

სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნანა მაისურაძე

ფიზიკის კურსის მეთოდოლოგიური სისტემის  
ორგანიზაცია სწავლების საბაზო  
საფეხურზე



გამომცემლობა „უნივერსალი“  
თბილისი 2012

UDC(უაკ) 53(072)  
მ-178

წინამდებარე კურსში გაანალიზებულია პედაგოგიკურ პრინციპებზე აგებული, მეთოდოლოგიურად და ენობრივ-ტერმინოლოგიურად გამართული სახელმძღვანელოს როლი, მოცემულია მოსწავლეთა მეცნიერული ენის დაუფლებისა და აზროვნების განვითარების ასპექტები.

განკუთვნილია მაგისტრანტებისთვის, სტუდენტებისთვის. დახმარებას გაუწევს პედაგოგებსა და ფსიქოლოგებს.

რედაქტორი: აკადემიური დოქტორი  
სრული პროფესორი  
იური პაპავა

რეცენზენტები: აკადემიური დოქტორი  
ასოცირებული პროფესორი  
ოთარ გუგუჩია

აკადემიური დოქტორი  
ასოცირებული პროფესორი  
ალექსანდრე მიმინოშვილი

“სკოლა-ოჯახი” საზოგადოების  
ფიზიკის სექციის ტრენერი  
ნელი კანკავა

© ნ. მაისურაძე, 2012

გამომცემლობა „**უნივერსალი**“, 2012

თბილისი, 0179, ი. ჯავახიშვილის ბაზ. 19, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30  
E-mail: universal@internet.ge

ISBN 978-9941-17-635-7

## წინასიტყვაობა

საბუნებისმეტყველო დისციპლინების სწავლების მიზანია აზიაროს მოსწავლე საბუნებისმეტყველო მეცნიერების საფუძვლებს და განუვითაროს კვლევის უნარ-ჩვევები, რაც მას საშუალებას მისცემს შეიცნოს და გაითავისოს სამყარო, სწავლების ამ საფეხურზე მოსწავლეს კიდევ უფრო მეტად უვითარდება შემეცნებისათვის საჭირო უნარ-ჩვევები. ის მოვლენების გარეგნული აღწერიდან გადადის მოვლენათა არსის წვდომაზე, შეიმეცნებს ძირითად ფიზიკურ კანონებს. მოსწავლე იწყებს ემპირიული გზით სამყაროს აღქმას, შემოქმედებითად აზროვნებას, ცდილობს სამყაროში ადამიანის ადგილისა და მნიშვნელობის განსაზღვრას.<sup>1</sup>

მოსწავლის ცოდნის უშუალო წყარო და თანამგზავრი არის სასკოლო სახელმძღვანელო. ის უნდა შეიცავდეს პროგრამით გათვალისწინებულ საკითხებზე ცოდნის იმ მოცულობას, რომლის შესწავლა — დაუფლებაც მოსწავლისთვის სავალდებულოა. სახელმძღვანელო უნდა ასახავდეს უახლოეს მიღწევებს მოცემულ მეცნიერებაში, პედაგოგიურად და მეთოდურად იდგეს მაღალ დონეზე და გამსჭვალული იყოს სწავლების დიდაქტიკური პრინციპებით, ითვალისწინებდეს მოსწავლის ასაკს და მის თავისებურებებს, დაწერილი იყოს გამართული ლიტერატურული ენით, ტექნიკურად მაღალ დონეზე გაფორმებული და ა.შ. სასწავლო ტექსტი ისე უნდა იყოს დაწერილი, რომ მოსწავლეში იწვევდეს კმაყოფილებას და ზრდიდეს მასში სწავლისადმი სიყვარულს, წიგნზე დამოუკიდებელი მუშაობის ჩვევებს. სასკოლო სახელმძღვანელო არ უნდა წარმოადგენდეს უმაღლესი სკოლის კონსპექტს. ჩვენ უნდა გვახსოვდეს, რომ სკოლაში ვზრდით არა ფიზიკოსს, მათემატიკოსს, ბიოლოგს, არამედ მოაზროვნე, განვითარებულ

---

<sup>1</sup> ეროვნული სასწავლო გეგმა. 2011-2016. გვ. 1145-1304.

