac{m_1 + m_2}{2} = \frac{\tau}{2} (n_1 + n_2) = \frac{\tau}{4} [(a_1 + b_1) - (a_2 + b_2)], \quad (6.4.12.8)$$

ხოლო გამოკლებით:

$$e = \frac{m_1 - m_2}{2} = \frac{\tau}{2} (n_1 - n_2) = \frac{\tau}{4} (a_1 + b_1 + a_2 + b_2 - 4k), \quad (6.4.12.9)$$

$$N = \frac{1}{4} (a_1 + b_1 + a_2 + b_2 - 4k). \quad (6.4.12.10)$$

ყოველთვის ბუშტულის მარცხენა და მარჯვენა ბოლოთი ანათელებს, შესაბამისად, აღენიშნავთ  $a$  და  $b$  ასოთი.

მაგალითი 6.4.12.2. განვსაზღვროთ ღერძის დახრის  $\nu$  კუთხე თარაზოთი, რომლის  $\tau'' = 10''$  და სკალაზე წარწერები იზრდება ერთი ბოლოდან მეორესაკენ, რომლის  $k = 35$ .

ანათელებია:

$$\text{I ილეთით } a_1 = 27,6; \quad b_1 = 42,2;$$

$$\text{II ილეთით } a_2 = 43,6; \quad b_2 = 28,0.$$

(6) ტოლობით:

$$i = \frac{10''}{4} [(27,6 + 42,2) - (43,6 + 28,0)] = 2'',5 (-1,8) = -4'',5.$$

მაშასადამე, აწეულია ღერძის მარცხენა მხარე.

(9) ტოლობით:

$$e = \frac{10''}{4} (27,6 + 42,2 + 43,6 + 28,0 - 140) = 2'',5 \cdot 1,4 = +3'',5.$$

(10) ტოლობით:

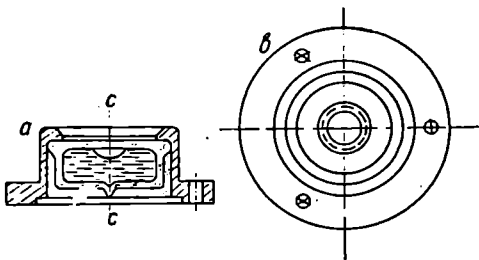
$$N = \frac{1}{4} \cdot 1,4 = +0,35.$$

ღერძის ნიველირება შეიძლება შეუსწორებელი თარაზოთი. ამისათვის, განვსაზღვრავთ რა ერთი სრული ილეთით ნულპუნქტის შესაბამის  $N$  ანათეულს, დამყენებელი ხრახნით უნდა გადავწიოთ ბუშტულის შუა  $m$  წერტილი ისე, რომ მისი შესაბამისი ანათვალის თარაზოს ორივე მდებარეობაში სკალაზე იყოს  $N$  გამონათვალის ტოლი (ანუ თარაზოს გადადებამდე და გადადების შემდეგ თარაზოს ნულ-პუნქტიდან ბუშტულის შუაგულის ანათვლები იყოს ტოლი). პირველ მაგალითში ეს ანათვლები უნდა იყოს 0,2 დანაყოფი, რის შედეგად ღერძის მარჯვენა მხარე დაიწევს  $1''$  და დადგება ჰორიზონტულად, ხოლო მეორე მაგალითში 0,35, რასაც შეესაბამება ღერძის მარცხენა მხარის დაწევა  $4'',5$ .

საერთოდ, სჭობს პირველ რიგში, რაც კი შესაძლებელია, ნულ-ადგილი დაყვანილ იქნეს მინიმუმამდე და შემდეგ კი ასეთი თარაზოთი შევასრულოთ ღერძის ნიველობა ანუ განვსაზღვროთ მისი დახრის კუთხე და მერე, თუ საჭირო იქნა, იგი დაყავნოთ ჰორიზონტულად ანუ მოვახდინოთ მისი ნიველირება.

#### 6.4.18. სფერული თარაზო

სფერული თარაზოს ამპულის შიგა სამუშაო პირეული გამოხვეწილია სფერული სახით (ნახ. 1). მასში ასხამენ სპირტს ან გოგირდოვან ეთერს ცხელი სახით და ხშავენ მის ქვედა ნაწილს, საიდანაც სითხე იქნა ჩასხმული. განელებების შემდეგ ჩნდება მრგვალი ბუშტულა ნაორთქლის სახით. ბუშტულის დასაყენებლად მის ზემო ნაწილზე ორ-ორი მილიმეტრის დამორებით ატარებენ კონცენტრულ წრეხაზებს მისი ნულბუნქტის მიმართ. ამპულის *ა* ღერძი მართობია სამუშაო შიდა პირეულის ნულბუნქტში მძისი მხებისა, ე. ი. შვეულია. ვინაიდან შვეული და ჰორიზონტული მიმართულებები ურთიერთმართობია, ყოველივე, რაც ცილინდრული თარაზოს ღერძის დახრის შემოწმებისა და გამოყენების შესახებ ითქვა, ვრცელდება სფერულ თარაზოზეც. ნორმალურ თარაზოში, ცხადია, როცა თარაზოს ფუძე ჰორიზონტულია, ანუ მისი *ა* ღერძი ვერტიკალურია, მაშინ ბუშტულის შუა წერტილი დაემთხვევა ნულბუნქტს. ასეთ ამპულას ათავსებენ ლითონის ბუდეში, რომლის ჩარჩოს აქვს შემასწორებელი ხრახნი. სფერულ თარაზოს, საერთოდ, არა აქვს მაღალი სიზუსტე, მათი დანაყოფის საფასური ჩვეულებრივ არ აღემატება 8' და გამოხვეწილი შიდა სამუშაო პირეულის სიძრულის რადიუსი არ აღემატება 0,8 მეტრს, რის გამო ასეთი თარაზოებით ხდება ხაზების, სიბრტყეების,



ნახ. 6.4.13.1.

ლარტყების და ღერძების შედარებით ტლანქად და ამავე დროს მოთხოვნილი სიზუსტით ჰორიზონტულად და ვერტიკალურად დაყენება. სფერული თარაზოების უპირატესობა ის არის, რომ ბუშტულის შუაში მოყვანა ხდება მისი ერთ მდგომარეობაში დაყენებით, რითაც ვიგებთ დროში. მცირე სიზუსტის თანამედროვე ინსტრუმენტებს ხშირად აქვთ გადიდებული სიზუსტის (საფასური 4') სფერული თარაზოები, რითაც საკმარისი სიზუსტით აყენებენ ინსტრუმენტის ღერძს ვერტიკალურად.

## კომპენსატორები

ობტიკურ ხელსაწყოებში კომპენსატორებით სარგებლობენ მანძილების განსასაზღვრელი მეტად წაგრძელებული სამკუთხედების პარალაქსური კუთხეების გასაზომად და მხედველობის სხივის რაიმე მდებარეობაში აღსადგენად ან დასაყვანად. აღნიშნულის გამო კომპენსატორები მნიშვნელოვნად გამოიყენება თანამედროვე გეოდეზიურ და სამარკუშიდერო ინსტრუმენტებში, როგორცაა მანძილზომები; კუთხსაზომ წრედებზე ასათვლელი მიკროსკოპების ობტიკური მიკრომეტრები (დანაყოფების მცირე ნაწილების განსაზღვრისათვის); თეოდოლიტები და ტაქსომეტრები მათი ვერტიკალური წრედების შეცდომის ე. წ. შვეული წრედის ნულ-ადგილის გარკვეულ ოდენობაზე, ანუ სტაბილურ მდგომარეობაში, დასაყენებლად; ნიველირებში და ობტიკურ შვეულებში სამზერი ღერძების სტაბილიზაციისათვის და სხვა.

### 6.6.1. კომპენსატორების მოქმედების ზოგადი პრინციპი

კომპენსატორების გამოყენების იდეა ემყარება გამოსახულებათა გაორებისა და შეთავსების პრინციპს.

როგორც ცნობილია, გომეტრიული ნიველობა სრულდება ჰორიზონტული სხივის საშუალებით, რისთვისაც ნიველირის მოწყობაში მოყვანა, ანუ ჰოგარის სამიზნე (კოლიმაციური) ღერძის ჰორიზონტულად დაყენება, ხდება ცილინდრული თარაზოს საშუალებით. აღნიშნულისათვის კი პირველ რიგში საჭიროა ნიველირში დაცულ იქნეს ხსენებული ღერძების ურთიერთპარალელურობა; რის შემდეგ ამჟღის 'შუაში ბუშტულის დაყენებით ხდება ჰოგარის სამიზნე ღერძის ჰორიზონტულობის მიღწევა, რაც მნიშვნელოვან დროს მოითხოვს; აგრეთვე ავეგმის პროცესში სამიზნე ღერძის სტაბილურობის (ამჟღის ცენტრში ბუშტულის მდებარეობის მუდმივობის) დაცვა შრომატევადია. აღნიშნულის გამო ცილინდრულთარაზოებიანი ნიველირების მაგიერ ამჟამად სულ უფრო და უფრო იყენებენ თვითმომწყისობად ნიველირებს, რომლებშიც ცილინდრული თარაზო შეცვლილია ავტომატურად მოქმედი მოწყობილობით ანუ სამიზნე ღერძის დახრის კომპენსატორით. ზოგჯერ მას უწოდებენ სამიზნე ღერძის მდებარეობის რეგულატორს. ამ ღონისძიებებით ვთავისუფლებით თარაზოს ბუშტულის ამჟღის შუაგულში დაყენებისა და მისი სტაბილურობის მეთვალყურეობისაგან, რითაც იზრდება შრომისდაყოფიერება და ავეგმის სიზუსტე. აქ მხოლოდ სფერული თარაზოს საშუალებით საჭიროა ინსტრუმენტის მოყვანა მომწყობაში დახლოებით, ხოლო სამიზნე ღერძის

ზუსტად პორიზონტულად დაყენება ხდება ავტომატურად ხსენებული კომპენსატორის საშუალებით.

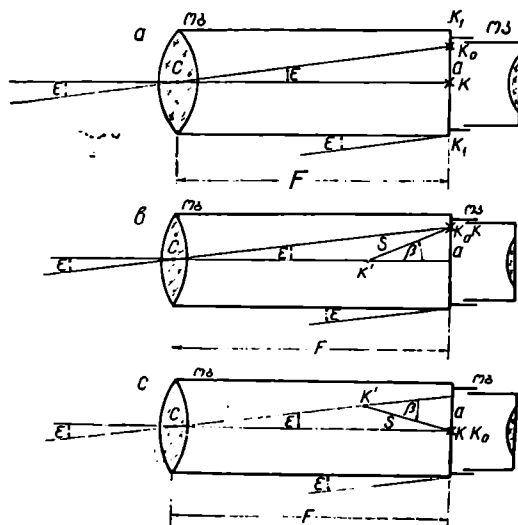
თვითმომწესობადი ნიველირების თეორიული საფუძველი მდგომარეობს შემდეგში (ნახ. 1): ჰოგარის  $k_c$  სამიზნე ლერძის პორიზონტულობის დროს მთავარი პორიზონტული  $k_{0c}$  სხივი, წამოსული ლარტყის წერტილიდან, ამ ლერძების შეიავსების გამო გაივლის დაფთა ბადის პორიზონტულ დაფზე. პორიზონტის მიმართ სამიზნე ჰოგარის მცირე  $\varepsilon$  კუთხით დახრის შემთხვევაში კი სამიზნე  $k_c$  ლერძი აღმოჩნდება მთავარი პორიზონტული  $k_{0c}$  სხივისაგან გადახრილი  $kk_0 = a$  მანძილით, ამ სიდიდის ოდენობა ( $1^\circ$ ) ნახაზის მიხედვით გამოითვლება ტოლობით

$$a = F \operatorname{tg} \varepsilon \approx F \varepsilon, \quad (6.5.1.1)$$

სადაც  $\varepsilon$  კუთხე იგულისხმება რადიანებში.

ჩვენი მიზანია სამიზნე  $k_c$  ლერძი იყოს მუდამ პორიზონტულად. მაშასადამე, მიუხედავად იმისა, რომ სამიზნე ჰოგარი დახრილია მცირე  $\varepsilon$

კუთხით, საჭიროა სამიზნე  $k_c$  ლერძი როგორმე შევეუთავსოთ მთავარ პორიზონტულ  $k_{0c}$  სხივს, რისთვისაც ან დაფთა გადაკვეთის თარაზული დაფი გადავადგილოთ  $k$  მდებარეობიდან (ნახ. 1<sup>ა</sup>)  $k_0$  მდებარეობაში (ნახ. 1<sup>ბ</sup>), ან შევეუცვალოთ მთავარ პორიზონტულ  $k_{0c}$  სხივს (ნახ. 1<sup>გ</sup>) მიმართულება ისე, რომ მან გადაკვეთოს პორიზონტული დაფი  $k$  წერტილში (ნახ. 1<sup>გ</sup>), რითაც მივიღებთ  $kk_0$  პორიზონტულ სამიზნე ლერძს. დაფთა ბადის  $k$  წერტილის  $k_0$  წერტილში ან პირიქით  $k_0$  წერტილის  $k$  წერტილში

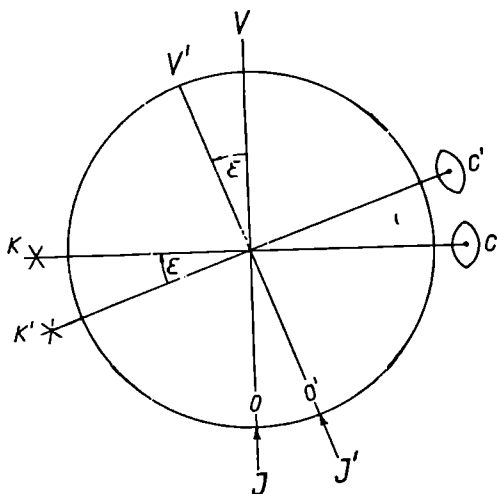


ნახ. 6.5.1.1.

ში გადაადგილება ხდება ავტომატურად, ჰოგარის  $k'$  წერტილში სხივის დახრის კომპენსატორის მოწყობით. (1<sup>ბ</sup>) და (1<sup>გ</sup>) ნახაზების შესაბამისად  $k'$  წერტილში სხივის გადახრის  $\beta$  კუთხე უნდა იქმნებოდეს ისეთი, რომ დაკმაყოფილდეს პირობა:

$$\text{ანუ } \left. \begin{aligned} a &= F \cdot \varepsilon = s \cdot \beta \\ \frac{F}{s} &= \frac{\beta}{\varepsilon} = m \end{aligned} \right\} \quad (6.5.1.2)$$

$m$  ფარდობას უწოდებენ კომპენსატორის კუთხურ გამადიდებლობას, რომლის ოდენობა დამოკიდებულია კომპენსატორის დაყენების ადგილზე ანუ  $k'$  წერტილის მდებარეობაზე. კომპენსატორის გეომეტრიული ზომები, რომ დიდი არ იქნეს, მისი დაყენების  $k'$  წერტილს ხშირად ათავსებენ სამიზნე ჭოგრის შიგნით. როცა  $m=1$ , მაშინ  $\varepsilon$  უნდა უდრიდეს  $F$ -ს, ანუ  $k'$  წერტილი უნდა იყოს შეთავსებული ობიექტივის ოპტიკურ  $C$  ცენტრთან. ხოლო, თუ  $m=2$ , მაშინ  $k'$ , ანუ კომპენსატორი დაყენებული იქნება ობიექტივის ლინზიდან მისი მთავარი საფოკუსო მანძილის ნახევარზე, ე. ი.  $\varepsilon = F : 2$ . ჭოგრის შიგა ფოკუსთვაწყოების ლინზის მოხერხებულად დაყენებისა და გამოყენების მიზნით,  $m$ -ს იღებენ 2-ზე მეტს, რის გამო კომპენსატორი კიდევ უფრო ახლო იქნება ძაფთა ბადის სიბრტყესთან. საერთოდ,  $m$ -ის ოდენობა იცვლება 0,4-6-მდე. კომპენსატორები მუშაობს სიმძიმის ძალის გავლენით. თანამედროვე კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში შვეული წრედის ალიდადის ცილინდრული თარაზოს ნაცვლად იყენებენ კომპენსატორებს, რომელთა საშუალებით შვეულ წრედზე ანათვლების ასაღებად დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოთა ამთვლელი მაჩვენებლის (ინდექსის) თარაზულად დაყენება ხდება მექანიკურად, რასაც ინდექსის თვითდაყენება ეწოდება. აქაც ზემოხსენებული პრინციპია გამოყენებული, რაც ნათელია (2) ნახაზის მიხედვით. კუთხსაზომი იარაღის ზუსტად



ნახ. 6.5.1.2

VV ღერძის შვეულად და ჭოგრის მზერის KC ღერძის კორიონტულად დაყენებისა და რაიმე წერტილზე დამიზნებისას შვეული წრედის O შტრიხი შეუთავსდება ასათვლელი ხელსაწყოთა I მაჩვენებელს (ნულოვან ინდექსს), რის შესაბამისი ანათვალი იქნება  $0^\circ$  (დახრის კუთხეა ნული). მივიღოთ, რომ I ინდექსი შეთავსებულია VV ღერძთან. თუ ინსტრუმენტის VV ღერძი დაიხარა მცირე  $\varepsilon$  კუთხით, მაშინ ინდექსი გადაადგილდება

და მიიღებს  $I'$  მდებარეობას, შესაბამისად იქნება გადახრა სამიზნე წერტილიდან. ანათვალი რომ სწორი, ანუ იგივე  $0^\circ$ -სი, დარჩეს, საჭიროა შვეული წრედი შევებარუნოთ და წრედის ასათვლელი საწყისი შტრიხი გადავადგილოთ O წერტილიდან  $O'$  წერტილში, რისთვისაც საჭიროა მასთან ხშულად მიდუღე-

ბული ჰოგრის  $k\epsilon$  ღერძი დავხაროთ  $\epsilon$  კუთხით, მაგრამ იგი ჩვენთვის უცნობია. ასე რომ,  $VV'$  ღერძის დახრის გამო სამიზნედან გადაადგილებული ჰოგრის მზერის  $k'\epsilon'$  ღერძს რომ პირველი ანუ  $k\epsilon$  მიმართება მიეცეთ,  $O'$  გადაადგილდება  $O$  წერტილში, მაგრამ, როგორც ვთქვით,  $I'$  დარჩება თავის ადგილზე და მისი შესაბამისი ანათვლი იქნება არა  $O'$ , არამედ განსხვავებული  $\epsilon$  კუთხით, რადგანაც, როგორც შევნიშნეთ, ასათვლელი უბნის  $O$  წერტილი აღარ დაგვემილდება ასათვლელი ხელსაწყოს  $I'$  ინდექსის პირისპირა. როგორც ვხედავთ, აქაც საჭიროა კომპენსატორი, რათა ინსტრუმენტის მთავარი ღერძის მცირედი დახრის კუთხის შემთხვევაში ავტომატურად მოხდეს მისი შერწყმა შეუღულ მიმართულებასა და ნულოვან ინდექსთან.

აგებულებას მიხედვით კომპენსატორებია ქანქარა და თხევადი ჭვავის. პირველი იყოფა მექანიკურ და ოპტიკურ-მექანიკურ ჭვავად.

მექანიკურ კომპენსატორებში გადაადგილება ხდება ლითონის ძაფებზე დაკიდებული ძაფთა ბადისა. ოპტიკურ-მექანიკური კომპენსატორების ოპტიკური ელემენტებს წარმოადგენს ბრტყელ-პარალელური ფირფიტები, ოპტიკური სოლები, ლინზები, სარკეები ან სხივების შიგა ამრეკლი ოპტიკური პრიზმები, რომლებიც დაკიდებული არიან ლითონის ძაფებზე, რომლებიც იწვევენ მთავარი (ჰორიზონტული ან ვერტიკალური) სხივის მიმართულების შეცვლას  $\beta$  კუთხით, რათა ეს სხივი მოხვდეს ზუსტად ძაფთა ბადის გადაკვეთას (თარაზულ ძაფს).

თხევად (ჰიდრომექანიკურ) კომპენსატორებს საფუძვლად უდევს სითხეების ზედაპირების თვისება, რომ მათ უჭირავთ ჰორიზონტული მდებარეობა სიმძიმის ძალის გავლენის გამო. ამ ჭვავს ეკუთვნის თარაზობიანი კომპენსატორები.

### 6.5.2. კომპენსატორები ბრტყელ-პარალელური ფირფიტებით

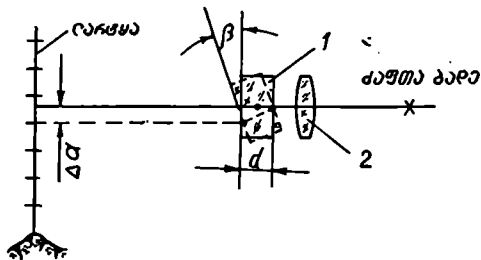
კომპენსატორის ფირფიტას აყენებენ სამიზნე ჰოგრის ობიექტივის წინ ან ჰოგრის შიგა ნაწილში. ფირფიტები შეიძლება ვაბრუნოთ ჰოგრის ოპტიკური ღერძის მართობი ღერძის მიმართ, ისინი მათში გამავალ სხივებს გადაადგილებენ თავიანთ პარალელური მიმართულებით. (1) ნახაზზე კომპენსატორის ფირფიტა 1 დაყენებულია ვერტიკალურად დაყენებული ლარტყისადმი თარაზულად (მართობულად) მიმართული ჰოგრის ობიექტივის 2 წინ.

ვთქვათ, ლარტყაზე ანათვლი შეესაბამება ფირფიტის 1 ნორმალურ (უწყვეტი ხაზების) მდებარეობას, რომელიც არ გამოხატავს ლარტყის მრგვალ (მთელ) დანაყოფებს. მაშასადამე, საჭიროა შეფასდეს მანძილი ლარტყაზე სამიზნე ჰოგრის თარაზულ სხივსა და მის უმცროს შტრახს შორის, რომელიც აღვნიშნოთ  $\Delta\alpha$ -თი, შევაბრუნოთ ფირფიტა, ვთქვათ,  $\beta$  კუთხით ისე, რომ სამიზნე ჰოგრის თარაზული ძაფი შეუთავსდეს ლარტყის უმცროს შტრახს. მაშინ, (6.1.1.11) დამოკიდებულების თანახმად, ლარტყის უმცროს შტრახამდე ხსენებულ მანძილი განისაზღვრება

$$\Delta\alpha = \frac{n-1}{n} d \tan \beta$$

ფორმულით, სადაც  $d$  არის ფირფიტის სისქე, ხოლო  $n$ —მისი გარდატეხის მაჩვენებელი.

პრაქტიკულად  $\Delta\alpha$  ისაზღვრება ფირფიტის მამოძრავებელი დოლის სკალაზე ანათვლების ალემბით.

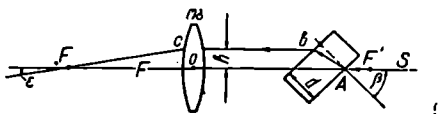


ნახ. 6.5.2.1.

მართულებისადმი, ფირფიტის  $\beta$  კუთხით შებრუნების შესაბამისად გადაადგილება თავისი პირველი მიმართულების პარალელურად  $h$  სიღიძით, რომლის ოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$h = \frac{n-1}{n} d \operatorname{tg} \beta. \quad (a)$$

შემდეგ ხსენებული სხივი გარდატეხება ობიექტივის  $C$  წერტილში და გაივლის მის მთავარ  $F$  ფოკუსში, სადაც ეს სხივი ოპტიკურ ღერძთან შეადგენს პარალაქსურ ანუ დიასტიმომეტრულ  $\epsilon$  კუთხეს, რომლებსაც ვიყენებთ მანძილების გასაზომად



ნახ. 6.5.2.2.

$$\epsilon'' = \frac{h}{F} \rho'', \quad (6.5.2.2)$$

სადაც  $F$  არის ობიექტივის მთავარი საფოკუსო მანძილი;

$\rho = 206265''$  — რადიანის კუთხური ოდენობა.

შევიტანოთ (2) დამოკიდებულებაში (a) დამოკიდებულება, მივიღებთ:

$$\epsilon'' = \frac{n-1}{nF} d \rho'' \operatorname{tg} \beta \approx d \frac{n-1}{nF} \beta. \quad (6.5.2.3)$$

### 6.5.3. კომპენსატორი ოპტიკური სოლით

ასეთი კომპენსატორები გვხვდება ერთი ან ორი ოპტიკური სოლით.

#### ა. ერთსოლიანი კომპენსატორი

(1) ნახაზზე ნაჩვენებია, რომ ოპტიკური  $k$  სოლი დაყენებულია სამზერი ჭოგრის შიგნით ობიექტივის  $F$  მთავარი ფოკუსის ახლო. ჭოგრის ღერძის პარალელურად მისი გადაადგილებით, იცვლება რა  $\epsilon$  პარალაქსური

კუთხე, სოლი შეიძლება დადგეს ისე, რომ მისგან  $\Delta$  მანძილზე  $OM$  სხივმა გაიაროს ობიექტივის უკანა მთავარ ფოკუსში.

(1) ნახაზიდან:

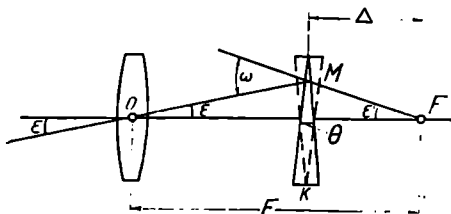
$$\left. \begin{aligned} \varepsilon &= \omega - \varepsilon' = \theta(\pi - 1) - \varepsilon' \\ \text{tg } \varepsilon' &= (F - \Delta) \text{tg } \varepsilon : \Delta \end{aligned} \right\}. \quad (6.5.3.1)$$

$\varepsilon$  და  $\varepsilon'$  კუთხეების სიმცირის გამო დაეწერთ:

$$\varepsilon' = \frac{F - \Delta}{\Delta} \cdot \varepsilon. \quad (6.5.3.2)$$

$\theta$  არის სოლის სხივგარდამტეხი კუთხე;

$F$  — ობიექტივის მთავარი საფოკუსო მანძილი.



ნახ. 6.5.3.1.

(2) დამოკიდებულების (1) დამოკიდებულებაში გამოყენებით მივიღებთ:

$$\varepsilon = \theta(\pi - 1) \frac{\Delta}{F}. \quad (6.5.3.3)$$

### B. ოსოლიანი კოჰერენტობრი

ჭოგრში ერთი სოლის ნაცვლად თუ მოვათავსებთ ფუძეებით ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეზე გაშლილ ორ ოპტიკურ სოლს ისე, რომ თითოეული მათგანი ფარავდეს ობიექტივის სასინათლო განხმულებების ნახევარს, მაშინ ისინი მოგვეცემენ საგნის ორ გამოსახულებას. ამ შემთხვევაში პარალაქსური კუთხის გასაზომად ხსენებულ სოლებს ათავსებენ ობიექტივის უკანა მთავარი  $F$  საფოკუსო მანძილიდან ისეთ  $\Delta$  მანძილზე, რომ საგნების ორივე გამოსახულება შეირწყას ერთ მთავარ  $F$  ფოკუსში. მაშინ, ცხადია, პარალაქსური კუთხე (1) ნახაზის ანალოგიურად იქნება ორჯერ მეტი რომლის ოდენობა გამოითვლება ფორმულით

$$\varepsilon = 2\theta(\pi - 1) \frac{\Delta}{F}. \quad (6.5.3.4)$$

### C. მარუხავი ოსოლიანი კოჰერენტობრი

განხილად შემთხვევაში ორი ერთნაირი გარდატეხის  $\theta$  კუთხის მქონე მბრუნავი  $k_1$  და  $k_2$  ოპტიკური სოლები დაყენებულია ჭოგრის ობიექტივის წინ, რომლებიც სრულიად ხურავენ მისი სინათლის შესავსებ განხმულებას. ეს სოლები ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნავს ჭოგრის ღერძის გარშემო ტოლი სიჩქარით (ნახ. 2). სოლების ნორმალურ მდებარეობაში, ისე



როგორც ეს ნახაზზეა ნაჩვენები, გარდამტეხი კუთხეები ერთ მხარეზეა და ხრიან კუთხეს ერთ მხარეზე

$$\varepsilon_{max} = 2\theta (\pi - 1). \quad (6.5.3.5)$$

თუ ვაბრუნებთ სოლებს ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით თითო-

ეულს  $\varphi$  კუთხით, შეიცვლება სისტემის გარდატეხის ძალა და გარდატეხის კუთხე შეიცვლება  $\varphi$  კუთხის კოსინუსის პროპორციულად, ე. ი.

$$\varepsilon_{\varphi} = 2\theta(\pi - 1)\cos\varphi. \quad (6.5.3.6)$$

იმისათვის, რომ მივიღოთ საგნის ორი გამოსახულება განხილავი სოლებით, ისევე როგორც წინა  $B'$  მუხლში, სოლებით ფარავენ ობიექტივის თავისუფალი გან-

ხმულების ნახევარს. ამ შემთხვევაში კუთხის გაზომვა შესრულდება სოლებით ბრუნვით გამოსახულებათა შეთავსების პრინციპის შესაბამისად.

#### 6.5.4. პრთლინზიანი კომპენსატორი

ამ შემთხვევაში აყენებენ გრძელფოკუსიან შეეკრებ ან განმზნეკლინზას, რომელთა გადაადგილება ხდება ობიექტივის ოპტიკური ღერძის მართობულად. კომპენსატორის ლინზის ნორმალური მდებარეობის დროს მისი ოპტიკური ღერძი ემთხვევა ობიექტივის ოპტიკურ ღერძს (ნახ. 1ა), ხოლო, როცა კომპენსატორის ლინზის მდებარეობას შევცვლით ობიექტივის ოპტიკური ღერძის მართობულად, მაშინ მისი ოპტიკური ღერძი გადაადგილდება  $\Delta$  ოდენობით ობიექტივის ოპტიკური ღერძის პარალელურად ( $(1^{\circ})$  და  $(1^{\circ})$  ნახაზებზე კომპენსატორის ლინზები გადაწეულია ქვევით). ნორმალური მდებარეობიდან ლინზის (ნახ. 1ა)  $\Delta$  ოდენობით გადაადგილებას შეესაბამება ობიექტივის ოპტიკური ღერძის გადახრა  $\varepsilon$  კუთხით და გადახრილი ღერძი  $(1^{\circ})$  ნახაზის შემთხვევაში, ანუ როცა კომპენსატორად ვიყენებთ დადებით ლინზას, სხივი გაივლის მის მთავარ  $F_3$  ფოკუსში, ხოლო ლინზა თუ უარყოფითია  $[(1^{\circ})$  ნახაზი], მაშინ იგი გაივლის მის უკანა მთავარ  $F_3'$  ფოკუსში.  $(1^{\circ})$  ნახაზის შესაბამისად:

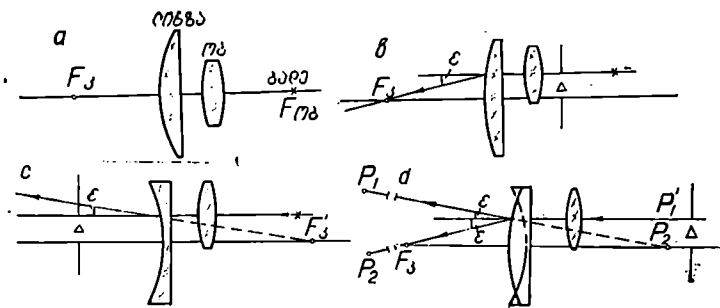
$$\varepsilon'' = \frac{\Delta}{F_3} \cdot \rho'', \quad (6.5.4.1)$$

სადაც  $F_3$  — კომპენსატორის ღერძის მთავარი საფოკუსო მანძილია.

ზოგჯერ ობიექტივის სასინათლო (თავისუფალ) განხმულებას ხურავენ ორი ნახევარი ლინზით ისე, რომ თითოეული ნახევარი ლინზა ხურავს ობიექტივის ნახევარ განხმულებას. ამათგან ერთი მოძრავია, ხოლო მეორე უძრავი

ან ორივე ნახევარი ლინზა გადაადგილება ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეზე, როცა ეს ლინზები ერთნაირება (დადებითები ან უარყოფითები) და ან ერთ მხარეზე, თუ ეს ნახევარლინზები სხვადასხვა ჯგუფისაა ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია (1<sup>ა</sup>) ნახაზზე.

ორ საგანზე მიმართულ სხივებს შორის  $\varepsilon$  კუთხის გასაზომად ერთნაირად ან ორივე მოძრავ ლინზას გადაადგილებით ისეთ  $\Delta$  სიდიდით



ნახ. 6.5.4.1.

(დოლის საშუალებით), რომ ამ საგნების გამოსახულებები ურთიერთს შეუთავსდნენ.

იმისათვის, რომ კომპენსატორის ლინზების სისტემამ არ გამოიწვიოს ჭოგრის მთავარი საფოკუსო მანძილის შეცვლა, კომპენსატორის ნახევარ ლინზების წინ აყენებენ ისეთ უძრავ ნახევარ ლინზას, რომელსაც აქვს მათი ტოლი საწინააღმდეგო ნიშნის მქონე ოპტიკური ძალა, რითაც იქმნება აფოკალური ჭოგრი.

### 6.5.5 ავტორეაქციული კომპენსატორები

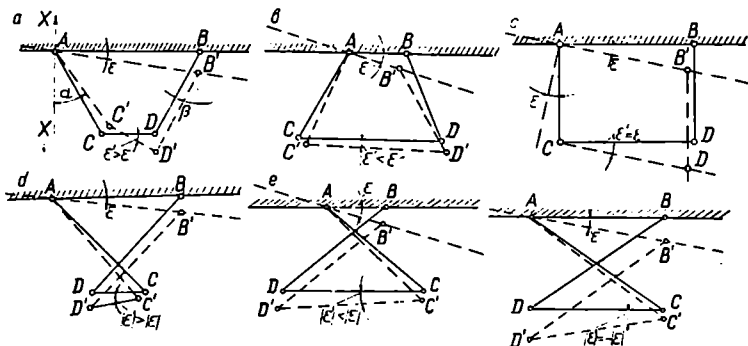
წინა პარაგრაფებში განხილულ კომპენსატორებს უმთავრესად იყენებენ ოპტიკურ მიკრომეტრებში და ორმაგი გამოსახულების მანძილზომებში. ცანამედროვე გეოდეზიურ და სამარკუშიდერო ინსტრუმენტებში, სადაც ჭოგრის სამიზნე ღერძები თარაზულად და შევეულად ავტომატურად დგება (ნიველირები, ოპტიკური შევეულები), ან ნულ-ადგილის სტაბილიზაციის მიზნით (თეოდოლიტებში, ტაქსომეტრებში) ფართოდ იყენებენ ავტორეაქციულ კომპენსატორებს.

ავტორეაქციული კომპენსატორების მგრძობიარე ელემენტებად იყენებენ: თხელი ლითონის (ხშირად ფოლადის) ძაფებს ან ლენტს; ზამბარებს ან ქანქარებს ელასტიკური საყრდენი წიკრილებით, რომლებზეც ჰკიდებენ ბადეს ან ოპტიკურ დეტალს, როგორცაა სარკე, პრიზმა ან ლინზა.

იმ ხელსაწყოებში, სადაც დაყენებულია მექანიკური კომპენსატორი, მგრძობიარე ელემენტი აადგილებს ბადეს, ხოლო სადაც დაყენებულია ოპტიკურ-მექანიკური კომპენსატორი, მგრძობიარე ელემენტი მიმართულებას უცვლის სამიზნე ღერძს ან აადგილებს მას ისეთ მდებარეობაში, რომლის გამო ხდება ხელსაწყოს დახრის კუთხის სტაბილიზაცია.

(1) ნახაზე ნაჩვენებია კომპენსატორების ლითონისძაფებიანი (ლენტებიანი) მგრძნობიარე ერთნაირი  $l$  სიგრძის  $AC$  და  $BD$  ელემენტები, რომლებიც ზედა ბოლოებით მიმაგრებული არიან ხელსაწყოს ჩარჩოზე (ბუდეზე)  $A$  და  $B$  წერტილებში, ხოლო ძაფებით ქვედა ბოლოებში  $C$  და  $D$  წერტილებზე დაკიდებულია ბადიანი, სარკიანი, პრიზმიანი ან ლინზიანი დეტალი.

$AB$  მიმართებით (ხელსაწყოს ტანის)  $\varepsilon$  კუთხით დახრის შემთხვევაში  $ABCD$  ოთხკუთხედი განიცდის დეფორმაციას და  $CD$  ხაზი დაიხრება  $\varepsilon'$  კუთხით, რომლის ოდენობა დამოკიდებულია ოთხკუთხედის



ნახ. 6.5.5.1.

ფორმაზე და მისი  $AB = a$  და  $CD = b$  მანძილების თანაფარდობაზე. განვსაზღვროთ  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon'$ ,  $a$  და  $b$  ელემენტებს შორის დამოკიდებულება, რისთვისაც დავაგვიგმილოთ დეფორმირებული  $A'B'C'D'$  ოთხკუთხედი  $AB$  ხაზის მართობ  $XX'$  ღერძზე და შევადგინოთ სტატიკური წონასწორობის შესაბამისი ტოლობა:

$$-a \cdot \sin \alpha - l \cdot \cos \beta + b \sin \varepsilon' + l \cdot \cos \alpha = 0.$$

$\varepsilon$  და  $\varepsilon'$  კუთხეები მცირეებია, რომელთა სინუსები შეიძლება შევცვალოთ მათი რადიანებში გამოსახვით, ხოლო  $\beta$  და  $\alpha$  ფაქტობრივად ტოლებია, ე. ი. მათი კოსინუსები შეიძლება გავუტოლოთ ერთმანეთს, მივიღებთ:

$$a\varepsilon = b\varepsilon' \text{ ანუ } \varepsilon' = \frac{a}{b} \cdot \varepsilon = k_b \cdot \varepsilon, \quad (6.5.5.1)$$

სადაც  $k_b = \frac{a}{b} > 1$  — გეომეტრიული სტაბილიზაციის მუდმივი კოეფიციენტია მოცემული  $ABCD$  ოთხკუთხედისათვის.

(1) ტოლობა გამოსახავს  $\varepsilon'$  და  $\varepsilon$  შორის დაახლოებით დამოკიდებულებას, რადგანაც აქ მხედველობაში არ არის მიღებული მგრძნობიარე ელემენტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, როგორცაა—ტვირთის ოდენობა, სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა, ღრეკადობა და სხვა. ამიტომ (1) ფორმულა

ზუსტდება მექანიკური თვისებების მხედველობაში მიღებით და მიიღებს ასეთ სახეს:

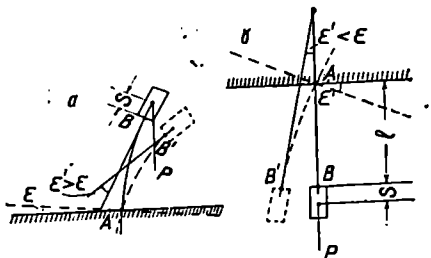
$$e' = (k_g - k_a) \varepsilon, \quad (6.5.5.2)$$

სადაც  $k_a$  — მექანიკური სტაბილიზაციის კოეფიციენტი. განვიხილავთ სისტემას (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რომელსაც გააჩნია სარკე ან ლინზა, აყენებენ სამიზნე ღერძის თვითდამყენებელ ნიველირებში ძაფთა ბადესა და მათოკუსირებელ ლინზას შორის. სარკე და პრიზმა სტაბილიზაციის კოეფიციენტებს აღიღებს ორჯერ და სამიზნე ხაზის მიმართულებას ხრის

$$e' = 2(k_g + k_a) \varepsilon \quad (6.5.5.3)$$

კუთხით.

(1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით  $ABCD$  ოთხკუთხედში  $a < b$ , რომელსაც შეესაბამება იგივე (1) ტოლობა და ცხადია  $k < 1$ , ანუ  $e' > \varepsilon$ . ამ სისტემას აყენებენ ნიველირებში კოგრის ობიექტივის წინ და უკეთებენ სარკეს, რომელიც ისევე, როგორც წინა შემთხვევაში, სტაბილიზაციის კოეფიციენტს აღიღებს ორჯერ და ხრის სხვის  $e' = 2k \varepsilon$  კუთხით.



ნახ. 6.5.5.2.

(1<sup>ბ</sup>) ნახაზის მიხედვით  $a = b$ , მაშასადამე  $k = 1$  და

$CD$  ხაზის დახრა  $e'$  ტოლია  $AB$  ხაზის  $\varepsilon$  დახრისა. ბადიან ამ სისტემას იყენებენ მექანიკურ კომპენსატორებში, ხოლო ლინზიან ან პრიზმიან სისტემას ოპტიკურ-მექანიკურ კომპენსატორებში.

(1<sup>ა</sup>), (1<sup>ბ</sup>), (1<sup>გ</sup>) ნახაზებზე მოცემულია წინა სისტემები გადაჯვარედინებული ძაფებით, რომელთათვისაც ყოველი ზემონათქვამი ძალაში რჩება, მხოლოდ  $e'$  კუთხე ნიშნის იცვლის  $\varepsilon$  კუთხის მიმართ. მაშასადამე, (1<sup>ა</sup>) შემთხვევაში  $|e'| > |\varepsilon|$ ; (1<sup>ბ</sup>) შემთხვევაში  $|e'| < |\varepsilon|$ , ხოლო (1<sup>გ</sup>) ნახაზის მიხედვით  $|e'| = |\varepsilon|$ . (1<sup>ა</sup>) და (1<sup>ბ</sup>) სისტემას იყენებენ სამიზნე ღერძის თვითდამყენებლად ნიველირებში.

(2) ნახაზზე ნაჩვენებია ზამბარაკიანი მგრძობიარე ელემენტის ორი სისტემა, რომლებიც კონსოლისებურად არიან ჩამაგრებულნი ხელსაწყოთა ჩარჩოში (ბუდეში), ხოლო მეორე ბოლოში მიმაგრებულია სარკე ან პრიზმა.

$\varepsilon$  კუთხით ხელსაწყოთა დახრის დროს (სარკის ან პრიზმის) სიმძიმის ძალის გავლენით ზამბარაკი გადაილუნება და სარკე ან პრიზმა დაიხრება

$$e' = 2k_a \cdot \varepsilon \quad (6.5.5.4)$$

კუთხით,

სადაც  $k_a$  — მექანიკური სტაბილიზაციის კოეფიციენტი, რომელიც ექვემდებარება

$$1 + k_a = \frac{1}{\cos\left(l \sqrt{\frac{P}{EI}}\right) - S \sqrt{\frac{P}{EI}} \sin\left(l \sqrt{\frac{P}{EI}}\right)} \quad (6.5.5.5)$$

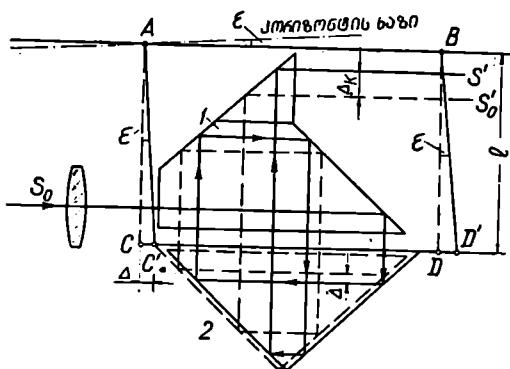
პირობას, როცა ზამბარა ჩამაგრებულია ხელსაწყოს ბუდეში ქვედა ბოლოთი (2<sup>ა</sup> ნახაზი), და

$$1 - k_0 = \frac{1}{\operatorname{ch}\left(l\sqrt{\frac{P}{EI}}\right) + S\sqrt{\frac{P}{EI}} \cdot \operatorname{sh}\left(l\sqrt{\frac{P}{EI}}\right)} \quad (6.5.5.6)$$

პირობას, როცა ზამბარა ჩამაგრებულია ხელსაწყოს ბუდეში ზედა ბოლოთი (2<sup>ბ</sup> ნახაზი). (5) და (6) ფორმულებში:  $l$  არის ზამბარის სიგრძე;  $P$  — ზამბარაზე ტვირთის წონა;  $E$  — ზამბარის ლითონის დრეკადობის მოდული;  $I$  — ზამბარის ინერციის მომენტი;  $S$  — მანძილი სიმძიმის ცენტრიდან ზამბარას ტვირთთან (სარკე, პრიზმა) მიმაგრების ადგილამდე;  $\operatorname{ch}$  და  $\operatorname{sh}$  — ჰიპერბოლური კოსინუსი და სინუსი.

ზამბარიან კომპენსატორებს აყენებენ სამიზნე ლერძის თვითდამყენებელ ნიველირებში და ვერტიკალური წრედის ნულ-ადგილის თვითდამყენებელ კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში. (2<sup>ა</sup>) სისტემა სტაბილიზაციის კუთხეს ზრდის, ე. ო.  $\varepsilon' > \varepsilon$ , ხოლო (2<sup>ბ</sup>) სისტემა კი ამცირებს, ანუ  $\varepsilon' < \varepsilon$ .

კომპენსატორები ზემოვანხილული მგრძობიარე ელემენტების საშუალებით ავტომატურად ახდენენ ჰოჯრის სამიზნე სხივის სტაბილიზაციას და



ნახ. 6.5.5.3.

გასა დაყენებენ ნიველირებში თარაზულ და ოპტიკურ შვეულებში ვერტიკალურ მდგომარეობაში, ხოლო კუთხსაზომ იარაღებში შვეული წრედის მდგომარეობის შესაბამისად. მაგალითად, (3) ნახაზზე მოცემულია კომპენსატორი ორი პრიზმით. პრიზმა 2 დაკიდებულია ორ წყვილ AC და BD ძაფზე (ნახაზზე უკანა ორი წყვილი ძაფი ნაჩვენებია არ არის), რომლებიც A და B წერტილებში მიმაგრებული არიან ხელსაწყოს ბუდეზე, ხოლო C და D წერტილებში პრიზმაზე 2. პრიზმა 1 მიმაგრებულია ხელსაწყოს ჩარჩოზე. სამიზნე S<sub>0</sub> სხივი, რომელიც მიმართულია პრიზმაზე 1, განიცდის ორივე (1 და 2) პრიზმაში მრავალჯერ არეკვლას და როცა პრიზმა 2 ნორმა-

ლურად დგას, ანუ როცა  $AB$  ხაზის დახრის კუთხე ტოლია ნულის, მაშინ იგი პრიზმიდან 1 გამოდის  $S_0'$  მიმართულებით. დაეხაროთ ხელსაწყოს  $AB$  ბუდე  $\varepsilon$  კუთხით, მაშინ პრიზმა 2 გადაადგილება  $l\varepsilon$  მანძილზე და გადაადგილებს  $S_0$  სხივს ისე, რომ პრიზმიდან 1 გამოსვლის  $S_0'$  მიმართულების ნაცვლად საბოლოოდ იგი  $\Delta_2$  ოდენობით გადაადგილებული გამოვა  $S'$  მიმართულებით. (3) ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ  $S_0$  სხივის გადაადგილება პრიზმაში 2 პირველი არეკვლის დროს არის  $l\varepsilon$ , მეორეჯერ არეკვლისას —  $2l\varepsilon$ , მესამეჯერ არეკვლის დროს —  $3l\varepsilon$  და ა. შ. მაშასადამე,

$$\Delta_2 = kl\varepsilon, \quad (6.5.5.7)$$

სადაც  $k$  — პრიზმაში 2 სხივის შიგა არეკვლების რაოდენობაა (განხილად შემთხვევაში  $k=4$ ).

სისტემაში, სადაც ასეთი კომპენსატორია გამოყენებული,  $k$  და  $l$  ოდენობებს არჩევენ იმ ანგარიშით, რომ  $\Delta_2$  ოდენობა შეესაბამებოდეს გადაადგილების სასტაბილიზაციო ოდენობას, მაგალითად, ნიველირის თარაზული ძაფის გადაადგილებას ჰოგრის მზერის ღერძის პერიზონტულობიდან. ან შევუღო წრედის ნულ-ადგილის მანძილს (კუთხური ოდენობის) ვერტიკალური წრედის ნულ-უნქტიდან და სხვა.

### 6.5.6. სითხიანი კომპენსატორები

თანამედროვე ოპტიკურ ავტორედუქციულ კომპენსატორებში მგრძობიარე ელემენტად იყენებენ სითხეს. ცნობილია კომპენსატორი ცილინდრული (ნახ. 1<sup>ა</sup>) ან სფერული (ნახ. 1<sup>ბ</sup>) თარაზოთი და დიაამრეკლავი თხევადი ზედაპირით (ნახ. 2<sup>ა</sup> და 2<sup>ბ</sup>), ან ორ განშრეკებულ სითხეს შორის გარდამტეხი ზედაპირით.

#### A. კომპენსატორი ცილინდრული თარაზოთი (ნახ. 1<sup>ა</sup>)

ხელსაწყოს დახრის შესაბამისად მასზე დამაგრებული ცილინდრული თარაზოს ღერძის დახრის  $\varepsilon$  კუთხის ფიქსირება ხდება გამოსახულების 2 ფირფიტაზე ობიექტივის 1 საშუალებით, რომლის ოპტიკური ღერძი ემთხვევა თარაზოს ამპულის რადიუსს, გამავალს თარაზოს შუა, ანუ ნულუნქტში. ნახაზიდან ჩანს, რომ  $\Delta$  ოდენობა შეესაბამება  $OC$  რკალს, რომლითაც გადაადგილებულია ბუშტულა ნულუნქტიდან, ანუ

$$\Delta = R\varepsilon g, \quad (6.5.5.1)$$

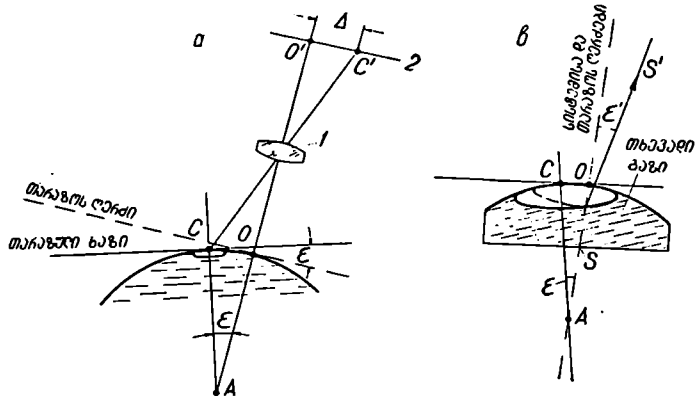
სადაც  $R$  არის თარაზოს ამპულის სიმრუდის რადიუსი;

$g$  -- ობიექტივის 1 გამადიდებლობა.

$R$  და  $g$  ოდენობები შეირჩევა ხელსაწყოს დახრის კუთხის სტაბილიზაციის პირობების მიხედვით.

კომპენსატორი სფერული თარაზოთი მაგრდება ხელსაწყოს სისტემაში ისე, რომ თარაზოზე გადაიდეს სინათლის სხივების კონა. თარაზოს ამპულა და სითხე უნდა იყოს გამჭვირვალე. ქვემოდან ამპულა დახურულია ბრტყელპარალელური ფირფიტით, რის გამო მასში სითხე იღებს ბრტყელი შეზნე-ქილი ლინზის სახეს, რომელიც ზემოდან შემოსაზღვრულია ბუშტულის ზედაპირით.

დაყენების დროს თარაზოს ცენტრირება ხდება სისტემაში ისე, რომ მისი ღერძი ემთხვევა სისტემის ღერძს, რის გამო ბუშტულის ცენტრალური (ბუშტულის მთლიანი) ხაზის მდებარეობის, ანუ თარაზოს ღერძის შვეულად დაყე-



ნახ. 6.5.6.1.

ნების, დროს სისტემაში გამავალ სხივს ხსენებული თხევადი უარყოფითი ლინზა არ გადატეხს, მაშასადამე სხივი მიმართულებას არ იცვლის და გააგრძელებს AC მიმართულებას.

ახლა დავხაროთ ხელსაწყო  $\epsilon$  კუთხით. ბუშტულის შუა გული  $O$  ნულბუნქტიდან გადაადგილდება  $OC = R \cdot \epsilon$  რკალით, სადაც  $R$  -- არის ამპულის სიმრუდის რადიუსი. იმავე ოდენობით გადაადგილდება (წყვეტილა ხაზი) უარყოფითი თხევადი ლინზის ოპტიკური ცენტრი და  $S$  სხივს გადახრის  $S'$  მდებარეობაში, რომლის გადახრის კუთხე

$$\epsilon' = \frac{R \epsilon}{F}, \quad (6.5.6.2)$$

სადაც  $F'$  -- თხევადი უარყოფითი ლინზის მთავარი საფოკუსო მანძილია.

ოდენიწნოთ ბუშტულის შუა ნაწილის სიმრუდის რადიუსი  $R_1$  ასოთი, ხოლო სითხის გარდატეხის მაჩვენებელი  $n$  ასოთი, მაშინ, თანახმად (6.1.2.9.) ტოლობისა, ოპტიკური ძალა

$$T = \frac{1}{F} = -(n-1) \frac{1}{R_1},$$

სადაც (2) ტოლობიდან  $F$ -ის მნიშვნელობის შეტანით მივიღებთ:

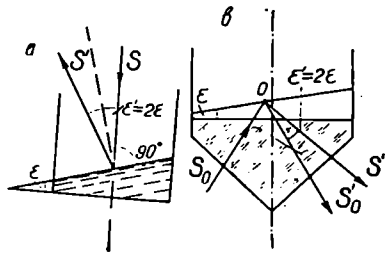
$$\epsilon' = -(\eta - 1) \frac{R \cdot \epsilon}{R_1} \quad (6.5.6.3)$$

**C. ღიააპერატორი თხაფაფაჰააირიანი კოჰანსატორი (ნახ. 2ა, ბ)**

თხევადლინზიანმა კომპენსატორებმა გამოყენება პოვა თანამედროვე სამიზნე ღერძის თ ვ ი თ დ ა მ ყ ე ნ ე ბ ე ლ ნიველირებში.

ასეთი კომპენსატორების მუშაობა ემყარება სითხეების მშვიდ მდგომარეობაში ყოფნის დროს მათი ზედაპირების თარაზულობის თვისებას. სითხიანი ჭურჭლისადმი მიმართული სხივი აირეკლება. ელემენტების ამდაგვარი განლაგებით ჭურჭლის დახრის დროს სხივის არეკვლის კუთხე ორჯერ მეტი ხდება, რის გამოც სტაბილიზაციის კოეფიციენტს იღებენ ორის ტოლს.

(2ა) ნახაზის შესაბამის კომპენსატორში სითხედ იყენებენ სინდიუს, ხოლო (2ბ) ნახაზის შემთხვევისას — მწებავ სითხეს იგივე გარდატეხის კოეფიციენტით, რაც აქვს მინას, რომელშიც გადის  $S$  სხივი. იმისათვის, რომ მოხდეს სრული შიგა არეკვლა, საჭიროა სითხის ზედაპირზე სხივის დაცემის  $\alpha$  კუთხე ორჯერ მეტი იქნეს სრული შიგა არეკვლის



ნახ. 6.5.6.2

კუთხეზე (ნახ. 2ბ), ანუ  $\sin \alpha > \frac{1}{n}$ , სადაც  $n$  — სითხის გარდატეხის მაჩვენებელია. ამის მისაღწევად სხივს მიმართავენ სითხის ზედაპირის მიმართ არა ბრტყელ-პარალელურ ფირფიტაში, არამედ ოპტიკურ პრიზმაში გავლის გზით.

**D. კოჰანსატორი ორ განზომილულ სითხეს შორის**

**პარალელური ზედაპირით (ნახ. 2ა, ბ)**

ასეთ კომპენსატორში სხივები გადის სითხეში და გარდატეხდება. წარმოდგენილ ნახაზებზე ნაჩვენებია სხივის სტაბილიზაციის სქემა გარდამტეხი თხევადი სოლებიანი, ვერტიკალურად დაყენებული კომპენსატორებით.

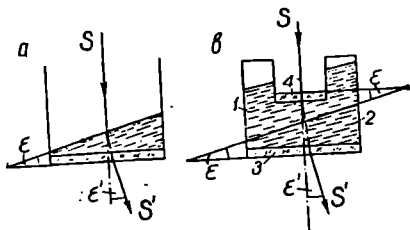
ჭურჭელში, რომლის ძირსაც წარმოადგენს მისი ღერძის მართობი ბრტყელი პარალელური ფირფიტა, სითხეს შეუძლია მოგვეცეს ბრტყელი პარალელური ფენა ან სოლი  $\epsilon$  გარდამტეხი კუთხით (ნახ. 3ა), რომელიც ტოლი იქნება ჭურჭლის დახრის კუთხისა, ხოლო დახრის  $S$  სხივს გადახრის  $S'$  მდებარეობაში

$$\epsilon' = (\eta - 1) \epsilon \quad (6.5.6.4)$$

კუთხით.



იმისათვის, რომ მოხდეს  $\varepsilon$  კუთხის სტაბილიზაცია და  $S'$  იქნეს ვერტიკალური, საჭიროა  $\varepsilon'$  და  $\varepsilon$  კუთხეები იყოს ტოლი. თუ (4) ტოლობაში ნაცვლად  $\varepsilon'$  შევიტანთ  $\varepsilon$ , მივიღებთ სტაბილიზაციის პირობას:  $1 = n - 1$ , საიდანაც გარდატეხის მაჩვენებელი იქნება ორის ტოლი. მაგრამ პრაქტიკულად ისეთი სითხის შერჩევა, რომელსაც გარდატეხის მაჩვენებელი ექნება ორის ტოლი, არ შეიძლება, ამიტომ კომპენსატორებს ჰქმნიან არა ერთი, არამედ ორი კამერით, რითაც იღებენ  $n = 1,5$ .



ნახ. 6.5.6.3.

(3<sup>b</sup>) ნახაზზე ნაჩვენებია ჭურჭელი, რომლის შესასვლელი ხვრელი აგრეთვე დაკეტილია ბრტყელ-პარალელური ფირფიტით 4, რომელიც პარალელურია ფირფიტის 3. ჭურჭელი გავსებულია ორი არაერთგვარი სითხით 1 და 2. ზედა სითხის  $n_1$  გარდატეხის მაჩვენებელი მეტია ან ნაკლები ჰქვედა სითხის  $n_2$  გარდატეხის

მაჩვენებელზე. ხსენებული სითხეები სხვადასხვა ზვედრითი წონისაა და ირევიან ერთმანეთში. მშვიდ მდგომარეობაში ყოფნის დროს სითხეები სწრაფად განფენდება და იძლევა ორ ბრტყელ-პარალელურ ფენას, ანუ ფუძეებით ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით გაშლილ ორ სოლს, რომელთა გარდატეხის კუთხე  $\varepsilon$  ტოლი იქნება ჭურჭლის დახრის კუთხისა.

$\varepsilon$  კუთხით ჭურჭლის დახრის დროს  $S$  სხივი გადაიხრება იმ სოლის ფუძის მხარეზე, რომელსაც აქვს მეტი გარდატეხის მაჩვენებელი და წარიმართება  $S'$  მიმართულებით. (3<sup>b</sup>) ნახაზიდან

$$\varepsilon' = (n_1 - 1)\varepsilon - (n_2 - 1)\varepsilon = (n_1 - n_2)\varepsilon. \quad (6.5.6.5)$$

ვერტიკალური მიმართულებით  $S$  სხივის სტაბილიზაცია მოხდება იმ შემთხვევაში, როცა  $\varepsilon'$  იქნება  $\varepsilon$  კუთხის ტოლი. ამ შემთხვევაში (5) ტოლობა მიიღებს სახეს:

$$1 = n_1 - n_2. \quad (6.5.6.6)$$

ისე როგორც წინა შემთხვევაში, კომპენსატორს აქაც აკეთებენ რამდენიმე კამერაანს.

## ინსტრუმენტების გეგანიკური ნაწილები და ღერძების აგებულება

წინა თავებში განხილული იყო გეოდეზიური ინსტრუმენტების ძირითადი ნაწილები: სამიზნე ჭოგრი, წრედები, დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოები, ძარაზო და სხვა. ყველა ისინი მოწყობილი არიან ინსტრუმენტის ვერტიკალურ და თარაზულ ღერძებზე, რომელთა საშუალებით ხდება მათი ბრუნვა ჰორიზონტულ და ვერტიკალურ სიბრტყეში, რაც საშუალებას იძლევა ჰორიზონტული და ვერტიკალური კუთხეების გაზომვისას, თარაზული და დახრილი სხივების საშუალებით სიმაღლეთა სხვაობების განსაზღვრისას, ჰორიზონტულად დაყენებულ პლანშეტზე უშუალოდ გეგმილების დახაზვისას და სხვა. ყველა ზემოთ მოხსენებული ხელსაწყოები, სათანადოდ გაწყობილნი, ეყრდნობა საგანგებო ზედადგარზე, რომელთანაც ისინი შეადგენენ ერთ მთელს და ჰქმნიან გეოდეზიური იარაღის ტიპებს: თეოდოლიტს, მენზულას, ნიველირს და სხვა, რომლებიც ხსენებული ზედადგარით მაგრდებიან შესაფერ შტატივებზე (სადგარებზე).

როგორც ვხედავთ, ინსტრუმენტების მექანიკური ნაწილები და ღერძება ურთიერთ უშუალო კავშირშია. ღერძების აგებულება საზღვრავს ინსტრუმენტის პრინციპულ სქემას და სხვა მექანიკურ ნაწილებთან შერწყმულნი გაზომვების პროცესში უზრუნველყოფს ინსტრუმენტების გეომეტრიული ღერძების საჭირო შეუღლებას.

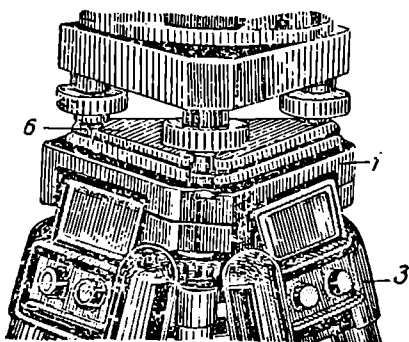
ინსტრუმენტების მექანიკური ნაწილები კონსტრუქციულად და ტექნოლოგიურად ისე უნდა იყოს შესრულებული, რომ შესაძლებლობას იძლეოდეს ტემპერატურის მნიშვნელოვნად ( $40-50^{\circ}\text{C}$ ) ცვალებადობის ინტერვალში ვიცავდეთ საჭირო სიზუსტეს და ვზრდიდეთ შრომისნაყოფიერებას.

ინსტრუმენტების მექანიკური ნაწილებია შტატივები (სადგარები), კონსოლები, დაცენტრის აგებულება, სიგნალები, ზედადგარები სათანადო ამწყვი ხრახნებით, შემასწორებელი ხრახნები, დამცველი ხრახნები, მიკრომეტრული ხრახნები, ელევაციური ხრახნები და სხვა.

### 0.6.1. შტატივები, კონსოლები, დაცენტრის აგებულება და სიგნალები

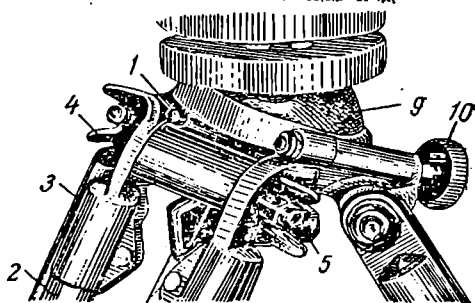
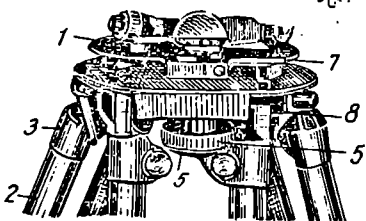
შტატივი (სადგარი) წარმოადგენს ქვედგამს, რომელზეც მაგრდება გეოდეზიური ან სამარკშიდერო ინსტრუმენტი საამუშაო მდგომარეობაში სადგურის წერტილზე ან მის ქვეშ. შტატივის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს (ნახ. 1) ლითონის თავი 1 (სადგარი), რომელზედაც ამაგრებენ ინსტრუმენტს; სამფეხი 2; ხერხმალა ხრახნი 5, რომლითაც ინსტრუმენტი

მაგრდება შტატივის თავზე (სადგარზე). შტატივის ყოველი ფეხის ზედა ნაწილი ჩამაგრებულია ლითონის გარსაკრში 3, რომელიც შტატივის თავთან დაკავშირებულია სახსრულად (ნახ. 1) ან მათში გაყრილია ჰორიზონტული ღერძი, რომლის გარშემო ისინი ბრუნავენ ინსტრუმენტის პუნქტზე



დაყენებამდე, ხოლო დაყენების შემდეგ მაგრდება ქანჩით 4 (ნახ. 1).

შტატივის ფეხები ძირითადად მზადდება ხისაგან მთლიანი ან გასაშლელი. პირველი უფრო მდგრადია, ვიდრე მეორე და მას მეტწილად იყენებენ ნიველირებისთვის და ზუსტი კუთხსაზომი ინსტრუმენტებისათვის. მეორე სახმარად მოხერხებულია წილში და მთაგორიან ადგილებში მუშაობის დროს და მას უფრო იყენებენ შედარებით ნაკლები სიზუსტის კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში და ნიველირებში. ფეხები მიწაში ჩასარქობად და დასამაგრებლად მოჭედილია ლითონის ბუნიკებით, რომელთაც აქვთ დეზები (გამონაშვებები) ფეხის დასაპირებლად.



ნახ. 6.6.1.1.

(ნახ. 1), რომელიც ებჯინება ინსტრუმენტის ამწევი ღერძებს და ეკვრის თავს 1 ხერხემალა ხრახნით 5.

ხშირად შტატივის თავს ამაგრებენ სამი დამკვერი ხრახნით 8, აღჭურვილი საჯანგებო ფირფიტით 7 (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რომელზეც ურთიერთმართობულად განლაგებულია ორი ცილინდრული თარაზო. ხსენებული ფირფიტა შეუღ-

ლებულია შტატივის თავთან სფეროსებური სახსრით, რის გამო იგი თარა-ზოებით. შეიძლება ხელით იყოს დაყენებული ჰორიზონტულად და დამაგრდეს ხრახნებით 8.

კუთხსაზომი ინსტრუმენტის შტატივის თავში 1 და ფირფიტაში 7 პუნქტზე ინსტრუმენტის ადვილად დაცენტრირის მიზნით კეთდება ხერხეტი ხერხე-მალა (5) ხრახნის დიამეტრზე რამდენიმეჯერ მეტი დიამეტრის. თვით ხერხე-მალა ხრახნს აქვს კ ა ვ ი ზონარი შვეულის დასაყიდებლად. კავის გაღუნვი-საგან დაცვის მიზნით იგი მოთავსებულია ხერხემალა ხრახნის სიღრუეში.

არსებობს ნიველირების შტატივები, რომელთა სამზერი ღერძის თარა-ზულად დაყენება ნაცვლად ზედადგარის ამწევი ხრახნებისა ხდება სფერული სახსრის საშუალებით 9 (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ასეთი შტატივის თავი გაჭრილია და აქვს თეფშისმაგვარი ჩაღრმავება სახსრის მოსათავსებლად, რომელიც მაგრდება დამჭერი ხრახნით 10.

შტატივი უნდა იყოს მ დ გ რ ა დ ი, მ კ ვ რ ი ვ ი და რ ა ც შ ე ი ძ ლ ე ბ ა მ ა ს ი უ რ ი.

მიწისქვეშა გამონამუშევრებში თეოდოლიტური სვლების აგების დროს, როცა მოძრაობა ინტენსიურია, აგრეთვე, როცა დახრილ და ციცაბო ვარ-დნილ გამონამუშევრებში ვაწარმოებთ აგეგმვებს, სადაც უხერხულია შტა-ტივზე დადგმული ინსტრუმენტით მუშაობა, იყენებენ კონსოლებს თ ა ვ ი ს ი კ ო მ პ ლ ე ქ ტ ი თ ან ლითონის საგანგებო განმზრკენებს.

მიწისქვეშა გამონამუშევრებში მუშაობისა და მიწაზე ღამით გეოდე-ზიური სამუშაოების შესრულების დროს საჭირო ხდება სამიზნე სიგნა-ლების გამოყენება, რომელთაც ანალოგიურად ამაგრებენ შტატივზე, კონ-სოლებსა ან განმზრკენებზე.

სამშტატივიანი ან სამკონსოლიანი აგეგმვების დროს სარგებლობენ ორა სიგნალით და დამატებითი ორი სადგარით ავტოცენტრირების მოწყობილობით სიგნალებისა და ინსტრუმენტების დაცენტრირისათვის.

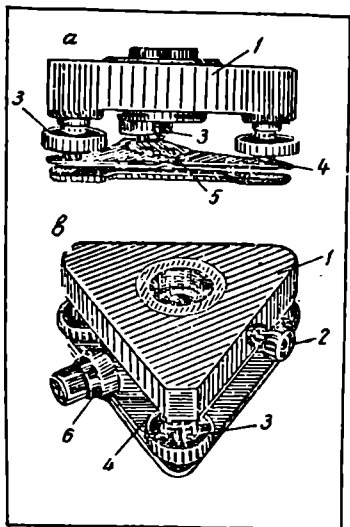
### 6.6.2. ზედადგარი

ზედადგარი წარმოადგენს ინსტრუმენტის საყრდენ ამწევ აპარატს, რომ-ლითაც ინსტრუმენტი იდგმება შტატივზე და ვიყენებთ მისი ღერძებისა და წრედების ნიველირებისათვის და ვერტიკალურად დასაყენებლად (6.6.2.1<sup>ა</sup> ნახაზის ზემო ნაწილი). იგი შედგება სამტოტიანი მორგვისაგან, რომელთა ბოლოებში გაყრილია ამწევი ხრახნები.

ზედადგარი უერთდება ინსტრუმენტს ხისტად (ნახ. 1<sup>ა</sup>) ან ისე, რომ შეიძლებოდეს მისი განცალკევება ინსტრუმენტიდან (ნახ. 1<sup>ბ</sup>), რისთვისაც მას აქვს სამაგრი ხრახნი 2. (1) ნახაზის სახით წარმოდგენილი ზედადგარების ნაწილებია: მორგვი 1. სამი ტოტით, რომლებშიც გაყრილია ამწევი ხრახნება 3; ფირფიტისებრი ზამბარაკი 4, რომლის ცენტრალურ ნაწილში დამაგრე-ბულია მილისი 5 კუთხვილით ხერხემალა ხრახნისათვის; ოპტიკურ შვეულს 6 ათავსებენ მორგვსა და ფირფიტას შორის.

ამწვევი დამყენებელი ხრახნები ძველად იყო ღია. ამჟამად დახურულია დამცავი ჩალითით. ამ ხრახნების თავების დიამეტრებს და მათი კუთხვილი-

ბიჯს შეარჩევნებენ ისეთს, რომ ხრახნის თავის ხელით საგრძნობი შეხებით შემობრუნებას; რაც დაახლოებით ტოლია 0,2—0,5 მილიმეტრისა, შეესაბამებოდეს ვერტიკალური ღერძის დახრა თარაზოს  $\tau$  საფასურის 0,2.



ნახ. 6.6.2.1.

### 6.6.8. ლერძების სისტემები

კუთხსაზომ ინსტრუმენტებს აქვს შევეული (მთავარი) და პორიზონტული (კოგრის ბრუნვის) ღერძები, ხოლო სანიველოს — მხოლოდ შევეული.

ღერძები მკაცრად განსაზღვრავს ინსტრუმენტების გეომეტრიული ელემენტების ურთიერთგაწყობის შესაბამისობას შათი გეომეტრიული კონსტრუქციებისადმი. ისინი უნდა უზრუნველყოფდნენ ელემენტების გაწყობისა და მათი ფორმის უცვლელობას.

ღერძებსა და მილისებს ამზადებენ სხვადასხვა ლითონისაგან, რომლებ-

ბითაც იქმნება მცირე ოდენობის ხახუნის კოეფიციენტის მქონე წვეილი, მაგალითად, ღერძებს ამზადებენ ნაწრთობი ფოლადისას ან თიანბრისას და მილისს—ბრინჯაოსას, მასალის ამდაგვარად შერჩევით აღწევენ, გარდა ხახუნის კოეფიციენტის შემცირებისა, ღერძების მდგრადობას, მოძრაობის მდოვრულობას და შეუფერხებლად მუშაობას ტემპერატურის მნიშვნელოვნად, მაგალითად,  $-50^{\circ}\text{C}$   $+40^{\circ}\text{C}$ -მდე, ცვალებადობის დროს. ფორმის მიხედვით ღერძებს ამზადებენ კონუსურსა და ცილინდრულს.

### A. პერიკალური ლერძები

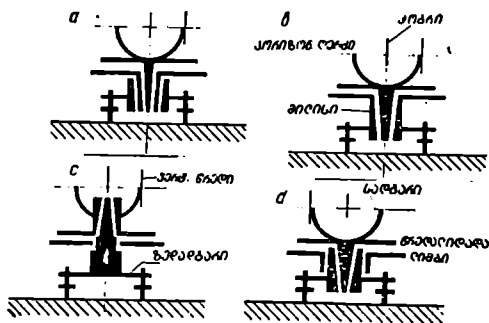
თარაზული კუთხეების განსაზღვრის მიღებული მეთოდის შესაბამისად ვერტიკალური ღერძები გვხვდება განმეორებითი და არაგანმეორებითი. მარტივ კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში და ნიველირებში გამოყენებულია არაგანმეორებითი ღერძები (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რომელთა ბრუნვის მიმართველს წარმოადგენს ზედადგარზე ხისტად მიმაგრებული მილისი ლიმბით. აღიდადას, საერთოდ, ყოველთვის აქვს დამტკეცი და მიკროხრახნი და ამ შემთხვევაში იგი ეყრდნობა ზედადგარს. უფრო რთულია ღერძების სისტემები, როცა ლიმბი არის მბრუნავი. აქ უკვე საჭიროა დადგენილ იქნეს წრედალიდადა ლიმბის ბრუნვის ღერძს ემაგრება თუ ზედადგარს. ამასთან დაკავშირებით ქვემოთ განვიხილავთ ღერძთა სამი ტიპის სისტემას:

1 სისტემა (ნახ. 1<sup>ა</sup>) განმეორებითია, რადგანაც აქ ღერძები ურთა-

ერთდაკავშირებულია იმით, რომ ზედადგრის მილისში ბრუნავს ლიშბის ღერძი, რომელიც ამავე დროს ალიდალის ღერძის ბრუნვის მილის წარმოადგენს; აგრეთვე წრედალიდალს ღერძი მაგრდება ლიშბის ღერძზე, ე. ი. როცა წრედალიდალა დამაგრებულია, მისი ბრუნვა შეიძლება მხოლოდ ლიშბთან ერთად, ხოლო, როცა ლიშბი მიმაგრებულია ზედადგარზე, შეიძლება წრედალიდალს აშევა და ბრუნვა. აქ ნაკლია ის, რომ წრედალიდალს ბრუნვით და ღერძების ხახუნით ხდება ლიშბის წატაცება (ძვრა); მაგალითად 30" სიზუსტის თეოდოლიტში ასეთი ძვრით გამოწვეული შეცდომა აღწევს 10"-მდე. ეს სისტემა საშუალებას იძლევა განმეორებითი ხერხით გავზომოთ კუთხეები და გავრცელებულია ტექნიკურ განმეორებით კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში. აქ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს წრედალიდალს ექცენტრისიტეტის მინიმუმამდე დაყვანას.

II სისტემა (ნახ. 1<sup>ე</sup>) მბრუნავი წრედით. იგი არაგანმეორებითაა, რადგანაც აქ ღერძები ურთიერთდამოუკიდებლად ბრუნავს და ურთიერთდამოუკიდებლად მაგრდება ზედადგარის სვეტზე წრედალიდალა და ჰორიზონტული წრედი, რის გამო არ ხდება ალიდალს ბრუნვის დროს ლიშბის წატაცება (ძვრა). იგი მარტივი და მდგრადია. ღერძების ეს სისტემა გავრცელებულია დიდ ასტრონომიულ-გეოდეზიურ თეოდოლიტებში და უნივერსალებში. აქ ლიშბს არა აქვს დამტკეცი, მიკროხრახნით იგი ხელით ბრუნავს და ჩერდება ხახუნის ძალით.

III სისტემა (ნახ. 1<sup>ა</sup>) მბრუნავი წრედით. იგი არაგანმეორებითაა, რადგანაც ზედადგარის ხისტი მილისის მიმართ ორივე ღერძი ურთიერთდამოუკიდებლად ბრუნავს და მასზე ასევე ურთიერთდამოუკიდებლად მაგრდება. ასე რომ, ღერძების ურთიერთხახუნის და ლიშბის ძვრის შეცდომა არ ხდება. აქ ლიშბის ბრუნვა შეიძლება ხელით, როცა იგი დახურული არ არის, ხოლო, თუ იგი ქვემოდან დახურულია, ქვემოთ მოწყობილი ხრახნით ხდება მისი ბრუნვა სასურველი კუთხით. ეს სისტემა ცილინდრული ღერძებით (კონუსურზე უფრო ზუსტია) გავრცელებულია ობტიკურ თეოდოლიტებში. ასე რომ, არაგანმეორებით კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში ჰორიზონტულ წრედებს დამტკეცი და მიკრო ხრახნი არა აქვთ.



ნახ. 6.6.3.1.

#### B. ჰორიზონტული ღერძები და მასთან დაკავშირებული ელემენტები

წრედალიდალს სადგარებში მოთავსებულ თარაზულ ღერძზე ხისტად დამაგრებულია სამიზნე ჰოვრი და ვერტიკალური წრედი ან მხოლოდ ჰოვრი

(ნახ. 1). ერთ-ერთ სადგარზე საითაც შევეული წრედია დაყენებული, მოწყობილია შიმშა-ალიდადა და ცილინდრული თარაზო. სიმძიმის შემცირებისა და მდგრადობის შენარჩუნების მიზნით ამზადებენ ღრუ სვეტებს, რომლებშიც ჰორიზონტულ ღერძთან ერთად მოძრაობს შვეული წრედი; აგრეთვე იგი იაღჯეა სხივთა სვლის საშუალებას ანათვლების ადების დროს. მცირე და საშუალო ზომის ინსტრუმენტებში ღერძსა და მის პოჭოჭიკებს ამზადებენ ერთ და იმავე ლითონისაგან, ხოლო დიდ ინსტრუმენტებში პოჭოჭიკებს უფრო მკვრივი ლითონისაგან ამზადებენ და აძლევენ ცილინდრულ ფორმას. ღერძის განივი გადაადგილების საწინააღმდეგოდ მათზე და სადგარების ბუდეებში იღებენ წრითულ კონუსურ ზოლებს. ხშირად ამზადებენ ჰორიზონტულ ღრუ ღერძს მის ახლო მოთავსებული სარკის ან პრიზმის საშუალებით სხივებმა. რომ სამიზნე ჭოგრის ძაფთა ბადე გაანათოს.

დიდ ასტრონომიულ-გეოდეზიურ სამარკშიედერო ინსტრუმენტებში ჭოგრს ამაგრებენ სადგარების გარეთ ექსცენტრულად. სადგარების სიმაღლეები ისეა შერჩეული, რომ ჭოგრის ბრუნვა შეიძლებოდეს ღერძის გარშემო. ზოგ სადგარს აქვს განაჭერი და მოწყობილობა მისი სიგრძის შესაცვლელად.

### С. ხრახნები

დანიშნულების მიხედვით ხრახნები გვხვდება ხ შ უ ლ ი, რომლებითაც მტკიცედ მაგრდება ინსტრუმენტის დეტალები და სასვლო, რომლებითაც სამუშაო მდგომარეობაში მოჰყავთ ინსტრუმენტი და მისი ნაწილები. სასვლო ხრახნებს მიეკუთვნება: ხერხემალა, ამწევი (დამყენებელი), შემასწორებელი, მომჭერი, მისამიზნებელი, მიკრომეტრული და ელევაციური. ხერხემალა და ამწევი ხრახნების შესახებ საქმარისა ცნობებია წინა ჰარაგრაფებში. ასევე ცნობილია, რომ თარაზოს, ჭოგრის ძაფთა ბადის, სადგარების, შიმშა ალიდადას და სხვა შემასწორებელი ხრახნების ინსტრუმენტის ნაწილების გეომეტრიული ელემენტები მოჰყავთ მათი კონსტრუქციის და დანიშნულების შესაბამისად.

მომჭერი ხრახნებით ინსტრუმენტის რაიმე ნაწილის ტლანქად დაყენების შემდეგ ხდება დამაგრება, რის შემდეგ მოძრაობაში მოგვყავს მისამიზნებელი ან მიკრომეტრული ხრახნი კონსტრუქციის დანიშნულების შესაბამისად. როგორც თვით სახელწოდება გვიჩვენებს, პირველია ხდება ზუსტად დამიზნება და მეორეთი—მცირე ოდენობების გაზომვა.

ელევაციური ხრახნებით ხდება ჭოგრის ან თარაზოს ერთი ბოლოს აწევა-დაწევა. ასეთ ხრახნებს უფრო იყენებენ ნიველირებში ლარტყაზე ანათვლის ადების წინ თარაზოს ზუსტებისათვის (ამბულის შუაში ბუშტულის დასაყენებლად).

შემოხსენებული ხრახნების სრულყოფილად გამოყენების საკითხს ცალკეული ინსტრუმენტების განხილვის დროს უფრო ვრცლად შევეხებით.

## ადგილზე დაკვალვებისა და ჭკუთხეების გაზომვისათვის საჭირო უმარტივესი ინსტრუმენტები

უმარტივესი გეგმების შედგენისა და პროექტების ადგილზე დაკვალვისათვის საჭირო ხდება კუთხეების გაზომვები და გადაზომვები, რისთვისაც ჭერ კიდევ დიდად გამოიყენება უმარტივესი სახის კუთხსაზომი და დასაკვალავი ინსტრუმენტები.

### 6.7.1. ადგილზე მართი და გაშლილი კუთხეების დასაკვალავი უმარტივესი ინსტრუმენტები

რაიმე ხაზზე შუალედი (გასწვრივობის) წერტილის მდებარეობის განსაზღვრისათვის, მართი კუთხეების დაკვალვისა და ასაგეგმ ხაზზე დაშვებული მართობის ფუძის დადგენისათვის სარგებლობენ ინსტრუმენტებით, რომლებიც შეიძლება ადგილზე აგებულ იქნეს მართი ( $90^\circ$ ) და გაშლილი ( $180^\circ$ ) კუთხეები. ამგვარი ინსტრუმენტები შეიძლება იყოს ჩხირებიანი ან დიოპტრებიანი და სარკიანი ან პრიზმიანი. უკანასკნელ ორს საფუძვლად უდევს შუქის არეკლისა და გარდატეხის კანონები. ორივე სისტემის საერთო სახელწოდება არის ეკერი. პირველი სისტემის ეკერებს აყენებენ მანაზე ან შტატივზე, ხოლო მეორე იხმარება ხელში დაკერით.

გავიხსენოთ ცნება გასწვრივობის შესახებ; მაგალითად, *A, B, C* სარი გასწვრივობაშია, თუ ისინი ერთ შვეულ სიბრტყეში იმყოფებიან.

#### A. ჩხირებიანი და დიოპტრებიანი ეკერები

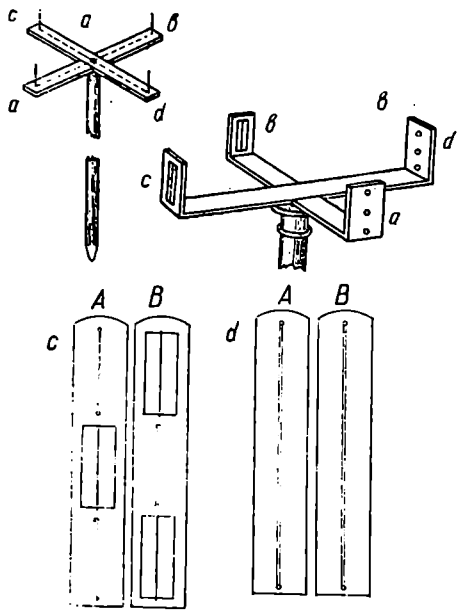
უმარტივესია ჭვარედინა ეკერი (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რომელიც შეიძლება თვით დამზადდეს. იგი წარმოადგენს ორ ურთიერთმართობულად დამაგრებულ *ab* და *cd* თამასას, სიგრძით 10—15 სანტიმეტრი, რომელთა ბოლოებში მათი ღერძების გადაკვეთის წერტილიდან ტოლ მანძილებზე ეკერის სიბრტყის მართობულად ჩაჭედულია ოთხი *a, b, c, d* ლითონის წვრილი ჩხირი. ჭვარედინი უძრავად არის დაკრული მანაზე ან ჩამოკმულია მანის თავში ჩაჭედულ ლურსმანზე, რომლის გარშემო შეიძლება ის ვაბრუნოს. ნიადაგში ჩასარქობად მანის ქვედა ბოლო გაწვეტებულია ან ჩასმულია რკინის ბუნიკში.

ქარხანაში დამზადებულ ეკერში (ნახ. 1<sup>ბ, ვ, დ</sup>) ჩხირების ნაცვლად ლითონის თამასებზე დაყენებულია დიოპტრები.

ჭვარედინა ეკერების ტიპს აგრეთვე ეკუთვნის: რვაწახნაგა პრიზმული (ნახ. 2), ცილინდრული (ნახ. 3), კონუსური (ნახ. 4) და სფერული (ნახ. 5) ეკერები.



კონუსური და სფერული ეკერების უპირატესობა დანარჩენებთან შედარებით ის არის, რომ ისინი გამოაყენებია ალმართ და დალმართ (35°-მდე)

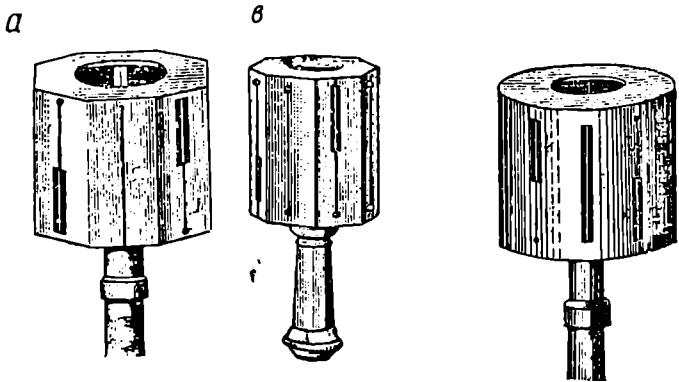


ნახ. 6.7.1.1.

საშუალებას იძლევა (ნახ. 1<sup>ბ</sup>), საგნის დიოპტრის ავრეთვე ამზადებენ ძეგლის დიოპტრისმაგვარი ვიწრო ფარლიატის სახით (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რის გამოც სა-

ადგალებში, სადაც სხვა სახის ეკერის გამოყენება შეუძლებელია. ყველა ეკერის წახანაგებში ცნობილი წესით მოწყობილია დიოპტრები (იხ. 6.2.2 პარაგრაფი). ზოგი მათგანი (ნახ. 2) საშუალებას იძლევა ადგილზე დაიკვლოს, გარდა მართი კუთხეებისა, 45 და 135 გრადუსიანი კუთხეები. არსებობს გაუმჯობესებული ეკერები, რომლებზეც მოწყობილია თარაზო, ბუსოლი.

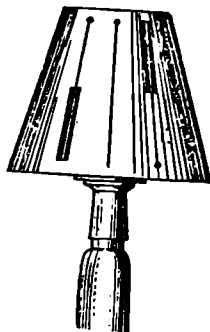
როგორც ცნობილია, თვალის დიოპტრი წარმოადგენს ვიწრო ფარლიატს (განაჭერს) ან ერთ შეეულზე ნახვერეტებს (ნახ. 1<sup>ა</sup> და *d* დიოპტრი), ხოლო საგნის დიოპტრი—განიერ ფანჯარას, რომელშიც დაკვირვებულია შავი ძეა ან იმავე ფერის წვრილი მავთული, რაც საკმარისი ნათელობის გამო კარგად დამიზნების



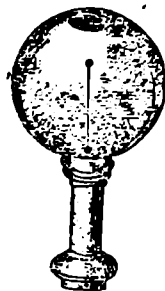
ნახ. 6.7.1.2.

ნახ. 6.7.1.3.

განზე დამიზნების დროს ნათელობა ნაკლებია; მაგრამ ასეთ ღონისძიებას ის უპირატესობა აქვს, რომ ადვილად შეიძლება ორ წერტილს შორის გასწვრივობაში ეკერის დაყენება, რადგანაც იგი იძლევა ეკერის შებრუნების გარეშე მოწინააღმდეგე მიმართულებით დამიზნების საშუალებას. ასე რომ, ამგეგმავე  $A$  და  $B$  წერტილებში დასმულ სარებს შორის რიგრიგობით ორივე წერტილზე



ნ.ს 6.7.1.4.



ნ.ს 6.7.1.5.

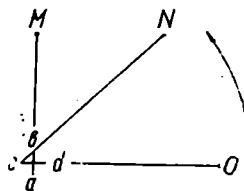
დამიზნების გზით ეკერს დააყენებენ მათი გასწვრივობის სასურველ წერტილზე.

განხილული ეკერებით შეიძლება მართი კუთხეების ადგილზე დაკვალვა  $\pm 2'$  საშუალო კვადრატული შეცდომით. რასაც 30 მეტრის მანძილზე შეესაბამება დაახლოებით გვერდითი გადაადგილება 2 სანტიმეტრით.

#### ა. ჯვარადინა ეკერის შემოწმება

ყველა ტიპის ჯვარადინა ეკერის დამიზნების, ანუ კოლიმაციური, სიბრტყეები უნდა იყოს ურთიერთმართობული და აგრეთვე სხვადასხვა კონსტრუქციის შესაბამისად ერთიმეორესთან ადგენდნენ 45 და 135 გრადუსიან კუთხეში.

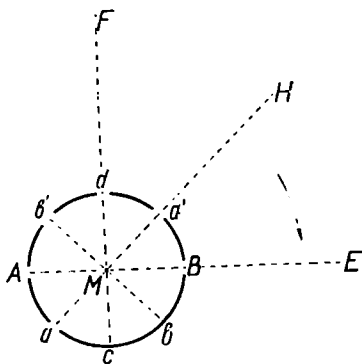
(1) ნახაზის შესაბამის ჯვარადინა ეკერს შემოწმებისათვის ვაყენებთ ვაკე ადგილზე (ნახ. 6) და  $ab$ ,  $cb$  და  $cd$  კოლიმაციურ სიბრტყეების გასწვრივ ადგილზე შევეუღალდ დავასობთ  $M$ ,  $N$  და  $O$  მანას. შემდეგ ეკერს მოვატრიალებთ შევეული ღერძის გარშემო  $90^\circ$ -ზე ისე, რომ  $M$  მანა მოხედეს  $cd$  კოლიმაციური სიბრტყის გასწვრივობაში და ვამოწმებთ  $N$  და  $O$  მანაც მოხედა თუ არა  $bd$  და  $ba$  სიბრტყეების გასწვრივობაში. წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩხირებიან ეკერში შესწორება შეიძლება ჩხირების გადაადგილებით, ხოლო დიოპტრებიანი ეკერი სახელოსნოში უნდა შესწორდეს.



ნ.ს 6.7.1.6.

დანარჩენი (2, 3, 4, 5) ნახაზებზე გამოსახული ეკერების კოლიმაციური სიბრტყეების ურთიერთმართობულობის შესამოწმებლად  $A$  და  $B$  დიოპტრე-  
14. ნ. თევზაძე

ბ.ს სიბრტყეს (ნახ. 7) მიმართავენ ნებისმიერ  $E$  წერტილზე, ხოლო  $cd$  კოლიმაციური სიბრტყის გასწვრივობაში ასობენ  $F$  მანას. შემდეგ შეაბრუნებენ ეკერს  $90^{\circ}$ -ზე ისე, რომ  $E$  მანა მოხედეს  $cd$  კოლიმაციური სიბრტყის გასწვრივობაში და თუ  $F'$  აღმოჩნდა  $BA$  სიბრტყის გასწვრივობაში, მოთხოვნი-

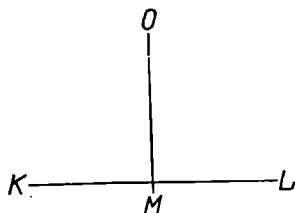


ნახ. 6.7.1.7.

ლი პირობა შესრულებული იქნება. აქ ივლისხმება, რომ  $A$  და  $B$  დიოპტრები წარმოადგენს ერთნაირ ვიწრო ფარლიატს, რომლებიც იძლევიან მოწინააღმდეგე მიმართულებით დამიზნების საშუალებას (ნახ. 1<sup>ა</sup>); მაგრამ, თუ საგნის დიოპტრი არის განიერი ფანჯრის სახის მასში დაკიმული ძაფით, მაშინ ეკერის მობრუნების შემდეგ,  $A$  და  $B$  დიოპტრების კოლიმაციური სიბრტყის გასწვრივობაში  $A$ -დან  $B$ -სკენ გაგრძელებაზე აყენებენ მანას და გადადიან  $F$  წერტილში, საიდანაც თვალით მზერის დროს თუ აღ-

მოჩნდა, რომ  $F$ ,  $M$  და ახლად დასმული მანა გასწვრივობაში იმყოფება, მოთხოვნილი პირობა დაკმაყოფილებულია. ანალოგიურად მოწმდება  $aa'$  და  $bb'$  კოლიმაციური სიბრტყეების ურთიერთმართობულობა.

იმის შესამოწმებლად, შეადგენენ თუ არა კოლიმაციური სიბრტყეები ურთიერთ  $45$  გრადუსიან კუთხეს, მიმართავენ  $AB$  სიბრტყეს  $E$  წერტილზე, ხოლო  $aa'$  სიბრტყის გასწვრივობაში აყენებენ  $H$  მანას; შემდეგ აბრუნებენ ეკერს  $45^{\circ}$ -ზე ისე, რომ  $E$  მანა მოექცეს  $aa'$  კოლიმაციური სიბრტყის გასწვრივობაში. ამ დროს, თუ  $H$  მანა მოექცა  $cd$  სიბრტყის გასწვრივობაში, პირობა შესრულებული იქნება. ანალოგიურად მოწმდება  $bb'$  სიბრტყის მდებარეობის სისწორიც.



ნახ. 6.7.1.8.

როგორც ვიცი, მოპირდაპირე მიმართულებით დამიზნების შესაძლებლობისათვის ეკერების წახნაგებში მოწყობილია ორფა (თვალის და საგნის) დიოპტრები ერთიმეორის ზემოდან (ნახ. 1<sup>ა</sup> და 2, 3, 4). ამ შემთხვევაში პირველ რიგში უნდა შემოწმდეს წყვილ-წყვილად ურთიერთშეთავსებულია თუ არა აღნიშნული დიოპტრები ერთ კოლიმაციურ სიბრტყეში, რისთვისაც ადგილზე დავსარავეთ  $KML$  ხაზს (ნახ. 8), შემდეგ ამოვაძრობთ  $M$  სარს და მის ადგილას დავაყენებთ ეკერს, რომლის ერთ-ერთ დამიზნების სიბრტყეს მიემართავთ  $K$  სარზე, ხოლო მეორეში ვუმზერთ, თუ  $L$  სარი მოექცა მზერის სიბრტყეში, მოთხოვნილი პირობა შესრულებულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში ეკერი უნდა შესწორდეს სახელოსნოში.

განხილად საკითხთან დაკავშირებით საინჟინრო გეოდეზიურ წარმოებაში საჭირო ხდება შემდეგი სახის სამი ამოცანის ამოხსნა: 1. ადგილზე  $A$  და  $B$  სარებით დანიშნული ხაზის შიგ ან მის გაგრძელების გასწვრივობაში  $M$  წერტილის დანიშვნა; 2.  $AB$  ხაზის მიმართ ამ წერტილში მართობის აგება და 3.  $AB$  ხაზის გარე  $N$  წერტილიდან ამ ხაზისადმი მართობის დაშვება.

პირველი ამოცანა ამოიხსნება დასარვის წესით. ხშირად  $AB$  ხაზზე  $M$  წერტილი (ნახ. 9) დანიშნულია და მხოლოდ საჭიროა  $AB$  ხაზისადმი ამ წერტილში ეკერით მართობის აგება. როცა  $AB$  ხაზზე  $M$  წერტილი არ არის დანიშნული, მაშინ ჯერ ადგილზე დაინიშნება  $AB$ -ს გასწვრივობაში  $M$  წერტილი და შემდეგ ამოიხსნება მეორე ამოცანა ან თანადროულად ეკერით ინიშნება გასწვრივობის  $M$  წერტილი და აიმართება ხაზისადმი მართობი  $MN$ , რისთვისაც საჭირო ხდება თანადროულად დასარვის წესისა და ეკერის გამოყენება. მაშასადამე, როცა ვამბობთ, რომ საჭიროა  $AB$  ხაზისადმი  $M$  წერტილში მართობის აგება, იგულისხმება, რომ ადგილზე  $M$  წერტილი მოცემულია.

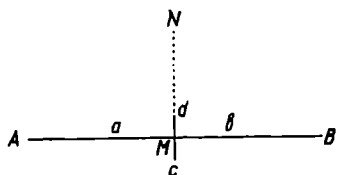
მესამე ამოცანის ამოხსნის დროს, თუ  $AB$  ხაზი ადგილზე მოცემულ იქნა მთლიანი ზოლის სახით (ზონარით, მავთულით, ბაფთით), ეკერით პირდაპირ ხდება მისადმი მართობის დაშვება; ხოლო, როცა ადგილზე ხაზი მოცემულია მხოლოდ  $A$  და  $B$  წერტილების სახით, მაშინ თანადროულად სრულდება, როგორც ხაზის გარეშე  $N$  წერტილიდან  $AB$  ხაზისადმი მართობის დაშვება (ნახ. 10), ისე მისი ფუძის, ანუ  $M$  წერტილის,  $A$  და  $B$  წერტილების გასწვრივობაში დანიშვნა, რისთვისაც ვიყენებთ ეკერსა და დასარვის წესს.

ვთქვათ, საჭიროა წესიერული ჯვარედინა ეკერით ადგილზე  $AB$  ხაზის გასწვრივობაში დავნიშნოთ  $M$  წერტილი და ამ წერტილში ავმართოთ  $AB$  ხაზის პერპენდიკულარი (ნახ. 9).  $M$  წერტილის მოსაძებნად ეკერს ვაყენებთ  $AB$ -ს შორის ისე, რომ  $a$ -დან  $b$ -სკენ და მეორე  $b$ -დან  $a$ -სკენ  $B$ -ზე და  $A$ -ზე დამიზნებით  $a$  და  $b$  ჩხირი (დიოპტრი) მოხედვს  $AB$ -ს გასწვრივობაში, მაშასადამე, პირველ რიგში  $M$  წერტილს ვნიშნავთ სხეულებულ გასწვრივობაში.  $M$  წერტილი დანიშნულიც რომ იყოს ადგილზე, მაინც საჭიროა ზემოთ მიღებული წესით მისი მდებარეობის შემოწმება. შემდეგ თანაშემწეს  $c$  და  $d$  ჩხირების (დიოპტრის) გასწვრივობაში ვაყენებებთ  $N$  სარს, რის შედეგად  $MN$  მონაკვეთი  $AB$  მონაკვეთის მართობი იქნება  $M$  წერტილში.

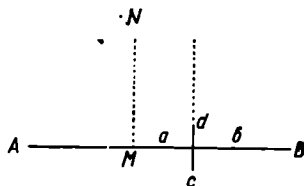
$N$  წერტილიდან  $AB$  ხაზზე მართობის დასაშვებად (როცა იგი ზოლის სახით არ არის მოცემული) უნდა ვიმოძრაოთ თანაშემწის მითითებით  $A$  და  $B$ -ს გასწვრივობაში ეკერით ხელში ისე, რომ მუდამ  $ab$  იყოს  $A$  და  $B$  სარების გასწვრივობაში (ნახ. 10). ეს გადაადგილება უნდა შეწყდეს მაშინ, როცა ეკერის  $cd$  ხაზის (ჩვენა მზერის) გაგრძელება დაემხვევა  $N$  სარის ქვემო ნაწილის დიამეტრის შუა წერტილს. საერთოდ, ყოველთვის იგულისხმება, რომ ეკერის მანა შევუღალდ არის დაყენებული ადგილზე (ამიტომ არის საჭირო თა-

რაზო). როგორც ვხედავთ, ეკერიტ მუშაობის დროს პირველი ამოცანა  $AB$  ხაზის გასწვრივობაში ეკერის დაყენება.

როდესაც არ შეგვიმოწმებია და არა ვართ ეკერის წესიერულობის მხრივ დარწმუნებული, სჯობს ზემოხსენებული სამუშაოები შევასრულოთ ორ-ორჯერ



ნახ. 6.71.9.



ნახ. 6.71.10.

ეკერის  $ab$  და  $cd$  კოლიმაციური სიბრტყეების რიგრიგობით ადგილზე  $AB$  ხაზის გასწვრივობაში დაყენებით. უწესიერო ეკერიტ ორივე ამოცანის ამოხსნის დროს მივიღებთ ორ მცდარ  $N'$  და  $N''$  წერტილს. პირველ შემთხვევაში (მართობის ამართვა) ეს წერტილები იქნება  $AB$  ხაზის დაახლოებით პარალელურად, ხოლო მეორე (მართობის დაშვების) შემთხვევაში თვით  $AB$  ხაზზე, ცხადია, ორივე შემთხვევაში საძებნი წერტილი  $N$  ან  $M$  იქნება  $N'$  და  $N''$  წერტილებს შორის შუაზე.

### B. სარკიანი პაპრები

სარკიანი ეკერების მთავარ ნაწილს შეადგენს სარკეები, რომელთა რიცხვის მიხედვით ისინი არიან ერთსარკიანი, ორსარკიანი და სამსარკიანი. განხილადი ეკერებით ადგილზე მართობების ამართვისა და დაშვების თეორია ეყრდნობა სხივთა დაცემა-არეკვლის გეომეტრიული ოპტიკიდან ცნობილ კანონებს. ამ ეკერებს შტატივი არა აქვთ. მათ აქვთ ზონარი ან ხისტი შვეული.

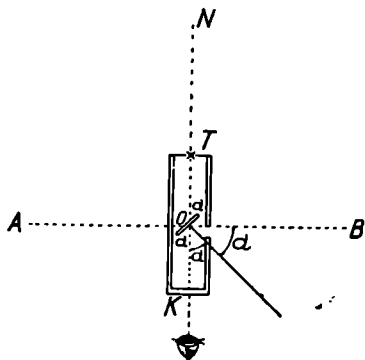
#### ა. ერთსარკიანი პაპრი

ერთსარკიანი ეკერი წარმოადგენს ცილინდრულ მილს (ნახ. 11) ან მილთან შეერთებულ კუბს (ნახ. 12).

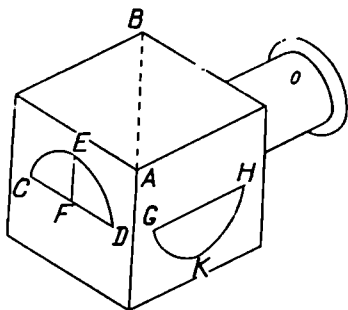
პირველ შემთხვევაში მილს აქვს თვალისა  $K$  და საგნის  $T$  დიოპტრი. ღერძისადმი  $45^\circ$  კუთხით მილის ქვედა ნახევარში დამაგრებულია ნახევარწრიული ბრტყელი  $O$  სარკე, რომლის პირდაპირ მილის ცალი მხარე ფართოდ არის ამოჭრილი. ქვემო ნაწილში მილს აქვს სახელური, რომელზეც შვეულის ჩამოსაკიდებლად მიმაგრებულია კავი.

$AB$  ხაზის  $M$  წერტილიდან (ნახაზზე არ ჩანს) პერპენდიკულარის ამართვისათვის შვეულს (რომელიც ეკერის კავზეა ჩამოკიდებული) ვაყენებთ  $M$  წერტილზე და ვიცქირებთ თვალის  $K$  დიოპტრში. ამ დროს  $B$  სარიდან წამოსული სხივი, დაეცემა რა  $\alpha=45^\circ$  კუთხით  $O$  სარკეს, აირეკლება იმავე

$\alpha = 45^\circ$  კუთხით და ჩვენი თვალის ბადურაზე შევიღებთ  $B$  სარის გამოსახულებას. თანაშემწეს დავასობინებთ სარს  $N$  წერტილში ისე, რომ სარკის ზემოდან  $N$  სარის ხილული ნაწილი იყოს გაგრძელება სარკეში თვალით ზი-



ნახ. 6.7.1.11.



ნახ. 6.7.1.12.

ლული  $B$  სარის გამოსახულებისა. ცხადია, თუ სარკე ზუსტად დაყენებულია მილის ღერძის მიმართ  $45^\circ$  კუთხით,  $AB$  ხაზისადმი  $M$  წერტილში  $BMN$  კუთხე იქნება  $90^\circ$ . კონტროლისათვის მილს შევებრუებთ თავისი ღერძის გარშემო  $180^\circ$ , სარკეს მიემართავთ  $A$  სარისაკენ და ვიმეორებთ ზემოაღწერილის ანალოგიურ მოქმედებებს. თუ  $N$  სარი აღმოჩნდა სარკეში  $A$  სარის გამოსახულების გაგრძელებაზე, ეკერი წესიერულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში  $A$  სარის სარკეში გამოსახულების. გაგრძელებაზე ვასობთ სხვა სარს. ყუოთ სარებს შორის მანძილს და მათ შუა დაკისობთ ერთ სარს, რომლის გაგრძელებაზე დავამთხვევთ  $A$  სარის გამოსახულებას სარკეში, შემასწორებელი ხრახნით სარკის აწეე-დაწეევით. მაშასადამე, სარკეს ვაყენებთ ზუსტად მილის ღერძისადმი  $45^\circ$  კუთხით.

$AB$  ხაზისადმი  $N$  წერტილიდან მართობის დასაშვებად თანაშემწის მითითებით ეკერით ხელში წინ წახრილი ემოდრაობთ  $AB$  ხაზის გასწვრივობაში მანამ, სანამ  $B$  სარის გამოსახულება სარკეში არ იქნება გაგრძელება სარკის ზემოთ  $N$  სარის ხილული ნაწილისა. ამ დროს შვეულის გვემილი  $AB$  ხაზზე იქნება საძებნი  $M$  წერტილი, რომელიც  $AB$  წერტილებს შორის გასწვრივობაშია და  $NMB$  კუთხეც იქნება მართი.

მეორე სახის ეკერში თვალის დიოპტრი მოწყობილია  $O$  მილში, ხოლო საცნის დიოპტრი—ვის პირდაპირ მდებარე კუბის წახნაგში და წარმოადგენს ნახევრად წრიულ  $LED$  განხმულებას მასში შვეულად დაკიმული  $EF$  ძაფით; მეზობელ წახნაგში გამოჭრილია ასეთივე სახის, მხოლოდ გადაბრუნებული, ნახევარწრიული  $GHK$  განხმულება. კუბის დიაგონალურ  $AB$

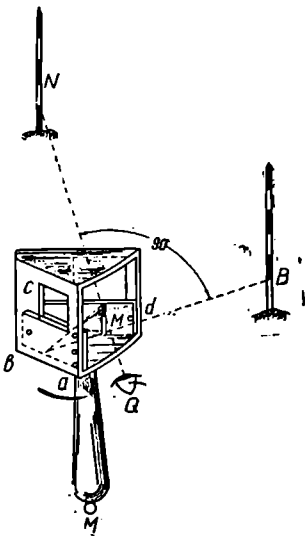
სიბრტყის ქვევითა ნახევარში დამაგრებულია სარკე, სახით ფარლიატისაკენ ისეთნაირად, რომ უკანასკნელის ზემო ნაპირი და განხმულებათა  $CD$  და  $GH$  ხაზები მოქცეული იყოს კუბის ძირის სწვრივ ერთ სიბრტყეში. ეკერის შესასწორებლად ამ ეკერს სარკეს, ისე როგორც პირველს, აქვს შემასწორებელი ხრახნი. განხილული ეკერის გამოყენება ისეთივეა, როგორც პირველისა.

### ბ. ორსარკიანი ეკერი

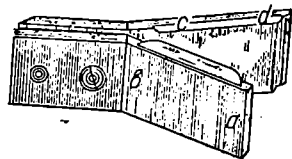
ორსარკიანი ეკერი წარმოადგენს სამწახნაგოვან კოლოფს, რომელსაც ერთი წახნაგი მთლიანად ღია აქვს. დანარჩენი ორი წახნაგის ქვემო ნახევარზე ხრახნებით მიმაგრებულია  $ab$  და  $cd$  სარკეები, ხოლო ზემო ნახევარებში გამოჭრილია სარკმელები (ნახ. 13). კოლოფს ქვემოდან ეხრახნება ტარი კაუჭით ან რგოლით ზონარი ან ხისტი შვეულის ჩამოსაკიდებლად. ერთ-ერთ სარკეს აქვს შემასწორებელი ხრახნი სარკეებს შორის სასურველი კუთხის შესაქმნელად.

არსებობს შედარებით გამარტივებული სახე ორსარკიანი ეკერისა, რომელსაც არა აქვს სარკმელები (ნახ. 14); მათი შემოწმება და გამოყენება ისეთივეა, როგორც პირველი სახის ეკერისა.

განხილადი ეკერის თეორია მოცემულია (6.1.1) პარაგრაფში, სადაც ნაჩვენებია, რომ  $ab$  და  $cd$  სარკეები თუ ურთიერთ ჰქმნის  $45^\circ$  კუთხეს, მაშინ  $B$  სარიდან წამოსული სხივი  $M$  წერტილში დაყენებული ეკერის ორივე სარკეში არეკვლის შედეგად თავის პირვანდელ მიმართულებასთან იმავე  $M$  წერტილში ჰქმნის  $90^\circ$  კუთხეს (6.1.1.3 ფორმულა); ამასთანავე, ეკერის დახ-



ნახ. 6.7.1.13.

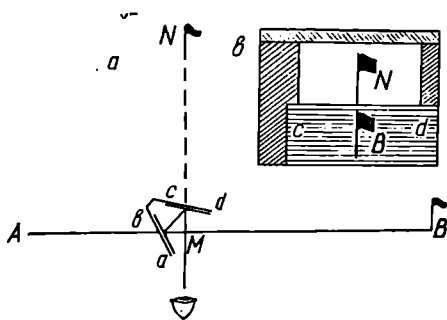


ნახ. 6.7.1.14.

რით, ანუ პირველ ( $ab$ ) სარკეზე დაცემის კუთხის შეცვლით,  $cd$  სარკეზე სარის  $B$  გამოსახულება არ იცვლება.

ორსარკიანი ეკერის გამოყენება ანალოგიურია ერთსარკიანი ეკერისა. მხოლოდ დამკვირვებლის თვალს ეცემა  $B$  სარიდან წამოსული სხივი ორჯერ დაცემა-არეკვლის შემდეგ.  $AB$  ხაზის გასწვრივობაში  $M$  წერტი-

ლის დანიშვნისა და იმავე წერტილში ხსენებული ხაზისადმი პერპენდიკულარის ამართვისათვის (ნახ. 15<sup>ა</sup>) ეკერის ტარზე ჩამოკიდებულ შვეულს ვაყენებთ  $M$  წერტილის ზემოთ ( $AB$  ხაზზე  $M$  წერტილის მდებარეობა მოწმდება თანაშემწის მიერ  $B$  წერტილიდან  $A$ -კენ გახედვით), ხოლო  $ab$  სარკეს მიემართავთ  $B$  სარისაკენ და წინ წახრილი ვიცქირებით  $cd$  სარკეში, სადაც გამოჩნდება  $B$  სარის ორჯერ ანარეკლი გამოსახულება (ნახ. 15<sup>ბ</sup>). ამავე დროს უნდა ვიცქირებოდეთ  $cd$  სარკის ზემოთ სარკმელში ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია (13 და 15<sup>ა</sup>) ნახაზზე და თანაშემწეს გადავაადგილებთ სარიანად მანამ, სანამ  $N$  სარი არ გამოჩნდება  $cd$  სარკის ზემო სარკმელში  $B$  სარის გამოსახულების გაგრძელებაზე.



ნახ. 6 7.1.15.

ადგილზე ნაპოვნი  $N$  წერტილი არის საიბეგლი, რადგანაც  $NMB$  კუთხე იქნება  $90^\circ$ , აგრეთვე  $M$  წერტილი  $AB$  ხაზის გასწვრივობაშია. ამით მთავრდება პირველი ილეთი.

კონტროლისათვის სჯობს ანალოგიური მოქმედებები გავიმეოროთ  $cd$  სარკის  $A$  სარისაკენ შებრუნებით (მეორე ილეთი).

$N$  წერტილიდან  $AB$  ხაზზე პერპენდიკულარის დასაშვებად ისე, რომ  $ab$  სარკე მიმართული იყოს  $B$  სარისაკენ ეკერით ხელში შვეულის საშუალებით თანაშემწის მითითებით ვახდენთ გადაადგილებას  $AB$  ხაზზე მანამ, სანამ  $cd$  სარკის ზემოთ სარკმელში არ ვიხილავთ  $N$  სარის  $cd$  სარკეში  $B$  სარის გამოსახულების გაგრძელებაზე. შვეულის შესაბამისი წერტილი ადგილზე იქნება  $M$ , ხოლო  $N$  წერტილიდან დაშვებული მართობის  $M$  ფუძე კი მდებარეობს  $AB$  ხაზის გასწვრივობაში. ანალოგიური მოქმედებით შემოწმდება შესრულებული სამუშაო  $cd$  სარკითა და  $A$  სარით.

ორსარკიანი ეკერის შემოწმებისა და შესწორებისათვის პირველი და მეორე ილეთის შესაბამისად პირველი ამოცანის ამოხსნის დროს, თუ მივიღეთ  $N_1$  და  $N_2$  წერტილები, მაშინ მათ შუა წერტილზე დასმულ  $N$  სარის გაგრძელებაზე უნდა დავაყენოთ  $B$  ან  $A$  სარის გამოსახულება  $cd$  ან  $ab$  სარკეებში შემასწორებელი ხრახნით ერთ-ერთი სარკის აწვევ-დაწვევით. ორივე ილეთით მხოლოდ ერთი  $N$  წერტილის მიღება ნიშნავს იმას, რომ სარკეებს შორის კუთხეა  $45^\circ$ .

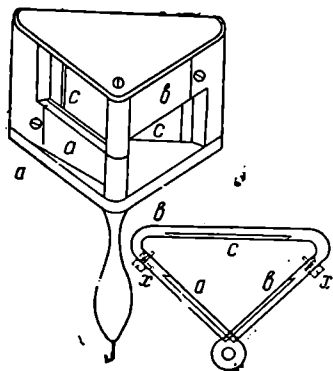


ადგილზე  $AB$  ხაზისადმი მართობების ამართვა-დაშვების დროს წინა-მუხლებში განხილული ეკერებით ძნელდება ხაზის გასწვრივობაში წერტილის დანიშვნა, რაც დამზარეს მოითხოვს. ამიტომ გამოიყენება გასწვრივობის ეკერი, რომელსაც გააჩნია ერთიმეორის ზემოთ ურთიერთმართობულად დამაგრებული ორი სარკე, რის გამოც მას ჯვარედინასაკიან ეკერსაც უწოდებენ. ვინაიდან სარკეები ურთიერთ  $\varphi = 90^\circ$  კუთხითაა განლაგებული, ამ ეკერით სარიდან წამოსული სხივი თავისი პირველი მიმართებიდან გადაიხრება  $\beta = 180^\circ$  კუთხით. ამ ინსტრუმენტით შეიძლება დავნიშნოთ სასურველი რაოდენობის წერტილი ადგილის  $AB$  ხაზზე. შემდეგ კი ამ წერტილებიდან ავმართოთ მართობები ზემოგანხილული ერთ-ერთი ეკერით. ამ ეკერით შეიძლება აგრეთვე წერტილებიდან დაშვებული მართობების ფუძეების მდებარეობის შემოწმება  $AB$  ხაზზე.

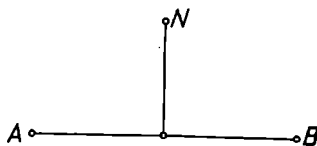
არსებობს სასაკიანი ეკერი (ნახ. 16<sup>ა</sup>), რომლითაც თანადროულად ხდება ხაზზე როგორც გასწვრივობის წერტილების დანიშვნა, ისე მართობების აგება-დაშვება.

განხილადი ეკერი ძლიერ წააგავს ორსაკიანს. განსხვავება ის არის, რომ აქ გამოყენებულია კოლოფის სამივე წახნაგი.  $a$  და  $b$  სარკეები ურთიერთთან ქმნის  $90^\circ$  კუთხეს, ხოლო ორივე ცალ-ცალკე  $c$  სარკესთან ქმნის  $45^\circ$  კუთხეს. ამავე დროს  $a$  სარკე წახნაგის ქვემო ნაწილზეა მიმაგრებული და მის ზემოთ გამოჭრილია სარკმელი,  $b$  სარკე კი მეზობელი წახნაგის ზემო ნაწილზეა მი-

მაგრებული და ქვემოთ სარკმელია გამოჭრილი;  $c$  სარკე მთელ მესამე წახნაგს ჰფარავს. ასე რომ,  $a$  და  $b$  წახნაგებიდან თანადროულად მიიღება გამოსახლება  $c$  სარკეში.  $a$  და  $b$  სარკეებს გააჩნია  $x$  შემასწორებელი ხრახნები (ნახ. 16<sup>ბ</sup>).



ნახ. 6.7.1.16.



ნახ. 6.7.1.17.

$AB$  ხაზის (ნახ. 17) გასწვრივობაში  $M$  წერტილის დასანიშნად სახელურით გვიჭირავს ეკერი ისე, რომ ვინებდობდეთ  $a$  სარკის ზემო ან  $b$  სარკის ქვემო სარკმელში (როგორც უფრო მოხერხებული იქნება რელიეფის მიხედვით); აგრეთვე  $a$  სარკე მიშვერილი გვაქვს  $B$  სარისაკენ, ხოლო  $b$  სარკე

$A$ -სკენ. მანამ ვაბრუნებთ ხელში ეკერს, სანამ  $c$  სარკეში ორივე სარკის გამოსახულება არ გამოჩნდება ერთ შვეულ ხაზზე, ამ დროს შვეულის შესაბამისი  $M$  წერტილი იქნება  $AB$  წერტილების გასწვრივობაში. ახლა თუ გვსურს ამ წერტილში მართობის ამართვა, თანაშემწე მანამ უნდა გადავადგილოთ სართ ხელში, სანამ ეკერის ზემოთ  $N$  სარის ხილული ნაწილი არ იქნება გაგრძელება  $c$  სარკეში მიღებული  $A$  და  $B$  სარების შერწყმული გამოსახულებისა.

$N$  წერტილიდან  $AB$  ხაზზე მართობის დაშვებისათვის კი ვმოძრაობთ  $AB$  ხაზზე მანამ, სანამ ეკერის ზემოთ:  $N$  სარის ხილული ნაწილი არ იქნება გაგრძელება  $c$  სარკეში მიღებული  $A$  და  $B$  სარების შერწყმული გამოსახულებისა.

როცა ეკერი წესიერული არ არის, ანუ  $a$  და  $b$  სარკეები ურთიერთ არ ჰქმნის  $90^\circ$  კუთხეს და  $c$  სარკისადმი არ არიან  $45^\circ$  განლაგებულნი,  $c$  სარკეში ვერ მივიღებთ  $A$  და  $B$  სარების გამოსახულებას ერთ შვეულ ხაზზე. რისთვისაც საჭირო იქნება  $x-x$  (ნახ. 16<sup>ბ</sup>) ხრახნებით  $a$  და  $b$  სარკეების აწვევ-დაწვევა მანამ, სანამ არ მივიღებთ ორივე სარის გამოსახულებას შვეულ ხაზზე.

### C. პრიზმიანი ეკერები

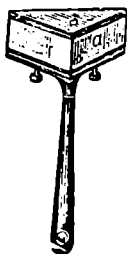
თანამედროვე გეოდეზიურ წარმოებაში ჯვარედინა და სარკიან ეკერებს აიქმნის აღარ იყენებენ და მათ ნაცვლად გასწვრივობის წერტილების დანაშუ-ნისა, მართობებისა და გაშლილი კუთხეების ადგილზე დაკვალვისათვის იყენებენ მხოლოდ პრიზმიან ეკერებს. რომელთა მოქმედება დამყარებულია გეომეტრიული ოპტიკიდან ცნობილი არეკვლის, გარდატეხისა და სრული შინაგანი არეკვლის კანონებზე.

პრიზმიანი ეკერები შედგება ერთი ან ორი სამწახნაგა პრიზმისაგან, რომლებიც მოთავსებული არიან ლითონის ჩარჩოში.

#### ა. ტოლფარდა მართკუთხაპრიზმიანი ეკერი

განხილადი ეკერის ძირითადი ნაწილია მინის სამწახნაგოვანი პრიზმა  $a$ , რომლის ფუძე (ნახ. 18) წარმოადგენს ტოლკათეტიან მართკუთხა სამკუთხედს. მისი წახნაგ-ჰიპოტენუზა დახურულია თითბრის სამოსით ან სარკისებრი ამრეკლი ფენით (მოვერცხლილია), ხოლო ორივე წახნაგ-კათეტი დიაა. ჩარჩოს, რომელშიც მოთავსებულია ხსენებული პრიზმა, გააჩნია სახელური, რომელსაც ქვევით აქვს ნახერტი ან კავი ზონრის ან ხისტი შვეულის ჩამოსაკიდებლად. განხილადი პრიზმით მიღებული შესაძლო გამოსახულებებიდან ვიყენებთ მხოლოდ უძრავ, ანუ ისეთ გამოსახულებებს, რომლებიც არ გადაადგილდებიან პრიზმის ბრუნვის შედეგად. თუ პრიზმის ზედა და ქვედა ზედაპირებს, ისე, როგორც ჰიპოტენუზა-წახნაგს, დავფარავთ ამრეკლი (სარკისებური) ფენით, მაშინ მისი საშუალებით შეიძლება დახრილი დამიხნება (მათგორიან ადვილებში ჰუ-შაობა).

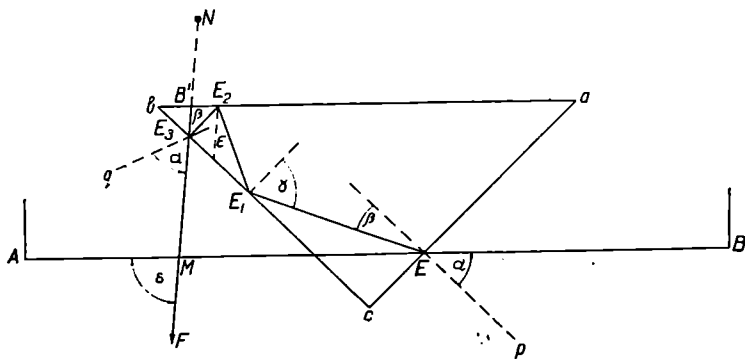
განხილავთ ეკერის მოქმედება დაწყარებულია სხივის სრულ შიგა არეკვლაზე, რომლის თეორია მოცემულია 6. 1. 1 პარაგრაფის  $A-c-II-2$  მუხლში. მისი გამოყენება კი შემდეგნაირად ხდება: ვთქვათ,  $AB$  ხაზისადმი  $M$  წერტილში უნდა იქნეს ამართული მართობი (ნახ. 19). ამისათვის ეკერიო ხელში ცოტა წინ წახრილი დგომით ეკერზე ჩამოკიდებულ შევეულს ვაყენებთ  $M$  წერტილის ზემოდან და  $ac$  წახნაგ-კათეტს მივმართავთ  $B$  სარისაკენ, ხოლო მეორე  $cb$  წახნაგ-კათეტში ვინებდებით და ვატრიალებთ ეკერს მანამ, სანამ მახვილი  $b$  კუთხის სიახლოეში  $ba$  წახნაგ-პიპოტენუზაზე არ გამოჩნდება  $B$  სარის უძრავი  $B'$  გამოსახულება; ამის შემდეგ ვავიხედებთ  $B'$  გამოსახულების, ანუ ეკერის ზემოთ, და თანაშემწეს დავასობიებთ  $N$  სარის ისე, რომ იგი იყოს  $B'$  გამოსახულების გაგრძელება.



ნახ. 6.7.1.18.

$N$  წერტილიდან  $AB$  ხაზზე მართობის დასაშვებად ეკერით ხელში თანაშემწის მითითებით უნდა გადავადგილდეთ  $AB$  ხაზზე მანამ, სანამ (თვალი არ იხილავს) მახვილი  $b$  კუთხის ახლო  $B$  სარის  $B'$  გამოსახულება არ იქნება  $N$  სარის ხილული ნაწილის გაგრძელება.

საერთოდ, ნებისმიერი სახის პრიზმიანი ეკერის ძირითადი შემოწმება მდგომარეობს იმაში, რომ მისი წახნაგები იყოს ბრტყელი და ურთიერთქმედდნენ  $45^\circ$  და  $90^\circ$  კუთხეებს. შემოწმებისათვის ეკერით  $AM$  ხაზის მიმართ  $M$  წერტილში ავმართავთ  $MN$  მართობს, შემდეგ თვით  $MN$ -ის მიმართ ავ-



ნახ. 6.7.1.19.

მართავთ იმავე  $M$  წერტილში  $MB$  მართობს (ნახ. 19). თუ  $A$ ,  $M$  და  $B$  წერტილები ერთ წრფეზე მოხვდა, ეკერი წესიერულ მდგომარეობაშია; წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი უვარჯისია, რადგანაც დამკვირვებლის მიერ ეკერის ინსტრუმენტალური შეცდომების გასწორება შეუძლებელია.

### ბ. პენტაპრიზმიანი ეპერი

ხუთწახნაგოვან პრიზმას ანუ პენტაპრიზმას (ნახ. 6.1.1.20) იყენებენ ისევე, როგორც ზემოთ განხილულ სამწახნაგა პრიზმას, ხოლო მას პირველთან შედარებით აქვს შემდეგი უპირატესობა: აქვს მეტი მხედველობის არე; იძლევა მხოლოდ უძრავ და უფრო ნათელ გამოსახულებას, რადგანაც სხივების მცირე დაცემის კუთხეების წყალობით სინათლე ნაკლებად იკარგება;

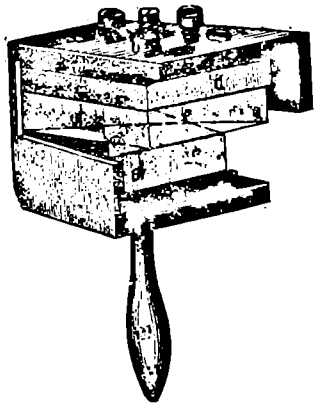
მართი კუთხის  $M$  წვერო, რომელსაც პენტაპრიზმით ვიღებთ, მდებარეობს პრიზმის შიგ, რაც საშუალებას გვაძლევს შევეული შედარებით ადვილად დავცენტროთ  $M$  წერტილში. ზოგ შემთხვევაში პენტაპრიზმის ქვედა და ზედა წახნაგს აქვს საარკისებრი საფარი, რაც დახრილად დამიზნების საშუალებას იძლევა. ასეთ ეპერს იყენებენ უსწორმასწორო ადგილებში მუშაობის დროს.

### გ. ვოლასტონისპრიზმიანი ეპერი

ვოლასტონის პრიზმა (ნახ. 6.1.1.21) იმდაგვარადევა ჩასმული ჩარჩოში, როგორც სამწახნაგოვანი პრიზმა და ყოველივე, რაც იყო თქმული (ა) მუხლში ტოლფერდა მართკუთხაპრიზმიანი ეპერის შესახებ, ვრცელდება მასზე.

### დ. ოპრიზმიანი ეპერი

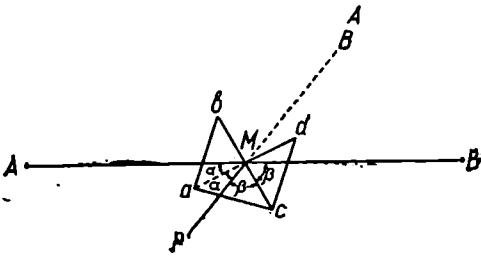
ოპრიზმიანი ეპერებს უწოდებენ აგრეთვე გასწვრივობის ეპერებს, რადგანაც ორივე პრიზმის გამოყენებით, ისევე როგორც სამსარკიანი ეპერით, შეიძლება როგორც გასწვრივობის წერტილების დანიშვნა, ისე ამ წერტილებიდან ხაზისადმი მართობების ამართვა ან ამ ხაზისადმი მის გარე წერტილიდან მართობის დაშვება. მისი საერთო მოყვანილობა ნაჩვენებია (20) ნახაზზე. ორივე სამწახნაგოვანი, პენტაპრიზმა ან ვოლასტონის, პრიზმა ერთიმეორის ზემოთ ჩამაგრებულია ლითონის ყრთ ბუდეში. თითოეული პრიზმა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც ჩვეულებრივი პრიზმული ეპერი.



ნახ. 6.7.1.20.

განვიხილოთ სამწახნაგა ტოლკათეტებიანი პრიზმებისაგან შედგენილი ოპრიზმიანი ეპერი (ნახ. 20). პრიზმები მოთავსებულია ლითონის საერთო სამოსში ერთიმეორის ზემოთ ისე, რომ მათი  $ad$  და  $bc$  წახნაგ-ჰიპოტენუზები (ნახ. 21) ურთიერთ ჰქმნიდეს მართკუთხეს. ვთქვათ, ეპერი დაყენებულია ზუსტად  $AB$  ხაზზე. პრიზმების წახნაგ-ჰიპოტენუზები წარმოდგენილი უნდა იყოს, როგორც ორი ურთიერთმართო-

ბი სარკე; ამიტომ  $P$ -დან ინსტრუმენტში მზერის დროს დავინახავთ  $A$  და  $B$  სარებზე ერთი მიმართულებით, რადგანაც  $AM$  სხივი, დაცემული  $bc$  წახნაგ-ჰიპოტენუზაზე  $\alpha$  კუთხით, აირეკლება იმავე კუთხით და მიიღებს  $MP$  მიმარ-



ნახ. 6.7.1.21.

თულებას; ასევე,  $BM$  სხივი დაცემა და აირეკლება  $ad$  წახნაგ-ჰიპოტენუზიდან ერთი და იმავე  $\beta$  კუთხით და წავა იმავე  $MP$  მიმარ-თულებით.  $Ma$  და  $Mc$  მართობები ინსტრუ-მენტის აგებულების შე-საბამისად ჰქმნის რა მართ კუთხეს, დე-წერო:

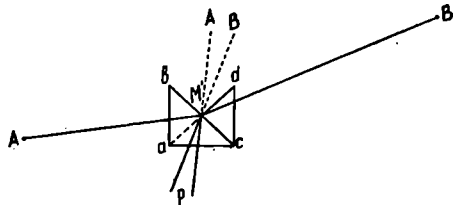
$$2\alpha + 2\beta = 180^\circ.$$

(6.7.1.1)

ლუ ეკერი  $AB$  ხაზის გარეთ არის მოქცეული (ნახ. 22). მაშინ მარცხენა  $A$  სარის გამოსახულებას დავინახავთ მარჯვენა  $B$  სარის გამოსახულებას მარცხნივ და წინაუკმოღ.

$AB$  ხაზის გასწვრივობაში  $M$  წერტილის დასანიშნავად ეკერს შეე-ულად ვაყენებთ დაახლოებით  $AB$  ხაზის გასწვრივობაში და ვიცქირე-ბით მასში, როცა მარცხენა სარის  $A$  გამოსახულება მოჩანს მარჯვენა სარის  $B$  გამოსახულების მარცხნივ (ნახ. 22), მაშინ წინ უნდა გადავწიოთ ეკერი,

ხოლო თუ მარცხენა საგნის  $A$  გამოსახულე-ბა აღმოჩნდა მარჯვენა საგნის  $B$  გამოსახულე-ბის მარჯვნივ, მაშინ ეკერს უკან გადაე-წევთ. ასეთი გადანა-ცვლებებით ადვილად მოვნახავთ  $AB$  ხაზის გასწვრივობაში  $M$  წერტილს, რომელზეც დაყენებულ ეკერში  $P$



ნახ. 6.7.1.22.

წერტილიდან გამოჩნდება  $A$  და  $B$  სარების გამოსახულება ერთ შევეულ ხაზზე.

ზემოგანხილულ (21) ნახაზე  $AM$  და  $BM$  სხივები ნაჩვენებია, თითქოს, ისინი გარდატეხას არ განიცდიან. ფაქტობრივად პრიზმებში შეს-ელა-გამოსვლას ისინი ტყდებიან, მაგრამ პრიზმების სიმციროს გამო უ-ი-იერთ სწვრივ  $ab$  და  $cd$  წახნაგ-კათეტებზე დაცემის კუთხეები ტო-ლებია და. მაშასადამე, თანატოლი იქნება გარდატეხის კუთხეებიც. მაშასა-დამე,  $AM$  და  $BM$  სხივები იქნებიან ერთ წრფეზე მდებარე, ე. ი.  $bc$  და  $ad$  წახნაგ-ჰიპოტენუზებიდან არეკვლის შემდეგ ხსენებული სხივები შევლენ და გამოვლენ პრიზმებში ერთი მიმართულებით.

განხილადი ეკერის შემოწმება შეიძლება სამნაირად: 1. წინასწარ დასა-  
რავენ სწორს, დადგებიან მასზე ეკერით და რწმუნდებიან ხაზის ბოლო წერ-  
ტილების (სარების) გამოსახულების ერთმანეთთან შეთავსებაში; 2. შედიან  
ხაზზე ორივე მხრიდან სხვადასხვა წერტილებზე და ამოწმებენ მდებარეობს  
ოუ არა ეს წერტილები მოცემულ ხაზზე. 3. სარების გამოსახულებათა შე-  
თავსების შემდეგ გადააბრუნებენ განხილად ეკერს სახელურით ზემომოქვე-  
ით და რწმუნდებიან ისევ შეთავსებული დარჩა ხსენებული გამოსახულ-  
ბები თუ არა. თუ ეს პირობები არ იქნა დაკმაყოფილებული, მაშინ პრიზ-  
მების წახნაგ-ჰიპოტენუზების ურთიერთმართობულობას მივალწვეთ შემას-  
წორებელი ხრახნებით. თანამედროვე ეკერებს შემასწორებელი ხრახნები არა  
აქვთ, რადგანაც ჰიპოტენუზების ურთიერთმართობულობას ქარხანა უზრუნ-  
ველყოფს.

### **ე. ოპტიკური მკარამის უპირატესობა და ნაკლი მართვ ჯვარედინა მკარამთან შედარებით. მკარამის სიზუსტე**

ოპტიკური ეკერების უპირატესობა მარტვ ჯვარედინა ეკერებთან შედ-  
რებით მდგომარეობს მათ ადვილსაზიდაობაში და მოხმარების სიმარჯვეში-  
ეს უპირატესობა ოპტიკური ეკერებისა მკლავნდება ხაზისადმი მართობების  
დაშვების დროს, როდესაც ამგვამვი ოპტიკური ეკერით ხელში მიიმართება  
მოცემულ ხაზზე თითქმის შეუჩერებლივ, მაშინ, როდესაც მანაზე ჩამოც-  
მული მარტივი ჯვარედინა ეკერით მუშაობის დროს მას ხშირ-ხშირად უხდება  
ხაზზე შეჩერება. შრომისნაყოფიერების თვალთახედვით ტოლი სიზუსტის  
გამო ამ ფაქტს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

განხილულ ოპტიკურ ეკერთა შორის კი უპირატესობა უნდა მიენიჭოს  
ერთპრიზმიან ეკერს, რომელიც სარკიან და ორპრიზმიან ეკერთან შედარე-  
ბით უფრო კომპაქტურია. მარტივი აგებულებისა და ერთხელ შემოწმების  
შემდეგ აღარ საჭიროებს შემოწმების გამეორებას: (მას შემასწორებელი ხრა-  
ხნები არა აქვს) მაშინ, როდესაც სარკიანი და ორპრიზმიანი ეკერი ყოველი  
მუშაობის დაწყების წინ უნდა შემოწმდეს და შესწორდეს. პრიზმას რომც  
ჰქონდეს არაზუსტი კუთხეები, გამოწვეული წახნაგების არაზუსტი გახეხვი-  
იგი არ აღემატება  $\pm 1'$ .

ოპტიკურ ხელსაწყოებს მათ უპირატესობასთან ერთად აქვთ აგრეთვე  
ფრიად მნიშვნელოვანი ნაკლიც. სახელდობრ, მათი გამოყენება შეიძლება  
მხოლოდ ვაკე ადგილებში და მოკლე მანძილებზე. უსწორმასწორო და გრძე-  
ლი ხაზების შემთხვევაში უპირატესობა ეძლევა მარტივ ჯვარედინა ეკერებს:  
პრიზმიან ყველა ეკერებს აქვთ შედარებით მცირე მხედველობის არე, რის  
გამო მათი გამოყენების დროს ხილულია მცირე სივრცეები. მაგრამ მათი გა-  
მოყენების პრაქტიკაში მაინცა და მაინც დიდი მხედველობის არე საჭირო არ  
არის, რაც საკმარისია მკაფიოდ იყოს გარკვეული სამიზნე წერტილები. სარები,  
შენობების კუთხეები და სხვა.

საერთოდ, წერტილების ეკერებით დაცენტრისათვის სჯობს გამოვიყ-  
ნოთ ხისტი შვეული.

ეკერის სიზუსტის დასადგენად მისი საშუალებით ადგილზე უნდა  
დავკვალოთ მართი კუთხე. რომელიც შემდეგ ვავზომოთ კუთხსაზომი ინს-

ტრუმენტი. უკანასკნელი განაზომი ჩავთვალოთ კუთხის  $x$  კეშმარტ ოდენობად. შეცდომა ( $\delta$ ) გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$\delta = 90^\circ - x. \quad (6.7.1.2)$$

ასეთი ღონისძიებით დადგენილია, რომ საერთოდ ეკერის საშუალებით დაკვალული კუთხის საშუალო კვადრატული შეცდომა არ აღემატება  $\pm 2',5$ . ამავე დროს დადგენილია, რომ პრიზმიანი ეკერების დამიზნების საშუალო კვადრატული შეცდომა ნაკლებია, ვიდრე საკრიანი ეკერებისა და არ აღემატება  $\pm 1-2'$ , რომელთაც ადგილის 50 მეტრზე შეესაბამება ხაზოვანი საშუალო კვადრატული შეცდომა  $\pm 2-3$  სანტიმეტრი. კიდევ უფრო ზუსტ შედეგს იძლევა პენტაპრიზმიანი ან ეოლასტონისპრიზმიანი ეკერი.

ცნობილი  $m_{\alpha}$  კუთხური და დასაშვები  $m_{\alpha}$  ხაზოვანი შეცდომის მიხედვით შეიძლება დავადგინოთ, თუ რას არ უნდა გადასცილდეს ხაზისადმი ამართული ან დაშვებული მართობის  $s$  სიგრძე, რომელსაც განვსაზღვრავთ ფორმულით:

$$s = \frac{\rho'}{m_{\alpha_{\text{ხვ}}}} \cdot m_{\alpha_{\text{ხვ}}} \quad (6.7.1.3)$$

ვთქვათ, ეკერით მართი კუთხის დაშვება-ამართვის საშუალო კვადრატული შეცდომა  $m_{\alpha_{\text{ხვ}}} = \pm 5'$ , მართობის ბოლო  $N$  წერტილის მდებარეობაში ხაზოვანი შეცდომა  $m_{\alpha_{\text{ხვ}}}$  არ უნდა გადასცილდეს 0,1 მეტრს. მაშინ

(3) ფორმულით  $s = \frac{3438'}{5'} \cdot 0,1 \approx 69$  მეტრს. მაგრამ მოთხოვნილება, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ეკერი, ზნირად არ არის დაცული. ასე რომ, ფაქტობრივად მართობის სიგრძეს ვიღებთ უფრო ნაკლებს, მაგალითად, 50 მეტრს. დასახლებულ ადგილებში მსხვილმასშტაბიან აგებმების დროს  $m_{\alpha_{\text{ხვ}}}$  არ უნდა გადასცილდეს 0,01 მეტრს, ხოლო მართობის  $s$  სიგრძე—5 მეტრს.

#### 6.7.2. საორიენტირო, თარაზული და დახრის კუთხეების განაზომი და ადგილზე ნებისმიერი ოდენობის თარაზული კუთხეების დასაკვალავი უმარტივესი ინსტრუმენტები

განხილად ჯგუფს ეკუთვნის კომპასი, ბუსოლი, ასტროლიაბი, გონიომეტრი, პანტომეტრი და ეკლიმეტრი. ამ ჯგუფს ვაკუთვნებთ დეკლინატორს, რადგანაც მისი საშუალებით დასაზღვრება მაგნიტური ისრის მიხრილობის ცვალებადობის ოდენობა.

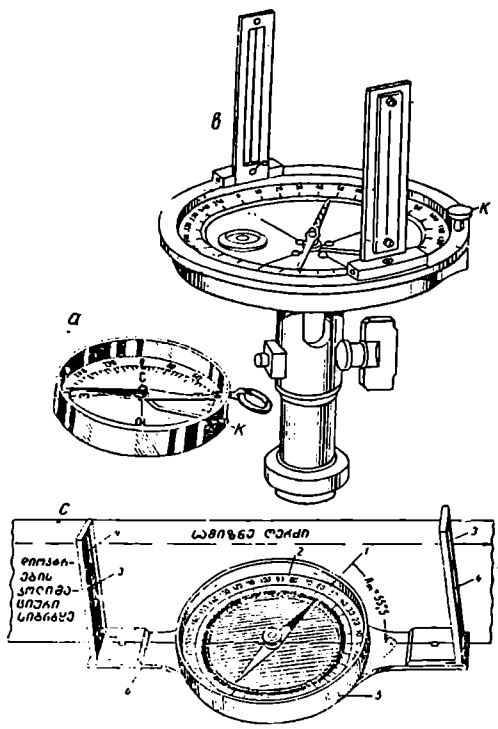
#### 4. კომპასი და ბუსოლი

მაგნიტური ისარს (2.4) თავში განხილულ თვისებათა გამოსაყენებლად აუკავსებენ ზემოდან მინით დახურულ თითბრის კოლოფში, რომელსაც უწოდებენ კომპასს ან ბუსოლს (ყიბლანს).

აღნიშნულ ხელსაწყოებს გეოდეზიაში, გეოლოგიაში, სამთო გეომეტრიაში, სამხედრო საქმეში და სხვაგან იყენებენ როგორც საორიენტირო, ასევე

მიმართულებათა და თარაზული კუთხური ოდენობების გასაზომად, როგორცაა: 1. ადგილზე პუნქტიდან პუნქტზე (წერტილზე) აზიმუტის ან რუმბის უშუალოდ გაზომვა; 2. ადგილზე კეშმარიტი მერედიანის მიმართ მაგნიტური ისრის მ მიხრილობის გაზომვა; 3. რუკებისა (გეგმების) და კუთხსაზომი ინსტრუმენტის ორიენტირება; 4. რუკაზე სასურველი მიმართულების აზიმუტის (რუმბის), დირექციული კუთხისა და მაგნიტური ისრის მიერ ღერძა მერიდიანის პარალელური ღერძის მიმართ მ<sub>0</sub> მიხრილობის გაზომვა; 5. დირექციული α კუთხისა და შესაბამის მ<sub>0</sub> მიხრილობით განსაზღვრული მაგნიტური აზიმუტით ადგილზე მიმართებების დანიშვნა; 6. ნებისმიერი მარშრუტით სვლა; 7. უშუალოდ გაზომვა სასარგებლო ნამარხის ფენის მიმართებისა და დახრის კუთხის; 8. ადგილზე ნებისმიერი პორიზონტული კუთხის დაკვლევა და სხვა.

კომპასი და ბუსოლი ძირითადად ურთიერთისაგან მხოლოდ ზომით განსხვავდება, მაგალითად, პირველის ისრის სიგრძე 2—3 სანტიმეტრია, მეორესი კი 5 სანტიმეტრიდან 15 და მეტ სანტიმეტრამდე აღწევს; ხოლო, როგორც საორიენტირო ინსტრუმენტი, ისინი ერთნაირია. კომპასს, როგორც დამოუკიდებელ ინსტრუმენტს, იყენებენ უმათერესად ორიენტირებისათვის და ზოგჯერ აზიმუტებისა და რუმბების დაახლოებითი ოდენობების გაზომვისათვისაც. ბუსოლს, როგორც დამოუკიდებელ ინსტრუმენტს, იყენებენ შემოსხნებულ იყველა ამოცანის ამოხსნისათვის, ხოლო, როგორც კუთხსაზომი ინსტრუმენტების თანხლებული ხელსაწყო, მათი საშუალებით ხდება ამ ინსტრუმენტების ორიენტირება. მაგნიტური ისრის სიგრძის მეტობის გამო ბუსოლი უფრო ზუსტია; ვიდრე კომპასი. ასე რომ, ქვემოთ მოყვანილი აღწერილობა და შემოწმებები თითქმის ერთნაირად შეეხება ორთავეს. მათი ზოგადი აღწერილობა მოკლეთ ასეთია: (იხილეთ ნებისმიერი ნახაზი). ისარი მის შუაგულში

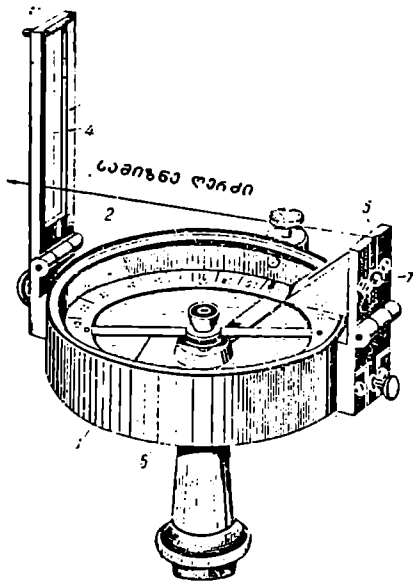


ნახ. 6.7.2.1.

ბის ორიენტირება. მაგნიტური ისრის სიგრძის მეტობის გამო ბუსოლი უფრო ზუსტია; ვიდრე კომპასი. ასე რომ, ქვემოთ მოყვანილი აღწერილობა და შემოწმებები თითქმის ერთნაირად შეეხება ორთავეს. მათი ზოგადი აღწერილობა მოკლეთ ასეთია: (იხილეთ ნებისმიერი ნახაზი). ისარი მის შუაგულში



ჩასმული თითბრის ქედით ჩამოცმულია კოლოფის ფსკერის ცენტრში შვეულად აპართული ნაწრთობი ფოლადის წვეტანაზე. ფოლადის წვეტანის მიერ თითბრის ქედის გამორღნის დასაცავად ქედის ძირში ჩაკირულია მაგარი ქვის (აქათი, ლალი) მცირე ნაქერი, გამოკვეთილი დიდი რადიუსის ბურთობელ პირეულის სახით, ხოლო თვით წვეტანის წვერო წარმოადგენს ფრიად მცირე რადიუსის ბურთობულ პირეულს; ამ ღონისძიებით აცილებულია როგორც ქვის გამორღნა, ასევე წვეტანის მოჩლუნგება, რადგანაც ორივე ბურთობულ პირეულები ეხება ერთმანეთს მხოლოდ ერთ წერტილში. როცა კომპასს (ბუსოლს) არ ვიყენებთ (პუნქტიდან პუნქტზე გადატანა, შენახვა) ზემოხსენებულ თანხებულ პირეულთა დაზიანებისაგან უზრუნველსაყოფად, ისარს

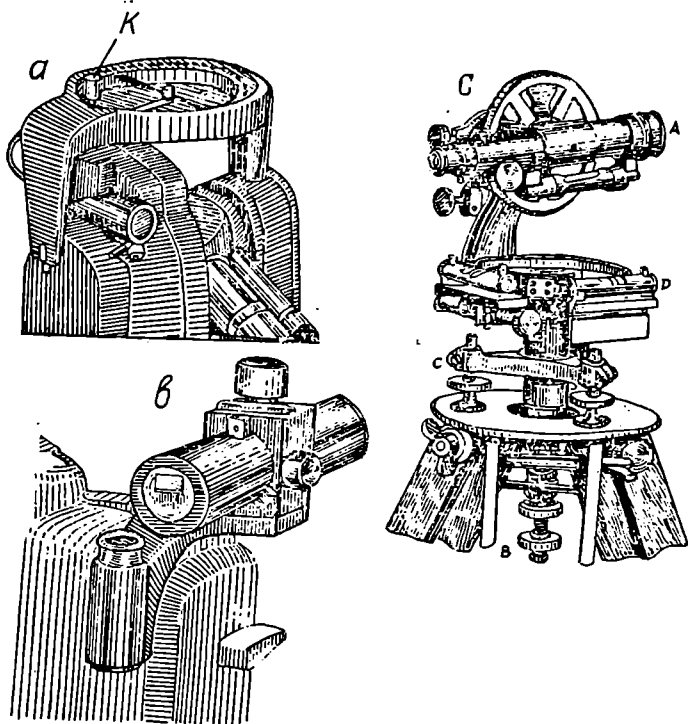


ნახ. 6.7.2.2

განაშორებენ წვეტანას და მიაბჯენენ მინის სახურავს *K* ბერკეტის (ნახ. 1<sup>ა</sup>) ან ბერკეტზე *K* ხრახნის დაჭირებით და ან მბრუნავი სახურავის (ნახ. 1 და 5) საშუალებით. ისარს ბუნებრივი მაგნიტისაგან არ ამზადებენ, რადგანაც მასში საერთოდ მაგნიტიზმი სუსტია და არათანაბრად არის განაწილებული. ქარხნული წესით ისრის დამზადებისათვის ფოლადის დაშტამპულ ფურცლებს ათავსებენ წვრილი გამოლოებული მავთულით შემოვრავნილ კოქში, რომელშიც უშვებენ ძლიერ გალვანურ ღენს. უფრო დიდი ნარჩენი მაგნიტიზმითა და მაგნიტური ძალის შენარჩუნებით ხასიათდება ვოლფრამის ან ქრომიანი ფოლადი, რომელსაც იყენებენ თანამედროვე გამგნე ინსტრუმენტებში. კომპასის ფსკერზე აღნიშნულია ქვეყნის მხარეები ლათინურად *N* (Nord), *S* (Sud), *O* (Ost),

*W* (West) ან რუსულად *С* (Север), *Ю* (Юг), *В* (Восток), *З* (Запад). თანამედროვე ბუსოლებს ასეთი წარწერები თითქმის არ აქვთ. აგრეთვე ისრის ზემოპირის სიბრტყეში მოწყობილია ვერცხლით დაფერილი ვიწრო ბრტყელი რგოლი — ლიმბი. ბუსოლებში ეს რგოლი დაყოფილია გრადუსებად და ნახევარგრადუსებად, ხოლო კომპასებში უფრო დიდ კუთხურ დანაყოფებად, რომელთა საშუალებით დაახლოებით შეგვეძლება ადგილზე მაგნიტური აზიმუტებისა და რუმბების გაზომვა. კომპასის ისარი და წარწერებიანი რგოლი (ლიმბი) ზოგჯერ იფარება ისეთი ნივთიერებით, რომელიც სიმკვლეში ანათებს. ასეთი კომპასით ღამეც შეიძლება მუშაობა. საერთოდ, ისრის ჩრდილო მხარე მოსვეადებულია ან შედებულია შავად, ან ლურჯად, ხოლო სამხრეთი დია (ნათელი) ფერისაა.

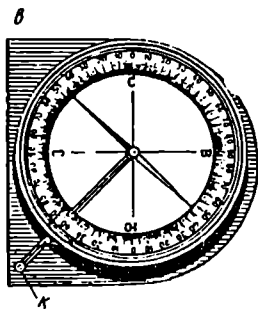
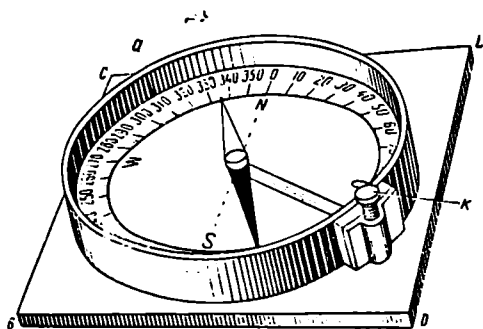
როგორც ქვეყნის მხარეების დადგენა, აგრეთვე მაგნიტური აზიმუტები-  
 სა და რუმბების გაზომვები ხდება ისრისა და რგოლზე დანაყოფების გამოყე-  
 ნებით. საერთოდ, ნებისმიერ გამგნე ინსტრუმენტის რგოლზე დანაყოფების  
 წარწერებია აზიმუტური ან რუმბული. აზიმუტური წარწერებია  $0^{\circ}$  —  
 $360^{\circ}$ -მდე. ნულოვანი დიამეტრის ნული ყოველთვის მიმართულია საგნის  
 დიოპტრისაკენ,  $180^{\circ}$  კი თვალის დიოპტრისაკენ. ზრდადი წარწერები შეიძლე-  
 ბა იყოს საათის ისრის მოძრაობის შესაბამისად (მარჯვნივსაკენ) (ნახ. 1<sup>ა</sup>, 1<sup>ბ</sup>,  
 4<sup>ა</sup>) ან მის საწინააღმდეგოდ (მარცხნივსაკენ) (ნახ. 1<sup>ა</sup>, 6<sup>ა</sup>). რუმბული წარწერები



ნახ. 6.7.2.3.

კი ნულოვანი დიამეტრის ბოლოებში ორივე ნულიდან, როგორც მარჯვნივსა-  
 კენ ისე მარცხნივსაკენ, იზრდება  $90^{\circ}$ -მდე (ნახ. 4<sup>ბ</sup>). ბუსოლებს ხელით დასაქე-  
 რად ქვემოდან აქვთ სახელურები ან ეს სახელურები არის ღრმული, რომლი-  
 თაც მათ ჩამოაცობენ შტატივზე (ნახ. 1<sup>ბ</sup>, 1<sup>ა</sup>), აგრეთვე მათზე ხისტად არის  
 მიმაგრებული დიოპტრები. როგორც აღენიშნეთ, აზიმუტურ დანაყოფების  
 ღროს ნულისაკენ არის საგნის დიოპტრი და  $180^{\circ}$ -საკენ — თვალისა, რუმბულ  
 დანაყოფებში *N*-კენ საგნის, ხოლო *S*-კენ — თვალის დიოპტრი; ან როგორც  
 15. ნ. თეზაძე

ვთქვით, საერთოდ, შეიძლება ქვეყნის მხარეები არ იყოს მათზე წარწერილი. ასეთია ზოგადი აღწერილობა კომპასებისა და ბუსოლების.



ნახ. 6.7.2 4.

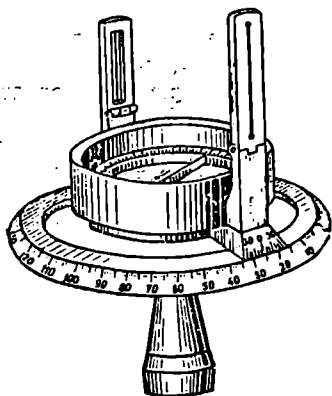
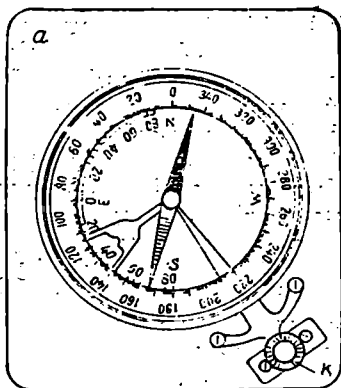
გეოდეზიაში ბუსოლებს ჰყოფენ ორ ჯგუფად. პირველ ჯგუფში შედის ბუსოლები სრული წრედით და მეორეში — არასრული წრედით. პირველი ჯგუფის ბუსოლებია დამოუკიდებელი ინსტრუმენტები: დიოპტრებით (ნახ. 1<sup>ა</sup>, 1<sup>ბ</sup>), ხელის ან შტატივზე დასაყენებელი; შმალკალდერის (ნახ. 2); შტატივზე დასაყენებელი სტეფანის (ნახ. 5) და რუკებზე სამუშაო და ორიენტირებისათვის (ნახ. 4<sup>ა</sup>, 4<sup>ბ</sup>); კომპასი (ნახ. 1<sup>გ</sup>); სამთო კომპასი (ნახ. 6<sup>ა</sup>, 6<sup>ბ</sup>); ამავთუ ჯგუფში შედის კუთხსაზომ ინსტრუმენტებზე დასაყენებელი ბუსოლი (ნახ. 3<sup>ა</sup>) და ჰოგრიანი ბუსოლი (ნახ. 3<sup>ბ</sup>). მეორე ჯგუფის ბუსოლებია რუკებისა და პლანშეტებისათვის მხოლოდ საორიენტრო და მიზრილობის კუთხის გასაზომი კერის (ნახ. 4<sup>გ</sup>) და ინსტრუმენტებზე დასაყენებელი მილისებრი (ნახ. 3<sup>გ</sup>).

### ანათვლების აღების წესი

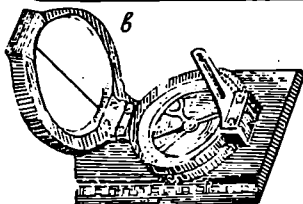
ნებისმიერი სახის ბუსოლის (კომპასის) გამოყენების დროს საჭიროა სადგარზე (ან რუკაზე, პლანშეტზე) მათი დაყენება თარაზულად. ამიტომ სასურველია ბუსოლს ჰქონდეს თარაზო (ნახ. 1<sup>ა</sup>, 3<sup>ა</sup>) ან პლანშეტი და რუკა დაყენებულ იყოს თარაზულად. ვათავისუფლებთ ისარს და შემდეგ შევებარუნებთ ბუსოლს ისე, რომ დიოპტრებით ან 180°—0° დიამეტრით მოვახდინოთ დამიზნება სასურველ წერტილზე. ცხადია, ამ დროს ისარი რჩება NS მიმართებაზე; როცა ისარი დამშვიდდება, ანუ იგი მიიღებს უძრავ მდგომარეობას, ვიღებთ ანათვლებს (აზიმუტური დანაყოფების შემთხვევაში) როგორც ჩრდილო,

ისე სამხრეთ ბოლოთი (ამ უკანასკნელს ვაკლებთ  $180^\circ$ ). საბოლოო ანათვალის იქნება მათი საშუალო (იხ. მე-2 ფორმულა).

პირველი ფგუფის, ანუ სრულწრიანი, ბუსოლის გამოყენების დროს, როცა აზიმუტური წარწერები იზრდება საათის ისრის მოძრაობის შესაბამისად (ნახ. 1<sup>ა</sup>, 1<sup>ბ</sup>, 4<sup>ა</sup>), მაგნიტური  $A$  აზიმუტის განსაზღვრისათვის  $360^\circ$ -ს უნდა გამოაკლდეს ზემოხსენებული საშუალო ანათვალის, რომელსაც ვუწოდებთ ისრის ჩრდილო ბოლოს შესაბამის ანათვალს. მაგალითად: (1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით  $A = 360^\circ - 280^\circ = 80^\circ$ ; (1<sup>ბ</sup>) ნახაზის მიხედვით  $A = 360^\circ - 47^\circ = 313^\circ$ ; (4<sup>ა</sup>) ნახაზზე ჩრდილო პოლუსით ანათვალისა  $175^\circ$ , მაშასადამე,  $A = 360^\circ - 175^\circ = 185^\circ$ . იმ შემთხვევაში, როცა



ნახ. 6.7.2.5.



ნახ. 6.7.2.6.

აზიმუტური დანაყოფები ნულიდან საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ იზრდება, აზიმუტი იქნება ზემოხსენებული საშუალო, ანუ ისრის ჩრდილო ბოლოთი ანათვალის. მაგალითად, (1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით  $A = 55^\circ, 5$ ; ხოლო (6<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით  $A = 346^\circ$ .

რუმბული დანაყოფების შემთხვევაში წერტილზე დამიზნების შემდეგ უნდა შევესრულოთ ორი ძირითადი მოქმედება. პირველად უნდა დავადგინოთ, თუ რომელ კვადრანტშია პუნქტიდან წერტილზე მიმართება და შემდეგ ავიღოთ ისრის ორივე ბოლოს შესაბამისი ანათვალის საშუალო. უნდა გვახსოვდეს, რომ კვადრანტის სახელწოდება დამოკიდებულია იმაზე, თუ ისრის რომელ ბოლოსთან არის ახლო და საითაა მისგან გადახრილი დამიზნების  $0-0$  დიამეტრის საგნისაკენ მიმართული მხარე, ანუ საგნის დიოპტრი. მაგალითად, (4<sup>ბ</sup>) ნახაზის მიხედვით, თუ საგნისკენ მიმართულად  $0-0$  დიამეტრის ზემო მხარეს ჩავთვლით, კვადრანტის სახელწოდება იქნება  $NO$ , რადგანაც ეს მხარე ახლოა ისრის ჩრდილო მხარესთან და გადახრილია აღმოსავლეთისაკენ.

მართლაც, თუ ჩვენ  $B(0)$  და  $W(3)$  წარწერებს ურთიერთგადავადგილებით, ისრის ჩრდილო ბოლო მოექცევა  $NO$  წარწერას შორის (უმრავლეს შემთხვევაში რუმბული დანაყოფების დროს შეცვლილია  $O$  აღმოსავლეთისა და  $W$  დასავლეთის წარწერა). საერთოდ, თუ ზემომოყვანილ წესს დავიცავთ, ბუსოლზე ქვეყნის მხარეების წარწერა საჭირო არ არის. თვით რუმბის კუთხურა ის ოდენობა კი იქნება ისრის ჩრდილო და სამხრეთი ბოლოს შესაბამისი ანათვალის საშუალო. მაგალითად, ( $4^{\circ}$ ) ნახაზის მიხედვით  $r=47^{\circ}$ , ე. ი. რუმბი იქნება  $NO:47^{\circ}$ , ანუ ცხრილური კუთხე (დირექტიული რუმბი)  $r_1=47^{\circ}$ .

კომპასის საშუალებით აზიმუტებისა და რუმბების გაზომვების დროს ხშირად მის ნულოვან დიამეტრს წერტილზე დამიზნების ნაცვლად ამთხვევენ ისრის გეომეტრიულ ღერძს და აჩერებენ უძრავად კოლოფს, რომელზეც ადებენ სახაზავს და უმიზნებენ წერტილს, შემდეგ იღებენ ანათვალს სახაზავის შესაბამისად. ცხადია, აქ აზიმუტურ დანაყოფებში ზემოხსენებული წესის საწინააღმდეგოდ იქნება განსაზღვრული ანათვლები, ხოლო რუმბული დანაყოფების დროს წესი იგივეა.

ორიგინალურია ხელის ან შტატივზე დასაყენებელი შ მა ლ კ ა ლ დ ე რ ი ს ა (ნახ. 2) და ს ტ ე ფ ა ნ ი ს შტატივზე დასაყენებელი ბუსოლები (ნახ. 5).

შ მა ლ კ ა ლ დ ე რ ი ს ბუსოლის ისარზე 1 მიმაგრებულია გრადუსული დანაყოფების მქონე რაც შეიძლება მჩატე თითბრის ან მუყაოს რგოლი 2, რგოლის აზიმუტური დანაყოფების ნული მოთავსებულია ისრის სამხრეთი ბოლოსაკენ და წარწერები იზრდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით  $360^{\circ}$ -მდე საფასურით  $1^{\circ}$ . კოლოფზე 6 მიმაგრებულია დიოპტრები. თვალის დიოპტრის 5 ფარლიატის ქვევით ჩასმულია მართკუთხა პრიზმა 7, რომელიც საშუალებას იძლევა წერტილზე დამიზნებულ მდგომარეობაში ავიღოთ წრედზე ანათვალი ისე, რომ თვალი არ მოვაშოროთ დიოპტრს. მაშასადამე, კოლიმაციური სიბრტყე როცა შეთავსებულია სამიზნე საგანზე, ანუ როცა მზერის სიბრტყე გადის თვალის ფარლიატში, საგნის 3 დიოპტრის 4 ძაფზე და სამიზნე საგანზე ანათვალი პრიზმით იქნება აზიმუტი. პრიზმის გამადიდებლობა არის  $10\times$ . თვალზე დაყენებისათვის თვალის დიოპტრის (პრიზმის) აწვე-დაწვევა შეიძლება ვერტიკალურად. აღნიშნული ბუსოლი გამოიყენება გარდა აზიმუტებისა და რუმბების განსაზღვრისა, როგორც უმარტივესი კუთხსაზომი ინსტრუმენტი, როცა საჭიროა ადგილის რეკოგნოსიცირება და სწრაფი გამოკვლევა.

ასეთივე დანიშნულება აქვს შტატივზე დასაყენებელ ს ტ ე ფ ა ნ ი ს (ნახ. 5) ბუსოლს. მისი გამოყენება აგრეთვე შეიძლება წვლილადების აგეგმისათვისაც. იგი არის მიმაგრებული ლიმბზე ხისტად ისე, რომ ბუსოლის ნულოვანი დიამეტრი შეთავსებულია ლიმბის  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$  დიამეტრთან. ლიმბზე დანაყოფები გრადუსული, ნულიდან ზრდადი  $360^{\circ}$ -მდე საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით. თვით ბუსოლის დანაყოფებია რუმბული ქვეყნის მხარეების წარწერის გარეშე.

შიმშა-ალიდადა დიოპტრებით მოძრაობს შვეული ღერძის გარშემო ლიმბსა და მასზე ხისტად მიმაგრებული ბუსოლს შორის დამოუკიდებლად. ამ ინსტრუმენტში ბუსოლი გამოიყენება მისი ორიენტაციისათვის. აზიმუტს ვიღებთ ზუთი მინუტის სიზუსტის მქონე ვერნიერებით, რომლებიც დაკვეცილი არიან ორივე დიოპტრის ქვემოთ შიმშა-ალიდადაზე. ინსტრუმენტის ორიენტაციისათვის სახურავის ბრუნვით გავათავისუფლებთ ისარს; თვალის დიო-

პტრის ქვეშ ვერნიერის ნულს შევეუთავებთ ლიმბის ნულს, ვაბრუნებთ ლიმბს (მაშასადამე, ბუსოლს) მანამ, სანამ ლიმბის  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$  დიამეტრი არ შეუთავსდება ისრის გეომეტრიულ ღერძს ისე, რომ საგნის დიოპტრი მიმართული იყოს მისი ჩრდილო მხრისაკენ: ე. ი. კოლიმაციური სიბრტყე, გამავალი ლიმბის  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$  დიამეტრზე, იქნება მაგნიტური მერიდიანის სიბრტყის გასწვრივობაში, რასაც ინსტრუმენტის ორიენტირება ეწოდება. შემდეგ დავტოვებთ რა ლიმბს უძრავად, ვაბრუნებთ შიშვა-ალიდადს და ვუმიზნებთ საჭირო წერტილს. თვალის დიოპტრის ქვეშ ვერნიერით ანათვლისა და მერაჟე ვერნიერით ანათვალს მინუს  $180^{\circ}$ -ის საშუალო იქნება აზიმუტი. ცხადია, მიღებული აზიმუტი უფრო ზუსტი იქნება, ვიდრე ისრით ათვლილი. (5) ნახაზის მიხედვით აზიმუტი  $A=25^{\circ}$ .

სტეფანის ბუსოლის ანუ ინსტრუმენტის საორიენტირო დანიშნულებას ასრულებს კუთხსაზომ იარაღზე დასაყენებელი წრიული (ნახ. 3<sup>ა</sup>), მილისებრი (3<sup>ბ</sup>) და ჭოგრიანი (3<sup>გ</sup>) ბუსოლი.

რუკებისა და პლანშეტების ორიენტირებისა და მიხრილობის კუთხის განსაზღვრისათვის იყენებენ არა სრულ წრიულ, არამედ კერნის (ნახ. 4<sup>ა</sup>) ბუსოლს. მის ორივე ბოლოში დიამეტრის ორივე მხარეში არის გრადუსიანი ან ნახევარგრადუსიანი დანაყოფები  $10$ — $12^{\circ}$  და პეტეც. მაგალითად, რუკის ორიენტირება, ანუ რუკაზე ნებისმიერი მიმართების ადგილზე მისი შესაბამისი მიმართებისადმი შეთავსება, ხდება ორიენტირ-ბუსოლის ერთ-ერთი გრძელი გვერდის მერედიანისადმი მიმხრობით (მიჯრით დაყენებით) ისე, რომ ისრის ჩრდილო ბოლო იყოს რუკის (პლანშეტის) ჩრდილო მხარისაკენ. შემდეგ უნდა ვაბრუნოთ რუკა (პლანშეტი) მანამ, სანამ ისრის ჩრდილო ბოლოთი არ ამოვიკითხავთ რუკაზე მიწერილ (საერთოდ ამ ადგილისათვის ცნობილ) მ მიხრილობას ან ბუსოლს მივადებთ კილომეტრულ ხაზს და რუკის (პლანშეტის) ბრუნვით ავითვლით მ, მიხრილობას. ამით რუკას (გეგმას) ექნება ქვეყნის მხარეების შესაბამისი მდებარეობა. წრიული ორიენტირ-ბუსოლით (ნახ. 4<sup>ა</sup>), გარდა ორიენტაციისა, შეიძლება რუკასა და გეგმაზე განესაზღვროთ მაგნიტური აზიმუტები და დირექციული კუთხეები. ამისათვის ჯერ ორიენტირებას გაუკეთებთ რუკას და შემდეგ ბუსოლის წიბოს მიემართავთ სასურველი წერტილისაკენ, ანათვალი ისრის ჩრდილო ბოლოში იქნება მაგნიტური აზიმუტი.

სამთო კომპასი (ნახ. 6<sup>ა</sup>, 6<sup>ბ</sup>) ბუსოლისაგან განსხვავდება იმით, რომ მათში დამატებით მოწყობილია ხაზების დახრის კუთხეების გასაზომი მოწყობილობა, რომელსაც ეკლიმეტრს ან კლინომეტრს უწოდებენ. ეს მოწყობილობა წარმოადგენს თხელ ფირფიტას, რომელიც ერთი ბოლოთი ჩამოკმულია და თავისუფლად მოძრაობს ისრის წვეტანაზე, მეორე ბოლოზე კი არის ინდექსი დანაყოფების ასათვლელად; კოლოფის ფუძეზეა საგანგებო ნახევარი წრე, რომელზეც დაკევისილია (დამტრინხულია)  $2^{\circ}$ — $5^{\circ}$  დანაყოფები. ამ დანაყოფების ნულსიდან ორივე მხარეზე იზრდება წარწერები  $90^{\circ}$ -მდე. ზემოხსენებული ფირფიტა გამოიყენება როგორც შვეული, რომლის საშუალებითაც იზომება ვერტიკალურ სიბრტყესთან შეთავსებული კომპასის გრძელი გვერდის პარალელური ხაზების დახრის კუთხეები. თანამედროვე სამთო კომპასებში დამატებით მოწყობილია დიოპტრები, არის კომპასები რომელთა თვალის დიოპტრის მაგივრობას ეწევა სარკე შუაში წმინდა ხაზით (ნახ. 6<sup>ბ</sup>). ასეთი კომპასით წერტილზე დამიზნება ხდება გულის ახლოს მისი დაჭერით და სარკეში ცქერით. როცა სარკეში გამოჩნდება საგნის დიოპტრის ძაფთან შეთავ-

სებული საგანი, იმ დროს ანათვალი ისრის ჩრდილო ბოლოთი (ზემოთ აღწერილი წესით აზიმუტური თუ რუმბული დანაყოფების შესაბამისად) იქნება აზიმუტი ან რუმბი პუნქტიდან საგანზე მიმართებისა.

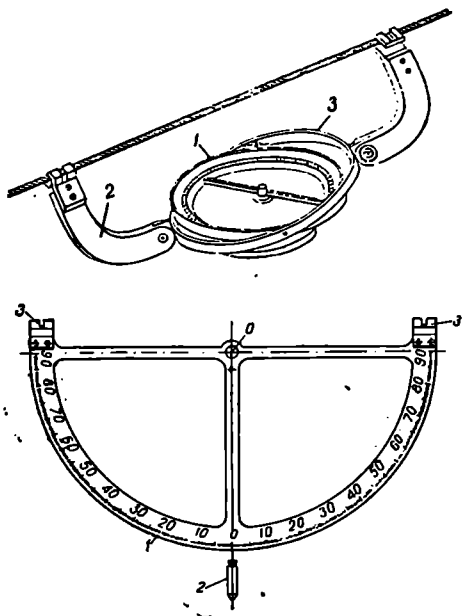
სამთო კომპასით ფენის მიმართების და დახრის კუთხის გაზომვისათვის საჭიროა ფენის ნაწილი იყოს ბუნებრივად ან ხელოვნურად გაშიშვლებული. ბუნებრივი გაშიშვლებები გვხვდება ფიზიკურ ზედაპირზე ფენის გამოსვლის ადგილას; ხოლო ხელოვნური — სადაზვერვო თხრილებში, შურებში, მოსაშხადებელ და გამწმენდ სამთო გამოჩამუშევრებში; განხილადი კომპასით ფენის მიმართება და დახრის კუთხე იზომება შემდეგნაირად: ფენის გაწმენდილ გვერდზე უნდა მოენახოთ ფენის მიმართების ანუ თარაზული ხაზი, რისთვისაც კომპასს გრძელი გვერდით დაეყენებთ ფენაზე და ვაბრუნებთ მანამ, სანამ ეკლიმეტრის (კლინომეტრს) შვეულის ინდექსი არ შუთავსდება ნახევარ წრედის 0°-ს. ცხადია, ხსენებული გრძელი გვერდის შესაბამისი ხაზი იქნება ფენის მიმართების ხაზი. როგორც ცნობილია, ამ ხაზის დადებით მიმართულებად ითვლება მიმართება ფენის ვარდნის მიმართების მარცხნივ ანუ ჩვენგან მარცხნივ, როცა ფენაზე თავს წარმოვიდგენთ სახით დაღმართისაკენ. ამ ხაზზე მივადებთ თარაზულად კომპასს მისი გრძელი გვერდით ისე, რომ საგნის დიოპტრი იყოს დადებითი მიმართებისაკენ. ამ დროს გავათავისუფლებთ ისარს და მისი „დამშვიდების“ შემდეგ ავიღებთ ისრით ანათვალს ცნობილი წესით, რის შედეგად მივიღებთ ფენის მიმართების ხაზის აზიმუტს ან რუმბს. ფენის დახრის კუთხის გაზომვისათვის საჭიროა მოინახოს მისი უდიდესი ვარდნილობის ხაზი ანუ მიმართების ხაზის მართობული მიმართულება. ფენაზე ამ ხაზის მოძებნისათვის მისი დაღმართის გასწვრივ გრძელ გვერდზე დაეყენებთ კომპასს ვერტიკალურად და გამოძრავებთ მას მანამ, სანამ ფირფიტის ინდექსი არ დადგება ნახევარწრედის მაქსიმალურ ანათვალზე. ეს უკანასკნელი იქნება ფენის დახრის კუთხე. საერთოდ, როგორც მიმართების, ისე დახრის კუთხეს ზომავენ მინიმუმ ორ-ორჯერ და საზღვრავენ საშუალოებს. ხელშემწყობ პირობებში გამოცდილი პირის მიერ შემოსხენებული კუთხეების გაზომვა სამთო კომპასით ხდება 2°—2°,5 სიზუსტით. ასეთი გზით აწარმოებენ ორივე კუთხის გაზომვას მთელი ფენის ყველა გაშიშვლებაზე, როცა არა გვაქვს უფრო ზუსტად მათი განსაზღვრის საშუალება.

ცნობილი აზიმუტებით და ღერძა მერიდიანის პარალელური ღერძისადმი მაგნიტური ისრის მიხრილობით განისაზღვრება α დირექციული კუთხეები, რითაც საშუალება გვექნება შევადგინოთ გაუსის ბრტყელ მართკუთხა კორდინატებში ფენის გეგმა.

ფენის მიმართებისა და დახრის კუთხის გაზომვა უფრო ზუსტად ხდება კიდული კომპასით (ნახ. 7<sup>ა</sup>) და კიდული ნახევარწრით (ნახ. 7<sup>ბ</sup>). პირველით, რომელსაც ხშირად კიდულ ბუსოლსაც უწოდებენ, იზომება ფენის მიმართების კუთხე (აზიმუტი), ხოლო მეორეთი — დახრის კუთხე.

შემოგანხილული ბუსოლებისაგან განხილადი ბუსოლი 1 განსხვავდება იმით, რომ მას მოწყობილი აქვს დასაკიდებელი მოწყობილობა. აზიმუტების ათვლა ხდება ისრის წვეროს საშუალებით ცნობილი წესით. მისი სიზუსტეა დაახლოებით ±30'. დასაკიდებელი ხელსაწყო წარმოადგენს რგოლს 3, რომელშიც პოპოკიეებზე თავისუფლად მოძრაობს ბუსოლის კოლოფი, აგრეთვე ამ რგოლზე მიმაგრებულია ორი კავი 2 ზონარზე ინსტრუმენტის ჩამოსაკიდებლად.

კრძელი ნახევარწრე (ნახ. 7b) ანალოგიურია ზემოაღწერილი ეკლიმეტრისა. იგი წარმოადგენს თითბრის ან ალუმინის მჩატე ნახევარ წრედს ორი კავით 3, რომლებიც მოწყობილია მისი დიამეტრის ბოლოებში. დიამეტრის ცენტრში ჩამოკიდებულია შვეული 2, ხოლო მისი მართობის გასწვრივ ნახევარ წრედზე წარწერილია  $0^\circ$ , საიდანაც ორივე მხარეზეა წარწერილი ნახევარგრადუსული დანაყოფები  $90^\circ$ -მდე. შვეულით ხდება ანათვლების აღება ნახევარ წრედზე. მისი სიზუსტეა დაახლოებით  $\pm 15'$ . ცხადია, რომ უშეცდომოდ დამზადებულ კიდულ ნახევარ წრედზე, როცა ხსენებული დიამეტრი თარაზულადაა ანუ, როცა იგი ჩამოკიდებულია თარაზულ ზონარზე, ანათვალი იქნება 0 (იხ. 6.7.2 პარაგრაფის E მუხლი — ეკლიმეტრი).



ნახ. 6.7.2.7.

განხილავი ხელსაწყოების გამოყენება სრულიად ანალოგიურია სამთო კომპასისა, აქ მხოლოდ კომპასის გრძელი გვერდი შეცვლილია ზონარით, რომელიც დაიჭიმება ფენის მიმართების ხაზის პარალელურად და მართობულად.

## B. გუნდის შემოწმება

ბუსოლებისადმი მოითხოვება საერთო და დამატებითი პირობები. პირველს უნდა აკმაყოფილებდეს ნებისმიერი ბუსოლი, ხოლო დამატებითი პირობები ბუსოლის კონსტრუქციის შესაბამისად უნდა იქნეს დაცული.

### ა. ხაერთო პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ნებისმიერი ბუსოლი

1. რგოლის დანაყოფები უნდა იყოს სწორი. ამ პირობას ქარხნები უზრუნველყოფს, რადგანაც ბუსოლის დანაყოფებს ატარებენ თანამედროვე ზუსტი დამყოფი მანქანებით. დანაყოფების სისწორის შესამოწმებლად შეიძლება ისინი დაეშვით ლუპით ან მიკროფარგლის  $5^\circ$ — $10^\circ$  ლაჯით შევამოწმოთ რკალების შესაბამისობა;

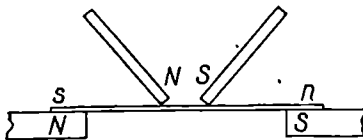


2. კოლოფი არ უნდა შეიცავდეს რკინეულს. თუ ეს პირობა დაკუთვნილი არ არის და კოლოფი შეიცავს რკინას, ნიკელს, კობალტს და სხვა მექანიკური შენარევის ან ქიმიური შენარევის სახით, მაშინ ისარი ვერ მიიღებს მაგნიტური მერიდიანის მიმართულებას. წვეტანა, რომელიც ჩახრახნილია კოლოფის ძირში, ისრის ცენტრის ქვეშ არ მოახდენს გავლენას ისარზე.

შემოწმების მიზნით კოლოფიდან ამოიღებენ სახურავ მინასი და ისარს, წვეტანას ამოხრახნიან; ისარს ჩამოაცობენ მაგიდაზე და რკობილ ნემსის წვერზე ან ჩამოჰკიდებენ ცენტრით შევულზე და კოლოფს მიუახლოებენ მას სხვადასხვა გვერდით. თუ ისარმა დაიწყო მოძრაობა კოლოფისაკენ, დავასკვნით, რომ კოლოფი შეიცავს ლითონს და იგი არ გამოიყენება; გარდა აღნიშნულისა, ბუსოლის გამოყენების დროს ბაფთა, ჩხირები, ნაჯახი და სხვა რკინეული ბუსოლიდან შორს უნდა ვიქონიოთ. დასახლებულ ადგილებში ბუსოლით მუშაობა არ შეიძლება. ასევე დიდ გავლენას ახდენს ბუსოლზე სამთო გამოწამლვებები. მეორე შემოწმება საჭიროა ბუსოლის შექმნის დროს.

3. ისარი უნდა იყოს წონასწორობაში. როგორც ცნობილია, ჩრდილოეთით გადაადგილებისას ისრის ჩრდილო ბოლო იწევს დედამიწისაკენ, ხოლო სამხრეთით გადაადგილებისას საწინააღმდეგო მოვლენას აქვს ადგილი. აგრეთვე ერთი და იმავე ადგილას ისარი დროთა ვითარებაში ჰქარავს მაგნიტურ ძალას და იგი თარაზულად აღარ დგას. დახრილობის ამ მოვლენის მოსასპობად ბუსოლს მოათავსებენ თარაზოთი ჰორიზონტულად დაყენებულ დაფაზე და თუ იგი დახრილია, მოჰყავთ ისარი თარაზულ მდგომარეობაში მის აწეულ მხარეზე ცვილის ან ლუქის წაწებებით; თანამედროვე ისრებს გააჩნია საპირწონე ფირფიტები (გასართი ჩარჩიკები).

4. მაგნიტური ისარი უნდა იყოს მგრძობიარე. ისარი მგრძობიარეა, თუ ის წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ სწრაფად უბრუნდება პირვანდელ მდგომარეობას. შესამოწმებლად თარაზულად დაყენებული ბუსოლის ერთ-ერთი ბოლოთი ვიღებთ ანათვალს რგოლზე. შემდეგ რკინეულის მიახლოებით ისარს გამოიყვანენ უძრაობის მდგომარეობიდან და რკინეულის მოშორების შემდეგ თუ ისარი სწრაფად დადგა იმავე ანათვალზე, მოთხოვნილი პირობა დაკუთვნილია ჩაითვლება. ასეთ შემოწმებას იმეორებენ ისრის სხვადასხვა მხარეზე სხვადასხვა კუთხით გადაწვეით. დაკვირვებით შეიძლება დავადგინოთ, რომ ისარი წყვეტილად უბრუნდება თავის ძველ ანათვალს ან მდოვრედ, მაგრამ ძლიერ ნელა. ამის მიზეზი შეიძლება

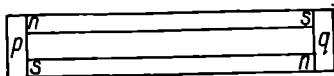


ნახ. 6.7.2.8.

იყოს: ისრის სუსტი (ნაკლები) დამაგნიტება, წვეტანის არაზუსტი გაწვეტებულობა ან ისრის ქუდის ქვის (აქათის) არასათანადო გამოხვეწილობა. ისრის დამაგნიტებისათვის მას თარაზულად ათავსებენ მაგნიტებზე ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია (8) ნახაზზე, და მისი შუაგულიდან მახვილი კუთხით დახრით ქვედა

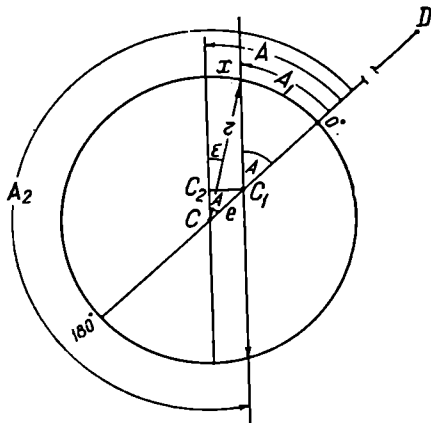
ორი მაგნიტის პოლუსებისაკენ ჰკლდინავენ ყოველ ჯერზე მაგნიტის აწევით და ისევე შუადან გლინვით რამდენიმეჯერ; იმავე მოქმედებებს იმეორებენ ისრის მეორე მხარის მიმართ მისი გადაბრუნების შემდეგ (მაგნიტების პოლუსების დაწყობა ისრის მიმართ ნათელია ნახაზიდან). ამგვარად დამაგნიტებულ

ისარს ათავსებენ კოლოფში წვეტანაზე და ამოწმებენ. თუ წონასწორობიდან გამოყვანილი ისარი სხვადასხვა ანათვლებზე ჩერდება, ე. ი. წყვეტილად მუშაობს, ამოიღებენ ისარს და წვეტანას შეძლებისდაგვარად გაასწორებენ, ანუ მისცემენ უარესად მცირე რადიუსის სიმრუდეს, აგრეთვე აქათსაც გამოასუფთავენ და მტერისაგან გაწმენდენ. შემდეგი შემოწმებით თუ მიზანს ვერ მიაღწევენ, ასეთ შემთხვევაში ქუდის გამოხვეწილობა მოითხოვს შეკეთებას და უნდა მიემართოს სახელოსნოს.



ნახ. 6.7.2.9.

დროთა ვითარებაში ისარის მაგნიტური ძალა სუსტდება და ზოგჯერ ქარიშხლისა და სხვა ბიძგების დროს სრულიად ჰქრება, ამიტომ ბუსოლით შორეულ ადგილებში მუშაობის დროს საჭიროა თან ექიპონოთ რაჰდენიმე ხელოვნური მაგნიტი ისარის დასამაგნიტებლად. ამ მაგნიტებს ინახავენ მაგნიტის მაღაზიებში, რომლებშიც ეს მაგნიტები ჩაწყობილია ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია (9) ნახაზზე; აქ მაგნიტების ბოლოებზე მიდებულია რბილი რკინის  $p$  და  $q$  ნაკრები, რომელთაც ღუზები ეწოდებათ; წინააღმდეგ შემთხვევაში მაგნიტები დაქარაგავს მაგნიტურ თვისებას.



ნახ. 6.7.2 10.

5. ისარს არ უნდა ჰქონდეს ექსცენტრობა. ისარს აქვს ექსცენტრისიტეტი, როცა წვეტანა არ არის დასმული გრადუსული რგოლის ცენტრში, ანუ წვეტანის ცენტრი არ იქნება შეთავსებული ამ რგოლის ცენტრთან. გრაფიკულად  $e$  ექსცენტრისიტეტი იქნება მანძილი ისარის  $C_1$  და  $C$  ცენტრებს შორის (ნახ. 10).

ამ შემთხვევაში ისარის ჩრდილო და სამხრეთ ბოლოთი ანათვლები ( $180^\circ$ -ის უკულებელყოფით) ურთი-

ერთგანსხვავებული ოდენობების იქნება. ეს განსხვავება სხვადასხვა იქნება აზიმუტის ან რუმბის სხვადასხვა ოდენობის დროს. მაშასადამე,  $e$  ექსცენტრისიტეტი ბუსოლში მუდმივია, ხოლო მისი გავლენა ცვლადი. მართლაც, ნახაზიდან:

$$x = C_1, C_2 = \frac{e''}{r} \cdot r = e \sin A, \tag{6.7.2.1}$$

ე. ი.

$$e'' = \frac{e}{r} \cdot p'' \sin A,$$

სადაც  $\epsilon$  არის ექსცენტრისიტეტი;  
 $r$  — რგოლის რადიუსი;  
 $A$  —  $CD$  მიმართების მაგნიტური აზიმუტი;  
 $\rho'' = 206265''$  — რადიანი.

როგორც ნახაზიდან და (1) ფორმულიდან ჩანს,  $\epsilon$  ექსცენტრობით გამოწვეული ანათვალში  $x$  შეცდომის ოდენობა ცვალებადია მიმართების  $A$  აზიმუტის ცვლის მიხედვით. ასე რომ, ყოველ კერძო შემთხვევაში მისი ოდენობის დადგენა და მიმართებების აზიმუტში შესწორების სახით შეტანა უაზრობა იქნება. ამიტომ ანათვლები ავიღოთ ყოველჯერზე ისრის ორივე ბოლოთი:

$$A = A_1 + x$$

და

$$A = A_2 - x - 180^\circ.$$

აქედან

$$A = \frac{A_1 + (A_2 - 180^\circ)}{2}, \quad (6.7.2.2)$$

სადაც  $A_1$  არის ისრის ჩრდილო ბოლოთი ანათვალი;

$A_2$  — ისრის სამხრეთი ბოლოთი ანათვალი.

როდესაც რგოლზე ანათვლები რუმბულია, მაშინ  $180^\circ$  აღარ შეეა (2) ტოლობაში.

საერთოდ, ექსცენტრისიტეტისაგან თავისუფალი ანათვლის მისაღებად ყოველთვის ისრის ჩრდილო ბოლოთი აიღება ანათვლები გრადუსებში და მის საწილებში, ნოლო სამხრეთ ბოლოთი—მხოლოდ გრადუსების ნაწილებით და გამოითვლება მათი საშუალო.

6. ისრის მაგნეტური ღერძი უნდა იყოს შეთავსებული მის გეომეტრიულ ღერძთან. როგორც ვიცით, ისრის მაგნეტური ღერძია  $n$  და  $s$  — მაქსიმალური მიზიდულობის წერტილების შემაერთებელი წრფე (ნახ. 2.4.2.1C), ხოლო  $a$  და  $b$  წვეროების შემაერთებელ წრფეს ისრის გეომეტრიული ღერძი ეწოდება. ანათვლებს ვიღებო  $a$  და  $b$  წვეროების გასწვრივ. მაშასადამე, აზიმუტის ან რუმბის სწორი მნიშვნელობის მისაღებად ან მათი საშუალებით ორიენტირებისათვის აუცილებელია ეს ღერძები იყვნენ შეთავსებულნი. აზიმუტებს შორის კუთხის განსაზღვრისას (კუთხზომით აგვამაში) ეს შეცდომა გავლენას არ ახდენს.

შესამოწმებლად ბუსოლს ახლიან სახურავს და ისრით აიღებენ რაიმე მიმართების აზიმუტს, შემდეგ ამოიღებენ ისარს, ამოხრახნიან ქუდს და მეორე მხრიდან გაუკეთებენ, კვლავ ჩამოაცობენ წვეტანას და იმავე მიმართების აზიმუტს აითვლიან. პირველად და მეორედ აღებულ ანათვლებს შორის სხვაობის ნახევარი იქნება საძიებელი შეცდომა, რომელიც მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული აზიმუტის განსაზღვრისა და ბუსოლის ორიენტირების დროს. თუ არ შეიძლება ქუდის ამოხრახნა, მაშინ რაიმე მიმართების აზიმუტს განსაზღვრავენ შემოწმებული (უშეცდომა) ბუსოლით, შემდეგ იგივე მიმართების აზიმუტს აიღებენ შესამოწმებელი ბუსოლით, შედეგთა სხვაობა იქნება საძიებელი შეცდომა.

ზოგიერთი ბუსოლი

I. დიოპტრებიანი ბუსოლი

1. დიოპტრების კოლიმაციური სიბრტყე უნდა იქონიებდეს ბუსოლის გრადუსული რგოლის მართობი. როცა ეს პირობა დაცულია, ბუსოლის რგოლის თარაზულად დაყენების შემთხვევაში მასზე აღებული ანათვალის შეესაბამება საგანზე მიმართული ხაზის ორთოგონალურ პროექციას.

შემოწმებისათვის 10—20 მეტრის მანძილზე უნდა დაკვიდროთ შვეული და ბუსოლის გრადუსული რგოლი დაეაყენოთ თარაზულად. დაუმიზნებთ დიოპტრებს ხსენებულ შვეულს და გამოძრავებთ თვალს ზევით-ქვევით, ამ დროს თუ საგნის დიოპტრის ძაფი მუდამ შვეულს გაჰყვება, მოთხოვნილი პირობა შესრულებულია. როცა საგნის დიოპტრის ძაფი იმოძრავებს შვეულის ზონარის ცალ მხარეზე, მაშინ თვალის დიოპტრი დახრილად დგას და თუ ძაფმა გადაკვეთა შვეულის ზონარი, ორივე დიოპტრი დახრილად ყოფილა დაყენებული, რისთვისაც საჭიროა ცალი მხრივ დიოპტრის ფეხის გახეხვა ან მოხერხება;

2. დიოპტრების კოლიმაციური სიბრტყე უნდა გადაიდეს მისი გრადუსული რგოლის ნულოვან დიამეტრზე. ეს მოთხოვნა თვით ბუსოლის აგებულების იდეის შესაბამისია, რადგანაც ნულოვანი დიამეტრის როლს კოლიმაციური სიბრტყე ასრულებს. შემოწმებისათვის დაქიმავენ ძაფს თვალის დიოპტრის ქვედა და საგნის დიოპტრის ზედა ცენტრალურ ნაწილს შორის. იქიჩრებიან ფარდიატში და თუ ძაფმა დაჰფარა რგოლის ნულოვანი დიამეტრი, პირობა დაცული ყოფილა. წინააღმდეგ შემთხვევაში შენიშნავენ ანათვალს ძაფით, რასაც კოლიმაციური შეცდომა ეწოდება. მისი მოსპობისათვის უნდა შებრუნდეს რგოლი და თუ ეს არ ხერხდება, მაშინ ეს შეცდომა მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული ისრის საშუალებით აზიმუტის აღების დროს.

II. ორიენტირ ბუსოლები

1. პლანშეტის (რუკის) საორიენტირო ბუსოლს მოეთხოვება, რომ მისი ნულოვანი დიამეტრი იყოს პარალელური შიმშა სახაზავის წიბოსი. ამ პირობის საველე შემოწმება ხდება პრიმიტიულად (საერთოდ კი ამ პირობას აკმაყოფილებენ ქარხნები).

შემოწმებისათვის ბუსოლს ათავსებენ თარაზულად დაყენებულ პლანშეტზე და მისი შიმშა სახაზავის წიბოს გასწვრივ ატარებენ წრფეს. შემდეგ ბუსოლის კოლოფზე ფრთხილად ზემოდან სდებენ შემოწმებულ სახაზავს ისე, რომ მისი ერთი წიბო გაჰყვეს ანუ შეუთავსდეს ბუსოლის ნულოვან დიამეტრს, რომლის გასწვრივ დანიშნავენ ორ წერტილს. შემდეგ აიღებენ ბუსოლს და ხსენებულ წერტილებზე ატარებენ წრფეს. თუ ბუსოლის შიმშა-სახაზავის წიბოსა და სახაზავის წიბოს შესაბამისი წრფეები პარალელურები აღმოჩნდა, მოთხოვნილი პირობა დაკმაყოფილებულად ჩაითვლება.

შემომოყვანილი პირობისა და წინა მუხლში მოყვანილი ისრის მაგნიტურა და გეომეტრიული ღერძების შეთავსების პირობის შემოწმება თანადროულად

შეიძლება უკვე შემოწმებულ ნორმალურ ბუსოლთან შესამოწმებელი ბუსოლის შედარებით.

ნორმალური ეწოდება ბუსოლს, რომლის შესწორება განსაზღვრულია ახლობელ მაგნიტურ ობსერვატორიაში.

ბუსოლების შედარება ხდება ღია ადგილზე ისე, რომ ამ ადგილიდან უნდა იყოს დაშორებული: რკინისსახურავიანი სახლი 50 მეტრზე, რკინიგზა და მათი ნაგებობები 100 მეტრზე; ტრამვაის ხაზი 3 კმ და ელექტრომატარებლის ხაზი 5 კმ-ზე.

შედარებისათვის ნორმალურ ბუსოლს სდებენ თარაზულ პლანშეტზე და მოიყვანენ ისარს ზუსტად 0° ანათვალზე. შემდეგ გაატარებენ მისი წიბოს საშუალებით წრფეს. აიღებენ ამ ბუსოლს და გადაადგილებენ რამდენიმე მეტრზე და მოიტანენ შესამოწმებელ ბუსოლს. მიადებენ აღნიშნულ ბუსოლს, პლანშეტზე გატარებულ ხაზზე და აიღებენ რამდენიმეჯერ ანათვალს ყოველჯერზე რკინეულით ისრის წონასწორობიდან გამოყვანისა და დამშვიდების შესაბამისად. ანათვალთა საშუალო თუ განსხვავდება 0°-საგან, ის იქნება შესამოწმებელი ბუსოლის შეცდომა შედარებით ნორმალურ ბუსოლთან. შეცდომის ნიშნის შეცვლით მივიღებთ სამუშაო ბუსოლის შესწორებას, რომელიც უნდა შევიტანოთ ბუსოლით მიხრილობის გაზომვის დროს. თუ ნორმალურ ბუსოლს ობსერვატორიიდან მოცემულ პასპორტში აქვს შესწორება, მაშინ ამ შესწორებებს შევკრებთ და ის იქნება საბოლოო შესწორება სამუშაო ბუსოლისა (იხ. 6.8.11 პარაგრაფი).

2. თეოდოლიტების საორიენტირო ბუსოლებს მოეთხოვება, რომ მისი დიამეტრი იყოს პერპენდიკულარული კოგრის ბრუნვის ღერძისადმი. მომწესობაში დაცენებული თეოდოლიტის კოგრს ვუმიზნებთ შორეულ საგანს ისე, რომ თეოდოლიტზე დამაგრებული იყოს ბუსოლი. შემდეგ ისე, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ბუსოლის სახურავზე ფრთხილად ვაღებთ შემოწმებულ სახაზავს ბუსოლის ნულოვანი დიამეტრის გასწვრივ და ვაგვხედავთ. თუ დამიზნების ხაზი დაემთხვა კოგრით დამიზნებულ საგანს, მოთხოვნილი პირობა დაკმაყოფილებულად ჩაითვლება.

იმ შემთხვევაში, როცა თეოდოლიტზე დასაყენებელი ბუსოლი არის სრული წრიული წრედით, მისი ნაკლის დადგენა შეიძლება, თუ ორიენტირებული თეოდოლიტის წრედალიდადას გარკვეული ოდენობის აზიმუტით: ეოქვათ, 15°, 30°, 45°, შემობრუნების ოდენობებს შევადარებთ შესაბამისად ბუსოლზე ათვილ აზიმუტებს.

#### с. ზოგადი მითითებათა მაგნიტური ინსტრუმენტებით მუშაობისათვის

მაგნიტური ორიენტირების დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა იქნეს მიქცეული იმაზე, რომ მაგნიტის ისარზე, გარდა დედამიწის მაგნიტიზმისა, ვაგლენას არ ახდენდეს სხვა რაიმე მიზეზი. ფლუქტუაციის ანუ დედამიწის მაგნიტური ველის დეფორმაციის მიზეზია ზოგიერთ ადგილას ისეთი ნივთიერების მასების არსებობა, რომელიც გამოიწვევს მაგნიტურ დაბრკოლებებს; ასეთ დაბრკოლებებს იწვევს რკინის, ნიკელის, კობალტის და სხვა ამგვარი

მადნეულები, აგრეთვე მაგნიტის ახლო განლაგებული რკინის ლობე, რელსები, რკინაბეტონის ნაგებობები, მუდმივი დენის ელექტროხაზები და სხვა.

თვით ბუსოლების ნაწილებს, როგორც აღვნიშნეთ, ამზადებენ თითბრის ან ნეიზიბლერისაგან. შტატივის რკინის ქუსლები ისარზე ვერ ახდენს გაილენას, რადგან ისინი მისგან შორს (1,5 მეტრზე) და სიმეტრიულად არიან განლაგებული. მუშაობის დროს დაშვებულს არ უნდა ჰქონდეს რაიმე რკინეული. (დანა, ფოლაქი, ავტოსაწერი, გასაღებები და სხვა).

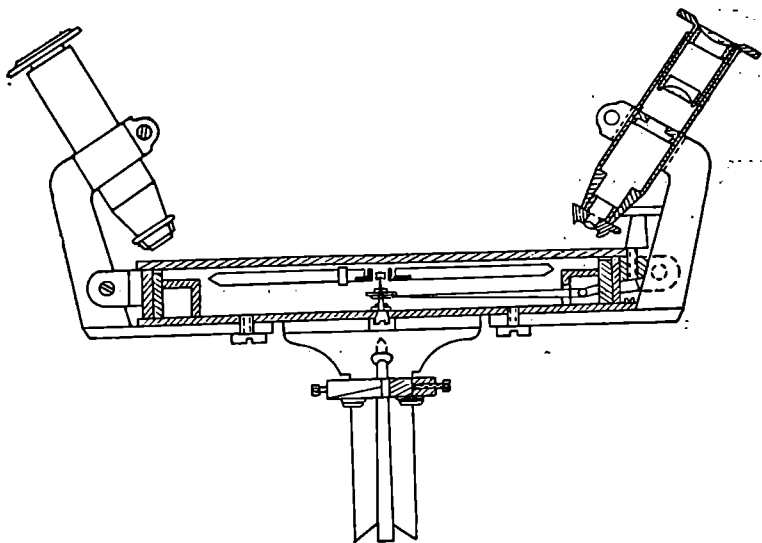
იმისათვის, რომ მაგნიტური დაბრკოლებები არ გადასცილდეს დაახლოებით 10'-ტს, საჭიროა ბუსოლი დაშორებული იყოს: 1) 20 მეტრის სიმაღლის ლითონის კონსტრუქციებიდან (მაღალი ძაბვების ელექტროგადამცემი ხაზების ანძები) არა უმცირეს 40 მეტრისა; 2) 5 მეტრის სიმაღლის საფარსე სვეტებიდან—არაუმცირეს 15 მეტრისა; 3) რკინის სვეტებისა და მავთულების ლობიდან—არაუმცირეს 10 მეტრისა; 4) ერთლიანდაგიანი რკინიგზიდან 70 მეტრისა; 5) ორლიანდაგიანი რკინიგზიდან—100 მეტრისა; 6) თეოლოტიის ყუთის ლითონის ბუდე დაშორებული უნდა იქნეს ინსტრუმენტს 10 მეტრით; 7) ტრამვაის ხაზი—3 კმ; 8) რკინიგზის ზიდი—200მ.

მაგნიტური აგეგმების დროს თავს იჩენს, გარდა პერიოდული მერყეობისა, უეცარი (მოულოდნელი) მერყეობა მაგნიტური ქარიშხლის სახით. რის ერთბაშად შემჩნევა შეუძლებელია, ისინი გამოვლინდებიან მხოლოდ მაგნიტური განაზომების მათემატიკური დამუშავების შემდეგ უცნობი გადახრების სახით. ბუსოლით სვლისას თუ აღმოჩნდა მნიშვნელოვანი ოდენობის შეუჯერელობანი, საჭიროა შევეკითხოთ მაგნიტურ ობსერვატორიას, ჰქონდა თუ არა ადგილი მაგნიტური აგეგმვების წარმოების პერიოდში რაიმე მაგნიტური დაბრკოლებების მოვლენებს. და თუ აღმოჩნდა, რომ ადგილი ჰქონდა დიდ დაბრკოლებებს (ქარიშხლებს), ამ პერიოდის განაზომების გამოყენება არ შეიძლება. როგორც წესი, სამუშაოს დაწყების წინ უნდა შემოწმდეს მაგნიტური ინსტრუმენტები. აგეგმები უნდა შესრულდეს ერთი და იმავე ინსტრუმენტებით, ამავე დროს კონტროლის მიზნით აგეგმვა სვლის ყოველ გვერდზე უნდა შესრულდეს წინ და უკან; ყოველი ანათელის აღებისთანავე უნდა დამაგრდეს (არეტირება) ისარი; ასტრონომიული აზიმუტის განსაზღვრის დროს საჭიროა დავადგინოთ მიხრილობა, რომელიც განსაზღვრული იქნება იმ გვერდის აზიმუტის გაზომვით, რომლის აზიმუტი ცნობილია, ან მისი ოდენობა ამოვიღოთ რაიონის მაგნიტური რუკიდან; მაგნიტური ინსტრუმენტების სადგურიდან სადგურზე და საერთოდ ტრანსპორტირების დროს საჭიროა დიდი სიფრთხილე, არ შეიძლება ბიძგები და ისრის გაცხელება, რადგანაც ბიძგებისა და ტემპერატურის გავლენით ისარი კარგავს მაგნიტურ თვისებებს.