პიროვნებას, რომელიც დაუფლებულია მეცნიერებათა საფუძვლებს და შესწევს უნარი მიღებული ზოგადი განათლება გამოიყენოს პრაქტიკაში.

ჩვენი მიზანი არ არის სრული სახელმძღვანელოს შექმნა. ეს რთული და შრომატევადი სამუშაოა. კონკრეტული გადანყვეტა მოცემულია საბაზო საფეხურის ფიზიკის კურსის მხოლოდ ცალკეული თემებისათვის.

თითოეული თემა წარმოდგენილია პარაგრაფის სახით. ყოველი პარაგრაფის პირველ მუხლში მოცემულია მეთოდური ანალიზი, თუ რატომ უნდა აიგოს სასწავლო ტექსტი და შეთვისების მეთოდიკური აპარატი ისე, როგორც ჩვენ გვაქვს. ეს ანალიზი ფაქტობრივად მეთოდური მითითებებია მასწავლებლისათვის. მეთოდური განხილვის შემდეგ მოცემულია საკუთრივ გაკვეთილი თავისი ცოდნის შეთვისებისა და განმტკიცების მეთოდიკური აპარატით.

თანამედროვე მეთოდიკურ აპარატს აუცილებლად სჭირდება ფიზიკური ექსპერიმენტის საკითხებიც. ის ორგანული ნაწილი უნდა იყოს მეთოდიკური აპარატისა. მაგრამ ეს ჩვენი კვლევის საგანი არ არის. ამიტომ ჩვენ მზა სახით ვიყენებთ უკვე არსებულს და გამეორება თავიდან რომ ავიცილოთ, არ მოგვყავს.

ცალკეული თემების ორგანიზაცია (მიუხედავად ფრაგმენტულობისა) ორგანულად შეეხო კურსის შინაარსსა და სტრუქტურას.

ბუნება ერთიანია. მექანიკური, სითბური, ელექტრომაგნიტური, ... მოვლენები ბუნებაში ცალ-ცალკე არ ხდება. სამწუხაროდ, ეს ერთიანობა ფიზიკის სწავლებაში დაკარგულია. უამისოდ კი შეუძლებელია სწორი მსოფლმხედველობის ჩამოყალიბება. ფიზიკის ერთიანობა ბუნების მთლიანობას უნდა ასახავდეს, ფიზიკის სასწავლო კურსის აგების ერთ-ერთი უმთავრესი მეთოდოლოგიური პრინციპი უნდა იყოს. ამ ერთიანობის დანახვა ფიზიკის ფუნდამენტური პრინციპებისა და კანონების საშუალებით შეიძლება.

ფიზიკის ერთიანობის რეალიზება განაპირობებს იმას, რომ გადავუხვიოთ ფიზიკის ტრადიციულ დაყოფას ნაწილებად: მექანიკა, მოლეკულური ფიზიკა, ელექტრობა და მაგნეტიზმი, ოპტიკა . . . და თითოეული ნაწილის დამოუკიდებელ შესწავლას ცალკეულ კლასში. აღნიშნული ტრადიცია არ ეთანხმება მოსწავლის ასაკობრივ — ფსიქოლოგიურ თავისებურებებს. ამიტომ ფიზიკის ამა თუ იმ ნაწილის (მაგალითად, მექანიკის) კანონზომიერებანი სწავლების საბაზო საფეხურის ყველა კლასში უნდა განვიხილოთ. რასაკვირველია, იგივე ეხება სხვა ნაწილებსაც.