### C. დეკლინატორი

სამარკშიდერო საქმეში ორიენტირებისათვის ხშირად იყენებენ კუთხსაზომი (თეოლოტიის) იარაღის ჰოგრის ბრუნვის ღერძზე დასადგმელ მიკროსკოპებიან ბუსოლს, სარკიან ბუსოლს ან მაგნიტურ დეკლინატორს, რომელთა საშუალებით შეიძლება აგრეთვე მაგნიტური ისრის მიხრილობის ცვალებადობის გაზომვა დროის მიხედვით.

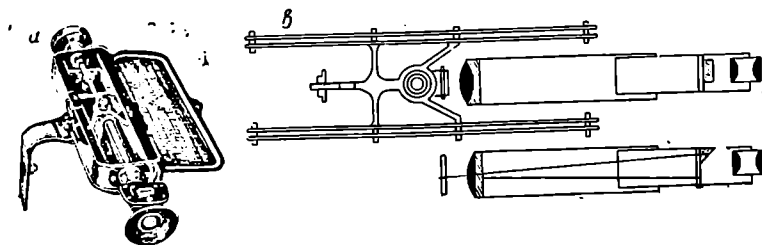
პირველი ბუსოლი (ნახ. 11) არადამოუკიდებელი ზემოაღწერილი ორიენტირ-ბუსოლებისაგან განსხვავდება იმით, რომ ის არის არასრულწრიანი და ნულოვანი დიამეტრის ბოლოებში მოწყობილ სეგმენტებზე 0°-დან ორივე მხრივ 5°-მდე დაკვესილია სკალა 10' დანაყოფით. თეოდოლიტის ორიენტი-



ნახ. 6.7.2.11.

რებისათვის, რომ დიამეტრის ნული ზუსტად შეუთავსდეს ისრის ღერძს, და დროის შესაბამისად მიხრილობის ცვალებადობის ასათვლელად დიამეტრის ბოლოებში ხისტად მიმაგრებულია მიკროსკოპები.

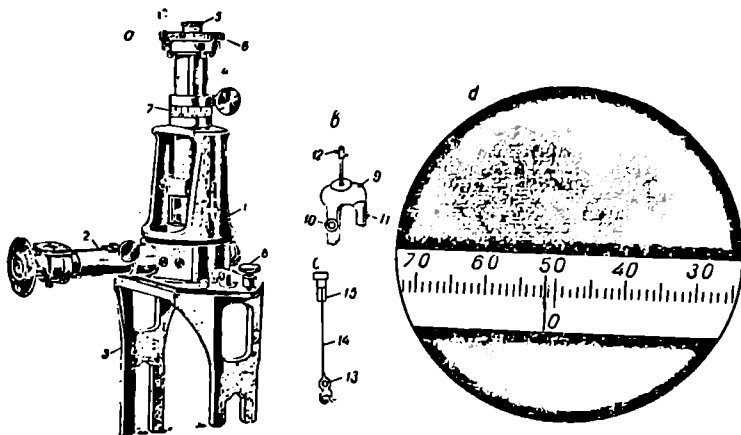
სარკიანს ბუსოლიც (ნახ. 12) იგივე დანიშნულებისაა, მხოლოდ ის აღჭურვილია სარკითა და ჭოგრით.



ნახ. 6.7.2.12.

შედარებით უფრო ზუსტია მაგნიტური დეკლინატორი (ნახ. 12). იგი შედგება სვეტში 1 მოთავსებული მაგნიტური სისტემისაგან; სამზერი მილისა 2 და ტუბუსისაგან (მილისაგან) 4 (ნახ. 13<sup>ა</sup>). დეკლინატორი ღვაშ-

ზის 3 საშუალებით იდგმება თეოდოლიტზე ან საგანგებო ქვედგამზე (დრეი-ფლუსზე). მაგნიტური სისტემა (ნახ. 13<sup>ბ</sup>) წარმოადგენს ნალისებურ (უფრო ზარისებურ) მაგნიტს 9; მის სამხრეთ მხარეზე მიმაგრებულია სარკე 10 და ჩრდილო მხარეზე კი საპირწონე 11. აღნიშნული მაგნიტი შტიფტის 12 საშუალებით ჩამოკიდებულია საკიდელზე 13 (ნახ. 13<sup>ა</sup>). ეს უკანასკნელი კი კანადის ბალზამით მიწებებულია კვარცის ძაფის ქვემო ნაწილზე 14; ხოლო მისი ზემო ნაწილი მიწებებულია ხრახნზე 15, რომელიც მიმაგრებულია



ნახ. 6.7.2.13.

ტუბუსის 4 თავზე 5 (ნახ. 13<sup>ა</sup>). ხრახნის 6 ბრუნვით კვარცის ძაფი მოძრაობს ვერტიკალურად, რათა მაგნიტის სარკე 10 (ნახ. 13<sup>ბ</sup>) დადგეს ისე, რომ სამიზნე (2) მილში გამოჩნდეს მის მთავარ ფოკუსში დაყენებული სკალა, რომელიც წარწერილია ყოველ ათ-ათ შტრიხზე, ხოლო მისი საშუალო შტრიხი, ნომრით 50, წაგრძელებულია ქვემოთ და აღნიშნულია 0-ით (ნახ. 13<sup>ა</sup>). კვარცის ძაფის განგრეხისათვის ტუბუსის 4 ბრუნვა შეიძლება ვერტიკალური დერძის მიმართ, რომლის ბრუნვის კუთხე ფასდება წრიულ სკალაზე 7 (ნახ. 13<sup>ა</sup>), რომელსაც აქვს 100 დანაყოფი. მაგნიტური სისტემის დაცვისათვის ვიყენებთ ხრახნის ბერკეტს 8 (ა რ ე ტ ი რ ს).

მოცემულ პუნქტზე დაცენტრირლ თეოდოლიტზე ან დრეიფლუსზე დადგმული დეკლინატორით რაიმე მიმართების აზიმუტის გასაზომად საჭიროა მისი სამზერი მილი 2 მიემართოთ მაგნიტური მერიდიანის ჩრდილოეთისაკენ, რომლის დროს მისი მხედველობის არის ფარგლებში შევხედავთ სკალისა და მისი უძრავი ინდექსის მკაფიო გამოსახულებას (ნახ. 13<sup>ა</sup>). სკალის გამოსახულებას ვიღებთ მაგნიტის სარკით, რის გამო სკალაზე ანათვლები შეიძლება იყოს სხვადასხვა მილაკის სხვადასხვა მდებარეობისა და მაგნიტის მერყეო-



ბის შესაბამისად. თეოდოლიტიწ წრედალიდადას ან ღრეიფუსის ზემონაწილ-ს ბრუნვით სკალის საშუალო, ანუ 50 წარწერის მქონე, შტრიხი უნდა შევეუ-თავსოთ ინდექსს; ამ დროს თუ მაგნიტის ღერძი პერპენდიკულარია სარ-კის სიბრტყისა და დეკლინატორის მილისა (2) და თეოდოლიტის ჭოგრის კოლიმაციური სიბრტყეები შერწყმულნი ან პარალელური არიან, თეოდო-ლიტის ჭოგრის კოლიმაციური სიბრტყე იქნება შერწყმული პუნქტის მაგნი-ტური მერიდიანის სიბრტყესთან და უშუალოდ შეიძლება გავზომოთ ნების-მიერი მიმართების მაგნიტური აზიმუტი. მაგრამ ტექნიკურად შეუძლებელი ხდება სარკის სიბრტყისადმი მაგნის ღერძის პერპენდიკულარულად დაყე-ნება, რის გამო დეკლინატორით მიმართების მაგნიტური აზიმუტის უშუა-ლოდ გაზომვა შეუძლებელი ხდება.

დეკლინატორს იყენებენ დროის მიხედვით მაგნიტური ისრის მიხრილო-ბის ცვალებადობის დასადგენად; უფრო ხშირად კი ორიენტირების პერიო-ღში ისრის მიხრილობის დღე-ღამური ცვალებადობის განსაზღვრისათვის, რისთვისაც დეკლინატორს მაგნიტის მიმზიდველი მასებისაგან შორს ამაგრე-ბენ საიმედოდ მდგრად საფუძველზე—შტატივზე, კრონშტეინზე, ქვის სვეტზე. ქვის შენობის რაფაზე და სხვა. ამ დროს მისი მილაკი (2) დაახლოებით უნდა იყოს მიმართული ჩრდილოეთისაკენ, ხოლო უძრავი ინდექსის ახლო იყოს სკალის საშუალო (50 წარწერით) შტრიხი (ნაბ. 13<sup>ა</sup>). საათის გასიჩქვისა და იმაში დარწმუნების შემდეგ, რომ პუნქტის სიახლოეს არ არის და თვით დამ-კირვებლებს არა აქვს რკინული, შევეუდგებით დაკვირვებებს. ვათავისუფ-ლებთ მაგნიტს და სკალაზე ანათვლებს ვიღებთ 3-5' დროის ტოლი ინტერ-ვალების შესაბამისად დანაყოფის 0,1 სიზუსტით. (1) სქემაში ვწერთ დროს მე-2 სვეტში და შემდეგ სკალაზე  $N$  ანათვალს მე-3 სვეტში. ვითვლით დაყვანილ ანათვალს ფორმულით:

$$n = N - N_0, \quad (6.7.2.3)$$

სადაც  $N_0$  არის ანათვალი დროის საშუალო  $t_0$  მომენტისათვის, რომელზეც დაიყვანება მრავალჯერ გაზომილი აზიმუტების ჩვენებები.

$t_0$  საშუალო დროსთან შედარებით დროის ყოველ მომენტში  $n$  მიხრი-ლობის ცვალებადობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta n = n l, \quad (6.7.2.4)$$

სადაც  $l$  — სკალის ერთი დანაყოფის საფასური.

(1) სქემაში  $t_0 = 15^h 00^m$ ;  $N_0 = 51,6$  და  $l = 154''$  ამ სქემის მონაცემებით ვი-სარგებლებთ მაგნიტური ორიენტირებისათვის მალაროს პოლიგონომეტრის გვერდების აზიმუტების გამოთვლის დროს.

დაკვირვებების რაოდენობა	დრო,	ანათელები სკალაზე		მისტილობის ცვალებადობა, მმ	შენიშვნა
		ათევილი, N	დაყვანილი, n		
1	2	3	4	5	6
31	14 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	51,5	-0,1	-15"	მისტილობის ცვალებადობა დაყვანილია $k_3 = 15^h 00^m$ მონეტისათვის, რომელსაც შეესაბამება $N_0 = 51,6$ ანათელო
32	15 00	51,6	$\pm 0,0$	$\pm 0''$	
33	05	51,8	+0,2	+31"	
34	10	52,0	+0,4	+1' 02"	
35	15	52,0	+0,4	+1' 02"	
36	20	52,0	+0,4	+1' 02"	
37	25	52,2	+0,6	+1' 32"	
38	30	52,5	+0,9	+2' 19"	
39	35	52,7	+1,1	+2' 49"	
40	40	52,8	+1,2	+3' 05"	

#### ა. დეკლინატორის შემოწმება

თეოდოლიტზე ან დრეიფუსზე დამაგრებული დეკლინატორი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნას:

1. ჭოგრის თვალსა და საგანზე დაყენება ხდება ჩვეულებრივი წესით (6.2.8. პარაგრაფი);

2. კვარცის ძაფის 14 კავი 13 უნდა ეკიდოს ისე, რომ მისი მოღუნული შტოების შემაერთებელი ხაზი, რომელშიც თავსდება მაგნიტის ჩამოსაკიდებელი შტიფტი 12, იყოს ვერტენდიკულარული ჭოგრის 2 კოლიმაციური სიბრტყისა. როცა ეს პირობა დაცულია, ჭოგრის ჩრდილოეთისაკენ მიმართვის დროს ყოველგვარი დაბრკოლების გარეშე შტიფტი 12 დადგება Ost—West მიმართულებით; და თუ ეს პირობა დარღვეულია, განზომებზე მოახდენს გავლენას ხსენებული ძაფის გრება. ამ პირობას ქარხანა თვით უზრუნველყოფს ძაფის დამაგრებით. მაგრამ მუშაობის დაწყებამდე იგი მაინც უნდა შემოწმდეს. ამისათვის არეტირით 8 ვათავისუფლებთ მაგნიტს 9 ისე, რომ იგი თავისუფლად იყოს ჩამოკიდებული ძაფზე და მისი დამშვიდებისას ვიციკრებით სვეტის 1 ფარლიატებში, რომლებიც გაჭრილია და აქლოებით შტიფტის 12 გასწვრივ. თუ შტიფტი ზუსტად ხსენებული ფარლიატების გასწვრივობაში მოხვდა, პირობა დაკმაყოფილებული იქნება, წინააღმდეგ შემთხვევაში ტუბუსის 4 ბრუნვით ვალწევთ მიზანს;

3. ჭოგრის ინდექსის ვერტიკალური შტრიხი უნდა იყოს ვერტიკალურად. ამისათვის ვათავისუფლებთ მაგნიტს და ჭოგრს ვაყენებთ Ost—West მიმართულებით; ამ დროს მაგნიტის გამონაშვერთა შემაერთებელი ხაზი მართობი იქნება ჭოგრის კოლიმაციური ღერძისა და მას ვამაგრებთ არეტირით. ჭოგრის ობიექტივს ვხსნით ხუფს

(სახურავს) და ჰოგრს ვუმინებთ შვეულს. მისი შვეული ძაფი თუ შეუთავსდა შვეულის ზონარს, პირობა დაკმაყოფილებულად ჩაითვლება. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭირო იქნება ჰოგრის ძაფთა ბადის რგოლის შებრუნება;

4. სვეტში 1 მაგნიტს 9 უნდა შეეძლოს თავისუფალი რბევა. ხოლო სკალინ (ნახ. 13<sup>ა</sup>) გამოსახულება უნდა იმყოფებოდეს ჰოგრის მხედველობის არეს ცენტრში, როცა იგი მიმართულია ჩრდილოეთისაკენ. როცა სკალა არ რბევა თანაბრად და ამავე დროს დარღვეულია პირობა, მაშინ უნდა ვეძიოთ იმაში, რომ შეიძლება მაგნიტი ეხება სვეტს 1 ან ეყრდნობა რაიმე სხვაგვარ სხეულს, როგორც არის კვარცის ძაფის ნაწყვეტი, ან მოლუნულია მაგნიტის კავები და სხვა. საჭიროა ყოველივეს დაკვირვებით გასინჯვა;

5. მაგნიტის შტიფტი 12 მუდამ ერთ მდგომარეობაში უნდა იქნეს დაკიდებული კვარცის ძაფის კავზე 1.3 არტერიით მაგნიტის ყოველი დამაგრება-განთავისუფლების დროს. შემოწმებისათვის უძრავ მდგომარეობაში მყოფ თეოდოლიტზე ან დრეიფუსზე დაყენებული დეკლინატორის არტირის 8 საშუალებით მაგნიტის დამაგრება-განთავისუფლების შესაბამისად ჰოგრით ვიღებო სკალაზე 7 ანათვლებს და თუ მათ შორის დიდი განსხვავებები მივიღეთ, მიზეზი იქნება კავისა და შტიფტის დეფექტი, რისთვისაც სახელოსნოს უნდა მივმართოთ;

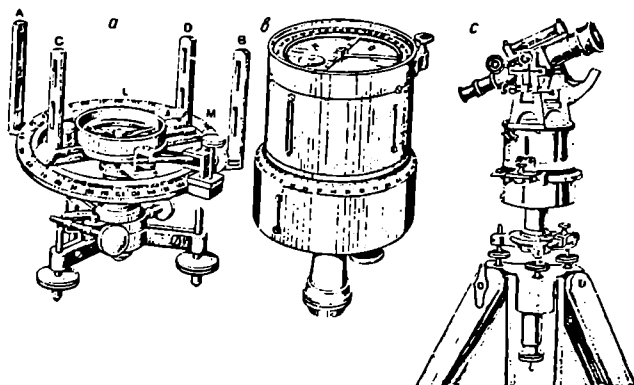
6. დეკლინატორის ჰოგრის კოლიმაციური დერძი უნდა იყოს მართობი თეოდოლიტის ჰოგრის ბრუნვის დერძისა. შემოწმებული თეოდოლიტის ჰოგრს ვუმინებთ რაიმე შორეულ საგანს დაახლოებით ნულოვანი დახრის კუთხით. შემდეგ არტირით ვათავისუფლებთ მაგნიტს, ყოველივეს უძრავ მდგომარეობაში ვტოვებო და დეკლინატორის ჰოგრით დამზერისას თუ იგივე საგანს შეუთავსდა მისი შვეული ძაფი, პირობა დაკმაყოფილებული იქნება. წინააღმდეგ შემთხვევაში სკალას მივმართოთ სახელოსნოს;

7. თეოდოლიტზე ან დრეიფუსზე დეკლინატორის განმეორებითი დაყენებისას ყოველთვის იგი უნდა იჭერდეს უცვლელ მდებარეობას. ეს მოწმდება თეოდოლიტის უძრავ მდგომარეობაში ყოფნისას დეკლინატორის მისგან მოხსნა-დაყენების დროს დეკლინატორის ჰოგრის ერთი და იმავე საგანზე დამიზნების უცვლლობის მოთხოვნის პირობით. ნაკლი სახელოსნოში სწორდება.

#### D. ასტროლიაბი. პონომოხარი. პანომოხარი

ამჟამად ასტროლიაბს აქვს მხოლოდ ისტორიული მნიშვნელობა. იქველთაგან XIX საუკუნის ბოლომდე მიწათმშობელობის საქმეში იყო ითვლებოდა ერთადერთ კუთხსაზომ ინსტრუმენტად მიუხედავად იმისა, რომ იმავე საუკუნის ოთხმოცდაათიან წლებში ზუსტი გეოდეზიური გაზომვებისათვის უკვე იყენებდნენ დიდი ზომის მძიმე თეოდოლიტებს. XX საუკუნის დასაწყისში მცირე ზომის ერთმინუტიანი თეოდოლიტის გამოჩენის შემდეგ იკო მოხსნილ იქნა კუთხსაზომი ინსტრუმენტების ჯგუფიდან.

ასტროლიაბს ამზადებენ უპირატესად *A, B, C, D* დიოპტრებით (ნახ. 14<sup>ა</sup>), რომელთაგანაც *A* და *B* დიოპტრები იყო ხისტად მიმაგრებული *L* წრედზე  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$  დიამეტრის გასწვრივ და იწოდებოდა უძრავ დიოპტრებად; ხოლო ლიმბის ზემოთ ბუსოლთან ერთად მოძრაობს შიშვა-ალიადა  $5'$  სიზუსტის ვერნიერებით და *C, D* დიოპტრებით, გვერდით კი ცილინდრული თარაზო



ნახ. 6.7.2.14.

არის მიმაგრებული. ასტროლიაბს გასაზომი კუთხის წვეროზე აყენებენ ბაქსის (სახსარსადგარის) საშუალებით. მისი საშუალებით იზომება კუთხეები  $5'$ — $10'$  სიზუსტით.

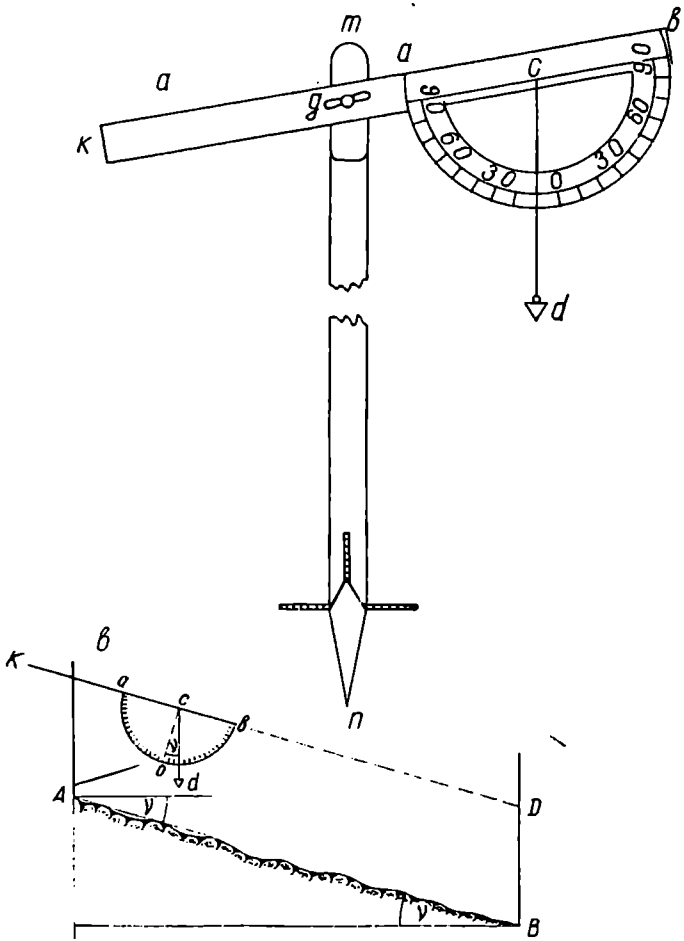
გონიომეტრი (ნახ. 14<sup>ბ</sup>) შედგება ზედა მოძრავი და ქვედა უძრავი ცილინდრებისაგან, რომლის ქვემო მილით ის ჩამოეცემა მანას ან ბურთისებრ პოჭოქიკიან შტატივს. საგნებზე დამიზნებისათვის ზემო ნაწილშია მოწყობილი წყვილ-წყვილი დიოპტრები. მიმართულებათა ათვლა ხდება ქვემო ნაწილზე არსებულ გრადუსულ დანაყოფებზე ზემო ნაწილში მოწყობილი ინდექსის ან ვერნიერის საშუალებით. უმცირესი დანაყოფის მეათედები ათვლება ვერნიერით, ხოლო თუ ასეთი არ არსებობს, აღნიშნული ნაწილები ფასდება თვალით. ინსტრუმენტის შევეულად დასაყენებლად და ორიენტირებისათვის გონიომეტრის ზემო ნაწილში მოწყობილია სფერული თარაზო და ბუსოლი.

გონიომეტრის შემოწმება ხდება დიოპტრებიანი ინსტრუმენტების მსგავსად (იხ. 6.7.2 პარაგრაფის *A—a* მუხლი). ინსტრუმენტული შეცდომები თუ აღმოჩნდა, მათი მოსპობა შეუძლებელია. არამალალი სიზუსტის გამო გონიომეტრს იყენებენ დაბალი სიზუსტის აგეგმებში. ცხადია, გონიომეტრით განსაზღვრული კუთხე უდრის მის მარჯვენა და მარცხენა მიმართულებებს შორის სხვაობას; როცა საკლები ნაკლებია მაკლებზე, მას უნდა დამატოს  $360^{\circ}$ .

პანტომეტრი (ნახ. 14<sup>გ</sup>) წარმოადგენს იგივე გონიომეტრს სამიზნე კოგრით, შევეული წრედით ან სექტორით. პანტომეტრით იზომებოდა როგორც ნარაზული, ისე დახრის კუთხეები, ამჟამად იგი ხმარებიდან გამოსულია.

### E. ეკლიმეტრი

ეკლიმეტრი (კლინომეტრი) წარმოადგენს დახრის კუთხის გასაზომ უმარტივეს ინსტრუმენტს. ცნობილია, რომ ხშირად საკმარისია ზაზების ქვედებულების განსაზღვრის დროს დახრის კუთხე იყოს გაზომილი 6-8' სიზუსტით,



ნახ. 6.7.2.15.

რისთვისაც, როგორც ქვემოთ ვნახავთ, ეკლიმეტრით დახრის კუთხის გაზომვა დამაკმაყოფილებელ შედეგს მოგვცემს.

კომპასთან ერთად ეკლიმეტრის უმარტივეს სახეს (6<sup>ა</sup>.<sup>ა</sup> ნახაზი) კიდული ნახევარი წრის (ნახ. 7<sup>ბ</sup>) სახით წინა *A* და *B* მუხლებში გავეცანით. მათი ანალო-

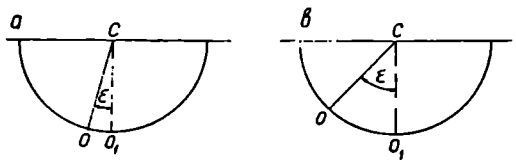
გიურია (15) ნახაზზე წარმოდგენილი ეკლიმეტრი, რომლის თვითდამზადება არ არის ძნელი. იგი შედგება  $kh$  შიშისაგან, რომელიც ბრუნავს  $mn$  საღვარის ზემო თავში გაყრილი ღერძის გარშემო და მაგრდება  $g$  ქანჩ-ყურით. შიშის ერთ ბოლოზე მიმაგრებულია ნახევარწრედი, რომლის დიამეტრის ცენტრში დაკიდებულია  $d$  შვეული; ნახევარწრედი დაყოფილია გრადუსებად, შუადან ორივე მხარეზე  $90^\circ$  ან  $20-30^\circ$ -მდე.  $0^\circ$ -ზე გამავალი ნახევარწრედის რადიუსი მართობული უნდა იყოს ხსენებული დიამეტრისა და შიშის ზემო წიბოსი, რომელსაც ვიყენებთ დამიზნების ხაზად.

ადგილზე  $AB$  მონაკვეთის დახრის კუთხის გასაზომად (ნახ. 15<sup>a</sup>)  $A$  წერტილში უნდა ჩავასოთ ეკლიმეტრის მანისებური საღვარი დაახლოებით შვეულად; შიშის გაყენებთ თარაზულად ( $cd$  შვეული უნდა გადიოდეს ნახევარწრედის ნულზე). ამ დროს მანას მივადებთ ეკლიმეტრს და მისი შიშის ზედა წიბოს სიმაღლეს  $D$  სამიზნეს სახით დავნიშნავთ მასზე. თანაშემწის საშუალებით  $B$  წერტილში ვდგამთ ხსენებულ მანას შვეულად. თუ დამხმარე არ გვყავს, სარს ჩავასობთ  $B$  წერტილზე, მხოლოდ რა სიღრმითაც არის ჩასობილი მანა, იმავე ოდენობით უნდა გადაიწიოს  $D$  სამიზნე ზემოთ. მოვუშვებთ ეკლიმეტრის  $g$  ქანჩს, შიშის მივმართავთ  $D$  წერტილისაკენ და ისევ მოვუქვრთ ქანჩს;  $cd$  შვეულის ძაფის შესაბამისი ანათვალის ნახევარწრედზე იქნება გასაზომი  $v$  დახრის კუთხე.

როგორც აღვნიშნეთ, ეკლიმეტრისაგან მოითხოვება, რომ მისი ნულოვანი  $co$  რადიუსი იყოს ნახევარი წრის  $ab$  დიამეტრის მართობი. ცხადია,  $C$  წერტილიც  $ab$  დიამეტრის შუაში უნდა იყოს. შესამოწმებლად  $AB$  ხაზის  $A$  წერტილიდან ორჯერ გაზომავენ დახრის კუთხეს ჯერ ეკლიმეტრის შიშის  $kh$  ზედაწიბოთი და მეორე  $180^\circ$ -ზე შემობრუნებით ან  $bx$  წიბოთი  $D$  წერტილზე დამიზნებით. როცა მოთხოვნილი პირობა დატულია, ნახევარწრედზე მარჯვნივ და მარცხნივ, შესაბამისად, ორივე განაზომი კუთხე ტოლი გამოვა.

ვთქვათ, მოთხოვნილი პირობა დარღვეულია, აქ შეიძლება ორ შემთხვევას ექნეს ადგილი: ნახევარწრედზე  $O$  წერტილი მცირე რკალური (ნახ. 16<sup>a</sup>) შეცდომით იყოს დაკვესილი სწორი  $O_1$  წერტილიდან ( $e$  შეცდომა მცირეა) და  $OO_1$  რკალი ანუ  $e$  კუთხე იყოს დიდი (ნახ. 16<sup>b</sup>).

პირველ შემთხვევაში (ნახ. 17<sup>a</sup>) ნახევარწრედი როცა ჩვენგან მარჯვნივ იქნება,



ნახ. 6.7.2.16.

$$v = v_1 - e,$$

ხოლო, როცა ნახევარწრედი მარცხნივ დადგება ( $v_2$  ანათვალს ავიღებთ ეკლიმეტრის მარცხენა მხრიდან),

$$v = v_2 + \varepsilon. \quad (b)$$

(a) და (b) ტოლობების სხვაობითა და ჯამით მივიღებთ:

$$\varepsilon = \frac{v_1 - v_2}{2} \quad (6.7.2.5)$$

და

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}. \quad (6.7.2.6)$$

ამ შემთხვევაში შეიძლება არ ვიზრუნოთ ეკლიმეტრის შესწორებაზე და ყოველთვის ორი დამზერის საშუალოს

ნახ. 6.7.2.17.

შუალოთი განვსაზღვროთ დახრის კუთხე. ორი დამზერა შეიძლება ისე, როგორც ზემოთ შესრულდა მონაკვეთის  $A$  წერტილიდან ორჯერ ან  $A$  და  $B$  წერტილებიდან თითოჯერ გაზომილი კუთხეების საშუალოს განსაზღვრით.

მეორე შემთხვევაში (ნახ. 17<sup>ბ</sup>), როცა ნახევარწრედი მარჯვნივაა,

$$v = v_1 - \varepsilon, \quad (c)$$

ხოლო, როცა წრედს მარცხნივ შევებრუნებთ;

$$v = \varepsilon - v_2. \quad (d)$$

(c) და (d) ტოლობის სხვაობით

$$\varepsilon = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (6.7.2.7)$$

და ჯამით კი

$$v = \frac{v_1 - v_2}{2}. \quad (6.7.2.8)$$

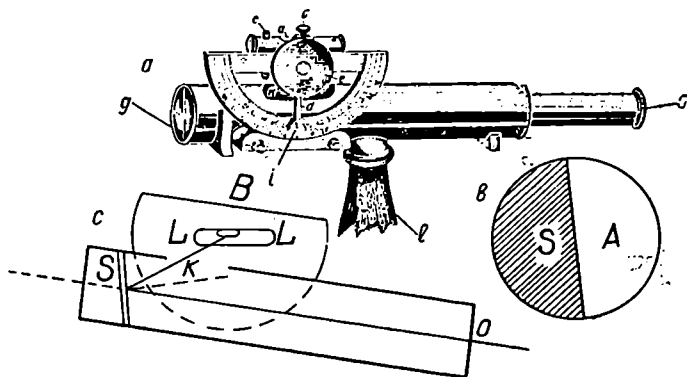
ამ შემთხვევაში საჭიროა შიშაზე  $\varepsilon$  ოდენობით შებრუნებულ იქნეს ნახევარი წრე, რითაც მოისპობა ხსენებული შეცდომა. მეორე შემთხვევას იშვიათად აქვს ადგილი. ამიტომ საერთოდ სჯობს ეკლიმეტრით მონაკვეთის დახრის კუთხე გაეზომოთ ორ-ორჯერ და მის მნიშვნელობად მივიღოთ მათი საშუალო.

არსებობს შედარებით გაუმჯობესებული სახე სხვადასხვა პირების მიერ შექმნილი ეკლიმეტრებისა, რომელთაც ქარხნული წესით უშვებენ. ამათგან ჩვენ განვიხილავთ ტერსდორფის, ბრანდისის და ვიმმერის ეკლიმეტრებს.

#### ა. ტერსდორფის ეკლიმეტრი

განხილავთ ეკლიმეტრი წარმოადგენს სამიზნე მილს (ნახ. 18<sup>ა</sup>), რომელზეც მიმაგრებულია ნახევარწრედი გრადუსული დანაყოფებით. ნახევარწრედის ცენტრში ბრუნავს ბრტყელი  $d$  თათი, რომლის ქვემოთ დანიშნულია

ინდექსი, ხოლო ზემოთ დამაგრებულია ცილინდრული თარაზო შემასწორებელი  $e$  და დამკვირი  $b$  ხრახნებით. სამიზნე მილის საგნის დიოპტრის წარმოადგენს მისი ღია ბოლო ჭკარედინად დამაგრებული  $g$  ძაფებით, ხოლო თვალის დიოპტრია ოკულარის მუხლში დახურული ბოლო  $o$  ნახევრებით. მილის შიგ საგნის დიოპტრისაგან დახრილად ჩამაგრებულია  $S$  სარკე (ნახ. 18<sup>b</sup> და 18<sup>c</sup>), რომელიც ფარავს მხედველობის არეს ნახევარს. თვალის დიოპტრის  $o$  ნახევრებიდან მოჩანს ძაფთა  $g$  ჭკარედინი და სარკეში —  $LL$



ნახ. 6.7.2.18.

თარაზო (ნახ. 18<sup>a</sup>). თარაზოს ბუშტულის დასანახად როგორც მის ბუდეში, ისე მილში არის გრძელი  $k$  ამონაჭერი.

ეკლიმეტრის აგებულების შესაბამისად, როცა თარაზოსა და მილის დამიზნების  $og$  ღერძი პორიზონტულია,  $d$  თათის  $i$  ინდექსით ანათვალის ნახევარწრედზე ნული უნდა იყოს.

ვთქვათ, საჭიროა განხილადი ეკლიმეტრით  $AB$  ხაზი (ნახ. 15<sup>b</sup>) დახრის კუთხის გაზომვა. ამისათვის  $A$  წერტილში ვაყენებთ ეკლიმეტრს და  $B$ -ში — სარს მასზე  $D$  სამიზნეს დანიშვნით, რომელიც უნდა შეესაბამებოდეს ინსტრუმენტის სიმაღლეს. მარჯვენა ხელით მილს მივმართავთ  $B$ -საკენ ისე, რომ ძაფთაჭკარედინმა დაფაროს სარის სამიზნე  $D$ , და იმავე დროს  $k$  ხელსაქიდის საშუალებით გადაწვევთ თარაზოს ისე, რომ ბუშტულის შუაგული შეუთავსდეს ამბულის ნულ-პუნქტს; ეს კი მოხდება მაშინ, როცა  $o$  ნახევრებიდან სარკეში ვიხილავთ (ნახ. 18<sup>a</sup>) ბუშტულის შუაგულის და საგნის დიოპტრის თარაზული ძაფის შეთავსებას. შემდეგ მოვეუქვრთ დამტკეც  $b$  ხრახნს და  $d$  თათის  $i$  ინდექსით ნახევარწრედზე ავიღებთ ანათვალს, რაც გამოსახავს  $AB$  მონაკვეთის დახრის  $v$  კუთხის ოდენობას.



აქ ნაგულისხმებია ინსტრუმენტის უმცდარობა ანუ იგულისხმება, რომ თარაზოს და მილის დამიზნების ღერძების პარიზონტულობის დროს  $d$  თათის  $i$  ინდექსით ნახევარწრედზე ანათვალნი ნულია.

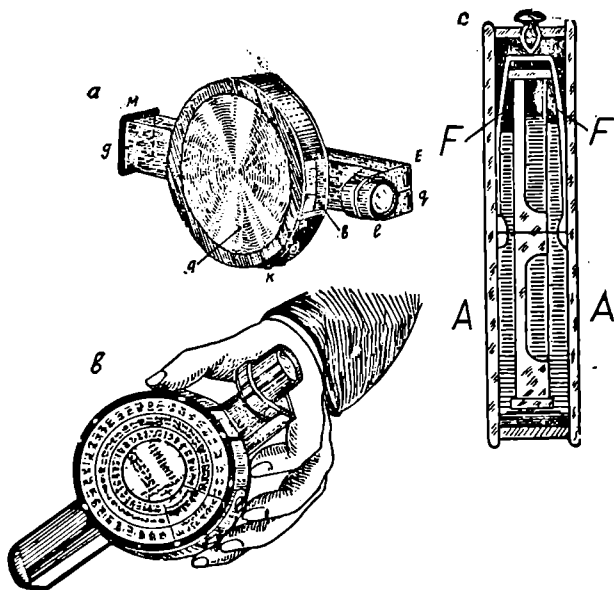
შემოწმებისათვის საჭიროა  $AB$  მონაკვეთის დახრის კუთხის წინ და ჯკან გაზომვა ( $A$ -დან  $B$ -საკენ და პირიქით). ორივე განაზომის ტოლობა ინსტრუმენტის უმცდარობას ნიშნავს და, თუ  $v_1 \neq v_2$ , მაშინ შეცდომის შემცირებისათვის გამოვითვლით მათ საშუალოს.

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} .$$

ეკლიმეტრის  $i$  ინდექსს დაეყენებთ  $v$  ანათვალზე დ მოვუქერთ  $b$  ხრახნილს, შემდეგ ვდგებით მონაკვეთის ერთ-ერთ წერტილში და  $D$  სამიზნეს ვუმიზნებთ ჰოგრას, ბოლოს, თარაზოს შემასწორებელი  $e$  ხრახნით ბუშტულას მოვიყვანთ თარაზოს შუაგულში.

### ბ. ბრანდისის ეკლიმეტრი

განხილადი ეკლიმეტრი წარმოადგენს პრიზმისებურ საკვრეტ მილს (ნახ. 19<sup>ა</sup>), რომელშიც თვალის დიოპტრი წარმოადგენს თარაზულ  $q$  ფარდიატს, საგნისა კი ლითონის თარაზულ  $g$  ძაფს. მილის გვერდითს წახნაგზე მიმა-



გრებულია ლითონის მრგვალი  $A$  კოლოფი, რომლის შიგნით შუაში ჩასმულ ღერძზე ჩამოკიდებულია რგოლი, რომელზეც დაკვესილია გრადუსული დანაყოფები ნულოვანი შტრიხიდან  $60^\circ$ -მდე ზევით-ქვევით. ხსენებული რგოლის ცენტრში მიდღებულა სიმძიმე (ნახ. 19<sup>ა</sup>) ისე, რომ, როცა რგოლი თავისუფლად ჰკიდია, მის ღერძსა და ნულოვან შტრიხზე გაშვებული სიბრტყე პორიზონტულად დგას. რგოლის დანაყოფების ხილვისათვის  $A$  კოლოფში გამოჭრილია  $b$  სარკმელი, რომლის პირდაპირ მიღზე, თვალის  $q$  ფარდატის გვერდით, მოწყობილია რთული  $l$  ლუპა (ნახ. 19<sup>ა</sup>). ხსენებული დიოპტრები და რგოლის ბრუნვის ღერძი ერთ სიბრტყეზეა განლაგებული. კოლოფის ცილინდრულ ზედაპირზეა მოწყობილი  $k$  ფოლაქი, რომლის დაჭირებით თავისუფლდება რგოლი დამკერი  $FF$  ზამბარაკებისაგან (ნახ. 19<sup>ა</sup>).

ბრადისის ეკლიმეტრით მონაკვეთის დახრის კუთხის გასაზომად ვღებებით მის ერთ ბოლოში და ვუმიზნებთ (ნახ. 19<sup>ბ</sup>) მილს მონაკვეთის მეორე ბოლოში დასმულ სარს დამზერის თვალის სიმაღლის შესაბამის ნიშანზე; ამ დროს დავაჭერთ  $k$  ფოლაქს თითს, რითაც რგოლი თავისუფლდება  $FF$  ზამბარაკებისაგან და შევეულად დაეკიდება; თანადროულად ვიჭკირებთ  $l$  ლუპაში და როცა რგოლი «დამშვიდდება», კვლავ ავიღებთ  $k$  ფოლაქიდან თითს და ამ დროს დარჩება რა რგოლი უძრავ მდგომარეობაში, ვიღებთ ანათვალს რგოლზე  $q$  ფარდატის (პორიზონტული ძაფის) გასწვრივ. აღმართისა და დაღმართის კუთხეების გასარკვევად გვეხმარება რგოლზე დასმული პლუსი და მინუსი ნიშნები.

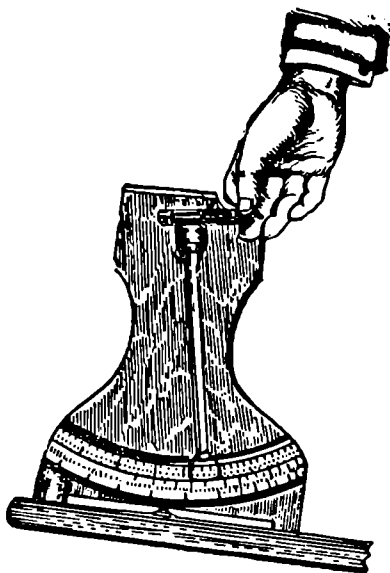
კოლოფის ერთ მხარეზე დაბეჭდილია ცხრილი (ნახ. 19<sup>ბ</sup>), საიდანაც ოცმეტრიანი მანძილის ყოველ გრადუსის დახრის კუთხისათვის ვიღებთ ქვედებულის და აღმატების ოდენობას, შესაბამისად,  $20 \cos \nu$  და  $20 \sin \nu$  გამოსახულებისა. იქვეა დართული ცხრილი დახრის კუთხის ყოველ  $0^\circ, 1'$ -ზე შესწორებისათვის.

### ე. ვიშნის ეკლიმეტრი

განხილადი ეკლიმეტრით იზომება ზომარი კვერთხის დახრის კუთხე (ნახ. 20). იგი სამთო და კიდული კომპასის ეკლიმეტრისაგან განსხვავდება იმით, რომ მის ქანქარაზე, ზემოთ მოწყობილია თარაზო, ქვემოთ კი ინდექსი და თვით იღმება კვერთხზე.

უშეცდომო ეკლიმეტრში, როცა ინდექსი ნულზეა დაყენებული, თარაზობუშტულა ამპულის შუაგულში იმყოფება. შემოწმება ხდება ჩვეულებრივ კვერთხზე ორჯერ ადგილზე შემობრუნებით დ დახრის კუთხის გაზომვით.

კვერთხის დახრის კუთხის გაზომვისათვის კი ეკლიმეტრს დგამენ კვერთხის შუაში (ნახ. 20) და თარაზოს ბუშტულას ხელით აყენებენ ამპულის შუაში, ე. ი. ქანქარა მიიღებს შვეულ მიმართულებას, ამ დროს ინდექსით ანათვალი იქნება დახრის კუთხე. იქვეა მიწერილი გაზომილი კუთხით გამონათვალი ქვედებულის სიგრძე და აღმატება 5 მეტრიანი კვერთხისათვის.



ნახ. 6 7.2.20.

#### დ. ეკლიმეტრით დახრის კუთხის გაზომვის სიზუსტე

როგორც ცნობილია, დახრილი  $L$  მონაკვეთის  $L_0$  ქვედებულზე  $e_v$  დაყვანა, ანუ სხვაობა მათ შორის, გამოითვლება ფორმულით:

$$e_v = 2L \sin^2 \frac{\nu}{2}, \quad (6.7.2.9)$$

რომელსაც გამოვიყენებთ მოცემული ამოცანის ამოსახსნელად.

(9) გამოსახულების დიფერენციალი, გამოსახული ფუნქციის ნაზრდის სახით,

$$\Delta e_v = 2L \sin \frac{\nu}{2} \cos \frac{\nu}{2} \Delta \nu$$

ანუ

$$\Delta e_v = L \sin \nu \Delta \nu. \quad (6.7.2.10)$$

განაზომთა შეცდომების თეორიიდან ცნობილია, რომ  $\Delta e_v$  და  $\Delta \nu$  სიდიდეებში უნდა ვიგულისხმობთ ფრიად მცირე კონკრეტული ცვლადი ოდენობები. გარკვეული მონაკვეთისათვის (10) ტოლობა გამოსახავს  $e_v$  მიყვანილობის  $\Delta e_v$  ცვალებადობას  $\nu$  დახრის კუთხის  $\Delta \nu$  ცვალებადობის მიხედვით. როგორც ცნობილია, საინჟინრო საქმეში კუთხეებს გამოსახავენ ხოლმე რადიანებში ე. ი. (10) ტოლობის მიხედვით დავეწერათ:

$$\Delta e_v = L \sin \nu \frac{(\Delta \nu)'}{\rho'},$$

საიდანაც

$$(\Delta \nu)' = \frac{\rho'}{L} \cdot \frac{1}{\sin \nu} \cdot \Delta e_v,$$

ანუ

$$(\Delta \nu)' = \frac{\Delta e_v}{L} \cdot \frac{3438'}{\sin \nu}. \quad (6.7.2.11)$$

ზემოაღნიშნულის მიხედვით ( $\Delta v'$ ) უნდა ვიგულისხმოთ  $v$  კუთხეში ის შეცდომა, რომელიც შეესაბამება  $e_v$  მიყვანილობის  $\Delta e_v$  შეცდომას.

(2. 5. 4) პარაგრაფის  $B$  მუხლში ხაზგასმით იყო აღნიშნული, რომ რუკაზე გადასაზომი ხაზის სიგრძის შეცდომა აღწევს მის 0.001, რაც ფარგლის მაქსიმალური ლაჩის—10 სანტიმეტრის მიხედვით გამოვა 0,01 სანტიმეტრი ანუ მასშტაბის ზღვრული გრაფიკული სიზუსტე. ამ უკანასკნელს კი შედარებით მსხვილი განივი 1:1000 მასშტაბის მიხედვით შეესაბამება ერთი სანტიმეტრი. ნაშ, თუ დასაშვებად მივიღებთ  $e_v$  დაყვანილობის  $\Delta e_v$  შეცდომას—ერთ სანტიმეტრს ( $\Delta e_v = 1$  სმ), მაშინ (11) ფორმულის მიხედვით, როცა  $v = 15^\circ$  და  $L = 20$  მეტრს, დახრის  $v$  კუთხის დასაშვები შეცდომა

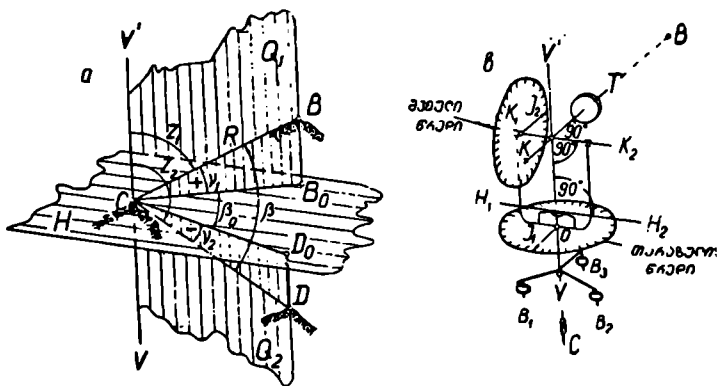
$$(\Delta v)' = \frac{0,01 \text{ მ}}{20 \text{ მ}} \cdot \frac{3438'}{0,258819} \approx 7'.$$

ზემოგანხილული ეკლიმეტრებით დახრის კუთხის გაზომვის შეცდომა მიღებულ ოდენობას საერთოდ არ ცდება და აგრეთვე ძირითადი ხაზები, რომელთა დახრის კუთხეებს ეკლიმეტრებით ვზომავთ, იშვიათად სცილდებიან  $15^\circ$ -ს, ასე რომ, ბაფთით გაზომილი ხაზების დახრის კუთხის ეკლიმეტრით გაზომვა დასაშვებია.

**თანამედროვეუსკულუფილი კუთხსაზოგი და  
დასაკვალავი ინსტრუმენტები**

**6. 8. 1. კუთხეების საზოგადოები და მათი გასაზოგი ინსტრუმენტების  
სკულუფილი გომობრიული კონსტრუქცია**

სივრცის  $BCD = \beta$  კუთხეს (ნახ. 1<sup>ა</sup>), რომელიც შეიძლება მდებარეობდეს ნებისმიერ სიბრტყეში, უწოდებენ პოზიციურ კუთხეს. მის  $B_0CD_0 = \beta_0$  პროექციას კუთხის  $C$  წვეროზე გამავალ რაიმე საწყისი (ძირითადი) დონებრივი სიბრტყის პარალელურ პორიზონტულ  $H$  სიბრტყეზე, როგორც ცნობილია, ეწოდება პორიზონტული (თარაზული) კუთხე.  $\beta_0$  პორიზონტული კუთხე მოცემულია მის  $C$  წვეროზე და სამიზნე  $B$  და  $D$  წერტილებზე გამავალ  $Q_1$  და  $Q_2$  ვერტიკალურ სიბრტყეებს შორის, რომლის



ნახ. 6.8.1.1.

გვერდებია  $CB$  და  $CD$  დახრილი მიმართული მონაკვეთების (სხივების) თარაზული  $CB_0$  და  $CD_0$  მონაკვეთები. პოზიციური კუთხის პროექციას ვერტიკალურ სიბრტყეზე ეწოდება ვერტიკალური კუთხე. იმ შემთხვევაში, როცა ვერტიკალური კუთხის ერთი გვერდი თარაზულია, მაგალითად (ნახ. 1<sup>ა</sup>),  $BCB_0 = \nu_1$ ,  $DCD_0 = \nu_2$  კუთხეები, რომლებიც შესაბამისად მოცემული არიან დახრილ  $CB$  და  $CD$  მიმართებებსა და მათ  $CB_0$  და  $CD_0$  პორი-

ზონტულ პროექციებს შორის, ეწოდება დახრის კუთხეები. პირველს ეწოდება აღმართის (+) და მეორეს დაღმართის (-) კუთხე; ხოლო ვერტიკალურ  $V'CB = \alpha_1$ ,  $V'CD = \alpha_2$  კუთხეებს, რომლებიც მოქცეული არიან ხსენებულ  $CB$  და  $CD$  დახრილ მიმართებებსა და  $C$  წერტილში  $V'V$  შვეულ ხაზს შორის, ეწოდება ზენიტური მანძილები (შეიძლება ეუწოდოთ ზენიტური კუთხეებიც). მათი ოდენობა შეიძლება იყოს  $0-180^\circ$ -მდე.

როგორც წესი,  $\beta$  პოზიციურ კუთხეებს არ იყენებენ და ამიტომ არც ზომივენ. საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება მათი გაზომვა ტლანქად უშტატივო ინსტრუმენტით, როგორცია სექსტანტი, ხოლო მისი პროექცია ვერტიკალურ სიბრტყეზე განისაზღვრება არაპირდაპირი ხერხით, აღმართისა და დაღმართის კუთხეების ჯამის საშუალებით. პოზიციური კუთხის ოდენობა აგრეთვე შეიძლება განისაზღვროს  $C$ ,  $B$  და  $D$  წერტილების ნიშნულებიანი პროექციებისადმი შეთავსების მეთოდის გამოყენებითაც (იხ. 2. 6 თავი).

როგორც ვხედავთ, გეოდეზიური თვალთახედვით საჭიროა პორიზონტული, დახრის კუთხისა და ზენიტური მანძილებს (კუთხეების) გაზომვა, რისთვისაც საჭირო გახდა სათანადო კონსტრუქციის კუთხსაზომი ინსტრუმენტის შექმნა. (1<sup>ა</sup>) ნახაზის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შეიძლება  $Q_1$ ,  $Q_2$  ვერტიკალური სიბრტყეები შეეცვალოთ  $VV'$  შვეული ღერძის ირგვლივ მოძრავი ერთი  $Q$  სიბრტყით, მასზე მოძრავი  $R$  რადიუსით, რომელიც კუთხეების გაზომვის დროს  $C$  წერტილიდან მიემართება  $B$  და  $D$  წერტილებზე. და  $\beta_0$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha$  კუთხეები გამოვსახოთ სფერული კუთხეების შესაბამისი ხაზოვანი კუთხეების სახით. მაშასადამე, ამ სისტემით კუთხეების მიღების გამოსავალი იქნება: პორიზონტული  $H$  სიბრტყე, ვერტიკალური  $VV'$  ხაზი, ვერტიკალური მოძრავი  $Q$  სიბრტყე, რომელიც იბრუნებს  $VV'$  ღერძის ირგვლივ, და  $Q$  სიბრტყეში მოძრავი  $R$  რადიუსი.

(1<sup>ა</sup>) ნახაზზე გამოსახულია ზემოაღწერილი სქემის შესაბამისი კუთხსაზომი ინსტრუმენტის კონსტრუქციის სქემა, რომლის ელემენტები წარმოადგენს სფერული კოორდინატების სისტემის შესაბამის ბრტყელ კუთხეთა საწყის (გამოსავალ) ელემენტებს, როგორცია: 1. თარაზული წრედი (ლიმბი) გრადუსული ან გრადული დანაყოფებით  $\beta_0$  კუთხის განსაზღვრისათვის მასზე  $CB_0$  და  $CD_0$  მიმართულებების ასათვლელად; 2. მთავარი (ძირითადი)  $VV'$  ღერძი, რომელიც გადის ლიმბის ცენტრში; 3. ჰოგრის ბრუნვის  $K_1K_2$  ღერძი, რომლის ბრუნვით ჰოგრის  $KT$  სამზერი ღერძი, ასრულებს რა  $R$  მბრუნავ რადიუსის ფუნქციას, ჰქმნის მაგვემილებელი  $Q$  ვერტიკალური სიბრტყის შესაბამის კოლიმაციურ სიბრტყეს; 4. ვერტიკალური წრედი გრადუსული ან გრადული დანაყოფებით, რომელიც პარალელურია  $Q$  ანუ კოლიმაციური სიბრტყისა და რომელზეც აიღება  $\gamma$  დახრის კუთხე ან  $\alpha$  ზენიტური მანძილი.

აუცილებელია  $VV'$  მთავარი ღერძი იყოს მართობი ლიმბის სიბრტყისა. მაშინ კუთხეების გაზომვის წინ  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  ამწევი ხრახნებითა და შესწორე-

ბული დამყენებელი თარაზოთი მთავარი ღერძი დადგება ვერტიკალურად, ე. ი. პორიზონტული ლიმიზი თარაზულად. მაგვემილებელ  $Q$  ანუ კოლიმაციურა სიბრტყის პროექციის ფიქსირება თარაზულ წრედზე (ლიმიზზე) ხდება  $I_1$  ინდექსით, ხოლო მოძრავი  $R$  რადიუსის პროექციისა—ვერტიკალურ წრედზე, (ლიმიზზე)  $I_2$  ინდექსით.

კოგრის ბრუნვის  $K_1K_2$  ღერძი კოგრით და შვეული წრედით მოთავსებულია წრედალიდადზე ხისტად დამაგრებულ სადგარებზე, რომლებიც მთავარი  $VV'$  ღერძის ირგვლივ ბრუნავს.

ზემომოყვანილი სქემატური კონსტრუქცია უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: 1. ზედადგარის მილისის ღერძი ემთხვეოდეს მთავარ  $VV'$  ღერძს; 2. მთავარი  $VV'$  ღერძი უნდა იყოს მართობი პორიზონტულია წრედის სიბრტყისა და გადიოდეს მის ცენტრში; 3. დამყენებელი თარაზოს  $H_1H_2$  ღერძი უნდა იყოს მთავარი  $VV'$  ღერძის მართობი; 4. კოგრის სამიზნე  $KT$  ღერძი უნდა იყოს მართობი მისი  $K_1K_2$  ბრუნვის ღერძისა და იკვეთებოდნენ მთავარი  $VV'$  ღერძის ერთ წერტილში; 5. კოგრის ბრუნვის  $K_1K_2$  ღერძი უნდა იყოს მართობი მთავარი  $VV'$  ღერძისა და გადიოდეს ვერტიკალური წრედის ცენტრში.

### 6.8.2. თანამედროვე სრულყოფილი კუთხსაზომი ინსტრუმენტების კლასიფიკაცია

წინა პარაგრაფში ნაჩვენები იყო, თუ როგორი უნდა იყოს კუთხსაზომი ინსტრუმენტის აგებულება, რომ მათი საშუალებით შევძლოთ თარაზული და დახრის (ზენიტური) კუთხეების გაზომვები ზუსტად. ამასთან დაკავშირებით შედგენილი სქემატური (6.8.1.1) ნახაზის ძირითადი ელემენტებისადმი წაყენებული პირობების სათანადოდ შესრულება შეიძლება, თუ თანამედროვე სრულყოფილი კუთხსაზომი იარაღი იქნება აღჭურვილი წინა თავებში განხილული ხელსაწყოებით. ცხადია, ერთ ინსტრუმენტში მათ ღერძებს შორის სწორი გეომეტრიული კავშირი და სიზუსტეების ურთიერთშესაბამისობა საშუალებას უნდა გვაძლევდეს საჭირო სიზუსტით გაეზომოთ თარაზული და დახრის (ზენიტური) კუთხეები, აზიმუტები და მანძილები.

თანამედროვე სრულყოფილი კუთხსაზომი ინსტრუმენტები ხასიათდება: მათი დანიშნულებით; ზომების (ოდენობების); სამიზნე კოგრის მდებარეობით; ამწვევ აპარატთან (ზედადგართან) თარაზული ლიმიზისა და წრედალიდადის კავშირით; ლიმიზის მასალისა და დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოების ტიპების და სიზუსტის მიხედვით.

1. დანიშნულების მიხედვით კუთხსაზომი ინსტრუმენტებია: უნივერსალები, თეოდოლიტები, თეოდოლიტ-ტაქსომეტრები და ვერტიკალური წრედები.

უნივერსალებს იყენებენ ძირითადი გეოდეზიური და ასტრონომიული ქსელების შექმნის დროს. მათი საშუალებით ტოლი სიზუსტით იზომება პორიზონტული და ვერტიკალური (დახრის და ზენიტური) კუთხეები.

თეოლოლიტებს ძირითადად იყენებენ ჰორიზონტული კუთხეების გასაზომად და ხშირად მათ უწოდებენ სატრიანგულაციო ინსტრუმენტებს. ასეთ ინსტრუმენტებს უმეტეს შემთხვევაში ვერტიკალური წრედები არა აქვთ ან თუ გააჩნიათ, მაშინ მათ აქვთ მეორეხარისხისხიანი მნიშვნელობა და იყენებენ დამზნარე (დამატებით) გაზომვებისათვის.

თეოლოლიტ-ტაქეომეტრი ან მოკლედ ტაქეომეტრი წარმოადგენს თეოლოლიტს დიდი ზომის ვერტიკალური წრედითა და მანძილზომით. მათ უმთავრესად იყენებენ ტექნიკაში, სამთო და სამხედრო საქმეში ტაქეომეტრიული აგეგმვებისათვის, ნაგებობათა დაკვლევებისათვის და სხვა.

ვერტიკალური წრედით, რომელიც დიდი დიამეტრის მქონეა, იწოდება ვერტიკალური კუთხეები და იყენებენ ასტრონომიული გაზომვების დროს; ამ შემთხვევაში ჰორიზონტულ წრედს აქვს მეორეხარისხისხიანი მნიშვნელობა და მას მნათობებზე დაკვირვებების დროს იყენებენ ინსტრუმენტის სარეინტაციოდ.

სამარკშიდერო გაზომვების დროს ხშირად იყენებენ დაბალი სიზუსტის კუთხსაზომ ინსტრუმენტებს, რომელთაც უწოდებენ კუთხმზომებს, ხოლო, როცა მათ აქვთ მანძილზომები, უწოდებენ კუთხმზომ-ტაქეომეტრებს.

2. ზომების მიხედვით ინსტრუმენტები გვხვდება დიდი, როცა მისი ჰორიზონტული წრედის დიამეტრი 20 სანტიმეტრზე მეტია, საშუალო — დიამეტრით 12—20 სანტიმეტრამდე, და მცირე, თუ ჰორიზონტული წრედის დიამეტრი 12 სანტიმეტრზე ნაკლებია.

3. სამიზნე ჰოგარის მდებარეობის და (სახეობის) მიხედვით ინსტრუმენტები გვხვდება ცენტრალური, ექსცენტრული და ტეხილი ჰოგარით. ექსცენტრულ ჰოგარიან ინსტრუმენტებს იყენებენ სამარკშიდერო და ასტრონომიული გაზომვების დროს. ტეხილჰოგარიან ინსტრუმენტებს კი — ასტრონომიული დაკვირვებების დროს, როცა ვარსკვლავები იმყოფება ადგილის ზენიტის ახლოს.

4. ამწევ აპარატთან (ზედადგართან) თარაზული წრედის კავშირის ანუ ვერტიკალური ლერძის კონსტრუქციისა და მისი ელემენტების კავშირის მიხედვით კუთხსაზომი ინსტრუმენტები იყოფა განმეორებით და არაგანმეორებით სახეებად (6.6.3 პარაგრაფი). პირველით შეიძლება კუთხეების გაზომვა განმეორებით და სხვა ხერხებით (ნახ. 6.6.3.1<sup>ა</sup>); ასეთი ინსტრუმენტის ზედადგარის მილისში ბრუნავს ჰორიზონტული წრედის ლერძი, რომელიც იმავე დროს წრედალიდადის ლერძის ბრუნვის მილისს წარმოადგენს, ე. ი. წრედალიდადის ლერძი ემაგრება ჰორიზონტული წრედის ლერძს და როცა წრედალიდადა დამაგრებულია. მისი ბრუნვა შეიძლება მხოლოდ პერიზონტულ წრედთან ერთად. როგორც ვხედავთ, აქ უნდა იყოს ორი წყვილი დამაგრებელი (დამტყეცი) და მიკრომეტრული ხრახნი. ერთი წყვილი — პერიზონტული წრედისათვის, მეორე წყვილი კი წრედალიდადისათვის.

არაგანმეორებითი კუთხსაზომი ინსტრუმენტებით კუთხეების გაზომვა განმეორებითი ხერხით არ შეიძლება. ისინი გვხვდება უძრავი (ნახ. 6.6.3.1<sup>ბ</sup>) და მოძრავი (6.6.3.1<sup>გ</sup>) პერიზონტული წრედით.



უძრავი პორიზონტული წრედის მქონე ინსტრუმენტებში მისი ბრუნვის ღერძი ხისტად არის შედუღებული ზედადგარზე, რომელიც წრედალიდადის ბრუნვის ღერძის მილის წარმოადგენს, ე. ი. აქ მხოლოდ წრედალიდადას აქვს დამტკეცი და მიკრომეტრული ხრახნი.

მოძრავ წრედიანი არაგანმეორებითი კუთხსაზომ ინსტრუმენტში პორიზონტულ წრედს არა აქვს დამკერი და მიკრომეტრული ხრახნი და ხელით ხდება მისი ბრუნვა და ხახუნის ძალით შეჩერება (ნახ. 6.6.3.1<sup>4</sup>); ასევე, (6.6.3.1<sup>4</sup>) ნახაზის შესაბამის მოძრავ წრედიან არაგანმეორებით კუთხსაზომ ინსტრუმენტშიც პორიზონტულ წრედს არა აქვს დამტკეცი და მიკრომეტრული ხრახნი, ხოლო პორიზონტული წრედის ბრუნვას ვახდენთ მის ქვემოთ მოწყობილი საბრუნავი ხრახნით. მაშასადამე, აქ ლიშბი შეიძლება ვაბრუნოთ, როცა წრედალიდადა უძრავად არის დამაგრებული, ე. ი. წრედალიდადას აქვს დამტკეცი და მიკრომეტრული ხრახნი და იგი არ ემაგრება პორიზონტული წრედის ღერძს.

როგორც ვნახავთ, განმეორებითი კუთხსაზომი ინსტრუმენტები გამოიყენება ტაქომეტრებში და შედარებით ტლანქ ინსტრუმენტებში, ხოლო მოძრავ წრედიან არაგანმეორებით ინსტრუმენტებს იყენებენ მაღალი და უმაღლესი სიზუსტის გაზომვების დროს.

5. ლიშბის მასალისა და დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოების ტიპების მიხედვით ინსტრუმენტებია ლითონის პორიზონტულ წრედიანი და ვერნიერებიანი ან მიკროსკოპებიანი და მინის პორიზონტულ წრედიანი და მიკროსკოპებიანი.

თანამედროვე ინსტრუმენტებს, რომელთაც აქვთ მინის წრედები და ზედადგარზე ან ჰოგარის გვერდით მიმაგრებული მიკროსკოპის მხედველობის არეში წრედისა და მიკრომეტრის გამოსახულების მომცემი ასათვლელი სისტემა, უწოდებენ ოპტიკურ ინსტრუმენტებს.

6. სიზუსტის მიხედვით კუთხსაზომი ინსტრუმენტები იყოფა: მაღალი სიზუსტის, რომელთა საშუალებით პორიზონტული კუთხების გაზომვის საშუალო კვადრატული შეცდომებია  $\pm 0''$ ,  $5$ — $\pm 1''$ ,  $0$ -მდე; ზუსტი ( $\pm 2''$ — $\pm 10''$ ) და მცირე სიზუსტის, რომელთა საშუალებით კუთხების გაზომვის საშუალო კვადრატული შეცდომები  $\pm 15''$ — $\pm 30''$  დატარებულია.

1963 წელს შემუშავებული სახელმწიფო სტანდარტი 10529—63 „თეოდოლიტები“ საბჭოთა კავშირის მთავრობის მიერ დამტკიცებულ იქნა 1965 წლის ბირველ იანვარს. იგი გულისხმობს ოთხ ჯგუფში გაერთიანებული შემდეგი ტიპის თეოდოლიტების გამოშვებას:

I ჯგუფი: უმაღლესი სიზუსტის ოპტიკური თეოდოლიტები I და II კლასის ტრიანგულაციისა, პოლიგონომეტრიისა და განსაკუთრებული სიზუსტის დაკვალვითი სამუშაოებისათვის, რომელთა საშუალებით პორიზონტული კუთხების გაზომვა შეიძლება  $\pm 0''$ ,  $5$ — $\pm 1''$ ,  $0$  საშუალო კვადრატული შეცდომით. შესაბამისად, მათი აღნიშვნაა T05 და T1<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> საერთოდ T აღნიშნავს თეოდოლიტის რუსულ სახელწოდებას, ხოლო რიცხვი ამ თეოდოლიტით პორიზონტული კუთხის გაზომვის საშუალო კვადრატულ შეცდომას.

II ჯგუფი: მაღალი სიზუსტის ოპტიკური თეოდოლიტები 3 და 4 კლასის ტრიანგულაციისა, პოლიგონომეტრიისა და მაღალი სიზუსტის დაკვალვითი სამუშაოებისათვის, რომელთა საშუალებით პორიზონტულა კუთხეების გაზომვა შეიძლება  $\pm 2''$  საშუალო კვადრატული შეცდომით. მათი აღნიშვნაა T2.

III ჯგუფი: საშუალო სიზუსტის (ზუსტა) ოპტიკური თეოდოლიტები ანალიტური ქსელებისა 1 და 2 თანრიგის პოლიგონომეტრიისა და დაბალი კლასების ტრიანგულაციისა და სხვადასხვა სახის საინჟინრო ნაგებობების ღერძების ტრასირებისათვის (მოგეზებისათვის), რომელთა საშუალებით კუთხეების გაზომვა შეიძლება  $\pm 5''$ — $\pm 10''$  საშუალო კვადრატული შეცდომით. შესაბამისად, მათი აღნიშვნაა T5 და T10.

IV ჯგუფი: დაბალი სიზუსტის ოპტიკური თეოდოლიტები თეოდოლიტური და ტაქომეტრიული სკლებისათვის, სამარკშიდერო (წილში და კარიერებზე) სამუშაოებისა და ნაგებობათა დაკვალვებისათვის, რომელთა საშუალებით პორიზონტული კუთხეების გაზომვა შეიძლება  $\pm 15''$ — $\pm 20''$ — $\pm 30''$  საშუალო კვადრატული შეცდომებით, შესაბამისად, მათი აღნიშვნაა T15, T20, T30.

10529—63 სტანდარტის შესაბამისად ჩვენში შეწყვეტილია ლითონისწრედებიანი თეოდოლიტების გამოშვება და უკვე ითვისებენ ზემოხსენებულ ოპტიკური თეოდოლიტების სერიულად გამოშვებას. წარმოებებში ჭერჭერობით გამოიყენება ლითონისწრედებიანი და ვერნიერებიანი თეოდოლიტები. ამიტომ უკვე მოთხოვნილება განხილული.

### 6.8.3. დაბალი სიზუსტის სრულყოფილი კუთხსაზომი ინსტრუმენტები (IV ჯგუფი)

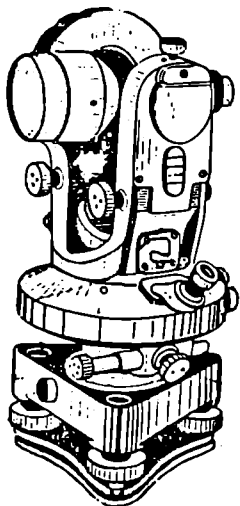
სახელმწიფო 10529—63 სტანდარტის მიხედვით ეს ჯგუფი აღნიშნულია ტექნიკური სიზუსტის კუთხსაზომი ინსტრუმენტების სახელწოდებით. ფაქტობრივად კი თანამედროვე ტექნიკის სიზუსტის დონე მრავალშემთხვევაში მოითხოვს წინა პარაგრაფში მოყვანილი ყველა ჯგუფის კუთხსაზომი ინსტრუმენტების გამოყენებას.

ამ ჯგუფს აკუთვნებენ საბჭოურ ლითონისწრედებიან ინსტრუმენტებს, როგორცაა: თეოდოლიტ-ტაქომეტრი TT-5 (ნახ. 1), რომლის მოდიფიკაციას წარმოადგენს თეოდოლიტ-ტაქომეტრი TT-50 (ნახ. 2) და TT-2 საპროექციო თეოდოლიტ-ტაქომეტრი TTP (ნახ. 3) და თეოდოლიტ-ნიველირი TH (ნახ. 4); მცირეგაბარიტიანი თეოდოლიტი TM-1 (ნახ. 5), სამთო თეოდოლიტი TT-5 (ნახ. 6); მცირეგაბარიტიანი ოპტიკური თეოდოლიტი TOM (ნახ. 30); სამარკშიდერო მცირეგაბარიტიანი ოპტიკური თეოდოლიტი T-30 (ნახ. 31); ოპტიკური თეოდოლიტ-ტაქომეტრი T-20 (ნახ. 32); ოპტიკური თეოდოლიტი OMT-30 (ნახ. 33).

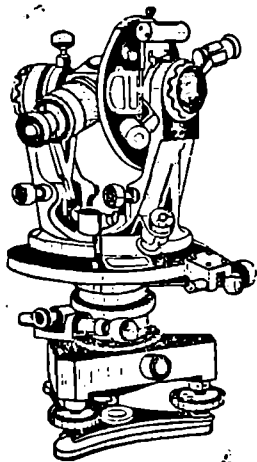
ამავე ჯგუფს ეკუთვნის უცხოეთის მიერ გამოშვებული ზოგიერთი ინსტრუმენტი, როგორცაა: თეოდოლიტი Theo-120 (ნახ. 36); ჩამოსაკიდა თეოდოლიტი Theo-6,1 (ნახ. 37) და თეოდოლიტი Te-E4 (ნახ. 39).

A. ლითონის წარმოების თეოდოლიტ-ტაქსომეტრები

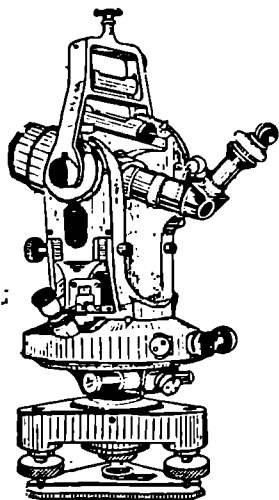
განხილავთ ინსტრუმენტები დახურული კონსტრუქციისაა. მათი ძირითადი დეტალები და კვანძები დაცულია მტვერისა და ტენის უშუალოდ მოხვედრისა.



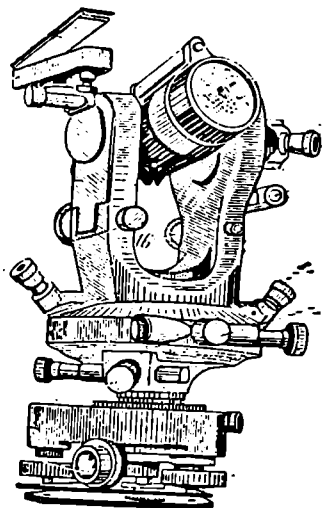
ნახ. 6.8.3.1.



ნახ. 6.8.3.2.



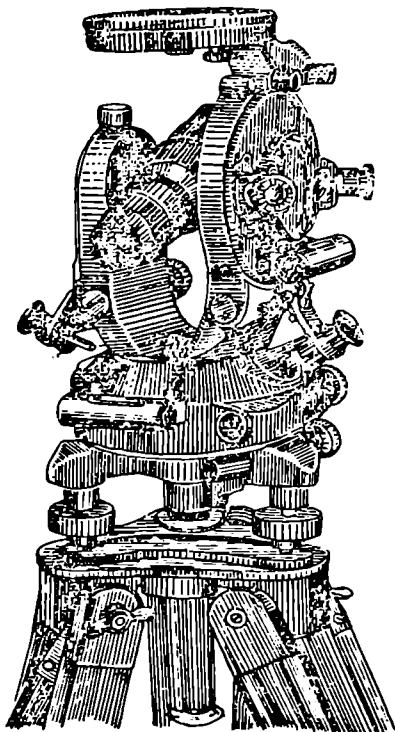
ნახ. 6.8.3.3.



ნახ. 6.8.3.4.

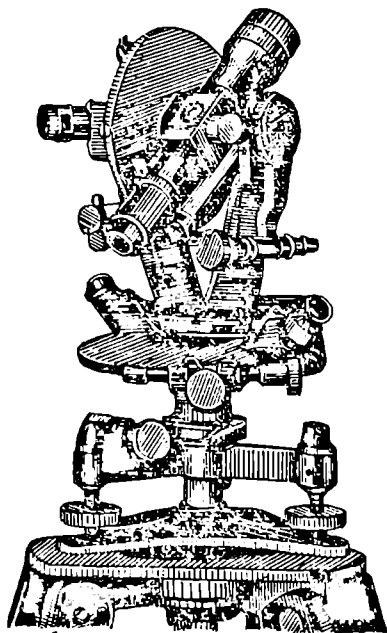
გან, რის გამო ამ ინსტრუმენტებით შეიძლება მუშაობა სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში. ამ ჯგუფის ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია (6.8.6.2) ცხრილში. მათ შორის TT-5 (ნახ. 1) შედარებით მსუბუქი პორტატული და დანიტებითი ხელსაწყოებით უკეთ აღჭურვილია, ვიდრე მისი მოდიფიკაციის TT-5N (ნახ. 2), TT-2, TTP (ნახ. 3), TH (ნახ. 4), TM-1 (ნახ. 5), TG-5 (ნახ. 6) ინს-

ტრუმენტები; ამიტომ მას ვრცლად განვიხილავთ. (7) ნახაზზე ნაჩვენებია TT-5 სამუშაო მდგომარეობაში. საერთოდ სურათებზე ინსტრუმენტების სხვადასხვა ნაწილები აღნიშნულია არაბული ციფრებით. 1 არის შტატივი (სამფეხი); მის თავზე 2 (სადგარზე) ზედადგარის 3 საშუალებით დაყენებულია თეოდოლიტი 4. (8°, 3) ნახაზი წარმოადგენს ხელს ვერტიკალური წრედისა და ორიენტირ ბუსოლის მხრიდან. 1 არის ვერტიკალური წრედის გარსაცმი; 2—ვერტიკალური წრედის ლიმბის განათებისათვის ხერცე; 3—ლუპები ვერტიკალურ წრედის ლიმბზე და ალიდადის ვერნიერზე ანათვლების ასაღებად; 4—ცილინდრული თარაზო ვერტიკალური წრედის ალიდადაზე ანუ მოკლედ შიმშა—ალიდადაზე, ხოლო 5—მისი შემასწორებელი ხრახნები და 6—იმავე თარაზოს დამყენებელი (მიკრომეტრული) ხრახნი; 7—ხერცეტი პორიზონტული წრედის (ლიმბის) განათებისათვის; 8—ლუპები პორიზონტულ წრედზე და ვერნიერზე ანათვლების ასაღებად; 9—პორიზონტული წრედის (ლიმბის) დამყენებელი (მიკრომეტრული) ხრახნი; 10—მილისი ხერხემალა ხრახნისათვის; 11—პორიზონტული (ჰოვარის ბრუნვის) ღერძის დამტკეცი (დამამაგრებელი) ხრახნი; 12—ობიექტივის ლინზის ბუდე; 13—სამიზნე ჰოვარის დასამიზნებელი მიკრომეტრული ხრახნი; 14—პორიზონტული წრედის ალიდადაზე (წრედალიდადაზე) ცილინდრული თარაზო; 15—პორიზონტული წრედის გარსაცმი; 16—პორიზონტული წრედის დამტკეცი (დამამაგრებელი) ხრახნი; 17—ზედადგარის დამყენებელი (ამწევი) ხრახნის რეგულირებისათვის ქანჩი; 18—ზედადგარის დამყენებელი (ამწევი) ხრახ-

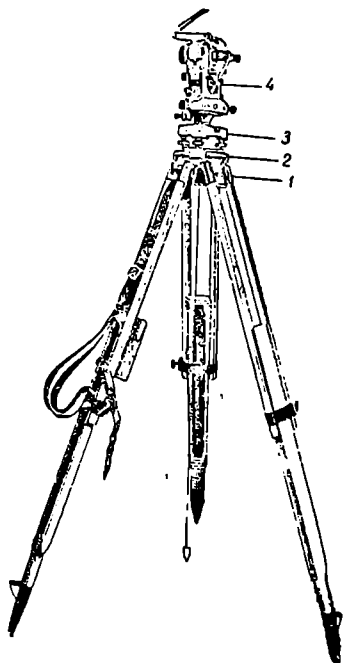


ნახ. 6.8.3.5.

ნები; 19—ორიენტირ ბუსოლი; 20 და 29—ჰოგრის ბრუნვის ღერძის სადგარი; 21—ჰორიზონტული წრედის ალიდადაზე ცილინდრული თარაზოს შემასწორებელი ხრახნი; 22—ზედადგარი; 23—ზედადგარის ზამბარა ფირფიტა; 24—ზედადგარის დამაკავშირებელი სადგარი; 25—ვერტიკალური წრედის გარსაცმი; 26—სამზერი ჰოგრის საგანზე ფოკუსირების კრემალევის რგოლი; 27—ოკულარის მილაკის ძაფთა ბადეზე (თვალზე) ფოკუსირებისათვის კრემალიერის რგოლი; 28—ოკულარის მუხლის ხრახნების დამცავი ხუფი; 30—ჰორიზონტული წრედის ალიდადის დამყენებელი ანუ ჰოგრის აზიმუტზე შებრუნებისათვის მიკრომეტრული ხრახნი; 31—ჰორიზონტული წრედის



ნახ. 6.8.3.6.

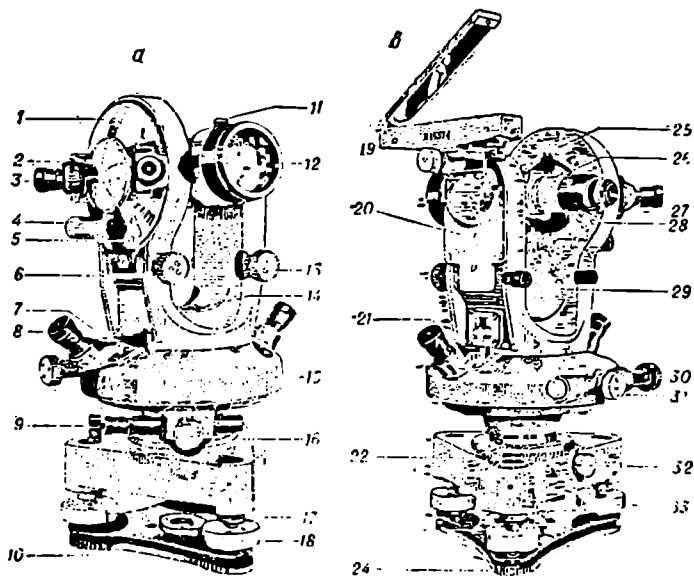


ნახ. 6.8.3.7.

ალიდადის დამტკეცი (დამამაგრებელი) ხრახნი; 32—ზედადგარზე თეოდოლიტის დამამაგრებელი (დამტკეცი) ხრახნი; 33—შვეულის დასაკიდებლად კავიანი საყელური.

როგორც ვხედავთ, თეოდოლიტს აქვს  $VV'$  ვერტიკალური და  $K_1K_2$  ჰორიზონტული (ჰოგრის ბრუნვის) ღერძი (ნახ. 6.8.1.1<sup>ა</sup>). პირველი არის იდეალური წრფე, რომელიც გადის ჰორიზონტული ღერძისა და ჰოგრის გეომეტრიული ღერძის გადაკვეთის წერტილზე, წრედალიდადასა და ჰორიზონტულ წრედის გეომეტრიულ ცენტრებზე, ზედადგარის ცენტრში და ხერხემალა ხრახნის ღერძზე. მასთან უნდა იყოს შერწყმული თეოდოლიტის ფიზიკური  $OC$

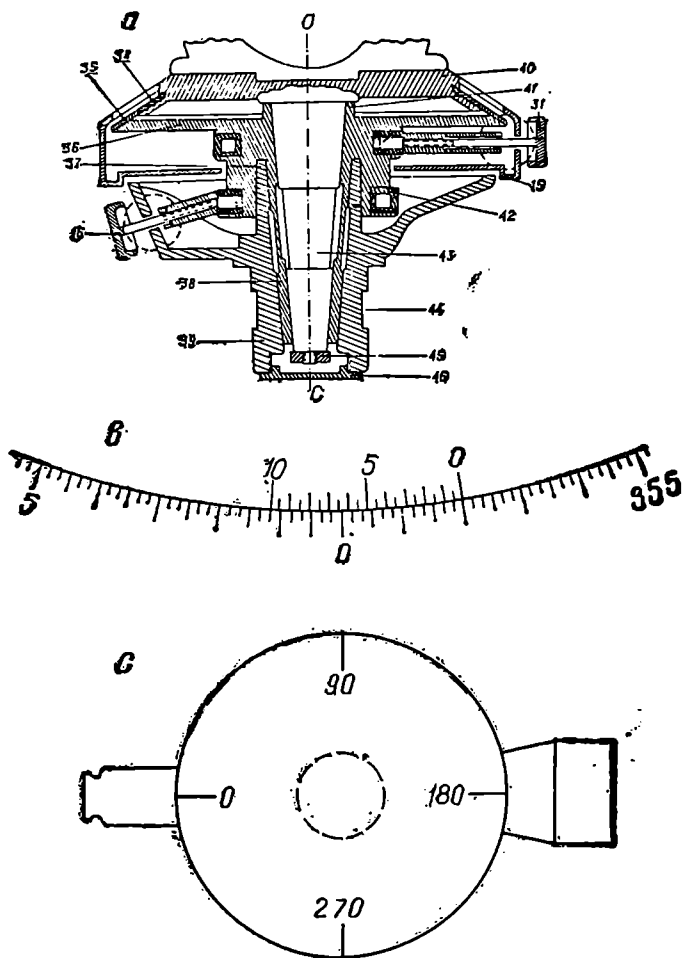
ვერტიკალური ღერძი, რომლის მიმართებით კრილი გამოსახულია (9<sup>ა</sup>) ნახაზზე. OC ფიზიკური ღერძი აქ აერთიანებს პორიზონტული წრედის ბრუნვის ღერძს და მისი ალიდადის ანუ წრედალიდადის ბრუნვის ღერძს. ეს უკანასკნელია ძირითადი (მთავარი) ღერძი. (9<sup>ა</sup>) ნახაზზე 15 არის პორიზონტული წრედის გასასაცმი; 16—პორიზონტული წრედის დამტკეცი ხრახნი; 31—პორიზონტული წრედის ალიდადას (წრედალიდა-



ნახ. 6.8.3.8.

დას) დამტკეცი ხრახნი; 34—ვერნიერი (ორი ცალი ერთი და იმავე დიამეტრზე); 35—პორიზონტული წრედი (ლიმბი); 36—პორიზონტული წრე; 37—შემაერთებელი (დამაკავშირებელი) ქუროს მხარულეები; 38—პორიზონტული წრედის ბრუნვის ღერძი; 39—შემაერთებელი (დამაკავშირებელი) ქურო; 40—პორიზონტული წრედის ალიდადა (წრედალიდადა); 41—პორიზონტული წრედის ბრუნვის ღერძის მხარულეები; 42—პორიზონტული წრედის დამტკეცი ხრახნის მილისი; 43—პორიზონტული წრედის ალიდადის (წრედალიდადის) ბრუნვის ანუ ძირითადი (მთავარი) ღერძი; 44—შემაერთებელი ქუროს რგოლური ამონაჩახნი; 45—დამაკავშირებელი (შემაერთებელი) ქანჩი; 46—შემაერთებელი ქუროს ხუფი მტერისაგან დასაცავად. როგორც თარაზული, ისე ვერტიკალური წრედის დანაყოფების წარწერები (ნახ. 9<sup>ა</sup>) დალაგებულია 0°—360°-მდე საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით 10' საფასურებითა და ყოველ 5° წარწერით. ვერტიკალური წრედი მიდრეკილია კოგრზე ისე, რომ 0°-180° დიამეტრის ნული ყოველთვის ოკულარისაკენ არის, 180° კი ობიექტივისაკენ

(ნახ. 9<sup>ე</sup>). როგორც წრედი, ასევე ჰოგრი მიღღებულია პორიზონტულ (ჰოგრის ბრუნვის) ღერძზე, ე. ი. ისინი ერთად მოძრაობენ, ხოლო შიმშა ალი-დადა ვერნიერებია და თარაზოთი მიმაგრებულია ერთ-ერთ ღგამზე. ვერნიერე-



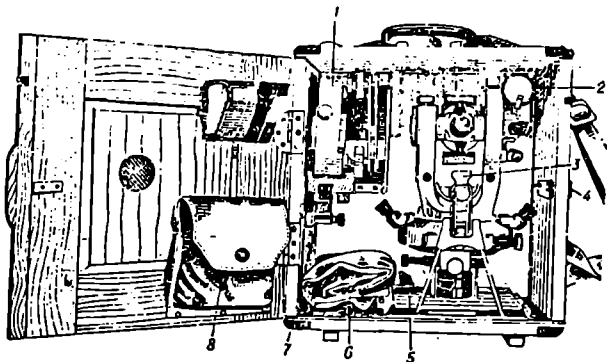
ნახ. 6.8.3.9.

რებზე არის 20 დანყოფი და წარწერებია 0,5, 10, ე. ი. სიზუსტეზე  $t = 5' : 10 = 30''$ .

(10) ნახაზე გამოსახულია TT-5 ყუთში, სადაც 1 არის ზედაღგარი;

2—მზის საჩრდილი; 3—საკეტელა (რაზა); 4—კნობ-ხრახნი; 5—ოკულარის პრიზმი; 6—ჩალითა; 7—ორიენტირ-ბუსოლი; 8—ჯიბე საკუთნარით.

როგორც ვხედავთ, ზედადგარი 22 (ტრეგერი) არის მოსახსნელი (ნახ. 3), რომელზეც მაგრდება თეოდოლიტი ხრახნით 32. ამ ხრახნის ცოტა მოშვებით შეიძლება თეოდოლიტის ბრუნვა წრიულად. ზედადგარის ტოტემში გაყრილი სამი დამყენებელი (ამწვევი) ხრახნით 18 თეოდოლიტის წრედ-ალიდადს ბრუნვის ანუ ძირითად (მთავარ) ღერძს ვაყენებთ შვეულად. ამ ხრახნების სვლის სიმდოვრეს აღწევენ ქანჩით 17. აღნიშნული ამწვევი ხრახნები ეყრდნობა ზედადგარის 22 სადგარ ფირფიტას 24, რომელსაც იჭერს ზამბარა-ფირფიტა 23. ფირფიტის ცენტრში დამაგრებულია მილისი 10 კუთხვილით ხერხნალა ხრახნისათვის, რომლითაც ზედადგარი ინსტრუმენტიურთ მაგრდება მტატივის სადგარზე (თავზე). ზედადგარის ქვედა ნაწილის ტანი დახურულია: 33 არის საყელური კავთი ზონარი შეეულის ჩამოსაკიდებლად. აქვე შევნიშნავთ, რომ არის თეოდოლიტები, რომელთა ზედადგარი არ არის მოსახსნელი და რგი ინსტრუმენტის განუყრელ ნაწილს წარმოადგენს. მაგალითად TT-5, სამიზნე ჭოგრის ბრუნვა შეიძლება ხელით, ხოლო ვერტიკალურ სიბრტყეში საგანზე დამიზნებისათვის საჭიროა იგი დამაგრდეს მისი ბრუნვის ღერძის



ნახ. 6.8.3.10.

დამტკეცი ხრახნით 11 და შემდეგ დასამიზნებელი მიკრომეტრული ხრახნით 13 მოხდეს ჭოგრის დამიზნება ვერტიკალური მიმართულებით.

განხილად ინსტრუმენტებში წრედალიდადის ბრუნვის ღერძი 43 მიემაგრება ჰორიზონტული წრედის ბრუნვის ღერძს 38 დამტკეცი ხრახნით 31 (ნახ. 9) და შემდეგ თარაზული მიმართებით ანუ აზიმუტში ჭოგრის ზუსტი დამიზნებისათვის ვიყენებთ მიკრომეტრულ ხრახნს 30 (ნახ. 8). მაშასადამე, როცა ჰორიზონტული წრედი დამაგრებულია, შეიძლება ვაბრუნოთ წრედალიდადა, ხოლო თუ წრედალიდადა დავამაგრეთ და ჰორიზონტული წრედი ავუშვიტ, წრედალიდადა იბრუნებს ჰორიზონტულ წრედთან ერთად. როგორც ვიცით, ღერძების ასეთი კავშირით ხასიათდება განმეორებითი თეოდოლიტების ტიპები.

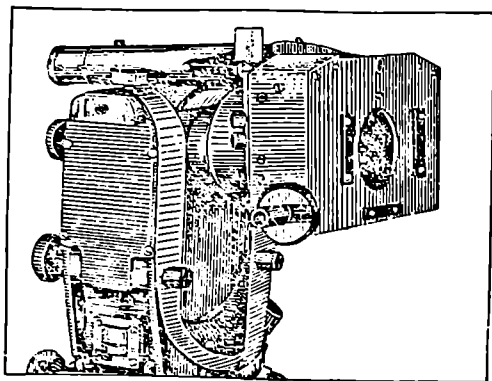
თეოდოლიტ-ტაქსომეტრი TT-5 აღჭურვილია: სხვადასხვა ზომის პირებიანი სახრახნისით, ქანჩისალებებით (ქანჩების გასალებები, ჩხირები), ყალიბით (ფუნჯი), ფლაკონი ზეთით და ხელსახოცით.



განხილავთ თეოდოლიტით სხვადასხვა სახის გეოდეზიური სამუშაოების შესრულების მიზნით ქარხანა საგანგებო დავალებით ამზადებს შემდეგი სა-

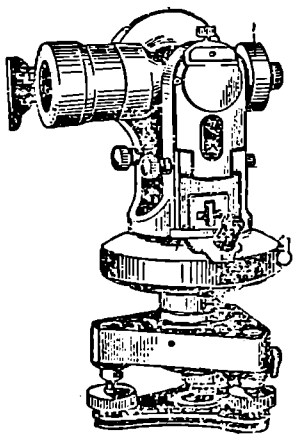
ხის აღმატებით ხელსაწყოებს:

1. მანძილზომის კომპლექტი ДНТ2 ორი ცალი პორიზონტული ლარტყით, ზედადგარით, შტატივითა და კუთხსაზომი ნიშნით (მარკით), რომელიც 50—700 მეტრამდე ხაზების გაზომვის საშუალებას იძლევა 1 : 1500 ფარდობითი საშუალო კვადრატული შეცდომით (ნახ. 11);

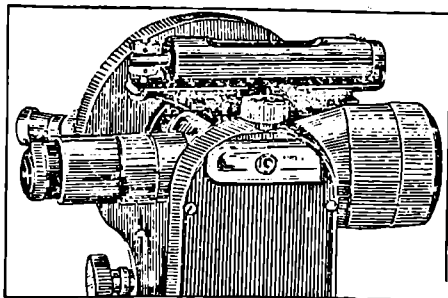


ნახ. 6.8.3.11.

2. დიფერენციალური მანძილზომი ДДЗ ორი ცალი ვერტიკალური ლარტყით, რომელიც 20-200 მეტრამდე ხაზების გაზომვის საშუალებას იძლევა არა უმეტეს 1 : 2000 ფარდობითი საშუალო კვადრატული შეცდომით (ნახ. 12);



ნახ. 6.8.3.12.



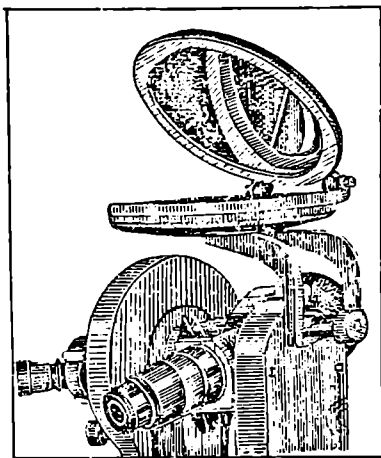
ნახ. 6.8.3.13.

3. ცილინდრული თარაზო УТН 20, საფასურით 20", რომელიც ინსტრუმენტის ჰოგრის ერთ-ერთ საშიზნე კორაზე მაგრდება და რომლითაც ტექნიკური ნიველობის დროს ჰოგრის მზერის ღერძს აყენებენ პორიზონტულად (ნახ. 13). ცხადია, ამ შემთხვევაში საჭიროა თარაზოს ღერძი პარალელური იყოს ჰოგრის მზერის ღერძისა;

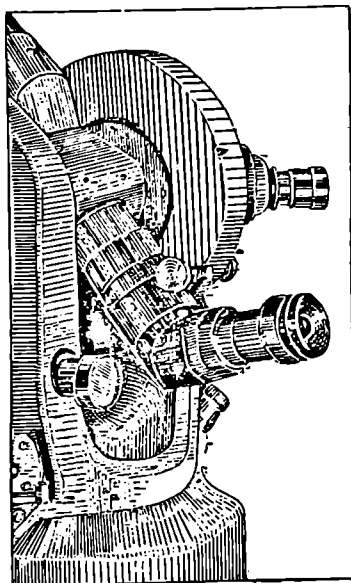
4. წრიული ბუსოლი რგოლზე აზიმუტური წარწერებითა და მოძრავ საკით, რომელიც მაგრდება ინსტრუმენტზე ნაცვლად ორიენტირ-ბუსოლისა და რომლითაც შეიძლება მაგნიტური აზიმუტის გაზომვა  $\pm 10'$  შეცდომით (ნახ. 14);

5. ოკულარის საცმი OHT 75, რომელიც გამოიყენება საგნებისა და ციური მნათობების დამზერის დროს 75°-მდე დახრის კუთხის შემთხვევაში. მზეზე დაკვირვების დროს მასზე ჩამოაცობენ სინათლის ფილტრს (ნახ. 15);

6. ოპტიკური შვეული (ნახ. 16<sup>ა</sup>), რომელსაც აყენებენ ზონარი-



ნახ. 6.8.3.14.



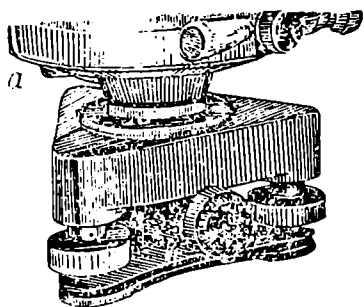
ნახ. 6.8.3.15.

შვეულის ნაცვლად ამისათვის საყელურს 33 კავით (ნახ. 8) ხსნიან და მის ნაცვლად იმავე ხრახნებით აყენებენ ხსენებულ შვეულს. ამის შემდეგ კი საჭიროა შემოწმება;

7. ელექტრომოწყობილობათა კომპლექსი, რომელიც საშუალებას იძლევა ვიმუშაოთ დაბინდებისას და ღამით (ნახ. 16<sup>ბ</sup>).

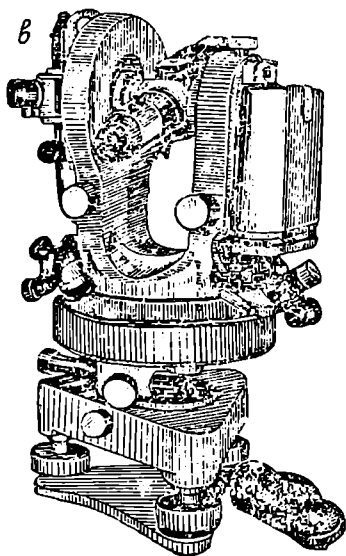
გეოდეზიურ პრაქტიკაში დამკვიდრებულია მოკლე გამოთქმები, რაც საჭიროა წიგნების კითხვის დროს იყოს მხედველობაში მიღებული. მაგალითად ამბობენ: წ რ ე დ ი მ ა რ ჯ ვ ნ ი ე (R), რაც ნიშნავს ოკულარიდან შვეული წრედია მარჯვნივ, ხოლო, წრედი მარცხნივ (L) ნიშნავს ოკულარიდან შვეული წრედია მარცხნივ; წ რ ე დ ა ლ ი დ ა დ ა ნ ი შ ნ ა ვ ს ჰ ო რ ი ზ ო ნ ტ უ ლ ი წ რ ე დ ის ა ლ ი დ ა დ ა ს; შ ი მ შ ა - ა ლ ი დ ა დ ა - ვ ე რ ტ ი კ ა ლ უ რ ი წ რ ე დ ის ა ლ ი დ ა დ ა ს; თ ა რ ა - ზ ო ს ბ უ შ ტ უ ლ ა დ ა ვ ა ყ ე ნ ე თ ნ უ ლ პ უ ნ კ ტ ზ ე ნ ი შ ნ ა ვ ს თ ა რ ა ზ ო ს ბ უ შ ტ უ ლ ა ს შ უ ა

m წერტილი შევუთავსეთ მისი ამჟღის სამუშაო შიგა ზედაპირის სკალის  
o ან k წერტილს.



ა. კუთხის წვეროზე თეოდოლიტის  
თეოდოლიტის დაყენება  
სამუშაო მდგომარეობაში.  
წვრილიღებზე სამიზნეების  
დაყენება. ზოგბრის სამიზნედ  
გამზადება და დამიზნება  
ხაზაზე. ხელსაწყოებითურთ  
მისი ჩალაგება პუთში  
(ვიგულისხმობთ, რომ  
ინსტრუმენტი უკვე ამხრის  
წინივარსება)

### I. კუთხის წვეროზე თეოდოლიტის დაყენება სამუშაო მდგომარეობაში



ნახ. 6.8.3.16.

1. გამოლილი და დამაგრებუ-  
ლი ფეხებით შტატივი უნდა და-  
ვაყენოთ გასაზომი კუთხის წვე-  
როზე ისე, რომ მისი სადგარი  
(თავი) იყოს დაახლოებით ჰორი-  
ზონტულად და ზერეტის ცენტრის  
ვერტიკალური გეგმილი ემთხვეო-  
დეს ხსენებული წვეროს ცენტრს;

2. კნაპ-ხრახნზე 4 ბოლომდე  
თითის დაჭერით ვალებზე ყუთის  
კარებს (ნახ. 10), გამოვიღებთ ზე-  
დადგარს 1 და ვამაგრებთ შტატი-  
ვის თავზე ხერხემალა ხრახნით;  
და მის კავზე ჩამოკიდებული ზო-  
ნარი ან ხისტი შევუღოთ და ან  
ოპტიკური შევუღოთ ვაწარმოებთ  
გასაზომი კუთხის წვეროზე ზე-  
დადგარს (ან შტატივის სადგარის)  
შედარებით ტლანქად (2—3 სმ  
ცენტრიდან გადაცილებით) და-  
ცენტრას შტატივის ბუნიკზე ფე-  
ხის დაჭერით და მიწაში ჩაღრმავ-

ებთ ან შტატივის გადაადგილებით და მიწაში მისი ფეხების ჩაღრმავებით  
ისე, რომ შტატივის სადგარი (თავი) თვალზომით იყოს თარაზულად. გასა-  
შლელი შტატივის სადგარის მცირედი გადაადგილება შეიძლება ფეხების და-  
ჯრძელება დამოკლებით;

3. ვათავისუფლებთ საკეტელას 3 და ჩვენსკენ გადმოვწევთ წრედალიდა-  
ლას მიმჭერს. ყუთიდან ამოვიღებთ თეოდოლიტს და დავამაგრებთ მას ზე-  
დადგარში ხრახნით 32 (ნახ. 8);

4. თეოდოლიტის ზუსტი დაცენტრება ხდება იმავე ზონარი, ხისტი ან ოპტიკური შვეულით, რისთვისაც პირველ რიგში წრედალიდალაზე დამაგრებულ ცილინდრული თარაზოთი 14 (ნახ. 8) უნდა შევასრულოთ წრედალიდალის ნიველირება ანუ მოვიყვანოთ შვეულად ინსტრუმენტის მთავარი VV' ლერძი (ნახ. 6. 8. 1. 1<sup>ა</sup>). ამ მოქმედებას ეწოდება ინსტრუმენტის მომწესობაში მოყვანა, რისთვისაც წრედალიდალს ბრუნვით ხსენებულ თარაზოს ვაყენებთ ნებისმიერი ორი დამყენებელი (ამწევი) ხრახნის 18 (ნახ. 6) გასწვრივ და მათი ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვით გადაადგილებით ბუშტულის შუა წერტილს ამჟღის ნულპუნქტისადმი შეთავსებამდე (ყოველთვის ჩვენგან მარჯვენა ამწევი ხრახნი უნდა ვაბრუნოთ იქით, საითაც საჭიროა ბუშტულის გადაადგილება, ხოლო მარცხენა ხრახნის მის საწინააღმდეგოდ ბრუნვით მოვიგებთ დროში, ხრახნების სიგრძეების რაციონალურ გამოყენებაში და ბუშტულის გადაადგილების მდოვრულობაში). მაგალითად, თუ ბუშტულა იმყოფება ამჟღის ნულპუნქტიდან (ანუ ჩვენგან) მარჯვნივ, ეს იმას ნიშნავს, რომ აწეულია თარაზოს ლერძის მარჯვენა მხარე და საჭიროა მისი დაწევა, რისთვისაც მარჯვენა ამწევი ხრახნს ვაბრუნებთ მარცხნივ, ანუ საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ, რითაც დაიწევს თარაზოს ლერძის მარჯვენა ბოლო და თანადროულად მარცხენა ხრახნის საწინააღმდეგოდ (მარჯვნივ), საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით ბრუნვით ზემოთ აწევთ თარაზოს ლერძის მარცხენა ბოლოს. მაშასადამე, თანადროულად ხდება ლერძის მარჯვენა ბოლოს დაწევა და მარცხენა ბოლოს აწევა, რითაც ბუშტულა გადაიხრება ნულპუნქტისაკენ. ცხადია, თუ ბუშტულა იმყოფება ნულპუნქტიდან (ანუ ჩვენგან) მარცხნივ, მაშინ ჩვენგან მარჯვენა ხრახნი უნდა ვაბრუნოთ საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, ხოლო მარცხენა ხრახნი მის საწინააღმდეგოდ; შემდეგ შევაბრუნებთ წრედალიდალს 90°-სით ანუ ხსენებულ თარაზოს დავაყენებთ მესამე ამწევი ხრახნის გასწვრივ. ამ დროს თუ ბუშტულას შუა წერტილი არ დაემთხვა ამჟღის ნულპუნქტს, მარჯვენა ხრახნისადმი ზემოთ აღწერილი წესით მარჯვენა ხელით მესამე ხრახნის ბრუნვით მოვახდენთ ბუშტულის ცენტრის შეთავსებას ნულპუნქტისადმი. ვინაიდან ვგულისხმობთ, რომ ხსენებული თარაზოს ლერძი მართობია ინსტრუმენტის მთავარი ლერძისა, ზემოაღწერილი მოქმედებით მისი ლიბში დადგება პორიზონტულად (მთავარი ლერძი შვეულად) ანუ ინსტრუმენტი იქნება მომწესობაში;

5. ოდნავ მოვეშვებთ ხერხემალა ხრახნს ისე, რომ შეიძლებოდეს თეოდოლიტიურთ ზედადგარის მცირედი გადაადგილება შტატივის თავზე და ასეთი მოძრაობით ზუსტად ვცენტრავთ პუნქტის ცენტრზე თეოდოლიტს, ამის შემდეგ მოვუჭერთ ხერხემალა ხრახნს;

6. ვიმეორებთ მეოთხე მოქმედებას;

## II. წერტილებზე ხამაზნების დაყენება

გასაზომი კუთხის გვერდების ბოლოების ცენტრები, ჩვეულებრივ, განლაგებულია ნიადაგის დონეზე და კუთხის წვეროდან მათზე კოგრის უშუალოდ დამიზნება შეუძლებელი ხდება, რისთვისაც ამ წერტილებში აყენებენ სამიზნე ნიშნებს (სარებს, ფოლადის ჩხირებს, ლარტყებს, მარკებს, პირამიდებს

და სხვ.) სარებს, ჩხირებს უშუალოდ აყენებენ ცენტრებზე და იჭერენ შეეუ-  
ლად; ლარტყას აყენებენ ისე, რომ მისი ფუძის შუაწერტილი შეუთავსდეს  
ცენტრს და თვით ლარტყა კი იდგეს შვეულად; სამიზნე მარკა, რომელიც არის  
დამაგრებული შტატივზე; იცენტრება ისე, როგორც თეოდოლიტი. ეს საკითხი  
დაწერილებით განხილულია (7. 1 თავში). დაცენტრებისა და რედუქციის შეც-  
დომების შემცირების მიზნით რაც უფრო მოკლეგვერდებიანი იქნება გასაზო-  
მე კუთხე, მით უფრო ზუსტად მოითხოვება ინსტრუმენტისა და ნიშნების და-  
ცენტრირა წერტილებზე (იხ. 6.8.10 პარაგრაფი).

### III. ჭოგრის ხამიზნედ გამზადება და დამიზნება საგანზე

1. ვახდენთ სამზერი ჭოგრის თვალზე, საგანზე ფოკუსთაფყობას (ძ-  
ფთა ბადის პარალაქსის მოსპობას), რაც უცვლელად უნდა დარჩეს ილეთის  
შესრულების პერიოდში:

2. ვერნიერების ლუპები უნდა იყოს დაყენებული თვალზე;

3. ჰორიზონტული კუთხეების გაზომვები, როგორც წესი, იწყება ჰორი-  
ზონტული წრედის ორიენტირებით, რისთვისაც ხელით ვაბრუნებთ. წრედ-  
ალიდადას და დაახლოებით ვაყენებთ ვერნიერის ნულს ჰორიზონტული წრე-  
დის ლიბის სასურველ ანათვალზე და დამტკეცი ხრახნით 31 (ნახ. 8) მივამა-  
გრებთ წრედალიდადას ჰორიზონტული წრედის ღერძზე;

4. მიკრომეტრული ხრახნით 30 ზუსტად დავაყენებთ სასურველ ანათ-  
ვალზე ვერნიერის ნულს;

შემდეგ იწყება ჭოგრის დამიზნება საგანზე, ამისათვის:

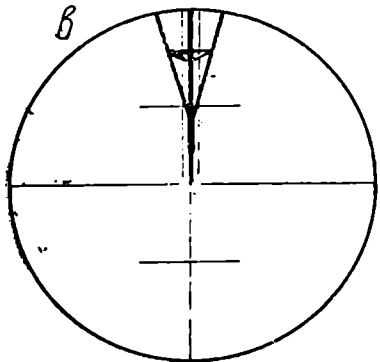
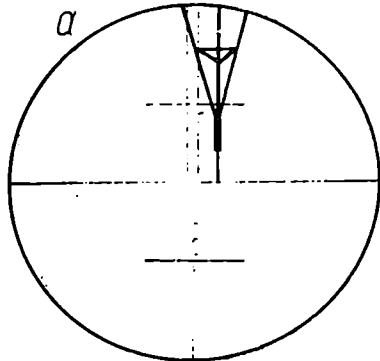
1. ავუშვებთ ჰორიზონტული წრედის დამჭერ ხრახნს 16 (ნახ. 8) და ტლან-  
ჭად (დაახლოებით) ჭოგრის სამიზნე კორით ჭოგრს ვუმიზნებთ პალოზე დას-  
რულ ჩხირს (ნემსს) ან სარს ძირში ისე, რომ მათი გამოსახულება გამოჩნდეს  
შვეული ძაფის ან ბისექტორის ოდნავ მარჯვნივ, ასევე ხდება დაახლოებითი  
დამიზნება პირამიდის ან სიგნალის ცილინდრზე (ლუგვზე, კოპიტულაზე);

2. დავამაგრებთ ჰორიზონტულ წრედს ხრახნით 16, ხოლო ჭოგრის ბრუნ-  
ვის ღერძს ხრახნით 11 (ნახ. 8);

3. ზუსტი დამიზნება (შვეულ ძაფზე ან ბისექტორის შიგ დასამიზნებელი  
საგნის ცენტრის შეთავსება) მოხდება ჰორიზონტული წრედის მიკრომეტრული  
ხრახნით 9 და სამიზნე ჭოგრის ხრახნით 13 (ნახ. 8) ისე, რომ ზუსტად დამიზ-  
ნებამდე მათ ჩახრახვნას (მოჭერას) უნდა ვაწარმოებდეთ და თუ გადაგვიცილ-  
და საგნის გამოსახულება შვეული ძაფისაგან, წრედის უკუბრუნვით ანუ მიკ-  
როხრახნის 9 ამოხრახნით დამიზნება არ შეიძლება, საჭიროა წრედი 360° შებ-  
რუნდეს საათის ისრის მიმართულებით, ე. ი. ისევ თავიდან დავიწყეთ ტლან-  
ქი დამიზნებიდან და კვლავ ზუსტად დავუმიზნოთ საგანს ხრახნების 9 და 13  
ჩახრახნით. (17) ნახაზიდან ნათლად სჩანს, რომ თარაზული ძაფი გადის სამიზ-  
ნე ცილინდრის ბოლოში, რასაც ვაღწევთ ხრახნით 13.

ყუთში (ნახ. 10) ინსტრუმენტისა და მისი ხელსაწყობების ჩალაგება ხდება შტატივზე გაწყობის შებრუნებული წესით:

1. ავთშვებთ წრედალიდადისა და პორიზონტული წრედის დამტკეც ხრახნებს;
2. წრედალიდადას შევებრუნებთ ისე, რომ მისი დამტკეცი ხრახნი 13 დადგეს პორიზონტული წრედის დამტკეცი ხრახნის 16 პირისპირ, ამავე დროს ჰოგრი უნდა იყოს დაყენებულთ თარაზულად ოკულარით ჩვენსკენ;
3. ამ მდებარეობაში წრედალიდადას მიმჭერთა და საკეტელათი 3 დავამაგრებთ თეოდოლიტს, რის შემდეგ მოფუჭერთ პორიზონტული და ვერტიკალური წრედის და წრედალიდადის დამტკეც ხრახნებს;
4. ჩავდგამთ ყუთის ერთ-ერთ გვერდით წახნაგზე ზედადგარს და 5. არეტირებულ (ისარდამაგრებელ) ბუსოლს ვათავსებთ მის ქვემოთ; დანარჩენი მოქმედებები ნათელია.



ნახ. 6.8.3.17.

### ბ. ინსტრუმენტის შემოწმებისა და გამოკვლევისი პრსი

განაზომთა შეცდომების თეორიიდან [13] ცნობილია, რომ წარმომშობი წყაროების მიხედვით შეცდომები გვხვდება: ინსტრუმენტული, პირადი, გარემო პირობებისა, ობიექტისა და განზომებების მეთოდიკით გამოწვეული. ხასიათის მიხედვით კი შეცდომებია: ტლანქი, სისტემატური, მუდმივი და შემთხვევითი (უცილობელი).

აქ განიხილება საკითხი ინსტრუმენტული, სისტემატური და მუდმივი შეცდომების შესახებ, რომლებსაც გამოვავლინებთ სათანადო შემოწმებებითა და გამოკვლევებით. მიუთითებთ შემასწორებელ ხრახნებზე, რომელთა საშუალებით მათ მინიმუმამდე დავიყვანთ, შევარჩევთ მათ მომსპობ ფორმულებს, ან ფორმულებს, რომელთა გამოყენებით ისინი განაზომებში შესწორების სახიო შეეა, ხოლო როცა არ არსებობს ზემოხსენებული საშუალებები, მიუთითებთ ინსტრუმენტებით გაზომვის ისეთ მეთოდიკაზე, რომლის გამოყენებით რაც შეიძლება მინიმუმამდე იქნეს დაღვანილი მათი გავლენა განაზომებზე. ტლანქი შეცდომები საკონტროლო გაზომვებით ისპობა. ასე რომ, განაზომებს უნდა

ახლდეს მხოლოდ შემთხვევითი (უცილობელი) შეცდომები, რომლებშიც შეიძლება შევიდეს მცირე ოდენობების ნარჩენი სისტემატური შეცდომები.

ინსტრუმენტის შემოწმებაში იგულისხმება მის კონსტრუქციულ ელემენტებს შორის გარკვეული გეომეტრიული პირობების დაცვის დადგენა და რეგულირება. შემოწმება-რეგულირება (შესწორება) ხდება როგორც საწყობიდან ინსტრუმენტის მიღებისას, ისე მუშაობის პროცესში პერიოდულად, რადგანაც კონსტრუქციის გეომეტრიული პირობები ირღვევა მისი ტრანსპორტირებისა და გარემო პირობების გავლენით. რეგულირება (შესწორება) უნდა შესრულდეს, თუ გადახრა აღმატა დასაშვებ ზღვრებს. რეგულირების ნაწილს ასრულებს თვით გეოდეზიისტი, რისთვისაც ინსტრუმენტს აქვს შემასწორებელი ხრახნები, ხოლო ზოგი შესწორება კი უნდა შესრულდეს სახელოსნოში. შემოწმება-შესწორება ხდება გარკვეული თანამიმდევრობით ისე, რომ ყოველი შემდგომი პირობის დაცვა არ იწვევდეს წინა შესწორებულ პირობის დარღვევას. აგრეთვე ინსტრუმენტის შესწორება ერთბაშად არ მიიღწევა და ხშირად საჭიროა რამდენიმე განმეორება.

ინსტრუმენტის გამოკვლევა კი გულისხმობს მისი ყოველი ნაწილის დამზადებისა და აწყობის ხარისხისა და მახასიათებლების დადგენას; ასევე დადგენას ამ ნაწილების ურთიერთქმედებისა და მექანიზმების მუშაობის სისწორის, როგორცაა: საზომ მოწყობილობათა (წრედების, ხრახნების, სკალის) შეცდომების ოდენობების დადგენა; მუდმივი სიდიდეების (თარაზოს დანაყოფის საფასურის, სამიზნე ჭოგრის მახასიათებლების, სამანძილო კოეფიციენტების და სხვა) ოდენობების დადგენა; ინსტრუმენტების მუშაობაზე გარემოს გავლენის ხარისხის დადგენა და სხვა; ინსტრუმენტის გამოკვლევა სრულდება მრავალჯეროვანი საცდელი გაზომვებით, რითაც დგინდება საერთოდ ინსტრუმენტის მუშაობის ხარისხი.

როგორც ცნობილია, თანამედროვე კუთხსაზომი ინსტრუმენტები წარმოადგენენ წინა თავებში განხილულ ხელსაწყოების ერთობლიობას, რომელთა შემოწმება-შესწორება, გამოკვლევები იქვეა განხილული. აქ განხილება ხსენებული ხელსაწყოების ერთ ინსტრუმენტში ურთიერთ კავშირის საკითხები.

საერთოდ პირველ რიგში განვიხილავთ ინსტრუმენტების შემოწმება-შესწორებებს.

შენიშვნა: ამა თუ იმ შეცდომის როგორც შემოწმება-შესწორების, ისე გამოკვლევის დროს იგულისხმება, რომ ინსტრუმენტში სხვა შეცდომები არ არის.

## ც. ლითონის რადიაციური თერმოდინამიკის უაქტიურობა და შესწორება

### I. თერმოდინამიკის საერთო და ლაბორატორიული დათვალიერება

ინსტრუმენტის საერთო დათვალიერება სრულდება შემდეგი თანამიმდევრობით:

1. უნდა გავეცნოთ ინსტრუმენტის პასპორტს, რომელშიც ნაჩვენებია ინსტრუმენტის კონსტრუქციული ტექნიკური მონაცემები. მისი დახასიათება, მდგომარეობა და აგრეთვე—სათადარიგო ნაწილებისა და ხელსაწყოების სია, რომელთა არსებობა ნატურაში უნდა შემოწმდეს; მხოლოდ სანამ ამოვიღებდეთ

ინსტრუმენტს ყუთიდან, მანამ გულდასმით უნდა დავათვალიეროთ და დავინსოპოთ თუ როგორ არის ყუთში ჩალაგებული და ჩამაგრებული ინსტრუმენტი თავისი ხელსაწყოებით, რათა ისეთივე თანამიმდევრობით შევძლოთ უკანვე მათი ჩალაგება-ჩამაგრება ყუთში. ყუთიდან ამოღებული ინსტრუმენტი კი ყოველგვარი დახრის და დაჭახების გარეშე უნდა გვეჭიროს ხელში ზედადგარის საშუალებით. ინსტრუმენტი უნდა დავამაგროთ ხერხემალა ხრახნით შტატიყზე ან კონსოლზე და ნახაზებისა და აღწერილობის საშუალებით შევიწვავლოთ მისი დეტალების მდებარეობა და შევემოწმეთ მათი ვარჯისიანობა;

2. სამიზნე ჭოგრი უნდა იძლეოდეს სწორ და მკაფიო გამოსახულებას; მისი კრემალიერის რგოლის ბრუნვით შიგა ფოკუსსთაფაყობის ლინზა მილის ტანში უნდა მოძრაობდეს მდოვრედ და არ იწვევდეს გადაადგილებული კამოსახულების დამახინჯებას. დაუმაგრებელი ჭოგრი თავისუფლად და მდოვრედ უნდა ბრუნავდეს თავისი ღერძის გარშემო და იყოს წონასწორობაში. უწყესიერობა სახელოსნოში სწორდება;

3. ხერხემალა, ამწევი, დამტკეცი, მიკრომეტრული და შემასწორებელი ხრახნები საჭიროა გვექონდეს შესივრულ მდგომარეობაში (მათი ბრუნვა უნდა ხდებოდეს გარკვეული ძალით) და დამიზნებელი მექანიზმების ზამბარები უნდა იყოს საკმაოდ დრეკადი და ელასტიკური. სამიზნე ჭოგრის მიკრომეტრული (დასამიზნებელი) ხრახნის სწორ მუშაობას ამოწმებენ ლაბორატორიაში შევეულოთ, რისთვისაც ძაფთა ბადის ვერტიკალურ ძაფს უმიზნებენ შევეულის ზონარს და ხსენებული ხრახნის მოჭერ-მოშვებით ასწევ-დასწევენ ჭოგრს. ასეთ მოქმედებებს იმეორებენ შევეულის სხვადასხვა სიმაღლის უბნის მიმართ. თუ ძაფთა ბადის შევეული ძაფი იხრება შევეულის ძაფიდან, მაშინ მიკრომეტრული ხრახნი უნდა შესწორდეს სახელოსნოში ან ჭოგრის მიზნება უნდა ხდებოდეს მხოლოდ ხელით.

4. ჰორიზონტული და ვერტიკალური წრედების ალიდადებზე ცილინდრული თარაზოები უნდა იყოს წესივრული და სათანადო მგრძნობიარე;

5. თეოდოლიტის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ღერძის ბრუნვა საჭიროა ხდებოდეს მდოვრედ, მსუბუქად, რხევისა და ჩაქქვის გარეშე, ვერნიერებისა და ლიმბების ნაპირები უნდა იყოს ერთ დონეზე და მკვრივად ურთიერთმიმხრობილნი, რადგანაც დიდი ღრეჩო ანათვლების აღებას აძნელებს, ხოლო წრედალიდადის და წრედის ლიმბის ერთ სიბრტყეში არყოფნა იწვევს შტრიხების პარალაქსს, რაც ანათვლების აღების დროს შეცდომების მომასწავებელია. წესივრულ მდგომარეობაში უნდა იყოს ილუმინატორები, ბუსოლი და სხვა ხელსაწყოები.

6. შტატივის, ლითონისა და ხის ნაწილებს შორის უნდა იყოს დაცული სხისტე, ბუნიკები ფეხებზე მჭიდროდ უნდა იყოს დაკავშირებული. მისი ფეხები მჭიდროდ უნდა ბრუნავდენ სადგარის (შტატივის თავის) სახსრულ შეერთებებში, ხოლო ფეხების შეწევა-გამოწევის დროს თამასები მტკიცედ ებჯინებოდეს (ესაზღვრებოდეს) შტატივის ყოველ ნაწილს. ამავე დროს შტატივის ფეხები ნახევარ მეტრზე გაშლისას თავისი სიმძიმით უკან არ უნდა ბრუნდებოდეს.

7. ინსტრუმენტი უნდა იყოს მდგრადი, რისთვისაც მოწმდება მისი ზედადგარის და შტატივის მდგრადობა. ამისათვის თეოდოლიტს ეყყენებთ ქვის



(ბეტონის) სვეტზე ან კედლის კონსტრუქციის სიბრტყეზე და მოვიყვანთ მომწესობაში. საჭიროა ჰოგრი დავეუმიზნოთ რაიმე წერტილს. შემდეგ დავაჭირებთ ზედადგარს ხელს და ვაკვირდებით თარაზოს და ჰოგრში მზერით ხსენებულ წერტილს. თუ ბუშტულა გადაადგილდა 1—2 დანაყოფით და წერტილის გამოსახულება გადასცდა მხედველობის არეს, ინსტრუმენტის მდგრადობას სახელოსნო აღადგენს. ასევე უნდა შემოწმდეს შტატივის მდგრადობაც მასზე დამაგრებული, მომწესობაში მოყვანილი და წერტილზე დამიზნებული თეოდოლიტზე ხელის დაჭერით.

8. უნდა გაისინჯოს ინსტრუმენტის აზიმუტური მდგრადობა, რისთვისაც ხსენებულ სვეტზე დაყენებულ და მომწესობაში მოყვანილი თეოდოლიტის ჰოგრს დავეუმიზნებთ რაიმე ახლობელ მარკას და ავიღებთ ჰორიზონტულ წრედზე ანათვალს. შემდეგ ვაბრუნებთ ჰორიზონტული წრედის ალიდადას ზედიზედ ერთ მხარეზე არანაკლებ 10-ჯერ, ისევე იმავე მარკას დავეუმიზნებთ ჰოგრს და ავიღებთ ანათვალს წრედზე. პირველ და მეორე ანათვალს შორის სხვაობა იქნება ზედა დგარის აზიმუტური ძვრა ალიდადის ბრუნვის გამო, რაც არ უნდა აღემატებოდეს ინსტრუმენტის დანაყოფების ასათვლელ ხელსაწყოს სიზუსტეს. ანალოგიურად ვიჭევივით ალიდადის საწინააღმდეგო ბრუნვის დროს. ასევე ვამოწმებთ შტატივის აზიმუტურ მდგრადობას.

9. ბოლოს საჭიროა შესდგეს აღწერილობა (აქტი) ინსტრუმენტის სრულყოფილობისა და მისი ძირითადი ნაწილების მოქმედების შესახებ.

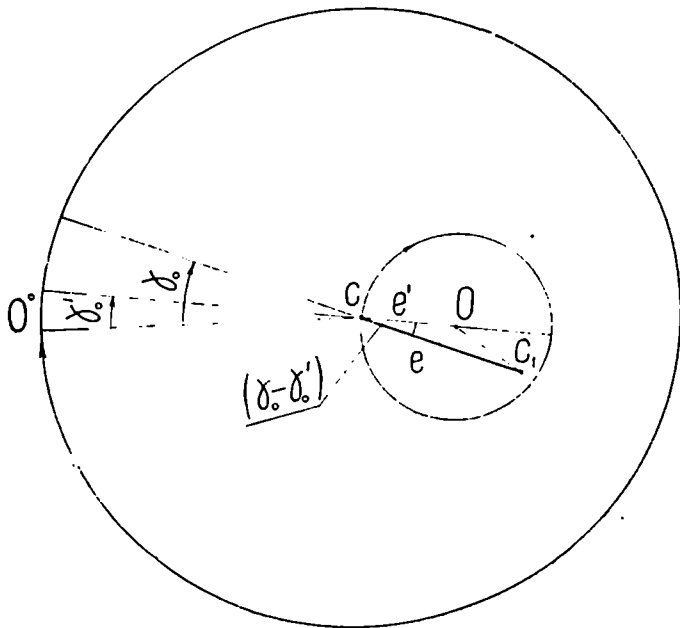
**II. წრედალიდადას  $C_1$  ბრუნვის და ჰორიზონტული წრის  $O$  ბრუნვის ცენტრები უნდა იყოს შეთავსებული როგორც ურთიერთ, ისე ჰორიზონტული წრედის ანუ ლიმბის (წრიული სკალის) გეომეტრიულ  $C$  ცენტრთან. სხვაგვარად, ინსტრუმენტში არ უნდა ჰქონდეს ადგილი როგორც წრედალიდადას, ისე ჰორიზონტული წრის ექსცენტრობას**

როგორც ცნობილია, კუთხსაზომი ინსტრუმენტის შვეეულ (გეომეტრიულ) ღერძად იგულისხმება ზედადგარის სვეტის ან მილისის, ჰორიზონტული წრედის, წრედალიდადის ღერძების სისტემა, რომლებთანაც, შესაბამისად, ხისტად, მართობულად დამაგრებული უნდა იყოს ზედადგარი, ჰორიზონტული წრე და წრედალიდადა. ინსტრუმენტის მთავარ (ძირითად) ღერძად ითვლება წრედალიდადის ბრუნვის ღერძი. ნორმალურ ინსტრუმენტში მთავარ ღერძს უნდა ემთხვეოდეს დანარჩენი ღერძები, ხოლო თვით მთავარი ღერძი უნდა გადიოდეს წრედის, ანუ ლიმბის (წრიული სკალის) გეომეტრიულ  $C$  წერტილში.

თეოდოლიტის ნაწილების დამზადებისა და აწყობის დროს უცილობელია შეცდომების გამო მისი ღერძების შეცენტრება ვერ ხერხდება აბსოლუტურად ზუსტად. აღნიშნულის გამო წრედალიდადას  $C_1$  და ჰორიზონტული წრის  $O$  ბრუნვის წერტილები შეიძლება არ შეუთავსდეს როგორც ურთიერთს, ისე ჰორიზონტული წრედის ანუ ლიმბის (წრიული სკალის) გეომეტრიულ  $C$  ცენტრს (ნახ. 18).  $CC_1$  მანძილს ეწოდება წრედალიდადას ექსცენტრო-

სიტეტი და აღინიშნება  $\epsilon$  ასოთი, ხოლო  $CO = \epsilon'$  მონაკვეთს ჰორიზონტული წრედის ექსცენტრისიტეტს უწოდებენ. როგორც ვნახავთ, პირველის ოდენობა მეორესთან შედარებით მეტია და ამავე დროს დადგენილია, რომ მისი გავლენა მიმართულებების აღების დროს უაღრესად მნიშვნელოვანია, რადგანაც მისი არსებობის დროს წრედ-ალიდადაზე დაყენებული დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოებით ჰორიზონტულ წრედზე აღებულ მიმართულებებს შორის სხვაობა არ გამოსახავს მათ შორის ნამდვილი კუთხის ოდენობას.

$\epsilon$  ექსცენტრისიტეტი იწვევს წრედ-ალიდადის ნულპუნქტის გადაადგილებას



ნახ. 6.8.3.18.

და ლიზბის სხვადასხვა ნაწილზე ასათვლელი ხელსაწყოების სიზუსტის ცვალებადობას. ე. ი.  $\epsilon$  ექსცენტრისიტეტის შედეგია ასათვლელი მოწყობილობის როგორც ინდექსის პროექციის გადაადგილება ლიზბის დანაყოფების მიმართ, ისე მისი სკალის დანაყოფების საფასურის შეცვლა (ნახ. 20).

ზემოხსენებული ექსცენტრისიტეტები მოცემულ ინსტრუმენტში მუდმივი ოდენობისაა, ხოლო არაგანმეორებით თეოდოლიტში მათი, როგორც ცალკე, ისე ერთობლივი გავლენა ანათვლებზე ცვალებადია და დამოკიდებულია წრედ-ალიდადის მიმართულებასა ( $\gamma$  კუთხეზე) და ჰორიზონტული წრედის მდებარეობაზე ( $\gamma_0$  კუთხეზე), რადგანაც არაგანმეორებით თეოდოლიტში, როგორც ამას გამოკვლევებიდან გავიგებთ (6.8.8. პარაგრაფი, X გამოკვლევა),

18. ნ. თევზაძე

ორივეს გავლენა მაქსიმუმი იქნება მაშინ, როცა  $C$  და  $C_1$  წერტილები  $O$  წერტილიდან განლაგებულია მარცხნივ და მარჯვნივ ერთ და იმავე დიამეტრ-ზე (6.8.8.4 ტოლობა). საერთოდ, თეოდოლიტებში მთავარია პირველი, რასაც უწოდებენ ალიდადას ექსცენტრობის გავლენას. ამიტომ შევის-წავლათ თუ როგორია ლიშბის მოცემული მდებარეობის ( $\gamma_0$  კუთხის) შესა-ბამისი  $\epsilon$  ხაზოვანი ექსცენტრისიტეტის გავლენა წრედ-ალიდადის მიმართუ-ლების ( $\gamma$  კუთხის) ცვალებადობასთან დაკავშირებით. ექსცენტრისიტეტი რომ არ არსებობდეს (ნახ. 19 და 20), მაშინ თვით ლიშბის სკალის გეომეტრი-ული ცენტრი, ანუ  $C$  წერტილი, იქნება წრედ-ალიდადის ბრუნვის ცენტრი და აღებული  $\gamma$  ანათვალი, როგორც რკალი მომჭიმავი ცენტრალური კუთხისა, გამოხატავს ნამდვილ მიმართულებას საგანზე. ცხადია, თუ I და II ამთვლელ-ბელსაწყობებს ვიგულისხმებთ. ორს, განლაგებულს დიამეტრის ბოლოებში, პი-რველით ანათვალი იქნება  $\gamma$ , ხოლო მეორე ხელსაწყოთი —  $\gamma + 180^\circ$ . მაშა-სადამე, მიღებული ანათვლები ზუსტად გამოსახავს  $\gamma$  მიმართულების ოდენობას.

ვთქვათ, რომ ინსტრუმენტში ადგილი აქვს  $\epsilon = CC_1$  ექსცენტრისიტეტს, რომლის მიმართულება, ანუ პორიზონტული წრედის მდებარეობა, ათვლილი ლიშბის  $O$ -დან, არის  $\gamma_0$ . აქ შეიძლება ორ გარემოებას ექნეს ადგილი: პირველი, ვერნიერების ნულ ინდექსები იქნეს ერთი და იმავე დიამეტრის ბოლოებში, ე. ი გვექნება ანათვლების აღებისას შეცდომა, გამოწვეული მხოლოდ ექსცენტრისიტეტით; მეორე, ვერნიერების ნულ ინდექსები არ მდებარეობდეს ერთი და იმავე დიამეტრის ბოლოში და ადგილი ექნეს გარდა ექსცენტრისიტეტისა, რაიმე  $y$  კუთხით დიამეტრის გარდატეხას. ე. ი. აქ ანათვლების შეცდომები გამოწვეული იქნება როგორც  $\epsilon$  ექსცენტრისიტე-ტით, ისე  $y$  ვარდატეხის კუთხით.

განვიხილოთ პირველი შემთხვევა, როცა  $y = 0$ . (19) ნახაზის მიხედვით ნათელია, რომ  $x$  რკალი არის ანათვლებში შეცდომა, გამოწვეული  $\epsilon$  ექს-ცენტრობით, რომელსაც შეესაბამება  $\epsilon$  ცენტრალური კუთხე. მაშასადამე,  $x$ -ის ოდენობა არის ცვალებადი. მართლაც,

$$x \approx C C_2 = r \cdot \sin \epsilon = \epsilon \cdot \sin (\gamma - \gamma_0), \quad (6.8.3.1)$$

ანუ  $\epsilon$  კუთხის სიმცირის გამო

$$x = \epsilon = \frac{\epsilon}{r} \cdot r \cdot \sin (\gamma - \gamma_0), \quad (6.8.3.2)$$

სადაც  $\epsilon$  არის წრედ-ალიდადის ხაზოვანი ექსცენტრისიტეტი;

$r$  — ლიშბის სკალის წრეხაზის რადიუსი;

$\frac{\epsilon}{r}$  — ფარდობითი ექსცენტრისიტეტი;

$\gamma$  — მოცემული მიმართულების შესაბამისი ანათვალი ლიშბზე;

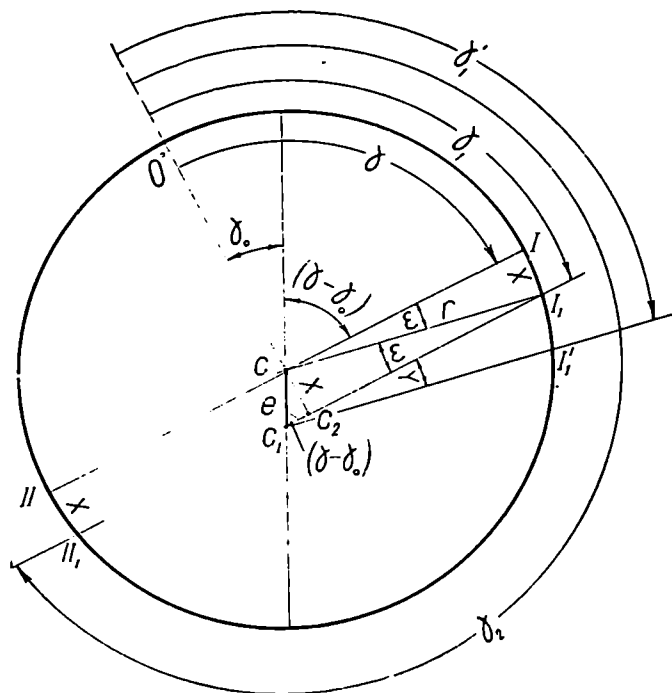
$\gamma_0$  — ხაზოვანი  $\epsilon$  ექსცენტრისიტეტის მიმართულება (პორი-ზონტული წრედის დიამეტრისადმი მდებარეობა);

$\rho'' = 206265''$  — რადიანი,

(2) ფორმულიდან ნათელია, რომ პორიზონტული წრედის დიამეტრისადმი სიწყისი  $\gamma_0$  მდებარეობისათვის  $\epsilon$  ექსცენტრისიტეტისაგან გამოწვეული ანა-  
 ცილის  $x$  შეცდომა იცვლება სინუსის კანონის მიხედვით. მაგალითად, როცა  
 $\gamma = \gamma_0$ , მისი ოდენობა ნულია, ხოლო, როცა  $\gamma - \gamma_0 = 90^\circ$  ან  $\gamma - \gamma_0 = 270^\circ$ ,  
 $x$ -ის აბსოლუტური ოდენობა მაქსიმუმია, ანუ:

$$x''_{max} = \frac{\epsilon}{\rho} \cdot \rho'' \quad (6.8.3.3)$$

ახლა უკვე ნათელია თეოდოლიტში დანაყოფების ასათვლელი მეორე ხელ-  
 საწყოს დაყენების მიზანშეწონილობა. იგი საშუალებას მოგვცემს ათვლილი



ნახ 6.8.3.19.

ყოველი მიმართულება პორიზონტულ წრედზე თავისუფალი იყოს ექსცენტრი-  
 სიტეტის გავლენისაგან. მართლაც, ავიღოთ  $\gamma_1$  და  $\gamma_2$  ანათვალნი I და I'  
 ვერნიერით, შესაბამისად დაეწერათ:

$$\gamma = \gamma_1 - x \quad \text{და} \quad \gamma = \gamma_2 + x - 180^\circ, \quad (6.8.3.4)$$

საიდანაც ზოგადად დაიწერება

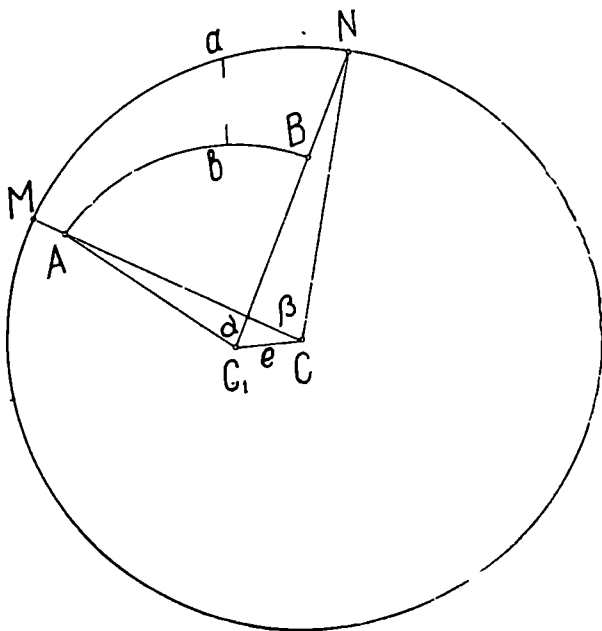
$$\gamma = \frac{\gamma_1 + (\gamma_2 \pm 180^\circ)}{2}, \quad (6.8.3.5)$$

ხოლო

$$x = \frac{\gamma_1 - (\gamma_2 \pm 180^\circ)}{2}. \quad (6.8.3.6)$$

(5) ფორმულა გვიჩვენებს, რომ ყოველი მიმართულება, განსაზღვრული დანაყოფების ასათვლელი ორი ხელსაწყოს ჩვენების საშუალოთი, თავისუფალია ექსცენტრისიტეტის გავლენისაგან.

ზემოხსენებულის გამო ზოგი ფიქრობს, რომ დასაშვებია ინსტრუმენტ-ჰქონდეს ნებისმიერი ოდენობის ექსცენტრისიტეტი და საჭირო არ არის  $x$ -ის



ნახ. 6.8,3.20.

მაქსიმალური ოდენობის განსაზღვრა. ასეთი მოსაზრება მცდარია. როგორც ვიცით, ვერნიერის თეორიის მიხედვით მისი სკალის ცენტრი უნდა იყოს შეცდვებული ლიშბის სკალური წრეხაზის ცენტრთან; იმ შემთხვევაში, როცა ვერნიერის  $C_1$  ცენტრი არ არის შეთავსებული ლიშბის ხსენებულ  $C$  ცენტრთან (ნახ. 20), მაშინ  $\alpha$  და  $\beta$  კუთხის ურთიერთ უტოლობის გამო ვერნიერის  $AB$  რკალი ცუდად მიმხრობილი იქნება მის არატოლ  $MN$

ჩკალთან და მათ შორის იქნება ღრეზო და პარალაქსი, რაც  $a$  და  $b$  შტრიხის თანხვედრის შეფასებაში ადამიანის თვალს ხელს შეუშლის. ზემონათქვამის გამო დავასკვნით, რომ ინსტრუმენტში ექსცენტრისიტეტის ოდენობა დასაშვებია შეზღუდულ ფარგლებში (ამოვლელი ხელსაწყოს ორ სიზუსტემდე).

თანამედროვე ქარხნები აღწევენ ღერძების შეცენტრის შეცდომა არ გადასცილდეს 1—2 მკმ. მრავალი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ საშუალოდ  $x = z = 7''$ .

ახლა განვიხილოთ მეორე შემთხვევა, ანუ, როცა  $y \neq 0$ . (19) ნახაზის მიხედვით,  $I_1'$  და  $II_1'$  ვერნიერით მიღებული ანათვლების შესაბამისად დავწერთ:

$$\gamma = \gamma_1' - x - y \text{ და } \gamma = \gamma_2 + x - 180^\circ, \quad (6.8.3.7)$$

საიდანაც ზოგადად დაიწერება

$$\gamma = \frac{\gamma_1' + (\gamma_2 \pm 180^\circ)}{2} - \frac{y}{2}. \quad (6.8.3.8)$$

მაშასადამე, ორივე შემთხვევაში ექსცენტრისიტეტის გავლენის მოსპობის მიზნით უნდა ავიღოთ ორი ვერნიერის  $\gamma_1$  და  $\gamma_2$  ანათვლების საშუალო, ხოლო მეორე ანათვალს უნდა დავეუბნოთ ან გამოვაკლოთ  $180^\circ$  — პირველი ვერნიერით ანათვალზე დაყვანის მიზნით. პრაქტიკულად პირველი ვერნიერით ვიღებთ სრულ ანათვალს (გრადუსი, მინუტი, სეკუნდი), ხოლო მეორეთი მინუტებსა და სეკუნდებს და ვსაზღვრავთ საშუალოს. ვთქვათ  $\gamma_1 = 128^\circ 45' 30''$ ,

ხოლო  $\gamma_2 = 308^\circ 46' 00''$ . მაგალითად, ვწერთ  $\gamma = 128^\circ \frac{45' 30''}{46' 00''} 45' 45''$  ან კიდევ, როცა  $\gamma_1 = 300^\circ 30' 00''$ ,  $\gamma_2 = 120^\circ 30' 30''$ , პრაქტიკულად ვწერთ  $\gamma = 300^\circ \frac{30' 00''}{30' 30''} 30' 15''$ , პირველ შემთხვევაში ანათვალი  $\gamma_1 = 128^\circ 45' 45''$ ,

რისთვისაც მეორე ვერნიერით ანათვალს ( $308^\circ$ ) გამოვაკლებთ  $180^\circ$ , ხოლო მეორე შემთხვევაში  $\gamma = 300^\circ 30' 15''$ , რისთვისაც მეორე ვერნიერით ანათვალს ( $120^\circ$ ) დავეუბნებთ  $180^\circ$ . მაშასადამე, როცა ინსტრუმენტს აქვს დანაყოფიის ასათვლელი ორი ხელსაწყო, გამოთქმა „ავიღოთ ანათვალი“ გულისხმობს ანათვალთა საშუალოს, დაყვანილს პირველ ხელსაწყოზე.

აგრეთვე (8) ფორმულა გვიჩვენებს, რომ წრედ-ალიდადის ნულოვანი დიამეტრის გარდატეხის კუთხე, ანუ  $y$  შეცდომა, ნებისმიერ მიმართულებაში მუდმივია და არ ისპობა ვერნიერთა ანათვლების საშუალოთი. გარდატეხის კუთხის  $y$  შეცდომა კუთხის გაზომვის დროს ისპობა მაშინ, როცა კუთხე განისაზღვრება როგორც სხვაობა ორ მიმართულებას შორის; ასევე, მისი გაელენა რაიმე მიმართების მიმართულებაში ისპობა, თუ მიმართულება იქნება განსაზღვრული ორჯერ (შვეული წრედი მარჯვნივ და მარცხნივ) დამზერის საშუალოთი. მის გავლენას უნდა ველოდოთ საწყისი მიმართების აზიმუტის

გაზომვის დროს. მაშასადამე, საჭიროა გარკვეულ ინსტრუმენტში  $x$ -ისა და  $y$ -ის ოდენობის დადგენა, რაც საგანგებო გამოკვლევით შეიძლება მოხდეს (იხ. 6.8.8. პარაგრაფის X გამოკვლევა).

**III. წრედ-ალიდადაზე დამაგრებული ცილინდრული თარაზოს ღერძი უნდა იყოს პერპენდიკულარული ამ ალიდადის ბრუნვის ღერძისა.**

მაშასადამე, (6.8.1.1<sup>6</sup>) ნახაზის შესაბამისად მოითხოვება

$$\text{პირობა } H_1H_2 \perp VV'$$

როგორც ვიცით, თეოდოლიტი იქნება მოყვანილი მომწესობაში, როცა მისი მთავარი (ძირითადი), ანუ ალიდადის ბრუნვის, ღერძის მართობი თარაზოს ღერძი ჰორიზონტულ სიბრტყეშია.

ვთქვათ, განხილადი ცილინდრული თარაზოს  $H_1H_2$  ღერძი არ არის მართობი ინსტრუმენტის მთავარი  $OV$  ღერძისა და კუთხე  $H_2OV = 90^\circ + \varepsilon$  (ნახ. 21<sup>ა</sup>). საჭიროა  $\varepsilon_1$  შეცდომის გამოვლინება და მოაწიბობა. ამ მიზნით წრედ-ალიდადის ბრუნვით განხილად თარაზოს ვაყენებთ იმ, ვთქვათ  $B_1$  და  $B_2$ , დამყენებელი ხრახნის გასწვრივ (ჰორიზონტული წრედი უძრავადაა) და ცნობილი წესით ამ ხრახნების ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვით თარაზოს ბუშტულის  $m$  ცენტრს შევუთავსებთ ამპულის  $O$  ნულ პუნქტს. ამ მოქმედებით თარაზოს  $H_1H_2$  ღერძი დადგება ჰორიზონტულად, მხოლოდ  $\varepsilon_1$  შეცდომის არსებობის ვაშომ  $OV$  ღერძის მართობი  $N_1N_2$  ზედა დგარი ჰორიზონტის მიმართ დაიხრება  $\varepsilon_1$  შეცდომის ტოლი  $\varepsilon_2$  კუთხით. მაშასადამე,  $OV$  ღერძიც გადახრილი იქნება შვეული მიმართულებისაგან იმავე  $\varepsilon_2$  კუთხით.

შემოვებარუნოთ წრედალიდადა  $180^\circ$  (პირველი ვერნიერით ახალი ანათვალი უნდა იყოს განსხვავებული  $180^\circ$ -ზე). ენახავთ, რომ თარაზოს ბუშტულის შუა  $m$  წერტილი გადაადგილდება  $m'$  ადგილას, რადგანაც თარაზოს ღერძის ახალი  $H_1'H_2'$  მდებარეობა ძველ  $H_1H_2$  თარაზულ მდებარეობასთან დაიხრება  $\beta$  კუთხით, რომელსაც შეესაბამება ამპულაზე  $om'$  რკალი. (21<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით

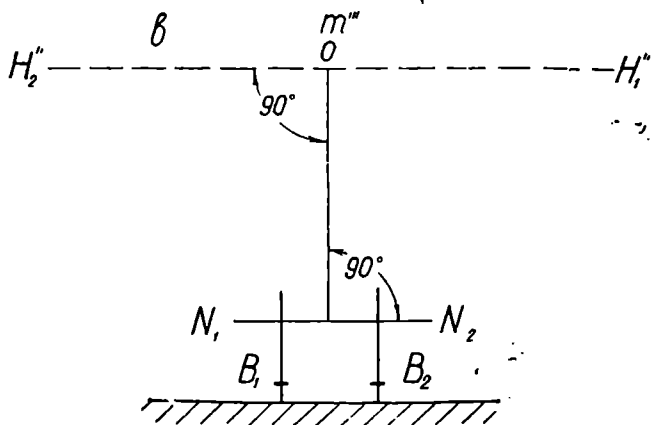
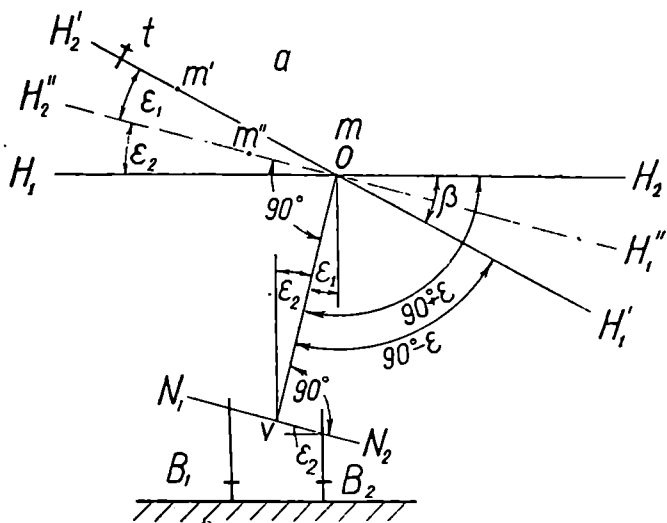
$$\beta = (90^\circ + \varepsilon_1) - (90^\circ - \varepsilon_1) = 2\varepsilon_1.$$

საიდანაც

$$\varepsilon_1 = \frac{\beta}{2} = \frac{om'}{2}. \quad (6.8.3.9)$$

$\varepsilon_1$  შეცდომის მოსასპობად თარაზოს შემასწორებელი  $t$  (8 ნახაზზე 21) ხრახნის ბრუნვით ბუშტულის  $m'$  ცენტრს გადავადგილებთ  $om'$  რკალის ნახევარზე,  $m''$  წერტილში, რის შედეგად უნდა ველოდოთ, რომ  $\varepsilon_1$  კუთხით გადაადგილებული თარაზოს  $H_1''H_2''$  ღერძი გახდება ინსტრუმენტის მთავარი  $OV$  ღერძის მართობი. ჩვეულებრივ, ზემოაღწერილი ერთი ილეთით ხსენებული  $\varepsilon_1$  შეცდომის მოსპობა არ ხერხდება და

საჭიროა რამდენიმე ილეთის განმეორება. მაშასადამე: ვაგრძელებთ ხსენებულ შემოწმებას, რისთვისაც წინანდებურად იგივე  $B_1$  და  $B_2$  ამწევი ხრახნებით ბუმბულის  $m''$  ცენტრს გადავადგილებთ  $m'''$  ანუ თარაზოს  $O$



ნახ. 6.8.3.21.

ნულბუნქტში, ე. ი.  $\epsilon_2$  კუთხის მოსაპობით  $H_1'' H_2''$  ღერძი დადგება თარაზულად (ნახ. 21<sup>ბ</sup>). კიმეორებთ ზემო აღწერილ მოქმედებებს მანამ, სადაც წრედ-ალიდადს ყოველ  $180^\circ$ -ით შემობრუნებისას ნულბუნქტიდან ბუმბ.



ტულის გადახრას ადგილი ექნება (პრაქტიკულად დასაშვებია ნულქუნქტი-დან ბუშტულის გადახრა ამპულის სკალის ერთ დანაყოფამდე). შემოწმებული თარაზოთი შეიძლება ინსტრუმენტის მომწესობაში მოყვანა. თეოდოლიტის დანარჩენი შემოწმებისას მუშაობის პროცესში თუ ვერ შევძელით მომწესობაში მისი მოყვანა, საჭირო იქნება განხილადი შემოწმების ისევ განმეორება.

იმ შემთხვევაში, როცა წრედ-ალიდადაზე დამაგრებულია დამატებითი თარაზო (ცილინდრული ან სფერული), მისი შემოწმება-შესწორება შეიძლება ზემო აღწერილი წესით. მაგრამ სჯობს შემოწმება-შესწორება მოხდეს უკვე ახლახან შემოწმებული თარაზოთი. ამისათვის ინსტრუმენტს მოვიყვანთ მომწესობაში შემოწმებული თარაზოთი და შესამოწმებელი თარაზოს ბუშტულას დავაყენებთ ამპულის შუაში მისივე შემასწორებელი ხრახნით. ჩვეულებრივ, მეორე თარაზოს წრედ-ალიდადაზე აყენებენ პირველი თარაზოს მართობულად, რის გამო, ვიყენებთ რა ორივე შესწორებულ თარაზოს, ინსტრუმენტის მომწესობაში მოყვანის დროს წრედ-ალიდადას 90°-ით შემობრუნება არ დაგვჭირდება. საერთოდ, თეოდოლიტის ყველა შემოწმებები სრულდება მომწესობაში მისი მოყვანის შემდეგ.

**IV. ძაფთა ბადის ვერტიკალური ძაფი (ძაფების ბისექტორი) უნდა იყოს ჭოგრის ბრუნვის ღერძის მართობი ანუ იგი უნდა მდებარეობდეს ჭოგრის კოლიმაციურ სიბრტყეში**

როგორც ქვემოთ ვნახავთ, კუთხეების გაზომვების დროს სამიზნე საგნის გამოსახულებას მოხერხებულია შევეუთავსოთ არა ძაფთა ბადის გადაკვეთის წერტილი, არამედ მასზედ გამავალი შვეული ძაფის მონაკვეთი; ამ შემთხვევაში გაზომილი თარაზული მიმართულება იქნება მცდარი, თუ ზემოხსენებული პირობა არ იქნა დაცული.

შემოწმებისათვის მომწესობაში ზუსტად მოყვანილი ინსტრუმენტის ჭოგრის ვუმინებთ 5—6 მეტრით დაშორებულ მკაფიოდ გამოსახულ წერტილს (მშვიდ ამინდში შვეულს) და ვამოძრავებთ ჭოგრის თავისი ბრუნვის ღერძის გარშემო ისე, რომ წერტილი არ გამოვიდეს მხედველობის არედან. იაუ წერტილის გამოსახულება მუდამ დარჩება ძაფთა ბადის შვეულ ძაფზე ან ბისექტორზე (შვეული ძაფი გაჰყვება შვეულის ზონარს), პირობა შესრულებულია. წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა მოვხსნათ დამცავი ხუფი 28 (ნახ. 8), შევასუსტოთ ოთხივე სატორსო ხრახნი და შევებრუნოთ ოკულარის ძაფთა ბადიანი ნაწილი ისე, რომ დაცული იქნეს პირობა და ისევ დავამაგრებთ ხუფს. შემდეგ ვიმეორებთ შემოწმებას.

**V. ჭოგრის სამიზნე (კოლიმაციური) ღერძი უნდა იყოს მისი ბრუნვის ღერძის მართობი. მასხადაძე, (6. 8. 1. 1<sup>ა</sup>) და (22) ნახაზის შესაბამისად მოითხოვება, რომ  $KT \perp K_1K_2$  ანუ ჭოგრის ბრუნვის დროს მისი სამიზნე ღერძი ქმნიდეს კოლიმაციურ სიბრტყეს**

პირობის დარღვევის შემთხვევაში თეოდოლიტში ადგილი ექნება კოლიმაციურ შეცდომას, რომელიც წარმოადგენს  $\epsilon$  კუთხეს, შედგენილს ჭოგრის  $KT$  კოლიმაციური ღერძის მიერ მისი

ბ რ უ ნ ვ ი ს  $K_1 K_2^-$ , ღერძის  $OM$  მართობთან. ამ შემთხვევაში ჭოგრის ბრუნვით  $K_1 K_2$ , ღერძის გარშემო, ანუ, როგორც იტყვიან, ზენიტ-ზე გადატანისას, მისი კოლიმაციური ღერძი ასწერს არა კოლიმაციურ სიბრტყეს, არამედ ორ კონუსურ ზედაპირს, რომელთა წვერო იქნება ჭოგრის  $KT$  კოლიმაციური და მისი ბრუნვის  $K_1 K_2$ , ღერძის გადაკვეთის  $O$  წერტილში (ნახ. 22<sup>ა</sup>). ხოლო მარცხენა კონუსის წრითელი ფუძე შექმნილი იქნება ძაფთა ბადის გადაკვეთის  $K$  წერტილით და მარჯვენასი—ობიექტივის  $T$  ცენტრით. საჭიროა ხსენებული შეცდომის გამოვლინება და თუ მისი ოდენობა აღემატა ვერნიერის სიზუსტეს, ანუ, როგორც ქვემოთ ვნახავთ, თუ დაცული არ იქნა პირობა

$$2\epsilon \leq 2t, \quad (6.8.3.10)$$

სადაც  $t$  არის ვერნიერის სიზუსტე, საჭირო იქნება სათანადო შესწორებით მისი დასაშვებ მინიმუმამდე დაყვანა.

$\epsilon$  კოლიმაციური შეცდომის ოდენობის კუთხურ განზომილებაში, ანუ ვერნიერით აღებული ანათელებით, გამოსახვის მიზნით გეომეტრიული არსის სრულიად შენარჩუნებით მისი განსაზღვრება მივიღოთ ასეთი:  $\epsilon$  კოლიმაციური შეცდომა არის კუთხე, შექმნილი ჭოგრის ბრუნვის  $K_1 K_2$  ღერძის მიერ მისი სამიზნე  $KT$  ღერძის  $K'K''$  მართობთან (ნახ. 22<sup>ბ</sup>). ახლა მივიღოთ, რომ I და II ვერნიერების ნულ ინდექსების შემაერთებელი ხაზი ემთხვევა ჭოგრის ბრუნვის ღერძს.

კოლიმაციური შეცდომის გამოვლინების მიზნით ინსტრუმენტს მოვიყვანო მომწესობაში. გამოსავალ (ნულოვან) მიმართულებად მივიღოთ თარაზული ლიქბის ნულოვანი დიამეტრი; დავამაგროთ ლიბში და წრედ-ალიდადის ბრუნვით დაახლოებით ინსტრუმენტის სიმადლეზე დაყენებული ჭოგრი დაეუმინო: რაც შეიძლება შორეულ  $N$  წერტილს (მაშინ ჭოგრი დაიჭერს დაახლოებით პორიზონტულ მდებარეობას). ამ დროს, ვთქვათ, შვეული წრედი ჭოგრის ოკულარიდან იყოს მარცხნივ (შეიძლება მარჯვნივაც). აუცილებელია, რომ მიმართულების ოდენობა განისაზღვროს მუდამ ერთ-ერთი ვერნიერით (სჯობს I ვერნიერით). აგრეთვე ყოველი ანათვალის უნდა იყოს (5) ფორმულით გამოთვლილი, საშუალო დაყვანილი I ვერნიერზე.

როგორც (22<sup>ბ</sup>) ნახაზიდან სჩანს,  $N$  წერტილზე უშეცდომო მიმართების კუთხე იქნება  $\gamma$ . აღებული თარაზული მიმართულება კი არის  $\gamma_L$ . მაშასადამე,

$$\gamma = \gamma_L - \epsilon. \quad (6.8.3.11)$$

გადავიტანოთ ჭოგრი ზენიტზე (ღერძის გარშემო შემოვებრუნოთ დაახლოებით  $180^\circ$ -ით, შემოვებრუნოთ წრედ-ალიდადა დაახლოებით  $180^\circ$ -ით და დაეუმინოთ ჭოგრი იმავე  $N$  წერტილს, ე. ი: შვეული წრედი ახლა იქნება მარჯვნივ (წრედი მარჯვნივ). ავიღოთ თარაზულ წრედზე (ლიბზე)  $\gamma_R$  ანათვალის I ვერნიერით. დავწერთ:

$$\gamma = \gamma_R + \epsilon - 180^\circ. \quad (6.8.3.12)$$

(11), (12) ტოლობების სხვაობით მივიღებთ:

$$e = \frac{\gamma_L - (\gamma_R \pm 180^\circ)}{2} \quad (6.8.3.13)$$

ცხადია, როცა  $e=0$ , მაშინ მარჯვენა და მარცხენა წრედებისათვის თარაზულ წრედზე I ვერნიერით ანათვლებს შორის სხვაობა ზუსტად  $180^\circ$  გამოვიდოდა. კონტროლისათვის საჭიროა განმეორებით განისაზღვროს კოლიმაციური შეცდომა თარაზული წრედის სხვა ნაწილის გამოყენებით.

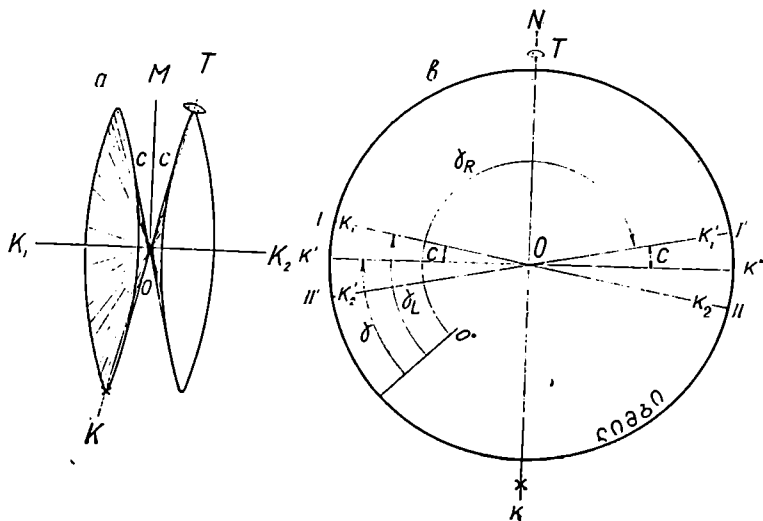
ვთქვათ, დაცული არ არის (10) ტოლობა ანუ ადგილი აქვს

$$2e > 2t$$

უტოლობას, მაშინ კოლიმაციური შეცდომის შემცირების მიზნით (11) და (12) ტოლობების შეჯამებით დაეწერთ:

$$\gamma = \frac{\gamma_L + (\gamma_R \pm 180^\circ)}{2} \quad (6.8.3.14)$$

და ლიმბის ამ ანათვალზე დაეაყენებთ I ვერნიერს (ლიმბი სულ უძრავად არის დამაგრებული). ამ დროს  $N$  წერტილის გამოსახულება ძაფთა ბადის გადა-



ნახ. 6.8.3.22.

კვეთიდან გადაადგილდება. მოვხსნით ჰოგრის ოქულარის მუხლის დამცავ ხუფს 28 (ნახ. 8), ოდნავ შემოვებრუნებთ ძაფთა ბადის რგოლის ვერტიკალურ ხრახნს და თარაზულ ხრახნებით გადავწევთ ძაფთა ბადეს ისე, რომ ძაფთა გადაკვეთის  $K$  წერტილი შეუთავსდეს  $N$  წერტილის გამოსახულებას. დავამაგრებთ ყოველივეს და ისევ გავიმეორებთ შემოწმებას. მიზანს მივადლწევთ რამდენიმე ილეთით.

ამის შემდეგ საჭიროა IV შემოწმების განმეორება. განხილავი ჯგუფის ყველა ინსტრუმენტის შესწორება ამ წესით ხდება, მხოლოდ IT-2 შესწორებას წარხანა აკეთებს, რადგანაც ჰოგარს ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრახნები არა აქვს.

ინსტრუმენტში კოლიმაციური შეცდომის სრულიად მოსპობა შეუძლებელია, მაგრამ, (14) ფორმულით შეიძლება მისი გავლენის მოსპობა.

ნორმალურ ინსტრუმენტში კოლიმაციური შეცდომა უცვლელია და ზოგი შეცდომით ფიქრობს, თითქოს, შეიძლება (13) ფორმულით განსაზღვრული კოლიმაციური შეცდომის შესწორების სახით შეტანა (11) ან (12) ტოლობაში და ამით ავიშორათ ორ-ორჯერ დანამზერის აღება ყოველ მიმართულებაში. გამოკვლევების დროს ვნახავთ, (იხ. 6. 8. 8. პარაგრაფი) რომ, მართალია, კოლიმაციური შეცდომა მუდმივია, მაგრამ მისი გავლენა სივრცის სხვადასხვა მიმართულებების თარაზული პროექციების აღების დროს ცვალებადია და უკუპროპორციულია დახრის  $\nu$  კუთხის კოსინუსისა (ამიტომ არის მისი ოდენობა რეგლამენტირებული). ასე რომ, კოლიმაციური შეცდომის გავლენის მოსაშპობად სავალდებულოა ყოველი მიმართულების განსაზღვრა (14) ფორმულით ანუ ორი წრედით (მარჯვნივ და მარცხნივ) ერთი და იმავე (პირველი) ვერნიერზე დაყვანილი დანამზერის საშუალოთი. ზემოთ აღინიშნა, რომ კოლიმაციური შეცდომის განსაზღვრის დროს ჰოგარი უნდა იქოს მიმართული რაც შეიძლება პორიზონტულად. აღნიშნულის მართებულებაში დავრწმუნდებით, თუ გამოკვლევების დროს მიღებულ (6.8.8.14.), (6.8.8.20) ფორმულებს გაუცეთებთ ანალიზს. ვნახავთ, რომ პირველი ფორმულის მიხედვით კოლიმაციური შეცდომის ოდენობა უკუპროპორციულია კოლიმაციური ღერძის დახრის  $\nu$  კუთხის კოსინუსისა და კოლიმაციური შეცდომის ნამდვილ ოდენობას მივიღებთ, როცა დახრის კუთხე არის ნული. ამავე დროს, მეორე ფორმულით ჰოგარის ბრუნვის ღერძის დახრის  $i$  შეცდომა (VI შემოწმება) კოლიმაციური შეცდომის განსაზღვრის დროს გავლენას არ მოახდენს, რადგან იგი იქნება ნული. მიმართულება ისაზღვრება I ვერნიერზე დაყვანილი დანამზერებით.

მაგალითი 6.8.3.1.

$$(5) \text{ ფორმულით } \gamma_L = 149^\circ \frac{54' 30''}{55' 00''} = 149^\circ 54' 45'',$$

$$(5) \text{ ფორმულით } \gamma_R = 329^\circ \frac{54' 00''}{54' 00''} = 329^\circ 54' 00'',$$

$$(14) \text{ ფორმულით } \gamma = \frac{149^\circ 54' 45'' + (329^\circ 54' 00'' - 180^\circ)}{2} = 149^\circ 54' 22'', 5.$$

მაგალითი 6.8.3.2. მიმართულება ისაზღვრება I ვერნიერზე დაყვანილი ანათულებით.

$$(5) \text{ ფორმულით } \gamma_L = 261^\circ \frac{36' 00''}{36' 00''} = 261^\circ 36' 00'',$$

$$(5) \text{ ფორმულით } \gamma_R = 81^\circ \frac{37' 00''}{37' 30''} = 81^\circ 37' 15'',$$

$$(14) \text{ ფორმულით } \gamma = \frac{261^{\circ} 36' 00'' + (81^{\circ} 37' 15'' + 180^{\circ})}{2} = 261^{\circ} 36' 37'', 5.$$

ორივე მაგალითში განსაზღვრული მიმართულებები თავისუფალია ექს-ცენტრობისა და კოლიმაციური შეცდომებისაგან.

VI. ჰოგრის ბრუნვის ღერძი პერპენდიკულარული უნდა იყოს ინსტუმენტის მთავარი ღერძისა. მაშასადამე, 6.8.1.1. ნახაზის შესაბამისად დაცული უნდა იყოს  $K_1 K_2 \perp V V'$  დამოკიდებულება

განხილადი პირობის დაცვით თარაზულ მიმართულებათა გაზომვების დროს კოლიმაციური სიბრტყე იქნება მუდამ შვეულად. პირობის დარღვევა განპირობებულია ძირითადად ჰოგრის სადგარების სიგრძეების არატოლობით, რაც ცნობილია ჰოგრის ბრუნვის (თეოდოლიტის თარაზული) ღერძის დახრის სახელწოდებით და აღინიშნება  $\delta$  ასოთა.

როგორც ქვემოთ გამოკვლევების 6.8.8. პარაგრაფში ვნახავთ, ჰოგრის ბრუნვის ღერძის დახრის გამო თარაზული მიმართულებების ლიმბზე გაზომვის დროს ამ შეცდომის გავლენის ოდენობა პროპორციულია ჰოგრის კოლიმაციური ღერძის დახრის  $\nu$  კუთხის ტანგენსისა (6.8.8.20 ფორმულა) და ამიტომ, როცა დახრის  $\nu$  კუთხე იქნება ნული, მისი გავლენაც ნულია. აღნიშნულის გამო ამ შეცდომის მაქსიმალური ოდენობის გამოვლინებისათვის შემოწმება სჯობს გაწარმოთ დიდი  $30^{\circ}$ — $50^{\circ}$  დახრის  $\nu$  კუთხის შესაბამისად; აგრეთვე, ამ დროს, თანახმად (6.8.8.14) ფორმულისა, კოლიმაციური შეცდომის გავლენა მცირე იქნება, რაც ხელს არ შეგვიშლის  $\delta$  შეცდომის ნამდვილი ოდენობის გამოვლინებისას. ამიტომ რაიმე ნაგებობიდან დაახლოებით მისი კედლის მართობულად 20—40 მეტრის დაშორებით მოვიყვანთ თეოდოლიტს მომწესობაში და ჰოგრს (წრედი მარცხნივ) დავუმიზნებთ რაც შეიძლება მაღალ  $N$  წერტილს (ნახ. 23<sup>a</sup>). შემდეგ ჰოგრის ოკულარის მხარეს ავწვევთ ჩვენი თვალის სიმაღლეზე (დაახლოებით თარაზულად) და, ვინაიდან დგარი  $P_1 > P_2$ -ზე, ჰოგრის ძაფთა ზადის გადაკვეთის წერტილი ნაგებობების კედელზე გაჰყვება  $NA$  წრფეს და მიგვემილდება  $A$  წერტილში, რომელსაც დამხმარე აღნიშნავს ფანქრით. ამ დროს ანათვალის თარაზულ ლიმბზე იქნება  $\gamma_L$ , რომელსაც ფაქტობრივად კოლიმაციური ღერძისადმი ვერნიერების დაუკავშირებლობის გამო ვერ ავითვლით. გადავიტანოთ ჰოგრი ზენიტზე, შემოვაბრუნოთ წრედ-ალიდადა (ლიმბი უძრავად არის)  $180^{\circ}$ -ით და დავუმიზნოთ ისევ  $N$  წერტილს; დავუშვათ ჰოგრი დაახლოებით თარაზულ მდებარეობამდე, ვნახავთ რომ,  $P_1$  და  $P_2$  დგარის ადგილშეცვლის გამო ძაფთა გადაკვეთა დამხმარეს აღნიშვნის შესაბამისად მიგვემილდება  $B$  წერტილში. ფიქტიური ანათვალის კი იქნება  $\gamma_R$ . მაშასადამე, პირველი და

მეორე წრედის შესაბამისად უშეცდომო მიმართულება (მუდამ ერთი ამოვლელი ხელსაწყოთი, რომელიც კოლიმაციურ სიბრტყეში იგულისხმება) გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$\gamma = \gamma_L + i \text{ და } \gamma = \gamma_R - i. \quad (6.8.3.15)$$

ამ დამოკიდებულებების ერთობლივად გადაწყვეტით მივიღებთ:

$$i = \frac{\gamma_L - \gamma_R}{2} \quad (6.8.3.16)$$

და

$$\gamma = \frac{\gamma_L + \gamma_R}{2}. \quad (6.8.3.17)$$

აქედან დავასკვნით, რომ ორი წრედის შესაბამის თარაზულ მიმართულებათა საშუალოთი მიიღება უშეცდომო თარაზული მიმართულება. აქაც, ისე როგორც კოლიმაციური შეცდომის შესახებ იყო თქმული,  $i$  შეცდომის გავლენა ცვალებადია (იხილეთ გამოკვლევები, 6.8.8 პარაგრაფი) და საჭიროა მისი ოდენობა არ გადასცილდეს ინსტრუმენტის საშუალო კვადრატულ შეცდომას ან ათვლის სიზუსტეს. მაგრამ ზემოაღნიშნული მიზეზით (16) ფორმულის კომპონენტების ფაქტობრივი ოდენობების არ ცოდნის გამო მისი ოდენობის დადგენა ვერ ხერხდება. ამიტომ მივმართოთ 23<sup>b</sup> ნახაზს, საიდანაც დავწერთ:

$$H = d \operatorname{tg} \nu = \frac{l}{2 \operatorname{tg} i},$$

საიდანაც

$$\operatorname{tg} i = \frac{l}{2d \operatorname{tg} \nu},$$

$i$  კუთხის სიმკირის გამო

$$i = \rho' \frac{l}{2d \operatorname{tg} \nu}, \quad (6.8.3.18)$$

ანუ  $i = 3'$  და  $\nu = 45^\circ$  შემთხვევაში მოითხოვება, რომ

$$\frac{l}{d} \leq \frac{1}{600}, \quad (6.8.3.18')$$

სადაც  $l$  არის მანძილი  $A$  და  $B$  წერტილებს შორის (მილიმეტრებში);

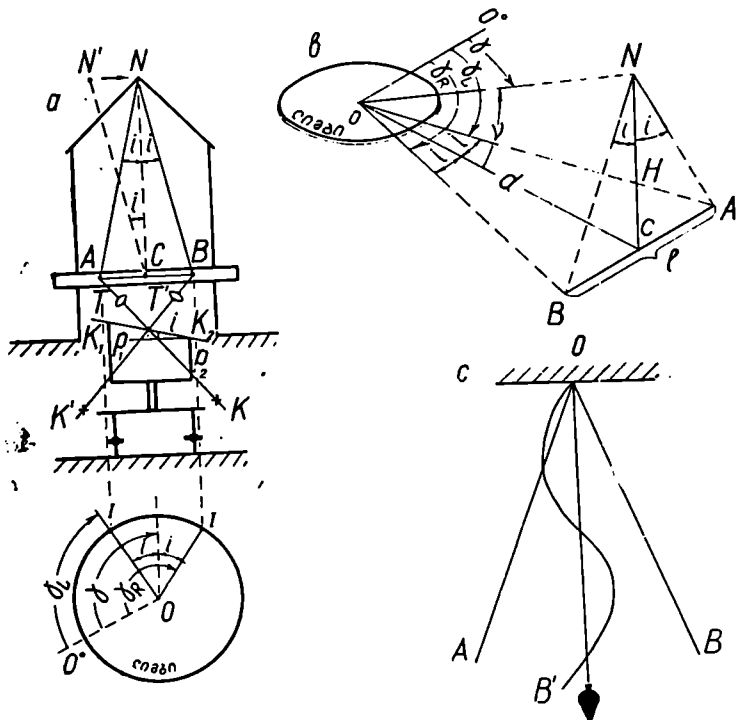
$d$  — მანძილი იარაღიდან ნაგებობამდე (მეტრებში);

$\nu$  — ჰოგარის კოლიმაციური ღერძის დახრის კუთხე;

$\rho' = 3438'$  — რადიანი.

$l$  მანძილის ადვილად დადგენისათვის შეიძლება კედელზე სახაზავის მიმაგრება და ანათვლების სხვაობით მისი განსაზღვრა. თუ  $i$  გამოვიდა 2'-ზე მეტი (ანუ  $\nu = 45^\circ$  და  $d = 30$  მეტრის შემთხვევაში  $l$  მეტი იქნება 5 სმ), საჭირო იქნება მისი მინიმუმამდე დაყვანა, რისთვისაც წრედ-ალიდადას შემო-

ვაბრუნებთ ისე, რომ ძაფთა გადაკვეთა შეუთავსდეს  $C$  საშუალო წერტილს, რომელსაც ნიშნავს დამხმარე პირი. შემდეგ ავწევთ ჰოვარის (ნახ. 23<sup>ა</sup>) ობიექტივის მხარეს ისევ ზევით, ვნახავთ, რომ ძაფთა გადაკვეთა გადაცილებული იქნება  $N$  წერტილიდან  $N'$  წერტილში და იმისათვის, რომ ძაფთა ბადის გადაკვეთის  $K$  წერტილი ისევ  $N$  წერტილს შევეუთავსოთ, საჭიროა  $P_1$  დგარის დამოკლება ან  $P_2$  დგარის დაგრძელება. ეს შესწორება უნდა შე-



ნახ. 6.8.3. 23.

სრულდეს სახელოსნოში, რადგან თანამედროვე ინსტრუმენტებს დგამების შემასწორებელი (ელევაციური) ხრახნები არ აქვს დაყენებული. პრაქტიკულად (18) ტოლობას თითქმის არ მიმართავენ და იყენებენ ძაფთა ბადის ბისექტორს; თუ  $A$  და  $B$  წერტილები მოექცა მის ფარგლებში, პირობა (18') დატულად ითვლება. წინააღმდეგ შემთხვევაში მიმართავენ ქარხანას.

წყნარ ამინდში შეიძლება ვისარგებლოთ შევეულით, რომელსაც ჩამოვცილებთ რაიმე წერტილზე. მის ახლო მანძილზე მომწესობაში მოგვყავს ინსტრუმენტი და ძაფთა ბადის გადაკვეთას შევეუთავსებთ ზონარის ზემო ნაწილს. შემდეგ ვამოძრავებთ ჰოვარს (ნახ. 23<sup>ა</sup>). ძაფთა ბადის  $OA$  კვალი ნიშ-

ნავს იმას, რომ  $P_1 > P_2$  და პირიქით. თუ კვალი  $OB'$  მრუდის სახის იქნა, ეს ნიშნავს იმას, რომ კოლიმაციური შეცდომის ოდენობა გადაჭარბებულია და საჭირო იქნება წინა V შემოწმების განმეორება. შეიძლება შევეულის ნაცვლად გამოვიყენოთ ნაგებობის კედლის კუთხე.

როგორც ვხედავთ, აქაც საჭიროა, რომ ყოველი მიმართულერა ორი წრედის საშუალოთი იქნეს განსაზღვრული. მაშასადამე, მიმართულეების განსაზღვრის დროს (5) ფორმულით ისპობა  $\epsilon$  ექსცენტრობის, ხოლო (14) ფორმულით  $\epsilon$  კოლიმაციური (ჭოგრის სამიზნე ლერძის მისი ბრუნვის ლერძისადმი არამართობულობის) და  $i$  კოლიმაციური სიბრტყის არაშეეულობის (ჭოგრის ბრუნვის ლერძის ინსტრუმენტის მთავარი ლერძისადმი არამართობულობის) შეცდომების მცირე (ნარჩენი) ოდენობების გავლენა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც თეოდოლიტს აქვს ზედსადები თარაზო, მაგალითად ТП (ნახ. 6.8.3.3), განხილადი შემოწმება სრულდება შემდეგნაირად:

1. ინსტრუმენტს მოვიყვანთ მომწესობაში. ჭოგრის ბრუნვის ლერძის პოპოტიკებზე დავაყენებთ დასადგმელ თარაზოს; ლიმიტი დამაგრებულია; წრედალიდადას ვაბრუნებთ ისე, რომ ხსენებული თარაზო დადგეს ორი ამწევი ხრახნის გასწვრივ, რომელთა საშუალებით თარაზოს ბუშტულას ცენტრს ვაყენებთ მისი ამპულის ნულ პუნქტზე. წრედალიდადას შევებრუნებთ  $180^\circ$ -ით ისე, რომ თარაზოს ხელს არ ვახლებთ. თუ ხსენებული თარაზოს ბუშტულა გადაადგილდა ნულ-პუნქტიდან, გადახრის ნახევარზე ნულ პუნქტისაკენ ბუშტულას გადავადგილებთ თეოდოლიტის ჭოგრის ერთ-ერთი დგარის დაგრძელებით ან დამოკლებით, რომელიც სრულდება დგარის ქვემოთ მოწყობილი შემასწორებელი ხრახნით. ისევე ვიმეორებთ ზემოხსენებულ მოქმედებას; ე. ი. საჭირო იქნება მეორე ნახევარზე ნულ პუნქტში ბუშტულა გადაადგილდეს ამწევი ხრახნებით. განხილადი შესწორება რამდენიმე ილეთით სრულდება.

2. ამავე ინსტრუმენტში პირველ რიგში საჭიროა ხსენებული თარაზოს შემოწმება, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მოითხოვება ზედსადები თარაზოს ლერძი იყოს სწვრივი ჭოგრის ბრუნვის ლერძის პოპოტიკების მსახველისა (იხილეთ თარაზოს თეორია). ამისათვის მომწესობაში მოყვანილი თეოდოლიტის პოპოტიკებზე დამაგრებულ თარაზოს ბუშტულას ამწევი ხრახნებით მოვიყვანთ ამპულის შუაგულში. შემდეგ წრედალიდადას უძრავად დატოვებით მოვხსნით აღნიშნულ ზედსადებ თარაზოს, შევებრუნებთ  $180^\circ$ -ით და ისევე დავდგამთ პორიზონტულ ლერძის პოპოტიკებზე; თუ ბუშტულა გადაიხარა, მის ნახევარზე ნულპუნქტისაკენ გადავწევთ ბუშტულას თარაზოს შემასწორებელი ხრახნებით. ხსენებულ შესწორებას ვიმეორებთ რამდენიმეჯერ. მაშასადამე, ბუშტულის გადახრის მეორე ნახევარს გადავწევთ ამპულის შუაში ამწევი ხრახნებით; მერე თარაზოს გადავდებთ და ასე შემდეგ.

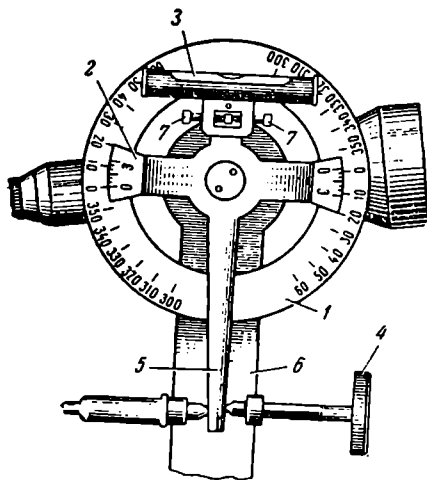
შენიშვნა. თარაზობის შემოწმებასა და კოლიმაციური შეცდომის დადგენასა და შემცირებას ვასრულებთ ყოველდღიურად სამუშაოს დაწყების წინ. ხოლო დანარჩენი შემოწმებები შეიძლება კვირაში ერთხელ შესრულდეს; თუ რაიმე განსაკუთრებული მოვლენა არ მოხდა.



VII. შვეული წრედის ნულადგილის განსაზღვრა და შესწორება.  
დახრის კუთხეების გამოსათვლელი ფორმულები

თეოდოლიტის ვერტიკალური წრედით იზომება დახრისა და ზენიტური კუთხეები. პირველი კუთხის ათვლის საწყისია ჰორიზონტული მიმართულება და აღწევს  $0^{\circ} \pm 90^{\circ}$ -მდე, ხოლო მეორესი—შვეული მიმართულება და იცვლება  $0^{\circ}—180^{\circ}$ -მდე. მათი ჯამი არის  $90^{\circ}$ . განხილადი ჯგუფის ინსტრუმენტების ვერტიკალური წრედები, როგორც წესი, გაწყობილია დახრის კუთხეების გასაზომად.

ხსენებულ ინსტრუმენტებში ვერტიკალური წრედი 1 (ნახ. 24) ხისტად მიმაგრებულია ჰოგარზე და მასთან ერთად ბრუნავს; ამ დროს ერთ-ერთ დგამზე დამაგრებული შიმშა-ალიდადა 2 (ან წრედ-ალიდადა, საერთოდ ვუწოდოთ შიმშა-ალიდადა) ვერნიერებით უძრავად და თარაზულადაა დაყენებული ამავე ალიდადაზე დამაგრებული თარაზოთი 3. როცა მომწესობაში მოყვანილი ინსტრუმენტის ჰოგარი დამიზნებულია საგანზე, შვეულ წრედზე ანათვლის აღების წინ თარაზოს 3 ბუშტულა უნდა იქნეს მოყვანილი ამპულის შუაში მიკრომეტრიული (დამყენებელი) ხრანნით 4.



ნახ. 6.8.3.24.

პრაქტიკაში უმთავრესად გვხვდება შვეული წრედის ორი ტიპი:

1. ერთ-ერთი დამამტარი წარწერილია ნულდონთ, და მის ორივე მხარეზე გადაზომილია  $60^{\circ}$ -ის ტოლი სექტორი, რომლებზეც დანაყოფების ზრდადი დაციფრება დაწყობილია საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით  $0^{\circ}—60^{\circ}$  და  $300^{\circ}—0^{\circ}$ -მდე (ნახ. 24). ასეთი ტიპის წრედი პირველად შეიქმნა XIX საუკუნის სამოციან წლებში რუსეთის არმიის მთავარი შტაბის სახედრო ტოპოგრაფიულ სა-

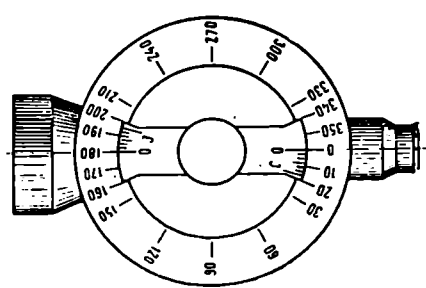
ხელოსნოში; მას მოკლედ უწოდებენ მთავარი შტაბის წრედს;

2. დანაყოფების ზრდადი დაციფრება ისევე, როგორც ჰორიზონტულ წრედზე, არის საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით  $0^{\circ}—360^{\circ}$ -მდე (ნახ. 25). ამავე დროს ნული წარწერილია სამიზნე ჰოგარის ოკულარის მხარეზე. განხილადი ჯგუფის ინსტრუმენტების შვეული წრედები ამ ტიპისაა.

როგორც ვიცით, თარაზული მიმართულებების გაზომვის დროს ყოველი ილეთში როგორც ანათვლები, ისე მიმართულებები დაყვანილია ერთ-ერთ უფრო ხშირად I ვერნიერზე. დახრის კუთხეების გაზომვების დროსაც ეს წესი დაცევით, აგრეთვე, შვეულ წრედზე აღებული მცირე ანათვლები

ბი გამოვსახოთ დიდი ანათვლებით, რითაც დახრის კუთხის განსაზღვრისათვის საჭირო ფორმულებს მიეცემთ ორივე ტიპის წრედისათვის ერთგვაროვან სახეს. საკითხის ამდაგვარად ამოხსნის მართებულობაში დაერწმუნდებით ხსენებულ წრედებზე დაკვირვებით (ნახ. 24, 25), მაგალითად, აღმართის კუთხეს, როცა წრედი მარჯვნივ არის, შეესაბამება მცირე ანაოვალი ( $0^\circ$  და  $60^\circ$  შორის), ხოლო აბსოლუტურად მის ტოლ დაღმართის კუთხეს — დიდი ანათვალი  $300^\circ$ — $360^\circ$  ფარგლებში. ასეთივე მდგომარეობა იქნება ერთი და იმავე კუთხის წრედით მარჯვნივ და მარცხნივ გაზომვისას ერთი და იმავე (ეთქვათ I) ვერნიერის გამოყენების დროს, რაც უხერხულობას იწვევს. მაშასადამე, უნდა დავიცვათ წესი — მცირე ანათვლები გამოვსახოთ დიდი ანათვლებით, რაც არავითარ სიძნელეს არ წარმოადგენს. ამისათვის საჭიროა  $60^\circ$ -მდე მცირე ანათვალს დავამატოთ  $360^\circ$ . მაგალითად,  $10^\circ$  მცირე ანათვალი შეიძლება შევკვალოთ  $10^\circ + 360^\circ = 370^\circ$ . ასეთი ღონისძიებით მივიღებთ ათვლის ერთიან სისტემას, რომელსაც შეესაბამება წრედის დანაყოფების ზრდადი წარწერები საათის ისრის მიმართულებით  $300^\circ$ ,

$310^\circ$ , ...,  $350^\circ$ ,  $360^\circ$ , ...,  $370^\circ$ ,  $380^\circ$ , ...,  $410^\circ$ ,  $420^\circ$ . მაშასადამე, როგორც აღმართის, ისე დაღმართის კუთხე გამოისახება დიდი ანათვლებით.

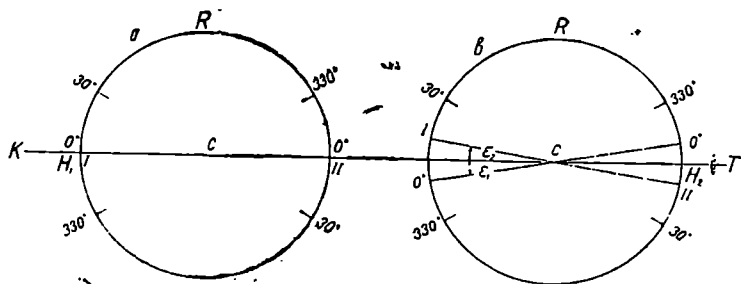


ნახ. 6.8.3.25.

იდეალურად გაწყობილ ინსტრუმენტში ჰოჯრის კოლიმაციური *KT* ღერძი უნდა იყოს შვეული წრედის  $O-O$  ნულოვანი დიამეტრის სწვრივი, ხოლო ვერნიერების ნულოვანი ანდექსების შემაერთებელი I—II ხაზი — იმავე ალიდადაზე დამაგრებული თარაზოს  $H_1 H_2$  ღერძის სწვრივი. როდესაც ეს ორი პირობა განხორციელებულია, მაშინ ინსტრუმენტის მომწესობაში მოყვანის, ჰოჯრის კოლიმაციური (სამიზნე) ღერძის და ხსენებულ თარაზოს ღერძის ჰორიზონტულ მდგომარეობაში დაყენების შემდეგ ანათვალი შვეულ წრედზე იქნება  $0^\circ$  ანუ დიდ ანათვლებში  $360^\circ$  (ნახ. 26). ეს ფაქტი შეიძლება ასეც გამოითქვას: როდესაც ვერნიერების ნული დაყენებულია  $0^\circ$ -ის ანათვალზე, მაშინ ჰოჯრის კოლიმაციური ღერძი ინსტრუმენტის მთავარი ღერძის მართობი იქნება. ტექნიკური მიზეზების გამო ზემოხსენებული ორი პირობის მტკიცედ განხორციელება შეუძლებელია, ამიტომ ჰოჯრის კოლიმაციურ ღერძსა და წრედის ნულოვან დიამეტრს შორის, ერთის მხრივ, და ვერნიერების ხაზისა და თარაზოს ღერძს შორის, მეორეს მხრივ, მუდამ არსებობს მცირე  $\epsilon_1$  და  $\epsilon_2$  კუთხე, რომელთა ალგებრული ჯამი გამოიწვევს  $0^\circ$ -დან ( $360^\circ$ ) გადახრილ ანათვალს, რასაც შეე-

ული წრედის ნულ ადგილს უწოდებენ (ნახ. 26<sup>ა</sup>). მაშასადამე, შვეული წრედის ნულ ადგილი იქნება ანათვალის შვეულ წრედზე, როცა მომწესობაში მყოფი თეოდოლიტის ჰოგრის კოლიმაციური და შიმშა ალიდადაზე დამაგრებელი ცილინდრული თარაზოს დერძი ჰორიზონტულია. ქვემოთ ვნახავთ, რომ თუ ნულ ადგილი დიდი ოდენობის არის, მას ინსტრუმენტის შესწორების სახით შევამცირებთ, ხოლო გაზომილი დახრის კუთხეზე ნარჩენი ნულ ადგილის გავლენას სათანადოდ მოწყობილი დამზერისა და ფორმულების საშუალებით მოვსპობთ.

$\epsilon_1$  და  $\epsilon_2$ -ეს შეიძლება ჰქონდეთ ნიშნების ოთხი კომბინაცია: ორივე დადებითი, ორივე უარყოფითი, პირველი დადებითი და მეორე უარყოფითი ან პირველი უარყოფითი და მეორე დადებითი. განხილად ნახაზებზე ორივე დადებითია, რადგან განაზომთა შეცდომების თეორიიდან [13]



ნახ. 6.8.3.26.

ცნობილია, რომ შეცდომა ტოლია გაზომილ ოდენობას მინუს ქვეშარიტი ოდენობა. (27) ნახაზის მიხედვით შვეულ წრედზე დახრის კუთხის  $\epsilon_1$  გაზომილი ოდენობა მეტია  $\nu$  ქვეშარიტ ოდენობაზე ( $\epsilon_1 + \epsilon_2$ ) სიდიდით. რომლის შესაბამისი ანათვალის არის მცირე და მიღებული წესის მიხედვით დიდი ანათვლებში გამოსახვისათვის უნდა დავუმატოთ  $360^\circ$ . მაშასადამე, დიდ ანათვლებში გამოსახული ნულადგილი იქნება  $(\epsilon_1 + \epsilon_2) + 360^\circ$ , რომელიც აღენიშნოთ  $N$  ასოთი, ე. ო.

$$N = (\epsilon_1 + \epsilon_2) + 360^\circ. \quad (6.8.3.19)$$

აქ ვგულისხმობთ, რომ ცილინდრული თარაზო მიმაგრებულია ვერტიკალური წრედის ალიდადაზე და ჰოგრზე არ არის დამაგრებული თარაზო.

ნულადგილის ოდენობისა და დახრის კუთხეების გამოსათვლელი ფორმულების მისაღებად თეოდოლიტი მოვიყვანოთ მომწესობაში; 100—150 მეტრის მანძილზე შერჩეულ წერტილს, რომელიც მკვეთრად მოჩანს, დაეუმიზნებთ ჰოგრს ჭერ ხელით ტლანქად და შემდეგ ჰოგრთან მოწყობილი მიკრომეტრული ხრახნით ზუსტად ისე, რომ ბადის შუა პორიზონტული ძაფი ზუსტად შეუთავსდეს სამიზნე  $M$  წერტილს (ნახ. 27). შემდეგ შიმშა-ალიდადაზე მო-

წყობილი (3) თარაზოს ბუშტულას ზუსტად დაეყენებთ (4) ხრახნით ამპულის შუაში (ნახ. 24).

წრედი ოკულარიდან არის მარჯვნივ, რაც (27) ნახაზზე აღნიშნულია  $k$  ასოთი. აეიღებთ ამ დროს I ვერნიერზე დაეყვანილ  $a_1$  ანათვალს, რომელიც იქნება მ ც ი რ ე და დახრის კუთხე გამოისახება ტოლობით:

$$v = a_1 - (\epsilon_1 + \epsilon_2). \quad (6.8.3.20)$$

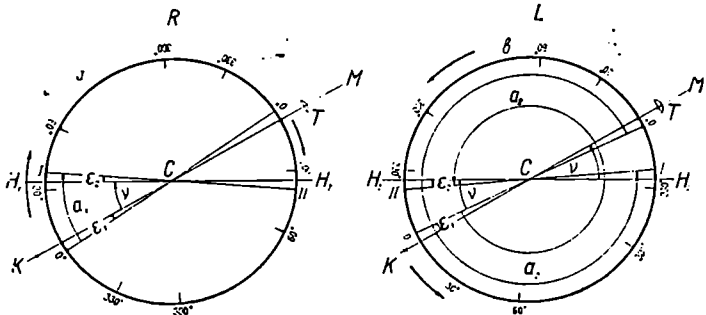
ამ ტოლობის მარჯვენა მხარის წევრები გამოვსახოთ დიდი ანათვლებით, ე. ი. დავწერთ

$$v = (a_1 + 360^\circ) - [(\epsilon_1 + \epsilon_2) + 360^\circ]. \quad (a)$$

საკლები აღნიშნოთ  $v_R$  სიმბოლოთი, ხოლო მაკლები (19) ტოლობის მიხედვით არის  $N$  ნულ ადგილი. მაშასადამე (20), ანუ  $a$ , ტოლობა გადაიწერება ასე:

$$v = v_R - N. \quad (6.8.3.21)$$

გადავიტანოთ ქოგრი ზენიტზე, წრედალიდადა შემოვებრუნოთ  $180^\circ$ -ით და იგივე წერტილს დაეუმიზნოთ ქოგრი და შევასრულოთ თარაზოს ზუსტება



ნახ. 6.8.3.27.

(ნახ. 27<sup>b</sup>). ახლა ოკულარიდან შევეული წრედი იქნება მარცხნივ, რაც ნახაზზე აღნიშნულია  $L$  ასოთი. ამ დროს წრედზე ზრდადი წარწერები დალაგდება საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით.  $a_2$  ანათვალი როგორც იმავე I ვერნიერით, ასევე II ვერნიერით იქნება დიდი, რომელსაც აღარ სჭირდება  $360^\circ$ -ის დამატება. (27<sup>b</sup>) ნახაზის მიხედვით დავწერთ:

$$v = 360^\circ - a_2 + (\epsilon_1 + \epsilon_2). \quad (6.8.3.22)$$

ამ ტოლობაში, როგორც ვთქვით,  $a_2$  არის დიდი ანათვალი, რომელსაც უტკვლელად ვტოვებთ და აღნიშნავთ  $v_L$ -ით. მიღებული აღნიშვნით და (19) ტოლობის გამოყენებით (22) განტოლება გადაიწერება ასე:

$$v = N - v_L. \quad (6.8.3.23)$$

(21) და (23) ორმუცნობიანი განტოლებების ამოხსნით:

$$v = \frac{v_R - v_L}{2} \quad (6.8.3.24)$$

და

$$N = \frac{v_R + v_L}{2}. \quad (6.8.3.25)$$

მიღებულ (21), (23), (24), (25) ფორმულებში ყველა წევრი შეტანილია დიდი ანათვლის სახით. მაშასადამე, პრაქტიკული მუშაობის დროს ციფრულ ნაკლები ოდენობის ანათვლებს ( $v_R$ ,  $v_L$  ან  $N$ ) მექანიკურად უნდა დაეუმართოთ  $360^\circ$  და შევიტანოთ ხსენებულ ფორმულებში. ამ წესის დაცვით დახრის კუთხის ნიშნის თვით ფორმულები გვაძლევს. ასე რომ, ველზე დახრის კუთხის ნიშნის დადგენა საჭირო არ არის.

განხილადი ჯგუფის ინსტრუმენტებში მიღებული ნორმების მიხედვითაა ნულ ადგილის მცირე ანათვალი ( $\epsilon_1 + \epsilon_2$ ) , არ უნდა გადასცილდეს ვერნიერის გაორკეცებულ სიზუსტეს. მაგალითად TT-5-ში მისი ოდენობა ნაკლები უნდა იყოს  $60''$ -ზე.

მაგალითი (6.8.3.3). წრედი მარჯვნივ ( $R$ ), ანათვალი  $\epsilon_1 = 9^\circ 40', 0$ ,  
 წრედი მარცხნივ ( $L$ ), ანათვალი  $\epsilon_2 = 350^\circ 10', 0$ .  
 გავიგოთ შვეული წრედის  $N$  ნულ ადგილის მცირე ( $\epsilon_1 + \epsilon_2$ ) ანათვალი,  
 (25) ფორმულისათვის  $v_R = 9^\circ 40', 0 + 360^\circ 00' = 369^\circ 40', 0$ ,  
 $v_L = 350^\circ 10',$

(25) ფორმულით 
$$N = \frac{369^\circ 40', 0 + 350^\circ 10', 0}{2} = 359^\circ 55', 0$$

(19) ფორმულიდან ნულ ადგილის მცირე ანათვალი

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 = 359^\circ 55', 0 - 360^\circ 00', 0 = -5', 0.$$

მაშასადამე, საჭიროა მისი შემცირება.

ლითონისწრედებიან და ვერნიერებიან ინსტრუმენტებში ნულ ადგილის შესამცირებლად არსებობს ორი ხერხი:

### პირველი ხერხი

1. მოვიყვანოთ ინსტრუმენტს მომწესობაში;
2. შიმშალადადის თარაზოს 4 (ნახ. 8<sup>ა</sup>) ბუშტულას დამყენებელი ხრახნით 6 (ნახ. 8<sup>ბ</sup>) დავაყენებთ ამჟულას შუაში, რის გამო მასთან დაკავშირებული ვერნიერების ხაზი მიიღებს დაახლოებით თარაზულ მდებარეობას;
3. ქოგრის დასამიზნებელი მიკრომეტრიული ხრახნით 13 (ნახ. 8<sup>ა</sup>) შვეული წრედის  $359^\circ 55'$  ანათვალს დავაყენებთ 1 ვერნიერის ნულოვან ინდექსთან. მაშინ, ნულ ადგილის განსაზღვრების თანახმად, ქოგრის კოლიმაციური ღერძი იქნება ჰორიზონტულად, თარაზოს ბუშტულა კი—შუაში (მისი ღერძი არის ჰორიზონტულად);

4. იგივე ხრახნით 6 (ნახ. 8ა) შიმშა-ალიდადას 1 ვერნიერს დავაყენებთ შვეული წრედის 0°-ზე. ცხადია, ამ დროს თარაზოს ბუშტულა ნულ ჰუნქტიდან გადაიხრება;

5. თარაზოს შემასწორებელი ხრახნით 5 (ნახ. 8ა) ბუშტულას ისევ შუაში მოვიყვანთ. როგორც ვხედავთ, თითქოს მივალწიეთ იმას, რომ, როცა ჰოგარისა და თარაზოს ღერძები პორიზონტულად არის, ანათვალი შვეულ წრედზე ნულია.

საჭიროა განმეორებითი შემოწმება. შესწორების შემდეგ ანათვლებია:

$$a_1 = 9^\circ 42', 0,$$

$$a_2 = 350^\circ 16', 0;$$

ე. ი. დიდ ანათვლებში:

$$v_R = 369^\circ 42', 0,$$

$$v_L = 350^\circ 16', 0.$$

(25) ფორმულით

$$N = \frac{369^\circ 42', 0 + 350^\circ 16', 0}{2} = 359^\circ 59', 0.$$

მაშასადამე, შვეული წრედის ნულ ადგილის მცირე ანათვალი ( $a_1 + a_2$ ) =  $-1'$ , 0 რაც დასაშვებია.

ახლა გამოვითვალოთ (24) ფორმულით დახრის კუთხე

$$v = \frac{369^\circ 42', 0 - 350^\circ 16', 0}{2} = +9^\circ 43', 0.$$

კონტროლი

(23) ფორმულით

$$v = 359^\circ 59', 0 - 350^\circ 16', 0 = +9^\circ 43', 0,$$

(21) ფორმულით

$$v = 369^\circ 42', 0 - 359^\circ 59', 0 = +9^\circ 43', 0.$$

ზემომოყვანილი ფორმულებით დახრის კუთხის ზუსტ მნიშვნელობას მაშინაც მივიღებდით, რომ ინსტრუმენტი არ შეგვესწორებია, მაგრამ გამოთვლების მოხერხებულობისათვის სჯობს მისი ოდენობა იყოს ნული ან მასთან აქლოს.

### მეორე ხარხი

1. (25) ფორმულით განვსაზღვრავთ  $N$  ნულ ადგილს;

2. (24) ფორმულით გამოვითვლით  $v$  დახრის კუთხეს;

3. ჰოგარი, როგორც ვიცით, დამიზნებულია საგანზე და თარაზოს ბუშტულა ამჟღის შუაშია. ამ დროს გადავწევთ შიმშას მისი დამყენებელი ხრახნით 6 (ნახ. 8ა) ისე, რომ ანათვალი იყოს (24) ფორმულით მიღებული დახრის კუთხის ტოლი. ცხადია, ხსენებულ შიმშა-ალიდადაზე დამაგრებულ ხრახნით 4 (ნახ. 8ა) თარაზოს ბუშტულა ნულპუნქტიდან გადაიხრება;

4. ხსენებული თარაზოს შემასწორებელი ხრახნებით 5 (ნახ. 8<sup>ა</sup>) ბუშტულას ისევ ნულპუნქტზე დავაყენებთ.