ფიზიკის თანამედროვე კურსის აგების პრინციპები ტრადიციულთან შედარებით ახლებურ გააზრებას საჭიროებს. ასეთი გააზრება სამეცნიერო-დიდაქტიკურ კვლევას მოითხოვს. აუცილებელია ფიზიკის კურსის აგების მეთოდოლოგიური საკითხების განხილვა, რათა შემუშავდეს ახალი სისტემური მიდგომა, რომელიც საფუძვლად დაედება თანამედროვე და თვითმყოფადი ეროვნული სახელმძღვანელოების შექმნას.

მექანიკის კურსის აგებისას გამოვდივართ ფიზიკის ერთიანობის მეთოდოლოგიური პრინციპებიდან. ამას ვაკეთებთ ცნების შინაარსის გაფართოების საფუძველზე.

ვნახოთ როგორ ვაგებთ კინემატიკას. პოზიცია ასეთია: სიჩქარის ცნება არ შემოგვაქვს მხოლოდ მექანიკური მოძრაობის მაგალითზე. აქვე ვიხილავთ სინათლის სიჩქარეს და ბგერის სიჩქარეს, ე.ი. ვაფართოებთ სიჩქარის ცნების შინაარსს ისე, რომ მოვიცავთ ფიზიკის სხვადასხვა მოვლენას (აკუსტიკურს, ოპტიკურს, ელექტრომაგნიტურს). სამომავლოდ, ალბათ, მიზანშეწონილი იქნება ფიზიკის სრული კურსის აგებისათვის განვიხილოთ მოლეკულების მოძრაობაც. ვთქვათ, დიფუზიის მაგალითზე.

კინემატიკის შესწავლისას იბადება შემდეგი კითხვა: აქტუალურია თუ არა ვასწავლოთ გრაფიკები სწავლების საბაზო საფეხურზე? საკითხს ართულებს ის, რომ ამ შემთხვევაში მათემატიკის კურსში შესატყვისი თემა ამ დროისათვის არ არის შესწავლილი. მართალია, ის ამ საფე-

ხურზე შეისწავლება, მაგრამ საკმაოდ მოგვიანებით და საკმაოდ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

ჩვენმა დაკვირვებამ აჩვენა, რომ მოძრაობის გრაფიკული წარმოდგენა საკმაოდ მძიმედ აღიქმება მოსწავლეების მიერ. ამიტომ საკითხი შემდგომ შესწავლასა და გადანყვეტას მოითხოვს ფიზიკისა და მათემატიკის საგანთაშორისი კავშირის საფუძველზე.

ფიზიკის სწავლების დაწყებით ეტაპზე ჩვენთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მათემატიკური აზროვნებიდან ფიზიკურ აზროვნებაზე გადასვლას. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ ამ დროისათვის მოსწავლეებს საკმაოდ აქვთ განვითარებული მათემატიკური აზროვნება. მათ უკვე იციან განტოლების ამოხსნა (ფიზიკისათვის ერთეულობიანი განტოლებაც საკმარისია) და ფიზიკურ ფორმულას აღიქვამენ, როგორც მათემატიკურ განტოლებას. ავინყდებთ სიდიდეების ერთეულების გათვალისწინება. მაგალითად, ზოგადად ტოლობას  $A=B$  მოსწავლეები აღიქვამენ, როგორც რიცხვების ტოლობას და ერთეულების ტოლობაც რომ აუცილებელია, ხშირად ავინყდებთ. ფიზიკის შესწავლისას კი ამის გათვალისწინება აუცილებელია.

პრობლემატურია აგრეთვე მრუდწირული მოძრაობის სწავლების — სახელდობრ, რისი განხილვაა საჭირო — საკითხი სწავლების საბაზო საფეხურზე კინემატიკაში.

ფიზიკის სწავლების დაწყებით ეტაპზე დინამიკის კურსის აგებისას არსებითი საკითხია მისი მწყობრი, ლოგიკური და ფიზიკური გამართვა. როგორც წესი, სასკოლო კურსის დინამიკის აგება ნიუტონის კანონების საფუძველზე ხდება. ამ ეტაპზე კი ნიუტონის კანონები, გარდა I-სა, არ შეისწავლება. ეს პრობლემა სასწავლო-მეთოდურ ლიტერატურაში ფაქტობრივად არ არის განხილული. საკითხი საკმაოდ რთული და ღრმა არის. სახელდობრ, შეეხება, ერთის მხრივ, ფიზიკური ცნების, მისი განსაზღვრების და, მეორე მხრივ, ფიზიკის კანონის ურთიერთმიმართებას.

როგორ განვსაზღვროთ ფიზიკური სიდიდე? ერთი რამ ნათელია: რომელი გზაც არ უნდა ავირჩიოთ, განსაზ-

ღვრება უნდა ასახავდეს როგორც თვისობრივ მხარეს, რომელიც ცნების რაობას გამოხატავს, ასევე რაოდენობრივს. ეს მხარეები კი ექსპერიმენტის საშუალებით უნდა დავადგინოთ, რაც ფაქტობრივად ფიზიკური კანონის დადგენას ნიშნავს. თანამედროვე ფიზიკამ ნათელი გახადა არსებითი ურთიერთკავშირი ფიზიკური სიდიდის განსაზღვრებასა და კანონს შორის. ამ ურთიერთკავშირის გაუთვალისწინებლად შეუძლებელია ფიზიკური სიდიდის სრულყოფილი განსაზღვრა. სწორედ, ეს არ არის სათანადოდ ასახული სასწავლო-მეთოდოლოგიურ ლიტერატურაში.

ფიზიკაში ჯერ კიდევ მყარია ფორმალური ლოგიკიდან მომდინარე წარმოდგენები. მაგალითად, ამტკიცებენ, რომ თანაფარდობა  $F = ma$  შეიძლება კანონად ჩავთვალოთ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სამივე სიდიდეს ამ თანაფარდობისაგან დამოუკიდებლად განვსაზღვრავთ. თანამედროვე ფიზიკამ გაარკვია, რომ ეს პრინციპულად შეუძლებელია: განსაზღვრებას ვერ ჩამოვაყალიბებთ კანონის გამოყენების გარეშე. განსაზღვრება კანონის ასახვაა, მათი გათიშვა შეუძლებელია. ამიტომ მოტანილი თანაფარდობა ერთდროულად კანონიცაა და ძალის განსაზღვრებასაც გვაძლევს. ასეთი რამ უცხოა ფორმალური ლოგიკისათვის და ამიტომაც არ არის იგი საკმარისი ფიზიკისათვის. თვალშისაცემი მაგალითია, რომ ფიზიკაში განსაზღვრება უახლოესი გვარისა და სპეციფიკური ნიშნის მიხედვით, ფაქტობრივად გამოუსადეგარია, რასაც, როგორც წესი, გვერდს უვლის სასწავლო-მეთოდოლოგიური ლიტერატურა.

პრობლემის არსი კარგად არის გადმოცემული ნიგნში.<sup>2</sup> ვისარგებლოთ ციტატით: “ყველა ფიზიკურ კანონსა და ფიზიკურ თეორიას . . . სიღრმისეული და დახვეწილი თვისებები გააჩნია, სახელდობრ, ისინი ერთდროულად გვაძლევენ როგორც საჭირო ცნებების განსაზღვრებას,

---

<sup>2</sup> Физика пространства-времени. Тейлор Э., Уилер Дж.-М., Мир. 1971, 140-143.

ასევე შედეგებს, რომლებიც მათ გამოყენებიდან გამომდინარეობს. . . . როგორ უიმედოდ მოძველდა ძველი თეორიის ლოზუნგი: “ნუ დაინყებ გამოკვლევას, თუ არ ჩამოაყალიბებ ცნებებს!” ადამიანის შემეცნებაში ნებისმიერი წინსვლის ქვეყნარტი შემოქმედებითი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ თეორია, ცნება, კანონი და გაზომვის მეთოდი, სამუდამოდ ერთმანეთისაგან განუყოფელნი, წარმოიშობიან ერთმანეთთან უწყვეტ კავშირში.”