მაგალითი 6.8.3.4.

$$a_1 = 356^\circ 42', 0,$$

$$a_2 = 3^\circ 17', 0.$$

ფორმულებისათვის დიდ ანათელებში

$$v_R = 356^\circ 42', 0'$$

$$v_L = 363^\circ 17', 0.$$

(25) ფორმულით

$$N = \frac{356^\circ 42', 0 + 363^\circ 17', 0}{2} = 359^\circ 59', 5,$$

(19) ფორმულით

$$(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = 359^\circ 59', 5 - 360^\circ = -0', 5,$$

(24) ფორმულით

$$v = \frac{356^\circ 42', 0 - 363^\circ 17', 0}{2} = -3^\circ 17', 5.$$

კონტროლი:

(23) ფორმულით

$$v = 359^\circ 59', 5 - 363^\circ 17', 0 = -3^\circ 17', 5,$$

(21) ფორმულით

$$v = 356^\circ 42', 0 - 359^\circ 59', 5 = -3^\circ 17', 5.$$

მაგალითი 6.8.3.5.

$$a_1 = 358^\circ 18', 0,$$

$$a_2 = 359^\circ 34', 0.$$

ფორმულებისათვის

$$v_R = 359^\circ 56', 0,$$

$$v_L = 359^\circ 59', 0.$$

(25) ფორმულით

$$N = \frac{359^\circ 58', 0 + 359^\circ 59', 0}{2} = 359^\circ 58', 5,$$

(19) ფორმულით

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 359^\circ 58', 5 - 360^\circ = -1', 5;$$

(24) ფორმულით

$$v = \frac{359^\circ 58', 0 - 359^\circ 59', 0}{2} = -0', 5.$$

კონტროლი:

(23) ფორმულით

$$v = 359^\circ 58', 5 - 359^\circ 59', 0 = -0', 5,$$

(21) ფორმულით

$$\nu = 359^{\circ} 58', 0 - 359^{\circ} 58', 5 = -0', 5.$$

მაგალითი 6.8.3.6.

$$a_1 = 0^{\circ} 01', 0,$$

$$a_2 = 0^{\circ} 00', 5.$$

ფორმულებისათვის

$$\nu_R = 360^{\circ} 01', 0,$$

$$\nu_L = 360^{\circ} 00', 5.$$

(25) ფორმულით

$$N = \frac{360^{\circ} 01', 0 + 360^{\circ} 0', 5}{2} = 360^{\circ} 0', 75,$$

(19) ფორმულით

$$(\epsilon_1 + \epsilon_2) = 360^{\circ} 0', 75 - 360^{\circ} = +0', 75,$$

(24) ფორმულით

$$\nu = \frac{360^{\circ} 01', 0 - 360^{\circ} 0', 5}{2} = +0^{\circ} 00', 25.$$

კონტროლი:

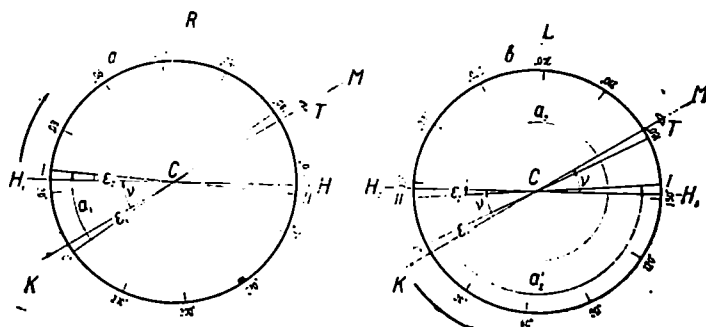
(23) ფორმულით

$$\nu = 360^{\circ} 0', 75 - 360^{\circ} 00', 5 = +0^{\circ} 00', 25,$$

(21) ფორმულით

$$\nu = 360^{\circ} 01', 0 - 360^{\circ} 00', 75 = +0^{\circ} 00', 25.$$

ახლა განვიხილოთ მეორე ტიპის წრედი ორი ვერნიერით (ნახ. 25) და (ნახ. 28). შევადაროთ იგი (27) ნახაზს. ენახეთ, რომ (27<sup>ა</sup>) და (28<sup>ა</sup>)



ნახ. 6.8.3.28.

ნახაზებს შორის განსხვავება არ არის. მაშასადამე,  $\nu$  დახრის კუთხე წრედი მარჯვნივზე (*R*) შესაბამისი  $\nu_R$  დიდი ანათვალნი გამოითვლება (21) ფორმულით, ხოლო თუ წრედი მარცხნივზე (*L*) (ნახ. 28<sup>ა</sup>) ანათვალს ავი-



ლებთ არა I ვერნიერთ, ანუ მიღებული წესის მიხედვით (ნახ. 27<sup>ბ</sup>), არაჲ მელ II ვერნიერთ, ე. ი. დაყვანილი ანათვალი (გრადუსი, მინუტი და მისი ნაწილები) იქნება II ვერნიერზე, მაშინ  $v$  დახრის კუთხე გამოითვლება იმავე  $a_2 = v_L$  დიდი ანათვის მიხედვით (23) ფორმულით. მაშასადამე, აქაც დახრის კუთხის გამოსათვლელად გამოიყენება პირველი (გენერალური ტიპის) ტიპისათვის გამოყვანილი (21), (23), (24), (25) ფორმულები იმ წესების დაცვით, რაც ზემოთ იყო მიღებული.

ვთქვათ, სავალდებულოა აქაც I ვერნიერზე ანათვლების დაყვანა, ე. ი. ანათვლები ავიღოთ ყოველთვის I ვერნიერთ. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ვიყენებთ ისეთ ინსტრუმენტს, რომელზეც დაყენებულია მეორე ტიპის წრე-ღა, დანაყოფების ასათვლელი მხოლოდ ერთი ხელსაწყოთი. ცხადია, აქაც პირველი ფორმულა იგივე იქნება, სახელდობრ (21)

$$v = v_R - N, \quad (6.8.3.21')$$

ხოლო იმავე ამოვლელი ხელსაწყოთი (I ვერნიერთ) ანათვალი  $a_2'$  არის  $90^\circ$ -ზე მეტი (დიდი), ე. ი. დავწერთ;

$$a_2' = v_L, \quad (b)$$

რომელსაც I ტიპის შესაბამისი ფორმულამდე მიყვანის მიხედვით შექანიტურად დავუმატებთ  $180^\circ$  (თითქოს ანათვალი ავიღეთ II ვერნიერთ II ტიპის წრედში). მაშასადამე, (23) ტოლობა ასე გადაიწერება:

$$v = N - (v_L + 180^\circ) = N - v_L - 180^\circ. \quad (6.8.3.23')$$

(21') და (23') ტოლობების შეკრება-გამოკლებით (24) და (25) ტოლობები მიიღებს ასეთ სახეს:

$$v = \frac{v_R - (v_L + 180^\circ)}{2} = \frac{v_R - v_L - 180^\circ}{2} \quad (6.8.3.24')$$

და:

$$N = \frac{v_R + (v_L + 180^\circ)}{2} = \frac{v_R + v_L + 180^\circ}{2}. \quad (6.8.3.25')$$

როგორც ვხედავთ, მიღებულ (21'), (23'), (24'), (25') მეორე ჯგუფის ფორმულებში  $v_R$ ,  $v_L$  და  $N$  ელემენტები დიდ ანათვლებშია. მაშასადამე, II ტიპის წრედზე ყოველ იღეთში ერთი და იმავე ხელსაწყოთი (I ვერნიერთ) ანათვლებს აღებისას, ანუ იმავე ტიპის წრედზე დანაყოფების ასათვლელი ერთი ხელსაწყოთი ანათვლების აღების დროს, მცირე ( $90^\circ$  ნაკლებ) ანათვალს უნდა მივუმატოთ  $360^\circ$  და ვიმოქმედოთ II ჯგუფის ამ მოყვანილი ფორმულებით. შევუღო წრედის ნულადგილის მინიმუმამდე დაყვანა და სხვა აქაც ცნობილი წესით ხდება. ამ შემთხვევაშიც დახრის კუთხის ნიშანს იგივე ფორმულები იძლევა.

მაგალითი 6.8.3.7. TT-5-ში I ვერნიერზე დაყვანილი საშუალოება:

$$\text{წრედი } (R), a_1 = 3^\circ 10' 30'',$$

$$\text{წრედი } (L), a_2' = 176^\circ 47' 30''.$$

II ჯგუფის ფორმულებისათვის

$$\gamma_R = 363^\circ 10' 30'',$$

$$\gamma_L = 176^\circ 47' 30''.$$

(25') ფორმულით

$$N = \frac{363^\circ 10' 30'' + 176^\circ 47' 30'' + 180^\circ}{2} = 359^\circ 59' 00'',$$

(19) ფორმულით

$$(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = 359^\circ 59' 00'' - 360^\circ = -01' 00'',$$

(24') ფორმულით

$$\nu = \frac{363^\circ 10' 30'' - 176^\circ 47' 30'' - 180^\circ}{2} = +3^\circ 11' 30''.$$

კონტროლი:

(23') ფორმულით

$$\nu = 359^\circ 59' 00'' - 176^\circ 47' 30'' - 180^\circ = +3^\circ 11' 30'',$$

(21) ფორმულით

$$\nu = 363^\circ 10' 30'' - 359^\circ 59' 00'' = +3^\circ 11' 30''.$$

მაგალითი 6.8.3.8. TOM-ით, რომელსაც აქვს ერთი მიკროსკოპი მაჩვენებლით ( $t=1$ ),

$$\text{წრედი } (R), a_1 = 354^\circ 28',6,$$

$$\text{წრედი } (L), a_2' = 185^\circ 35',4.$$

II ჯგუფის ფორმულებისათვის

$$\gamma_R = 354^\circ 28',6,$$

$$\gamma_L = 185^\circ 35',4.$$

(25') ფორმულით

$$N = \frac{354^\circ 28',6 + 185^\circ 35',4 + 180^\circ}{2} = 360^\circ 02',0,$$

(19) ფორმულით

$$(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = 360^\circ 02',0 - 360^\circ = +02',0,$$

(24') ფორმულით

$$\nu = \frac{354^\circ 28',6 - 185^\circ 35',4 - 180^\circ}{2} = -5^\circ 33',4.$$

კონტროლი:

(23') ფორმულით

$$\nu = 360^\circ 02',0 - 185^\circ 35',4 - 180^\circ = -5^\circ 33',4,$$

(21) ფორმულით

$$\nu = 354^{\circ} 28', 6 - 360^{\circ} 02', 0 = -5^{\circ} 33', 4.$$

თეოდოლიტში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს შვეული წრედის ნულ-ადგილის უცვლელიობას (მუდმივობას), რაც საშუალებაა მოგვეცემს სადგურიდან მრავალ წერტილზე დახრის კუთხის გაზომვების დროს მსოლოდ ერთხელ განვსაზღვროთ (25) ან (25') ფორმულით (ორი წრედით)  $N$  ნულ-ადგილი (თუ საჭირო იქნება შევასწოროთ) და მეორე სადგურში შემავალი ყოველი მიმართულების დახრის კუთხეს განვსაზღვრავეთ (21) ან (23) და მათი ანალოგიური ფორმულებიდან ერთ-ერთის გამოყენებით. თეოდოლიტში  $N$  ნულ-ადგილის ოდენობისა და მისი მუდმივობის შესამოწმებლად ადგილზე მომწესობაში მოვიყვანთ თეოდოლიტს, რამდენიმეჯერ ორ-ორი წრედით დავემიზნებთ ჰოგრის ურთიერთგანსხვავებულ მანძილებზე მდებარე წერტილებს, რის შესაბამისად ყოველ იღეთში გამოვითვლით  $N$  ნულ-ადგილის ოდენობას (25) ან მისი ანალოგიური ფორმულით. მოითხოვება, რომ გამონათვლების ოდენობები და მათ შორის სხვაობები არ აღემატებოდეს დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოთა გაორკეცებულ სიზუსტეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში სახელოსნოს უნდა მიემართოს. ნულ-ადგილის ოდენობის არადასაშვები მერყეობის მიზეზებად შეიძლება ჩაითვალოს:

1. ვერტიკალური წრედის არამტკიცედ მიმაგრება მისი ბრუნვის ღერძთან. ზოგჯერ მისი ალიდადის მიკრომეტრული ხრახნის ზაშბარის შესუსტება, მილისის ქეჩილი სვლა და ვერტიკალურ წრედთან ხახუნის;

2. შიმშა-ალიდადაზე დამაგრებული ცილინდრული თარაზოს მდებარეობის რყევა;

3. ჰოგრის კოლიმაციური ღერძის მერყეობა ძაფთა ბადის არასათანადოდ დამაგრების გამო.

ყოველ სადგურზე დროგამოშვებით უნდა იყოს განსაზღვრული შვეული წრედის ნული ადგილის ოდენობა, რითაც მოწმდება მისი მუდმივობა, ანუ რკვევა—ზემოჩამოთვლილ ნაკლებს აქვს თუ არა ადგილი ინსტრუმენტში. ცალი წრედიან განსაზღვრული დახრის კუთხეები ჩაითვლება უვარგისად, თუ ამ კუთხეების გაზომვების წინ და შემდეგ განსაზღვრულ ნულ-ადგილის ოდენობებს შორის აღმოჩნდა დაუშვებელი განსხვავება.

### VIII. ჰოგრზე დამაგრებული თარაზოს შემოწმება. შვეული წრედის ნულ-ადგილის მოსპობა, როცა მხოლოდ ჰოგრზეა თარაზო

აქ განიხილება ორი შემთხვევა: 1. გარდა შიმშა-ალიდადისა, ჰოგრზე არის დამაგრებული თარაზოც, მაგალითად, ТТ-5 (ნახ. 13), ТП (ნახ. 3), ТН (ნახ. 4) თეოდოლიტებს ჰოგრზე აქვთ 20" თარაზო; 2. შიმშა-ალიდაზე არ არის თარაზო, იგი მხოლოდ ჰოგრზეა დამაგრებული. პირველ შემთხვევაში თეოდოლიტით, გარდა დახრის კუთხეების გაზომვისა, გეომეტრიული ნიველობაც რომ შესრულდეს, საჭიროა ჰოგრზე დამაგრებული თარაზოს

ღერძი იყოს ჰოგრის კოლიმაციური ღერძის სწვრივი, რასაც უწოდებენ თარაზოს შემოწმებას; მეორე შემთხვევაში თეოდოლიტით, გარდა გეომეტრიული ნიველობისა, დახრის კუთხეებიც რომ მოხერხებულად გავზომოთ, საჭიროა ნულ-ადგილის მოსპობაც.

როგორც ვხედავთ, ორივე შემთხვევაში საჭიროა ჰოგრზე დამაგრებული თარაზოს შემოწმება, რაც გამოიხატება იმაში, რომ თარაზოს ღერძი იყოს ჰოგრის კოლიმაციური ღერძის სწვრივი.

დაახლოებით 100-150 სიგრძის ცოტაოდენ დახრილი ხაზის  $A$  წერტილში დაეყენებთ თეოდოლიტს,  $B$  წერტილში კი სანტიმეტრებად დაყოფილ ლარტყას შევუღალ (ნახ. 29). თეოდოლიტს მოვიყვანთ მომწესობაში და ჰოგრის მიკრომეტრული ხრახნით 13 (ნახ. 8ა) თარაზოს ბუმბუტულას გადავადგილებთ ამპულის შუაში, რითაც თარაზოს  $H_1H_2$  ღერძი დადგება პორაზონტულად. ვთქვათ, არაპარალელურობის გამო ჰოგრის კოლიმაციურ ღერძთან თარაზოს ღერძი ქმნის  $\Delta\alpha$  მცდარობის კუთხეს. მაშინ ძაფთა ბადის იარაზული ძაფით  $a_1$  ანათვალ ლარტყაზე მცდარი იქნება  $\Delta\alpha$  სიგრძით, რომლის ნიშანი იქნება დადებითი ან უარყოფითი. განხილად შემთხვევაში  $\Delta\alpha$  უარყოფითია, რადგანაც გავზომილი  $Ba_1$  სიგრძე ნაკლებია ქვემარიტ  $BH_1$  სიგრძეზე. მაშასადამე, როცა კოლიმაციური-ღერძი თარაზოს ღერძის ქვემოთაა,  $\Delta\alpha$  უარყოფითია და პირიქით. ზუსტად გავზომავთ ინსტრუმენტის  $i_1$  სიმაღლეს. (29<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით  $B$  წერტილის აღმატება  $A$ -სთან იქნება:

$$h = i_1 - (a_1 + \Delta\alpha). \quad (6.8.3.26)$$

იმავე ხაზზე შეეუცვალოთ თეოდოლიტსა და ლარტყას ადგილი (ნახ. 29<sup>ბ</sup>) და გავიმეოროთ ზემოშესრულებული მოქმედებები. მაშინ (29<sup>ბ</sup>) ნახაზის აღნიშვნების მიხედვით დაწეროთ:

$$h = (a_2 + \Delta\alpha) - i_2. \quad (6.8.3.27)$$

ორივე შემთხვევისათვის მიღებული განტოლებების ამოხსნით მივიღებთ:

$$\Delta\alpha = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}. \quad (6.8.3.28)$$

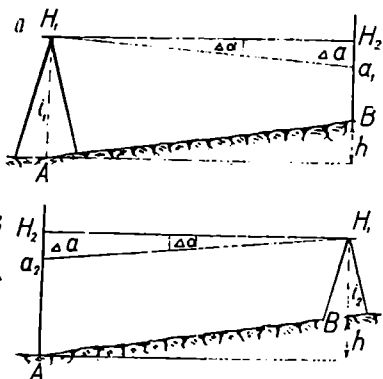
ამ ფორმულით გამოყვანილი  $\Delta\alpha$  შეცდომის ნიშანი იქნება სწორი, როგორც ვთქვით, განხილად შემთხვევაში მინუსი. ნორმებით მისი ოდენობა არ უნდა გადასცილდეს  $\pm 4$  მილიმეტრს. წინააღმდეგ შემთხვევაში სწორი ანათვლის მისაღებად, განაზომთა შეცდომების თეორიის [13] წესის შესაბამისად, მეორე  $a_2$  ანათვალს უნდა გამოვაკლოთ ალგებრულად  $\Delta\alpha$  შეცდომა, ე. ი. ჰოგრი უნდა გადავწიოთ დამყენებელი ხრახნით 13 (ნახ. 8<sup>ა</sup>)

$$a_2 - (-\Delta\alpha) = a_2 + \Delta\alpha \quad (6.8.3.28')$$

ანათვალზე. ამ დროს ბუმბუტულა გადაიხრება ამპულის შუა ადგილიდან, მას ისევ უკან გადმოვწევთ თარაზოს შემასწორებელი ხრახნით. ახლა ჰოგრის

კოლიმაციური და თარაზოს ღერძები ურთიერთ სწვრივიან (დაყენებულაია პორიზონტულად).

მეორე შემთხვევაში, ანუ როცა მხოლოდ ჰოგარზეა თარაზო დამაგრებული და დახრის კუთხის მოხერხებულად გაზომვისათვის საჭიროა ნულ-ადგილის მოსპობა, ვიქცევით შემდეგნაირად: უკანასკნელ მდგომარეობაში (როცა თარაზოსა და კოლიმაციური ღერძების სწვრივობა შესრულებულია და თარაზოს ბუშტულა შუაშია), შევამოწმებთ ანათვალს. ვერნიერით თუ ანათვალი იქნება  $0^{\circ} 0'$ , მიზანი მიღწეულია. წინააღმდეგ (როცა ანათვალი ნულისაგან განსხვავდება) შემთხვევაში ვერტიკალური წრედის (შიმშა ან წრედი) ალიდადას მასთან მოწყობილი ხრაახნებით გადავწევთ ისე, რომ ანათვალი მივიღოთ  $0^{\circ} 0'$ .



ნახ. 6.8.3.29.

იმ შემთხვევაში, როცა შიმშას არა აქვს შემასწორებელი ხრაახნები, (2ს) ფორმულით გამოთვლილ ანათვალზე ჰოგარს დაყაყენებთ ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრაახნების საშუალებით.

ლითონის წრედებიან თეოდოლიტებში შვეული წრედის ნულ-ადგილის განსაზღვრა და შესწორება გარდა ზემოთ მოყვანილი წესებისა შეიძლება ლარტყის გამოყენებით. ამისათვის მომწესობაში მოგვყავს თეოდოლიტი. ვერტიკალური წრედის ალიდადის მიკროხრაახნით თარაზოს ბუშტულას ცენტრს ვაყენებთ ნულ-პუნქტზე და სამიზნე ჰოგარს ტლანქად ვუმოიზნებთ (და ვამაგრებთ) 50-60 მეტრ მანძილზე შვეულად დაყენებულ ლარტყას; სამიზნე ჰოგარის მიკრომეტრული ხრაახნით ზუსტად ვუთავსებთ ვერტიკალური წრედის  $0-180^{\circ}$  დიამეტრს ალიდადის ვერნიერის ნულოვან ინდექსს და ჰოგარის ძაფთა ბადის შუა თარაზული ძაფით ვიღებთ ანათვალს ლარტყაზე. შემდეგ ჰოგარს გადავიტანთ ზენიტზე, შემოვებარუნებთ წრედ-ალიდადას  $180^{\circ}$ -სით და ვიმეორებთ ყოველივეს. ცხადია, რომ ლარტყაზე მიღებული ორი ანათვალის საშუალო იქნება სამიზნე ჰოგარის თარაზული მდებარეობის შესაბამისი ანათვალის ტოლი. ამიტომ ნულ-ადგილის შესასწორებლად ჰოგარის მიკრომეტრული ხრაახნით ძაფთა ბადის თარაზულ ძაფს ვაყენებთ ხსენებულ საშუალო ანათვალზე და ვერტიკალური წრედის ალიდადის მიკრომეტრული ხრაახნით წრედს  $0^{\circ}-180^{\circ}$  დიამეტრს შევუთავსებთ ვერნიერის ნულოვან ინდექსს. ბოლოს ვერტიკალური წრედის ალიდადის თარაზოს ბუშტულას ცენტრს გადავწევთ ნულ-პუნქტზე მისივე შემასწორებელი ხრაახნით.

## IX. ოპტიკური შვეულის სამიზნე ღერძი უნდა იყოს შეთავსებული ინსტრუმენტის მთავარ ღერძთან

ოპტიკური შვეული შეიძლება იყოს ინსტრუმენტის ზედადგარზე, წრედ-ალიდადაზე ან სამიზნე ჭოგარზე. შემოწმებები იხილეთ (6.5.1.) პარაგრაფის D მუხლში.

### B. ზვიკვავაბარიტიანი ოპტიკური თეოდოლიტები

ამ ჯგუფში შედის TOM (ნაპ. 30); T-30 (ნაპ. 31); T-20 (ნაპ. 32); OMT-30 (ნაპ. 33); მათი ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია (6.8.6.2) ცხრილში. საერთოდ ამ თეოდოლიტების ძირითადი დეტალები და კვანძები დახურულია ტენისა და მტვერის უშუალოდ მოხვედრისაგან დასაცავად, რის გამოც ამ ინსტრუმენტებით შეიძლება მუშაობა სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში.

### ა. ზვიკვავა ოპტიკური თეოდოლიტი TOM (ნაპ. 30)

ახალი სტანდარტის მიხედვით ასეთ თეოდოლიტებს გამოუშვებენ T-30 სახელწოდებით.

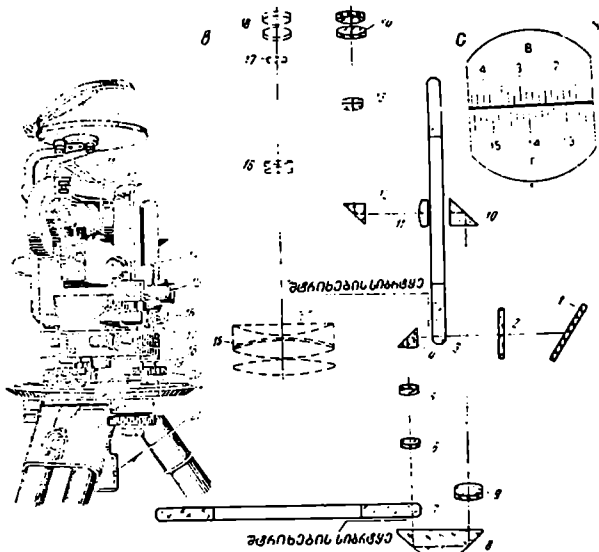
განხილავთ თეოდოლიტი განკუთვნილია ჰორიზონტული და დახრის კუ-ონეების, მაგნიტური აზიმუტების, გეომეტრიული ნიველობისა და დანაყოფებისანი ლარტყითა და ძაფებისანი ბალით მანძილების არაპირდაპირი ხერხით გაზომვისათვის. გარდა ძაფებისანი მანძილმზომისა, აქ მანძილების გაზომვა შეიძლება DD 5 (DH - 10) სამანძილო საცმის გამოყენებითაც. გეომე-ტრიული ნიველობის საშუალებას კი გვაძლევს დამტკეცი და მიკრომეტრული ზრახნის მქონე 13, 14 ჭოგარზე 6 დამაგრებული სარკე 11 და 30" საფასურისანი კოლინდრული თარაზო 12 (ნაპ. 30ა); 1 არის შტატივის თავის ზრახნი; 4—სამიზნე ჭოგარის სადგარი; 8—ვერტიკალური წრედის გარსაცმი; 19—მთავარი ღერძის ბაქსა. ვერტიკალური ღერძების სისტემა არის კონუსური განმეორე-ბითი. თეოდოლიტზე მიღებულია ამწე ზრახნებისანი 20 ზედადგარი 3 ფი-ლით 2, რომელიც წარმოადგენს მის ფუძეს და ლითონის ბუდის ძირს. მუშა-ობისათვის ამ ფუძით თეოდოლიტი მაგრდება შტატივის თავზე ხერხემალა ზრახნით 21. ამით ძლიერ მოხერხებულია მუშაობის დროს დახურული ბუდიო თეოდოლიტის ადგილიდან ადგილზე გადატანა განსაკუთრებით ტყიან და ჭაგ-ნარ ადგილებში.

როგორც ლიშხს, ისე წრედ-ალიდადას აქვს დამტკეცი 16 და მიკრომე-ტრული ზრახნები 17 და 18.

ვერტიკალური წრედის ალიდადას არ აქვს დამყენებელი, მიკრომეტ-რული და არც შემასწორებელი ზრახნები. აგრეთვე მასთან არ არის მოწყო-ბილი თარაზო; მის მაგივრებას ასრულებს ჰორიზონტული წრედის წრედ-ალი-დადას თარაზო 15, რომელიც დაყენებულია ჭოგარის 6 კოლიმაციური სიბრ-ტვის სწვრივად. თეოდოლიტზე საჭიროებისამებრ მაგრდება ზრახნით წრიული ბუსოლი 9 აზიმუტური დანაყოფებით, რომელსაც მოხერხებული ორიენტა-რებისათვის ზემოდან სახურავში ჩამაგრებული აქვს სარკე 10. მის კომპლექ-

ტში აგრევე შედის საცმი პრიზმა, რომელიც ეცმის ჰოგრის ოქულარს და ასათვლელ მიკროსკოპს 7 დიდი დახრის კუთხეების გაზომვების დროს.

განხილად თეოდოლიტს აქვს მხოლოდ ერთი მიკროსკოპი 7 მაჩვენებლით, რომლის მხედველობის არეში ჩანს თარაზული და ვერტიკალური წრედის თითო ადგილიდან (ნაწილიდან) გამოსახულება, შეთავსებული მიკროსკოპის მაჩვენებელთან. წრედის დანაყოფის ხილული ოდენობა არის 2 მმ. ორივე წრედი ნათდება სარკით 5 და მეორე ტიპისა და ზრდადი წარწერები აქვს ყოველ გრადუსზე 0°-360°-მდე. მისი საფასურებია 10'. ანათვლები აიღება ±1' სიზუსტით, 30" ნახაზის შესაბამისად, სარკიდან 1 არეკლილი სხივე-



ნახ. 6.8.3.30.

ბით, რომელიც გაივლის დამცავ მინას 2, ნათდება შეეული წრედის ერთი ადგილის შტრიხები 3, პრიზმის 4 საშუალებით კომპონენტისაგან 5 და 6 შემდგარი ობიექტივი გადასცემს და პორიზონტული წრედის ერთი ადგილის შტრიხების სიბრტყეში 7 შეუთავსებს ვერტიკალური წრედის ხსენებულ შტრიხებს. ორივე წრედის დანაყოფების წრიული სკალის დიამეტრები ტრლია. ამიტომ ობიექტივის 5 და 6 გამადიდებლობა არის ერთი. პრიზმების 8 და 9 საშუალებით ობიექტივი 9 გადასცემს ორივე წრედის შტრიხების ურთაერთმობირდაპირე გამოსახულებას კოლექტიური (საგნის) ლინზის 11 სიბრტყეში, რომელზეც დაკვესილია მიკროსკოპის ინდექსი (მაჩვენებელი). მიღებული ერთიანი გამოსახულება პრიზმაში 12 გავლით იხილება სამიზნე ჰოგრის გვერდით მის პარალელურად დამაგრებული მიკროსკოპის სისტემით, რომელიც შედგება ობიექტივისა 13 და ოქულარის 14 ლინზებისაგან. მიკრო-

სკოპის მხედველობის არე ნაჩვენებია (30°) ნახაზზე, სადაც ქვემოთაა  $F$  — ჰორიზონტული წრედი, ზემოთაა  $B$  — შვეული წრედი.

იმისათვის, რომ მიკროსკოპით კარგად ავიღოთ ანათელები, საჭიროა ობიექტივის კომპონენტები 5, 6 ისე იყოს დაყენებული, რომ შტრიხების გამოსახულება მივიღოთ მკაფიოდ (თვალზე ფოკუსირება) და აგრეთვე შესრულდეს საგანზე ფოკუსირება ობიექტივის 9 ლინზისა ისე, რომ ხსენებული გამოსახულების სიბრტყე შეუთავსდეს კოლექტიური (საგნის) ლინზის 11 სიბრტყეს და ბოლოს კოლექტივის სათანადო დაყენებით მაჩვენებელი იყოს ლინზების შტრიხების გამოსახულების პარალელური.

(30°) ნახაზის ჰორიზონტულ წრედზე ანათვალთა  $13^{\circ} 57'$ , ხოლო ვერტიკალურზე კი  $2^{\circ} 44'$ .

### ბ. მკირაბაბაიძინი ოპტიკური თეოდოლიტი T-30 (ნახ 31)

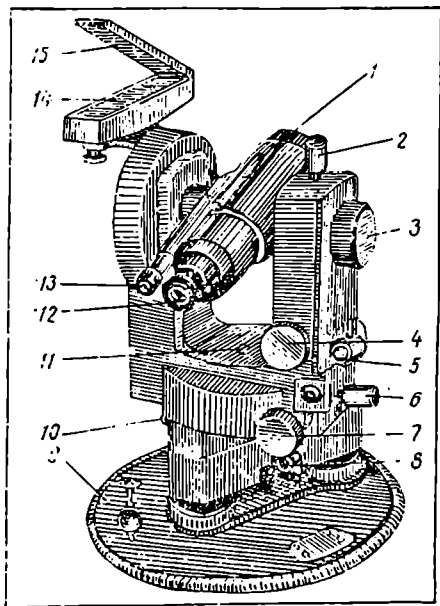
განხილადი თეოდოლიტი განკუთვნილია ჰორიზონტული და დახრის კუთხეების, მაგნიტური აზიმუტების, გეომეტრიული ნიველობისა და  $DH-10$  ( $DD5$ ) სამანძილო ნაცმის გამოყენებით მანძილების არაპირდაპირი ხერხით გაზომვისათვის.

ვერტიკალური ღერძების სისტემა არის ცილინდრული განმეორებითი. ორივე წრედი წარწერილია ყოველ გრადუსზე  $0^{\circ} - 360^{\circ}$ -მდე. საფასურია  $10'$ , ანათელები აიღება  $\pm 1'$  სიზუსტით. ჰორიზონტულ წრედზე დაციფრვა იზრდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, ხოლო ვერტიკალურ წრედზე კი — საწინააღმდეგოდ.

(31) ნახაზზე ნაჩვენებია დამტკეცი ბრაზნი ჰორიზონტული წრედის (ნახაზზე არ ჩანს), წრედ-ალიდადის 6, ჰოგრის 2; შესაბამისი მიკრომეტრული ბრაზნებით ჰორიზონტული წრედის 10, წრედ-ალიდადის 7 და ჰოგრის 4.

თეოდოლიტზე მიღებულია ზედადგარი (9) ფილით, რომელიც წარმოადგენს მის ფუძეს და ლითონის ბუდის ძირს.

წერტილზე თეოდოლიტის დაცენტრისათვის შეიძლება გამოყენებულ



ნახ. 6.8.3.31.



ჩვენს სამიზნებელი ჰოვრი, რისთვისაც მის ობიექტივს მიმართავენ ხსენებული წერტილისაკენ ვერტიკალურ ღრმულში 11. სამიზნე ჰოვრს 12 ორივე მხრიდან აქვს მიმაგრებული სამიზნეები 1. ჰოვრი შიგა ფოკუსთაგაწყობიანია, რომელიც სრულდება დოლური კრემალიერით 3; ჰოვრი შედგება სამლინზიანი ობიექტივისაგან, მაფოკუსებელი ლინზით და სიმეტრიული ოკულარისაგან.

ამთველი მიკროსკოპის ოკულარი მაჩვენებელით 13 მიმაგრებულია სხენებული ჰოვრის ოკულარის გვერდით ისე, როგორც TOM-ში.

განხილად თეოდოლიტს არა აქვს ვერტიკალური წრედის ალიდადას ნაკრომეტრული ხრახნი და თარაზო. ვერტიკალური წრედის ალიდადას თარაზოს მაგივრობას ასრულებს პორიზონტული წრედალიდადას (5) თარაზო, რომელიც დაყენებულია კოლიმაციური სიბრტყის პარალელურად.

T 30-ის ოპტიკური სქემა TOM-ის ანალოგიურია. აღნიშნული თეოდოლიტის კომპლექსში შედის ორიენტირ-ბუსოლი 14 სარკით 15 და ჰოვრზე დასამაგრებელი ცილინდრული თარაზოთი, რაც საშუალებას მოგვცემს შევიასრულოთ გეომეტრიული ნიველობა.

### ე. სამთო ოპტიკური თეოდოლიტი T-20 (ნახ. 32)

განხილადი თეოდოლიტით სრულდება მიწაზე და მიწაში (სამთო გამო-ნამუშევრებში) სამარკშიდერო სამუშაოები. თეოდოლიტი შეიძლება დავაყენოთ შტატივზე, დამაგრებულ ან დაკიდებულ იქნეს კონსოლზე. ამ თეოდოლიტზე იყენებენ სამანძილო ნაცმს DH-10; ღერძის სისტემა არის ცილინდრული, განმეორებითი.

წრედები მეორე ტიპისაა ( $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ); ყოველ გრადუსზეა წარწერა; მისი ერთი დანაყოფის საფასურია  $10'$ . დაყენებული აქვს სკალიანი მიკროსკოპი, რომლის ოკულარი 16 დაყენებულია ჰოვრის ოკულარის 15 გვერდით. სკალის საფასურია  $2'$  და მასზე თვალთ ანათვლები აიღება დანაყოფის  $1/5-0.2$  ანუ  $24''$  სიზუსტით. მაჩვენებლად (ინდექსად) გამოიყენება სკალის ნულ-შტრიხთან ახლო უმცირესი გრადუსული წარწერის მქონე შტრიხი. სკალა ნათდება გვერდით მოწყობილი სარკიდან 14.

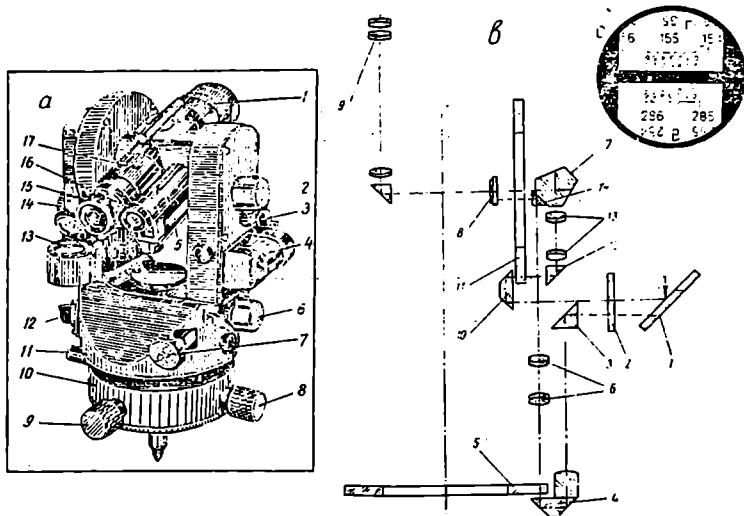
წრედებზე და მიკროსკოპის სკალაზე წარწერებია პირდაპირი და შებრუნებული (ნახ. 32<sup>ე</sup>). პირდაპირი წარწერებით ვსარგებლობთ ნორმალურ პირობებში, ანუ მაშინ, როცა თეოდოლიტი დაყენებულია შტატივზე (კონსოლზე), ხოლო შებრუნებულით, როცა იგი დაკიდებულია. მაგალითად, (32<sup>ე</sup>) ნახაზზე ანათვლებია პორიზონტულ წრედზე (ზედა)  $155^{\circ} 24',0$  და შვეულზე  $286^{\circ} 07',0$ .

თეოდოლიტი იდგმება შტატივის საგანგებო თავზე, რომელიც ნიველირდება. მომწესობაში მისი მოყვანა ხდება ხრახნებით 8, 9 და მათ საწინააღმდეგოდ მოქმედი ზამბარით 11, რომლებიც განლაგებული არიან ზესადგარის 10 ტანში. ამ მოწყობილობით თეოდოლიტის დახრა შეიძლება  $\pm 5^{\circ}$ -მდე.

თარაზული წრედის ალიდადისა და ჰოგრის ბრუნვის ღერძების დამტკიცე ხრახნია 6 და 2, ხოლო შესაბამისი მიკრომეტრული ხრახნები 7 და 7'. ლიშბის ალიდადასთან ერთად ბრუნვა შეიძლება, თუ დისკურ განმეორებითა მოწყობილობის კლემის ბერკეტის 12 შებრუნებით ლიშბის მილისს მივაშაგრებთ ალიდადის ღერძს.

ვერტიკალური წრედის ალიდადას არა აქვს მიკრომეტრული ხრახნა და არც ცილინდრული თარაზო ისე, როგორც TOM და T-30 თეოდოლიტებს. აქაც ისე, როგორც აღნიშნულ ინსტრუმენტებში, წრედ-ალიდადას დგამზე კოლიმაციური სიბრტყის სწვრივად დაყენებული რევერსიულა თარაზო 4 ასრულებს მის ფუნქციას. ამ თარაზოთი ხდება აგრეთვე ზუსტად თეოდოლიტის მომწესობაში მოყვანა. ტლანქად დაყენებისათვის კი იყენებენ სფერულ თარაზოს 13.

შივა ფოკუსთვაწყობიანი სამიზნებელი ჰოგრი შედგება ორლინზიანი ობიექტივისა, ორკომპონენტიანი მათეოქუსირებელი ლინზისა და სიმეტრიული



ნახ. 6.8.3.32.

ოქულარისაგან 15. საგანზე ჰოგრის ფოკუსირება ხდება როგორც 17. ჰოგრის ერთ მხარეზე დამაგრებულია რევერსიული თარაზო 5, რაც თეოდოლიტით გეომეტრიული ნიველობის შესაძლებლობას იძლევა, ხოლო მის მეორე მხარეზეა ოპტიკური სამიზნე 1.

თეოდოლიტის კომპლექტში შედის ჰოგრისა და მიკროსკოპის ოქულარისათვის საცმი, ლიშბების განათებისათვის მშრალი ელემენტებიანი ფანარა, რომელიც უერთდება ჰოგრის სადგარს. აგრეთვე ამ თეოდოლიტისათვის შეიძლება დამზადდეს სამანძილე საცმი DD-5 (DH-10) კონსოლებით.

განხილადი თეოდოლიტის ოპტიკური სქემა შემდეგი სახისაა (ნახ. 32<sup>ბ</sup>): სარკით 1 არეკლილი სხივები გაივლის ფირფიტას 2, პრიზმებს 3,4 და ანა-ეებს ჰორიზონტულ წრედის შტრიხებს 5. ობიექტივი 6, პრიზმის 14 საშუა-ლებით აგებს ჰორიზონტული წრედის შტრიხების გამოსახულებას ფირფი-ტაზე 8. რომელზეც დაშტრიხულია მიკროსკოპის სკალა. ანალოგიურად სარ-კიდან 1 არეკლილი სხივების მეორე კონა პრიზმის 10 საშუალებით ანათებს ვერტიკალური წრედის შტრიხებს 11. შემდეგ ობიექტივი 13, პრიზმების 12,7 დახმარებით აგებს ვერტიკალური წრედის შტრიხების გამოსახულებას ხსე-ნიებული ფირფიტის 8 სიბრტყეზე. დაბოლოს, როგორც ჰორიზონტული, ისე შეეული წრედის შტრიხებისა და მიკროსკოპის სკალის გამოსახულება იხი-ლება ასათვლელი მიკროსკოპით 9 (ნახ. 32<sup>ა</sup>).

აღნიშნული მიკროსკოპის იუსტრირებისათვის საჭიროა:

1. ობიექტივის 6 კომპონენტები ისე იყოს დაყენებული, რომ ჰორიზონტული წრედის 5 ყოველ დანაყოფის გამოსახულების ოდენობა ფირფიტაზე 8 ზუს-ტად უდრიდეს მიკროსკოპის სკალის სიგრძეს და აგრეთვე შტრიხების გამო-სახულება იყოს მკაფიო; 2. ასევე, ობიექტივის 13 კომპონენტები ისე იყოს დაყენებული, რომ ვერტიკალური წრედის 11 ყოველი დანაყოფის გამოსა-ხულების ოდენობა ფირფიტაზე 8 ზუსტად უდრიდეს მიკროსკოპის სკალის სიგრძეს და აგრეთვე შტრიხების გამოსახულება იყოს მკაფიო; 3. ფირფიტა 8 ისე იყოს დაყენებული, რომ მიკროსკოპის სკალის შტრიხები იყოს პარალე-ლური ლიშების შტრიხებისა.

ზემოჩამოთვლილი შესწორებები სრულდება ქარხანაში ან საგანგებო სახელოსნოში.

#### **დ. ხამაკოვიძეაო ოპტიკური თეოდოლიტი OMT-30 (ნახ. 33)**

განხილადი თეოდოლიტით იზომება ჰორიზონტული და დახრის კუთხე-ები  $\pm 15''$  სიზუსტით. ახალი სტანდარტის მიხედვით ამ თეოდოლიტს ეწოდება T 15. ამ ინსტრუმენტით შეიძლება მუშაობა როგორც მიწის ქვეშ, ისე მიწის ზედა სამთო ვაშონამუშევრებში.

ვერტიკალური ღერძის სისტემა არის ცილინდრული, განმეორებითი, სხვა სისტემისაგან იგი განსხვავდება იმით, რომ ზედა ღვარის მილისში ბრუნავს წრედ-ალდადის ცილინდრული ღერძი, რომელზეც ჩამოცმულია ჰორიზონ-ტული ღერძის მილისი. ასე რომ, ლიშებს და ალიდადას აქვს ბრუნვის ერთი ღერძი. ლიშში შეიძლება ვაბრუნოთ ხელით რგოლური გასქელების 4 საშუ-ალებით.

წრედები დღისით ნათდება გამანათებელი სარკით 3 (ნახ. 33), ხოლო შახტებში ან ღამით—ელექტრონათურით, რომელიც ჩასმულია გამანათებელი სარკის 3 ზემოთ ვაზნაში 2. ელექტროწყაროა მშრალი ელემენტი, რომელიც მოთავსებულია ბუდეში 5. სინათლის ჩართვა ხდება ანათელის ადების დროს ვაზნის 2 თავზე მოწყობილი ხრახნის შებრუნებით. თეოდოლიტის ყველა საპასუხისმგებლო ელემენტი დაცულია.

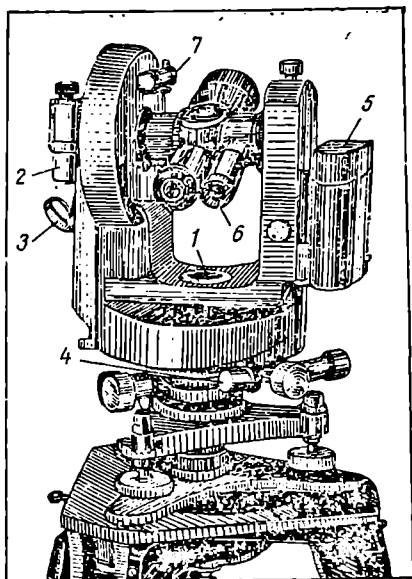
ინსტრუმენტზე ხშულად მიღებულ ზედა ღვარს მილისის ქვემოთ აქვს სფეროსებრი გამსხვილება ავტოცენტრირებულ ზედა ღვარზე თეოდოლიტის

დაცენტრისათვის. ასე რომ, იგი მოსახსნელი ზედა დგარის ტოლ ძალოვანია. ამიტომ თეოდოლიტი სურვილისამებრ მაგრდება კონსოლებით, სიგნალებითა და ავტოცენტრირების ზედა დგარით.

ამთვლელ ხელსაწყოს წარმოადგენს ორივე წრედისათვის ერთი (ერთმხრივი) სკალიანი მიკროსკოპი 6, რომლის ოკულარი მდებარეობს ინსტრუმენტის სამიზნე ჰოგარის ოკულარის გვერდით.

თეოდოლიტის ოპტიკის სქემა მოცემულია (34<sup>ა</sup>) ნახაზზე, რომელიც შეიძლება წარმოვიდგინოთ რამდენიმე სისტემის სახით: სარკიდან 1 ანარეკლი და ილუმინატორში 2 გავლილი სხივებით პრიზმისა 4 და ობიექტივების 5, 5' სისტემა ვერტიკალური წრედის ლიშმის 3 შტრიხების გამოსახულებას იძლევა ჰორიზონტული წრედის ლიშმის 6 სიბრტყეში; მეორე სისტემა პრიზმისა 7 და ობიექტივების 8, 8' საშუალებით აგეგმილებს ხსენებული ორივე ლიშმის გამოსახულებას მიკროსკოპის სკალის სიბრტყეში, რომელიც იმყოფება მიკროსკოპის კოლექტიურ (საგნის) ფირფიტაზე 9; მესამე სისტემა პრიზმებისა 10, 12 და ობიექტივების 11, 13 საშუალებით ხსენებული წრედებისა და მიკროსკოპის სკალების გამოსახულებას გადასცემს მიკროსკოპის ფოკალურ 14 სიბრტყეს.

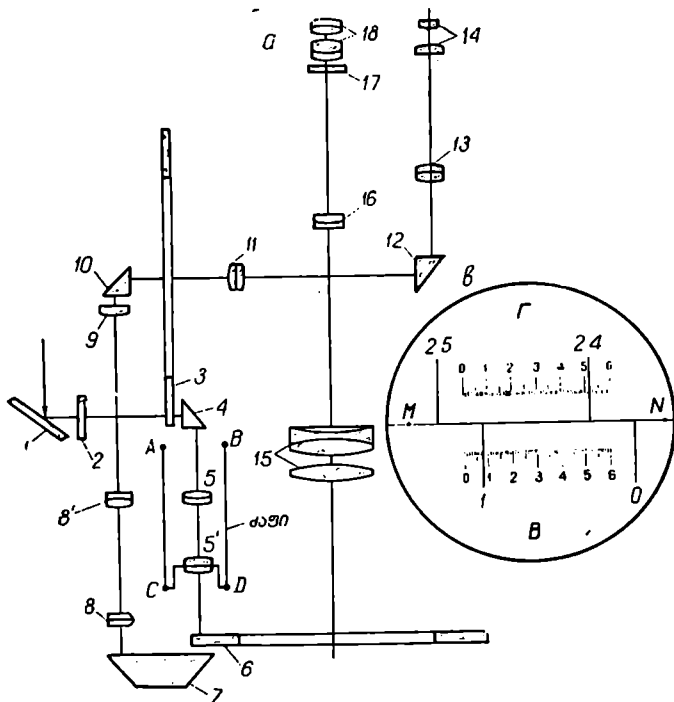
როგორც ჰორიზონტული, ისე ვერტიკალური წრედის ლიშები დაყოფილი და წარწერილია გრადუსული ინტერვალით, ე. ი.  $1^{\circ}$ ; ხოლო მისი შესაბამისი სიგრძე (მიკროსკოპის სკალა) 60 დანაყოფია და ზრდადი ციფრები წარწერილია წრედების საწინააღმდეგოდ ყოველ ათ დანაყოფზე 1, 2, 3, 4, 5, 6, რაც ნიშნავს 10', 20', 30', 40', 50', 60' (ნახ. 34<sup>ბ</sup>). ანათვალის სკალაზე აიღება მისი დანაყოფის  $\pm 0,5$ , ე. ი.  $\pm 30''$  სიზუსტით. მაგალითად, (34<sup>ბ</sup>) ნახაზის მიხედვით ჰორიზონტულ წრედზე ანათვალისა  $24^{\circ} 51' 30''$ , ხოლო ვერტიკალურზე  $1^{\circ} 08' 30''$ .



ნახ. 6.8.3.33.

თეოდოლიტს ჰორიზონტული წრედის ალიდალაზე ურთიერთმართობულად დამაგრებული აქვს ცილინდრული ორი თარაზო 7 და 1 (ნახ. 33) ინსტრუმენტის მომწესობაში მოსაყვანად. ვერტიკალური წრედის ალიდალას ცილინდრული თარაზოს ნაცვლად მოწყობილი აქვს ოპტიკურ-მექანიკური ლინზიანი კომპენსატორი (5') (ნახ. 34<sup>ა</sup>), რომე-

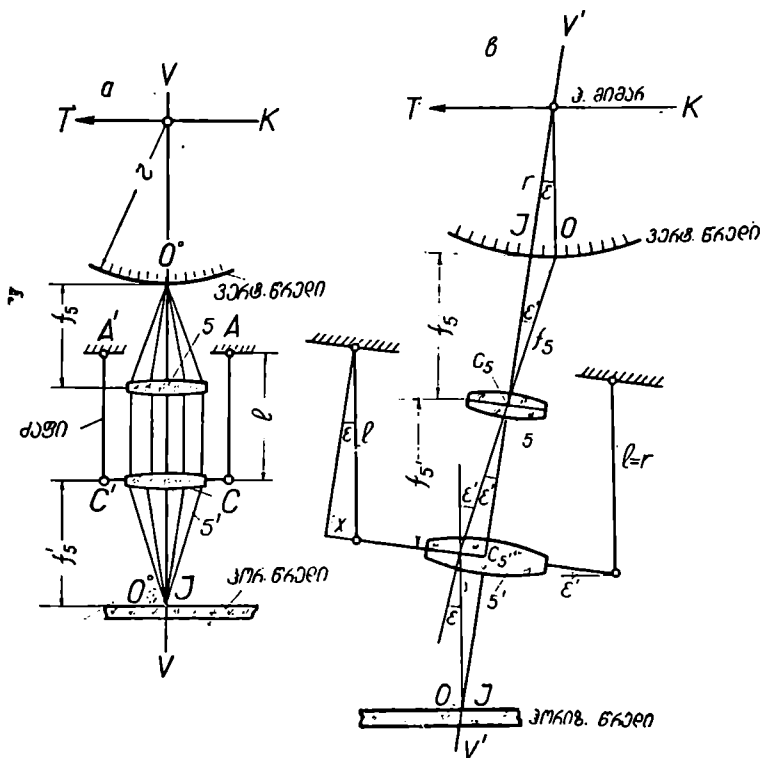
ლიც დაკიდებულია ფოლადის ოთხი 0,07 მმ დიამეტრის ძაფით. ეს ძაფები ზედა თავით მიმაგრებულია ჰოგრის დგარზე *A* და *B* წერტილებში (ნახ. 34<sup>ა</sup>, 35<sup>ა</sup>), ხოლო მეორე ქვედა ბოლოთი — ობიექტივის ბუდეზე *C* და *D* წერტილებში (მათი სიგრძე *l* ასოთია აღნიშნული): ნახაზზე მხოლოდ ორი ძაფი ჩანს, რადგანაც წინა ძაფები ფარავს უკანას. ობიექტივების (5), (5') ფოკალურ სიბრტყეში შესაბამისად იმყოფება ვერტიკალური 3 და ჰორიზონტული 6 წრედის ლიმბები ისე, როგორც საერთოდ ლინზების 5, 5' სისტემა ქმნის კოლიმატორულ წყვილს (წრედებს წარმოგიდგენენ უსასრუ-



ნახ. 6.8.3.34.

ლობაში), იუსტირებულს ისე, რომ როცა თეოდოლიტის ვერტიკალური *VV* ღერძი შევეულად არის (ზეუსტად მომწესობაშია მოყვანილი) და ჰოგრის მზერის *KT* ღერძი თარაზულადაა, მაშინ ობიექტივების 5, 5' ლინზების ობტაკური ღერძები შეთავსებულია და კოლიმატორული 5 და 5' წყვილი იძლევა მიკროსკოპის სკალის ნულოვან *I* ინდექსის გამოსახულებას, შეთავსებულს შევეული წრედის *O* ნულოვან შტრიხთან, ე. ი. *N* ნულ-ადგილის მცირე ანათვალია 0°, ე. ი. დიდი—360° (ნახ. 35).

ეთქვათ, თეოდოლიტი ზუსტად ვერ მოვიყვანეთ მომწესობაში და მის მთავარ ღერძს აქვს შვეული მიმართულებიდან მცირე  $\alpha$  კუთხით დახრილი  $V'V'$  მიმართულება კოლიმაციური სიბრტყის გასწვრივ. (ნახ. 35<sup>ა</sup>) არის ხედი კოლიმაციური სიბრტყის მართობულად სასინათლო სარკის 1 მხრიდან, ხოლო ნახაზი (35<sup>ბ</sup>) ხედია კოლიმაციური სიბრტყის გასწვრივ. ამ დროს ვიგულისხმობთ, რომ ჭოგარი დაყენებულია ზუსტად პორიზონტულად, ე. ი. იგულისხმება, რომ მასზე ხშულად მიდღელებული შვეული წრედის  $O$  ნულოვანი შტრიხი შვეულზე იქნება, ხოლო მიკროსკოპის სკალის ნულოვანი  $I$



ნახ. 6.8.3.35.

ინდექსი, რომლის მდებარეობა ნაგულისხმებია ჭოგარის ერთ-ერთი დგამის კასწვრივ, დგამთან ერთად გადაიხრება შვეული წრედის  $O$  შტრიხიდან  $OI$  მანძილით, რომლის შესაბამისი ანათვალე შვეულ წრედზე იქნება ნულ-ადგილი, რომლის ავტომატურად მოსპობისა და სტაბილიზაციის მიზნით თეოდოლიტს აქვს კომპენსატორი. ცხადია, ამ დროს კოლიმაციური წვეილი ლინზა

5 და 5' გარდაიქმნება კომპენსატორად, რადგანაც ლინზა 5' სახსრებიანი საკრძობით თავისი სიმძიმით გადაადგილება შვეული მიმართულებისაკენ  $x$  მანძილით ისე, რომ  $I$  წერტილიდან გამოსულმა შვეულისაგან გადახრილმა სხივმა გაიაროს ობიექტივის 5 ლინზისა და კომპენსატორის 5' ოპტიკური ცენტრის მახლობლობაში, ხოლო 0 წერტილიდან გამოსული სხივი  $V'V'$ , გადახრილ ღერძთან, ლინზის 5 ოპტიკურ ცენტრში ადგენს  $\varepsilon'$  კუთხეს და შემდეგ ეცემა კომპენსატორს 5' ისე, რომ მის მიერ სხივი ტყდება  $\varepsilon'$  კუთხით, რის შემდეგ 0 წერტილი შეთავსებული იქნება  $I$  ინდექსთან პორიზონტული წრედის სიბრტყეში. მაშასადამე, მიუხედავად იმისა, რომ ინსტრუმენტი მცირე კუთხით არის დახრილი, სამიზნე ჭოგრის პორიზონტულობის დროს შვეულ კოლექტურ ფირფიტაზე 9 გამოსახული ანათვალი შვეულ წრედზე იქნება ნული. მართლაც, (35<sup>b</sup>) ნახაზის მიხედვით, სადაც  $r$  არის შვეული წრედის რადიუსი;  $l$  — ძაფების სიგრძე;  $f_5$  და  $f_{5'}$  — 5 და 5' ლინზების მთავარი საფოკუსო მანძილი, დავწერთ:

$$\tilde{O}I = \varepsilon r = \varepsilon' f_5,$$

საიდანაც

$$\varepsilon' = \frac{r}{f_5} \cdot \varepsilon. \quad (a)$$

კომპენსატორის გადაადგილება

$$x = \varepsilon l = \varepsilon' f_{5'},$$

საიდანაც

$$\varepsilon' = \frac{l}{f_{5'}} \cdot \varepsilon. \quad (b)$$

(a) და (b) დამოკიდებულებების შედარებით

$$\frac{r}{f_5} = \frac{l}{f_{5'}} \quad \text{ანუ} \quad f_5 \cdot l = f_{5'} \cdot r. \quad (6.8.3.29)$$

საჭიროა დაცული იყოს (29) დამოკიდებულება ლინზიანი კომპენსატორით შვეული წრედის ნულ-ადგილის მინიმუმამდე დაყვანისა და სტაბილიზაციისთვის. ობიექტივის 5, 5' ლინზებს გამადიდებლობა აქვთ ერთის ტოლი, ე. ი.  $f_5 = f_{5'}$ . მაშასადამე, (29) ტოლობის მიხედვით ძაფების  $l$  სიგრძე ტოლი უნდა იყოს შვეული წრედის  $r$  რადიუსისა.

მართლაც, კომპენსატორების თეორიიდან ცნობილია (6.5.5 თავი), რომ:

$$A'C' = AC \quad \text{და} \quad A'A = C'C,$$

მაშინ  $\varepsilon' = \varepsilon$ , რის შედეგად 0 შეირწყმის  $I$ -სთან. კომპენსატორი მუშაობს მთავარი ღერძის შვეულიდან  $\varepsilon = \pm 2'$  გადახრის ფარგლებში  $\pm 6''$  სიზუსტით.

განხილავთ თეოდოლიტის ზემოთგანხილული თეოდოლიტებისაგან მეორე განმასხვავებელი თვისებაა ის, რომ პორიზონტული და ვერტიკალური წრედების ლიბებზე დანაყოფების კონცენტრულად დაკვესილია საცენტრაცი

წრეხაზები (ნახ. 34<sup>ბ</sup>, M და N). ყოველი წრეხაზი ეკუთვნის ორივე წრედს და როცა ინსტრუმენტის მთავარი ღერძი ზუსტად შვეულად დგას, ეს წრეხაზები მიკროსკოპში შეკრული გამოჩნდება. მთავარი ღერძის შვეულიდან ნებისმიერ მხარეზე გადახრისას 5' კომპენსატორის გადაადგილების გამო ეს წრეხაზები გაიხსნება, ანუ თარაზული და შვეული წრედების საცენტრავი წრეხაზები ურთიერთაცდება და საჭირო იქნება სათანადო ამწევი ხრახნით მათი გამოსახულების შეთავსება. როგორც ეხედავთ, ჰოგარის ბრუნვის ღერძი შეგვიძლია დავაყენოთ სწრაფად ჰორიზონტულად მასზედ დასადგმელი თარაზოს გარეშე, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მაშინ, როცა ინსტრუმენტს ვიყენებთ მთავარიდან ადგილებში.

ზემოხსენებულიდან ნათლად ჩანს, რომ კომპენსატორი ზრდის შრომისნაყოფიერებას და სიზუსტეს, რადგანაც იგი გვანთავისუფლებს შვეული წრედის ზემოთის თარაზოს ბუშტულის ამპულის შუაში დაყენებისა და მასთან დაკავშირებულ შეცდომისაგან; აგრეთვე არ არის საჭირო ჰოგარის ბრუნვის ღერძზე დასადგმელი თარაზო და ინსტრუმენტის მთავარი ღერძის მცირედ დახრის შემთხვევაში, ხდება რა მისი კომპენსაცია, შვეული წრედის ნულ-ადგილი სტაბილურია, მხოლოდ უნდა გვახსოვდეს, რომ კომპენსატორი ახდენს მხოლოდ მთავარი ღერძის შვეულიდან მცირე გადახრის (ინსტრუმენტის მომწესობაში დაყენების დროს შეცდომის) კომპენსაციას და მასთან დაკავშირებული ნულ-ადგილის მოსპობას, უფრო სწორად, მინიმუმამდე დაყვანას, ე. ი. ცვლის შვეული წრედის ალიდადის თარაზოს. შვეული წრედის ნულ-ადგილი კი შედეგია LL-ის მიზეზისა, მაგალითად, როგორცაა ჰოგარის სამიზნე ღერძის შვეული წრედის ნულოვანი დიაპეტრის არასწრაივობა. ასე რომ, განხილავი ინსტრუმენტით მუშაობის დროს საჭიროა (21), (23), (24) და (25) ფორმულების გამოყენება.

### **C. უცხოეთის ფიკაზის მცირეგაბარებიანი ოპტიკური თეოდოლიტი**

ამ ჯგუფში შეგვყავს მცირე ოპტიკური თეოდოლიტი *Theo*—120, დანაკიდი თეოდოლიტი *Theo*—6,1 და საინჟინრო ოპტიკური თეოდოლიტი *Te*—E4. მათი ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია ქვემოთ (6.8.3.2) ცხრილში.

#### **ა. მცირე ოპტიკური თეოდოლიტი *Theo*—120 (ნახ. 36)**

განხილად თეოდოლიტებს უშვებს გერმანიის დემოკრატიულ რესპუბლიკაში სახალხო წამოწყება „კარლ ცეისი“ და განკუთვნილია გეოდეზიური და სამარკშიდერო სამუშაოებისათვის. ამ ინსტრუმენტით შეიძლება მუშაობა როგორც შტატივზე და კონსოლზე ნორმალურად დამაგრებით, ისე კონსოლზე კიდულ მდგომარეობაში. ვერტიკალური ღერძების სისტემა არის ცილინდრული, განმეორებითი. თეოდოლიტის ზედა დგარი 12 მოსახსნელია და ურთიერთმავრდება ხრახნით 8. წრედ-ალიდადა ემაგრება ჰორიზონტულ წრედს ხრახნით 14, რის შემდეგ ისინი ერთად ბრუნავენ; 7 არის წრედ-ალიდადის დამტკეც ბერკეტი; 13—მიკრომეტრული ხრახნი; სამიზნე ჰოგარის დამტკეც ხრახნია 19 და მიკრომეტრული 16. თეოდოლიტის ზედადგარი 12 მავრდება ფილაზე 10.

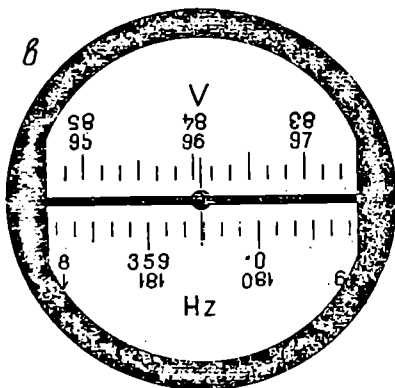
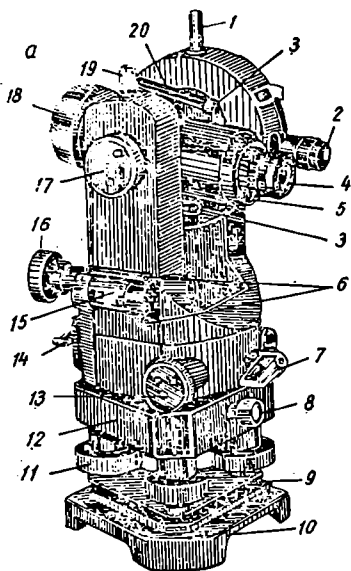


ამწვევი ხრახნები იზიდება ფილისაკენ 10 ბრტყელი ზამბართ 9. განხილავთ თეოდოლიტს ისე, როგორც TOM და T30, შვეული წრედის ალიდადაზე არა აქვს თარაზო და მიკრომეტრული ხრახნი. ჭოგრის ძაფთა ბადე დახურული ხუფით 5. თეოდოლიტს აქვს ჭოგრის ერთ-ერთ დგარზე რევერსიული თარაზო

15 შემასწორებელი ხრახნებით 6; ამ თარაზოთი მოჰყავთ თეოდოლიტი მომწესობაში როგორც შტატივსა და კონსოლზე, ისე კრონშტეინზე კიდულ მდგომარეობაში.

დანაყოფების ასათვლელ ხელსაწყოებს წარმოადგენს ცალმხრივი (ერთი) მიკროსკოპი მაჩვენებლით ორივე წრედისათვის, რომელიც მიმაგრებულია სამიზნე ჭოგრის იმ დგამზე, საითაც ვერტიკალური წრედია და შეიძლება მისი ოკულარის 2 ბრუნვა ჭოგრის ბრუნვის ღერძის გარშემო. პორიზონტულ და შვეულ წრედებს აქვთ პირდაპირი და შებრუნებული ციფრების ორმაგი წარწერა  $0^{\circ}$ — $360^{\circ}$  ყოველ გრადუსზე (ნახ. 36<sup>ბ</sup>). წრედების უმცირესი საფასურია  $10'$ . პირდაპირი წარწერით სარგებლობენ, როცა თეოდოლიტი ნორმალურად დაყენებულია შტატივზე ან კონსოლზე, ხოლო შებრუნებული წარწერით კი, როცა ის კიდულ მდგომარეობაშია.

ანათვლები პირდაპირი წარწერების მიხედვით არის (ნახ. 36<sup>ბ</sup>): პორიზონტულ წრედზე  $359^{\circ} 29'$ , შვეულზე  $96^{\circ} 04'$ , ხოლო შებრუნებული წარწერების მიხედვით პორიზონტულ წრედზე  $180^{\circ} 31'$  და შვეულზე  $83^{\circ} 56'$ . შვეულ წრედზე წარწერები ზენიტურია (ჭოგრის პორიზონტულად დაყენებისას ანათვალი არის  $90^{\circ}$ ).



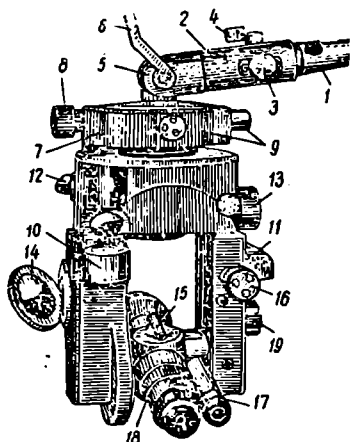
ნახ. 6.8.3.36.

სამიზნე ჭოგრი არის შივა ფოკუსთვაწყობით, რომელიც სრულდება კრე-ზალიერით 17. ობიექტივი არის სამლინზიანი; მაფოკუსირებელი ლინზა არის

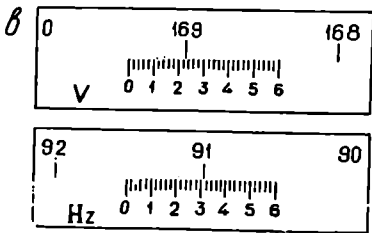
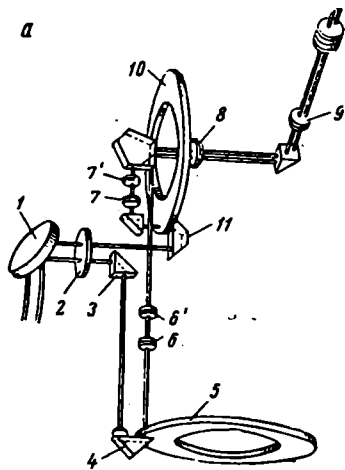
რკომპონენტიანი, ოქულარი 4 კი სიმეტრიული. ტლანქი დამიზნებისათვის სამიზნე ჰოვრზე მიმაგრებულია ორი ცალი ოპტიკური სამიზნე 3, რომლებზეც აღნიშნულია ზემო, ცენტრები 20. ერთ-ერთი სამიზნეს ნაცვლად ჰოვრზე შეიძლება დამაგრდეს თარაზო, რომელიც თეოდოლიტით გეომეტრიული ნივლობის საშუალებას მოგვცემს. პოპოვიზე 1 მაგრდება ორიენტირ-ბუსოლი.

**ბ. დასაქილი თეოდოლიტი Theo - 6,1 (ნახ. 37 და 38)**

ამ თეოდოლიტს უშვებს გერმანიის დემოკრატიულ რესპუბლიკაში წამოწყება „ფრინზერგ პრეციზიონსმეხანიკი“. იგი განმეორებითია. ორივე წრედზე თანადროულად ასათვლელი ცალმხრივსკალიანი მიკროსკოპით 17 მიმაგრებულია სამიზნე ჰოვრის გვერდით, რომლის დამტკეცი ხრახნია 19, ხოლო მიკრომეტრული—16. თარაზული 5 და შეეული 10 წრედის გამოსახულება (ნახ. 38<sup>ა</sup>), შესაბამისად, გეგმილდება 6, 6' და 7, 7' ობიექტივების საშუალებით მიკროსკოპის სკალაზე, რომელიც მდებარეობს კოლექტიური ლინზის ფირფიტაზე 8. ობიექტივი 9 კი



ნახ. 6.8.3 37.



ნახ. 6.8.3 38.

იძლევა წრედებისა და მიკროსკოპის აღნიშნულ გამოსახულებებს მიკროსკოპის ოქულარის ფოკალურ სიბრტყეში.

წრედებზე ინტერვალები წარწერილია ყოველ 1°-ზე, ხოლო მიკროსკოპის სკალაზე ყოველ ათეულ მინუტზე (ნახ. 38<sup>ბ</sup>) მათი საწინააღმდეგო მიმართულებით. ყოველივე ნათდება დამცავ 2 მინაში გავლილი სხივებით.

რომელიც მოდის სარკის 1 საშუალებით (ნახ. 38ა, ნახ. 37-ზე ეს სარკეა 14). პრიზმები 3 და 4 გზავნის ამ სხივებს ჰორიზონტულ წრედზე; ხოლო პრიზმა 11 კი ვერტიკალურზე. სკალაზე ანათვლების აღება შეიძლება მისი დანაყოფის 0,25, ე.ი. 0',5 სიზუსტით. (38) ნახაზის მიხედვით მიკროსკოპის მხედველობის არეში ანაზღვრები: ჰორიზონტულ წრედზე  $91^{\circ}31'$ , შვეულზე კი  $169^{\circ}23'$ . თეოდოლიტი შეიძლება დამაგრდეს შტატივზე ან დაეკიდოს კონსოლზე 1 (ნახ. 37) ჭუროს 2 საშუალებით თავისი დამჭერი მოწყობილობით 3, რომელიც ხელს უშლის მის დატურებას, როცა მისი ხრახნი 4 მოშვებულია. სახსარი 5 საშუალებას იძლევა ინსტრუმენტი გადავხაროთ სასურველ მხარეზე და დავამაგროთ ავრკეტით 6. თეოდოლიტის ვერტიკალური ღერძის დაყენება შეიძლება შვეულად საგანგებო მოწყობილობით, რომელიც შედგება ურთიერთმართობულად განლაგებული ორი ხრახნისაგან 8. ამ ხრახნების პირდაპირ მოწყობილია მათი აწინააღმდეგო სპირალური ზამბარა ვაზნებში 9. თეოდოლიტის კოგრის სკანდებზე მოთავსებულია სფერული 10 და რევერსიული ცილინდრული თარაზო 11.

თეოდოლიტი არის განმეორებითი. ბერკეტის 12 საშუალებით ჰორიზონტულ წრედზე მაგრდება წრედ-ალიდადა მათი ერთად ბრუნვის მიზნით. როცა წრედ-ალიდადა დამაგრებულია, მაშინ დამტკეცი ხრახნი 13 შესაბამისი მიკროხრახნით ემსახურება ჰორიზონტულ წრედს (ცხადია, ალიდადითურთ), ხოლო როცა ბერკეტით 12 ალიდადა განთავსდებულია წრედისაგან, მაშინ ხსენებული დამტკეცი ხრახნი 13 შესაბამისი მიკრომეტრული ხრახნით ემსახურება მხოლოდ წრედ-ალიდადას.

სამიზნე კოგრი შიგა ფოკუსთვანობისაა, რომლის ფოკუსირება ხდება რგოლით 18 წერტილზე წინასწარი (დაახლოებით) დამიზნებისათვის. სამიზნე კოგრზე მიმაგრებულია ორი ცალი ოპტიკური სამიზნე 15. თეოდოლიტი აღჭურვილია: სამიზნე კოგრისათვის და მიკროსკოპისათვის ოკულარის პრიზმებით, 10 ცალი კონსოლით, ორი მასრით სიგნალებითურთ.

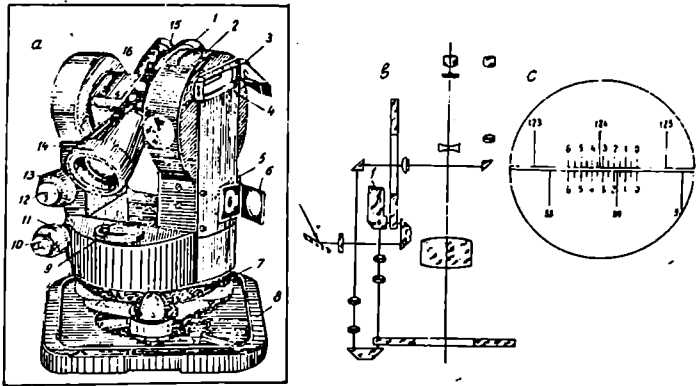
### ც. სანიშნის რეპროდუქციის თეოდოლიტი TE-E4 (ნახ. 39)

განხილად თეოდოლიტს ამზადებს უნგრეთის სახალხო რესპუბლიკის ქალაქ ბუდაპეშტში ქარხანა MOM. იგი შეიძლება გამოიყენოს მარკშიდერებშიც მიწისქვეშა და ზედა სამუშაოების შესრულების დროს.

ვერტიკალური ღერძის სისტემა არის მარტივი, ცილინდრული, არაგანმეორებითი. თეოდოლიტი შეიძლება მოიხსნას როგორც ბუდის ფუძიდან 8, ისე უკუდაღარიდან 7 და შეიცვალოს მარკით (სამიზნით). თეოდოლიტის მომწესობაში მოყვანა ხდება სფერული თარაზოთი 9. ჰორიზონტული წრედის ალიდადისა (წრედ-ალიდადის) 10 და კოგრის დამტკეცი 12 ხრახნები თანაღერძაა, შესაბამისად, მათი მიკრომეტრული ხრახნებითურთ 11 და 13. ვერტიკალური წრედის ალიდადას აქვს ცილინდრული თარაზო 4, რომელიც მიმაგრებულია კოგრის ღერძის ზემო ნაწილში და რომელსაც შეიძლება ვაკვირდებოდეთ კოგრის ოკულარის მხრიდან სარკისა და ორსარკიანი ჩარჩოს 3 დახმარებით. იგი დაცულია ცალმხრივი გახურებისაგან. 5— არის მიკრომეტრული ხრახნი.

დანაყოფების ამავლელ ხელსაწყოს წარმოადგენს ორივე წრედისათვის

ერთმხრავი სკალიანი მიკროსკოპი, რომლის ოკულარი 16 დამაგრებულია სენიზნე ჰოგრის ოკულარის 1 ვერდით. პორიზონტულ წრედზე დანაყოფების შესაბამისი რიცხვები წარწერილია ყოველ გრადუსზე, ხოლო მიკროსკოპის სკალაზე კი წარწერილია მის საწინააღმდეგოდ ყოველი 10' ინტერვალში (ნახ. 39<sup>ა</sup>). ამ ნახაზზე მიკროსკოპის მხედველობის არეში ანათვლება: პორიზონტულ წრედზე 124°32'5, ვერტიკალურზე 89°18' (ზენიტური მანძილი),



ნახ. 6.8.3.39.

დახრის კუთხე იქნება 0°42', რადგანაც ვერტიკალურ წრედზე წარწერებია ზენიტური. ჰოგრის პორიზონტულ მდებარეობას, როცა შვეული წრედი მარცხნივ (L), შეესაბამება 90°. ოპტიკის სქემა (ნახ. 39<sup>ბ</sup>) წინა სქემებისაგან განსხვავებულია იმით, რომ აქ შვეული წრედის ალიდალის პრიზმის 1 საკისებრი წახნაგებისაგან სხივი ორჯერ აარეკლება ვერტიკალური წრედის დანაყოფების პორიზონტულ წრედზე დაგეგმილებისათვის.

საგანგებო დაკვეთით თეოდოლიტი მარაგდება დამატებითი ორი შტატივით, ორი სიგნალითა და მათთვის ზედადგარებით.

### 6. 3. 4. საშუალო სიზუსტის (ჯუსტი) ოპტიკური თეოდოლიტები (III ჯგუფი)

როგორც ცნობილია, ამ ჯგუფებში შედის თეოდოლიტები ანალიზურა ქსელებისა, 1 და 2 თანრიგის პოლიგონომეტრიისა, დაბალი კლასების ტრიანგულაციისა და სხვადასხვა სახის საინჟინრო ნაგებობების ღერძების ტრასირებისათვის, რომელთა საშუალებით კუთხეების გაზომვა შეიძლება  $\pm 5''$ — $\pm 10''$  საშუალო კვადრატული შეცდომით. ასეთებად მივიჩნით სსრ კავშირში დამზადებული T10, T5 და უცხოეთის ფირმების *Theo-020*, *Te-D2* თეოდოლიტები. მათი ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ (6.8.6.2) ცხრილში.

#### 4. ოპტიკური თეოდოლიტი T 10 (ნახ. 1)

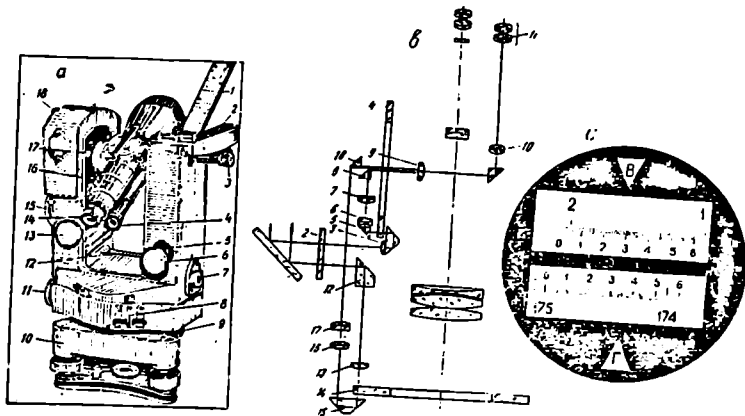
განხილავთ თეოდოლიტით, გარდა ჰორიზონტული და დახრის კუთხეების გაზომვისა, შეიძლება გაზომილ იქნეს მანძილები ძაფებიანი მანძილმზომითა და მის სამიზნე ჰოგარის ობიექტივზე დამაგრებული სამანძილმზომო საცმენების [DH—04 (MD3) და DHP—06 (DAP—100)] საშუალებით. კუთხის გაზომვის საშუალო კვადრატული შეცდომაა—10". ამ თეოდოლიტით აგრეთვე შეიძლება გეომეტრიული ნიველობა მის ჰოგარზე დამაგრებული ცილინდრული თარაზოს გამოყენებით. ვერტიკალური ღერძების სისტემა არის ცილინდრული, განმეორებითა. წრედალიდადის წრედთან დამაგრება მათი ერთად ბრუნვისათვის ხდება საკეტელათი 8. ზედაღარი 10 იხსნება თეოდოლიტისაგან ხრახნის 9 მოშვებით. წრედ-ალიდადისა და ჰოგარის დამტკეცი ხრახნები ა არის თანაღრძა, შესაბამისად, მათი მიკრომეტრული 11 და 6 ხრახნებით. ვერტიკალური წრედის ალიდადის ცილინდრული თარაზო ჩამაგრებულია (დადარულია) ჰოგარის ერთ-ერთი საღვარის ღრმულში, რომელიც იხილება პრისმების კონტაქტური სისტემისა და მბრუნავი პრიზმის 18 საშუალებით (მაშასადამე, თარაზო არის კონტაქტური). ამ თარაზოს ღერძის ჰორიზონტულად დაყენება, ანუ შიმშა-ალიდადის გადაწევა, ხდება მიკრომეტრული ხრახნით 13. წრედ-ალიდადის თარაზოს შემასწორებელი ხრახნი 12 არის ჰოგარის დგამის ქვეშ მისი მიკრომეტრული ხრახნის 6 გასწვრივ (ნახაზზე იგი არ სჩანს). თეოდოლიტს აქვს ოპტიკური შვეული გამოსაწევი ოკულარით 7, რომელიც მოწყობილია წრედ-ალიდადის ნაწილში. წრედების ლიმბების შტრიხები ნათდება სარკის 15 საშუალებით. ანათვლების აღება ორივე წრედზე ხდება სკალიანი მიკროსკოპით, რომლის ოკულარი 4 მიმაგრებულია სამიზნე ჰოგარის ოკულარის 14 გვერდით.

ამ თეოდოლიტის ოპტიკური სქემა მოცემულია (1<sup>ბ</sup>) ნახაზზე. ილუმინატორის 2 საშუალებით სარკიდან 1 წამიასული სხივები კოლექტიური პრიზმით 3 ეცემა ვერტიკალურ წრედს (ლიმბს) 4. ამ ლიმბის შტრიხების გამოსახულება პრიზმის 5 საშუალებით გაივლის რა ობიექტივის 6—7 ლინზებს, პრიზმის 8 მიერ გეგმილდება კოლექტივის სიბრტყეზე 9, რომელზეც დატანილია მიკროსკოპის სკალა. ამავე კოლექტივის 9 სიბრტყეზე პრიზმის 15, ობიექტივის 16, 17 ლინზებისა და პრიზმის 18 საშუალებით გეგმილდება ჰორიზონტული ლიმბის 14 შტრიხები განათებული პრიზმისა 12 და კონდერსის 13 (სხივშემკრები და მიმმართველი ლინზის) საშუალებით. ორივე ლიმბის სკალაზე ანათვლები აიღება მიკროსკოპით, რომლის ობიექტივია 10 და ოკულარი 11.

სკალიანი მიკროსკოპის მხედველობის არე ნაჩვენებია (1<sup>ა</sup>) ნახაზზე. ჰორიზონტული წრედზე (ლიმბზე) ანათვალაია 1'74"55",0 და შვეულზე 2°05',1. საერთოდ მიკროსკოპის სკალაზე ამთვლელ ინდექსად გამოიყენება წრედის უმცროსი ანათვლის შტრიხი.

სამიზნე ჰოგარი აპლანეტური და აქრომატულია შიგა ფოკუსთვაწყობით, რაც სრულდება კრემალიერით 16 (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ჰოგარზე დამაგრებულია ორი ცა-

ლი ოპტიკური სამიზნე 17, ერთ-ერთის ნაცვლად აყენებენ ცილინდრულ თარაზოს. დიდი დახრის კუთხეების ანათვლების აღების დროს თეოდოლიტის



ნახ. 6.8.4.1.

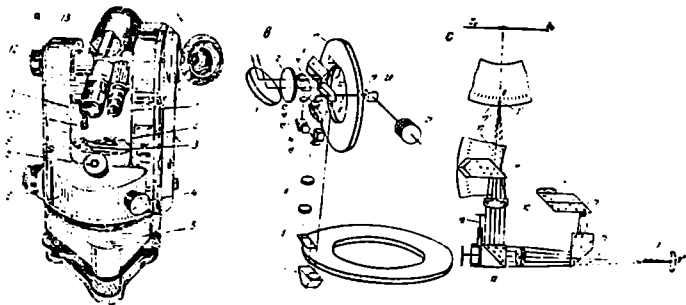
ოკულარის მუხლს უკეთდება საცმი. თეოდოლიტს აქვს სარკიანი 1 ორიენტირბუსოლა 2, რომელიც მაგრდება სვეტზე ხრახნით 3.

### B. ოპტიკური თეოდოლიტი T5 (ნახ. 2)

განხილავთ თეოდოლიტის გამოყენების არე, შესაძლებლობა და ძირითადი აგებულება წინა მუხლში აღწერილი T10-ის ანალოგიურია, ხოლო კუთხეების გაზომვის საშუალო კვადრატული შეცდომა არ სცილდება  $\pm 5''$ . ამ ინსტრუმენტშიც, ისევე როგორც T10-ში, ზედა დგარი 5 მოსახსნელია, რაც საშუალებას იძლევა სამშტატივიანი ხერხით გავზომოთ კუთხეები. წრედ-ალიდადაზე, გარდა ცილინდრული 3 თარაზოსი, დამაგრებულია სვერული თარაზო 2. ვერტიკალური წრედის სიღრუეში ზედა დგარის არეში ჩასმულია ოპტიკური შვეულის ობიექტივი, რომლის ოკულარი 8 იმყოფება წრედ-ალიდადის ტანზე (ნახ. 2<sup>ა</sup>) ან ისე, როგორც ეს აქვს T10-ს სვეტის ძირის მხარეზე 7 (ნახ. 1<sup>ა</sup>). სკალიანი მიკროსკოპის ოკულარი 1 მოწყობილია სამიზნე ჭოგრის ოკულარის 11 გვერდით.

T5-ის ოპტიკური სქემა ნაჩვენებია (2<sup>ბ</sup>) ნახაზზე. ილუმინატორში 2 გავლით სარკიდან 1 შემოსული სხივებით ნათდება პრიზმონტული წრედი პრიზმების 3 და 4 საშუალებით. პრიზმის 15 საშუალებით ობიექტივის 6 მიერ მისი შტრიხების გამოსახულება მიიღება ასათვლელი მიკროსკოპის სკალის 7 სიბრტყეში. ვერტიკალური წრედი 17 ნათდება პრიზმების 9 და 10 საშუალებით. პრიზმების 11, 13, 15, 16 დახმარებით ორი კომპონენტისაგან 12 და 14 შედგენილი ობიექტივის მიერ მიიღება შვეული წრედის სკალის 17 შტრიხების გამოსახულება ასათვლელი მიკროსკოპის სკალის 7 სიბრტყეში.

პრიზმის 8 საშუალებით ორივე წრედის შტრიხებისა და ასათვლელი სკალის გამოსახულება დაიშვრება ასათვლელი მიკროსკოპის მიერ, რომელიც შედგება ობიექტივისა 19, პრიზმისა 20 და ოკულარისაგან 21. შვეული წრედის შიშვა ალიდადას ცილინდრული თარაზის ნაცვლად თეოდოლიტზე დაყენებულა კომპენსატორი, რომლითაც დახრის კუთხეების გაზომვის დროს ხდება ინსტრუმენტის ვერტიკალური ღერძის მცირე კუთხით დახრის ავტომატუ-



ნახ. 6.8.4.2.

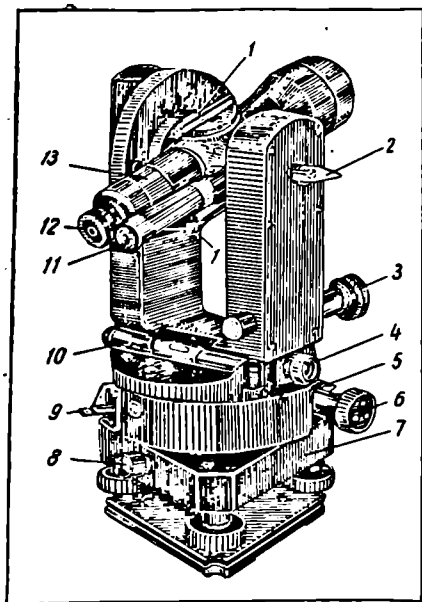
რად კომპენსირება, რაც საშუალებას გვაძლევს თეოდოლიტი გამოვიყენოთ ტექნიკური გომეტრიული ნიველობისათვის.

კომპენსატორს წარმოადგენს მართკუთხა პრიზმა 13 (ნახ. 2<sup>ე</sup>), დაკიდებული ბრტყელ ზამბარაკზე 18, რომელიც მიმაგრებულია სამიზნე ჭოგრის ღვარზე. დახრის კუთხის გაზომვის დროს თეოდოლიტის მთავარი ღერძის მცირე კუთხით დახრის შემთხვევაში პრიზმა 13 სიმძიმის ძალის გავლენით იცვლის თავის მდებარეობას და მიკროსკოპის ასათვლელი სკალის გამოსახულების მიმართ ვერტიკალური წრედის შტრიხების გამოსახულებას გადაადგილებს ისე, რომ ანათვალ ვერტიკალურ წრედზე იქნება მთავარი ღერძის შვეული მიმართულების შესაბამისი (იხ. 3.5. თავი). განხილადი კომპენსატორი მუშაობს  $\pm 2''$  სიზუსტით მთავარი ღერძის არაუმეტეს  $\pm 3'$  დახრის შემთხვევაში. შვეულ წრედზე რომ დავაყენოთ ანათვალ, შვეული წრედის ნულ-ადგილის ტოლი, (6.8.3.25<sup>1</sup>) ფორმულით გამოთვლილი სამიზნე ჭოგრის კოლიმაციური ღერძი მიიღებს პორიზონტულ მიმართულებას. რაც საშუალებას მოგვცემს ვაწარმოოთ ტექნიკური გომეტრიული ნიველობა. მიკროსკოპის მხედველობის არე ისეთივეა, როგორიც აქვს T10 (ნახ. 1<sup>ე</sup>) და ჭოგრის აღნაგობაც მისი ანალოგიურია.

### C. ოპტიკური თეოდოლიტი Theo-020 (ნახ. 3)

(6.8.6.2) ცხრილში მოცემული ცნობების გარდა, საყურადღებოა, რომ აპ თეოდოლიტს აქვს ოპტიკური შვეული, რომელსაც აქვს ოკულარი 4. საკეტელათი 9 შეიძლება პორიზონტული წრედისა და მისი წრედ-ალიდადის ერთად დამაგრება.

განხილად თეოდოლიტს აქვს ვერტიკალური წრედის კომპენსატორი, რი-  
 შაც ავტომატურად ისპობა მთავარი ღერძის მცირე კუთხით დახრის გავლენა  
 დახრის კუთხის გაზომვის სიზუსტეზე. ზედადგარი 7 მოსახსნელია და მაგრ-  
 ლება ხრახნით 8. მე-3 ნახაზზე წარწერილი დანარჩენი ციფრების შესაბამისა



ნახ. 6.8.4.3.

ნაწილების დანიშნულება და სახელწოდება ანალოგიურია ზემოთ განხილული  
 თეოდოლიტისა.

თეოდოლიტი შახტებში სამუშაოდ აღჭურვილია შემდეგი სამარკშიდე-  
 რო მოწყობილობებით:

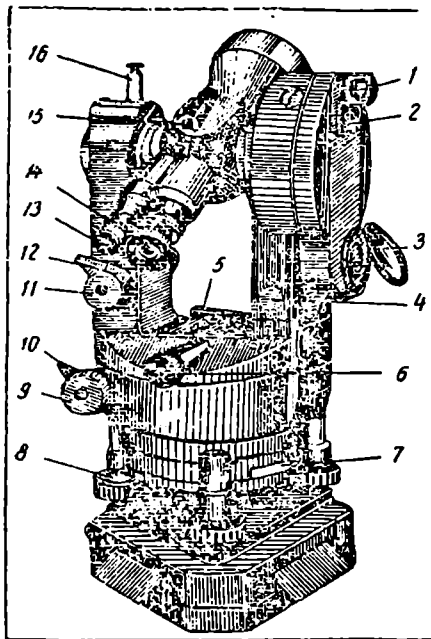
1. ჰორიზონტულად თეოდოლიტის კონსოლზე დასამაგრებელი მოწყობი-  
 ლობა;
2. ელექტროგანათებისა და ფეთქებ-უსაფრთხო მოწყობილობა;
3. კუთხეების სამშტატივიანი ხერხით გაზომვისათვის განათებადი სიგნა-  
 ლების კომპლექტი.

#### D. ოპტიკური თეოდოლიტ-ბაჰეოგრაფი Te-D2 (ნახ. 4)

(6.8.6.2) ცხრილში მოცემული ცნობების გარდა საყურადღებოა, რომ  
 მისი ჰორიზონტული წრედის წრედ-ალიდადასაგან დამოუკიდებლად ბრუნვა  
 ხდება ხრახნით 7. ზედადგარი იხსნება თეოდოლიტისაგან. ვერტიკალური წრე-



დინ ალიდადის ცილინდრული თარაზო 2 კონტაქტურია, რომლის ამპულა ჩანს მზრუნავი პრიზმით 1. ვერტიკალური წრედის ალიდადას აქვს მიკრომეტრული



ნახ. 6.8.4.4.

ხრაზნი 4. თეოდოლიტზე ბუსოლის დასაყენებლად მისი ჰოვარის სვეტზეა ცაბფვა 16. წრედები ნათდება სარკის 3 მიერ არეკლილი სხივების საშუალებით. სკალიანი მიკროსკოპის ოკულარია 13 იმყოფება სამიზნე ჰოვარის ოკულარის 14 გვერდით. ჰოვარის ერთმხარეზეა ობიექტური სამიზნე 15, ხოლო მეორე მხარეზეა ზედაცენტრი წერტილის ჯგუფ თეოდოლიტის დასაცენტრავად. ჰოვარს დიდი დახრის კუთხეების დასამზერად აქვს ორმაგი პრიზმული ნაცმი.

ამჟამად უნგრეთის სახალხო რესპუბლიკის ქარხანა MOM უშვებს *Te-D4*, რომელიც განსხვავდება *Te-D2* თეოდოლიტისაგან იმით, რომ ის აღჭურვილია შვეული წრედის ნულადგილის კომპენსატორით.

### 6.8.5. მაღალი სიზუსტის (პრეციზიული) ობიექტური თეოდოლიტები (II ჯგუფი)

როგორც ცნობილია, განხილავი ჯგუფის თეოდოლიტებით სრულდება 3 და 4 კლასის ტრიანგულიაციისა, პოლიგონომეტრიისა და მაღალი სიზუსტის დაკვალვითი სამუშაოები. მათი საშუალებით კუთხეები იზომება  $\pm 2''$  საშუალო კვადრატული შეცდომით. ამ ჯგუფში შეგვყავს სსრ კავშირში დამზადებული TT4, T2 და უცხოეთის ფირმების *Theo-010*, *Te-B1*, *[Te-C1]* თეოდოლიტები. მათი ტექნიკური მახასიათებლები მოცემულია (6.8.6.2) ცხრილში.

#### 1. თეოდოლიტი TT-4 (ნახ. 1)

გარდა ზემოხსენებულისა, განხილავი თეოდოლიტით შეიძლება ავგოთ საგანგებო დანიშნულების გეოდეზიური ქსელი და არამაღალი სიზუსტით გავზომოთ ასტრონომიული და მაგნიტური აზიმუტები. თეოდოლიტი ელექტროდინამიკურია, რის გამო შეიძლება მუშაობა დამითაც. შედარებით მცირე წო-

ნა და გაბარიტი, აგრეთვე ელემენტების ჰერმეტიულობა შესაძლებლობას იძლევა თეოდოლიტი გამოვიყენოთ სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში.

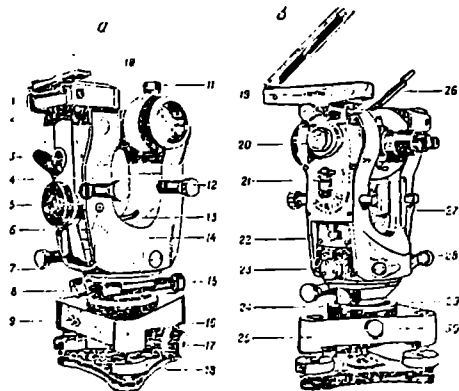
განხილავთ თეოდოლიტის ძირითად ნაწილებს შეადგენს: 1. ზედადგარი; 2. სამიზნე ჭოგარი; 3. პორიზონტული და ვერტიკალური კუთხსაზომი წრედი; 4. პორიზონტული და ვერტიკალური წრედების აღიდადები; 5. ოპტიკური მიკრომეტრი და 6. ასათვლელი მიკროსკოპი.

ზედადგარი 25 არის მოსასხნელი, მისი დამტკეცია ხრახნი 30, რაც საშუალებას იძლევა ინსტრუმენტი გამოვიყენოთ სამშტატივიანი ხერხით თეოდოლიტური სვლების ასაგებად.

ამ დროს ზედადგარით შტატივს ვიყენებთ მასზე სამიზნეების დასაყენებლად. ზედადგარის ტანში მოწყობილია ოპტიკური შვეული 18, რომელსაც ფოკუსირებისათვის აქვს კრემალიერის რგოლი 17. თეოდოლიტის დასაცენტრი წერტილიდან წამოსული სხივი გაივლის დამცავ მინაში 1 (ნახ. 2), მართკუთხა პრიზმის 2 მიერ აირეკლება  $90^{\circ}$ -ით და ობიექტივი 3 წერტილის გამოსახულებას გადასცემს ძაფთა ბადის 4 სიბრტყეში, რომელიც დაიშორება ოკულარის 5 მიერ. ოპტიკური შვეულის ერთ-ერთი მართობი ძაფის საუკეთესოდ ხილვისათვის, ანუ თვალზე ფოკუსთვაფუობისათვის, საჭიროა რგოლი 17 (ნახ. 1<sup>ა</sup>), ხოლო საგანზე ფოკუსთვაფუობისათვის ვიყენებთ კრემალიერის რგოლს 16. ამ რგოლის ქვეშ იმყოფება ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრახნები.

სამიზნეული ჭოგარი 10, ჩვეულებრივ, არის შიგაფოკუსთვაფუობიანი. ჭოგარი მაგრდება ხრახნით 11, ხოლო დამიზნება ხდება ხრახნით 12. თეოდოლიტის კოლიმატიური სიბრტყე თეოდოლიტის მთავარი ღერძის ცენტრისაგან გადაშორებულია 4—5 მმ.

წრედების მახასიათებლები მოცემულია (6.8.6.2) ცხრილში. აქ მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ პორიზონტული წრედის ბუდე 33 (ნახ. 3) მიხრახნილია მილისზე 35 ისე, რომ წრედის სკალის ცენტრი ემთხვეოდეს მის გომეტრიულ ცენტრს. ეს მილისი წარმოადგენს პორიზონტული წრედის ბრუნვის ღერძს, რომელიც ჩამოცმულია თეოდოლიტის დასამაგრებელ ქუროს 37 შუალედ მილისზე 31. პორიზონტული წრედის ღერძის ქვემო ნაწილზე ჩამოკმულია ჩარჩიკი 36 იმისათვის, რომ მისი საშუალებით მიემაგროს ხსენებულ ღერძი 35 მილისს 31. პორიზონტული წრედის დამტკეცია ხრახნი 8, ხოლო 15 არის მისი მიკრომეტრული ხრახნი (ნახ. 1<sup>ა</sup>).



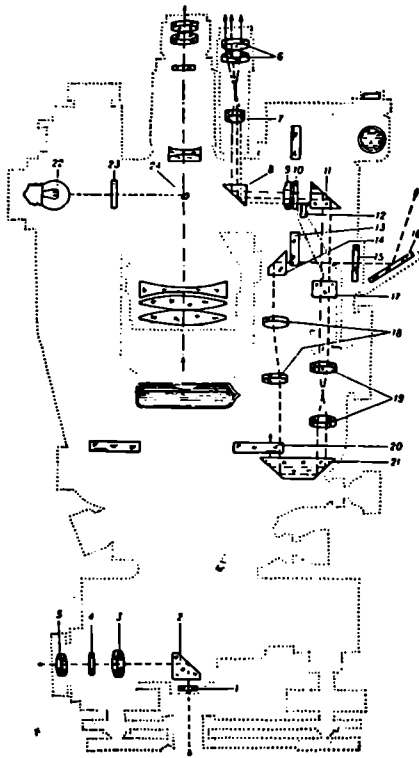
ნახ. 6 8.5.1:

ვერტიკალური წრედი ჩასმულია ბუდეში და ხშულად არის მი-  
ღვლებული სამიზნე ჭოგრის ბრუნვის ღერძზე. მისი დიამეტრი (90°—270°)

მიმართულია ჭოგრის კოლიმა-  
ციური ღერძის სწვრივად. 90°-ის  
შესაბამისი შტრიხი იმყოფება სა-  
მიზნე ჭოგრის ოკულარისაკენ.

წრედ-ალიდადის 14 ტა-  
ნი ხშულადაა მიმაგრებული ცი-  
ლინდრულ ღერძზე 40, რომელ-  
საც ეწოდება წრედ-ალიდადის,  
ანუ ინსტრუმენტის, მთავარი (ძი-  
რითადი) ღერძი. იგი მოთავსებუ-  
ლია და ბრუნავს შუალედი მი-  
ლისის 31 შიგნით. ალიდადის  
ღერძი 40 ეყრდნობა მხარულებს  
32, რომლებიც დაყენებული არიან  
შუალედი მილისის 31 ტორსზე.  
ღერძების შეერთებისათვის წრედ-  
ალიდადის ღერძს 40 ქვემოდან  
აქვს შემაერთებელი ქანჩი 38. ამ  
ქანჩისადმი მიდგომა შეიძლება შე-  
მაერთებელი 39 ქუროს მოხსნის  
შემდეგ. წრედ-ალიდადისა 40 და  
ჰორიზონტული წრედის 35 შეერ-  
თება ხდება ჩარჩიკისა 34 და და-  
მტკეცი ხრახნით 23. წრედ-ალი-  
დადის მცირედი მოძრაობა ხდება  
მიკროხრახნით 28 (ნახ. 1<sup>ა</sup>).

ჰორიზონტული წრედის და-  
მტკეცი ხრახნს 8 თუ მოუღუშვებთ  
და წრედ-ალიდადის დამტკეცი  
ხრახნს 23 მოუღუშვებთ, მაშინ



ნახ. 6.8.5.2.

წრედ-ალიდადა იბრუნებს წრედთან ერთად. როცა წრედი დამაგრებულია,  
მხოლოდ მაშინ შეიძლება წრედ-ალიდადას ბრუნვა მისი დამტკეცი ხრახნის  
23 აშვების შემდეგ. მაშასადამე, TT-4 ღერძების სისტემა არის განმეორებითი.