ფიზიკური სიდიდის განსაზღვრისათვის კანონი გვჭირდება, კანონის დასადგენად ცდას უნდა მივმართოთ, ხოლო ცდა რომ ჩავატაროთ ფიზიკური სიდიდის თვისებები უნდა ვიცოდეთ. ეს თვისებები კი მხოლოდ ცდით შეიძლება გავიგოთ. ერთი შეხედვით შეკრული წრე მივიღეთ. მაგრამ ეს მხოლოდ ფორმალური ლოგიკის თვალსაზრისით, ფიზიკის ლოგიკა კი დიალექტიკურია (შინაარსობრივი). არ შეიძლება მოვითხოვოთ, რომ ჯერ ჩამოვყალიბოთ განსაზღვრება, შემდეგ ცალ-ცალკე დავადგინოთ ფიზიკური სიდიდის თვისებები და კანონი. დაკვირვებათა და ექსპერიმენტის საფუძველზე ჩნდება პირველი წარმოდგენები, შემდეგ — სავარაუდო დებულებათა სისტემა. დებულებათა ამ სისტემაზე დაყრდნობით იქმნება რაოდენობრივი ფიზიკური თეორია, რომლის სისწორესაც ისევ ცდა ამოწმებს. შემეცნების ამ პროცესში ფიზიკური ცნების განსაზღვრება, კანონი, გაზომვის მეთოდი და თეორია ერთმანეთთან უწყვეტ კავშირში ყალიბდება და სწორედ ამის ასხვაა საჭირო სასწავლო - მეთოდურ ლიტერატურაში ფიზიკური ცნების სრულფასოვანი განსაზღვრების ჩამოსაყალიბებლად.

გასაგები უნდა იყოს მიზეზი, თუ რატომაა შეუძლებელი ფიზიკის სწავლების დაწყებით ეტაპზე დინამიკის კურსის სრულფასოვანი ლოგიკური გამართვა. ის ფაქტი, რომ არ შეისწავლება ნიუტონის II კანონი, არ გვაძლევს საშუალებას ძალის ზუსტი რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის და მისი ერთეულის დასადგენად. ამიტომ აუცილებელი ხდება შემოვლითი გზების ძიება. აქ კი პრაქტი-



კულად ნებისმიერ სახელმძღვანელოში გვაქვს ლოგიკური ჩავარდნა, როდესაც რაიმე მტკიცების უკან იგულისხმება (თუმცა არ ისწავლება) ნიუტონის II კანონი.

პარაგრაფში “ძალა”, თითქმის ყველგან, მოყვანილი მაგალითების შემდეგ მოცემულია ძალის ცნების განსაზღვრება. სახელდობრ, ძალა მოძრაობის სიჩქარის შეცვლის მიზეზია. ეს ძალის ცნების საფუძვლიანი შემოტანაა, მაგრამ განსაზღვრება მხოლოდ თვისებრივია. გასაგებიცაა, ავტორები ვერ ახერხებენ რაოდენობრივ განსაზღვრებას ზემოთქმულის გამო. ზოგიერთ სახელმძღვანელოში ძალის განსაზღვრებაში მოცემულს ემატება ის, რომ ძალა დეფორმაციის გამომწვევი მიზეზია. მაგრამ ეს უკვე კერძო შემთხვევაა და გამოგვადგება მხოლოდ დრეკადობის ძალის განსაზღვრისათვის. ჩვენთვის მიუღებელია ძალის ცნების ასეთი განსაზღვრება, რამეთუ ამოსავალია ფიზიკური ცნების გაფართოების ხარჯზე მისი ერთიანობის წარმოჩენა. ეს კი შეუძლებელია, როდესაც ძალის განსაზღვრება დაგვყავს ერთი კონკრეტული ძალის (ამ შემთხვევაში, დრეკადობის) შემთხვევაზე.

ამის შემდეგ დგება საკითხი ძალის ერთეულის შემოტანის შესახებ. რადგან ნიუტონის II კანონი ამ ეტაპზე არ შეისწავლება, ისიც პრობლემატურია. სახელმძღვანელოში წერია შემდეგი: ძალის ერთეულად არჩეულია ძალა, რომელიც 1კგ მასის სხეულის სიჩქარეს 1 ნმ-ის განმავლობაში 1 მ/ნმ-ით ცვლის. ის თვისებრივ განსაზღვრებას ეთანხმება, თითქოს კარგია, მაგრამ პრაქტიკულად ლოგიკური ნახტომი გვაქვს, რადგან მოყვანილი მტკიცების უკან იგულისხმება ნიუტონის II კანონი (ნიუტონის II კანონი მართებული რომ არ იყოს, არც ძალის ერთეულის ასეთი განსაზღვრება იქნებოდა მისაღები).

სირთულეს ვაწყდებით ძალის რაოდენობრივი განსაზღვრების დროსაც. სახელმძღვანელოებში ლოზუნგის სახით წერია, რომ სიმძიმის ძალა მით მეტია, რაც უფრო მეტია სხეულის მასა. ისევ ლოგიკური ნახტომი და შემდეგ

გვაქვს  $F=mg$ , ხოლო როგორ მივედით ამ ფორმულამდე კი ძალიან გაუგებარია. გაუგებრობას იწვევს აგრეთვე ძალის გაზომვის მეთოდი. ნაჩვენებია, როგორ ხდება სიძიმის ძალის გაზომვა დინამომეტრის მეშვეობით. შემდეგ კი წერია, რომ დინამომეტრით შეიძლება გაიზომოს სხვა ძალებიც: ხახუნის ძალა, დრეკადობის ძალა და ა.შ. ისევ გვაქვს ლოზუნგი და არ არის ნაჩვენები, რატომ და როგორ ზომავს დინამომეტრი სხვადასხვა ბუნების ძალას საერთოდ.

ახლა დავსვათ კითხვა: სად არის გამოსავალი? ჩვენთვის ცნობილ სახელმძღვანელოებს შორის ვერ მივუთითებთ სახელმძღვანელოს, სადაც დინამიკის კურსი ფიზიკურად და ლოგიკურად არის გამართული და დაძლეულია ეს სიძნელეები. მიზეზი გასაგები უნდა იყოს ჩვენი ზემოთმოტანილი მსჯელობიდან. კურსის ლოგიკური და ფიზიკური გამართვისათვის აუცილებელია შემოვიტანოთ ფიზიკური კანონი, სათანადო კანონზომიერება. რასაკვირველია, ეს ვერ იქნება ნიუტონის II კანონი.

ფიზიკის სწავლების საბაზო საფეხურზე არსებობს ერთადერთი გზა, რომელიც აკმაყოფილებს მისანვდომობის პრინციპს. ძალის ცნების განსაზღვრებისა და გაზომვის მეთოდის ფიზიკურად და ლოგიკურად გამართული გადაცემისათვის უნდა დავეყრდნოთ ჰუკის კანონსა და ძალთა წონასწორობის პირობას. ეს უკანასკნელი იმ შემთხვევაში, როდესაც ძალები ერთი წრფის გასწვრივაა მიმართული. გაუგებარია, რატომ ერიდებიან ავტორები ძალთა წონასწორობის პირობის გამოყენებას დინამიკაში, მაშინ როდესაც კურსის ბოლოს შეისწავლება ჰიდროსტატიკა.

რასაკვირველია, ამ გზის სრული რეალიზება სახელმძღვანელოს საქმეა. ჩვენ კი შევვებით ნიმუშის სახით მხოლოდ ზოგიერთ არსებით ასპექტს.