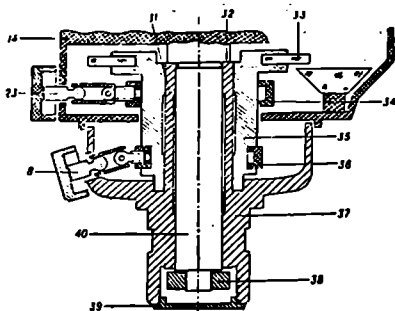
თეოდოლიტის ოპტიკური სისტემა (ნახ. 2) ჩვეულებრივია. სარკის 1ს  
პიერ არეკლილი სხივები, გაივლის რა მქრქალ დამცავ მინაში 15, ანათებს  
ვერტიკალური წრედის 13 ქვემო ნაწილს. მართკუთხა პრიზმა 14, რომელიც  
წარმოადგენს ვერტიკალური წრედის ალიდადას, აირეკლავს ვერტიკალურა  
წრედის შტრიხების გამოსახულებას და მიმართავს ქვემოთ, ხოლო მიკროს-  
კოპის შვეული წრედის ობიექტივი 18 ამ გამოსახულებას გადასცემს ჰორი-  
ზონტული წრედის სიბრტყეზე 20. იმის გამო, რომ კუთხსაზომი წრედების  
დიამეტრები სხვადასხვა ზომისაა, მიკროსკოპის შვეული წრედის ობიექტივის  
18 ლინზები შერჩეულია (კოლიმატორული წყვილი) ისეთი გამადიდებლობით,

რამდენიმე ვერტიკალური წრედის ხაზოვანი სიდიდეების გამოსახულება ტოლია პორიზონტული წრედის ხაზოვანი სიდიდეების ნატურალური ოდენობებისა.

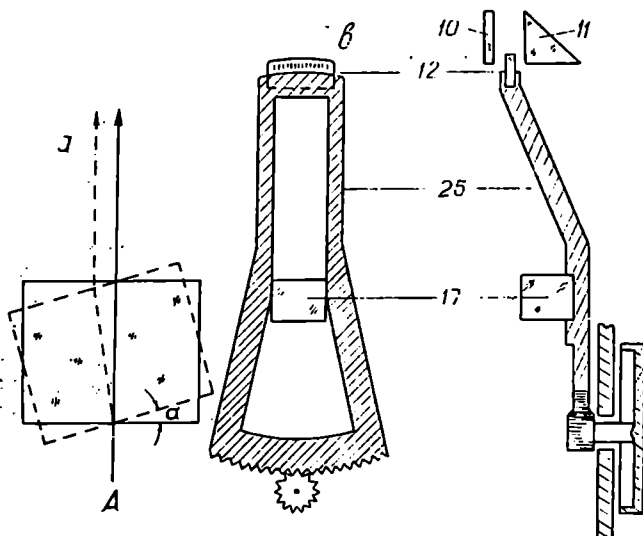
პრიზმა 21 კი, რომელიც წარმოადგენს პორიზონტული წრედის ალიდადას, არეკლავს და მიმართავს ზევით ორივე წრედის გამოსახულებას, ხოლო მიკროსკოპის პორიზონტული წრედის ობიექტივი 19 (კოლიმატორული წყვილი) ამ გამოსახულებას გადასცემს ოპტიკურ მიკრომეტრს.

ოპტიკური მიკრომეტრი, რომელიც საჭიროა კუთხსაზომ წრედებზე ზუსტად ანათვლების ასაღებად, შედგება ბრტყელი სწვრივი ფირფიტისაგან 17 (ნახ.

2), მართკუთხა პრიზმისა 11, სკალიანი მიკრომეტრისა 12 და დიაფრაგმისაგან 10 (ფირფიტა სარკმლებით, რომელიც ზღუდავს სხივების კონუსს, გამავალს ოპტიკურ სისტემაში). მიკრომეტრის მუშაობა ემყარება



ნახ. 6.8.5.3.



ნახ. 6.8.5.4.

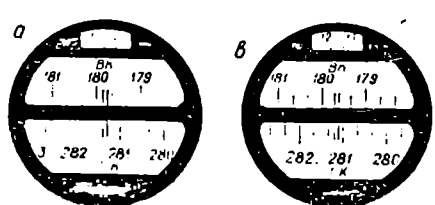
ბრტყელი სწვრივი ფირფიტების თვისებას, რაც გამოიხატება მათზე დატეხული სხივების გადაადგილებაში (ნახ. 4<sup>ა</sup>). A სხივი თუ მართობულად ეცემა ფირფიტის ერთ წიბოს (ნახ. 4<sup>ა</sup>), იგი არ გადატყდება და გაივლის

ორივე წიბოს, ხოლო თუ ფირფიტის შევებრუნებთ რაიმე  $\alpha$  კუთხით, მაშინ ხსენებული სხივთა კონა ორჯერ გადატყდება და გადაადგილდება პირველი მიმართულების პარალელურად. როგორც ვიცით (იხ. 6.1.1. პარაგრაფი), გამოსახულების გადაადგილების ოდენობა დამოკიდებულია სხივის დაცემის კუთხეზე, ფირფიტის სისქესა და მინის გარდატეხის მაჩვენებელზე.

ბრტყელი სწვრივი ფირფიტის 17 შესებრუნებელი მექანიზმი საქანაო ჩარჩო 25, რომლის ცენტრზეა მიმაგრებული ხსენებული ფირფიტა 17 (ნახ. 4<sup>ბ</sup>). ფირფიტის შებრუნების შესაბამისად გამოსახულების გადაადგილების ოდენობა იზომება მიკრომეტრის სკალით 12, რომელიც მიმაგრებულია ჩარჩოს 25 ზემო თავზე. მიკრომეტრის სკალის სიგრძე შეესაბამება 20' ანუ წრედის დანაყოფის საფასურს. ამ სკალას აქვს წარწერილი 20 ინტერვალი და ყოველი მათგანი დაყოფილია ექვს-ექვს მცირე ნაწილად (სულ მთელი სკალა დაყოფილია 120 ნაწილად). მაშასადამე, მიკრომეტრის სკალის ერთი მცირე დანაყოფის საფასურია 10", ხოლო სიზუსტე 1".

ჩარჩოს 25 შებრუნება ფირფიტით 17 და მიკრომეტრის სკალით 12 (ნახ. 4) სრულდება ოპტიკური მიკრომეტრის კბილანა სექტორითა და დოლის 5 კბილანათი (ნახ. 1<sup>ა</sup>). დიაფრაგმაზე 10 მართკუთხა პრიზმის 11 (ნახ. 2) მხრიდან არის გაკრილი ორი დიდი (ქვედა და შუა) და ერთი მცირე (ზედა) სარკმელი. მიკროსკოპის ოკულარის მხედველობის არეში (ნახ.5) დიდი ქვედა სარკმლიდან ჩანს 20' საფასურის მქონე პორიზონტული წრედი (FK) დიაფრაგმის ვერტიკალური ბისექტორით და შუა დიდ სარკმელში კი—ასევე 20' საფასურიანი შვეული წრედი (BK) თავისი დიაფრაგმის ვერტიკალური ბისექტორით; ზედა მცირე სარკმელში კი ჩანს მიკრომეტრის სკალა

ვერტიკალური მაჩვენებელით. როგორც შევნიშნეთ, ოპტიკური მიკრომეტრი ისეა გათვლილი და რეგულირებული, რომ ბრტყელი სწვრივი ფირფიტის მთელი სკალის გამოსახულებით შებრუნებით ანუ მიკრომეტრის ერთი სრული ბრუნვისას წრედები დიაფრაგმის



ნახ. 6.8.5.5.

ბისექტორიდან უნდა გადაადგილდეს მათ თითო დანაყოფზე ანუ 20'-ზე. პრიზმის დაცვა ადასტურებს იმას, რომ მიკროსკოპის ობიექტივის ლინზების 15 და 19 გამადიდებლობა შერჩეულია სწორად (ნახ. 2).

როგორც ვთქვით, წრედებისა და მიკრომეტრის სკალის გამოსახულება დიაფრაგმაზე 10 (ნახ. 2) დაიშორება მიკროსკოპით, რომელიც შედგება კონდენსორის 9 ანუ სხივების შემკრები და მიმმართველი ლინზის, მართკუთხა პრიზმის 8, რთული ბრუნვადი ლინზისა 7 და ოკულარისაგან 6. ასათვლელი მიკროსკოპი ადიდებს პორიზონტული წრედის გამოსახულებას 25 $\times$ , ხოლო ვერტიკალურისას 32 $\times$ ,

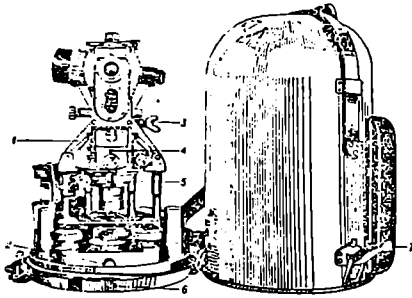
მართკუთხა პრიზმას 14 და მიკროსკოპის ობიექტივს 18 (ნახ. 2), მოთავსებულს ერთ მილაკში, ვერტიკალურ წრედზე ანათვლის აღების დროს უნდა ჰქონდეთ გარკვეული მდებარეობა. ხსენებული მილაკის მცირედი დახრა მასზედ მიმაგრებული ცილინდრული თარაზოსთან 1 ერთად სრულდება მიკრომეტრული ხრახნით 4 (ნახ. 1<sup>ა</sup>). თარაზოს შემოწმების დროს მისი ღერძის მდებარეობა იცვლება შემასწორებელი ხრახნით 2. ამ თარაზოს ბუშტულის ცენტრის ზუსტად ნულ-პუნქტზე დაყენებისათვის მოხერხებულია ასახვითი სარკის 26 გამოყენება (ნახ. 1<sup>ბ</sup>).

ანათვლები ჰორიზონტულ და ვერტიკალურ წრედებზე აიღება ერთნაირად, მხოლოდ ურთიერთდამოუკიდებლად (ცალ-ცალკე). ორივე წრედის ალიდადის ნულ-პუნქტს (მაჩვენებელს) წარმოდგენს დიფრაგმის ბისექტორი 10. ამიტომ კუთხსაზომ წრედზე ანათვალი შედგება დიფრაგმის ბისექტორის მარჯვნივ მის ახლო წრედის უმცროსი შტრიხის შესაბამის ანათვალს აქვს სკალიანი მიკრომეტრით გაზომილი მანძილი ბისექტორის შუა ადგილიდან ხსენებულ უმცროს შტრიხამდე. ამისათვის კი საჭიროა საგანზე ყოველ დამიზნებამდე მიკრომეტრის სკალის 0-ზე მაჩვენებლის (ინდექსის) დაყენება და შტრიხების თანხვედრის დაზუსტება ანათვლის აღების წინ. შემდეგ კი მიკრომეტრით ბისექტორის საშუალო (წარმოდგენით) ხაზს შევეუთავსოთ წრედის უმცროსი შტრიხის გამოსახულება.

ისე, როგორც საერთოდ დახრის კუთხის გაზომვის დროს, საჭიროა ვერტიკალური წრედის ალიდადის თარაზოს 1 ბუშტულის შუა გული შევეუთავსოთ ნულ-პუნქტს ხრახნის 4 საშუალებით (ნახ. 1<sup>ა</sup>).

ანათვლის აღების დროს პრაქტიკულად ასე ვიქცევით: პუნქტზე სამიზნე ჰოგარის დამიზნებამდე მიკრომეტრის 5 დოლის ბრუნვით მისი სკალის ნულ-შტრიხს შევეუთავსებთ მაჩვენებელს, საგანზე ჰოგარის დამიზნების შემდეგ იმავე დოლის ბრუნვით, ჰორიზონტული წრედის უმცროს შტრიხის გამოსახულებას შევეუთავსებთ ბისექტორის შუა წარმოდგენით ხაზს, რაც გამოჩნდება ქვედა დიდ სარკმელში და ვიღებთ ანათვალს: ჰორიზონტულ წრედზე (TK) გრადუსებს და 20'—ან ინტერვალების რიცხვს 281°20', შემდეგ მაზივუმატებთ ანათვალს მიკრომეტრის სკალაზე 1' 34", ე. ი. ჰორიზონტულ წრედზე ანათვალი იქნება 281° 21' 34" (ნახ. 5<sup>ა</sup>). ანალოგიურად შუა დიდ სარკმელში ვერტიკალური წრედის უმცროს (179° 40') შტრიხს მიკრომეტრის დოლის ბრუნვით შევეუთავსებთ ბისექტორის წარმოდგენით შუა ხაზს და ჯერ ავიღებთ ანათვალს წრედზე 179° 40' და მეორე მიკრომეტრის სკალაზე 12' 22", ე. ი. ვერტიკალურ წრედზე ანათვალია 179° 52' 22" (ნახ. 5<sup>ბ</sup>). თეოდოლიტს აქვს ორიენტირ ბუსოლი 19 (ნახ. 1<sup>ბ</sup>), სამიზნე ჰოგარი და მიკროსკოპი, ოკულარის პრაზმები საცემებით, ელექტრომოწყობილობის სრული კომპლექტი. როგორც ვხედავთ, TT-4 თეოდოლიტში ანათვალი აიღება ჰორიზონტულ წრედის მხოლოდ ერთ ნაწილზე, ამიტომ ყოველ ანათვალში ადგილი ექნება წრედ-ალიდადის ექსცენტრისიტეტის გავლენას. ამ გავლენის შესამცირებლად საჭიროა ყოველი მიმართულება განსაზღვრული იქნეს ორი წრედით (წრედი მარჯვნივ და მარცხნივ).

ჰორიზონტულ წრედზე წინასწარ გამოთვლილი ანათვლების დაყენებამ კუთხეების გაზომვის დროს წრედ-ალიდადის ორიენტირების ან ადგილზე წიმართულებათა დაკვალვებისათვის ხდება შემდეგნაირად: საჭირო ანათვლის ნაწილს, გამოკლებულს გრადუსებისა და 20'—ტ-ის ჭერადი ოდენობა, მიკრომეტრის 5 ბრუნვით ვაყენებთ მიკრომეტრის სკალაზე მაჩვენებლის პირისპირ; მეორე ნაწილს, რომელსაც შეესაბამება გრადუსები და 20'-ანი ინტერვლები, ვაყენებთ ჰორიზონტულ წრედის სკალაზე ჯერ ხელით და შემდეგ ხრახნით 28 (ნახ. 1<sup>ა</sup>). ეტყვათ, ჰორიზონტულ წრედზე გვინდა ანათვალა 90°55'30"; ამისათვის 15'30" შესაბამის შტრისს ვაყენებთ ზედა მცირე საჩქმელში ინდექსის პირისპირ, ხოლო 90° 40'-ქვედა დიდ საჩქმელში წარ-



ნახ. 6.8.5.6.

მოღვენიტ ბისექტორის საშუალო ხაზზე. შემდეგ სამიზნე ჰოგრის ძაფთა ბადის ვერტიკალური ძაფის ან ბისექტორის ზუსტად დამიზნება საგანზე ხდება ჯერ ხელით ტლანქად და შემდეგ ზუსტად ალიდადასთან ვრთად წრედის მიკრომეტრული ხრახნით 15 (ალიდადა მიმაგრებულია წრედზე ხრახნით 23, ნახ. 1). ინსტრუმენტის ადგილზე დაყენებისა და საგანზე დამიზნების შესახებ იხილეთ (6.8.3) პარაგრაფის A—ა მუხლი.

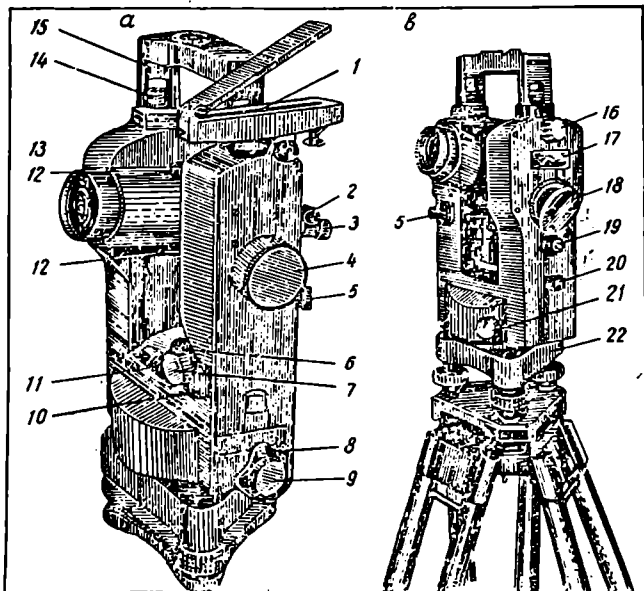
ბოლოს ვიღებთ ანათვალს ჰორიზონტული წრედის ლიმბზე და ვადარებთ მას წინასწარ გამოთვლილ საჭირო ანათვალს.

ინსტრუმენტის ჩალაგება ყუთში ხდება ამოღების შებრუნებული თანამიმდევრობით (ნახ. 6). ამ დროს საჭიროა განსაკუთრებული ყურადღება მივაქციოთ 4,5,6, წითელი წერტილების ვერტიკალურად განლაგებას, რომლებიც განლაგებულნი არიან წრედალიდადის ტახზე 4, შემაერთებელ ქუროზე 5, ბუდის ფუქისა 6 და ხუფზე, რომელიც ნახაზზე არ ჩანს.

### B. თეოდოლიტი T2 (ნახ. 7)

განხილად თეოდოლიტს, გარდა ამ პარაგრაფის შესავალში ჩამოთვლილი სამუშაოებისა, იყენებენ ასტრონომიული განედის, გრძედისა და აზიმუტის მიახლოებითი გაზომვისათვის და ძაფებიანი მანძილმზომებით ან სამანძილმზომო ДН-04 და ДНР-06 საცმით მანძილების გასაზომად. ეს თეოდოლიტი წარმოადგენს ТБ-1 თეოდოლიტის გაუმჯობესებულ კონსტრუქციას. (6.8.6.2.) ცხრილიდან ცნობილია, რომ იგი არის არაგანმეორებითი, მბრუნავი ჰორიზონტული წრედით. ვერტიკალური ღერძების სისტემა არის ცილინდრული. ჰორიზონტული წრედის გადაადგილება ხდება დოლით 21 (ნახ. 7<sup>ა</sup>). ზედადგარი მოსახსნელი აქვს. წრედ-ალიდადისა 8 და ჰოგრის 6 დამტკეცი ხრახნი თანაღერძა მათი შესაბამისი მიკრომეტრული ხრახნითურთ 9 და 7 (ნახ. 7<sup>ა</sup>). წრედ-ალიდადის ღერძი ღრუა, რომელშიც მოთა-

ვსებულია ოპტიკური შვეულის ობიექტივი, მისი ოკულარი 20 კი გამოტანილია ჰოგრის სადგარზე. ვერტიკალური წრედის ალიდადის კონტაქტური თარაზო 17 მიმაგრებულია ვერტიკალური წრედის სვეტზე და მისი ბუშტულა დაიშორება მართკუთხა პრიზმის 16 საშუალებით. ამ თარაზოს ბუშტულის ნულ-პუნქტზე დაყენება ხდება ვერტიკალური წრედის ალიდადის მიკრომეტრიული ხრახნით 19. ჰოგრის სადგარებზე ხრახნებით 14 დამაგრებულია სახელური 15 ინსტრუმენტის ადგილიდან ადგილზე გადასატანად, რომელსაც აქვს ამონაპერი სარის დასაყენებლად, როცა კუთხეებს ვზომავთ სამთეოდო-



ნახ. 6.8.5.7.

ლიტიანი ხერხით. აგრეთვე მას იყენებენ ორიენტირ-ბუსოლის დროებით დასაყენებლადაც.

წრედებზე ანათვლებს ვიღებთ ორმხრივსოლიანი ოპტიკური მიკროსკოპით, რომლის ოკულარი 3 დამაგრებულია სამიზნე ჰოგრის ოკულარის 2 გვერდით.

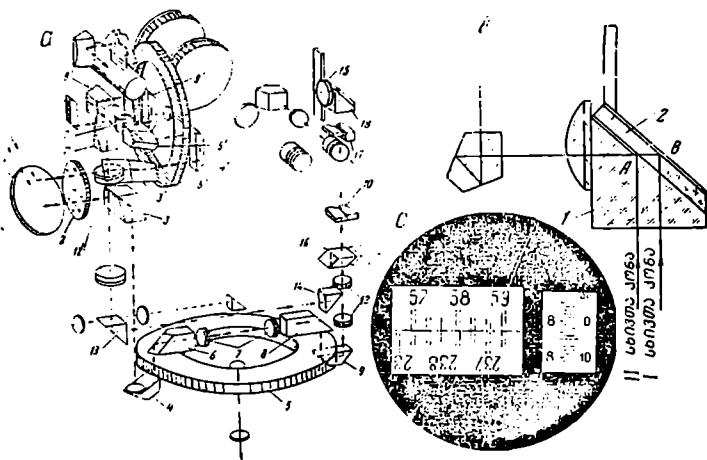
სამიზნე ჰოგრი შიგა ფოკუსთვაწყობისაა, ოკულარი—ორთოსკოპული. ჰოგრზე დამაგრებულია ორი ოპტიკური სამიზნე 12. ეს თეოდოლიტები საგანგებო დავალებით მზადდება ელექტროგანათებით და მის გარეშე.

განხილად თეოდოლიტს დაყენებული აქვს ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრი. პორიზონტულ ან ვერტიკალურ წრედზე მიკრომეტრის გადართვა ხდება სახელურით 5; წრედები ნათდება სარკით 18, ხოლო წრედების ლიმბების მოპირდაპირე შტრიხების თანხვედნა სრულდება ოპტიკური მიკრომეტრის



4 დოლის ბრუნვით (ნახ. 7). ოპტიკური სქემა მოცემულია (8<sup>ა</sup>), ხოლო ასათვლელი მიკროსკოპის მხედველობის არე (8<sup>ბ</sup>) ნახაზზე.

სარკიდან 1 (ნახ. 7 მიხედვით 18) არეკლილი სხივები მქრალ მინაში 2 და შემდეგ პრიზმებში 3, 4 და 3<sup>1</sup>, 4<sup>1</sup> გავლილი ანათებს ჰორიზონტული 5 და შვეული წრედის 5<sup>1</sup> ლიმბებს, საიდანაც სახურავის მავვარ პრიზმებში 6 და 6<sup>1</sup> არეკლილი ეცემა ორკომპონენტიან 7, 7<sup>1</sup> ობიექტივს, რომლებიც პრიზმების 8 და 8<sup>1</sup> დახმარებით აგებენ შტრახების პირდაპირ გამოსახულებებს ხსენებული ლიმბების მოპირდაპირე ნაწილის (მხარის) სიბრტყეზე. ამის შემდეგ ჰორიზონტული წრედის ორივე ნაწილით შეთავსებული გამოსახულება პრიზმისა 9 და ორკომპონენტიანი ობიექტივის 12 საშუალებით გადაეცემა ასათვლელი მიკროსკოპის დიაფრაგმის სიბრტყეზე 15. ასევე, ვერტიკალური წრედის ორივე ნაწილის შეთავსებული გამოსახულება პრიზმების 9<sup>1</sup>, 11 საშუალებით ეცემა ორკომპონენტიან ობიექტივს 12<sup>1</sup>, საიდანაც პრიზმაში 13 და 14



ნახ. 6.8.5.ხ.

არეკლის შედეგად გადაეცემა ასათვლელი მიკროსკოპის დიაფრაგმის სიბრტყეზე 15. წრედებზე ანათების აღება ხდება ურთიერთდამოუკიდებლად. ამისათვის მათი გადართვა ხდება პრიზმის 16 საშუალებით (7<sup>ა</sup> ნახაზზე სასელური 5). მაგრამ, ფაქტობრივად, წრედების ლიმბების ორივე მოპირდაპირე ნაწილების შეთავსებულ გამოსახულებას აქვს გაუფორმებელი მხარეების მქონე ორი შკალის სახე. ამიტომ მიკროსკოპებს მაჩვენებლით, სკალით და ცალმხრივ ოპტიკურ მიკრომეტრებს უყენებენ სარკმლიან დიაფრაგმებს (იხ. 6.8.3.30<sup>ა</sup>, 6.8.3.32<sup>ა</sup>, 6.8.4.1<sup>ა</sup>, 6.8.5.5<sup>ა</sup> ბ).

როგორც ცნობილია, ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრით ანათების აღება ხდება წრედის მოპირდაპირე ნაწილების შტრახების შეთავსების (თანხედრის) შემდეგ, რის გამო საჭიროა მათი გამყოფი წიბო იყოს რაც შეიძლება თხელი. ასეთი წიბოს მიღება შეიძლება გამყოფი ბლოკების საშუალებით.

გამყოფი იმ ბლოკების შედარებით გავრცელებული სქემა, რომელიც დაყენებული აქვს განხილად თეოდოლიტს, არის (8ა) ნახაზის შესაბამისი. გამყოფი *A* პრიზმა შედგება მართკუთხა პრიზმისაგან 1, მისი ჰიპოტენუზა—წახნაგზე მიწებებული ოპტიკური სოლისაგან 2, რომლის გარდატეხის კუთხე 50°-ზე ნაკლებია. ნახაზზე ორმაგი ხაზებით არის ნაჩვენები პრიზმისა და სოლის მოვერცხლილი წახნაგები. სხივების კონას I, რომელსაც არეკლავს სოლის 2 მოვერცხლილი წახნაგი, მიაქვს წრედის ერთი ნაწილის შტრიხების გამოსახულებას, ხოლო პრიზმის 1 მოვერცხლილი წახნაგიდან არეკლილი სხივების II კონას მიაქვს იმავე წრედის მოპირდაპირე ნაწილის შტრიხების გამოსახულება.

მიკროსკოპის მხედველობის არეში გამყოფი წიბო ჩანს წმინდა ხაზის სახით, რომელიც წარმოადგენს *A* პრიზმის მოვერცხლილი მხარის გამოსახულებას. ამის მიზეზია ის, რომ სხივების *AB* კონა, რომელიც ეცემა სოლის 2 მოვერცხლილ წახნაგს, იკვეთება პრიზმის 1 მოვერცხლილ წახნაგის მიერ და არ ხედება მიკროსკოპის მხედველობის არეში.

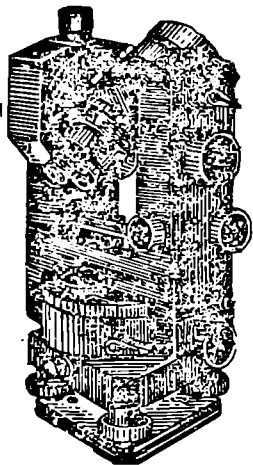
სხივების კონა, რომელსაც მოაქვს პრიზმით 16 ანუ სახელურით 5 (ნახ. 7<sup>ა</sup>) გადართული რომელიმე ლიბმის მოპირდაპირე მხარის შეთავსებული შტრიხების გამოსახულება, გაივლის კომპენსატორში, რომელიც შედგება (10 და 17) ოპტიკური პრიზმებისაგან (ნახ. 8<sup>ა</sup>), შემდეგ ეს სხივები გაივლის ზემოაღნიშნულ ოპტიკური პრიზმისა და სოლის შეწყობებით შედგენილ გამყოფ ბლოკში 15 და ვიღებთ საბოლოო გამოსახულებას მიკროსკოპის საველე 15 დიაფრაგმანზე.

(8<sup>ა</sup>) ნახაზზე ნაჩვენებია T2-ის დანაყოფების ასათვლელი მიკროსკოპის მხედველობის არე. წრედების წარწერებია თითო გრადუს ინტერვალზე, მისი ერთი მცირე დანაყოფის საფასურია 20'. მიკრომეტრის სკალის ერთი დანაყოფის საფასურია 1". მაშასადამე, ყოველი მინუტი ინტერვალი დაყოფილია 60"-ად, რადგანაც დოლის სრულ ბრუნვას შეესაბამება 20'. მარჯვენა მცირე სარკმლის სკალის მარცხნივ წარწერილია მინუტები (0-დან 19-მდე მეორდება ექვსი ინტერვალის ფარგლებში); ხოლო მარჯვნივ—სეკუნდები. დიდ სარკმელში ჩანს ლიბმის ორივე მოპირდაპირე მხარის შტრიხები, რომელთა შორის განახევებაა 180°. ანათვლის ასაღებად დოლის 4 ბრუნვით (ნახ. 7<sup>ა</sup>) ერთმანეთს შევუთავსებთ შტრიხებს (ნახ. 8<sup>ა</sup>). შემდეგ გრადუსებს ვიღებთ უმცროსს 57°. ხოლო მინუტები იქნება მის მოპირდაპირე შტრიხამდე (237') ოცმინუტიანი ინტერვალების შესაბამისი მინუტების ნახევარი, ე. ი. 50', რომელსაც მივმატება მცირე სარკმელში მიკრომეტრის სკალაზე ანათვალი 8' და 03". მაშასადამე, ჰორიზონტულ წრედზე სრული ანათვალი იქნება 57°58'03". ასეთივე წესით ავიღებთ ანათვალს შვეულ წრედზე სახელურით 5 გადართვისა და დოლის 4 საშუალებით მისი ორივე მოპირდაპირე შტრიხების შეთავსების შემდეგ.

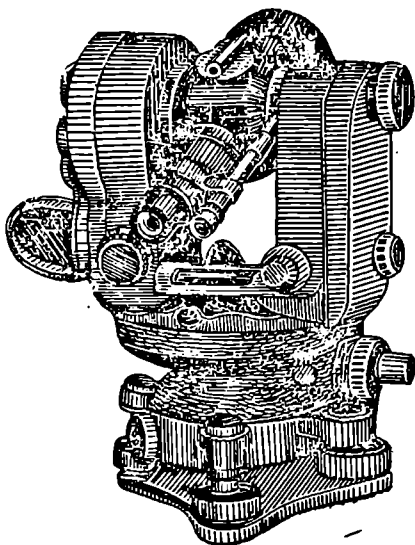
### C. თეოდოლიტი Theo-010 (ნახ. 9) და Te-B1 (ნახ. 10)

განხილადი თეოდოლიტები წინა მუხლში განხილული თეოდოლიტისაგან არ განსხვავდება რაიმე განსაკუთრებული მაჩვენებლებით (იხ. 6.8.6.2 ცხრილი). მათი გამოყენება შეიძლება ასტრონომიული, გეოდეზიური და სამარკშიდნარო გაზომვებისათვის.

*Theo*—010 თეოდოლიტში ანათვლების აღება წრედზე ხდება ორმხრივ-სოლიანი ოპტიკური მიკრომეტრით, ხოლო *Te*—B1-ში კი ორმხრივი ბრტყე-ლი პარალელურფიტიანი ოპტიკური მიკრომეტრით.



ნახ. 6.8.5.9.

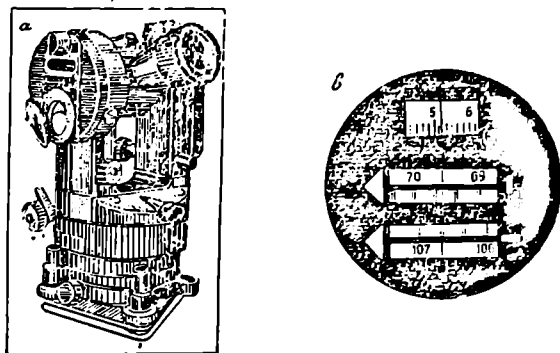


ნახ. 6.8.5.10.

**D. უნივერსალური თეოდოლიტი *Te*—C1 (ნახ. 11)**

ამ თეოდოლიტს აქვს ორმხრივი მიკრომეტრი ორივე წრედისათვის, რომ-ლითაც გადართვის შემდეგ თანამიმდევრობით აღება ანათვალის ჰორიზონტულ ან ვერტიკალურ წრედზე. მიკროსკოპის მხედველობის არეში (ნახ. 11<sup>ა</sup>) ჩანს დიაფრაგმის ქვედა დიდი, შუა დიდი და ზედა მცირე სარკმლები შესაბამისად ჰორიზონტული, ვერტიკალური წრედისა და მიკრომეტრის სკალისათვის ინ-დექსით. ქვედა და ზედა სარკმლების ყოველი ორმაგი (წყვილი) შტრიხის მარ-ცხენა და მარჯვენა შტრიხი წარმოადგენს ჰორიზონტული და ვერტიკალური წრედების დიამეტრალურად მოპირდაპირე ერთსახელა შტრიხების გამოსახუ-ლებას. მათი (წრედების შტრიხების გამოსახულებების) გამაღივებლობა არის ერთნაირი, ამიტომ წრედ-ალიდადის თავისი ღერძის ბრუნვით და ჭოგრის ასე-ვე ჰორიზონტული ღერძის ირგვლივ ბრუნვით ორივე წრედის შტრიხები ტო-ლი სიჩქარით გადაადგილდება ერთი და იმავე მიმართულებით. ყოველ ორ-მაგ (წყვილ) შტრიხს შორის მანძილი შეიძლება იყოს სხვადასხვა, რომელთა ოდენობა დამოკიდებულია ჰორიზონტული და ვერტიკალური წრედთა ალიდა-დების ექსცენტრისიტეტზე. ამის გამო წარმოშობილი ექსცენტრისიტეტის

გაელენა ისპობა, რადგანაც მიკრომეტრის სკალაზე აიღება ანათვალის მაჩვენებლის (ინდექსის) ორმაგ შტრიხს შორის ანუ ბისექტორზე ზუსტად დაყენების შემდეგ. (11) ნახაზზე მაჩვენებელი (ინდექსი) დაყენებულია ზუსტად 20'-ანა საფასურის მქონე პორიზონტული წრედის წყვილი (40') შტრიხის ბისექტორზე. მიკრომეტრის სკალა წარწერილია 1'-ანი ინტერვალებით და ყოველი ასეთი



ნახ. 6.8.5.11.

ინტერვალი დაყოფილია ექვსად, ე. ი. მიკრომეტრის სკალის ერთი დანაყოფის საფასურია 10". მაგალითად, (11) ნახაზის მიხედვით ანათვალის პორიზონტულ წრედზეა 106°40', ხოლო მიკრომეტრის სკალაზე 5'12", სრული ანათვალაა 106°45'12".

### 6.8.8. უმაღლესი სიზუსტის ოპტიკური თეოდოლიტები (I ჯგუფი)

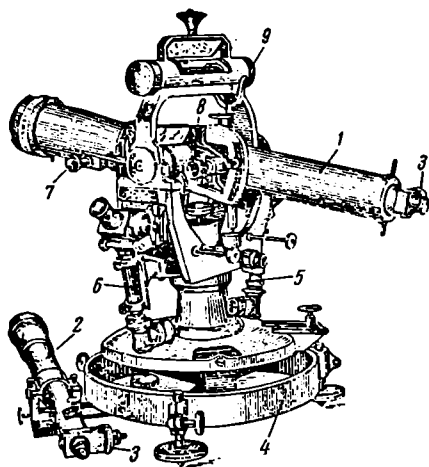
როგორც ცნობილია, ამ ჯგუფის თეოდოლიტებით სრულდება I და II კლასის ტრიანგულაციის, პოლიგონომეტრიისა და განსაკუთრებული სიზუსტის დაკვალვითი სამუშაოები, რომელთა საშუალებით კუთხის გაზომვის საშუალო კვადრატული შეცდომა  $\pm 0",5 - \pm 1",0$ -მდეა დასაშვები. სტანდარტის მიხედვით შესაბამისი თეოდოლიტები აღინიშნება T05 და T1 სიმბოლოებით. საბჭოთა კავშირში ჯერჯერობით შემოსენებული სახის სამუშაოები სრულდება T1— $\frac{1}{6}$  და OT—02 თეოდოლიტით. მათი ტექნიკური მაჩვენებლები მოცემულია (2) ცხრილში.

#### 4. საბრძანებულო თეოდოლიტი TT—2/6 (ნახ. 1)

ვერტიკალური ღერძების სისტემა I ტიპის (ნახაზი 6.6.3.1<sup>ა</sup>) არაგანმეორებითია მბრუნავი პორიზონტული წრედით. ვერტიკალური წრედი არის სექტორული. ორივე წრედი არის ლითონის; მამასადაამე, ეს თეოდოლიტი არ არის ოპტიკური. ცენტრალური, პირდაპირი 1 და სამოწმებელი (შემასწორებელი)

ჰოგრი 2 არის მიკრომეტრიანი ოკულარით 3. სამოწმებელი ჰოგრი 2 შეერთებულია რგოლით 4 თეოდოლიტის ზედადგართან. პორიზონტულ წრედზე ასათ-

ვლელი ხელსაწყოა ორი ხრახნიანი მიკროსკოპი მიკრომეტრებით 5 და 6, ხოლო ვერტიკალურ წრედზე ასათვლელი ხელსაწყოებია ორი მიკროსკოპი სკალით 7 და 8, ზედსადები თარაზოა 9. თეოდოლიტს აქვს ელექტროგანათების მოწყობილობა.



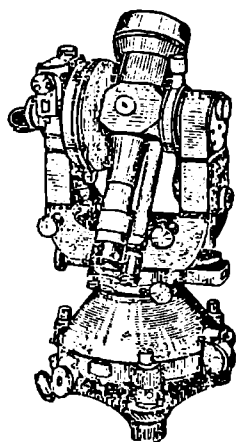
ნახ. 6.8.6.1.

ღერასი გასწვრივ, რომელზეც ნაჩვენებია შემდეგი ნაწილები: 8 — სინათლის ამრეკლავი გამანათებელი სარკე; 6 — დამცავი მჭრქალი მინა; 3 — პრიზმა; 2 — კონდენსორი (სხივების შემკრები და მიმმართველი ლინზა), 4 და 1, 5 და 51 — პორიზონტული წრედის ალიდადის პრიზმების ბლოკი; 9 და 50 — მინის პორიზონტული წრედი ხრახნებით მიმაგრებულია ლითონის ბუდეზე; 48 და 49 — პორიზონტული წრედის მიკროსკოპის ობიექტივის ლინზები; 45 — პორიზონტული წრედის რუმბული პრიზმა; 42 — ოპტიკური მიკრომეტრის ბრტყელი სწვრივი ფირფიტა; 41 — გამყოფი ბლოკის მინის პრიზმები; 38 — ოპტიკური მიკრომეტრის დისკოს (მრგვალი ფირფიტის) გამანათებელი სხივების გამტარი პრიზმა; 37 — ოპტიკური მიკრომეტრის დისკო; 39 — ოპტიკური მიკრომეტრის დოლი; 40 — სხივების შემბრუნებელი პრიზმა; 36 — კოლექტორი პრიზმა დიაფრაგმით; 31 — ასათვლელი მიკროსკოპის პრიზმა; 35 და 34 — ასათვლელი მიკროსკოპის რთული ოკულარის ლინზები; 17 — ვერტიკალური წრედის გასანათებელი ელექტრონათურის ვაზნა; 18 — ვერტიკალური წრედის გამანათებელი სარკე; 19 — ვერტიკალურ წრედზე სინათლის მიმმართველი პრიზმა; 20 — ვერტიკალური წრედის ალიდადის მიკროსკოპის ობიექტივის კომპონენტი; 25 და

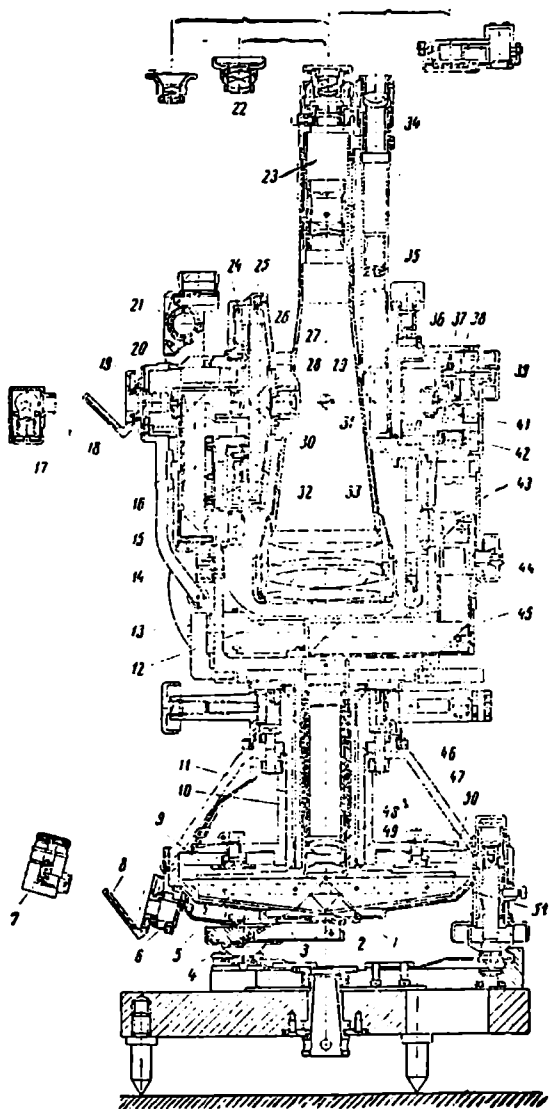
**ბ. ოპტიკური თეოდოლიტი  
01-02 (ნახ. 2)**

განხილადი თეოდოლიტის საერთო სახე ნაჩვენებია (2) ნახაზზე.

(3) ნახაზზე მოცემულია განხილადი თეოდოლიტი სამიზნე ჰოგრის ბრუნვის



ნახ. 6.8.6.2.



6об. 6.8.6.3.

32, 26 და 30—ვერტიკალური წრედის ალიდადის პრიზმების ბლოკი; 27—კონ-  
 ლენსორი; 28—ვერტიკალურ წრედზე სინათლის მიმართველი პრიზმა; 24  
 და 15—მინის ვერტიკალური წრედი; 16—საბრუნე პრიზმა; 14—ვერტიკალუ-  
 რი წრედის ალიდადის მიკროსკოპის ობიექტივის კომპონენტი; 33—მინის დამ-  
 ცავი ფირფიტა; 43—გადამრთავი პრიზმა; 44—წრედების გამოსახულების გა-  
 დამრთავის თავი; 13—სამიზნე ჭოგრის ობიექტივი; 29—სამიზნე ჭოგრის ძაფთა  
 ბადის გასანათებელი ლითონის სარკე; 21—ვერტიკალური წრედის ალიდადის  
 კონტაქტური თარაზო; 23—სამიზნე ჭოგრის ოკულარის მუხლი; 22—სამიზნე  
 ჭოგრე საცმი ოკულარები ჭოგრის 24 და 40<sup>x</sup> გამადიდებლობისათვის; 7—  
 ჰორიზონტული წრედის გასანათებელი ვაზნა ელექტრონათურით; 46—ვერ-  
 ტიკალური ღერძი; 11—ჰორიზონტული წრედის ალიდადის მილისი; 10—ჰო-  
 რიზონტული წრედის მილისი; 47—გარსაცმი; 12—ჰორიზონტული წრედის  
 ალიდადის (მთავარი) ცილინდრული თარაზო.

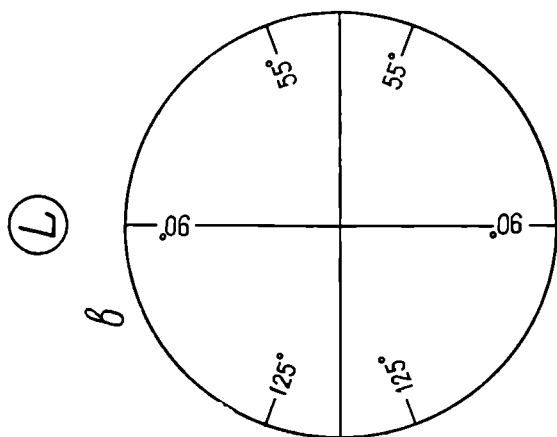
ინსტრუმენტის კომპლექსში შედის: შტატივი; საცენტრი  
 ფილა ცენტრირით გეოდეზიური ნიშნის (პირამიდის) ქვეშ ხის მაგიდაზე სამუ-  
 შაოდ; ელექტრონური შტეფსელით; მთელანი (სამიზნე) რედუქციის ელე-  
 მენტების განსაზღვრისათვის; ჩალითა ინსტრუმენტისათვის; სხვადასხვა გასა-  
 ლებები და ჩხირები ინსტრუმენტის შემოწმება-შესწორებისათვის. თეოდოლი-  
 ტი ინახება და გადაიტანება ადგილიდან ადგილზე ლითონის ბუდით, რომლის  
 ძირზე იგი მაგრდება სამი დამკერით. ინსტრუმენტის სიგნალზე ასატანად ან  
 მთავორიან ადგილებში გადასატანად იგი აღჭურვილია ზურგზე მოსაკიდებელი  
 კარკასით და ღვედებით.

### ა. წრედები და სამიზნე ჭოგრი

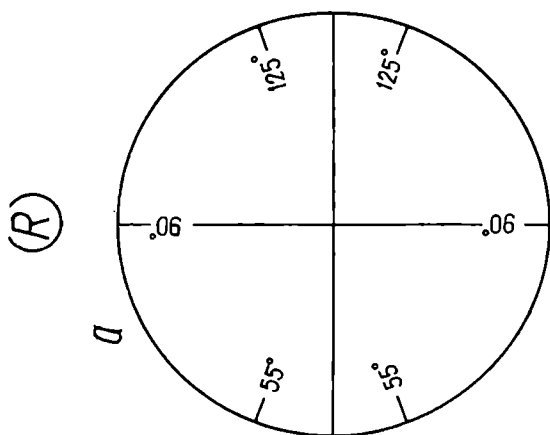
ორივე წრედი არის მინის. ჰორიზონტული წრედის ლიშბის შტრიხების ში-  
 გა რგოლის დიამეტრია 135 მმ, ხოლო ვერტიკალური წრედისა—90 მმ. ორივე  
 წრედზე დანაყოფების სისტემა გრადუსულია. შტრიხები დაკვეცილია წრედის  
 (ლიშბის) ზედა მხარეზე. ჰორიზონტული წრედის გრადუსული შტრიხები წაგრძე-  
 ლებული და წარწერილია 0°—359°-მდე. ჰორიზონტული წრედის ყოველი  
 გრადუსი დაყოფილია 15 ტოლ ნაწილად. მაშასადამე, მისი ერთი დანაყოფის  
 საფასურია 4'. ჰორიზონტული წრედის გრადუსული ინტერვალების შიგ ყოველი  
 მცხუთე დანაყოფის შტრიხები წაგრძელებულია, რაც წრედზე ანათვლის აღებას  
 აადვილებს. ჰორიზონტული წრედის ერთი დანაყოფის ხაზოვანი ოდენობაა  
 0,09 მმ. ჰორიზონტული წრედის ბრუნვა შეიძლება დამყენებელი დოლის ბრუნ-  
 ვით, რომელიც კუთხის გაზომვის დროს იხურება ხუფით.

ვერტიკალური წრედი ხისტად არის დამაგრებული სამიზნე ჭოგრთან და  
 მოძრაობს მასთან ერთად. ჭოგრი გადაიტანება ზენიტზე მხოლოდ ობიექტივის  
 მხრიდან. შვეული წრედის უმცირესი დანაყოფის საფასურია 8', ხოლო რკალის  
 სიგრძე 0,105 მმ. წარწერილი რიცხვები შვეულ წრედზე ორჯერ ნაკლებია შესა-  
 ბამისი რკალის კუთხურ მნიშვნელობაზე (ნახ. 4).

(1) ცხრილში მოყვანილია ვერტიკალური წრედის წარწერები, რომლებიც ჩანს მიკროსკოპის მხედველობის არეში, სამიზნე კოგრის ზენიტის, პორიზონტისა და ნადირის ახლო დახრის დროს. დიაფრაგმის ქვედა დიდ სარკმელში



ნახ. 6.8.6.4.



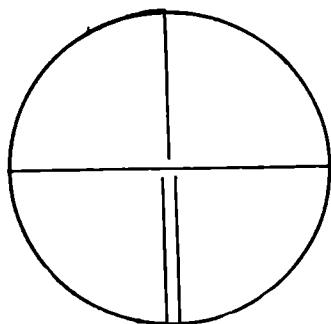
წარწერები გამოჩნდება წაღმა (ნახ. 6<sup>ა</sup>, 6<sup>ბ</sup>), ხოლო ზედა დიდ სარკმელში უკუღმა (ცხრილში ისინი ფრჩხილებში არიან ჩასმულნი). ქვედა მცირე სარკმელში კი მოჩანს მიკრომეტრის სკალა ინდექსით.



სამიზნე ჭოგრის მდებარეობა	ვერტიკალური წრედის მდებარეობა სამიზნე ჭოგრის ოკულარის მიმართ			
	წრედი მარჯვნივ (R)		წრედი მარცხნივ (L)	
	შტრიხებზე წარწერები	სამიზნე ჭოგრის ზენიტური მანძილები	შტრიხებზე წარწერები	სამიზნე ჭოგრის ზენიტური მანძილები
ზენიტის ახლოს	$\frac{(55)}{55}$	20°	$\frac{(125)}{125}$	20°
პორიზონტის ახლოს	$\frac{(90)}{90}$	90°	$\frac{(90)}{90}$	90°
ნადირის ახლოს	$\frac{(125)}{125}$	-20°	$\frac{(55)}{55}$	-20°

პორიზონტული წრედის ასათვლელი მიკროსკოპის ობიექტივის გამადიდებლობა 4×, ხოლო ვერტიკალური წრედი 3× ისეა შერჩეული, რომ ასათვლელი მიკროსკოპის მხედველობის არეში წრედების ხაზოვანი დანაყოფების გამოსახულება ერთნაირია. ეს კი საშუალებას იძლევა ვისარგებლოთ ორივე წრედისათვის ერთი და იმავე მიკრომეტრით, მხოლოდ ამ დროს ვერტიკალური წრედის მიკრომეტრის ერთი მკირე დანაყოფის საფასური იქნება ორჯერ მეტა, ვიდრე პორიზონტული წრედისა.

მინის პორიზონტული წრედი ხშულადაა დაკავშირებული ლითონის ბუდეზე ხრახნებით; ხოლო თვით ბუდე მიმაგრებულია შვეული ღერძის მილისზე (10) (ნახ. 3). ვერტიკალური წრედი კი (15) და (24) ხისტადაა მიმაგრებული თავისი ბრუნვის (პორიზონტულ) ღერძზე.



ნახ. 6.8.6.5.

სამიზნე ჭოგრია ასტრონომიული ცენტრალური, სწორი შიგა ფოკუსთვაწყობით, ჭოგრის დახრის ზღვრული კუთხეა 65°. მას აქვს სამი შესაცვლელი ოკულარი გამადიდებლობით 24, 30 და 40×, რომელთა შესაბამისად სამიზნე ჭოგრის მხედველობის არე იქნება 1°40', 1°20', 1°. ძაფთა ბადე დაკვესილია მინის ფირფიტაზე (ნახ. 5). ჭოგრისა და მიკროსკოპის ოკულარებს აქვთ საცმი პრიზმებით ასტრონომიული დაკვირვებებისათვის; მზეზე დაკვირვებისათვის ოკულარს ეცმის სინათლის ფილტრი. ჭოგრის ბრუნვის ღერძი ცილინდრულია

და ღრუ და ეყრდნობა პოპოჭიკებს, რომლებიც ხისტად არიან დამაგრებულნი პორიზონტული წრედის ალიდადის სვეტებზე.

დანაყოფების. ასათვლელი ხელსაწყოა მიკროსკოპი ბრტყელი სწვრივფი-  
ფიტებიანი ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრით. თვითეული წრედის ლიმბის  
დამოსახულება შეყავა მიკროსკოპის მხედველობის არეში ცალ-ცალკე წრედ-  
ების გადამრთველით 44 (ნახ. 3). დღისით წრედები ნათდება სარკეების 8 და  
11 დახმარებით, ხოლო ღამით მათ ადგილას აყენებენ ელექტრონათურას. ორი-  
ვე წრედზე ცალ-ცალკე აიღება ერთი ანათვალის თავისუფალი ალიდადის ექს-  
ცენტრისიტეტის შეცდომის აგან.

(6a) ნახაზზე ნაჩვენებია სხივების სვლა გამანათებელი სარკეებიდან ასა-  
თვლელი ხელსაწყოების სისტემაში გავლით მიკროსკოპის ოქულარამდე. 1 და 1'  
სარკეებიდან არეკლილი სხივი, შესაბამისად, პრიზმებში 2 და 2', 4 გავლით  
ხვდება კონდენსორს 3 და 3'. კონდენსორიდან 3 პარალელური სხივები ეცემა  
ჰორიზონტული წრედის ალიდადის პრიზმს 5,5, ხოლო კონდენსორიდან 3' კ  
ვერტიკალური წრედის ალიდადის პრიზმებს 5',5'. ალიდადების პრიზმებიდან  
სხივები, შესაბამისად, ეცემა წრედების დიამეტრალურად მოპირდაპირე ნაწი-  
ლებს, რომლებიც სარკისებრ გაპრიალებულია, აირეკლება და უკანვე ეცემა  
ალიდადების ხსენებულ პრიზმებს 5 და 5, 5' და 5', რომლებიც ამ სხივებს. შე-  
საბამისად. მიმართავენ ჰორიზონტული წრედის მიკროსკოპის ობიექტივისა 6  
და 7 და ვერტიკალური წრედის მიკროსკოპის ობიექტივის ლინზებისადმი 7'.

ჰორიზონტული წრედის დიამეტრალურად მოპირდაპირე შტრიხების გამო-  
სახულება 6 და 7, ხოლო ვერტიკალური წრედის 7' და 8—ლინზით გეგმილდება  
გამყოფი ბლოკის გამოსასვლელ წახნაგებზე, რომელაც შედგება ორი ურთო-  
ბრთ შეწყობებული 12 და 12' პრიზმისაგან.

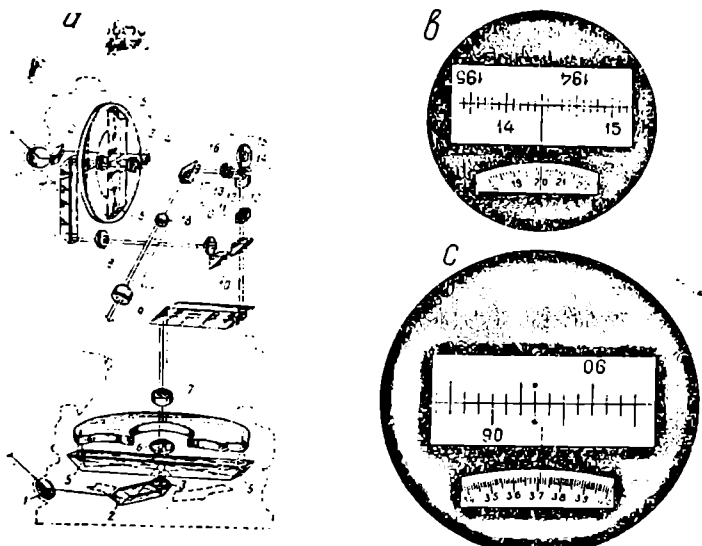
პრიზმით 10 გადართვის შესაბამისად ჰორიზონტული და ვერტიკალური  
წრედების შტრიხების დამოსახულება მიკრომეტრის სკალასთან ერთად დაიმ.  
ზირება 17, 18, 9 მიკროსკოპის მხედველობის არეში ცალ-ცალკე.

გადამრთავ პრიზმასა 10 და გამყოფ პრიზმების 12 და 12' ბლოკს შორის  
სხივები გადის ოპტიკური მიკრომეტრის 00' თარაზული ღერძის ირგვლივ.  
ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეზე მბრუნავ ორ ბრტყელ პარალელურ ფირ-  
ფიტაში 11 და 11'. წრედის ლიმბის ერთი მხრიდან წამოსული სხივები გადის  
ფირფიტაში 11 და ეცემა პრიზმს 12, ხოლო იმავე ლიმბის დიამეტრალურად  
საწინააღმდეგო მხრიდან წამოსული სხივები გაივლის ფირფიტას 11', ეცემა  
პრიზმს 12', ეს პრიზმები, როგორც ცნობილია, აახლოებს და ამავე დროს წი-  
ბოთი ჰყოფს გამოსასვლელ წახნაგებზე ლიმბის დიამეტრალურად მოპირდაპირე  
შტრიხების დამოსახულებას. სხივთა კონები ეცემა პრიზმს 13, კოლექტივს 15  
და მიკროსკოპებს 17, 18, 9, ხოლო ამ კონებს შორის სხივები ხსენებული გამ-  
ყოფი პრიზმითა 12 და მდგენელით 12' გადაიხრება და შთაინთქმება.

ფირფიტის 11' და პრიზმის 12' მარჯვნივ გადის სხივების კონა, ეცემა  
პრიზმს 14 და ანათებს მიკრომეტრის ლიმბს 15, რომლის დამოსახულება აგ-  
რეთვე მოქცეულია მიკროსკოპის მხედველობის არეში (ქვედა მცირე სარკმე-  
ლი).

(6<sup>ბ</sup>) ნახაზე ნაჩვენებია ასათვლი მიკროსკოპის მხედველობის არე ჰორიზონტული წრედის ლიმბის დიამეტრალურად მოპირდაპირე შტრიხების შეთავსების (თანხვედრის) შემდეგ ხილული, დიდი სარკმლის ქვედა და ზედა ნაწილში. სარკმლის ქვემო მცირე ნაწილში კი ნაჩვენებია ამ მომენტის შესაბამისად მიკრომეტრის დისკო სკალით.

როგორც ცნობილია, წრედის ყოველი გრადუსული ინტერვალი წარწერილია  $0^{\circ}-359^{\circ}$ -მდე და თითოეული გრადუსული ინტერვალი დაყოფილია 15 ტოლ ნაწილად, ე. ი. ჰორიზონტული წრედის ერთი დანაყოფის საფასური  $l=1^{\circ}:15=4'$ . მიკრომეტრის სკალა შედგება 600 დანაყოფისაგან და წარწერილია 0, 1, 2, ... 58, 59, 60 ყოველ 10 დანაყოფზე. მიკროსკოპის სკალის საწყის და ბოლო წარწერილ შტრიხების გარდა გატარებულია ექვს-ექვსი შტრიხი-



ნახ. 6.8.6.6.

ხი. მიკრომეტრის ერთი სრული ბრუნვა შეესაბამება წრედის საფასურის ნახევარს 2'-ტს. მაშასადამე, მიკრომეტრის სკალის ერთი დანაყოფის საფასური

$$l_0 = \frac{4 \cdot 60''}{2 \cdot 600} = 0'',2,$$

ე. ი. მის ყოველ ათ დანაყოფს უნდა ეწეროს 0, 2, 4, ... 118, 120. მაშასადამე, მიკრომეტრის სკალა ანათვლების ნატურალურ მნიშვნელობებთან შედარებით შემცირებულია ორჯერ. ამის გამო სწორი ანათვლის მისაღებად მიკრომეტრის სკალაზე ანათვლს აორკეცებენ ან (39) დოლით (ნახ. 3) ინდექსის ახ-

ლო წრედის მოპირდაპირე შტრიხებს ურთიერთშეუთავსებენ ორჯერ და ყოველი შეთავსებისას იღებენ ანათვალს სკალაზე ქვედა (მცირე) სარკმელში და ორივე შედეგს აჯამებენ. მაგალითად, (6ა) ნახაზის მიხედვით ჰორიზონტულ წრედზე ინდექსის მარცხნივ ახლობელი მცირე ანათვალია  $14^{\circ}$  და ინდექსამდე (მაჩვენებლამდე) დანაყოფების რაოდენობაა 5 ანუ  $5 \times 4' = 20'$ . სჯობს მინუტების რაოდენობის განსაზღვრისათვის ინდექსის მარცხნივ ახლო მცირე და მარჯვნივ წრედის დიამეტრალურად მოპირდაპირე შტრიხს შორის ( $14^{\circ}$  და  $194^{\circ}$ ) დანაყოფების რაოდენობა დაეთვალოთ და გადავამრავლოთ ორზე, ე. ი.  $10 \times 2' = 20'$ . მაშასადამე, წრედზე ანათვალი იქნება  $14^{\circ}20'$ . წრედის მოპირდაპირე შტრიხების პირველი შეთავსების დროს ანათვალი სკალაზე იქნება 20, 07, ხოლო მისი აშლისა და მეორე შეთავსებისას კი 20.06.

ზემომოყვანილი ანათვლის ჩაწერა ხდება ასე:

წრედზე ანათვლები  $14^{\circ} 10''$

მიკრომეტრის სკალაზე I ანათვალი 20,07;

მიკრომეტრის სკალაზე II ანათვალი 20,06;

საბოლოო ანათვალი  $14^{\circ} 20'40''$ , 13.

უფრო მოხერხებულია ასე ჩაწერა:

ა ნ ა თ ვ ლ ე ბ ი

წრედზე	მიკრომეტრის სკალაზე
$14^{\circ} 10''$	20, 07
10	20, 06
<hr/>	<hr/>
$14^{\circ} 20'$	$40'', 13$

ვერტიკალური წრედის წარწერები შემცირებულია ორჯერ, ე. ი. ყოველი ერთი მცირე დანაყოფის საფასურია არა  $4'$ , არამედ  $8'$  და დანაყოფების რაკალების სიგრძეებიც ასე განსხვავდება. ოპტიკური მიკრომეტრის სკალა იგივეა, ე. ი. დაყოფილია 600 ნაწილად, რაც შეესაბამება წრედის ნახევარდანაყოფს და ამიტომ მის ყოველ დანაყოფს შეესაბამება  $\frac{8 \cdot 60''}{2 \cdot 600} = 0'',4$ . მაშასადამე,

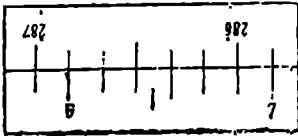
(6ბ) ნახაზის მიხედვით ვერტიკალურ წრედზე მივიღებთ:

ა ნ ა თ ვ ლ ე ბ ს

წრედზე	მიკრომეტრის სკალაზე
$90^{\circ} 7''$	36, 90
7	37, 12
<hr/>	<hr/>
სულ $90^{\circ} 15'$	$14'', 02$

ორივე წრედზე ანათვლები თავისუფალი იქნება წრედ-ალიდადის ექსცენტრისიტეტის გავლენისაგან.

ოპტიკური თეოდოლიტი OT-02 ამჟამად მოდერნიზებულია და სერიულად გამოდის OT-02M სახელწოდებით. მისი ჰორიზონტული წრედის მცირე დანაყოფის საფასურია 10', ხოლო ვერტიკალურისა 20', იმისათვის, რომ მიკრომეტრის სიზუსტე არ შეიცვალოს, ბრტყელი, სწვრივი ფირფიტის სისქე გადიდებულია 2,5-ჯერ (რადგანაც  $10:4=20:8=2,5$ ). ამ თეოდოლიტის მიკრომეტრის სკალა დაყოფილია 600, ამიტომ მიკრომეტრის სკალის ერთი დანაყოფის



ნახ. 6.8.6.7.

სკალაზე 2'29", სულ ჰორიზონტულ წრედზე ანათვალა იქნება 6° 27' 29".

ამ ინსტრუმენტშიც ვერტიკალური წრედის წარწერები შემცირებულია ორჯერ, ამიტომ ვერტიკალურ წრედსა და მიკრომეტრის სკალაზე იმგვარადვე ვიღებთ ანათვლებს, როგორც ჰორიზონტულ წრედზე (ნახ. 6). როგორც ვხედავთ, OT-02M მოდერნიზებულ თეოდოლიტში ათკლის სისტემა მნიშვნელოვნად გამარტივებულია.

უმალესი სიზუსტის თანამედროვე ოპტიკური თეოდოლიტებიდან საყურადღებოა თეოდოლიტები, სადაც ანათვლების ფოტოფიქსაცია (ფოტოჩაწერა) ხდება, და კოდური თეოდოლიტები, რომლებშიც ხდება გარკვეული პროგრამის მიხედვით გამოთვლები (მანძილების, აღმატებებისა და სხვა).

პირველი ჯგუფიდან აღსანიშნავია: „ვილდის“ ფირმის თეოდოლიტი T3 ჰორიზონტული წრედის ფოტოფიქსაციით; „ასკანიანვერკეს“ ფირმის უნივერსალური თეოდოლიტი Tpr, სადაც ხდება ჰორიზონტული და ვერტიკალური წრედის, ჰორიზონტული წრედ-ალიადის თარაზოს და ფოტოგრაფირების დროის საათის ციფერბლატის ფოტოფიქსირება; „კარლციის“ სახალხო საწარმოს თეოდოლიტი Theo—003, სადაც ხდება ორივე წრედის, მიკრომეტრის სკალისა და საათის ციფერბლატის ფოტოფიქსირება.

მეორე ჯგუფიდან აღსანიშნავია: „ოტოფენელის“ ფირმის კოდური თეოდოლიტი FLT-3. ორივე წრედისა და მათი დიამეტრალურად მოპირდაპირე შტრიხების კოდირების და ციფრების აღმრიცხველის კოდირების ფიქსირება ხდება ფოტოფირზე. ფოტოფირის დამუშავება ხდება საგანგებო გარდამქნელზე, რომელიც იძლევა ინფორმაციას პერფოლენტაზე (პირობითი კოდების შესაბამისი რიცხვები ლენტაზე).

ზემოხსენებული ინსტრუმენტები აჩვენებს მაღალი სიზუსტით სამუშაოს შესრულებას.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T20 სსკ	განმეორებული	30 160	20x 2°	0,9	64 64	1° 1°	მიკროსკოპი სკალით	2/10,2 2/10,2	±20"	30 —	—	30 10'	—	2,2 4,6
Theo-120 მღრ. კარლუციუსი	განმეორებული	30 124	16x 2°6	0,9	61 61	10' 10'	მიკროსკოპი პარპერულით	1' 1'	±20"	2' —	—	30 —	—	2,8 5,0
Theo-61 მღრ. ფრიდრიხ პრეციზიონს- მენაჟი	განმეორებული	30 139	20x 2°	0,9	60 60	1° 1°	მიკროსკოპი სკალით	2/30" 2/30"	±20"	10' და 20' —	—	—	—	2,7 —
TE-E4 უფ. სახ. რეს. კარბანა MOM	არაგანმეორებული მარჯვნივ წრელით	25 119	16x 2°10'	1,5	74 70	1° 1°	მიკროსკოპი სკალით	5/30" 5/30"	±20"	—	—	—	5' —	3,4 4,6

## III ქვეყნები

T10 სსკ	განმეორებული	38 250	25x 1°30'	1,5	90 70	1° 1°	მიკროსკოპი სკალით	1/6" 1/6"	±10"	30" 15"	15"	20"	—	3,5 5,3
T6 სსკ	არაგანმეორებული მარჯვნივ წრელით	36 220	27x 1°30'	2,0	95 70	1° 1°	მიკროსკოპი სკალით	1/6" 1/6"	±3,5 ±2"	30" —	—	10'	—	3,6 5,3
Theo-020 მღრ. კარლუციუსი	განმეორებული	35 195	25x 1°39'	2,0	96 74	1° 1°	მიკროსკოპი სკალით	1/6" 1/12"	±4,0 ±1",5	30" —	—	30" 8'	—	4,3 5,6
Te-D2 უფ. სახ. რეს. კარბ. MOM	არაგანმეორებული მარჯვნივ წრელით	40 175	30x 1°20'	2,0	80 76	1° 1°	მიკროსკოპი სკალით	1/6" 1/6"	±6"	30" 30"	—	—	6'	4,8 5,1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
II ქვეთი															
2	T2 სარკ	არაკანეთ- რეზით მბრუნავი წრელით	40 280	26x 1°30'	1,5	80 65	20' 20'	ობტიკური მიკრომეტრი 1"/0",1 (1")	—	±2"	15" 15"	10	—	—	5,2 5,8
1	TT-4 სარკ	ვანერით- ბითი	34 200	25x 1°25'	2,0	70 65	20' 20'	ობტიკური მიკრომეტრი 10"/1" — 10"/1" —	—	±2"	35" — 55" 25" — 35"	—	—	—	9,9 5,0
3	Theo-010 პლრ "კარლსკი"	არაკანეთ- რეზით მბრუნავი წრელით	53 195	31x 1°12'	2,0	84 60	20' 20'	ობტიკური მიკრომეტრი 1"/0",1 (1")	—	±2"	20" 20"	10"	—	6'	5,8 5,6
4	Te-31 უწვრ. საბ. რეზ. კარბ. MOM	არაკანეთ- რეზით მბრუნავი წრელით	45 174	30x 1°20'	2,0	83 60	20' 20'	ობტიკური მიკრომეტრი 1"/0",1 (1")	—	±2"	20" 20"	10"	—	6'	5,5 6,2
6	Te-C1 უწვრ. საბ რეზ. კარბ. MOM	არაკანეთ- რეზით მბრუნავი წრელით	40 175	30x 1°26'	2,5	78 66	20' 20'	ობტიკური მიკრომეტრი 10"/1" — 10"/1" —	—	±2"	20" 30"	—	—	—	5,4 6,0

I ქვეთი

1	TT-2/6 სარკ	არაკანეთ- რეზით მბრუნავი წრელით	63 520	52,65x —	—	220 160	5' 10'	მიკროსკოპი მიკრომეტრი 2"/0",2 1"/6"	—	—	—	2-3"	—	—	27,5
2	OT-02 სარკ	არაკანეთ- რეზით მბრუნავი წრელით	60 350	24x 30x 40x 1°20'	5	135 90	4' 8'	ობტიკური მიკრომეტრი 0",2/0",02 0",4/0",04	—	—	6-7" 10-12"	—	—	—	11,0 8,0



## 6.8.7. ოპტიკური თეოდოლიტების უზიარებლობა და უზუსტობა

შემოწმებებს შეეასრულებთ 6.8.3 პარაგრაფის *A—c* მუხლის შესაბამისად, რადგანაც ძირითადად აქაც იგივე პროგრამით და მეთოდებით სრულდება ყოველივე, მაგრამ კონსტრუქციების განსაკუთრებულობის გამო საჭიროა მათი მსხველმძებლობაში მიღება როგორც საერთო დათვალიერების, ისე შემოწმების დროს.

### 1. თეოდოლიტის საერთო დათვალიერება

გარდა 6.8.3. პარაგრაფის *A—c* მუხლში მოყვანილი პირობებისა, ოპტიკური თეოდოლიტების საერთო დათვალიერების დროს ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ ასათვლელი მიკროსკოპის განათება იყოს თანაბარი მიკროსკოპის ოპტიკურ თვალზე დაყენების შემდეგ; წრედების, მიკრომეტრის სკალების შტრიხების გამოსახულება იყოს მკაფიო, ამავე დროს დიაფრაგმის დიდი ზედა და ქვედა სარკმლების გაყოფის ხაზი იყოს წმინდა და სწორი. უძრავი ინდექსის (მაჩვენებლის) ახლო ზედა და ქვედა შტრიხების გამოსახულება იყოს ურთიერთპარალელური და გაყოფის ხაზისა და დიაფრაგმის ნაპირებისადმი პერპენდიკულარი. დიდი სარკმლის ზედა და ქვედა სკალების დანაყოფები უნდა იყოს ურთიერთტოლი.

ვინაიდან ოპტიკური თეოდოლიტები უფრო ზუსტი და სრულყოფილებია, ვიდრე ლითონისწრედებიანი თეოდოლიტები, შეცდომათა დასაშვები ნორმები აქ უფრო შემცირებულია, ვიდრე ადრე იყო მიღებული. მაგ., კოლიმაციური შეცდომისა და შვეული წრედის ნულ-ადგილის ნულიდან გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს 5"; ან კიდევ, ჭოგრის ბრუნვის ღერძის დახრა არ უნდა აღემატებოდეს 6"—10" და სხვა.

I, II. I-I ჯგუფის თეოდოლიტები უნდა დავაყენოთ ქვის ან ბეტონის სვეტზე ან კედლის კრონშტეინის მოედანზე. თუ ამწვევი ხრახნები ძალიან ადვილად ან ძნელად ბრუნავს, საჭიროა ისინი ამოიხრახნონ იმდენად, რომ მათი მოლისის ხვრეტებიდან გამოჩნდეს მარეგულირებელი ქანჩების სვრეტები. ამ ნახვრეტებში სათანადო ჩხირების ჩაშვებით უნდა მოუქცირდეთ ქანჩები ისე, რომ მათი სვლა იყოს მდოვრე, თანაბარი და ლუფტის (ფოლხვის) გარეშე.

### II. წრედალადის ექსცენტრისიტეტის შემოწმება

როგორც ცნობილია, იმ ინსტრუმენტებში, რომელთაც აქვთ დანაყოფების ასათვლელი ორი ხელსაწყო, ანათვლებზე წრედ-ალადის ექსცენტრისიტეტის გავლენა ისობა ორივე ხელსაწყოზე ანათვლების საშუალოთი (ფორმულა 6.8.3.5.).

იმ ინსტრუმენტებში, რომელთაც დაყენებული აქვთ მიკროსკოპი ორმხრივი ოპტიკური მიკრომეტრისა, ყოველი ანათვლი თავისუფალია ექსცენტრისიტეტის გავლენისაგან.

იმ ინსტრუმენტებში, რომელთაც დაყენებული აქვთ მიკროსკოპები ცალმხრივი ასათვლელი მოწყობილობით, ანათვლებზე ექსცენტრისიტეტის გავ-

ლენის მოსასპობად საჭიროა მიმართულებები (კუთხეები) გაიზომოს სრული ილეთებით, ანუ ვერტიკალური წრედის ორივე მდებარეობის შესაბამისად. ამ შემთხვევაში ნაცვლად (6.8.3.5) ფორმულისა გამოიყენება ფორმულა:

$$\gamma = \frac{\gamma_L + (\gamma_R \pm 180^\circ)}{2}, \quad (6.8.7.1')$$

სადაც  $\gamma_L$ ,  $\gamma_R$  არის ოქულარიდან შეეული წრედის მარცხნივ და მარჯვნივ მდებარეობის დროს თარაზული წრედის ლიმბზე ანათვალი.

### III. წრედ-ალიდადაზე დამაგრებული ცილინდრული თარაზოს შემოწმება

გარდა უმაღლესი და მაღალი (I და II ჯგუფის) სიზუსტის ოპტიკური თეოდოლიტებისა, თარაზოს შემოწმება ხდება 6.8.3. პარაგრაფის A—c მუხლში მიღებული წესით.

რაც შეეხება უმაღლეს და მაღალი სიზუსტის ინსტრუმენტებს, აქაც მოითხოვება ჰორიზონტული წრედის ალიდადაზე დამაგრებული ცილინდრული თარაზოს ღერძი იყოს მართობი მისი ბრუნვის (მთავარი) ღერძისა. ეს თარაზო გამოიყენება როგორც იარაღის მომწესობაში მოსაყვანად, ასევე მთავარი ღერძის მკირე კუთხით დახრის გასაზომავდაც. ამიტომ თარაზოს შემოწმება ხდება შედარებით განკრძალვით, შემდეგნაირად:

1. თეოდოლიტს ვდგამთ ქვის, ბეტონის სვეტზე ან კედლის კრონშტეინზე;

2. შევებრუნებთ ალიდადას ისე, რომ შესამოწმებელი თარაზო დადგეს ორი ამწევი ხრახნის გასწვრივ და მათი საშუალებით ბუშტულის  $m$  შუაგულს შევეუთავსებთ ამპულის 0 ნულ-პუნქტს;

3. ჰორიზონტულ წრედს მისი გადასაყენებელი (საბრუნავი) ხრახნის (ნახ. 6.8.6.2<sup>b</sup> OT—02) ბრუნვით დავაყენებთ  $5^\circ$  და  $10^\circ$  ჯერად ანაოვალზე;

4. შევებრუნებთ წრედ-ალიდადას  $90^\circ$ ;

5. მესამე დამყენებელი ხრახნით ბუშტულას ვაყენებთ ამპულის შუაში, რითაც მთავრდება მთავარი ღერძის წინასწარ შევეულად დაცვენება;

6. ისევ ვაყენებთ ალიდადას პირველად ანათვალზე, ანუ თარაზოს ვაყენებთ პირველი-ორი დამყენებელი ხრახნის გასწვრივ და მათი საშუალებით ბუშტულა მოგვეყვას ამპულის შუაში ზუსტად;

7. შევიცდით 1--2 მიწუტს, სანამ ბუშტულა „დამშვიდდება“, ავითვლით ბუშტულას მარცხენა და მარჯვენა ბოლოთი, შესაბამისად,  $a_1$  და  $b_1$  ანათვალს და გამოვითვლით ბუშტულას სიგრძეს

$$l_1 = b_1 - a_1; \quad (6.8.7.1)$$

8. შევებრუნებთ ალიდადას ზუსტად  $180^\circ$ -სზე, შევიცდით 1--2 მიწუტს ბუშტულას „დამშვიდებამდე“ და ისევ ავიღებთ ანათვლებს და გამოვითვლით ბუშტულას სიგრძეს

$$l_2 = b_2 - a_2; \quad (6.8.7.2)$$

$l_1$  და  $l_2$  შორის სხვაობა არ უნდა გადასცილდეს ამპულის სკალის დანაყოფის (2 მმ) 0,2—0,3:

9. ვსაზღვრავთ თარაზოს ღერძის დახრას ამპულის დანაყოფებში მისი ორივე მდებარეობისათვის (6.4.7.2.) ფორმულით:

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= \frac{a_1 + b_1}{2} \\ n_2 &= \frac{a_2 + b_2}{2} \end{aligned} \right\}, \quad (6.8.7.3)$$

როცა ამპულაზე ნულ-პუნქტიდან ორივე მხარეზე იზრდება წარწერები ანუ შუაში წარწერები არ არის, ხოლო როდესაც თარაზოს ამპულის სკალის ნული  $k$  ნულ-პუნქტიდან არის მარცხნივ, ვიყენებთ (6.4.7.4) ფორმულას

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= \frac{1}{2} (a_1 - b_1 + 2k) \\ n_2 &= \frac{1}{2} (a_2 - b_2 + 2k) \end{aligned} \right\}, \quad (6.8.7.4)$$

და თუ მარჯვნივ არის,—(6.4.7.6) ფორმულას

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= \frac{1}{2} (2k - a_1 - b_1) \\ n_2 &= \frac{1}{2} (2k - a_2 - b_2) \end{aligned} \right\}; \quad (6.8.7.5)$$

10. ვსაზღვრავთ თარაზოს ღერძის მთავარი ღერძისადმი არამართობულობას (მისი ღერძის დახრას) ამპულის დანაყოფებში (6.4.12.3) ფორმულით

$$n = \frac{v}{2} = \frac{1}{2} (n_1 + n_2). \quad (6.8.7.6)$$

თარაზოს იუსტირებას (შესწორებას) შეევსრულებთ, თუ  $n$  მეტი იქნება ერთ დანაყოფზე. იუსტირებისათვის ცნობილი წესით თარაზოს შემასწორებელი ხრახხით ბუშტულას მისი გადახრის ნახევარზე გადავადგილებთ ნულ-პუნქტისაკენ. შემოწმება უნდა იქნეს გაგეორებული რამდენიმეჯერ.

როგორც ცნობილია, შესწორებული თარაზოთი თეოდოლიტს მოვიყვანათ მომწესობაში და თუ მას დაყენებული აქვს სფერული თარაზო, მისი შემასწორებელ ხრახხებით მის ბუშტულას გადავადგილებთ ამპულის შუაში.

#### IV. სამიზნე ჭოგრის ძაფთაბადის შემოწმება და დაყენება

ძაფთა ბადის ბისექტორს ვუმიზნებთ რაიმე წერტილს და ვამოძრავებთ ჭოგრის მისი ღერძის გარშემო, შემდეგ თარაზულ ძაფს ვაყენებთ იმავე წერტილზე და ვამოძრავებთ პორიზონტული წრედის ალიდადას. ორივე სახის ნოძრათობის დროს ბისექტორი ან თარაზული ძაფი არ უნდა აცდეს ხსენებულ

წერტილს. საჭიროებისამებრ ძაფთა ბადის მდებარეობის რეგულირება ხდება ჰოგრის ოკულარის მუხლის მილაკის ბრუნვით, რისთვისაც საჭირო იქნება ოკულარის მილაკის დამჭერი ხუფის ხრახნების მოშვება.

### V. ჰოგრის კოლიმაციური შეცდომის შემოწმება და შესწორება

დანაყოფების ასათვლელი ორი ან ორმაგხელსაწყოიან თეოდოლიტში კოლიმაციური შეცდომის ოდენობა ისაზღვრება (6.8.3.13) ფორმულით და თუ მისი ოდენობა მეტია განხილადი ინსტრუმენტის საშუალო კვადრატულ შეცდომაზე ან ზოგ ინსტრუმენტში ასათვლელი ხელსაწყოს სიზუსტეზე, მას მინიმუმამდე (დასაშვებამდე) დაიყვანენ ცნობილი წესით, რისთვისაც იყენებენ (6.8.13.14) ფორმულას.

იმ ინსტრუმენტში, რომელსაც დაყენებული აქვს ცალმხრივი ასათვლელი ხელსაწყო, ექსცენტრისიტეტის ოდენობა ისაზღვრება ორი ილეთის შედეგად. ცნობილი წესით დაახლოებით ინსტრუმენტის სიმაღლეზე ჰოგრას შორეულ  $N$  წერტილზე დამიზნებით ანუ ჰოგრის თარაზულ მდგომარეობაში დამიზნებისა და ჰორიზონტულ წრედზე  $\gamma_{L_1}$  და  $\gamma_{R_1}$  ანათვლების აღების (I ილეთი) შემდეგ აღიდადას ამაგრებენ წრედთან ერთად (განმეორებით თეოდოლიტში) და ლიშბთან ერთად შეაბრუნებენ დაახლოებით  $180^\circ$ . არაგანმეორებით თეოდოლიტში კი აღიდადა უძრავად რჩება, მხოლოდ ლიშბს გადაადგილებენ  $180^\circ$ . ამის შემდეგ, ანუ ლიშბის ახალ მდებარეობაში, ძაფთა ბადის გადაკვეთას ვუმინებთ ისევე აღნიშნულ  $N$  წერტილს და შევეული წრედის ორ მდებარეობაში ვიღებთ ჰორიზონტულ წრედზე  $\gamma_{L_2}$  და  $\gamma_{R_2}$  ანათვლებს (II ილეთი). კოლიმაციური შეცდომა (6.8.3.13) ტოლობის ანალოგიურად გამოითვლება ფორმულით:

$$\epsilon = \frac{(\gamma_{L_1} - \gamma_{R_1} \pm 180^\circ) + (\gamma_{L_2} - \gamma_{R_2} \pm 180^\circ)}{4} \quad (6.8.7.6)$$

ტრიანგულაციაში გაზომილ მიმართულებათა კონტროლისათვის მოითხოვება, რომ კოლიმაციური შეცდომის ოდენობა იყოს მუდმივი. დაახლოებითა ჰოგრის ჰორიზონტული მდებარეობის შესაბამისად, რისთვისაც საზღვრავენ სხვადასხვა მანძილებზე დაყენებულ სამიზნეებზე ორი წრედის ანათვლების სხვაობებს. მისი გავლენა კი ისპობა (6.8.3.14) ფორმულით. მიუხედავად ამისა, როგორც ვიცით, საჭიროა დასაშვებ ზღვარს გადაცილებული კოლიმაციური შეცდომის შემციობება. ამისათვის ძაფთა ბადეს წინასწარ მოვხსნიო ხუფს და თუ შევეული წრედი მარჯვნივ ( $R$ ) გვაქვს, (6.8.3.12) ფორმულის შესაბამისად ჰორიზონტულ წრედზე მიღებულ  $\gamma_{R_2}$  ანათვალს ალგებრულად დავუმატებთ გამოთვლილი  $\epsilon$  კოლიმაციური შეცდომის ოდენობას და მიკრომეტრული ხრახნით ამ ანათვალზე შევებრუნებთ აღიდადას ან თუ წრედი მარცხნივაა ( $L$ ), (6.8.3.11) ფორმულის შესაბამისად ჰორიზონტულ წრედზე აღებულ  $\gamma_{L_2}$  ანათვალს ალგებრულად გამოვაკლებთ  $\epsilon$  კოლიმაციურ

შეცდომას, ცხადია,  $N$  წერტილზე დამიზნება დაირღვევა და სამიზნე ჯოგრზე მზერით შემასწორებელი ჩხირით ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრახნების გადაწვეით გადავადგილებთ ძაფთა ბადის ფირფიტას მანამ, სანამ  $N$  წერტილი არ მოექცევა ბისექტორის შუა ან შვეულ ძაფზე. შემოწმება ისევ უნდა გავიმეოროთ.

### VI. ჯოგრის ბრუნვის ღერძის მართობულობის შემოწმება თეოდოლიტის მთავარი ღერძისადმი

ჰორიზონტულ წრედზე ანათელის აღების შეცდომა ჯოგრის ბრუნვის ღერძის მთავარი ღერძისადმი არამართობულობით (დახრით), ანუ კოლიმაციური სიბრტყის შვეულისაგან გადახრით, გამოწვეული  $i$  შეცდომის გამოვლინება და შესწორება ყველა სახის თეოდოლიტში ხდება (6.8.3) პარაგრაფის  $A-c$  მუხლში აღწერილი წესით, მხოლოდ თანამედროვე თეოდოლიტებს დგარების ელევაციური (დასაგრძელებელი და დასამოკლებელი) ხრახნები არა აქვთ, რადგანაც ძირითადად ქარხნები იცავენ ინსტრუმენტებში დგარების სიგრძეების ტოლობას დასაშვები ნორმის ფარგლებში. თუ შეცდომა გადასცილდა ინსტრუმენტით კუთხის გაზომვის საშუალო კვადრატულ შეცდომას ან ანათელის აღების სიზუსტეს, საჭიროა სახელოსნოს მივმართოთ.

### VII. შვეული წრედის ნულ-ადგილის შემოწმება და შესწორება

(6. 8. 3) პარაგრაფში იყო გამოყვანილი ორი ტიპის (ნახ. 6. 8. 3. 26), შვეული წრედისათვის ნულ-ადგილისა და დახრის კუთხეების გამოსათვლელი ფორმულები. საერთოდ თანამედროვე თეოდოლიტებში გამოყენებულია მეორე ტიპის შვეული წრედი, რომელსაც დანაყოფების ასათვლელი ერთი და იმავე ხელსაწყო გამოყენების შემთხვევაში შეესაბამება (6. 8. 3. 19), (6. 8. 3. 21'), (6. 8. 3. 23'), (6. 8. 3. 24'), (6. 8. 3. 25') ფორმულები; მხოლოდ აქ შეიძლება ადგილი ექნეს (6.8.3.28) ნახაზის (ა) და (ბ) გამოსახულების ურთიერთშეცვლას. მაგალითად, T30 და მისმაგვარ თეოდოლიტებში, რომელთაც ცალმხრივი მიკროსკოპ-მიკრომეტრი აქვთ დაყენებული და ლიმბის დიფერენციალური საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ, (ა) ნახაზი შეესაბამება წრედის მარცხნივ ( $L$ ) მდებარეობას და (ბ) ნახაზი კი წრედის მარჯვნივ ( $R$ ) მდებარეობას, ე. ი. ამ შემთხვევაში დაიწერება:

$$(\epsilon_1 + \epsilon_2) + 360^\circ = N, \quad (6.8.7.7)$$

$$v = v_L - N, \quad (6.8.7.8)$$

$$v = N - (v_R + 180^\circ), \quad (6.8.7.9)$$

$$N = \frac{v_L + (v_R + 180^\circ)}{2}, \quad (6.8.7.10)$$

$$v = \frac{v_L - (v_R + 180^\circ)}{2}. \quad (6.8.7.11)$$

საერთოდ აღმართის კუთხის გაზომვის დროს (6. 8. 3. 21') და (8) ტოლო-  
ბებს შესაბამება მცირე (90°-მდე)  $\alpha_1$  ანათვალი. მაშასადამე, მეორე ტიპის  
წრედისათვის, როცა მასზე დანაყოფების ასათვლელი ერთი ხელსაწყოთი ვი-  
ღებთ ანათვლებს, დახრის კუთხეებისა და შეუღლი წრედის ნულ-ადგილის გამო-  
სათვლელი ფორმულების მისაღებად საჭიროა ჰოგრი დაუღმიზნოთ აღმართის  
(მაღალ) წერტილს და რომელი წრედის მიხედვითაც ანათვალი იქნება  $\alpha_1$  ანუ  
90°-ზე ნაკლები, მისი შესაბამისი დიდი (360°-ით გაზრდილი)  $\nu_R$  ან  $\nu_L$  ანათ-  
ვ-ლი ჩაიწერება დახრის კუთხის გამოსათვლელ პირველ ტოლობაში საკლე-  
ბად. ე. ი. მივიღებთ (6. 8. 3. 21') ან (8) ტოლობას. ცხადია, პირველის შესა-  
ბამისად მიიღება (6. 8. 3. 23'), (6. 8. 3. 24'), (6. 8. 3. 25') ტოლობები, ხოლო  
(8) შესაბამისი იქნება (9), (10) და (11) ტოლობები. ეს არის საერთო წესი  
ძირითადი ფორმულების გამოყვანისა ნ ე ბ ის მ ი ე რ შემთხვევაში.

მაგალითი (6.8.7.1.). T30 თეოლოლიტში, როცა წრედი მარცხნივ  
არის, მცირე ანათვალი  $\alpha_1 = 9^\circ 16' 34''$ , ე. ი. დიდი ანათვალი  $\nu_L = 9^\circ 16' 34'' +$   
 $+ 360^\circ = 369^\circ 16' 34''$ , ხოლო, როცა წრედი მარჯვნივაა. დიდი ანათვალია

$$\nu_R = \alpha_2 = 170^\circ 40' 24''.$$

(10) ფორმულით

$$N = \frac{369^\circ 16' 34'' + 170^\circ 40' 24'' + 180^\circ}{2} = 359^\circ 58' 29'',$$

(7) ფორმულით

$$(\varepsilon_1 + \varepsilon_2) = 359^\circ 58' 29'' - 360^\circ = -1^\circ 31'',$$

(11) ფორმულით

$$\nu = \frac{369^\circ 16' 34'' - 170^\circ 40' 24'' - 180^\circ}{2} = +9^\circ 18' 05''.$$

კონტროლი

(8) ფორმულით

$$\nu = 369^\circ 16' 34'' - 359^\circ 58' 29'' = +9^\circ 18' 05'',$$

(9) ფორმულით

$$\nu = 359^\circ 58' 29'' - 170^\circ 40' 24'' - 180^\circ = +9^\circ 18' 05''.$$

მაგალითი 6. 8. 7. 2. გამოვიყენოთ (6. 8. 3. 7) მაგალითის რიცხვითი  
მონაცემები, შევცვალოთ წრედი (R) და წრედი (L) მონაცემები. ვთქვათ,  
როცა წრედი მარცხნივ (L) არის,  $\alpha_1 = 3^\circ 10' 30''$ , ხოლო, როცა წრედი მარ-  
ჯვნივ (R) არის,  $\alpha_2 = 176^\circ 47' 30''$ ; მაშასადამე,  $\nu_L = 363^\circ 10' 30''$ , ხოლო  
 $\nu_R = \alpha_2 = 176^\circ 47' 30''$ .

(10) ფორმულით

$$N = \frac{363^\circ 10' 30'' + 176^\circ 47' 30'' + 180^\circ}{2} = 359^\circ 59' 00'',$$

(7) ფორმულით

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 359^\circ 59' 00'' - 360^\circ = -01'',$$

(11) ფორმულით

$$\nu = \frac{363^{\circ} 10' 30'' - 176^{\circ} 47' 30'' - 180^{\circ}}{2} = -3^{\circ} 11' 30''.$$

კონტროლი

(8) ფორმულით

$$\nu = 363^{\circ} 10' 30'' - 859^{\circ} 59' 00'' = -3^{\circ} 11' 30'',$$

(9) ფორმულით

$$\nu = 359^{\circ} 59' 00'' - 176^{\circ} 47' 30'' - 180^{\circ} = -3^{\circ} 11' 30''.$$

როგორც ვხედავთ, პასუხი იგივეა, რაც მივიღეთ (6. 8. 3. 7) მაგალითში. თეოდოლიტ TT-4-ში, როცა შვეული წრედი მარცხნივია, ნულადგილი ახლია  $90^{\circ}$ , ე. ი.  $N_L \approx 90^{\circ}$ , ხოლო  $N_R \approx 270^{\circ}$ . მაშასადამე, თუ მუშა ფორმულებს გავიყვანებთ ერთ-ერთი ნულადგილით, ვთქვათ  $N_L = N$ , მაშინ  $N_R = N + 180^{\circ}$ ; მიღებული წესის მიხედვით დავწერათ:

$$\nu = \nu_L - N, \quad (6.8.7.8')$$

$$\nu = N_R - \nu_R = N + 180^{\circ} - \nu_R, \quad (6.8.7.9')$$

$$N = \frac{\nu_L + \nu_R - 180^{\circ}}{2}, \quad (6.8.7.10')$$

$$\nu = \frac{\nu_L - \nu_R + 180^{\circ}}{2}. \quad (6.8.7.11')$$

მაგალითი 6.8.7.2'. თეოდოლიტ TT-4-ით  $\nu_L = 99^{\circ} 16' 34''$ ,  $\nu_R = 260^{\circ} 40' 24''$ .

(10)' ფორმულით

$$N = \frac{99^{\circ} 16' 34'' + 260^{\circ} 40' 24'' - 180^{\circ}}{2} = 89^{\circ} 58' 29'',$$

(11)' ფორმულით

$$\nu = \frac{99^{\circ} 16' 34'' - 260^{\circ} 40' 24'' + 180^{\circ}}{2} = +9^{\circ} 18' 05''.$$

კონტროლი

(8)' ფორმულით

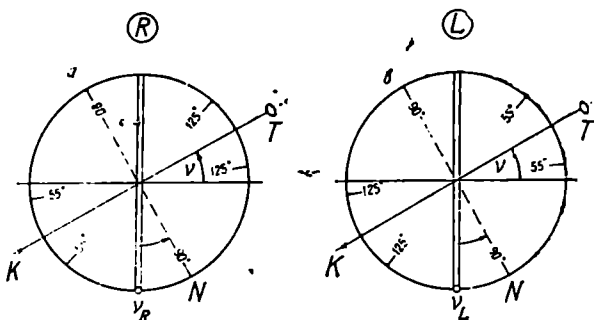
$$\nu = 99^{\circ} 16' 34'' - 89^{\circ} 58' 29'' = +9^{\circ} 18' 05'',$$

(9)' ფორმულით

$$\nu = 89^{\circ} 58' 29'' + 180^{\circ} - 260^{\circ} 40' 24'' = +9^{\circ} 18' 05''.$$

OT-02 და მისი მოდიფიკაციის OT-02M თეოდოლიტის შვეული წრედების ტიპი და წარწერები ცნობილია (ნახ. 6. 8. 6. 4). ასეთი ტიპის შვეული წრედებისათვის საჭირო ფორმულების გამოსაყვანად განვიხილოთ (1) ნახაზი, რომელზეც ნაჩვენებია ერთი და იმავე წერტილზე კოგრის დამიზნება, როცა წრედი მარჯვნივაა (R) და როცა წრედი მარცხნივაა (L). ვერტიკალური

წრედის დიამეტრი, რომლის ბოლოებშიც წარწერილია  $90^\circ$ , პერპენდიკულარულია სამიზნე  $KT$  ღერძისა და გვიჩვენებს ამ ღერძის ახლო მდებარეობას პორიზონტულ მიმართულებასთან, როცა მიკროსკოპის მხედველობის არეში გამოჩნდება წარწერა  $90^\circ$ . მაშასადამე, ორივე წრედის შემთხვევაში ანათვლება იქნება  $50^\circ$ -სთან ახლო ოდენობის და საჭირო არ არის ვიფიქროთ მცირე და დიდი ანათვლების შესახებ. შვეული წრედის ნულ-ადგილ-ადაც მივიღოთ ანათვალი ახლო  $90^\circ$ -სთან და აღენიშნოთ  $N$  ასოთი. ცხადია, თუ ამ ანათვალზე დავაყენებთ შვეულ წრედს (ნახ. 6. 8. 6. 4), სამიზნე  $KT$  ღერძი იქნება ზუსტად პორიზონტულად. ანათვლები ყოველთვის აიღება ლიმბის ქვედა ნაწილზე, რის შესაბამისად (1<sup>ა</sup>) ნახაზიდან ჩანს, რომ, როცა შვეული წრედი მარჯვნივ არის ( $R$ ), ზენიტისაკენ მდებარე წერტილების შესაბამისად ანათვლები თანდათან იკლებს, ხოლო ნადირისაკენ ჰოვრის დახრისას იმატებს: ასევე (1<sup>ბ</sup>) ნახაზის მიხედვით წრედის ( $L$ ) მდგომარეობაში ზენიტისაკენ



ნახ. 6.8.7.1.

დამიზნებისას ანათვლები იმატებს და ნადირისაკენ ჰოვრის დახრისას კი იკლებს. ამავე დროს მივიღოთ მხედველობაში, რომ  $OT-02$  და  $OT-02M$  თეოდოლიტების შვეული წრედის წარწერები ორჯერ ნაკლებია ნამდვილზე. (1<sup>ა</sup>) ნახაზის მიხედვით, ანუ წრედის მარჯვნივ ( $R$ ) მდებარეობისათვის,  $v_R$  ანათვალის მიხედვით დახრის კუთხე:

$$v_R = 2(N - v_R), \quad (6.8.7.12)$$

ხოლო (1<sup>ბ</sup>) ნახაზის, ანუ წრედის მარცხნივ ( $L$ ) მდებარეობისათვის,  $v_L$  ანათვალის შესაბამისად

$$v_L = 2(v_L - N). \quad (6.8.7.13)$$

ორივე ტოლობის ერთობლივად ამოხსნით

$$N = \frac{v_L + v_R}{2}, \quad (6.8.7.14)$$



$$\nu = \nu_L - \nu_R \quad (6.8.7.15)$$

ცნობილი დახრის კუთხით შეიძლება განისაზღვროს ზენიტური მანძილი:

$$z = 90^\circ - \nu = 90^\circ + \nu_R - \nu_L \quad (6.8.7.16)$$

(12) და (13) ფორმულიდან მივიღებთ:

$$\left. \begin{aligned} \nu_R &= N - \frac{\nu}{2} \\ \nu_L &= N + \frac{\nu}{2} \end{aligned} \right\} \quad (6.8.7.16)$$

ფორმულებს, რომელთაც იყენებენ ნულ-ადგილის შესწორებისათვის.

მაგალითი (6.8.7.3). OT-02 თეოდოლიტის დახრის კუთხის გასაზომად მივიღეთ:

$$\nu_R = 88^\circ 28' 30''; \quad \nu_L = 91^\circ 31' 26''.$$

(14) ტოლობით

$$N = \frac{91^\circ 31' 26'' + 88^\circ 28' 30''}{2} = 89^\circ 59' 58'',$$

(15) ტოლობით

$$\nu = 91^\circ 31' 26'' - 88^\circ 28' 30'' = +3^\circ 02' 46''.$$

კონტროლი

(12) ტოლობით

$$\nu = 2(89^\circ 59' 58'' - 88^\circ 28' 30'') = +3^\circ 02' 46'',$$

(13) ტოლობით

$$\nu = 2(91^\circ 31' 26'' - 89^\circ 59' 58'') = +3^\circ 02' 46''.$$

მაგალითი 6.8.7.4. იგვევ თეოდოლიტზე

$$\nu_R = 92^\circ 26' 12'', \quad \nu_L = 87^\circ 33' 44''.$$

(14) ტოლობით

$$N = \frac{87^\circ 33' 44'' + 92^\circ 26' 12''}{2} = 89^\circ 59' 58'',$$

(15) ტოლობით

$$\nu = 87^\circ 33' 44'' - 92^\circ 26' 12'' = -4^\circ 52' 28''.$$

კონტროლი

(12) ტოლობით

$$\nu = 2(89^\circ 59' 58'' - 92^\circ 26' 12'') = -4^\circ 52' 28'',$$

(13) ტოლობით

$$\nu = 2(87^\circ 33' 44'' - 89^\circ 59' 58'') = -4^\circ 52' 28''.$$

მაგალითი 6.8.7.5 იმავე სახელწოდების თეოდოლიტით:

$$\nu_R = 92^\circ 26' 12''; \quad \nu_L = 87^\circ 33' 53''.$$

(14) ტოლობით

$$N = \frac{87^{\circ} 33' 58'' + 92^{\circ} 26' 12''}{2} = 90^{\circ} 00' 05'',$$

(15) ტოლობით

$$\nu = 87^{\circ} 33' 58'' - 92^{\circ} 26' 12'' = -4^{\circ} 52' 14''.$$

კონტროლი

(12) ტოლობით

$$\nu = 2(90^{\circ} 00' 05'' - 92^{\circ} 26' 12'') = -4^{\circ} 52' 14'',$$

(13) ტოლობით

$$\nu = 2(87^{\circ} 33' 58'' - 90^{\circ} 00' 05'') = -4^{\circ} 52' 14''.$$

როგორც ვხედავთ, ასეთი ტიპის წრედი ყველა ტიპზე მარტივია, რომლის ფორმულები აგრეთვე გვაძლევს დახრის კუთხის ნიშანს.

იმ ოპტიკურ თეოდოლიტებში (TOM, T30, T20.....). რომელთაც ვერტიკალური წრედის ალიდადაზე არა აქვთ თარაზო, შვეული წრედის ნულ-ადგილის მინიმუმამდე დაყვანისათვის ცნობილი ფორმულებით განესაზღვრავთ  $\nu$  დახრის კუთხეს და მასზე დავაყენებთ ვერტიკალური წრედის ანათვალს. ამ დროს ძაფთა გადაკვეთა ასცდება სამიზნე წერტილს, რომელსაც ისევ შევუთავსებთ ძაფთა ბადის თარაზული ხრახნის შესუსტების შემდეგ შემასწორებელი ვერტიკალური ხრახნების გადაწვეით, ამ შემთხვევაში საჭირო გახდება კოლიმაციური შეცდომების შემოწმება. ისევე როგორც ლითონისწრედებიან თეოდოლიტებში, აქაც შეიძლება გამოვიყენოთ ლარტყა. ამისათვის ორი ან ერთი დამყენებელი ხრახნის გასწვრივ მომწესობაში მოყვანილი თეოდოლიტის სამიზნე ჭოგრის მიკრო ხრახნით ვერტიკალური წრედის ლიმბის ნულოვან შტრიხს შევეუთავსებთ ამთვლელი მიკროსკოპის ნულოვან შტრიხს და ავიღებთ ანათვალს 50—60 მეტრ მანძილზე ვერტიკალურად დაყენებულ ლარტყაზე ძაფთა ბადის თარაზული ძაფით. ჭოგრის გადავიტანთ ზენიტზე და შევაბრუნებთ წრედალიდადას  $180^{\circ}$ -ზე. ვერტიკალური წრედის  $180^{\circ}$  შტრიხს შევეუთავსებთ ამთვლელი მიკროსკოპის ნულ შტრიხს და ავიღებთ ანათვალს ლარტყაზე. ლარტყაზე ანათვლების საშუალოს შეესაბამება სამიზნე ჭოგრის თარაზული მდებარეობა. ნულ-ადგილის შესასწორებლად ზემოხსენებული ამწვევი ხრახნების საშუალებით ვაზუსტებთ თეოდოლიტის მომწესობას და შვეული წრედის  $180^{\circ}$  ზუსტად ვუთავსებთ ამთვლელი მიკროსკოპის ნულოვან ინდექსს და შემდეგ ჭოგრის ძაფთა ბადის შემასწორებელი ხრახნებით თარაზულ ძაფს ვაყენებთ ლარტყაზე აღებულ ანათვლების საშუალოზე.