## § 1. მექანიკური მოძრაობა

### მეთოდური მითითება

ამ პარაგრაფის აგებას ვინწყებთ კონკრეტული მაგალითების მოყვანით, რომელიც აღწერს მექანიკურ მოძრაობას (კერძოდან ზოგადისაკენ). ამ მონაკვეთის ბოლოს ვაძლევთ მოსწავლეს კითხვას, რომელიც საშუალებას აძლევს იპოვოს მსგავსება მექანიკური მოძრაობის მაგალითებს შორის. ეს ამზადებს მას აღიქვას მექანიკური მოძრაობის განსაზღვრება. მაგალითად, შესაფერისია ასეთი კითხვა “რას ნიშნავს, რომ თვითმფრინავი მიფრინავს ცაში?”

ათვლის სხეულის ზოგად განსაზღვრებამდე კვლავ კერძო მაგალითებით მივდივართ. განსაზღვრების შემდეგ ტექსტში ვრთავთ ისეთ სავარჯიშოს, რომელიც ამ განსაზღვრების ანალიზს მოითხოვს. ეს აუცილებელია, რადგან ამ ასაკის მოსწავლე ძირითადად იმასხოვრებს (რეპროდუქციული აზროვნება) და უჭირს დამოუკიდებელი აზროვნება. ფიზიკური აზროვნების განვითარება ინტუიციურ უნარზე კი არ უნდა იყოს დაყრდნობილი, არამედ ამაში მას წიგნი უნდა ეხმარებოდეს. მაგალითად, შემდეგი სახის სავარჯიშო “ოთახში მოლექულები განუწყვეტილად მოძრაობენ. დაასახელეთ ათვლის სხეული.” ამ სავარჯიშოთი ყურადღებას ვამახვილებთ ათვლის სხეულის აუცილებლობაზე. ამის შემდეგ კარგია მოსწავლე გავარკვიოთ მოძრაობის ფარდობითობაში. იმისათვის, რომ მოსწავლე ჩანვდეს მოძრაობის ფარდობითობის შინაარსს ამ ნაწილის ბოლოს ვაძლევთ სავარჯიშოს: “ნავი მიცურავს ზღვაში. რის მიმართ არის უძრავი ან მოძრავი მასში მჯდომი მეთევზე?”

შემდეგ შემოგვაქვს ტრაექტორიის, გზისა და გავლილი მანძილის ცნებები. ამას ვაკეთებთ მაგალითების მეშვეობით. ვარკვევთ მოსწავლეს ტრაექტორიისა და გზის შინაარსში. ვეუბნებით, რომ გზა იზომება სიგრძის ერთეულებით, მაგალითად, მეტრებით. ბოლოს კი ვსვამთ კით-

ხვას “სიგრძის რომელ ერთეულებს დაასახელებდით კიდევ?”

სასწავლო ტექსტის ბოლოს ცოდნის შეთვისებისა და განმტკიცების მეთოდოლოგიური აპარატი, როგორც წესი, შედგება სამი ნაწილისაგან. პირველ ნაწილში გვაქვს სავარჯიშოები ფიზიკის ენაზე მეტყველების განვითარებისათვის. ასეთებია: შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით; გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა. ამოცანების ამოხსნა ფიზიკის სწავლების განუყოფელი ნაწილია. იგი სწავლების მიზანიცაა და მეთოდიც. მათ გარეშე შეუძლებელია მტკიცე ცოდნის შექმნა და მისი პრაქტიკული გამოყენების უნარ-ჩვევების გამომუშავება. ამიტომ, მეორე ნაწილში გვაქვს სასწავლო ტექსტის ფიზიკურ გააზრება-გაგებაზე მიმართული კითხვები და სავარჯიშოები. ეს კითხვები განსხვავდება გაკვეთილის ბოლოს მოცემული ტრადიციული კითხვებისაგან. ტრადიციულ კითხვებს, როგორიცაა, მაგალითად, “რას ეწოდება ათვლის სხეული?” ვიყენებთ მითითებისათვის, რომელსაც გეგმის სახით ვაძლევთ მოსწავლეს მესამე ნაწილში. ეს მითითება დაეხმარება მოსწავლეს მოამზადოს გაკვეთილი და, რაც მთავარია, მოყვეს. ამის გარდა, მათი გამოყენება შესაძლებელია თავის ბოლოს გამეორების მიზნით.