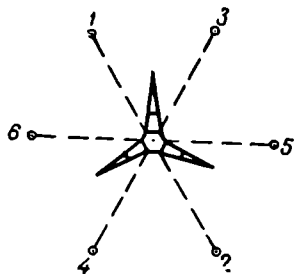
### VIII. ჭოგრზე დამაგრებული თარაზის შემოწმება და შესწორება

განხილადი შემოწმება ოპტიკურ თეოდოლიტებშიც იგივეა, რაც ლითონისწრედებიან კუთხსაზომ ინსტრუმენტებში.

### IX. ოპტიკური შვეულის შემოწმება

მომწესობაში მოყვანილ ინსტრუმენტში ოპტიკური შვეულის სამიზნე ღერძი უნდა იყოს შეთავსებული თეოდოლიტის მთავარ ღერძთან.

შესამოწმებელ თეოდოლიტს ამაგრებენ შტატივზე და მოჰყავთ მომწესობაში (ნახ. 2). 1,5—2 მეტრის მანძილზე მიწაში ასობენ პალოს, რომელსაც თავზე ამაგრებენ ნემსს 1 ისე, რომ მისი ძირის გამოსახულება შეთავსებული იყოს ბადის ვერტიკალურ ძაფთან. წრედისა და მისი ალიდადის დამაგრებულ მდგომარეობაში ჭოგრის გადაიტანენ ზენიტზე და იმავე მანძილზე ასობენ პალოს და მასზე ამაგრებენ ნემსს 2. შეებრუნებენ ალიდადას დაახლოებით  $60^{\circ}$ -ზე და ანალოგიური მოქმედებით ასობენ პალოებს 3 და 4 და მათზე ამაგრებენ ნემსებს; და ბოლოს კიდევ  $5^{\circ}$ -ით ალიდადის შეებრუნების შემდეგ ასობენ პალოებს 5, 6 და მათზე ამაგრებენ ნემსებს წყვილ-წყვილად. 1—2, 3—4 და 5—6 წერტილებიდან წმინდა ძაფით დაჭიმვის გადაკვეთის წერტილი იქნება საძიებელი პროექცია ინსტრუმენტის მთავარი ღერძისა. ცხადია, ამ წერტილის გამოსახულებას უნდა შეუთავსდეს ოპტიკური შვეულის ძაფთა ბადის გადაკვეთა. თუ წერტილის გამოსახულებიდან დაშორებული იქნა ძაფთა ბადის გადაკვეთა 2 მილიმეტრზე მეტად, საჭირო იქნება ოპტიკური შვეულის შემასწორებელი ხრახნებით ძაფთა ბადის მდებარეობის გადაადგილება გადაკვეთის წერტილის გამოსახულებასთან ძაფთა ბადის გადაკვეთის შეთავსებამდე.

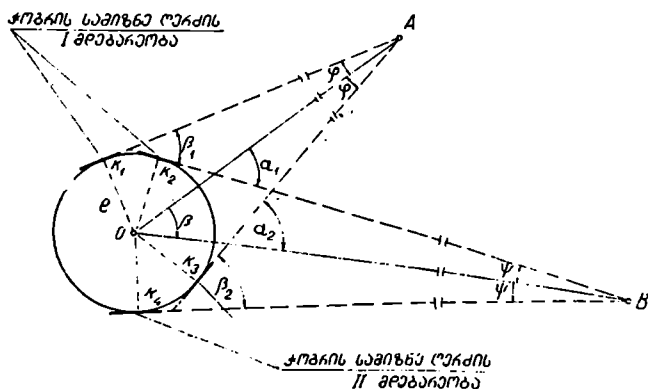


ნახ. 6.8.7.2.

შემოწმებას იმეორებენ ინსტრუმენტის სიმაღლის 30—40 სანტიმეტრით შეცვლილ მდგომარეობაში.

### X. ჭოგრის საშიზნე ღერძის ექსცენტრობა (ნახ. 8)

ნახევარი ილეთით (წრედი მხოლოდ მარჯვნივ ან მარცხნივ) გაზომილი პორიზონტული კუთხე იმ თეოდოლიტით, რომელსაც დაყენებული აქვს



ნახ. 6.8.7.3.

ჰოგრი, ექსცენტრულად მცდარი იქნება კოლიმაციური სიბრტყის ექსცენტრულობის სიდიდით.

ვთქვათ, ჰოგრის სამიზნე ღერძი ჰორიზონტული წრედის  $O$  ცენტრიდან დაშორებულია  $\epsilon$ . მანძილით, მაშინ ჰოგრის I მდებარეობით ნაცვლად  $\beta$  კუთხისა გაიზომება  $\beta_1$  კუთხე, ხოლო II მდებარეობით მივიღებთ  $\beta_2$  კუთხეს. აგრეთვე,  $A$  და  $B$  წერტილებზე ჰემარიტ  $OA$  და  $OB$  მდებარეობებთან  $K_1, K_2$  და  $K_3, K_4$  წერტილებში მხები მდებარეობები შესაბამისად შექმნის  $\varphi$  და  $\psi$  კუთხეებს. ნამდვილი ცენტრალური  $\beta$  კუთხის გამოსათვლელი ფორმულის მისაღებად აღვნიშნოთ  $OA$  და  $OB$  მიმართულებებსა და შესაბამისად ჰოგრის I და II მდებარეობას შორის გადაკვეთის კუთხეები  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$  ასოებით. მაშინ ნახაზის მიხედვით დავწერთ:

$$\alpha_1 = \beta_1 + \varphi = \beta + \psi \quad \text{და} \quad \alpha_2 = \beta_2 + \psi = \beta + \varphi,$$

საიდანაც, შესაბამისად,

$$\beta = \beta_1 + \varphi - \psi \quad \text{და} \quad \beta = \beta_2 + \psi - \varphi. \quad (a)$$

(a) ტოლობების შეკრებით გამოვთვლით ექსცენტრობისაგან თავისუფალ ჰემარიტ კუთხეს:

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}, \quad (6.8.8.24)$$

როცა სამიზნე საგნები (მნათობები) დიდ მანძილზეა, პრაქტიკულად  $\varphi = \psi = 0$ ; ხოლო  $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ .

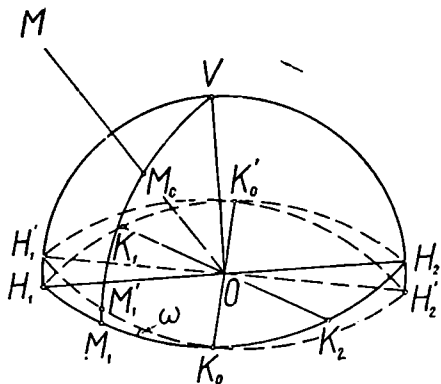
### 6. 8. 8. თეოდოლიტების გამოკვლევები

I. ჰორიზონტული წრედის სიბრტყე მართობი უნდა იყოს მისი ალიდადის ბრუნვის (მთავარი) ღერძისა. ასევე, ვერტიკალური წრედის სიბრტყე მართობი უნდა იყოს ჰოგრის ბრუნვის ღერძისა

მოთხოვნილი პირობა გამოიკვლევა თავისი ღერძის გარშემო ჰორიზონტული წრედის ალიდადის ნელ-ნელა ბრუნვით. პირობის დარღვევის შემთხვევაში ლითონისწრედებიან ინსტრუმენტებში ვერნიერებსა და ჰორიზონტულ წრედს (ლიმბი) შორის შეიმჩნევა ვერტიკალური ღრეჩოები, რაც გამოიწვევს ვერნიერებით ანათვლების აღებებს დროს პარალაქსს. ობიექტურ ინსტრუმენტებში კი პირობის დარღვევის მაჩვენებელია მიკროსკოპებით შერის დროს მათი განფოკუსირება და ასათვლელი ხელსაწყოების სკალების დანაყოფთა საფასურების ოდენობების ცვალებადობა.

ზემოთქმულის ვეოგეტრიული ინტერპრეტაცია მდგომარეობს შემდეგში: ვთქვათ, თეოდოლიტის მთავარი  $OV$  ღერძი შეუვლდაა, სამცხნე ჰოგრის ბრუნვის  $K_1 K_2$  ღერძი მისი მართობია, ხოლო წრედი  $K_0 H_1' K_0' H_2' K_0$  არ არის  $OV$  ღერძის მართობი და კუთხე  $M_1 K_0 M_1' = \alpha$  არის წრედის არა-ჰორიზონტულობის შეცდომა. ამ შემთხვევაში  $M$  წერტილზე ჰოგრის დამიზნე-

პის დროს კოლიმაციური სიბრტყე, რომელიც მდებარეობს დამხმარე სფეროს დიდ  $VM_0M_1$  რკალზე,  $M_0$  წერტილის დააგვეგილებს წრედის ჰორიზონტულა



ნახ. 6.8.8.1.

მდებარეობისათვის  $M_1$ , ხოლო განხილად, ანუ დახრილი, მდებარეობისათვის  $M_1'$  წერტილში.  $M_1'K_0$  და  $M_1K_0$  რკალებს შორის სხვაობა იქნება ჰორიზონტული წრედის მთავარი ღერძისადმი არამართობულობის  $\omega$  შეცდომის ( $\omega$ ) გავლენა. მისი ოდენობის გამოსათვლელი ფორმულის მისაღებად განვიხილოთ (1) ნახაზის  $M_1K_0M_1'$  სფერული მართკუთხა სამკუთხედი, რომლის მიმართ (1.2.8.7) ტოლობების მიხედვით დავწერთ:

$$\cos \omega = \operatorname{tg} M_1K_0 \operatorname{ctg} M_1'K_0. \quad (a)$$

(a) ტოლობის ორივე მხარე გამოვავლოთ ერთს, მივიღებთ

$$1 - \cos \omega = 1 - \operatorname{tg} M_1K_0 \operatorname{ctg} M_1'K_0 = \frac{\sin M_1'K_0 \cos M_1K_0 - \cos M_1'K_0 \sin M_1K_0}{\cos M_1K_0 \sin M_1'K_0}$$

ანუ

$$2 \sin^2 \frac{\omega}{2} = \frac{\sin(M_1'K_0 - M_1K_0)}{\sin M_1'K_0 \cos M_1K_0} \approx \frac{2 \sin(\omega)}{\sin 2M_1'K_0}. \quad (b)$$

$\omega$  კუთხის და ( $\omega$ ) სიმცირის გამო მათ სინუსებს შევცვლით რადიანული ზომებით:

$$\frac{\omega^2}{2\rho^2} = \frac{2(\omega)}{\rho \sin 2M_1'K_0}.$$

აქედან

$$(\omega) = \frac{\omega^2}{4\rho''} \sin 2M_1'K_0, \quad (6.8.8.1)$$

სადაც  $\rho'' = 206265''$  არის რადიანის კუთხური მნიშვნელობა.

მიღებული ფორმულიდან დავასკვნით, რომ ჰორიზონტული წრედის მთავარი ღერძისადმი არამართობულობის, ანუ წრედის დახრის, გავლენა მცმართულეზების გაზომვის დროს პრაქტიკულად მცირეა. მაგალითად, როცა  $M_1'K_0 = 45^\circ$ , ძაშინ (1) ფორმულით  $\omega$  შეცდომის  $10'$ ,  $5'$  და  $3'$  ოდენობის შესაბამისად ( $\omega$ ) იქნება  $0''$ ,  $4, 0''$ ,  $1$  და  $0''$ ,  $04$ . მაგრამ როგორც ეთქვით, მისი მცირე ოდენობის შემთხვევაშიც კი წრედსა და ვერნიერს შორის მცირე ვერტიკა-

ლური ღრეჩო იწვევს პარალაქსს, ხოლო ოპტიკურ ინსტრუმენტებში მიკროსკოპის განფოკუსირებასა და მიკრომეტრის სკალების დანაყოფების ოდენობების ცვალებადობას.

ვერტიკალური წრედის სიბრტყის სამიზნე ჭოგრის ბრუნვის ღერძისადმი მართობულობის გამოკვლევა ხდება ანალოგიურად, მხოლოდ აქ უნდა ვაზრუნოთ ჭოგრი და ვაკეირდებოდეთ ვერტიკალური წრედის „ქცევას“ თარაზულ მდგომარეობაში უძრავად დაყენებული ალიდადის ვერნიერების ან მიკროსკოპების მიმართ. საჭიროებისამებრ უნდა მივმართოთ სახელოსნოს.

## II. წრედ-ალიდადის ბრუნვისას არ უნდა ხდებოდეს მისი ბრუნვის ღერძის მნიშვნელოვანი რხევა

წრედ-ალიდადის ბრუნვის ღერძის შვეული მდებარეობიდან გადახრის მიზეზია ჰორიზონტული წრედისა და წრედ-ალიდადის ღერძების დეფექტები მათი დამზადების დროს; მათ შორის უცილობელი ღრეჩო და არადაამკაცოფილებელი შეზეთვა.

გამოკვლევის მიზნით კარგად შემოწმებული ცილინდრული თარაზოთი ინსტრუმენტი მოგვყავს მომწესობაში. წრედ-ალიდადას სრულად ვაბრუნებთ ერთი მიმართულებით რამდენიმეჯერ. ამის შემდეგ ნელა ბრუნვით ვაჩერებთ წრედ-ალიდადას ყოველ 45°-ზე და ვიღებთ ანათვალს თარაზოზე. თუ ყოველჯერზე თარაზოზე გადახრილი ანათვალი არ გადასცილდა 0,5-1 დანაყოფს, პირობა შესრულებულად ითვლება. წინააღმდეგ შემთხვევაში, თუ ინსტრუმენტს აქვს შემასწორებელი ხრახნი, მით შევასწორებთ და თუ ინსტრუმენტს იგი არა აქვს, მაშინ მოხსნიან ალიდადას ჰორიზონტული წრედიდან, ბენზინით გამორეცხავენ ძველ ზეთს ღერძებიდან, ამრობენ და ხელმეორედ ზეთავენ 1—2 წვეთი ზეთით. ვიმეორებთ გამოკვლევას და თუ ნაკლი ისევ აღმოჩნდა, სახელოსნოს უნდა მივმართოთ.

## III. განმეორებით თეოდოლიტში ჰორიზონტული წრედის და მისი ალიდადის (წრედ-ალიდადის) ბრუნვის გეომეტრიული ღერძები უნდა იყოს შეთავსებული ან პარალელურები

გამოკვლევისათვის შემოწმებული თარაზოთი მომწესობაში მოგვყავს ინსტრუმენტი, რომლის დროსაც წრედი დამაგრებულა დამტკეცი ხრახნით 15 (ნახ. 6.8.3.8<sup>ბ</sup>), ხოლო წრედ-ალიდადა აშვებულია. შემდეგ წრედ-ალიდადას მივამაგრებთ მისი დამტკეცი ხრახნით 13 ჰორიზონტულ წრედს და ავუშვებთ ამ უკანასკნელს. წრედ-ალიდადასთან ერთად ჰორიზონტული წრედის რამდენიმეჯერ ნელი და შეჩერებითი სრული ბრუნვის დროს, თუ წრედ-ალიდადას ხსენებული ცილინდრული თარაზოს ბუშტულის შუა წერტილი ამჟღის ნულ-პუნქტიდან არ გადასცილდა მისი დანაყოფის ნახევარს, მოთხოვნილი პირობა შესრულებულია. წინააღმდეგ შემთხვევისას პირობა დარღვეულია და ამ დეფექტის მოსპობა შეუძლებელია. ამიტომ, როცა ვმუშაობთ ისეთი ინსტრუმენტით, რომლის თარაზოს ბუშტულა იხრება ერთზე მეტი დანაყოფით, ჰორი-

ზონტული წრედის ყოველი შებრუნების დროს ბუშტულას შუა წერტილი უნდა მოვიყვანოთ ნულ-პუნქტზე ამწევი ხრახნებით, რითაც ინსტრუმენტის მთავარი (ძირითადი) ღერძი დადგება შვეულად

#### IV. ლიშბისა და ვერნიერების დანაყოფები უნდა იყოს უშეცდომო

როგორც ცნობილია, პირდაპირი (დადებითი) ვერნიერების შემთხვევაში ვერნიერზე დანაყოფების  $n$  რიცხვს უნდა შეესაბამებოდეს ლიშბზე  $(n-1)$  დანაყოფი და აგრეთვე ლიშბის ნებისმიერი შტრიხის მიმართ ვერნიერის შტრიხები სიმეტრიულად უნდა იყოს განლაგებული. მაგრამ მათზე სკალეების დატანის დროს, აგრეთვე ღერძების გაცვეთისა და სხვა მიზეზებით აღვიღო აქვს შეცდომებს.

გამოკვლევისათვის ლიშბის დანაყოფების სისწორეს ამოწმებენ ვერნიერების დანაყოფების საშუალებით და პირიქით. მაგალითად, ვერნიერის ნულოვან შტრიხს ვუთავსებთ ლიშბის ნებისმიერ შტრიხს და გამოწმობთ უთავსდება თუ არა ვერნიერის ბოლო წარწერილი შტრიხი შესაბამის შტრიხს ლიშბზე, ე. ი. ვერნიერის  $n$  დანაყოფს შეესაბამება თუ არა ლიშბის  $(n-1)$  დანაყოფი. ასეთ გამოკვლევას ვაწარმოებთ ლიშბის მთელ სიგრძეზე. სადაც აღმოჩნდება შემოსხნებული შეუთავსებლობა, იმ ინტერვალებში ლიშბის დანაყოფები ჩაითვლება მცდარად. შეიძლება მოხდეს მთელ ლიშბზე სისტემატურად ტოლი ოდენობით შეუთავსებლობა, მაშინ მოითხოვება, რომ იკა არ უნდა გადასცილდეს ანათვლის აღების სიზუსტის ნახევარს.

ვერნიერის გამოკვლევისათვის ლიშბის ნებისმიერ შტრიხს შევუთავსებთ ვერნიერის რომელიმე, ვთქვათ, მეოთხე შტრიხს და ვუცქერით ლიშბის წახნეხილი შტრიხიდან მარჯვნივ და მარცხნივ ვერნიერზე მეზობელი შტრიხები სიმეტრიულადაა თუ არა დაშორებული ლიშბის შესაბამის შტრიხებიდან. ანალოგიურ მოქმედებებს ვიმეორებთ ლიშბის ერთი და იმავე შტრიხისადმი ვერნიერის სხვადასხვა (ყველა) შტრიხების თანამიმდევრობით შეთავსებით. გამოცდილი თვალი თავისუფლად (გამოუცდელი კი ლუპით) შეამჩნევს ვერნიერის შტრიხების დატანის სისწორეს. შესწორება მხოლოდ ქარხანაში შეიძლება.

#### V. თარაზოს მგრძობიარობისა და ჰოჯრის ოპტიკური ძალის შეხაზამისობის გამოკვლევა

მთავარია, რომ თარაზოს მგრძობიარობა იყოს ჰოჯრის ოპტიკურ ძალაზე ცოტა მეტრი: პირველ რიგში გამოწმობთ ჰოჯრის ოპტიკური ძალა შეესაბამება თუ არა თარაზოს მგრძობიარობას. ამისათვის თეოდოლიტს მოვიყვანთ მომწესობაში და ჰოჯრს მივმართავთ ერთ-ერთი დამყენებელი ხრახნის ვასწვრივ; ჰოჯრზე დაყენებული თარაზოს ბუშტულას დაეაყენებთ ამპულის შუაში. ავიღებთ ანათვალს იარაღიდან 10-15 მეტრის დაშორებით შვეულად და უძრავად დაყენებულ ლარტყახზე. ხსენებული დამყენებელი ხრახნია ბრუნვით გადავადგილებთ თარაზოს ბუშტულას, დავაბრუნებთ უკანვე ამპულის ცენტრში, რომელსაც თანადროულად თვალს ვადევნებთ. ბოლოს, როცა

ბუშტულა ისევ ცენტრს დაუბრუნდება, ვახედავთ ქოგრში და შევამოწმებთ ანათვალს; თუ მივიღეთ ადრე აღებული ანათვლის ოდენობა, ეს ნიშნავს, რომ ქოგრის ოპტიკური ძალა შეესაბამება განხილადი თარაზოს მგრძობიარობას. ახლა შევამოწმოთ თარაზოს მგრძობიარობა შეესაბამება თუ არა ქოგრის ოპტიკურ ძალას. ვიმეორებთ ზემოთ შესრულებულ მოქმედებებს. თარაზოს ბუშტულა, როცა ამპულის შუაშია, ვიღებთ ანათვალს ლარტყაზე და განვაჯრძობთ ქოგრში ცქერას და თანადროულად ხსენებული დამყენებელი ხრახნი დავაცილებთ დაფთა ბადის თარაზულ ძაფს აღებულ ანათვალს და ისევ ვაბრუნებთ იგივე ანათვალზე, ამის შემდეგ დაეხედავთ თარაზოს, თუ ბუშტულა აღმოჩნდება ამპულის შუაში, მაშინ თარაზოს მგრძობიარობა ესატყვისება ქოგრის ოპტიკურ ძალას; წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი ქოგრის ოპტიკურ ძალას სკარბობს. კარგია, როცა ბუშტულა მხოლოდ ერთი-ორი დანაყოფით აღმოჩნდება გადახრილი, ე. ი. კარგია, როცა თარაზოს მგრძობიარობა ცოტად მეტია ქოგრის ოპტიკურ ძალაზე.

როდესაც ქოგრში ცქერის დროს დამყენებელი ხრახნის ბრუნვა (და, მაშასადამე, ლარტყაზე ანათვლის ცვლილება) არ იწვევს ბუშტულას მდგომარეობაში ცვლილებებს, ეს იმის მაჩვენებელია, რომ თარაზოს მგრძობიარობა ქოგრის ოპტიკურ ძალაზე ნაკლებია.

როგორც აღვნიშნეთ, კარგია, როცა თარაზოს მგრძობიარობა ქოგრის ოპტიკურ ძალაზე ცოტად მეტია. კარგია იმიტომ, რომ ამ შემთხვევაში თეოდოლიტი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ნიველირი, თუმცა ამპულის შუაგულში ბუშტულას დაყენება მოითხოვს ზედმეტ დროს. მაგრამ, თუ თარაზოს მგრძობიარობა ქოგრის ოპტიკურ ძალაზე ნაკლებია, მაშინ თეოდოლიტი გეომეტრიული ნიველობისათვის გამოუსადეგარია.

## VI. ქოგრის სამიზნე ღერძის მდებარეობა უნდა იყოს უცვლელი სხვადასხვა მანძილით დაშორებულ წერტილებზე ფოკუსთ-გაწყოების დროს

სამიზნე ღერძის მდგრადობის გამოკვლევა ხდება თეოდოლიტიდან ყოველ 20, 50, 100, 200, 400 და 1000 მეტრ მანძილზე დაშორებულ წერტილებზე ქოგრის დამიზნების დროს კოლიმაციური შეცდომის (6.8.3.13.) ფორმულით განსაზღვრით. თუ ყველა შემთხვევაში გამოთვლილი კოლიმაციური შეცდომები გამოვიდა ურთიერთის ტოლი, პირობა დაკმაყოფილებულია. მისი ცვალებადობა დასაშვებია  $\pm 5''$ . წინააღმდეგ შემთხვევაში კოლიმაციური შეცდომა ცნობილი წესით უნდა შემცირდეს იმ მანძილისათვის, რომლის დროსაც გამოვლინებული იქნება დაუშვებელი გადახრა.

## VII. მოცემული კომპენსატორისათვის დასაშვები დახრის კუთხის ფარგლებში თეოდოლიტის ვერტიკალური ღერძის დახრის დროს ხსენებული კომპენსატორი ვერტიკალურ წრედზე უნდა ვაკძლევდეს უცვლელ ანათვალს

გამოკვლევისათვის თეოდოლიტს დაამაგრებენ შტატივზე ისე, რომ მისი ზედაღვარის ერთ-ერთი დამყენებელი ხრახნი მიმართული იყოს ადგილის ისეთ წერტილზე, რომელიც კარგად ჩანს; ინსტრუმენტს მოვიყვანთ მომწე-



სობაში და ჰოგარს დავეუმიზნებთ შერჩეულ წერტილს. ხსენებული ხრახნიან კოლიმაციურ სიბრტყეში დავხრით თეოდოლიტს კომპენსაციის ზღვრული კუთხით, რაც ათვლილი უნდა იქნეს თარაზული წრედის ალიდალის ცილინდრულ თარაზზე. ჰოგარს ვუმიზნებთ ისევ პირველ წერტილს და ვიღებთ ანათვალს ვერტიკალურ წრედზე. შემდეგ იმავე ამწევი ხრახნით დავხრით თეოდოლიტს საწინააღმდეგო მიმართულებით (ზევიით) ჰორიზონტიდან კომპენსაციის იმავე ზღვრული კუთხით და დავეუმიზნებთ ჰოგარს ისევ იმავე პირველ წერტილს და ვიღებთ ანათვალს შვეულ წრედზე. პირველ და მეორე ანათვლებს შორის სხვაობა არ უნდა გადასცდეს ასათვლელი მიკროსკოპის სკალის ერთი დანაყოფის საფასურის 0,1. თუ მრავალჯერ გამოკვლევის დროს სისტემატურად აღმოჩნდა აღნიშნულზე ორჯერ მეტი შეცდომა, საჭირო იქნება მივმართოთ, სახელოსნოს.

### VIII. სამიზნე ჰოგარის გამოკვლევა იხილეთ (0.2) თავში.

### IX. ობტაკური მიკრომეტრის რენის გამოკვლევა იხილეთ (0.3) თავში.

#### X. ექსცენტრისიტეტის $x$ გავლენისა და $y$ გარდატეხის შეცდომის გამოკვლევა

(6.8.3) პარაგრაფის  $c$  მუხლში თეოდოლიტის II შემოწმების დროს იყო შენიშნული, რომ საჭიროა როგორც  $x$ , ისე  $y$  შეცდომის ან ყველა მათი ვან-მსაზღვრელი კომპონენტების ( $\epsilon$ ,  $\gamma_2$ ) ოდენობის დადგენა ინსტრუმენტში, რაც საგანგებო გამოკვლევით სრულდება. ამ მიზნით დაწვეროთ (6.8.3.7) ტოლობების სხვაობა (ზოგადად) და განვსაზღვროთ უცნობები:

$$2x + y = \gamma_1' - (\gamma_2 \pm 180^\circ), \quad (6.8.8.2)$$

სადაც  $\gamma_1' - (\gamma_2 \pm 180^\circ)$  არის დანაყოფების ასათვლელი ორი ხელსაწყოთი ანათვლების სხვაობა. მაშასადამე, გამოკვლევისათვის საჭიროა გვერდის ლიზინის სხვადასხვა ნაწილზე აღებული ანათვლების ჰარბი რაოდენობა, ამ მონაცემებით შედგება (2) ტოლობისმაგვარი  $n$  ტოლობა. უმცირეს კვადრატთა მეთოდით მათი ამოხსნით მივიღებთ  $x$ ,  $y$  მნიშვნელობებს, მაშასადამე, მათი კომპონენტების ოდენობებს.

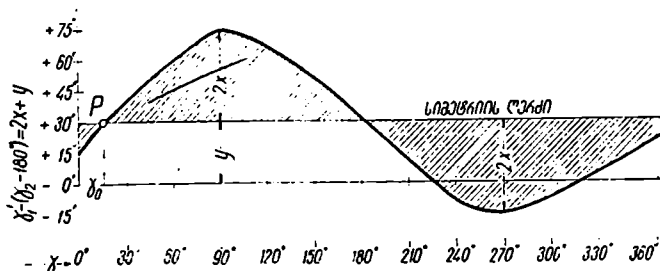
იგივე მიზანს მივალწევთ გრაფიკის შედგენით, რისთვისაც ლიზინის ყოველ  $30^\circ$ -ზე წრედ-ალიდადას გადაადგილების შესაბამისად ვიღებთ ანათვალთა შემოხსენებულ  $\gamma_1' - (\gamma_2 \pm 180^\circ)$  სხვაობას, რითაც ყოველ ჯერზე ისაზღვრება  $(2x + y)$  ოდენობა.  $\gamma$  მიმართულების ოდენობებს გადავზომავთ თარაზულ, ხოლო მათ შესაბამის ანათვალთა სხვაობებს შვეულ ლერძზე, რითაც მივიღებთ სინუსოიდის მსგავს ტიხილ გრაფიკს. ამ გრაფიკში ჩაიხაზება შესაბამისი მრუდი. შემდეგ გატარდება სიმეტრიის ხაზი, რადგანაც ვიცით, რომ  $x$ -ის გრაფიკი შეესაბამება სინუსის კანონს (ნახ. 2). სიმეტრიის ხაზის მიმართ სინუსოიდი მოგვეცემს  $2x$  ოდენობებს ლიზინის ნებისმიერი ნაწილისათვის, ხოლო ამ ხაზიდან ჰორიზონტულ ლერძამდე მანძილი იქნება გარდატეხის  $y$  შეცდომა. მაგალითად, (2) ნახაზის მიხედვით:

$$x''_{\text{მოx}} = \epsilon''_{\text{მოx}} = 22'', 5; \quad y = 30''.$$

ლიმბის  $r = 60$  მმ (ტექ. ბონაცემების მიხედვით). (6.8.3.3) ფორმულით:

$$e = \frac{r \cdot x_{max}}{\rho''} = \frac{60 \cdot 22",5}{206265''} = 0,007 \text{ მმ} = 7 \text{ მკმ.}$$

$P$  წერტილში სინუსოიდის ზრდადი შტო იკვეთება სიმეტრიის ხაზთან, ე. ი. აქ  $\sin(\gamma - \gamma_0) = 0$ . მაშასადამე,  $\gamma = \gamma_0$  და ლიმბის ნულოვანი დიამეტრის მიმართ ექსცენტრისიტეტის მიმართულების კუთხე  $\gamma_0 \approx 17^{\circ}30'$ . (2) ნახაზს



ნახ. 6.8.8.2.

მსგავსი გრაფიკი აიკვება ორი, პირდაპირი და შებრუნებული სვლისათვის, მა-  
ლი საშუალო უფრო ზუსტ შედეგს მოგვცემს.

როცა ცნობილია  $x_{max}$ , გრაფიკის მიხედვით (6.8.3.2) ფორმულით შეიძ-  
ლება გამოვითვალოთ მისი ოდენობა ლიმბის ნებისმიერი ადგილისათვის:

$$x = x_{max} \cdot \sin(\gamma - \gamma_0). \quad (6.8.8.3)$$

ზემოხსენებულის ანალოგიურად დგინდება პორიზონტული წრედის  $CO = e'$  ხაზოვანი ექსცენტრისიტეტის ანათვლებზე გავლენის საკითხი. მხო-  
ლოდ წრედის დაახლოებით იმავე საწყისი მდებარეობიდან უნდა გამოძრაო-  
არა წრედ-ალიდადა (იგი დამაგრებული უნდა იყოს), არამედ თვით წრედი (ეს  
კი შეიძლება არაგანმეორებით თეოდოლიტში) და იგივე (2) ტოლობის გამოყ-  
ნებით ავაგოთ (2) ნახაზის მსგავსი გრაფიკი. როგორც ვხედავთ, ეს გამოყ-  
ლება შეიძლება შესრულდეს მხოლოდ არაგანმეორებით თეოდოლიტში.

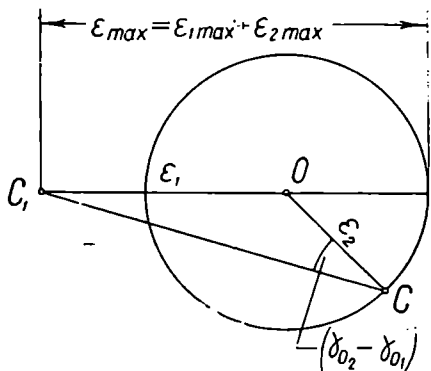
ახლა განვიხილოთ საკითხი—არაგანმეორებით თეოდოლიტში როდის იქ-  
ნება ორივე ექსცენტრისიტეტის ერთობლივი ოდენობა და მისი გავლენა მაქ-  
სიმუმი. ამისათვის, ორივე გრაფიკიდან გავიგებთ შეცდომათა მაქსიმალურ  
მნიშვნელობას და ლიმბის საწყის მდებარეობათა ოდენობას. ვთქვათ, მოცე-  
მული ინსტრუმენტის წრედ-ალიდადისა და პორიზონტული წრედის  $e$  და  $e'$   
ექსცენტრისიტეტების შესაბამისია  $e_{1max}$ ,  $\gamma_{01}$  და  $e_{2max}$ ,  $\gamma_{02}$ . გარკვეულ  
მასშტაბში ავაგებთ  $C_1CO$  სამკუთხედს (ნახ. 3). როგორც ნახაზიდან ჩანს,  
ხსენებული ექსცენტრისიტეტების ერთობლივი ოდენობა არაგანმეორებით  
თეოდოლიტში იქნება მაქსიმუმი, როცა  $C$  და  $C_1$  წერტილები იქნება განლა-

გებული ერთ წრფეზე  $O$  წერტილის მარჯვნივ და მარცხნივ, რასაც შეესაბამება ტოლობა:

$$\epsilon_{max} = \epsilon_{1max} + \epsilon_{2max} \quad (6.8.8.4)$$

ხოლო მისი გავლენა (6.8.3.2) ფორმულის შესაბამისია.

განმეორებით თეოდოლიტში ჰორიზონტული წრედის  $OC_1 = \epsilon'$  ექსცენტრისიტეტი, საერთოდ, გავლენას არ ახდენს, რადგანაც წრედის ბრუნვის დროს  $O$  წერტილის გარშემო  $\epsilon$  და  $\gamma_0$  უცვლელი რჩება. არაგანმეორებით თეოდოლიტში, როგორც ვნახეთ, ეს ერთობლივი გავლენა მნიშვნელოვანი ოდენობისაა. საერთოდ ამ გავლენას მოკლედ უწოდებენ წრედალიდადას (ან საერთოდ ალიდადას) ექსცენტრობის გავლენას, რადგანაც ინსტრუმენტებში  $CC_1$  და  $C_1O$  მონაკვეთები მეტია  $CO$  მონაკვეთზე.



ნახ. 6.8.8.3.

ობიექტურ ინსტრუმენტებში, რომლებსაც აქვთ მოწყობილი დანაყოფების ასათვლელი მხოლოდ ერთი ხელსაწყო, ექსცენტრობის  $\epsilon$  გავლენის მოსპობისათვის ყოველთვის ვიღებთ ერთი და იმავე მიმართულების ორჯერ (წრედი მარჯვნივ და წრედი მარცხნივ) დანაშვების საშუალოს (6.8.7.1'

ფორმულა). ამით ისპობა  $c$  კოლიმაციური შეცდომაც. ხოლო ექსცენტრისიტეტის  $\epsilon$  გავლენისა და  $c$  კოლიმაციური შეცდომის ოდენობა შეიძლება გამოირკვეს ფორმულით:

$$\epsilon + c = \frac{\gamma_L - (\gamma_R \pm 180^\circ)}{2} \quad (6.8.8.5)$$

$c$  განისაზღვრება (5) ფორმულით განსაზღვრული  $(\epsilon + c)$  ოდენობის ექსტრემიალური მნიშვნელობების საშუალოთი:

$$c = \frac{(\epsilon_{max} + c) + (\epsilon_{min} + c)}{2} \quad (6.8.8.6)$$

ხოლო  $\epsilon$  გამოითვლება წრედის სხვადასხვა მდებარეობის შესაბამის (5) ფორმულით გამოთვლილ  $(\epsilon + c)$  ჯამისა და (6) ტოლობით გამოთვლილ  $c$ -ს სხვაობით:

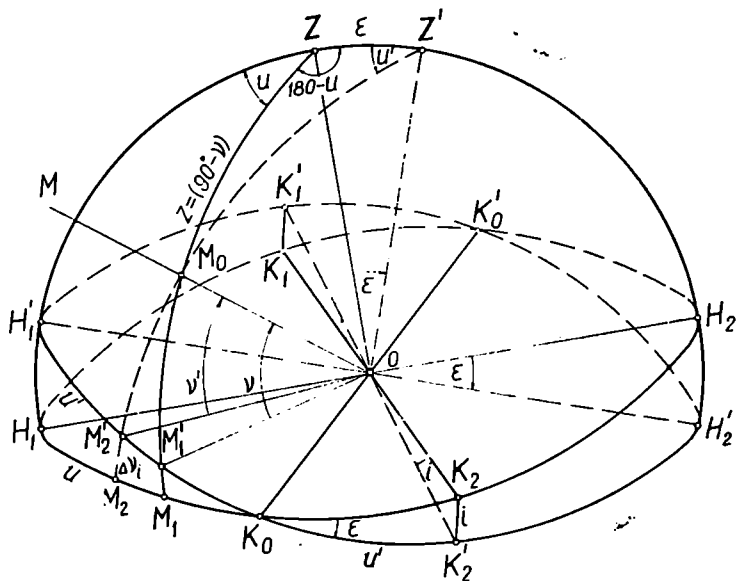
$$z_1 = (\epsilon_1 + c) - c \quad (6.8.8.7)$$

ამ შემთხვევაში ზემოთ მიღებულის ანალოგიურად შეიძლება ავაგოთ სანუსოიდური გრაფიკი, რისთვისაც საჭირო იქნება სამიზნისადმი წრედი მარცხ-

ნოვ და მარჯვნივ მრავალჯერ და მიზნებები (ალიდადის გადაყენებით 0, 90, 180, 270°) და ყოველ ილეთზე წრედის ან დამაგრებული წრედით ზედადგრის შებრუნება გარკვეულ (90°) ინტერვალებზე.

### XI. მთავარი ღერძის დახრით გამოწვეული შეცდომის გამოკვლევა

თეოდოლიტის მთავარი ღერძის არაზუსტად შევუღალ დაყენების მიზეზად შეიძლება მიჩნეულ იქნეს ალიდადაზე დამაგრებულ ცილინდრულ ცარაზონსა და მთავარ ღერძებს შორის ურთიერთმართობულობის დარღვევა ან ინსტრუმენტის მომწესობაში მოყვანის დროს დამკვირვებლის დაუდევრობა. ხსენებული ღერძის დახრა იწვევს ჰორიზონტული წრედისა და კოგრის ბრუნვის ღერძ-



ნახ. 6.8.8.4.

ძის დახრას, მაშასადამე, მაგვემილებელი კოლიმაციური სიბრტყისა და ვერტკალური წრედის სიბრტყის დახრასაც.

მიღებული წესის მიხედვით, დაუშვათ, რომ თეოდოლიტში ყველა ღერძები ურთიერთ უშეცდომოდ არის ერთმანეთთან დაკავშირებული, მხოლოდ მთავარი ღერძია  $oz$  შევუღლი მიმართულებისადმი  $\epsilon$  კუთხით დახრილი, რომელსაც შეესაბამება მისი  $oz'$  მდებარეობა.

ამ შემთხვევაში დიდი წრის ნახევარი  $H_1ZZ'H_2$ , რომელიც გადის  $Z$  და  $Z'$  წერტილებში, იქნება ვერტიკალურ სიბრტყეში და ამ სიბრტყეში მდებარე ნებისმიერ წერტილს შეესაბამება რეალური  $H_1'K_0'H_2'K_0H_1'$  წრე-

დისა და თარაზულად მდებარე  $H_1K_0'H_2K_0H_1$  წრედის გადაკვეთის  $K_0K_0'$  ხაზის, ანუ, რაც იგივეა, ჰოგრის ბრუნვის ღერძის პორიზონტული მდებარეობა: და, მაშასადამე, ანათვალ  $H_1'K_0'H_2'K_0H_1'$  დახრილ სიბრტყეზე, რომელიც შეესაბამება ხსენებული წერტილის მაგეგმილებელ კოლიმაციურ სიბრტყეს, თავისუფალი იქნება ვერტიკალური ღერძის დახრის შეცდომის გავლენისაგან.

ხოლო, თუ ჰოგრს დავეუმიზნებთ  $M$  წერტილს, რომელიც არ იმყოფება  $H_1ZZ'H_2$  სიბრტყეში, ჰოგრის ბრუნვის ღერძი ნაცვლად  $K_1K_2$  თარაზული მდებარეობისა მიიღებს მასთან  $\varepsilon$  კუთხით დახრილ  $K_1'K_2'$  მდებარეობას და სამიზნე ღერძი ასწერს დიდი წრის  $Z'M_0M_2$  რკალს, რომლის შესაბამისი დახრილი  $Z'OM_2'M_0Z'$  კოლიმაციური სიბრტყე ჩამოაგეგმილებს  $M_0$  წერტილს  $M_2'$  წერტილში ნაცვლად  $M_1$  წერტილისა. მაშასადამე, უშეცდომო  $M_1$  ანათვის ნაცვლად პორიზონტულად მდებარე წრედზე მივიღებთ მცდარ  $M_2'$  ანათვალს  $\varepsilon$  კუთხით დახრილ წრედზე.

(4) ნახაზიდან სჩანს, რომ ანათვალში ( $\varepsilon$ ) შეცდომა, გამოწვეული შვეულ ღერძის  $\varepsilon$  კუთხით დახრის გამო, უდრის რკალების  $(H_1'M_2' - H_1M_1)$  სხვაობას, რომელთაც შეესაბამება  $u'$  და  $u$  კუთხეების სხვაობა, ე. ი.

$$(\varepsilon) = u' - u. \quad (a)$$

ეს შეცდომა გამოითვლება  $M_0ZZ'$  სფერული სამკუთხედისადმი ოთხი ელემენტის, ანუ კოტანგენტების, (1.2.8.6) ფორმულის გამოყენებით.

$$\cos(180^\circ - u) \cos \varepsilon = \operatorname{ctg}(90^\circ - \nu) \sin \varepsilon - \operatorname{ctg} u' \sin(180^\circ - u),$$

ანუ

$$\operatorname{tg} \nu \sin \varepsilon = -\cos u \cos \varepsilon + \sin u \operatorname{ctg} u' = \sin u (\operatorname{ctg} u' - \cos \varepsilon \operatorname{ctg} u).$$

$\varepsilon$  კუთხის სიმცირის გამო  $\sin \varepsilon \approx \varepsilon$  და  $\cos \varepsilon \approx 1$ , ე. ი. დაწერათ:

$$\varepsilon \operatorname{tg} \nu = \sin u (\operatorname{ctg} u' - \operatorname{ctg} u). \quad (b)$$

სწორხაზოვანი ტრიგონომეტრიიდან ცნობილია, რომ

$$\operatorname{ctg} u' - \operatorname{ctg} u = \frac{\sin(u' - u)}{\sin u' \sin u}.$$

მაშინ (b) ტოლობა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$\varepsilon \operatorname{tg} \nu = \frac{\sin(u' - u)}{\sin u'} \approx \frac{u' - u}{\sin u'},$$

საიდანაც (a) დამოკიდებულების გამოყენებით დაწერათ:

$$(\varepsilon) = \varepsilon \operatorname{tg} \nu \sin u'. \quad (6.8.8.8)$$

მიღებულ ტოლობიდან შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1. გავომილ პორიზონტულ მიმართულებაში  $\varepsilon$  კუთხით მთავარი ღერძის დახრის გამო ( $\varepsilon$ ) შეცდომის ოდენობა, გარდა  $\varepsilon$  კუთხისა, დამოკიდებულია  $M$  წერტილის შესაბამის  $u'$  და  $\nu$  მიმართულებებზე;

2. ნებისმიერი ჰორიზონტული მიმართულების მქონე წერტილის გაზომვის დროს  $(\varepsilon) = 0$ .

ჰორიზონტული  $\beta$  კუთხის გაზომვის  $\Delta\beta_\varepsilon$  შეცდომა  $\nu_1$  და  $\nu_2$  დახრის კუთხის მქონე მიმართულებათა შორის ტოლი იქნება მათი შესაბამისი  $(\varepsilon)$  შეცდომების სხვაობისა:

$$\Delta\beta_\varepsilon = \varepsilon (\sin \alpha_2' \operatorname{tg} \nu_2 - \sin \alpha_1' \operatorname{tg} \nu_1). \quad (6.8.8.9)$$

(9) ტოლობით  $\kappa$  გამოდის, რომ  $\beta$  კუთხის გაზომვის  $\Delta\beta_\varepsilon$  შეცდომას ექნება მაქსიმალური მნიშვნელობა, გამოსახული

$$\Delta\beta_{\varepsilon \max} = 2\varepsilon \sin \alpha_1' \operatorname{tg} \nu \quad (a)$$

ტოლობით, როცა  $\alpha_2' = \alpha_1' \pm 180^\circ$  და  $\nu_2 = \nu_1 = \nu$ , ხოლო, როცა  $\alpha_1' = \alpha_2' \pm 180^\circ$  და  $\nu_2 = -\nu_1$ , მაშინ იგი მინიმუმია

$$\Delta\beta_{\varepsilon \min} = 0. \quad (b)$$

განვიღოდ ინსტრუმენტში მთავარი ღერძის  $\varepsilon$  დახრა მუდმივი სიდიდით (ოდენობით და ნიშნით) და მიმართულებების გაზომვის დროს მისი გავლენა  $(\varepsilon)$  არ იცვლის ნიშანს ჰოგრის ზენიტზე გადატანის დროს. მაშასადამე, არ ისპობა წრედი მარჯვნივ ( $R$ ) და წრედი მარცხნივ ( $L$ ) საშუალო არითმეტიკულით ისე, როგორც ეს ხდება კოლიმაციური შეცდომის (6.8.3.14. ფორმ.) და კოლიმაციური სიბრტყის დახრის (6.8.3.17 ფორმ.) შემთხვევაში. ამიტომ თანაზონ მიზეზით მთავარი ღერძის  $\varepsilon$  კუთხით დახრის გამო ჰორიზონტულ მიმართულებებში  $(\varepsilon)$  შეცდომის გამოსათვლელ (8) ფორმულას აძლევენ მარტივ სამუშაო სახეს, რომელშიც შეაქვთ ხსენებული მიზეზით სამიზნე ჰოგრის ბრუნვის  $K_1 K_2$  ღერძის  $i$  დახრა. ამისათვის  $\kappa$  ვიყენებთ (4) ნახაზს, რომლის მიხედვით  $K_0 K_2 K_2'$  სფერულ სამკუთხედში  $K_0 K_2' = H_1' M_2'$  და იზომება  $\alpha'$  კუთხით, რადგანაც პირობის თანახმად, ჰოგრის სამიზნე ღერძისა და მისი ბრუნვის ღერძს შორის კუთხეა მუდმივი და ტოლია  $90^\circ$ ;  $K_2 K_2'$  რკალი  $\kappa$  იზომება ჰოგრის ბრუნვის  $K_1' K_2'$  დახრის  $i$  კუთხით. ამოვხსნათ სფერულა  $K_0 K_2 K_2'$  სამკუთხედი  $i$  დახრის კუთხის მიმართ, რისთვისაც გამოვიყენოთ სინუსების (1.2.8.3) დამოკიდებულება:

$$\sin i = \sin \varepsilon \sin \alpha'.$$

$i$  და  $\varepsilon$  კუთხის სიმციარის გამო დავწერთ:

$$i = \varepsilon \cdot \sin \alpha'. \quad (c)$$

გამოვიყენოთ (c) დამოკიდებულება (8) ტოლობაში, რომელიც ვადაიწერება სამუშაო სახით:

$$(\varepsilon) = i \cdot \operatorname{tg} \nu. \quad (6.8.8.10)$$

ამ ფორმულით ისაზღვრება და შესწორების სახით შეაქვთ გაზომილ კუთხეებში ეს შეცდომა.  $i$  კუთხეს  $\kappa$  ზომავენ (6.8.3) პარაგრაფში აღწერილი წესით და ფორმულებით.

დახრის  $\nu$  კუთხის გაზომვაში  $\Delta\nu_i$  შეცდომა, რომელიც გამოწვეულია მიაკვარი ღერძის დახრის გამო, კოლიმაციური სიბრტყის  $i$  კუთხის დახრით ისაზღვრება ანალოგიურად ცნობილი (6.8.3.18) ფორმულით:

$$\Delta\nu_i = \frac{i''^2}{2\rho''} \operatorname{tg} \nu. \quad (6.8.8.11)$$

როცა ვერტიკალური წრედის ალიდალაზე არ არის ცილინდრული თარაზო, მაშინ წარმოიშევა კიდევ ერთი  $i'$  შეცდომა შიშვის ნულოვანი დიამეტრის დახრის გამო, რომლის  $M_0 M_0' = \Delta\nu_i'$  გავლენის გამოსათვლელი ფორმულა მიიღება  $K_1 M_2 M_2'$  მართკუთხა სფერული სამკუთხედიდან სინუსების (1.2.8.3) ფორმულის შესაბამისად

$$\sin \Delta\nu_i' = \sin \varepsilon \sin(90^\circ - \mu'),$$

სიდანაც

$$\Delta\nu_i' = \varepsilon \cdot \cos \mu'. \quad (6.8.8.12)$$

ეს შეცდომა ისე, როგორც კოლიმაციური  $\varepsilon$  შეცდომა და კოლიმაციური სიბრტყის  $i$  დახრის შეცდომა, ისპობა წრედი მარჯვნივ და წრედი მარცხნივით კუთხეების გაზომვის დროს.

## XII. კოლიმაციური შეცდომის გამოკვლევა (ნახ. 5)

(6.8.3) პარაგრაფის V მუხლიდან ცნობილია, რომ ჰოგრის სამიზნე ღერძი მართობი უნდა იყოს მისი ბრუნვის ღერძისა. წინააღმდეგ შემთხვევაში იქმნება  $\varepsilon$  კუთხე, რომელსაც სამიზნე ღერძი ადგენს მისი ბრუნვის ღერძის მართობთან. მას ვუწოდებთ კოლიმაციური შეცდომა.

ვთქვათ,  $K_1 D_0' K_2 D_0' M_0' K_1$  არის თეოდოლიტის ჰორიზონტული წრედის (ლიმბის) სიბრტყე;  $K_1 K_2$  — ჰორიზონტულ წრედთან შეთავსებული ჰოგრის ბრუნვის ღერძი;  $ZO$  — შვეული წრფე მართობი ჰოგრის ბრუნვის  $K_1 K_2$  ღერძისა;  $O$  — სამიზნე ღერძისა და მისი ბრუნვის ღერძის გადაკვეთის წერტილი, რომელიც შეთავსებულია ჰორიზონტული წრედის ცენტრთან;  $K_1 Z' Z K_2$  — ნებისმიერი რადიუსის დამხმარე სფერო;  $ZO D_0' D_0 Z$  და  $ZO M_0' M_0 Z$  — ნორმალური კოლიმაციური სიბრტყის ( $\varepsilon=0$ ) ორი მდებარეობა, რომელთაც  $D_0$  და  $M$  წერტილებზე დამიზნებისას შეესაბამება ლიმბზე  $D_0'$  და  $M_0'$  ნორმალური ანათვლები. დავუშვათ, რომ თეოდოლიტში ადგილი აქვს  $\varepsilon$  კოლიმაციურ შეცდომას. მაშასადამე,  $oz'$  სამიზნე ღერძი არ არის შეთავსებული ნორმალურ კოლიმაციურ სიბრტყესთან და მასთან ადგენს  $\varepsilon$  კუთხეს. ამ შემთხვევაში, როგორც ცნობილია, ჰოგრის  $OZ'$  ღერძი  $K_1 K_2$  ღერძის ირგვლივ ბრუნვით ასწერს კონუსს და დამხმარე სფეროს გადაკვეთაში შექმნიის მცირე წრეს, რომლის  $ZM_0 M_0'$  რკალი პარალელური იქნება ნორმალური კოლიმაციური სიბრტყის შესაბამისი დიდი წრეხაზის  $ZD_0 D_0'$  რკა-





მაშასადამე, (13) ტოლობის მიხედვით კეშმარიტი ანათვალ მიიღება ტოლობით:

$$M_0' = D_0' + \frac{c}{\cos \nu} \quad (6.8.8.15)$$

თუ კუთხეს გავზომავთ ნახევარი ილეთით, მაშინ კუთხის გავომვის შეცდომა:

$$\Delta \beta_c = \frac{c}{\cos \nu_1} - \frac{c}{\cos \nu_2} \quad (6.8.8.16)$$

სადაც  $\nu_1$  და  $\nu_2$  — გავომილი კუთხის გვერდების დახრის კუთხეებია. ამ ფორმულიდან გამომდინარეობს, რომ  $\Delta \beta_c = 0$ , თუ  $\nu_1$  და  $\nu_2$  დახრის კუთხეების აბსოლუტური ოდენობები ტოლია, რაც პრაქტიკაში იშვიათად გვხვდება. ამიტომ მიღებულია სავალდებულო წესი: ყოველი მიმართულების მინიმუმ ორი წრედით, ანუ სრული ილეთით, დამზერისა და (6.8.3.14) ფორმულით განსაზღვრის შესახებ.

$c$  კოლიმაციური შეცდომა აგრეთვე გავლენას ახდენს დახრის კუთხეების და, მაშასადამე, ზენიტური მანძილების გავომვის სიზუსტეზე. მისი გავლენი გამოწვეული დახრის კუთხის შეცდომა აღვნიშნოთ  $\Delta \nu_c$  სიმბოლოთი, რომლის გამოსათვლელი ფორმულის მისაღებად განვიხილოთ  $K_1 M_0 M_0'$  მართკუთხა სფერული სამკუთხედი. ამ სამკუთხედში  $M_0 M_0' = \nu$ , გვერდი  $M_0 K_1 = 90^\circ - c$ ;  $K_1 M_0$  და  $K_1 M_0'$  გვერდებს შორის კუთხე არის  $\nu'$ , რომელიც გავომილია კოლიმაციური შეცდომის მქონე თეოდოლიტით, ხოლო  $M_0'$  წერტილთან კუთხე იქნება  $90^\circ$ . სინუსების თეორემის მიხედვით დავწერთ:

$$\sin \nu = \sin \nu' \cos c, \quad (6.8.8.17)$$

ანუ

$$\sin \nu = \sin \nu' \left( 1 - 2 \sin^2 \frac{c}{2} \right),$$

საიდანაც

$$\sin \nu' - \sin \nu = 2 \sin \nu' \sin^2 \frac{c}{2}.$$

ანუ

$$\cos \frac{\nu' + \nu}{2} \sin \frac{\nu' - \nu}{2} = \sin \nu' \sin^2 \frac{c}{2}. \quad (a)$$

$\nu' - \nu$  სხვაობა წარმოადგენს დახრის კუთხის გავომვის შეცდომას, რომელიც აღვნიშნეთ  $\Delta \nu_c$  სიმბოლოთი; მისი ოდენობის სიმცირის გამო მივიღეთ  $\frac{\nu' + \nu}{2} = \nu'$ . მაშინ (a) დამოკიდებულება გადაიწერება შემდეგნაირად:

$$\sin \frac{\Delta \nu_c}{2} = \sin^2 \frac{c}{2} \operatorname{tg} \nu'. \quad (b)$$

$\Delta v_c$  და  $c$  სიდიდეების სიმცირის გამო შეგვიძლია მათი სინუსები შევ-  
ცვალოთ მწკრივად დაშლის პირველი წევრებით და საბოლოოდ მივიღებთ:

$$\Delta v_c = \frac{c''^2}{2\rho''} \operatorname{tg} v'. \quad (6.8.8.18)$$

მიღებული ფორმულიდან ჩანს, რომ  $\Delta v_c$  სიდიდის ნიშანი მუდმივი რჩე-  
ბა ორივე წრედით დახრის კუთხის გაზომვის დროს და მისი ოდენობა შევა-  
დახრის კუთხის განაზომში. მაგრამ მისი ოდენობა გამოდის მცირე. მაგალითად.  
როცა  $c=1'$ , მაშინ  $\Delta v_c''$  სიდიდის ოდენობები სხვადასხვა  $v'$  დახრის  
კუთხეებისათვის მოცემულია (1) ცხრილში:

ცხრილი 6.8.8.1.

$v'$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	85°	89°
$\Delta v_c$	0"	0",0015	0",003	0",005	0",007	0",010	0",015	0",024	0",05	0",1	0",5

(18) ფორმულა მიახლოებითია. იგი გამოუსადეგარია 90°-თან ახლო  $v'$   
დახრის კუთხეების გაზომვის დროს. ამ შემთხვევაში უნდა გამოვითვალოთ  
 $v'$  სიდიდის ოდენობის მიხედვით  $v$  ოდენობა ზუსტი (17) ფორმულით. შემ-  
დეგ გამოითვლება  $\Delta v_c$ , როგორც სხვაობა  $v'$  და  $v$ -ს შორის.

### XIII. ჭოგრის ბრუნვის ღერძის მთავარი ღერძისადმი არამართობულობის გამოკვლევა (ნახ. 8)

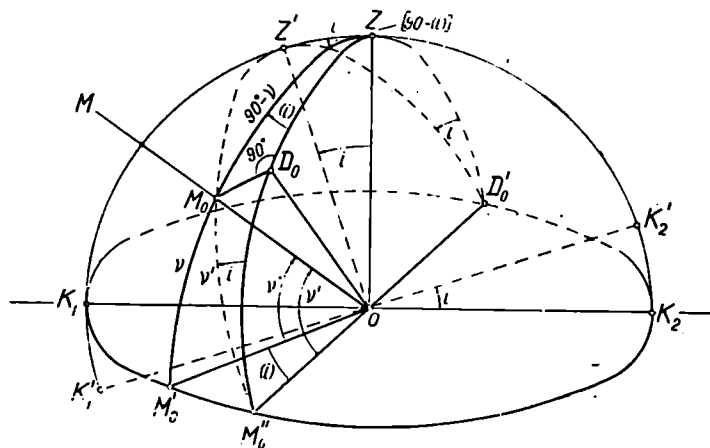
(6.8.3.) პარაგრაფის VI მუხლიდან ცნობილია, რომ ძირითადად სადგარების  
სიგრძეების უტოლობის გამო ჭოგრის ბრუნვის ღერძი არ არის მართობი თეო-  
დოლიტის მთავარი ღერძის, რის გამო კოლიმაციური სიბრტყე შევეული სიბრ-  
ტყისაგან გადახრილი იქნება  $i$  კუთხით და როგორც ჰორიზონტულ, ისე  
შვეულ წრედზე ანათვლები თანხლებული იქნება შეცდომებით. ვთქვათ,  
 $K_1 D_0' K_2 M_0'' M_0' K_1$  არის თეოდოლიტის ჰორიზონტული წრედი;  $OZ$  —  
ვერტიკალური წრფე, რომელთანაც შეთავსებულია ჭოგრის სამიზნე ხაზი  
მისი ბრუნვის ღერძის ჰორიზონტულობის დროს;  $K_1 K_2$  — ჭოგრის ბრუნვის  
ღერძის ნორმალური მდებარეობა, რომელიც პარალელურია ჰორიზონტული  
წრედის სიბრტყისა და მასთან არის შეთავსებული;  $K_1' K_2'$  — არანორმალუ-  
რი მდებარეობა ჭოგრის ბრუნვის ღერძისა, რომელიც დახრილია  $i$  კუთხით  
ნორმალურ  $K_1 K_2$  ღერძთან.

იმ შემთხვევაში, როცა ჭოგრის ბრუნვის ღერძი დახრილია, მისი ბრუნ-  
ვის დროს ჭოგრის სამიზნე  $OZ'$  ღერძი დამხმარე სფეროზე ასწერს დახ-  
რილი დიდი წრის  $M_0'' M_0' Z' D_0'$  რკალს, რომლის სიბრტყეც  $M_0'' D_0' Z D_0'$   
ნორმალური (შვეული) დიდი წრეხაზის სიბრტყესთან ადგენს ხსენებულ  $i$   
კუთხეს. ამ დროს  $M$  წერტილის ეუმინენტით ჭოგრის ისე, რომ არ დაგვირდებ-

ალიდადის შებრუნება და ლიმბზე ანათვალის იქნება  $M_0''$ , რომელიც (i) ოდენობით იქნება მცირე ნამდვილ  $M_0'$  ანათვალთან შედარებით. კოლიმაციური სიბრტყის ნორმალური (შვეული) მდებარეობის დროს საჭირო იქნება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით ალიდადას შებრუნება  $M_0''OM_0' = (i)$  კუთხით და წრედზე ნამდვილი ანათვალის (13) ტოლობის ანალოგიურად აქნებოდა:

$$M_0' = M_0'' - [- (i)] = M_0'' + (i). \quad (6.8.8.19)$$

როგორც (6) ნახაზიდან ჩანს, (i) შეცდომა, მთავრებული ნორმალური კოლიმაციური სიბრტყის ორ ( $D_0$  და  $M_0$  წერტილი) მდებარეობებს შორის, შედეგია თეოდოლიტში კოლიმაციური სიბრტყის შვეული (ნორმალური) მდებარეობიდან  $i$  კუთხით დახრის გამო, რაც გაპირობებულია ქოგის ბრუნვის ღერძის თეოდოლიტის მთავარი ღერძისადმი არამართობიდან.



ნახ. 6.8.8.6.

(i) შეცდომის ფორმულის დასადგენად განვიხილოთ მართკუთხა  $ZZ'M_0$  სამკუთხედი, რომელშიც  $ZZ' = i$ ;  $Z$  წერტილთან კუთხეა  $[90^\circ - (i)]$ , ხოლო გვერდი  $M_0Z = 90^\circ - \nu$ , რომელშიც  $\nu$  არის  $M$  წერტილზე მიმართების დახრის კუთხე. ამ სამკუთხედისათვის ნეპერის წესის მიხედვით (1.2.8.8) დამოკიდებულებების შესაბამისად დავწერთ:

$$\cos [90^\circ - (i)] = \operatorname{ctg} (90^\circ - i) \operatorname{ctg} (90^\circ - \nu),$$

ანუ

$$\sin (i) = \operatorname{tg} i \operatorname{tg} \nu.$$

(i) და  $i$  კუთხეთა სიმცირის გამო მივიღებთ:

$$(i) = i \cdot \operatorname{tg} \nu, \quad (6.8.8.20)$$

მაშასადამე,

$$M_0' = M_0'' + i \operatorname{tg} \nu. \quad (6.8.8.21)$$

თუ კუთხეს გავზომავთ ნახევარი ილეთით, მაშინ კუთხის გაზომვის შედეგობა გამოითვლება დამოკიდებულებით:

$$\Delta \beta_i = i (\operatorname{tg} \nu_1 - \operatorname{tg} \nu_2). \quad (6.8.8.22)$$

$\Delta \beta_i$  იქნება ნული, როცა  $\nu_1 = \nu_2$ .

განხილავთ შეცდომა, როგორც ცნობილია, ისპობა სრული ილეთით კუთხის გაზომვის, ანუ (6.8.3.17) ფორმულის გამოყენებით. ვერტიკალურ წრედზე ანათელის შეცდომა კი გამოითვლება (18) ფორმულის გამოყენების ანალოგიურად გამოყენილი ფორმულით

$$\Delta \nu_i = \frac{i'''}{2\rho''} \cdot \operatorname{tg} \nu'. \quad (6.8.8.23)$$

#### XIV. სკალის შექმნის დროს შტრიხების გატარების შეცდომები.

მათი წარმოშობის მიზეზები და გამოკვლევა

მიუხედავად იმისა, რომ სკალების დამყოფ მანქანას რაც შეიძლება ყოველმხრივ ამოწმებენ, ასწორებენ და გარემოს მავნე გავლენისაგან საგანგებოდ იცავენ, მაინც სკალის შექმნის დროს შტრიხების დაკვესა თანხლებულია უცილობელი შეცდომებით. ამ შეცდომების ძირითად წყაროებად შეიძლება ჩავთვალოთ:

1. დამყოფი მანქანის წამყვანი მექანიზმისა და მოწყობილობების დაზიანების შეცდომები;

2. მუშაობის პროცესში მანქანის მექანიზმისა და მისი ნაწილების დეფორმაცია;

3. მანქანის მჭრელი (მკვესავი) მექანიზმის ანუ მაგიდის მიმმართველის მოძრაობის მოწყობილობის, აგრეთვე წრიული დამყოფი მანქანის ვერტიკალური ღერძის რხევა და ღუნვა;

4. დამყოფი მანქანის მჭრელი მექანიზმის შეცდომები;

5. შტრიხების დატანის პროცესში საჭრისის რხევა, ცვეთა და დეფორმაცია;

6. მანქანის მოძრავე ნაწილების ხახუნით და ფუჭისვლით გამოწვეული შეცდომები;

7. დამყოფი მანქანის მაგიდაზე სკალისათვის ნაშადის დაყენების შეცდომები;

8. სკალის ნაშადის დეფორმაცია შტრიხების დატანის დროს;

9. სკალის დაყოფის პროცესში ტემპერატურის ცვალებადობა;

10. მანქანის ფუჭე-საძირკვლის რხევა;

11. სკალის მასალაში შიგა დამაბულობის ძალების მოქმედება.

ზემოხსენებულის შედეგად სკალის შტრიხები აღმოჩნდება ანგარიშით დადგენილი მდებარეობიდან გადაადგილებულნი.

საერთოდ, შტრიხების გატარების შეცდომებს ჰყოფენ სკალის საერთო სიგრძეში შეცდომებისა, რომელიც გამოსახავს შეუსაბამობას სკალის მთლიან

სიგრძესა და წინასწარ გამოთვლილ სიგრძეს შორის, და სკალის დანაყოფების სისწორესთან დაკავშირებულ შეცდომებზე.

პირველი სახის შეცდომის გამოვლინება ხდება კომპარირებით ანუ სკალის სიგრძის ნორმალურ საზომთან შედარებით. ცალკეულ შტრიხების ელემენტების  $\Delta_x$  შეცდომა სკალის მთელი სიგრძის  $\Delta$  შეცდომის შედეგად გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta_x = \frac{\Delta}{l} l_x \quad (6.8.8.24)$$

სადაც  $l$  არის მთელი სკალის სიგრძე;  $l_x$  — სკალის სათავიდან  $x$  შტრიხამდე მანძილი.

როგორც ცნობილია, გეოდეზიურ ინსტრუმენტებში გამოყენებულა სრული წრიული სკალები, რომელთა სიგრძე ყოველთვის  $2\pi$  ტოლია. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში მნიშვნელობა არა აქვს სკალის საერთო სიგრძის ზუსტად ცოდნას. ამიტომ მას არც საზღვრავენ. მეორე ანუ სკალის დანაყოფების სისწორესთან დაკავშირებული შეცდომების დადგენის დროს, რასაც გეოდეზიური ინსტრუმენტების წრედების გამოყენების დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს, ვგულისხმობთ, რომ მათი სკალის სიგრძეებში შეცდომას ადგილი არა აქვს. ამასთან დაკავშირებით, წინასწარ გამოთვლილ მდებარეობასთან შედარებით შტრიხის ფაქტობრივ გადაადგილებას უწოდებენ შტრიხის სრულ შეცდომას.

ნებისმიერი სკალის შტრიხის სრული შეცდომა წარმოადგენს სისტემატური და შემთხვევითი შეცდომების ჯამს:

$$\Delta_y = \Delta(y) + V_y \quad (6.8.8.25)$$

სადაც  $\Delta_y$  არის  $y$  შტრიხის სრული შეცდომა;  $\Delta(y)$  —  $y$  შტრიხის სისტემატური შეცდომა;  $V_y$  — იმავე შტრიხის შემთხვევითი უაღბათესი შეცდომა.

როგორც (25) დამოკიდებულებაში შეტანილი სიმბოლოდან ჩანს, სისტემატური შეცდომა უნდა წარმოადგენდეს შტრიხის  $y$  ნომრის ანუ სკალზე მისი შესაბამისი ანათვის გარკვეულ ფუნქციას, რომელიც შეიძლება გამოიხატოს შემდეგი სახის პერიოდული ფუნქციის სახით:

$$\Delta(y) = c_0 + c_1 \sin(y + \gamma_1) + c_2 \sin(2y + \gamma_2) + c_3 \sin(3y + \gamma_3) + \dots + c_n \sin(ny + \gamma_n) \quad (6.8.8.26)$$

$c_0, c_1, c_2, \dots, c_n$  კოეფიციენტებისა და  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$  კუთხეების ოდენობებს ადგენენ სკალების გამოკვლევის შედეგად, რომელთა (26) ტოლობაში შეტანით შეიძლება გამოთვლილი იქნეს სკალის ნებისმიერი შტრიხის სისტემატური შეცდომა.

(26) ტოლობას მისი  $c_n$  კოეფიციენტებისა და  $\gamma_n$  კუთხეების მიხედვით აწლევენ წრიულ სახეს, რისთვისაც იყენებენ ტოლობებს:

$$c_n \sin(ny + \gamma_n) = c_n \sin ny \cos \gamma_n + c_n \cos ny \sin \gamma_n \quad (a)$$

მეტილით აღნიშვნები:

$$c_n \cos \gamma_n = a_n \text{ და } c_n \sin \gamma_n = b_n \quad (b)$$

მაშინ (ა) გადაიწერება შემდეგი სახით:

$$c_n \sin(ny + \gamma_n) = a_n \sin ny + b_n \cos ny. \quad (c)$$

(26) ტოლობაში (c) ტოლობის კონკრეტული მნიშვნელობის შეტანით დაწერეთ:

$$\Delta(y) = c_0 + a_1 \sin y + a_2 \sin 2y + \dots + a_n \sin ny + b_1 \cos y + b_2 \cos 2y + \dots + b_n \cos ny. \quad (6.8.8.27)$$

(ბ) ტოლობებიდან  $a_n$ ,  $b_n$  კომპონენტებით მიიღება  $c_n$  და  $\gamma_n$  გამოსათვლელი ფორმულებით:

$$\left. \begin{aligned} c_n &= \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \\ \operatorname{tg} \gamma_n &= \frac{b_n}{a_n} \end{aligned} \right\}. \quad (6.8.8.28)$$

(25) ტოლობის მეორე კომპონენტი, ანუ ყოველი შტრიხის შემთხვევითი შეცდომა, შეიძლება დაეხასიათოთ მათი საშუალო კვადრატული შეცდომის ოდენობით, რომელიც გამოითვლება:

$$\sigma_n = \left. \begin{aligned} m &= \pm \sqrt{\frac{[V_p^2]}{n-1}} \\ m &= \pm \sqrt{\frac{[\delta_p^2]}{n}} \end{aligned} \right\}. \quad (6.8.8.29)$$

ფორმულით. (29) ტოლობებიდან პირველს ვიყენებთ, როცა ცნობილია უაღბათესი  $V_p$  შეცდომები, ხოლო მეორეს—ცნობილი ჰემარტი  $\delta_p$  შეცდომების დროს. აქ  $n$  არის სკალის გამოკვლეული შტრიხების რაოდენობა.

გამოსადგელი ინსტრუმენტის აღიდადის ღერძის ან წრედების გამოსაკვლევი ხელსაწყოების ღერძის რხევის გამო კუთხსაზომი წრედების სკალების დანაყოფების შეცდომების გამოკვლევის დროს საკმარისი სიზუსტით არის შესაძლებელი განისაზღვროს ყოველი ცალკეული შტრიხის შეცდომა. ამავე დროს კუთხსაზომი წრედების შტრიხების შეცდომებს არა აქვთ დიდი (არსებითი) მნიშვნელობა როგორც წრედების ხარისხის დახასიათებებისათვის, ისე განაზომებში მათი შესაბამისი ოდენობების შესწორებების შეტანისას. თუ ამის საჭიროება იქნება, მაგალითად, მიმართულებათა ზუსტ განაზომებში ყოველთვის განაზომები წარმოადგენენ წრედის დიამეტრის ბოლოების შესაბამისი შტრიხების ანათვლების საშუალოს

$$x_p = \frac{\Delta_y + \Delta_{y+180^\circ}}{2}. \quad (6.8.8.30)$$

ამიტომ გამოკვლევების დროს არკვევენ წრედის დიამეტრების შეცდომებს, რომელთა ოდენობები ისაზღვრება დიამეტრის ფაქტობრივად მდებარეობასა და შესაბამისად ნაანგარიშებ მდებარეობას შორის სხვაობით.

(30) ტლობაში შევიტანოთ  $\Delta y$  და  $\Delta y + 180^\circ$  ელემენტების ნაცვლად მათი მნიშვნელობები, გამოთვლილი (25) ფორმულის მიხედვით:

$$x_y = \frac{\Delta(y) + \Delta(y + 180^\circ)}{2} + \frac{V_y + V_{y+180^\circ}}{2} \quad (6.8.8.31)$$

ღიამეტრის ბოლოების შტრიხების სისტემატური შეცდომების საშუალო აღვნიშნოთ:

$$x(y) = \frac{\Delta(y) + \Delta(y + 180^\circ)}{2}, \quad (6.8.8.32)$$

რომელსაც ვუწოდებთ  $y$  ღიამეტრის სისტემატურ შეცდომა ს. ანალოგიურად, შემთხვევით შეცდომათა საშუალო აღვნიშნოთ:

$$\delta_y = \frac{V_y + V_{y+180^\circ}}{2}, \quad (6.8.8.33)$$

რომელიც იქნება  $y$  ღიამეტრის შემთხვევითი შეცდომა ს. წრედის ღიამეტრის სრული შეცდომა კი იქნება:

$$x_y = x(y) + \delta_y. \quad (6.8.8.34)$$

$(y + 180^\circ)$  შტრიხის სისტემატური შეცდომა (26) დამოკიდებულების შესაბამისად დაიწერება შემდეგი სახით:

$$\Delta(y + 180^\circ) = c_0 + c_1 \sin(y + \gamma_1 + 180^\circ) + c_2 \sin(2y + \gamma_2 + 2 \cdot 180^\circ) + c_3 \sin(3y + \gamma_3 + 3 \cdot 180^\circ) + \dots + c_n \sin(ny + \gamma_n + n \cdot 180^\circ); \quad (6.8.8.35)$$

(32) დამოკიდებულებაში, თუ  $\Delta(y + 180^\circ)$  და  $\Delta(y)$  წევრებს გამოვიანხავთ მწკრივების სახით, მაშინ  $y$  ღიამეტრის სისტემატური შეცდომა აგრეთვე გამოისახება პერიოდული მწკრივის სახით:

$$x(y) = c_0 + c_2 \sin(2y + \gamma_2) + c_4 \sin(4y + \gamma_4) + c_6 \sin(6y + \gamma_6) + \dots$$

ამ გამოსახულებაში  $c_0$  წევრი წარმოადგენს შესწორებათა ათვლის საწყისს, რომელიც მოიცემა მიღებული პირობების შესაბამისად. ამიტომ ღიამეტრის სისტემატური შეცდომა საბოლოოდ შეიძლება ასეთი სახით წარმოვიდგინოთ:

$$x(y) = c_2 \sin(2y + \gamma_2) + c_4 \sin(4y + \gamma_4) + c_6 \sin(6y + \gamma_6) + \dots \quad (6.8.8.36)$$

იმ შემთხვევაში, როცა შტრიხების სისტემატურ შეცდომებს გამოსახვენ (27) მწკრივის სახით, აქედან ადვილად დაიწერება ღიამეტრის სისტემატური შეცდომის გამოსახველი მწკრივი

$$\Delta(y) = a_2 \sin 2y + a_4 \sin 4y + a_6 \sin 6y + \dots + b_2 \cos 2y + b_4 \cos 4y + b_6 \cos 6y + \dots \quad (6.8.8.37)$$

ცხადია, ღიამეტრების სისტემატური შეცდომების გამოთვლისათვის საჭირო იქნება გამოვიყენებთ. დადგენილ იქნეს  $c_2, c_4, c_6, \dots$  კოეფიციენტები და  $\gamma_2, \gamma_4, \gamma_6, \dots$  კუთხეები ან  $a_2, a_4, a_6, \dots$  და  $b_2, b_4, b_6$  სიდიდეების ოდენობები.

წრედების დიამეტრების შემთხვევითი შეცდომებია, როგორც ცნობილია, ხასიათდება (29) დამოკიდებულებებით განსაზღვრული საშუალო კვადრატული შეცდომით (აქ  $n$  იქნება წრედის გამოკვლეული დიამეტრების რაოდენობა), რისთვისაც საჭიროა ვიცოდეთ ყოველი ცალკეული  $m_y$  შეცდომის ოდენობა, განსაზღვრული (33) ფორმულით.

როგორც ცნობილია, ილეთების მეთოდით კუთხეების გაზომვების დროს იყენებენ ნახევარი წრის ფარგლებში თანაბრად განლაგებულ საწყის ანაოვლებს და განაზომთა საშუალოების შექმნის დროს (36) და (37) მწკრივებიდან მით მეტი წვერების გავლენა გამოითიშება, რაც მეტი იქნება შესრულებული ილეთების რაოდენობა კუთხეების გაზომვის დროს. აღნიშნულის გამო წრედების ხარისხის შეფასების დროს საჭიროა ყურადღება მიექცეს დიფონომების  $e$  კოეფიციენტების ოდენობებს. ეს კოეფიციენტები უმაღლესი სიზუსტის ინსტრუმენტებში, ჩვეულებრივ, არ აღემატება  $0,2-0,3$ .

ლიმბის გამოკვლევით ირკვევა თუ რამდენად შესაძლებელია მისი გამოყენება მიმართულებების გაზომვისათვის. ასევე გამოკვლევებით დგინდება, რომელი მეთოდი და დამზერათა რამდენი რაოდენობა უნდა შესრულდეს გარკვეული ინსტრუმენტით, რომ მინის ლიმბის დიამეტრების შეცდომების გავლენა იქნეს მინიმუმი.

ლიმბების გამოკვლევის მრავალი ხერხი არსებობს, რომლებიც საგანგებო შესწავლის საგანია. ამ სახელმძღვანელოში განიხილება საკითხები—მიმართულებათა და კუთხეების გაზომვის სხვადასხვა მეთოდის შესახებ, რომელთა საშუალებით რაც შეიძლება მინიმუმამდე იქნება დაყვანილი ლიმბებიდან დაკავშირებული სისტემატური და შემთხვევითი ხასიათის შეცდომების განაზომებზე გავლენები.

### 6.8.9. თეოდოლიტის გამოყენების წესი

თეოდოლიტით მიღებული განაზომების ხარისხი და მისი გამოყენების ხანგრძლივობა დიდად არის დამოკიდებული ხმარების წესის დაცვაზე.

თეოდოლიტით მუშაობის დროს დაუშვებელია მისი ნაწილების მკვეთრი მოძრაობები და ძალით ბრუნვა-გადაადგილება, როცა ისინი რაიმე მიზეზით ადვილად არ მოძრაობენ. პირველ რიგში საჭიროა ეს მიზეზები გამოვლინებულ იქნეს და აღმოიფხვრას. დამტკეცი (დამმაგრებელი) ხრახნებით მუშაობის დროს ისინი ზომიერად უნდა მოუქვიროთ, ე. ი., საჭიროა ხრახნების არც ძალიან მაგრად და არც სუსტად მოკერა. სამუშაოს დაწყების წინ ამწევი (დამყენებელი) და მიკრომეტრული ხრახნები ყოველთვის უნდა იყოს დაყენებული მისი სრული სვლის საშუალო ადგილზე.

თეოდოლიტი როგორც ყუთიდან ამოღების, ისე ჩადების დროს უნდა გვეჭიროს ხელში მისი ისეთი ნაწილით, რომელიც ადვილად არ ზიანდება; მაგალითად, ზედადგარით და არა რომელიმე წრედით, ჯოჯრით ან მისი საღვარებით. როგორც იყო აღნიშნული (6.8.3 პარაგრაფი), ყუთიდან თეოდოლიტის ამოღების წინ და ამოღების პროცესში უნდა ვუქვირდებოდეთ და ვიმახსოვრებდეთ, თუ როგორ არის იგი ჩამაგრებული ყუთში, რათა უკანვე ყუთში მისი მოთავსება-ჩამაგრება უნაკლოდ შევასრულოთ. ყუთში ინსტრუმენტის



ბოთავსების დროს მისი ყველა დამტკეცი ხრახნი მოშვებული უნდა იყოს და ყოველი ნაწილი ფრთხილად, ბიძგებისა და ძალის გარეშე მოთავსდეს შესაფერის ბუდეში; ამის შემდეგ ყუთი ბრტყელ ან მოღუნულ ზესადებებს მოუქერენ და ბოლოს ამაგრებენ ინსტრუმენტის ყველა ნაწილის დამტკეც ხრახნს. სწორად ჩადგმული და დამაგრებული ინსტრუმენტი ყუთში უნდა იყოს უძრავად და ყველა მისი საკუთნარი: შვეული, ჩხირები, სახრახნისები და სათადარიგო ნაწილები ჩალაგდეს თავის ადგილას.

ინსტრუმენტი ყუთში ჩადებადღე უნდა გაეწმინდოთ მტვერისაგან ფუნჯით და ნაჭრით. წვიძით მისი დასველების შემთხვევაში სახამ არ გაშრება არ შეიძლება ყუთში მისი მოთავსება. ინსტრუმენტის შეზეთვა უნდა მოხდეს იშვიათად და ზომიერად (თითო ორი წვეთი ძვლის ზეთი). ინსტრუმენტის დაშლას უნდა ვერიდოთ, რადგანაც მისი აწყობა მოითხოვს დიდ დახელოვნებას.

მიუხედავად იმისა, რომ თეოდოლიტის კონსტრუქცია შექმნილია  $40^{\circ}$ -დან  $+50^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის ცვალებადობის შესაბამისად, მაინც  $-16^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურის დროს უკვე შეინიშნება ალიდადის ბრუნვის სიძნელე და კიდევ უფრო ნაკლები ტემპერატურის დროს—სხვა ნაწილებისაც: სამიზნე ჰოგარის, წრედების, ჰოგარის მათოკუსირებელი რგოლების, მიკრომეტრული ხრახნების და სხვა. ამ დროს თეოდოლიტის სათახალო ნაწილებს ამორებენ ზეთის ნავთის საშუალებით და აღწვევენ შედარებით მათ თავისუფალ მოძრაობას. ყინვისაგან ჰოგარის ობიექტივის დასაცავად, დაორთქვლისა და ყინულით დაფარვისაგან ასაშორებლად ობიექტივს უნდა ჩამოვაცვათ ჰიგროსკოპული ქადალდის 4—6 სმ სიგრძის მილაკი. იმავე მიზნით თარაზოების ამპულები, სარკეები და სხვა მინის ნაწილები უნდა გაიწმინდოს სპირტში დასველებული რბილი ნაჭრით და შემდეგ მსუბუქად წავეუსვათ ხმელი საპონი, რითაც დავცავთ მათ შეორთქვლისაგან. ობიექტივისა და ოკულარის გაწმენდა ნაყინისაგან შეიძლება მხოლოდ მშრალი ან გლიცერინში დასველებული ფუნჯით. დამკვირვებლის თითების გაყინვისაგან დაცვისათვის ინსტრუმენტის ყოველი ნაწილი, რომელზეც მან ხელი უნდა შეახოს, საჭიროა შეიფუთოს ქსოვილით (მატერიის ნაჭრით).

ინსტრუმენტი დაცული უნდა იქნეს სინესტისა, მტერისა, ტალახისა და ტემპერატურის მკვეთრი ცვალებადობისაგან. ტრანსპორტირების დროს, როგორც ყუთი, ისე შტატივი უნდა იყოს რბილ საფენზე დამაგრებული ბაწრით, ასევე ხერხემალა ხრახნი უნდა იყოს მიმაგრებული შტატივის ფეხზე.

#### 6.8.10. რადუჰაჰიისა და დაცენტრის შეტდომის გავლენა კუთხეების განაჯომეზზე

წერტილზე თეოდოლიტის დაყენების, ანუ მისი დაცენტრის, მომწესობაში მოყვანისა და საგანზე დამიზნების საკითხი განხილულია (6.8.3) პარაგრაფის A—a მუხლში და (6.8.5) პარაგრაფის A მუხლში.

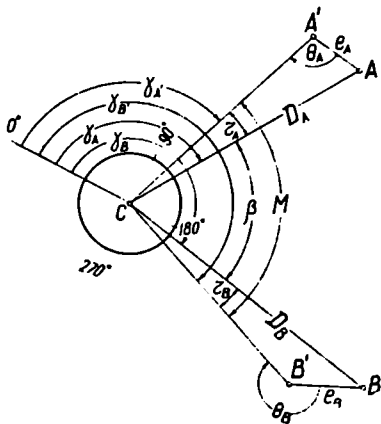
აქ განიხილება სამიზნე სარების დაყენებისას მათი რედუქციის ანუ საჭირო წერტილებიდან გადაცილების (გადაადგილების) და ინსტრუმენტის დაცენტრის შეტდომის გასაზომ კუთხეზე გავლენის საკითხი.

ეთქვათ, საჭიროა ადგილზე  $ACB = \beta$  კუთხის გაზომვა. დავუშვათ, რომ ცენტრუმენტი დაცენტრირლია უშეცდომოდ  $C$  წერტილში და აგრეთვე სარებიც დაყენებულია ზუსტად  $A$  და  $B$  წერტილებში. მაშინ (1) ნახაზის მიხედვით:

$$\beta = \gamma_B - \gamma_A \quad (a)$$

ახლა დავუშვათ, რომ თეოდოლიტი ზუსტად არის დაცენტრირლი  $C$  წერტილში, ხოლო სარები ნებისმიერ უნებლობით ნაცვლად  $A$  და  $B$  წერტილებისა რედუცირებულია (გადაწეულია) და დასმულია  $A'$  და  $B'$  წერტილებში, ე. ი. თეოდოლიტით იზომება არა  $\gamma_B$  და  $\gamma_A$ , არამედ  $\gamma_{B'}$  და  $\gamma_{A'}$  მიმართების კუთხე. მაშასადამე, ნახაზის მიხედვით:

$$\gamma_B = \gamma_{B'} - r_B \text{ და } \gamma_A = \gamma_{A'} + r_A \quad (b)$$



ნახ. 6.8.10.1.

(b) დამოკიდებულებების (a) დამოკიდებულებაში შეტანივთ დავწერთ:

$$\beta = \gamma_{B'} - \gamma_{A'} - (r_B + r_A) \quad (6.8.10.1)$$

იმავე ნახაზიდან

$$\left. \begin{aligned} r_{A'} &= \frac{r_A}{D_A} \cdot \rho'' \sin Q_A \\ r_{B'} &= \frac{r_B}{D_B} \cdot \rho'' \sin Q_B \end{aligned} \right\} \quad (6.8.10.2)$$

სადაც  $r_A$  და  $r_B$  არის  $A$  და  $B$  წერტილებში რედუქციის შეცდომა;

$r_{A'}$ ,  $r_{B'}$  და  $Q_{A'}$ ,  $Q_{B'}$  — იმავე წერტილებში რედუქციის ხაზოვანი და კუთხური ელემენტები;

$D_A$  და  $D_B$  — შესაბამისად  $C$  წერტილიდან  $A$  და  $B$  წერტილებამდე მანძილი;

$\rho'' = 206265''$  — რადიანის კუთხური მნიშვნელობა.

ახლა განვიხილოთ შებრუნებული შემთხვევა, ანუ, როცა სარები დასმულია ზუსტად  $A$  და  $B$  წერტილებში, ხოლო თეოდოლიტი ნებისმიერ უნებლობით ნაცვლად  $C$  წერტილისა დაცენტრირლია  $I$  წერტილში. მაშასადამე, ადგილი აქვს დაცენტრირის  $CI = e$  ხაზოვან და  $\Theta$  კუთხურ ელემენტს (ნახ. 2). ამ შემთხვევაშიც გაზომილია  $M$  კუთხე ნაცვლად  $\beta$  კუთხისა. (2) ნახაზიდან:

$$\gamma_B = \gamma_{B'} + e_B; \quad \gamma_A = \gamma_{A'} + e_A \quad (c)$$

(c) დამოკიდებულებების (a)-ში შეტანით მივიღებთ:

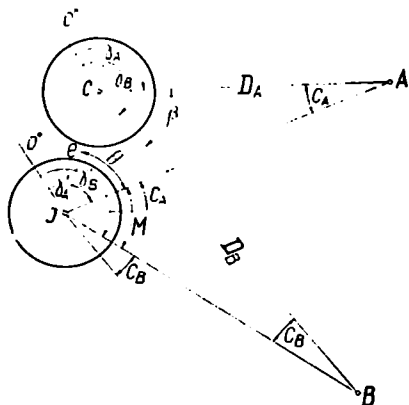
$$\beta = \gamma_B' - \gamma_A' + (c_B - c_A). \quad (6.8.10.3)$$

ინავე ნახაზიდან:

$$\left. \begin{aligned} c_A'' &= \frac{c}{D_A} \cdot \rho'' \sin \theta \\ c_B'' &= \frac{c}{D_B} \cdot \rho'' \sin (\theta + M) \end{aligned} \right\}, \quad (6.8.10.4)$$

სადაც  $c_A$  და  $c_B$  არის  $\gamma_A'$  და  $\gamma_B'$  მიმართების კუთხეებში შეცდომა, რომლებიც გამოწვეულია დაცენტრის  $e$  ხაზოვანი და  $\theta$  კუთხური ელემენტთა მიერ.

(2) და (4) დამოკიდებულებებიდან ნათლად სჩანს, რომ გარკვეულ პირობებში რელუქციისა და დაცენტრის შეცდომების ოდენობები უკუპროპორციულია გასაზომი კუთხის გვერდების სიგრძისა.



ნახ. 6.8.10.2.

სიზუსტის გაზრდა, რაც შეიძლება მიღწეული იქნეს ოპტიკური შველის გამოყენებით.

ზემოგანხილულ საკითხთან დაკავშირებით რელუქციისა და დაცენტრის ხაზოვანი და კუთხური ელემენტების განსაზღვრის და შესწორების საკითხი ი.ი.ლეთ VIII ტომში—ტრიანგულაცია.

### 6. 8. 11. საბუნაე ჰოგრით დამიზნების დროს თარაზული წრადის (ლიმბის) სასურველ ანათვალზე დანაყოფების ასათვალელი ხელსაწყოს დაქანება. წარტილზე მიმართების მავნიტური აზიშების გაზომვა თეოდოლიტის ჰორიზონტული წრადის საშუალებით

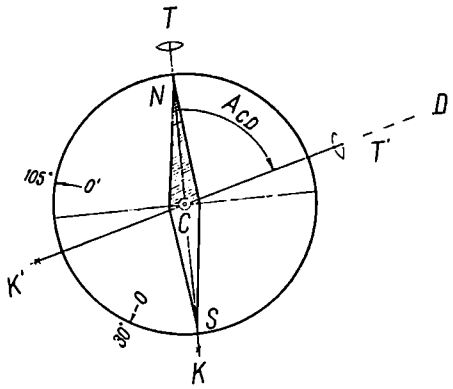
შემდეგ პარაგრაფში ენახავთ, რომ მიმართულებებისა და კუთხეების სხვადასხვა მეთოდებით გაზომვებთან დაკავშირებით საჭირო ხდება წრედის სხვა-

დასხვა ნაწილის გამოყენება, რაც დაკავშირებულია ქოგრით საგნებზე დამიზნების დროს ასათვლელი ხელსაწყოების სასურველ ანათვალზე დაყენებასთან. ცხადია, ხშირი პორიზონტული წრედის მქონე არაგანმეორებითი თეოდოლიტით მიზანს ვერ მივაღწევთ. მაშასადამე, აქ განხილული უნდა იქნეს საკითხი განმეორებითი და მბრუნავი წრედის არაგანმეორებითი თეოდოლიტის ლიბმის სასურველ ანათვალზე დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოების შესახებ.

განმეორებითი თეოდოლიტში წრედ-ალიდადაზე დამაგრებული დანაყოფების ამთვლელ ხელსაწყოს პირდაპირ დავაყენებთ წრედის სასურველ ანათვალზე და წრედ-ალიდადას დავამაგრებთ. შემდეგ ვაბრუნებთ წრედს, მაშასადამე, მასთან ერთად წრედ-ალიდადას ქოგრითურა: და ქოგრს ვუმიზნებთ საგანს ტლანქად ხელით და ვამაგრებთ წრედს მისივე დამტკეცი ხრახნით. შემდეგ წრედის მიკრომეტრული სრახნით ცნობილი წესით ვაზუსტებთ დამიზნებას საგანზე. ბოლოს ვიღებთ ზუსტ ანათვალს წრედზე, რომელიც ჩაიწერება ჟურნალის სათანადო სვეტში.

იმავე მიზნით მბრუნავი წრედის მქონე არაგანმეორებითი თეოდოლიტის წრედ-ალიდადას ბრუნვითი ქოგრს ვუმიზნებთ საგანს (სარს ძირში და პირამიდის ცილინდრს წვეროში), შემდეგ ხელით ან სათანადო ხრახნით წრედს ვაბრუნებთ მანამ, სანამ წრედ-ალიდადაზე დამაგრებული დანაყოფების ასათვლელ ხელსაწყოს არ დავაყენებთ წრედის სასურველ ანათვალზე, რომელიც ჩაიწერება ჟურნალის სათანადო სვეტში.

თეოდოლიტის პორიზონტული წრედით  $CD$  მიმართების მაგნიტური აზიმუტის გაზომვისათვის ბუსოლს ვამაგრებთ თეოდოლიტზე და ავუსვენებთ ისარს (ნახ. 1). ქოგრის ობიექტივს მივმართავთ ისრის  $N$  ჩრდილო ბოლოსაკენ, რისთვისაც პორიზონტული წრედის უძრავ მდგომარეობაში წრედ-ალიდადას ვაბრუნებთ ფრთხილად, სანამ დამშვიდებული ისრის ჩრდილო ბოლოთი ანათვალი არ იქნება  $0^{\circ}$ -სი (იგულისხმება, რომ ბუსოლი შემოწმებულია) და ალიდადას დავამაგრებთ (ნახაზზე ბუსოლის  $0^{\circ}$  ნაჩვენები არ არის). ამ მოქმედებას ეწოდება თეოდოლიტის ორიენტირება. როგორც ვხედავთ, თეოდოლიტის ორიენტირებაში იგულისხმება მისი კოლიმაციური სიბრტყის  $C$  წერტილის მაგნიტური მერიდიანის სიბრტყისადმი, ანუ  $KT$  სამიზნე ღერძის ისრის  $NS$  ღერძისადმი, შეთავსება.



ნახ. 6.8.11.1.

(1) ნახაზზე ნაჩვენებია პორიზონტული წრედი, რომელზეც დაგეგმილია ყველა ღერძები. ვთქვათ, ამ დროს ანათვალია

პორიზონტულ წრედზე  $30^\circ$ . ავეშვებთ წრედ-ალიდადას და ჭოვრის ევმიზნებზე  $D$  წერტილს. სამიზნე ღერძი მიიღებს  $K'T'$  მდებარეობას, ხოლო  $o$  ინდექსი  $o'$  მდებარეობას, რომელსაც წრედზე შეესაბამება ანათავალი  $105^\circ$ . მაშასადამე,  $CD$  მიმართების აზიმუტია:

$$A_{CD} = 105^\circ - 30^\circ = 75^\circ. \quad (6.8.11.1)$$

იმისათვის, რომ მაგნიტური აზიმუტი საიმედოდ იყოს გაზომილი, საჭიროა ბუსოლის ნულოვან დიამეტრზე გამავალი შვეული სიბრტყე პარალელური იყოს თეოდოლიტის სამიზნე ჭოვრის კოლიმაციური სიბრტყისა. შემოწმებისათვის თეოდოლიტის პორიზონტული წრედის საშუალებით ორჯერ იზომება ერთი და იმავე მიმართების აზიმუტი. პირველად თეოდოლიტის ორიენტირებას ვახდენთ ნორმალური ბუსოლით და შემდეგ ვზომავთ საგანზე  $A_6$  ნორმალურ აზიმუტს. ხოლო მეორეჯერ ორიენტირებას ვახდენთ გასასინჯი ბუსოლით და შემდეგ ვზომავთ იმავე საგნის  $A_5$  გასასინჯ აზიმუტს. ნორმალური ეწოდება ბუსოლა, რომელსაც აქვს  $\varepsilon_5$  ნორმალური შესწორება, დადგენილი დედამიწის მაგნიტური ინსტიტუტის ან გეომაგნიტური ობსერვატორიის მიერ. ერთი და იმავე საგანზე გაზომილი აზიმუტების სხვაობით ისაზღვრება სამუშაო (თეოდოლიტის) ბუსოლის ინსტრუმენტული  $\varepsilon_6$  განაზომის შესწორება

$$\varepsilon_6 = A_5 - A_6. \quad (6.8.11.2)$$

მაგნიტური აზიმუტის გაზომვა სჯობს ვაწარმოოთ დილის საათებში, რადგანაც ამ დროის როგორც ნორმალური, ისე გასასინჯი ისრის დღელამური მიხრილობის ცვალებადობის  $\omega_5$  და  $\omega_6$  შესწორება მცირე ოდენობებისაა. აგრეთვე საჭიროა თეოდოლიტისა და მიწიზღვევლ საგნებს შორის დაცული იყოს ის მანძილები, რომლებიც ჩამოთვლილია 6. 7. 2 პარაგრაფის  $B$  მუხლის  $c$  პუნქტში.

პრაქტიკულად აზიმუტის გაზომვისათვის თეოდოლიტის მომწესობაში მოყვანის შემდეგ წრედ-ალიდადის ბრუნვით ჭოვრის უმიზნებენ საგანს და იღებენ ლიმბზე  $\gamma$  ანათვალს (ლიმბი დამაგრებულია ან ხშულია), შემდეგ არეტირით (ბერკეტით) აუშვებენ ბუსოლის ისარს და აბრუნებენ წრედ-ალიდადას მანამ, სანამ „დამშვიდებული“ ისრის ჩრდილო ბოლოს (ასევე სამხრეთ ბოლოს) არ შეუთავსდება ბუსოლის ნულოვანი დიამეტრის ინდექსი (ჭოვრის ობიექტივი ისრის ჩრდილო მხარესაკენაა) და აიღებენ  $\varepsilon$  ანათვალს ლიმბზე.  $\gamma$  აღების შემდეგ სამ-სამჯერ აიღება ისრის როგორც ჩრდილო, ისე სამხრეთ ბოლოს ბუსოლის ნულოვან დიამეტრზე შეთავსების შესაბამისად  $\varepsilon$  ანათვალი ლიმბზე. ისრის ჩრდილო ბოლოს ბუსოლის ნულოვან დიამეტრთან სამჯერ შეთავსების შესაბამისი  $\varepsilon$  ანათვლები ურთიერთ არ უნდა განსხვავდებოდეს  $6'$  ოდენობით, ასევე უნდა მოხდეს ისრის სამხრეთი ბოლოს მიმართაც. ამის შემდეგ აიღება  $\varepsilon$ -ს ექვსი მნიშვნელობის საშუალო, რითაც საშუალება მოგვეცემა ბუსოლის ინსტრუმენტული  $\varepsilon_6$  განაზომის შესწორების გამოთვლისა. მაგალითად, ცხადია, რომ

$$A_5 = \gamma_5 - (\varepsilon_5 + \varepsilon_6 + \omega_5), \quad (6.8.11.3)$$

$$A_8 = \gamma_8 - (e_8 + \varepsilon_8 + \omega_8). \quad (6.8.11.4)$$

აგრეთვე ცხადია, რომ ნორმალური ბუსოლის გამოყენებით გაზომილი  $A_8$  ნორმალური მაგნიტური აზიმუტი უნდა იყოს ტოლი გასასინჯი ბუსოლის გამოყენებით  $A_8$  გაზომილი მაგნიტური აზიმუტისა, ე. ი. შეგვიძლია დავწეროთ:

$$\gamma_8 - (e_8 + \varepsilon_8 + \omega_8) = \gamma_8 - (e_8 + \varepsilon_8 + \omega_8), \quad (6.8.11.5)$$

საიდანაც განისაზღვრება სამუშაო (გამოსაცდელი) ბუსოლის გამოყენებით გაზომილი აზიმუტის  $\varepsilon_8$  განაზომის შესწორების ოდენობა:

$$\varepsilon_8 = [\gamma_8 - (e_8 + \varepsilon_8 + \omega_8)] - [\gamma_8 - (e_8 + \omega_8)], \quad (6.8.11.6)$$

სადაც  $\gamma_8$  და  $\gamma_8$  არის ერთი და იმავე საგანზე ჰოგრით დამიზნების დროს ლიმბზე ანათვალი, როცა თეოდოლიტზე დაყენებულა ნორმალური და სამუშაო (გამოსაცდელი) ბუსოლი;

$e_8$  და  $e_8$  — ექვს-ექვსჯერ ანათვალი ლიმბზე (პირველ და მეორე შემთხვევაში) ისრის ჩრდილო და სამხრეთ ბოლოების ბუსოლის ნულოვან დიამეტრთან შეთავსების შესაბამისად;

$\omega_8 = \omega_8 = \omega$  — მოცემული ადგილის განედის მიხედვით მაგნიტური ისრის მიხრილობის ცვალებადობის ოდენობა საგანგებო ცხრილებიდან;

$\varepsilon_8$  — ნორმალური ბუსოლის შესწორება, რომელსაც იძლევა დედამიწის მაგნიტიზმის ინსტიტუტი ან გეომაგნიტური ობსერვატორია.

მაგალითი 6. 8. 11. 1. ვთქვათ, ადგილის  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varepsilon_8 = -0^\circ 30'$ ;  $\omega = +0^\circ 02'$ . განაზომები დამუშავებულია (1) სქემაში, 1971 წელი 25 ივნისი.

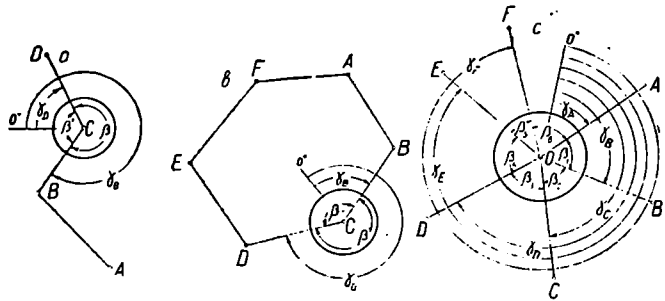
სქემა 6.8.11.1.

აღნიშვნები	ნორმალური ბუსოლი	სამუშაო (გამოსაცდელი) ბუსოლი																
დრო	$\frac{1 \text{ ილეთი}}{84 \text{ } 0,10}$	84 30"																
$\gamma$	325° 30'	159° 02'																
$c$	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>110 02</td> <td rowspan="3">} ისრის ჩრდილო ბოლოს შეთავსების</td> </tr> <tr> <td>06</td> </tr> <tr> <td>04</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td rowspan="3">} ისრის სამხ. ბოლოს შეთავსების</td> </tr> <tr> <td>14</td> </tr> <tr> <td>16</td> </tr> </table>	110 02	} ისრის ჩრდილო ბოლოს შეთავსების	06	04	19	} ისრის სამხ. ბოლოს შეთავსების	14	16	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>302 32</td> <td rowspan="3">} ისრის ჩრდილო ბოლოს შეთავსების</td> </tr> <tr> <td>34</td> </tr> <tr> <td>36</td> </tr> <tr> <td>44</td> <td rowspan="3">} ისრის სამხ. ბოლოს შეთავსების</td> </tr> <tr> <td>45</td> </tr> <tr> <td>50</td> </tr> </table>	302 32	} ისრის ჩრდილო ბოლოს შეთავსების	34	36	44	} ისრის სამხ. ბოლოს შეთავსების	45	50
110 02	} ისრის ჩრდილო ბოლოს შეთავსების																	
06																		
04																		
19	} ისრის სამხ. ბოლოს შეთავსების																	
14																		
16																		
302 32	} ისრის ჩრდილო ბოლოს შეთავსების																	
34																		
36																		
44	} ისრის სამხ. ბოლოს შეთავსების																	
45																		
50																		
საშუალო $c$	110° 10'	302° 40'																
$\varepsilon_8$	- 0 30	-																
$\omega$	+ 0 02	+ 0 02																
$c'$	109° 42'	302° 42'																
$A = \gamma - c'$	215° 48'	216° 20'																
$\varepsilon_8 = A_8 - A_8$	-	- 0° 32'																

6. 8. 12. თარაზული მიმართულებებისა და კუთხეების გაზომვის სხვადასხვა მეთოდები

კუთხის გაზომვის მიზნით, როგორც ცნობილია, ვაყენებთ თეოდოლიტს მის წვიროზე, ვცენტრავთ. მომწესობაში მოგვყავს და ვასრულებთ ჰოგრის ლოკუსთგაწყობას თვალზე, ხოლო დანაყოფების ამთვლელ ხელსაწყოს ვაყენებთ სასურველ ანათვალზე, ვაწარმოებთ ჰოგრის დამიზნებებს და ფოკუსთგაწყობას კუთხის გვერდების ბოლო წერტილებზე. ინსტრუმენტული შეცდომების, როგორცაა: ექსცენტრისიტეტის, ჰორიზონტული წრედის დახრის, მთავარი ღერძის დახრის, კოლიმაციური შეცდომის, კოლიმაციური სიბრტყის დახრის, წრედის სისტემატური და შემთხვევითი შეცდომების მოსპობისა და ზოგიერთი მნიშვნელოვანი დაზიანების აგრეთვე ვაჩემოვს ვაილენის, სუბიექტური შეცდომებისა და სხვა, მვენე ზეგავლენათა ამორების მიზნით არსებობს თარაზული კუთხეების გაზომვის მრავალი მეთოდი.

საერთოდ, როგორც ვიცით, ყოველი თარაზული კუთხე მიიღება მისი გვერდების გაზომილ მიმართულებათა:  $A$  აზიმუტების,  $\alpha$  დირექციული კუთხეების ან  $\gamma$  მიმართების კუთხეების სხვაობით, რომელთა ოდენობების გაზომვები დაკავშირებულია ჰორიზონტულ წრედთან.<sup>1</sup> მათზე წარწერები კი იზრდება საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით. ამიტომ როგორი მეთოდით თანამიმდევრობითა და მარშრუტითაც არ უნდა ხდებოდეს მიმართულებათა გაზომვები, მულამ უნდა გვახსოვდეს, რომ პუნქტში (სადგურში) შემავალი ნებისმიერი თარაზული კუთხის ოდენობის დასადგენად მის წვეროზე სახით ამ კუთხისაკენ უნდა დავდგეოთ ჩვენგან მარჯვენა გვერდის მიმართულებას გა-



ნახ. 6.8.12.1.

მოვაკლოთ მარცხენა გვერდის მიმართულება და თუ საკლები ნაკლებია მაკლებზე, მექანიკურად საკლებს დავშუბათოთ 360°. თეოდოლიტით ჰორიზონტული კუთხეების გაზომვის დროს, ჩვეულებრივ, საწყის მიმართულებად (ღერძად) მიღებულია ლამსის

<sup>1</sup> საერთოდ, როდესაც ლაპარაკია თარაზული მიმართულებებისა და კუთხეების გაზომვების შესახებ ტექსტში ნაცვლად თარაზული წრედისა ანუ თარაზული ლიშისა ხშირად ვწერთ წრედს ან ლიშებს და იგულისხმება თარაზული წრედი (ლიშები).

ნულოვანი დიამეტრის  $0^\circ$ -ის მხარე (ნულ-პუნქტი), ანათვლები კი, როგორც  
 ციცი, დაიყვანება I ვერნიერზე (ერთ მიკროსკოპზე); აგრეთვე მნიშვნელობა  
 არა აქვს გაზომვების პროცესში პირველ რიგში ჩვენგან შვეული წრედი მარ-  
 ჯენივ ( $R$ ) იქნება თუ მარცხნივ ( $L$ ). როგორც ვხედავთ, მიმართულე-  
 ბებს წარმოადგენს მათი გამომართების კუთხეები.

$$\begin{array}{l}
 \text{1<sup>ა</sup> ნახაზზე} \\
 \beta = \gamma_B - \gamma_D; \\
 \beta' = (\gamma_D + 360^\circ) - \gamma_B; \\
 \\
 \text{1<sup>ბ</sup> ნახაზზე} \\
 \beta = (\gamma_B + 360^\circ) - \gamma_D; \\
 \beta' = \gamma_D - \gamma_B; \\
 \\
 \text{1<sup>გ</sup> ნახაზზე} \\
 \beta_1 = \gamma_B - \gamma_A; \quad \beta_2 = \gamma_C - \gamma_B; \\
 \beta_3 = \gamma_D - \gamma_C; \quad \beta_4 = \gamma_E - \gamma_D; \\
 \beta_5 = \gamma_F - \gamma_E; \quad \beta_6 = (\gamma_A + 360^\circ) - \gamma_F;
 \end{array}
 \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{1<sup>ა</sup> ნახაზზე} \\ \text{1<sup>ბ</sup> ნახაზზე} \\ \text{1<sup>გ</sup> ნახაზზე} \end{array}} \right\} (6.8.12.1)$$

ყველა დამოკიდებულებაში საკლებია გასაზომი კუთხის მარჯვენა (უკანა)  
 და მარცხენა—მარცხენა (წინა) გვერდის მიმართულება, აგრეთვე ( $1^a$ ) და ( $1^b$ )  
 ნახაზის მიხედვით:  $A, B, C, D$  მარშუტისათვის.  $\beta$  არის მარჯვენა, ხოლო  
 $\beta'$  — მარცხენა კუთხე, ხოლო შებრუნებული სვლისათვის  $\beta$  იქნება მარცხენა  
 და  $\beta'$  მარჯვენა კუთხე.

როგორც ითქვა, არსებობს თარაზული კუთხეების გაზომვის სხვადასხვა  
 ხერხი. მაგალითად, როცა საჭიროა ცალკეული (ნახ.  $1^a$  —  $1^b$ ) კუთხის გა-  
 ზომვა, მაშინ გამოიყენება: ნახევარი ილეთის; ერთი ილეთის  
 (ნახევარილეთებს შორის ლიმბის გადაადგილებით და გადაუადგილებლად) ან  
 განმეორებითი ხერხები. ერთ წერტილში შემავალ მრავალ მიმართულებათა  
 შორის თარაზული კუთხეების გაზომვებისათვის (ნახ.  $1^a$ ) იყენებენ: წრიულ  
 ილეთების, შრებიერის, სამი მიმართულების ან შრებიერის სახეშეცვლილ ხერ-  
 ხებს.

#### A. ნახევარილად ერთი ილეთით ცალკეული კუთხის გაზომვა

განხილად შემთხვევაში შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც განმეორ-  
 ებითი, ისე არაგანმეორებითი თეოდოლიტი.

კუთხის წვეროზე თეოდოლიტის დაყენების შემდეგ შეიძლება დანაყოფ-  
 ების ასათვლელი ხელსაწყოს ნულ-ინდექსი დაეყენოთ სასურველ ანათვალზე  
 (ვთქვათ,  $0^\circ$ -ზე) ან ჰოგრი პირდაპირ დაეუმინზოთ გასაზომი კუთხის ერთ-ერთი  
 გვერდის ბოლოს, ვთქვათ,  $B$  წერტილს (ნახ.  $1^a$ ), პორიზონტული წრედი და-  
 ვამაგროთ და ავილოთ მასზე  $\gamma_B^R$  ანათვალი (წრედი მარჯვნივა). ავუშვათ  
 წრედი-ალიდადა და ჰოგრი დაეუმინზოთ მეორე გვერდის ბოლო  $D$  წერტილს,  
 ანათვალი თარაზულ ლიმბზე იქნება  $\gamma_D^R$ , ამით მთავრდება ნახევარი ილეთი. მა-



შასადამე, (1<sup>ა</sup>, ბ) ნახაზის შესაბამისად ნახევარი ილეთით კუთხის ოდენობა (1) ტოლობების მიხედვით განისაზღვრება სხვაობით:

$$\beta_R = \gamma_B^R - \gamma_D^R \quad (6.8.12.2)$$

ერთი ილეთით (ნახევარი ილეთებს შორის თარაზული ლიმიზის გადაადგილებით) კუთხის განსაზღვრისათვის  $\gamma_B^R$  ანათვალს შეეცვლით (გავადიდებთ) დაახლოებით  $90^\circ - 120^\circ$ . ჰოგარს გადაერთანო ზენიტზე ანუ წრედი მარცხნივ ( $L$ ) და თარაზული ლიმიზის ბრუნვით ჰოგარს ვეშიზნებთ ისევე  $B$  წერტილს, ავიღებთ ზუსტ  $\gamma_B^L$  ანათვალს, ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და ჰოგარს ვეშიზნებთ  $D$  წერტილს, ანათვალს იქნება  $\gamma_D^L$ . ამით მთავრდება მეორე ნახევარი ილეთი. ე. ი. როცა წრედი მარცხნივ არის, იგივე  $\beta$  კუთხე განისაზღვრება ფორმულით

$$\beta_L = \gamma_B^L - \gamma_D^L \quad (6.8.12.3)$$

კუთხეების კერძო ოდენობები ურთიერთ არ უნდა განსხვავდებოდეს თეოდოლიტის დანაყოფების ასათვლელ ხელსაწყოს  $\angle$  სიზუსტეზე მეტი ოდენობით, ე. ი. მოითხოვება, რომ

$$\beta_R - \beta_L \leq \epsilon.$$

ამის შემდეგ (2) და (3) დამოკიდებულებებით ისაზღვრება  $C$  წვეროში შემავალი  $\beta$  კუთხის უაღბათესი მნიშვნელობა ერთი ილეთით:

$$\beta = \frac{\beta_R + \beta_L}{2} = \frac{[\gamma_B^R - \gamma_D^R]}{2} + \frac{[\gamma_B^L - \gamma_D^L]}{2} \quad (6.8.12.4)$$

მაგალითი 6.8.12.1. იხილეთ (1) სქემა, რომელიც შეესაბამება (1<sup>ა</sup>) ნახაზს, ანუ ცალკეული  $\beta$  კუთხის გაზომვას ერთი ილეთით ნახევარი ილეთებს შორის თარაზული ლიმიზის გადაადგილებით.

სქემა 6.8.12.1

წერტილები		ანათვლები წრედზე		საშუალო ანათვლები	კუთხის ოდენობა		შენიშვნა
სიღვენი	დასაშ. ნებელი	I	II		ნახევარი ილეთით	ერთი ილეთით	
1	2	3	4	5	6	7	8
C		წრედი მარჯვნივ ( $R$ )			224 16 30	224 16 15	$\epsilon = 30'$
	B	270 54 30	55 00	270 54 45			
	D	46 38 00	38 30	46 38 15			
		წრედი მარცხნივ ( $L$ )					
	B	11 04 30	04 00	11 04 15	224 16 00		
	D	146 48 00	48 30	146 48 15			

მაგალითი 6.8.12.2. იხილეთ (2) სქემა, რომელიც შეესაბამება (1<sup>ბ</sup>) ნახაზს, ანუ ერთი ილეთით β' კუთხის გაზომვას ნახევარილეთებს შორის თარაზული ლიმბის გადაადგილებით.

სქემა 6.8.12.2.

წერტილის სხელწოდება		ანათელები წრედზე		საშუალო ანათვალი	კუთხის ოდენობა		შენიშვნა
სადურის	ლაპიზნე-გელი	I	II		ნახევარი ილეთით	ერთი ილეთით	
		o i "	o i "'	o i "	o i "	o i "'	
C	D	148 52 30	52 00	148 52 15	253 22 00	253 22 15	
	B	255 30 00	30 30	255 30 15			
	D	268 55 30	56 00	268 55 45	253 22 30		
	B	15 33 30	33 00	15 33 15			

როგორც ვხედავთ, ერთი კუთხის ერთი სრული ილეთით გაზომვისათვის მოვახდინეთ ოთხჯერ დამზერა და წრედზე ამდენჯერვე ანათელების აღება, აგრეთვე გამოვიყენეთ წრედის ორი სექტორი.

იმ შემთხვევაში, როცა ცალკეულ კუთხეს ვზომავთ ერთი ილეთით ნახევარი ილეთებს შორის თარაზული ლიმბის გადაუადგილებლად, პირველი ნახევარი ილეთის დამოკიდებულების შემდეგ ლიმბს ხელს არ ვახლებთ და ჰოგარს გადავიტანთ ზენიტზე; ეუმინებთ ისევ მარჯვენა B საგანს და ვიღებთ  $\gamma_B^I$  ანათვალს, შემდეგ უკანვე წრედ-ალიდადას მარცხნივ ანუ საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით ბრუნვით ჰოგარს ეუმინებთ მარცხენა D საგანს (ნახ. 1<sup>ა</sup>) და ვიღებთ  $\gamma_D^I$  ანათვალს.

ამით მთავრდება მეორე ნახევარი ილეთი. შემდეგ ვსაზღვრავთ როგორც მარჯვენა, ისე მარცხენა გვერდის მიმართულებათა უალბათეს ოდენობებს:

$$\gamma_D = \frac{\gamma_D^R + \gamma_D^L}{2}; \quad \gamma_B = \frac{\gamma_B^R + \gamma_B^L}{2} \quad (6.8.12.5)$$

და შემდეგ ცნობილი წესით 1<sup>ა</sup> ნახაზის შესაბამისად მიღებულ მიმართულებათა შორის კუთხე ერთი ილეთით განსაზღვრება მათი სხვაობით:

$$\beta = \gamma_B - \gamma_D = \frac{[\gamma_B^R + \gamma_B^L] - [\gamma_D^R + \gamma_D^L]}{2} \quad (6.8.12.6)$$

მაშასადამე, პირველი წესით β კუთხის ოდენობა დადგენილია (2) და (3) ტოლობების სხვაობით განსაზღვრულ კუთხეთა კერძო ოდენობების საშუალო-

თი (4) ტოლობის სახით (სქემა 1 და 2). ხოლო მეორე წესით იგივე კუთხე მიიღება მარჯვენა და მარცხენა მიმართულებების (5) ტოლობებით განსაზღვრულ მნიშვნელობათა სხვაობით (6) ტოლობის სახით.

(4) და (6) ტოლობები კონსტრუქციულად ერთნაირია, მაგრამ მათ შორის ჩაბნობით განსხვავებაა, რადგანაც ერთი და იგივე კუთხე პირველ შემთხვევაში გაზომილია თარაზული ლიშბის ორი სექტორის გამოყენებით და მეორე შემთხვევაში გამოყენებულია თარაზული ლიშბის მხოლოდ ერთი სექტორი.

მაგალითი 6.8.12.3 კუთხე გაზომილია ერთი ილეთით თარაზული ლიშბის გადაადგილების გარეშე (5) და (6) ტოლობების შესაბამისად (სქემა 3).

სქემა 6.8.12.3

წერტილები	ანათვლები ლიშბზე		საშუალო $\gamma_L$ $\gamma_R$	$2c = \gamma_L - \gamma_R \pm 180^\circ$	$\frac{\gamma_L + \gamma_R \pm 180^\circ}{2}$	კუთხის ოდენობა	შენიშვნა	
	$\gamma_L$	$\gamma_R$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
C	B	0° 08' 30"	180° 07' 30"	0° 08' 15"	-45"	0° 06' 38"	166° 54' 22"	
		06 00	06 30	07 00				
	D	167° 01' 00"	847° 01' 00"	167° 00' 45"				
		00 30	01 30	01 15	-30"	167° 01' 00"		

სქემის მე-3 და მე-4 სვეტებში ზემოთ იწერება I ვერნიერით ან ოპტიკური მიკრომეტრით ათვლილი გრადუსები, მინუტები და სეკუნდები, ხოლო ქვემოთ—II ვერნიერით ან ოპტიკური მიკროსკოპით განმეორებითი კვესურების შეთავსების შესაბამისი ანათვალა (როცა ლიშბის შტრიხი მოხვედრილია ბისექტორის ცენტრზე) მხოლოდ მინუტები და სეკუნდები; 5 სვეტში კი ყოველ ცალკეულ ( $\gamma_L$  და  $\gamma_R$ ) ანათვალთა საშუალო, დამრგვალებული სეკუნდამდე, რითაც ისპობა წრედალიდადის ექსცენტრისიტეტი. მე-6 სვეტში მოითხოვება, რომ ორივე მიმართულებაში  $2c$  იყოს ურთიერთ ახლო და მათ შორის ალგებრული სხვაობა არ გადასცილდეს ინსტრუმენტის 2 სიზუსტეს; მე-7 სვეტში ისაზღვრება ყოველი მიმართულების საშუალო, რითაც კუთხის განაზომში ისპობა კოლიმაციური შეცდომის გავლენა.

### B. განმეორებითი ხეჩხით ცალკეული კუთხის გაზომვა

ამ შემთხვევაში გამოიყენება მხოლოდ განმეორებითი თეოდოლიტი, რაც საფუძვლად უდევს თეოდოლიტის სახელწოდებას—განმეორებითი.

განხილადი ხერხით, ისევე როგორც ილეთების ხერხით, იზომება ერთი ცალკეული კუთხე, რისთვისაც მის ორივე გვერდის ბოლო წერტილს ვუმიზნებთ ჭოგარს რამდენიმეჯერ თარაზული ლიშბის სხვადასხვა ნაწილის გამოყენე-

ბით, მაგრამ ანათვალს ლიმბზე ვიღებთ მხოლოდ ოთხჯერ ან ორჯერ (ოთხჯერ ანათვალს იღებენ გეოდეზისტები, ხოლო ორჯერ—მარკვეიდერები). ჩატარებული განაზომების საშუალებით საბოლოოდ მიიღება გასაზომი კუთხის კერძო მნიშვნელობათა საშუალო.

განვიხილოთ გეოდეზისტების მიერ მიღებული ხერხი, რომელიც გაუსის მიერ არის დამუშავებული. პირველ რიგში გამოვიყვანოთ ფორმულა ერთი სრული განმეორებით  $\beta$  კუთხის გაზომვისათვის (ნახ. 2).

1. დანაყოფების ასათვლელ ხელსაწყოს დაეაყენებთ დაახლოებით  $0^{\circ}$ -ზე (ოტა მეტ, ვთქვათ,  $\frac{1}{2}L=2-3'$  ანათვალზე, დაემაგრებთ წრედ-ალიდადას (წრედი მარცხნივ);

2. თარაზული წრედის (ლიმბის) ბრუნვით ჰოგარს ჯერ ტლანქად, მერე ზუსტად ვუმიზნებთ  $B$  საწყის საგანს, თარაზულ ლიმბზე აღებული ანათვალი იქნება  $\overset{\circ}{\gamma}L_B$ ;

3. ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და ვაბრუნებთ საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით (მარჯვნივ) და ჰოგარს ვუმიზნებთ  $D$  საგანს, ანათვალი იქნება  $\overset{\circ}{\gamma}L_D$ . ეს არის პირველი ნახევარი განმეორება (წრედი მარცხნივ), რისთვისაც გამოვიყენებთ სექტორი, რომლის შესაბამისი  $\beta$  კუთხის მნიშვნელობა იქნება:

$$\beta_{L_1} = \overset{\circ}{\gamma}L_D - \overset{\circ}{\gamma}L_B. \quad (6.8.12.7)$$

კუთხის მიღებული ოდენობა გამოიყენება, როგორც  $\beta$  კუთხის მიახლოებითა მნიშვნელობა საკონტროლოდ. იგი ავლნიშნოთ  $\beta_0$ -ით.

4. ავუშვებთ ლიმბს (წრედ-ალიდადა დამაგრებულია), ჰოგარს გადავიტანოთ ზენიტზე (წრედი მარჯვნივ) და ვუმიზნებთ ისევ  $D$  წერტილს, ვიღებთ ანათვალს  $\overset{\circ}{\gamma}R_D$ . ახლა სახით  $\beta'$  კუთხისაკენ ვართ და  $\beta$  კუთხის გასაზომად ვიყენებთ ლიმბის იმ ნაწილს. რომელიც შეესაბამება  $\beta'$  კუთხეს, ე. ი. ჩვენგან  $B$  იქნება მარჯვნივ და  $D$  მარცხნივ საგანი;

5. ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და ალიდადის ბრუნვით მარჯვნივ ანუ საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით ჰოგარს ვუმიზნებთ  $B$  წერტილს და ვიღებთ

$\overset{\circ}{\gamma}R_B$  ანათვალს. ამით სრულდება მეორე ნახევარი განმეორება (წრედი მარჯვნივ). როგორც ვხედავთ, წრედ-ალიდადა ახლაც საათის ისრის ბრუნვის მიმართულებით ანუ მარჯვნივ ბრუნავს და  $\beta$  კუთხის გაზომვისათვის ვიყენებთ წრედის არა  $\beta$  სექტორს, არამედ  $360^{\circ}-\beta=\beta'$  სექტორს, რომლის შესაბამისი კუთხის მნიშვნელობა (წრედი მარჯვნივ) ერთი განმეორებისათვის იქნება:

$$\left. \begin{aligned} \beta'_{R_1} &= \overset{\circ}{\gamma}R_B - \overset{\circ}{\gamma}R_D \\ \beta_{R_1} &= 360^{\circ} - \beta'_{R_1} = 360^{\circ} + \overset{\circ}{\gamma}R_D - \overset{\circ}{\gamma}R_B \end{aligned} \right\}. \quad (6.8.12.8)$$

ორივე წრედით ერთი სრული განმეორების შესაბამისი გაზომილი კუთხის ოდენობა კი გამოითვლება საშუალოთი:

$$\beta_1 = \frac{\beta_{L_1} + \beta_{R_1}}{2} = \frac{(\gamma_D^L - \gamma_B^L) + (360^\circ + \gamma_D^R - \gamma_B^R)}{2}. \quad (6.8.12.9)$$

მაგალითი 6. 8. 12. 4. პ კუთხე გაიზომა გაუსის ხერხით ერთი სრული განმეორებით (სქემა 4).

სქემა 6.8.12.4

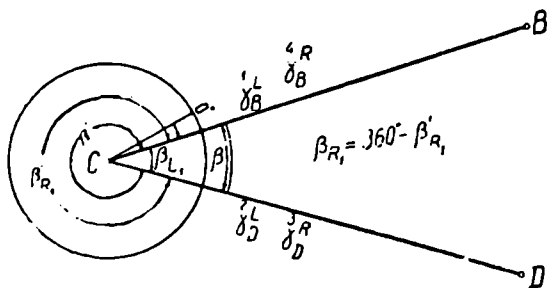
წერტილი		ანათვლი ლიშბზე		გაზომილი კუთხე. მის ზემოთ შესწორება	შესწორებული კუთხეები
დგომის	სამიზნე	I	საშუალო		
C	B	წრედი მარცხნივ (J)		$\beta_{J_1}$ + 15" 178° 52' 15" (7) ფორმულით	$\beta$ 178° 52' 30"
		00' 00"	0° 00' 00"		
		00 00			
D	52 30	178° 52 15			
	52 00				
C	D	წრედი მარჯვნივ (R)		$\beta'_{R_1}$ + 15" 181° 07' 15" (8) ფორმულის პირველი ტოლობით	$\beta'$ 181° 07' 30"
		52' 30"	178° 52' 15"		
		52 00			
B	59' 30"	359 59 30			
	59 30				
		არის		359° 59' 30"	
		უნდა იყოს		360°	
		შეცდომა		— 30"	

პრაქტიკულად (7) და (8) ფორმულებით ისაზღვრება გაზომილი  $\beta$  და  $\beta'$  კუთხის ოდენობები და შემდეგ მათ ჯამს მინუსს 360° იქნება შეცდომა, რომელსაც დასაშვები ოდენობის შემთხვევაში ანაწილებენ გამოთვლილ კუთხეებზე.

ახლა შევასრულოთ  $n$  განმეორებით კუთხის გაზომვა  $n=2$  განმეორებით-

სათვის (ნახ. 2). ანალოგიურად ზემოთ აღწერილისა: 1. ვიღებთ  $\gamma_B^L$  ანათვალს, შემდეგ მხოლოდ წრედ-ალიდადას მარჯვნივ ბრუნვით ჰოგარს ევმიზნებზე  $D$  საგანს და ვიღებთ საკონტროლო  $\beta_0$  ანათვალს, რომელიც გაანგარიშება: შ: არ შედის (ე. ი. თითქოს ანათვალს არ ვიღებთ); 2. აუშვებთ ლიშბს და მარცხნივ (უკან) ბრუნვით ჰოგარს ზუსტად ევმიზნებზე  $B$  საგანს, ანათვალს

არ ვიღებთ; 3. ვტოვებთ უძრავად ლიმბს. ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და მიწა მარჯვნივ ბრუნვით ეუმბიზნებთ ჰოგარს  $D$  საგანს, ამ დროს ვიღებთ  $\gamma_D^2$  ანათვალს, ე. ი. მოვახდინეთ ოთხი დამიზნება, მაგრამ ანათვალი ავიღეთ მხოლოდ ორჯერ. ცხადია,  $D$  საგანზე მეორეჯერ დამიზნების შესაბამისი  $\gamma_D^2$  ანათვალი იქნება ორჯერ მეტი მასზე პირველად (ერთი განმეორებით) დამიზნების



ნახ. 6.8.12.2.

დროს მიღებულ  $\gamma_D^2$  ანათვალთან შედარებით, რადგანაც ლიმბის ნაწილი, რომელიც გამოვიყენეთ პირველ ნახევარ განმეორებაში, ლიმბის მარცხნივ ბრუნვით გადაადგილებულ იქნა მარცხნივ. ასევე იქნება ნებისმიერი  $n$  განმეორებისათვის, როცა წრედია მარცხნივ. მაშასადამე,  $n$  ნახევარი განმეორებით, როცა წრედი მარცხნივია, კერძო კუთხეების საშუალო ოდენობა (7) ტოლობის ანალოგიურად იქნება:

$$\beta_{L_n} = \frac{k_1 360^\circ + \gamma_D^2 - \gamma_B^1}{n}, \quad (6.8.12.10)$$

სადაც  $k_1$  არის წრედ-ალიდადის სრულ ბრუნვათა რაოდენობა, რომელსაც დავადგენთ, თუ ამ ფორმულაში  $\beta_{L_n}$  სიდიდის ნაცვლად შევიტანთ საკონტროლო  $\beta_0$  კუთხეს:

$$k_1 = \frac{n \beta_0 - \gamma_D^2 + \gamma_B^1}{360^\circ}. \quad (6.8.12.11)$$

4. გადავიტანთ ჰოგარს ზენიტზე (წრედ-ალიდადა დამაგრებულთა) და ლიმბის შებრუნებით როცა წრედი მარჯვნივია ჰოგარს ზუსტად დაეუმბიზნებთ ისევ  $D$ , როგორც საწყის საგანს (სახით  $\beta'$  სექტორისაკენ ვართ), ანათვალი იქნება  $\gamma_D^2$ ; 5. ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და მარჯვნივ ( $D$ -დან  $B$  საგნისაკენ) მი-

სი ბრუნვით ჰოგარს ვუმინზნებთ  $B$  საგანს, ანათვალს არ ვიღებთ; 6. ავუშვებთ ლიმბს და მარცხნივ ბრუნვით ( $B$ -დან  $D$ -საკენ) ჰოგარს ვუმინზნებთ  $D$  საგანს, ანათვალს არ ვიღებთ; 7. ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და მარჯვნივ ბრუნვით ვუმინზნებთ ჰოგარს  $B$  საგანს, ვიღებთ ანათვალს. ეს იქნება  $\gamma_B^R$ , ე. ი. როცა წრედი მარჯვნივაა,  $n$  ნახევარი განმეორების შესაბამისად  $\beta'$  კუთხის გაზომილი საშუალო ოდენობა იქნება:

$$\left. \begin{aligned} \beta'_{R_n} &= \frac{k_2 \cdot 360^\circ + \gamma_B^R - \gamma_D^R}{n}, \\ k_2 &= \frac{n \beta_0' - \gamma_B^R + \gamma_D^R}{360^\circ} \end{aligned} \right\} \quad (6.8.12.12)$$

( $\beta_0'$  არის  $\beta'$  კუთხის საკონტროლო მიახლოებითი ოდენობა). ხოლო, როცა წრედი მარჯვნივაა,  $n$  ნახევარი განმეორებით  $\beta$  კუთხის ოდენობა:

$$\beta_{R_n} = 360^\circ - \beta'_{R_n} = \frac{(n - k_2) \cdot 360^\circ - \gamma_B^R + \gamma_D^R}{n}.$$

(9) დამოკიდებულების ანალოგიურად სრული (ორივე წრედით)  $n$  განმეორებით  $\beta$  კუთხის ოდენობა კი იქნება:

$$\begin{aligned} \beta_n &= \frac{\beta_{L_n} + \beta_{R_n}}{2} = \\ &= \frac{(k_1 \cdot 360^\circ + \gamma_D^L - \gamma_B^L) + ((n - k_2) \cdot 360^\circ + \gamma_D^R - \gamma_B^R)}{2n}. \end{aligned} \quad (6.8.12.13)$$

როგორც ვხედავთ, კუთხის გაზომვისათვის რამდენი განმეორებაც არ უნდა შევასრულოთ, ლიმბზე ვიღებთ ანათვალს მხოლოდ ოთხჯერ და  $\beta$  კუთხის გაზომვისათვის ვიყენებთ ლიმბის როგორც  $\beta$ , ისე  $\beta'$  კუთხის შესაბამის სექტორებს.

აქ განმეორებებს შორის ლიმბის გადაადგილება ხდება

$$\gamma_0 = \frac{180^\circ}{2n} \quad (6.8.12.14)$$

დამოკიდებულებით, სადაც  $n$  არის განმეორებათა რაოდენობა.

მ ა გ ა ლ ი თ ი 6. 8. 12. 5. კუთხე გაიზომოს გაუსის ხერხით ორი სრული განმეორებით (სქემა 5).

წერტილი		ანათვალს ლიშბზე		გაზომილი კუთხე, ზემოდან შესწორება	შესწორებული კუთხეები	
დგომის	სამიხნე	I	II	საშუალო		
C	B	L		β	β	(11) ფორმულით
		0° 00' 00"	0° 00' 00"	+6"		$k_1 =$
		00 00		178° 52' 19"	178° 52' 25"	$\frac{2 \cdot 178^\circ 52' - 357^\circ 45' + 0^\circ}{360}$
	საჯ.	(178° 52')		(10) ფორმულით		$= \frac{357^\circ 44'}{360^\circ}$ ;
C	D	R		β'	β'	(12) ფორმულით
		357° 44' 30"	357° 44' 38"	+5"		$k_2 =$
		44 45		181° 07' 30"	181° 07' 35"	$\frac{2 \cdot 181^\circ 08' - 360^\circ + 357^\circ 45'}{360^\circ}$
	საჯ.	(181° 08')		(12) ფორმულით		$= \frac{360^\circ 01' 22''}{360^\circ} > 1$
	B					
		59 45	359 59 30	359° 59' 49"		
		59 30		360°		
				შეცდომა		- 11"

როგორც (4) და (5) სქემებიდან ჩანს, პრაქტიკულად იზომება β და β' კუთხეები, რომელთა ოდენობა, შესაბამისად, ისაზღვრება (10) და (12) ფორმულებით. მათი ჯამი უნდა უდრიდეს 360°, ე. ი. განაზომთა თეორიაში მიღებულია წესით ვიგებთ შეცდომას (გაზომილს მინუს თეორიული) და როცა იგი დასაშვებია, მის ნახევარს შებრუნებული ნიშნით ვამატებთ გაზომილ კუთხეებს.

მარკშიდერების მიერ მიღებული წესით (ნახ. 3), რამდენჯერაც არ უნდა მოვსახდინოთ მიმართულებების დამზერა ლიშბის სხვადასხვა ნაწილის გამოყენებით, გარდა β<sub>0</sub> საკონტროლო კუთხისა, ანათვალს ვიღებთ მხოლოდ ორჯერ

$\frac{1}{\gamma} \frac{L}{B}$  მარცხენა B საგანზე და  $\frac{2}{\gamma} \frac{R}{D}$  მარჯვენა D საგანზე მზერის დროს). აგრეთვე აქ გამოიყენება ლიშბის მუდამ β კუთხის შესაბამისი სექტორი ანუ ლიშბის გადაადგილება არ ხდება წრედი მარცხნივ და წრედი მარჯვნივის შორის. წრედი მარცხნივ π ნახევარი გამეორება სრულდება ისე, როგორც ეს გაუსის მიერ დამუშავებული წესით იყო მიღებული, ხოლო წრედი მარჯვნივ მეორე ნახევარი სხვაგვარად სრულდება. მაგალითად, ვთქვათ, საჭიროა ორი განმეორებით ცალკეული კუთხის გაზომვა:



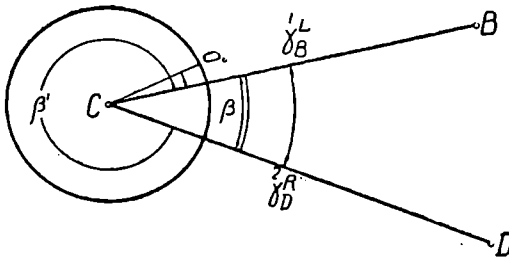
1. წრედ-ალიდადას ვამაგრებთ ლიმბზე  $O'$  ახლო, თარაზული ლიმბის

ბრუნვით ჰოჯრს დაეუმინებთ,  $B$  საწყის საგანს და ვიღებთ  $\sqrt{\frac{L}{B}}$  ანათვალს;

2. საათის ბრუნვის მიმართულებით წრედ-ალიდადის ბრუნვით ჰოჯრს ვუმიზნებთ მარჯვენა  $D$  საგანს და ვიღებთ საკონტროლო  $\beta_0$  ანათვალს;

3. ავუშვებთ თარაზულ ლიმბს და მარცხნივ ბრუნვით ვუმიზნებთ ჰოჯრს მარცხენა საგანს, ანათვალს არ ვიღებთ; 4. ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და მარჯვნივ ბრუნვით ვუმიზნებთ  $D$  საგანს, ანათვალს არ ვიღებთ. ეს იქნება ორი ნახევარი განმეორება, როცა წრედი მარცხნივ არის, ანუ  $\beta$  კუთხის შესაბამისი სექტორი მარცხნივ იქნა გადაადგილებული ორჯერ. როგორც ითქვა, როცა წრედი მარჯვნივაა,  $n = (\text{ორი})$  ნახევარი განმეორება განსხვავებულია გაუსის წესთან შედარებით და ხდება შემდეგნაირად:

1. წრედი მარცხნივ,  $n$  ნახევარი განმეორების შემდეგ (როცა ჰოჯრი მიმართულია  $D$  საგანზე) ჰოჯრს გადავიტანთ ზენიტზე, ლიმბს გავათავისუფ-



ნახ. 6.8.12.3.

ლებთ (სახე წარმოვიდგინოთ  $\beta'$ -საკენ) და მისი მარჯვნივ ბრუნვით ( $B$ -საკენ) ვუმიზნებთ ჰოჯრს  $B$  საგანს, ანათვალს არ ვიღებთ; 2. ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და მარცხნივ ( $D$ -საგანისაკენ) ბრუნვით ჰოჯრს ვუმიზნებთ  $D$  საგანს, ანათვალს არ ვიღებთ; 3. ავუშვებთ ლიმბს და ვაბრუნებთ მარჯვნივ ( $B$  საგანისაკენ) და ჰოჯრს ვუმიზნებთ  $B$  საგანს, ანათვალს არ ვიღებთ; 4. ავუშვებთ წრედ-ალიდადას და მარცხნივ მისი ბრუნვით ( $D$ -საკენ) ჰოჯრს ვუმიზნებთ

$D$  საგანს (ეს იქნება ორი ნახევარი განმეორება) და ვიღებთ  $\sqrt{\frac{R}{D}}$  ანათვალს.

როგორც ვხედავთ, პირველ და მეორე განმეორებაში აქ საწყისი მიმართულება არის  $B$ -ზე, ე. ი. როცა წრედი მარცხნივაა, ალიდადა მოძრაობს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით (ლიმბი კი მის საწინააღმდეგოდ), ხოლო, როცა წრედი მარჯვნივაა, ალიდადა მოძრაობს საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ (ხოლო ლიმბი მის საწინააღმდეგოდ). როგორც ზემოთ ვნახეთ, გაუსის წესში პირველი ნახევარი განმეორების საწყისია  $B$ -ზე, ხოლო

შეორე ნახევრისა—  $D$ -ზე მიმართულება, ე. ი. წრედ-ალიდადა სულ საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მოძრაობს (ლიმბი კი მის საწინააღმდეგოდ). განხილადი წესით  $\beta$  კუთხის ოდენობის დადგენაში მუდამ გამოყენებულია ლიმბის ის მხარე, რომელიც იმყოფება  $\beta$  კუთხისაკენ, ე. ი.  $n$  განმეორებისას  $\beta$  კუთხის მიახლოებითი ოდენობა გადაადგილდება  $2n$ -ჯერ. ამიტომ  $\beta$  კუთხის ოდენობა  $n$  განმეორების შედეგად გამოითვლება ტოლობით:

$$\left. \begin{aligned} \beta_n &= \frac{k \cdot 360^\circ + \gamma_D^R - \gamma_B^L}{2n} \\ k &= \frac{2n \beta_0 + \gamma_B^L - \gamma_D^R}{360^\circ} \end{aligned} \right\} \quad (6.8.12.15)$$

სადაც

როგორც ცნობილია დაბალი სიზუსტის ინსტრუმენტებით კუთხის გაზომვის დროს შედარებით სხვა სახის შეცდომებიან დიდია ანათვლების ადების შეცდომის გავლენა. ამიტომ ლიმბზე ანათვლებას ადების რაოდენობის შემცირებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს როგორც გაზომილ კუთხეზე ანათვლების შეცდომების გავლენის შემცირების მხრივ, ასევე სიწიქვეშ დაკვირვებების დროს შრომისნაყოფიერების ზრდის მხრივაც.

მაგრამ განხილად მეთოდს გაუსის მიერ დამუშავებულ მეთოდთან შედარებით არსებითი ნაკლი აქვს ინსტრუმენტული სისტემატური შეცდომების შედარებით ნაკლებად მოსაზობის მხრივ. აგრეთვე ამ მეთოდით მუშაობისას ხდება ალიდადის მიერ ლიმბის წატაცება და თვით განმეორებით ხერხს ახლავს შეცდომები, რაც გამოიხატება ლიმბისა და ალიდადის ერთად ბრუნვის დროს ინერციის გამო ალიდადის ჩამორჩენაში მათი არამტკიცე ურთიერთ დამაგრების შედეგად. ამ მიზეზებით წარმოშობილი შეცდომები შეიძლება მნიშვნელოვანი ოდენობების იყოს. ამიტომ გაუსის მეთოდს, სადაც ეს შეცდომები მინიმუმამდეა დაყვანილი, უნდა მიენიჭოს უპირატესობა.

როცა  $n=1$ , ანუ ერთი სრული (წრედი მარცხნივ და მარჯვნივ) განმეორებით კუთხის გაზომვის შემთხვევაში (15) ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$\beta = \frac{\gamma_D^R - \gamma_B^L}{2} \quad (6.8.12.16)$$

მაგალითი 6.8.12.6. თეოდოლიტი IT-5-ით გაზომილია ერთი სრული განმეორებით ცალკეული კუთხე მარკშეიდერიაში მიღებული წესით (სქ. 5).

სქემაში საკონტროლო  $\beta_0$  ანათვალაია  $D$  და  $E$  წერტილის გასწვრივ  $105^\circ 26'$  და  $250^\circ 20' 30''$ . კუთხეთა გამონათვლები მიღებულია (16) ფორმულით.



$$\gamma_0 = \left( \frac{i \cdot 180^\circ}{n} + l \right) (i-1), \quad (6.8.12.17)$$

სადაც  $n$  არის ილეთების რაოდენობა;

$i$  — ილეთების ნომერი ( $i=1, 2, \dots, n$ );

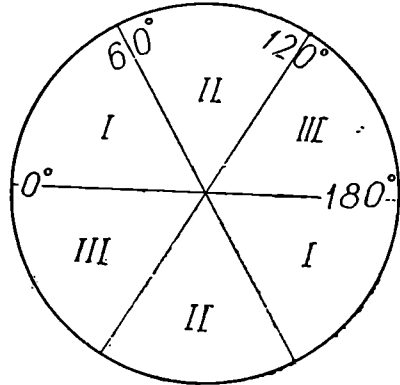
$l$  — ლიმბის ერთი მცირე დანაყოფის საფასური კუთხურ განზომილებაში.

ვთქვათ, საჭიროა კუთხის გაზომვა  $n=2$  ილეთით, თეოდოლიტით, რომლის  $l=20'$ .

(17) დამოკიდებულების მიხედვით ლიმბზე პირველი ილეთის შესაბამისი სექტორის საწყისი ანათვალი იქნება  $0^\circ 0'$ , ხოლო მეორე სექტორის საწყისი ანათვალი კი  $90^\circ 20'$ ; მაშასადამე, ლიმბის ნახევარი იყოფა ორად (ნახ. 4):

$$\begin{array}{l} 0^\circ - 90^\circ \\ 90^\circ - 180^\circ \end{array}$$

სამი ილეთით კუთხის გაზომვას შეესაბამება საწყისი ანათვლები  $0^\circ 0'$ ,  $60^\circ 20'$  და  $120^\circ 40'$ . ლიმბის ნახევარი დაიყოფა სამ სექტორად (ნახ. 5):



ნახ. 6.8.12.5.

$$\begin{array}{l} 0^\circ - 60^\circ \\ 60^\circ - 120^\circ \\ 120^\circ - 180^\circ \end{array}$$

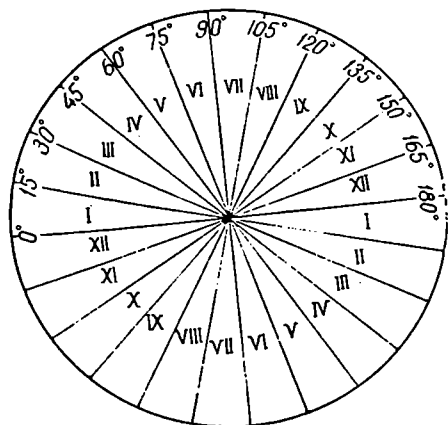
ახლა, ვთქვათ, თეოდოლიტის  $l=4'$  და კუთხე უნდა გაიზომოს 12 ილეთით. მაშინ, იმავე (17) დამოკიდებულების მიხედვით ლიმბზე ილეთების საწყისი ანათვლები იქნება:

I ილეთისათვის $0^\circ 0'$ ;	VII ილეთისათვის $90^\circ 24'$ ;
II „ 15 4;	VIII „ 105 28;
III „ 30 8;	IX „ 120 32;
IV „ 45 12;	X „ 135 36;
V „ 60 16;	XI „ 150 40;
VI „ 75 20;	XII „ 165 44.

საერთოდ, ყოველთვის სჯობს პირველი ილეთის საწყისი ანათვალი დავაჯუნოთ არა ნულზე ან მასზე ნაკლებ ოდენობაზე, არამედ  $0^\circ$ -ზე ცოტა მეტ ანათვალზე, მაგალითად, დაახლოებით  $0^\circ 02'$ -ზე, რადგანაც საწყისი საშუალო მიმართულების გამოთვლის დროს არ მივიღოთ გამოთვლებისათვის უხერხული

რიცხვი (359° მინუტები და სეკუნდები). ლიშბის წახევარი დაიყოფა თორმეტ სექტორად (ნახ. 6):

0° — 15°,	90 — 105,
15 — 30,	105 — 120,
30 — 45,	120 — 135,
45 — 60,	135 — 150,
60 — 75,	150 — 165,
75 — 90,	165 — 180.



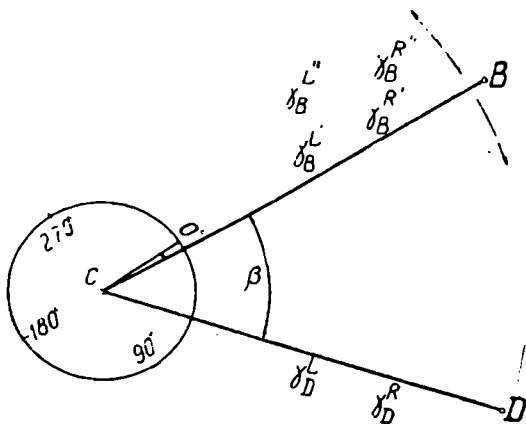
ნახ. 6.8.12.6.

თბილისის მეტროს ტრიანგულაციის კუთხეები გაზომილია OT-02 ოპტიკური თეოდოლიტით 12 ილეთით.

განვიხილოთ მუშაობის წესრიგი წრიული ილეთებით კუთხის გაზომვის დროს. ავიღოთ უმარტივესი შემთხვევა. ვთქვათ, საჭაროა გაიზომოს  $CD$  და  $CB$  ხა-

ზებს შორის  $\beta$  კუთხე.  $n$  ილეთით (ნახ. 7).

ჩვეულებრივ, კუთხის გაზომვას იწყებენ, როცა წრედი მარცხნივაა (ცხადია, შეიძლება დავიწყოთ, როცა წრედი მარჯვნივაა). ამას ის გამართლება



ნახ. 6.8.12.7.

აქვს, რომ უმრავლეს თეოდოლიტებს ჰოგორზე სამიზნე ზემოთ აქვს, როცა შეეუღლი წრედი მარცხნივ არის, მეორე გვერდზე კი თარაზოა მიმაგრებული.

მაშასადამე, როცა წრედი მარცხნივია, თეოდოლიტს დაეყენებთ  $\beta$  კუთხის  $C$  წვეროზე:

1. (6.8.11) პარაგრაფში აღწერილი წესის მიხედვით, თუ თეოდოლიტი განმეორებითია, I ვერნიერს ან მიკროსკოპს ვაყენებთ ლიშბის დაახლოებით  $0^{\circ}$  და  $2'$  ანათვალზე და შემდეგ ლიშბის ბრუნვით სამიზნე ჰოვარს დაახლოებით (ტლანქად) ვუმიზნებთ მარცხენა  $B$  წერტილს; ხოლო არაგანმეორებით თეოდოლიტში წრედ-ალიდადის ბრუნვით ჰოვარს ტლანქად ვუმიზნებთ  $B$  საგანს და მერე ლიშბის ბრუნვით ასათვლელ ხელსაწყოს ვაყენებთ დაახლოებით  $0^{\circ}$  და  $2'$  ანათვალზე, ლიშბი დამაგრებული და უძრავია;

2. წრედ-ალიდადას ვაბრუნებთ დაახლოებით  $40-50^{\circ}$  მარცხნივ (ეს წესი ყოველ ახალ ილეთში უნდა დავიცვათ). ცოტა ხნის დაყოვნების შემდეგ წრედ-ალიდადის მარჯვნივ ბრუნვით და ცნობილი წესით ჰოვარს დაუმიზნებთ  $B$  საგანს ზუსტად, ავიღებთ  $\gamma_B^{I'}$  ანათვალს;

3. ლიშბი ისევ უძრავ მდგომარეობაშია; წრედ-ალიდადის მარჯვნივ ბრუნვით ჰოვარს დაუმიზნებთ მარჯვენა  $D$  საგანს, ავიღებთ  $\gamma_D^I$  ანათვალს და ბოლოს ჰოვარს ვუმიზნებთ ისევ  $B$  საგანს და ვიღებთ  $\gamma_B^{II'}$  ანათვალს (საკონტროლოდ) ლიშბის უძრაობისა და, საერთოდ, ინსტრუმენტის მდგრადობის შემოწმების მიზნით. საჭიროა ყოველი ნახევარი ილეთის დამთავრებისას დაცულ იქნეს პირობა, ანუ შესრულებულ იქნეს პირველი სავლე კონტროლი:

$$W_L = \gamma_B^{II'} - \gamma_B^{I'} \leq t, \quad (6.8.12.18)$$

სადაც  $t$  არის ინსტრუმენტის დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოს სიზუსტე. თუ (18) უტოლობა არ იქნება დაკმაყოფილებული, საჭიროა ისევ განმეორებულ იქნეს პირველი ნახევარი ილეთი.

ხშირად ინსტრუმენტის მიხედვით საკონტროლო სხვაობას იღებენ (18) უტოლობისაგან განსხვავებულს (იხილეთ I ცხრილის 7 სვეტი). საბოლოო ნახევარი ილეთის საწყის მიმართულებად იღებენ საშუალოს

$$\gamma_B^L = \frac{\gamma_B^{I'} + \gamma_B^{II'}}{2}. \quad (6.8.12.18')$$

4. გადავიტანთ ჰოვარს ზენიტზე და წრედ-ალიდადის შემობრუნებით ვუმიზნებთ ჰოვარს  $B$  საგანს, ვიღებთ  $\gamma_B^R$  ანათვალს;

5. საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით (მარცხნივ) წრედ-ალიდადას ბრუნვით (ლიშბი უძრავადაა) ჰოვარს ვუმიზნებთ  $D$  საგანს, ანათვალს იქნება  $\gamma_D^R$ ;

6. წრედ-ალიდადას იმავე მიმართულებით ბრუნვით ჰოვარს ვუმიზნებთ ისევ საწყის  $B$  საგანს, საკონტროლო ანათვალსა  $\gamma_B^{R''}$  და ვამოწმებთ (18) უტოლობით მეორე ნახევარი წრედი ილეთის შესრულების სისწრაფეს, ხოლო (18') ტოლობის ანალოგიურად განისაზღვრება  $\gamma_B^R$ .

ამით მთავრდება ერთი სრული წრედი ილეთი.

თეოდოლიტები	ილეთების რაოდენობა					დასაშვები შეცდომები	
	ტრიანგულაციის კლასები			ანალიზური ქსელის თანრიგი		ნახევარი სრული ილეთის პირველი საველე კონტროლით (საწყის წერტილზე ანათვალთა სხვაობა)	ყოველ სრულ ილეთებს შორის 26 კოლიმატური შეცდომის ცვალებადობის ოდენობები
	2	3	4	1	2		
1	2	3	4	5	6	7	8
TOS; TT-2"/6"	12	9	4	—	—	5"	5"
T1; OT-O2; OT-O2M OTB	12	9	6	2	—	6"	6"
T2; TB-1; OTC	—	12	6	3	2	8"	6"
TS; OTIII; 1T-3; TT-4	—	—	—	4	2	20"	20"
T10				6	3	30"	30"
T15; TT-5 და სხვა მისი მოდიფიკაციის ინსტრუმენტები					4	45"	45"

მიმართულებათა უაღბათესი ოდენობები იქნება:

$$\gamma_B = \frac{\gamma_B^L + \gamma_B^R}{2}; \quad \gamma_D = \frac{\gamma_D^L + \gamma_D^R}{2}, \quad (6.8.12.19)$$

ზოლო ერთი სრული წრიული ილეთით გაზომილი კუთხე

$$\beta = \gamma_D - \gamma_B = \frac{[\gamma_D^L + \gamma_D^R] - [\gamma_B^L + \gamma_B^R]}{2}. \quad (6.8.12.20)$$

მიღებული ფორმულიდან ჩანს, რომ კუთხის ერთი სრული წრიული ილე-  
ით გაზომვისათვის დამიზნება მოვახდინეთ ოთხჯერ და ანათვლებიც იმდენ-  
ჯერვე ავიღეთ.

მეორე ილეთისათვის საწყის ანათვალს ვაყენებთ (17) ფორმულით გამო-  
ვლილ ოდენობაზე და ვიმეორებთ ყოველივეს ზუსტად იმ თანამიმდევრობით,  
რაც პირველი ილეთისათვის იყო შესრულებული. მაშასადამე, იმავე  $\beta$  კუთხ-  
ის გაზომვისათვის ჰოგრის დამიზნებას და ლიმბზე ანათვლის აღებას მოვა-  
დგინთ ოთხ-ოთხჯერ; ე. ი. (19) ტოლობებში ყოველ მიმართულებას მრიცხველ-  
ში შეესაბამება ოთხ-ოთხი ანათვალი, მნიშვნელში კი  $2 \times 2$ . მესამე ილეთისათ-  
ვის ლიმბზე (17) ფორმულით დაყენებული საწყისი ანათვლის შესაბამისად  
აახალი სექტორის გამოყენებით შესრულდება ანალოგიური მოქმედებები და  
(19) ტოლობებში ყოველ მიმართულებას მრიცხველში შეესაბამება ექვს-ექვსა

ანათვალი, ხოლო მნიშვნელში 2,3. მაშასადამე,  $n$  ილეთის შემთხვევაში (1<sup>o</sup>) ტოლობები დაიწერება ასე:

$$\gamma_{B_n} = \frac{[\gamma_B^L + \gamma_B^R]_1^n}{2^n}; \quad \gamma_{D_n} = \frac{[\gamma_D^L + \gamma_D^R]_1^n}{2^n}, \quad (6.8.12.21)$$

ხოლო  $n$  ილეთით  $\beta$  კუთხის ოდენობა იქნება:

$$\beta_n = \gamma_{D_n} - \gamma_{B_n} = \frac{[\gamma_D^L + \gamma_D^R]_1^n - [\gamma_B^L + \gamma_B^R]_1^n}{2^n}. \quad (6.8.12.22)$$

ცალკეული კუთხის გაზომვისათვის ლიშბის გადაადგილებით ერთი სრული ილეთის (4) ფორმულა, ლიშბის გადაუადგილებლად ერთი სრული ილეთის (6) ფორმულა, გაუხის ხერხით ერთი სრული განმეორების (9) ფორმულა და სტრუვეს ხერხით ერთი სრული წრიული ილეთის (20) ფორმულა ერთნაირი კონსტრუქციისაა, მაგრამ (4) და (9) ფორმულებსაგან არსებითად განსხვავდება (6) და (20) ფორმულები მით, რომ პირველ ორ შემთხვევაში  $\beta$  კუთხე იზომება ლიშბის ორი სექტორის გამოყენებით, ხოლო მეორე შემთხვევაში გამოყენებულია ლიშბის მხოლოდ ერთი სექტორი. საერთოდ კი შეიძლება ტოლზუსტად მივიღოთ ერთი და იმავე ინსტრუმენტით ცალკეული კუთხის ოთხივე ფორმულის ანუ ერთი სრული ილეთისა და ერთი სრული განმეორების შედეგად გაზომილი მიმართულებებით გამოანათვლი კუთხეები.

ოპტიკური თეოდოლიტის გამოყენებისა და საერთოდ ინსტრუმენტის (ლიშბის) მდგრადობის კონტროლის უზრუნველყოფის, მოხერხებულობის, სამუშაოს ორგანიზაციისა და ავტომატურობის უკეთ მიღწევის გამო უპირატესობა ენიჭება სრული წრიული ილეთების ხერხს.

მაგალითი 6.12.7. (1<sup>o</sup>) ნახაზის შესაბამისად  $n=3$  სრული წრიული ილეთით გაზომილ იქნეს ყველა მიმართულება და განისაზღვროს  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$  კუთხის უაღბათესი ოდენობები. ილეთის ჩანაწერები მოცემულია (7) სქემაში.

1. 0 პუნქტზე ვაყენებთ თეოდოლიტს ისე, რომ შეეული წრედი იყოს მარცხნივ; დასამზერ წერტილთა შორის შევარჩევთ ისეთ წერტილს, რომელიც კარგად მოჩანს, და მას მივიღებთ საწყის წერტილად. ვთქვათ, ასეთი არის  $A$  წერტილი (შეიძლება ოდა სხვა არა ამ ჯგუფის წერტილის საწყისად შერჩევა) და მასზე ვახდენთ ჰოგრის დამიზნებას, ავიღებთ ანათვალს  $0^{\circ}02'20''$  შტრიხების პირველად შეთავსებისას და მეორედ შეთავსებისას  $22''$ , რომელთაც ვწეროთ სქემის მე-3, 4 და 5 სვეტებში. მე-6 სვეტში იწერება მე-4 და 5 ჩანაწერის საშუალო; 2. აუშვებთ წრედ-ალიდადას და მარჯვნივ ბრუნვით თანამიმდევრობით ვუმიზნებთ  $B, C, D, E, F$  და  $A$  წერტილს და ვიღებთ ანათვლებს. ყველა დამიზნება ზუსტად ხდება წრედალიდადის მიკრომეტრული ხრახნით. როგორც ცნობილია, ყოველ სრულ წრიულ ილეთში ლიშბი დამაგრებული და ხელუხლებელი უნდა იყოს;

3. როგორც სქემის მე-6 სვეტის ჩანაწერებიდან ჩანს, პირველ ნახევარ ილეთში საწყის  $A$  წერტილს ჰოგრს ვუმიზნებთ ორჯერ. მეორეჯერ აღებულია



ანათვალის  $0^{\circ}02'26''$ . ამ მოქმედებით ვახდენთ ლიშბის უძრავობის შემოწმებას ანუ პირველსავე კონტროლს (18) ფორმულით

$$W_{\mathcal{L}} = 0^{\circ}02'26'' - 0^{\circ}02'21'' = +5'',$$

რაც სქემას მიწერილი აქვს ქვემოთ. გარკვეული ინსტრუმენტისათვის (1) ცხრილში მოცემულია პორიზონტის შეუცვრელობის დასაშვები ოდენობები. სხვაობა თუ დასაშვებზე მეტი გამოვიდა, ნახევარი ილეთი ისევ უნდა განმეორდეს, მხოლოდ წინასწარ უნდა გაისინჯოს: შტატივის ფეხების სახსრული შეერთებები მისი თავით (სადგარით): ლითონის დეტალების ხის დეტალებთან მივარება: ლიშბისა და ზედადგარის მომჭერი ხრახნები და სხვა.

4. ჭოგრის გადავითანთ ზენიტზე და ალიდადის მარცხნივ ბრუნვით ვუმიზნებთ ისევ  $A$  წერტილს და ვიღებთ ანათვლებს, რომლებიც იწერება მე-3, 4, 5. რ სვეტების  $R$  სტრიქონში;

5. წრედალიდადას: მარცხნივ ბრუნვითა ჭოგრის, როცა წრედი მარჯვნივა. რანამიმდევრობით ვუმიზნებთ  $F$ ,  $E$ ,  $D$ ,  $C$ ,  $B$  და  $A$  წერტილებს და ვიღებთ სათანადო ანათვლებს;

6. ვავსებთ მე-6 სვეტს, რომელშიც ისპობა ალიდადის ექსცენტრობის ვავლენა და (18) ფორმულით ვასრულებთ I საველე კონტროლს;

7. მე-7 სვეტში ისაზღვრება  $2c$  და მოითხოვება, რომ ილეთში მისი ოდენობის ცვალებადობა, ანუ ორმაგი კოლიმაციური შეცდომის ოდენობა, მიმართულებებში არ უნდა განსხვავდებოდეს (1) ცხრილის მე-8 სვეტში მოცემული ოდენობებით. ამას ეწოდება მეორე საველე კონტროლი; თუ მივიღეთ დამაკმაყოფილებელი შედეგი, ვაგრძელებთ გამოთვლებს;

8. ვავსებთ მე-8 სვეტს, სადაც ისაზღვრება პირველ ნახევარ- და მეორე ნახევარილეთში განსაზღვრული მიმართულების საშუალო, სადაც ისპობა ინსტრუმენტის კოლიმაციური შეცდომის ვავლენა. აქ პირველ რიგში ისაზღვრება  $\gamma_{\mathcal{L}}$  და  $\gamma_{\mathcal{R}}$  საშუალოები, შემდეგ გამოთვლის კონტროლის მიზნით კი  $\gamma_{\mathcal{L}} - c$ . შესრულებული მოქმედებებით ვიღებთ მიმართულებების ოდენობებს, რომლებიც ჭერ კიდევ დაყვანილი არ არის ნულოვან (საწყის) მიმართულებაზე, რადგანაც მათი ათვლები შეესაბამება ლიშბის ნულ-პუნქტის მიმართულებას;

9. საწყისი  $OA$  მიმართულების ორი მნიშვნელობიდან, რომლებიც შეესაბამება ილეთის საწყისსა ( $27''$ ) და ბოლოს ( $29''$ ), ვსაზღვრავთ ( $18''$ ) ფორმულის საშუალოს ( $28''$ ), რომელსაც ვწერთ იმავე მე-8 სვეტში ზემოთ ქვეშ ხაზგასმით;

10. ყველა მიმართულებას ვაკლებთ  $0^{\circ}02'28''$  და ვწერთ მე-9 სვეტში, რითაც პირველი ილეთით ვაზომილი ყველა თარაზული მიმართულება დაგვყავს ნულზე;

მეორე და მესამე ილეთისათვის საწყის ანათვალს ვაყენებთ (17) ფორმულით განსაზღვრულ ოდენობაზე და ყოველ ილეთში ზუსტად I ილეთის მსგავსად ვიმოქმედებთ.

პუნქტი 0

წერტილი	წრედი	ანათეალა ლომბზე	ანათეალა კვანძებით ან მიკრომეტრით		$\frac{a_1+a_2}{2}$ საშუალო	$\frac{a_1-a_2}{2}$ 2c = J, -R = 180°	საშუალო მიმართულება $\frac{\gamma^L + \gamma^R \pm 180^\circ}{2} =$ $= \gamma^J - c$	ერთი სრული ილეთის საბოლოო მიმართულება
			a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	L	0°02'	20"	22"	21"	-12	0°02' 29" 0°02' 27"	0° 00' 00"
	R	180 02	32	34	33			
B	L	58 32	32	32	32	-8	58° 32' 36"	58 30 08
	R	238 32	39	41	40			
C	L	118 07	06	08	07	-9	118°07' 11",5	118 04 44
	R	298 07	15	17	16			
D	L	175 49	55	57	56	-10	175° 50' 01"	175 47 33
	R	355 50	05	07	06			
E	J	237 33	45	47	46	-9	237° 36' 50",5	237 36 22
	R	57 33	54	56	55			
F	L	295 08	37	37	37	-8	295°06' 41	295 06 13
	R	115 08	44	46	45			
A	L	0 02	25	27	26	-6	0°02' 29"	—
	R	180 02	33	31	32			

2C  $W_L = +5''$   $W_R = -1''$   
 ცვლადობა  $W_{L-R} = 6''$

ცხრილი 6.8.12.2.

წერტილები	A	B	C	D	E	F
I	0°00' 00"	58°30' 08"	118°04' 44"	175°47' 33"	237°36' 22"	295°06' 13"
II	00	30 00	04 40	47 33	36 20	06 13
III	00	50 04	04 42	47 40	36 24	06 17
საშუალო	0°00' 00"	58°30' 04"	118°04' 42"	175°47' 37"	237°36' 22"	295°06' 16"

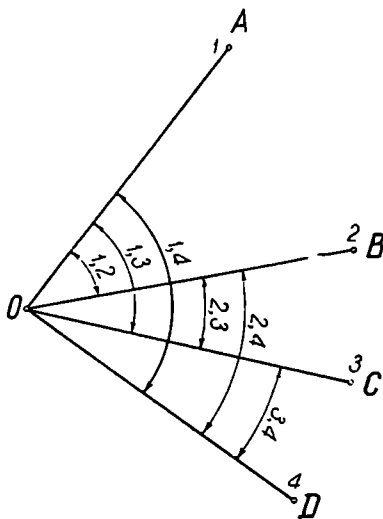


ხოლო ამ სადგურზე ამათგან განაზომი კუთხეების აუცილებელი რაოდენობა იქნება (23) სიმრავლიდან პირველი სტრიქონი ანუ  $(m-1)$  კუთხე.

ვთქვათ, საჭრაო 0 სადგურიდან  $A, B, C, D$  სიგნალებზე მიმართულუბე-  
რის ყველა კომბინაციით გაიზომოს მათ შორის კუთხეები. სიმარტივისათვის  
საგნებს მიუხედავად არაბული ციფრები 1, 2, 3, 4 (ნახ. 8).

(24) დამოკიდებულების შესაბამისად ურთიერთდამოუკიდებლად გასაზო-  
მი კუთხეების რაოდენობა იქნება ექვსი, სახელობრ: (1,2), (1,3), (1,4), (2,3),  
(2,4), (3,4). აუცილებლად გასაზომი კი იქნება: (1,2), (1,3), (1,4) ან (1,2), (2,3)  
და (3, 4).

ნებისმიერი კუთხე დამოუკი-  
დებლად გაიზომება ილეთების  
ხერხით ყოველ ნახევარ ილეთს  
შორის ლიმბის გადაადგილების  
გარეშე ისე, როგორც ეს მიღე-  
ბულია  $A$  მუხლსა და (3) მაგა-  
ლითში. მაშასადამე, როცა წრე-  
დი მარცხნივ, ჰოგარს ვუმიზ-  
ნებთ გასაზომი კუთხის მარცხენა  
საგანს და ვიღებთ ლიმბზე ანა-  
თვალს (ლიმბი დამაგრებულია),  
მერე ვუმიზნებთ მარჯვენა საგანს  
და ვიღებთ ანათვალს, გადავი-  
ტანთ ჰოგარს ზენიტზე, ვუმიზნებთ  
ისევ მარჯვენა საგანს და ვიღებთ  
ანათვალს, ვაბრუნებთ წრედ-ალი-  
დადას ისევ მარცხნივ (შეიძლება  
როგორც საათის ისრის ბრუნვის  
საწინააღმდეგოდ, ისე მისი მი-  
მართულებით), ვუმიზნებთ ჰოგარს  
მარცხენა საგანს და ვიღებთ ანა-  
თვალს. ამით მთავრდება I ილეთი. განაზომთა შეცდომების თეორიიდან ცნო-  
ბილია [13], რომ



ნახ. 6.8.12.8.

$$\left. \begin{array}{l} \text{ყოველი მიმართულების წონა} \\ \text{კუთხის წონა} \end{array} \right\} \begin{array}{l} P_{\gamma} = mn \\ P_{\beta} = \frac{mn}{2} \end{array} \quad (6.8.2.25)$$

სადაც  $m$  არის სადგურში შემავალი მიმართულებების რაოდენობა;

$n$  — ილეთების რაოდენობა.

ტრიანგულაციის პუნქტში შემავალი მიმართულებების  $m$  რაოდენობა  
სხვადასხვაა, რის გამო ერთი და იმავე  $n$  ილეთით გაზომილი კუთხეების წო-  
ნები ტრიანგულაციაში (25) ფორმულით გამოდის სხვადასხვა წონის, რაც იწ-  
ვევს უზერხელობას და ართულებს გაწონასწორების სამუშაოებს. ეს არის  
ყველა კომბინაციით ცალკეული კუთხეების გაზომვის ნაკლი. ტრიანგულაცია-

ში კუთხეების ტოლზუსტად გაზომვის მიზნით შ რ ე ი ბ ე რ ი ს მიერ მიღებულია ორი მოთხოვნა:

პირველი მოთხოვნა მდგომარეობს იმაში, რომ ტრიანგულაციაში ყოველი გაზომილი კუთხის წონა იყოს უცვლელი. მაგალითად, I კლასის ტრიანგულაციაში, სადაც სავალდებულოა შრეიბერის მეთოდის გამოყენება, ყველა სადგურისათვის ძველად მიღებული იყო წონა  $P=24$ . აღნიშნულის მიხედვით პუნქტში შემავალი  $m$  მიმართულებისათვის შესაბამისი  $n$  იღებების რაოდენობის (3) ცხრილი შედგენილია (25) ფორმულისადმი შრეიბერის I მოთხოვნის განხორციელებით.

ცხრილი 6.8.12.3.

სადგურში შემავალ მიმართულებათა $m$ რიცხვი	თითოეული კუთხის გაზომვისათვის იღებების $n$ რაოდენობა	გაწონასწორებული მიმართულებების $P_{\gamma} = m \cdot n$ წონები
2	12	24
3	8	24
4	6	24
5	5	25
6	4	24
7	4	28
8	3	24

ამეჟამად I კლასის ტრიანგულაციაში მიღებულია  $P_{\gamma} = m \cdot n = 35$  - დან 36-მდე, ხოლო II კლასის ტრიანგულაციაში  $P_{\gamma} = m \cdot n = 24$  - დან 32-მდე. ამის შესაბამისად იმავე (25) ფორმულით შედგენილია (4) ცხრილი.

შრეიბერის II მოთხოვნით ყოველი კუთხის ყოველი იღეთი უნდა იწყებოდეს ლიმბის სხვადასხვა საწყისი ანათვლებით და მთავრდებოდეს ლიმბის მდებარეობის შეუცვლელად.

ამ ღონისძიებით მინიმუმამდე დაიყვანება ლიმბის სისტემატური შეცდომები.

ლიმბის გარკვეული მდებარეობისათვის (24) ფორმულით გამოთვლილი აუნქტზე გასაზომი  $\frac{m(m-1)}{2}$  კუთხეებიდან შეიძლება გამოიყოს ან  $\frac{m}{2}$  (როცა  $m$  ლუწია), ან  $\frac{m-1}{2}$  (როცა  $m$  კენტია) კუთხეები, რომლებიც ურ-

მიმართულებათა რიცხვი	სრული ილეთების $n$ რიცხვი		
	I კლასის ტრიანგულაციაში	II კლასის ტრიანგულაციაში	
		თეოდოლიტი TT 2''/6''	თეოდოლიტი OT-0''/2
2	18	12	15
3	12	8	10
4	9	6	8
5	7	5	6
6	6	4	5
7	—	4	4
8	—	3	4
	წონა $P_{\gamma} = m \cdot n = 35-36$	$P_{\gamma} = 24-25-28$	$P_{\gamma} = 28-30-32$

ლიერთ არ არიან მიმხრობილი.  $\frac{m}{2}$  ან  $\frac{m-1}{2}$  კუთხეების ყოველ გამონათვალში გამოყენებული იქნება ლიმბის სულ სხვადასხვა ანათვლები, ანუ ანათვლის შესაბამისი ყოველი შტრიხი შევა თითოეულ ასეთ კუთხეში.

ზემოხსენებული მიდგომით კუთხეების (23) სიმრავლე შეგვიძლია დავუკოთ ჯგუფებად ისე, რომ თითოეულ ჯგუფში შედიოდეს უ რ თ ი ე რ თ მ ი უ მ ხ რ ო ბ ე ლ ი  $\frac{m}{2}$ , ან  $\frac{m-1}{2}$  რაოდენობა და ამავე დროს სხვადასხვა ჯგუფებში არ შედიოდეს საერთო კუთხეები. ცხადია, ასეთი ჯგუფების რაოდენობა იქნება:

$$\left. \begin{aligned} \frac{m(m-1)}{2} : \frac{m}{2} &= (m-1) \text{ ჯგუფი, როცა } m \text{ ლუწია} \\ \frac{m(m-1)}{2} : \frac{m-1}{2} &= m \text{ ჯგუფი, როცა } m \text{ კენტია} \end{aligned} \right\} \quad (6.8.12.26)$$

თითო ჯგუფის ყოველი კუთხე, რომ ერთი ილეთით იქნეს გაზომილი, ლიმბის გადაადგილებათა რიცხვი ყველა  $\frac{m(m-1)}{2}$  კუთხის გაზომვისათვის იქნებოდა იმდენი, რამდენი ჯგუფიც გვაქვს მიღებული (26) ტოლობებით. მაგრამ თითო კუთხე უნდა იყოს გაზომილი  $n$  ილეთით, ყოველ ილეთს შორის  $\gamma_0$  კუთხით ლიმბის გადაადგილებით, რომელიც დგინდება (17) ფორმულით:

$$\gamma_0 = \left( \frac{180}{n} + i \right) (i-1). \quad (6.8.12.27)$$

მაშასადამე, ლიმბის ყველა საჭირო გადაადგილებათა რაოდენობა იქნება:

$$\left. \begin{aligned} n(m-1), \text{ როცა } m \text{ ლუწია} \\ n m, \text{ როცა } m \text{ კენტია} \end{aligned} \right\} \quad (6.8.12.28)$$

ზოლო არამიმხრობილი ერთი ჯგუფის კუთხეების გაზომვიდან მეორე ჯგუფზე გადასვლის დროს ლიშბის საჭირო გადაადგილება უხდა მოხდეს  $\delta$  სიდიდით, რომლის ოდენობა ისაზღვრება ფორმულით:

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{\gamma_0}{m-1}, \text{ როცა } m \text{ ლუწია} \\ \delta &= \frac{\gamma_0}{m}, \text{ როცა } m \text{ კენტია} \end{aligned} \right\}. \quad (6.8.12.29)$$

შემომოყვანილი (4) ცხრილისა და (26)–(29) დამოკიდებულებებით შედგენილია ლიშბის გადაადგილებათა (5) და (6) ცხრილები.

მაგალითად, (5) ცხრილში  $m=3$ ,  $n=8$ . (26) დამოკიდებულებით ურთიერთმიუმხრობელი კუთხეების რაოდენობა იქნება სამი (სამი ჯგუფი) ანუ (5) ცხრილის სამივე სტრიქონი. (27) ფორმულით  $\gamma_0 = 22^{\circ},5 + 04' = 22^{\circ}34'$ . (28) ფორმულით ლიშბის ყველა გადაადგილების რაოდენობა იქნება 24. (29) უორმულით  $\delta = 22,5 : 3 = 7^{\circ},5 + 04'$  და ყოველი სტრიქონის ჩანაწერი ამ ოდენობით იზრდება. (1,3) კუთხე ჰარბი განაზომია.

ცხრილი 6.8.12.5.

$m=3; n=8$

კუთხეები	ო ლ ე თ ე ბ ი							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1,2	1 <sup>o</sup> 02'	22 <sup>o</sup> ,5 04'	45 <sup>o</sup> 08'	67 <sup>o</sup> ,5 12'	90 <sup>o</sup> 16'	112 <sup>o</sup> ,5 20'	135 <sup>o</sup> 24'	157 <sup>o</sup> ,5 28'
1,3	7,504	30 08	52,512	75 16	97,520	120 24	142,528	165 32
1,3	15 08	37,512	60 16	82,520	105 24	127,528	150 32	172,536

ანალოგიური მიდგომით არის შედგენილი (6) ცხრილი.

(6) ცხრილში მოყვანილია II კლასის ტრიანგულაციაში შრეიბერის მეთოდით კუთხეების გაზომვის დროს ლიშბის გადაადგილების ნიმუშები. აქ ჰარბი განაზომებია (1,3), (1,4), (2,4) კუთხეები.

შრეიბერის მეთოდით კუთხეების გაზომვის დროს, როცა  $m > 3$  (ვთქვათ,  $m=5$ ), პრაქტიკულად, გარდა (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), ..... კუთხეებისა, (2,3), (2,4), (2,5), ..... (3,4), (3,5), ..... კუთხეების ცხრილურ ოდენობებს უმატებენ კუთხეებს, რომლებიც შეესაბამებიათ საწყის და გასაზომი კუთხის მარცხენა ნიშნარაულებას. მაგალითად, (6) ცხრილში (2,3) და (2,4) კუთხეების სტრიქონს შესაბამისად დაემატება (1,2) კუთხის სტრიქონი, (3,4) კუთხის სტრიქონს დაემატება (1,3) კუთხის სტრიქონი.

ასეთი მიდგომით პრაქტიკული მუშაობისათვის შედგენილია (7) ცხრილი.

$m=4, n=6$

კუთხეები	° ლ ე თ ე ბ ი					
	I	II	III	IV	V	VI
1,2	0°00'	30°05'	60°10'	90°15'	120°20'	150°25'
1,3	10 05	40 10	70 15	100 20	130 25	160 30
1,4	20 10	50 15	80 20	110 25	140 30	170 35
2,3	20 10	50 15	80 20	110 25	140 30	170 35
2,4	10 05	40 10	70 15	100 20	130 25	160 30
3,4	0 00	30 05	60 10	90 15	120 20	150 25

$m=4, n=6$

კუთხეები	° ლ ე თ ე ბ ი					
	I	II	III	IV	V	VI
1,2	0°00'	30°05'	60°10'	90°15'	120°20'	150°25'
1,3	10 05	40 10	70 15	100 20	130 25	160 30
1,4	20 10	50 15	80 20	110 25	140 30	170 35
2,3	20 10	80 20	140 30	200 40	260 50	321 00
2,4	10 05	70 15	130 25	190 35	250 45	310 55
3,4	0 00	70 15	130 25	190 35	250 45	310 55

საერთოდ, I და II კლასის ტრიანგულაციისათვის კუთხეების გაზომვის დროს, სადაც გამოიყენება შრეიბერის მეთოდი, როგორც კერძო შემოსწავა გაუსის ყველა კომბინაციის მეთოდისა, ინსტრუქციაში იძლევიან ინსტრუმენტს და ლიშბის გადაადგილების ცხრილებს.

შრეიბერის მეთოდს წრიული ილეთების (მიმართულებების) ხერხთან შედარებით აქვს შემდეგი უპირატესობა:

1. კუთხეები შეიძლება გაიზომოს ნებისმიერი თანამიმდევრობით, რის გამოც გაზომვების გეგმა ამინდისა და სხვა ხელშეშლელი პირობების გამო არასდროს არ ირღვევა. აგრეთვე ყოველი ცალკეული კუთხის გაზომვის სქემები საშუალებას იძლევა ადვილად შევასრულოთ გაწონასწორებითი, ანუ განაზომა კუთხეების უალბათესი, ოდენობების დადგენის სამუშაოები;

2. ცალკეული კუთხის გაზომვაში არ არის მოსალოდნელი ლიშბის მდგრადობის დარღვევისა, რისთვისაც წრიულ ილეთებში სავალდებულოა საწყის წერტილზე ჰარბად საკონტროლო დამიზნება;



3. ყოველი კუთხას გაზომვაში შრებიერის მეთოდით მისი II მოთხოვნის შესაბამისად ლიმბის უფრო მეტი სხვადასხვა ნაწილები იღებს მონაწილეობას, ვერძე წრიული ილეთების დროს, რითაც შედარებით უფრო მცირდება ლიმბის როგორც სისტემატური, ისე შემთხვევითი შეცდომების გავლენა;

4. ყოველ სადგურზე რადგანაც კუთხე იზომება ორ მიმართულებას შორის დამოუკიდებლად, გვერდითი რეფრაქციის გავლენა აქ უფრო თანაბარია და ამით ნაკლები ოდენობისაა, ვიდრე წრიული ილეთების დროს, სადაც წრიული განლაგების მრავალ მიმართულებას შორის ისაზღვრება კუთხეები;

5. გარემო პირობებთან დაკავშირებით აქ უფრო მიიღწევა ტოლზუსტობა, რადგანაც დამოუკიდებლობის გამო ყოველი კუთხე შეიძლება გაიზომოს სულ ერთნაირ გარემო პირობებში.

შრებიერის მეთოდის უარყოფითი მხარეა:

1. სადგურში  $m$  მიმართულებათა ზრდით მცირდება საჭირო  $n$  ილეთების რაოდენობა, რითაც ბრკოლდება ლიმბის სისტემატური შეცდომების გავლენის შემცირება; გასაზომი კუთხეების წონები მცირდება, რაც უნდა გაიზარდოს არაპირდაპირი ხერხით ჭარბი კუთხეების გაზომვის ხარჯზე;

2. როცა  $m > 5$ -ზე, სწრაფად იზრდება სადგურზე გასაზომი კუთხეების რაოდენობა და დრო;

### ე. ხაზი მიმართულების ხერხი. შრებიერის სახეშემცვლილი ხერხი

სადგურში შემავალი ზოგიერთი მიმართულების ცუდი ხილვადობის გამო სტრუქვის მიერ დამუშავებული წრიული ილეთებით მიმართულებების გაზომვის დროს იძულებული ვართ ხსენებული მიმართულებების გაზომვები გადავდოთ მანამ, სანამ შეიქმნებოდეს მათი გაზომვისათვის შესაძლო გარემო პირობები, რითაც ირღევეა გაზომვების გეგმა. შრებიერის ხერხის ნაკლია ის, რომ სადგურში მიმართულებათა გაზრდით სწრაფად იზრდება გასაზომი კუთხეების რაოდენობა, რაც ნაჩვენებია (8) ცხრილში.

ცხრილი 6.8.12.8.

სადგურში მიმართულებების რაოდენობა, $m$	გასაზომი კუთხეების რაოდენობა		
	სულ (24) ფორმულა	აუცილებელი, $m-1$	ჭარბი
2	1	1	—
3	3	2	1
4	6	3	3
5	10	4	6
6	15	5	10
7	21	6	15
8	28	7	21
9	36	8	28

ამავე დროს (4) ცხრილი გვიჩვენებს, რომ I კლასის ტრიანგულაციაში, როცა  $m > 6$ , შრებიერის ხერხის გამოყენებას აზრი არა აქვს, რადგანაც საჭირო წრიულა ილეთების რიცხვი გამოდის მეტად მცირე. რაც დაუშვებელია. ზეპირ-ხსენებულის გამო იყენებენ სამი მიმართულეების ან შრებიერის სახეშეცვლილ ხერხს.

სამი მიმართულეების ხერხს აგრეთვე უწოდებენ არასრული ილეთების ხერხს. ჩვენი აზრით, უფრო შესაბამისია ამ ხერხს ეწოდოს სამ-სამი კუთხის ხერხი, რადგანაც ამ ხერხით სამ-სამი კუთხისაგან შემდგარ სერიებად (ჯგუფებად) იყოფა სადგურში შემავალი წყვილ-წყვილი მიმართულეების ყველა კომბინაციის შესაბამისი კუთხეები. როგორც ვიცით, ყველა კომბინაციით სადგურში შემავალი  $m$  მიმართულეების შესაბამისი კუთხეების რაოდენობა (24) ფორმულით არის  $C_m^3 = \frac{m(m-1)}{2}$ . ხოლო ჯგუფების (სერიების)  $k$  რაოდენობა სამჯერ ნაკლები, ე. ი.

$$k = \frac{m(m-1)}{6} \quad (6.8.12.30)$$

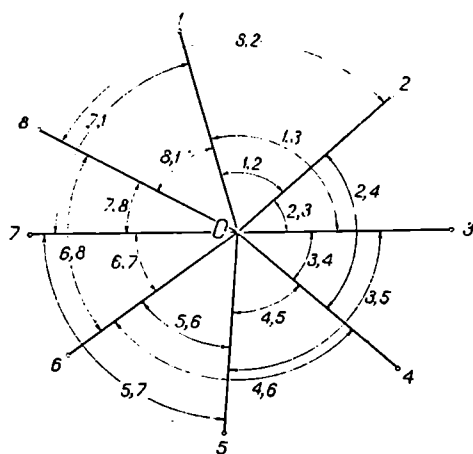
(9) ცხრილში ნაჩვენებია მოცემული  $m$ -ის შესაბამისი ჯგუფების (სერიების)  $k$  რაოდენობა კუთხეების სახეობების მიხედვით.

ცხრილი 6.8.12.9.

$m=6$			$m=7$			$m=9$		
$C_6^3$	$k=5$	სერ. №№	$C_7^3$	$k=7$	სერ. №№	$C_9^3$	$k=12$	სერ. №№
15	1,2; 1,3; 1,4	I	21	1,2; 1,3; 1,4	I	36	1,2; 1,3; 1,4	I
	1,5; 1,6; 2,3	II		1,5; 1,6; 1,7	II		1,5; 1,6; 1,7	II
	2,4; 2,5; 2,6	III		2,3; 2,4; 2,5	III		1,8; 1,9; 2,3	III
	3,4; 3,5; 3,6	IV		2,6; 2,7; 3,4	IV		2,4; 2,5; 2,6	IV
	4,5; 4,6; 5,6	V		3,5; 3,6; 3,7	V		2,7; 2,8; 2,9	V
				4,5; 4,6; 4,7	VI		3,4; 3,5; 3,6	VI
				5,6; 5,7; 6,7	VII		3,7; 3,8; 3,9	VII
					4,5; 4,6; 4,7		VIII	
					4,8; 4,9; 5,6		IX	
					5,7; 5,8; 5,9		X	
					6,7; 6,8; 6,9		XI	
					7,8; 7,9; 8,9		XII	

ყოველი სერია იზომება დამოუკიდებლად წრიული ილეთების ხერხით, იმ განსხვავებით, რომ აქ ჰორიზონტი არ არის შეკრული, ანუ არ ასრულებენ ღიშის მდგომარეობის საკონტროლო გაზომვას.

შრეიბერის სახეშეცვლილი ხერხით სადგურში შემავალ  $m$  მიმართულების ყველა კომბინაციის (24) ფორმულის შესაბამისი კუთხეებიდან იზომება მხოლოდ ის კუთხეები, რომლებიც მოქცეულია ყოველ



ნახ. 6.8.12.9.

ვიდრე შრეიბერის მეთოდში. მიუხედავად ამისა, იმის გამო, რომ გასაზომი კუთხეების რაოდენობა ნაკლებია, ვიდრე შრეიბერის მეთოდში, მაინც ამ მეთოდით სამუშაო შედარებით ნაკლებად შრომატევადია. (9) ნახაზის მიხედვით გასაზომია:

- |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1, 2; | 2, 3; | 1, 3, | 5, 6; | 4, 6; |
|       | 3, 4; | 2, 4, | 6, 7; | 5, 7; |
|       | 4, 5; | 3, 5, | 7, 8; | 6, 8; |
|       |       |       | 8, 1; | 7, 1; |
|       |       |       |       | 8, 2. |

### 6. 8. 13. პერტიკალური (დახრის და ზენიტური) კუთხეების გაზომვა

დახრის ან ზენიტურ კუთხეს მოცემული სიზუსტისა და ძაფთა ბადის კონსტრუქციის მიხედვით ზომავენ ერთი ძაფის დამიზნებით, ერთი ან რამდენიმე სრული ილეთით, ან სამი ძაფის დამიზნებით. აგეგმვისათვის საფუძვლის შექმნის დროს თეოდოლიტურ სვლებში, ჩვეულებრივ, აღნიშნული კუთხეები იზომება ერთი შუა თარაზული ძაფით ერთი სრული ილეთით.

#### A. დახრის კუთხის გაზომვა ერთი ძაფით დამიზნებით

ვერტიკალური წრედების შესახებ ყოველივე განხილულია 6. 8. 3. A. ე. VII და 6. 8. 7. VII მუხლში. აქ შევეხებით მხოლოდ მუშაობის წესრიგს დახრის (ზენიტური) კუთხეების გაზომვის დროს.

თეოდოლიტს ვაყენებთ სადგურზე და მოგვყავს მონწყისობაში. როცა წრედი მარცხნივა ( $L$ ), ჰოგრის ძაფთა ბადის შუა ჰორიზონტულ ძაფს ვუმინზნებთ სამინზნე ნინნის ზემო ბოლოს, მიკრომეტრული ხრახნით ვერტიკალური წრედის ალიდადის თარაზოს ბუშტულას ვაყენებთ ამბულის შუაში და ვიღებთ ანათვალს ვერტიკალურ წრედზე, რაც იწერება ჟურნალში. ამით მთავრდება პირველი ნახევარილეთი. შემდეგ ჰოგრს გადავიტანთ ზენიტზე ( $R$ ) და ისევ სსენებული სამინზნის იგივე ზედა ბოლოს ვუმინზნებთ შუა თარაზულ ძაფს, თარაზოს ბუშტულა მოგვყავს ამბულის შუაში და ვიღებთ ანათვალს, რაც იწერება ჟურნალში. ეს იქნება მეორე ნახევარილეთი. მაშასადამე, დახრის კუთხე აიღება ( $L$ ) და ( $R$ ) ორივე წრედის შესაბამისად (ერთი სრული ილე-სი). გარკვეული ტიპის წრედებისათვის დახრის კუთხისა და შვეული წრედის ნულ-ადგილის გამოსათვლელ ფორმულაში სათანადო რიცხვითი მაგალითება მოცემულია 6.8.3. A. C. VII და 6.8.7. VII მუხლში. როდესაც სამინზნე საგანს სარი წარმოადგენს, მაშინ თარაზული ძაფის დამინზნება ხდება მის ბოლოში და იზომება მისი  $\nu$  სიგრძე. ან კიდევ შეიძლება დამინზნება მოხდეს ინსტრუმენტის  $z$  სიმაღლეზე (იხილეთ ტახეომეტრიული აგეგმვა). ანალოგიური გზით იზომება დახრის კუთხეები სხვა წერტილების მიმართ.

მეტი სიზუსტის მიღწევის მიზნით დახრის კუთხეები იზომება რამდენიმე ილეთით. მხოლოდ ყოველი ახალი ილეთი იწყება იმის შემდეგ, როცა დამთავრდება წინა ილეთი ყველა პუნქტზე. ვთქვათ, ამა თუ იმ სადგურიდან ვახდენთ ორ პუნქტზე დახრის კუთხის გაზომვას ორი ილეთით. ამისათვის ჯერ ორივე პუნქტზე თანამიმდევრობით შესრულდება ერთი სრული ილეთი და შემდეგ იგივე თანამიმდევრობით უნდა შესრულდეს მეორე სრული ილეთი.

საველე კონტროლის მოთხოვნას წარმოადგენს ნულ-ადგილის მუდმივობა სადგურზე ყველა ილეთების შესრულების პერიოდში. მისი ოდენობის ცვალებადობა დასაშვებია დაახლოებით ვერტიკალურ წრედზე ასათვლელი ზელსაწყოს ერთი სიზუსტის ფარგლებში. საერთოდ კი გაზომვების წარმოების დროს უნდა ვისარგებლოთ ინსტრუქციით. როცა შვეული წრედის ნულ-ადგილის ოდენობათა ურთიერთ სხვაობა გადასცილდება დასაშვებ ზღვარს, გაზომვები უნდა გავიმეორროთ.

მაგალითი 6. 8. 13. 1. TT-5 თეოდოლიტით გაზომილია თარაზული და დახრის კუთხე; მანძილები გაზომილია ბაბთით, აგრეთვე გაზომილია ინსტრუმენტის  $z$  და ლარტყის  $\nu$  სიმაღლეები. დედამიწის სიმრუდისა და რეფრაქციის გავლენა  $f=0$ , რადგანაც ხაზები ნაკლებია 200 მეტრზე.

გამოთვლები იხილეთ (1) სქემაში.

1971 წ. 2 მაისი

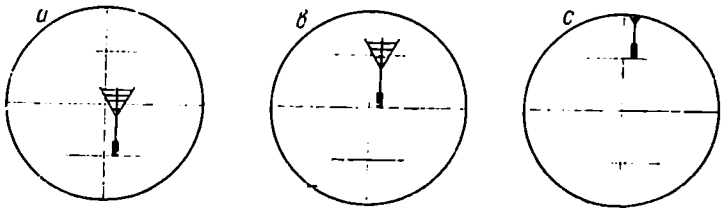
წყნარი ამონდი

სქემა 6.8.13.1.

შპაძარსკი ეიფაჯი	L		R		ანაოლეპი ყრინოეპე I და II		I+II 2		I+R 2		კუთხეები		მეინტუპი პიპეტეპი	ხეების ზმა	შეკრულება დახე პრეპ. მინი I <sub>0</sub>	ანაოლეპი ყრინოეპე I და II	I+II 2	N v	I <sub>0</sub> tg v i - v + f h	სელოს სეპა
	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი	შპაძარსკი ეიფაჯი								
B	L	0 06 30	06 15										175	180,68	0,50	45 00	45	360° 00'	+13,40	N=360° 00' 30"
	R	180 07 30	07 00		0 06 38								4	180,18		45 30	15	30"	-0,55	v=4° 15' 15"
C	L	167 01 00	00 45										185			06 00	06 15	4° 15'		i=1,45; v=2,00
	R	347 01 00	01 15										185			06 30	06 15	15"	+12,95	f=0
D	L	167 00 30																360°	-16,92	N=360° 00' 36"
	R	347 01 00																00'		v=-5° 05' 38"
																		360°		i=1,45; v=1,80
																		00'		f=0
																		3° 3"		
																		-5°		
																		05'		
																		38"		

**ბ. დახრის კუთხეების გაზომვა სამი ძაზით დამიზნებით (ნახ. 1)**

განხილად შემთხვევაში, მოგვყავს რა ინსტრუმენტი მომწესობაში, როცა წრედი მარცხნივ (L), ჰოგრის ჯერ ქვედა (ნახ. 1<sup>ა</sup>), შემდეგ შუა (ნახ. 1<sup>ბ</sup>) ჯა ბოლოს ზედა (ნახ. 1<sup>გ</sup>) თარაზულ ძაფს ვუმიზნებთ სამიზნე ნიშნის ზემო ბოლოს. ყოველი დამიზნებისას შვეული წრედის ალიდადის თარაზოს ბუტულას ვაყენებთ ამბულის შუაში და ვიღებთ შვეულ წრედზე (ლიმბზე) ანათვალს (პირველი ნახევარიღეთი), გადავიტანთ ჰოგრს ზენიტზე (მეორე ნახევარიღეთი) და, როცა წრედი მარჯვნივ (R), ვასრულებთ იმავე მოქმედებებს, მხოლოდ ზედა, შუა და ქვედა თარაზული ძაფის დამიზნებით, ვინაიდან, როცა წრედი მარცხნივ, ქვედა ძაფი არის მარჯვენა წრედის ზედა ძაფი.



ნ.ხ. 6.8.13.1.

ანუ იგივე ძაფი, ამიტომ მოქმედებათა მიღებული თანამიმდევრობის შესაბამისად (2) სქემაში ანათვლების ჩაწერები უნდა შესრულდეს ორივე წრედისათვის სემოდან ქვემოთ.

სქემა 6.8.13.2.

საღერო	კენტი	ანთვალი შვეულ წრედზე		საშუალო	ნულ-ადგილი N	v	შენიშვნა	
		I	II					
C	B	L	165° 47' 00"	47' 30"	47' 15"	360° 18' 35"	14° 31' 22"	i = 1,46 σ = 2,0
		R	14 50 00	50 00	50 00			
	L	165 30 00	30 00	30 00	370° 01' 30"	14° 31' 22"		
	R	14 33 00	33 00	33 00				
	L	165 12 30	12 30	12 00	359° 44' 30"	14° 31' 30"		
	R	14 16 00	16 00	16 00				

საშუალო v = +14 31 25"

ნულ-ადგილის (+ 16' 38") ოდენობა გამოსათვლელი ქვედა ძაფის დამიზნების შესაბამისად გამოსახავს იმ კუთხეს, რომელიც შეესაბამება ჰოგრის დახრას ანუ შუა და ქვედა ძაფს შორის კუთხურ მანძილს. ასევე ზედა ძაფის და-

მიზნების შესაბამისი ნულ-ადგილიც ( $-15'30''$ ) გამოსახავს შუა და ზედა ძაფს შორის კუთხურ მანძილს. ცხადია, თუ ძაფები სიმეტრიულია, მათი აბსოლუტური ოდენობებიც ტოლი უნდა იყოს.

საველე კონტროლი მგომარეობს იმაში, რომ როგორც შუა ძაფის დამიზნების შესაბამისი ნულ-ადგილის ოდენობა, ისე განაპირა ძაფების დამიზნების შესაბამისი ნულ-ადგილთა ურთიერთსხვაობა არ უნდა გადასცილდეს ინსტრუმენტის დანაყოფების ასათვლელი ხელსაწყოთა ერთ სიზუსტეს. ასეთივე შესაბამისობა უნდა იყოს დაცული დახრის კუთხის კერძო მნიშვნელობათა შორის.

მაგალითი 6. 8. 13. 2. TT-5 გაზომილია დახრის კუთხე სამივე ძაფის გამოყენებით. სქემა (2).

როგორც (2) სქემიდან ჩანს, შუა ძაფის შესაბამისი ნულ-ადგილი  $1'30''$ , ხოლო ქვედა და ზედა ძაფების შესაბამისი ნულ-ადგილთა  $18'38''$  ( $-15'30''$ ) სხვაობა არის  $34'08''$ ; ქვედა ძაფისა და შუა ძაფის შესაბამისი ნულ-ადგილთა სხვაობაა  $17'08''$ , ხოლო ზედა და შუა ძაფთა ნულ-ადგილს შორის ( $-15'30''$ — $01'38''$ ) სხვაობაა  $17'08''$ . ინსტრუმენტის საშიზნე ნიშნის  $i$  სინალზე იზომება სანტიმეტრის შეცდომის დაშვებით.

საერთოდ ზენიტური მანძილები განისაზღვრება ალგებრული სხვაობით:

$$Z = 90^\circ - v, \quad (6.8.13.1)$$

მაგალითად, (2) სქემის მიხედვით და (1) ტოლობით

$$Z = 75^\circ 28' 35''.$$

---

1. Баканова В. В. и другие, практикум по геодезии, недра, М., 1973.
2. ბეზაშვილი ა. შ., ტოპოგრაფია, ნაწილი I, თბილისი, 1933.
3. Гусев Н. А., Маркшендерско-геодезическое инструменты и приборы, недра, М.; 1965.
4. Деминих Фриц, геодезическая инструментостроения, недра, М., 1956.
5. Денишин П. В., геодезия, геодезиздат., М., 1953.
6. Закатов П. С. и другие, Инженерная геодезия, недра, М, 1969.
7. Красовский Ф. Н., Избрание сочинения, 3-том, геодезиздат, М., 1955.
8. Лингвинов Б. А. и др., геодезическое инструментоведение, Недра. М.. 1971.
9. Оглоблин Д. Н., Новые маркшендерские приборы, недра, М, 1967.
10. Павлов Ф. Ф., Мепурияшвили Г. Е., геодезия, Недра, М, 1968.
11. ტაბატაძე კ. ტ., გეოდეზია, II ნაწ., თბილისი, ცოდნა, 1963.
12. თევზაძე ნ. ა., მანძილზომები, ტექნიკა და შრომა, თბილისი 1957.
13. თევზაძე ნ. ა., განაზომთა შეცდომების თეორია, ტექნიკა და შრომა, თბილისი 1957.
14. თევზაძე ნ. ა., სინეიზრო გეოდეზია, I., განათლება, თბილისი, 1974.
15. თევზაძე ნ. ა., სინეიზრო გეოდეზია, II, განათლება, თბილისი, 1974.
16. Федоров Б. Д., Маркшендерско-геодезические приборы и инструменты, недра, М., 1971.
17. Хейфец Б. С., Даянлевич Б. Б., практикум по инженерной геодезии, недра, М., 1973.
18. Чеботарев А. С. и др., геодезия 2-4, Геодезиздат, М., 1962.
19. Шерман Д. С., Наставление по камеральной обработке базисов 1 и 2 классов, Геодезиздат, М., 1950.
20. Шишкин В. Н., настройка геодезических знаков, геодезиздат, М., 1953.



რ ე ც ე ნ ზ ე ნ ბ ა ბ ი:

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი, მეცნიერების დამსახურებული მოღვაწე, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ბ. ბაღვაში

ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, დოცენტი დ. ღონღაძე

ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, დოცენტი ნ. კუკულაძე

ნაშრომი რეკომენდებულია ვ. ი. ლენინის სახელობის საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის სამთო ფაკულტეტის სამეცნიერო საბჭოს მიერ

ТЕВЗАДЗЕ НИКОЛАЯ АРТЕМЬЕВИЧ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

VI

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА, УГЛОМЕРНЫЕ ПРИБОРЫ  
И ИНСТРУМЕНТЫ

(на грузинском языке)

რედაქტორი ბ. ლ ა ბ ა რ ტ ყ ა ვ ა

მხატვრული რედაქტორი ელ. ს უ ლ თ ა ნ ი შ ვ ი ლ ი

ტექ. რედაქტორი მ. ო ს ი ტ ა შ ვ ი ლ ი

კორექტორი მ. კ ე ბ უ ლ ა ძ ე

გადაეცა წარმოებას 15.I-75, ხელმოწერილია დასაბუქლად 10.VII-75,  
ქალაქის ზომა 70×108<sup>1</sup>/<sub>2</sub>;გ, საბუქლი ქალაქი № 1, პირობითი ნაბუქლი თაბახი 35,4,  
სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 29,48

ტარაჟი 3000,

უძე 00423

შეკვეთა 356

ფახი 2 მან. 11 კაპ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. 5.  
Издательство «Ганатлеба», Тбилиси, ул. Марджанишвили № 5.

1 9 7 5

სპი-ს სტამბა, ლენინის, ქ. № 69  
Типография ГПИ, ул. Ленина, 69