## **გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი**

გემი მიცურავს ზღვაში, ადამიანი მიდის გზაზე, თვითმფრინავი მიფრინავს ცაში. ყველა ეს მაგალითი მექანიკური მოძრაობის მაგალითებია.

ახლა გავარკვიოთ რა არის მექანიკური მოძრაობა. რას ნიშნავს, რომ ადამიანი მიდის გზაზე? იცვლება მისი მდებარეობა ხის, სახლის, ბუჩქის მიმართ. ასევე იცვლება გემის მდებარეობაც ნაპირის მიმართ.

- **რას ნიშნავს, რომ თვითმფრინავი მიფრინავს ცაში?**

ამგვარად, მექანიკური მოძრაობისას აუცილებლად იცვლება სხეულის მდებარეობა სხვა სხეულის (სხეულების) მიმართ.

**სხეულის მდებარეობის ცვლილებას სხვა სხეულის (სხეულების) მიმართ, მექანიკური მოძრაობა ეწოდება.**

სხეულს, რომლის მიმართ განიხილავენ მოცემული სხეულის მოძრაობას, ათვლის სხეულს უწოდებენ.

• **ოთახში მოლეკულები განუწყვეტლივ მოძრაობენ. დაასახელეთ ათვლის სხეული.**

მატარებელში მჯდომი ადამიანი მოძრაობს ხეების, შენობების მიმართ, მაგრამ უძრავია მატარებლის ვაგონის მიმართ. ველოსიპედისტი მოძრაობს სახლების, ხეების, მანქანების მიმართ, მაგრამ უძრავია ველოსიპედის მიმართ. ამ მაგალითებიდან ვხედავთ, რომ ერთი და იგივე სხეული შეიძლება მოძრაობდეს ერთი ათვლის სხეულის მიმართ და უძრავი იყოს მეორე ათვლის სხეულის მიმართ.

ამგვარად, სხეულის მექანიკური მოძრაობა თუ უძრავობა დამოკიდებულია ათვლის სხეულის არჩევაზე. ეს ნიშნავს, რომ მექანიკური მოძრაობა და უძრავობა ფარდობითია.

• **ნავი მიცურავს ზღვაში. რის მიმართ არის უძრავი ან მოძრავი ნავში მჯდომი მეთევზე?**

დაფაზე ცარცით წერის დროს რჩება კვალი, თოვლზე გავლისას ადამიანი ტოვებს კვალს. კვალი წარმოვიდგინოთ როგორც წირი. შეგვიძლია ვთქვათ, რომ სხეული მოძრაობს წირზე. რასაკვირველია, ეს წირი ყოველთვის ხილული არ არის. მაგალითად, პეპელას ფრენის წირი უხილავია.

**წირს, რომელსაც შემოწერს მოძრავი სხეული, ტრაექტორია ეწოდება.**

ტრაექტორია შეიძლება იყოს სხვადასხვა წირი, უმარტივესია წრფივი ტრაექტორია. მაგალითად, ლიფტის მოძრაობის ტრაექტორია არის წრფე. უფრო რთულია საათის ისრის ბოლოს ტრაექტორია: ერთი სრული ბრუნვისას იგი წრეწირს შემოწერს. სხეულის ტრაექტორია შეიძლება

საკმაოდ რთული წირი იყოს. ყველას გვინახავს მოწყვეტილი ფოთლის ვარდნა. შეეცადეთ წარმოიდგინოთ მისი ტრაექტორია.

ტრადიციულად გაკვეთილი 45 წუთს გრძელდება. ამ დროის განმავლობაში საათის ისრის ბოლო სრულ წრეწირს არ შემოწერს. ის გაივლის წრეწირის სიგრძის მხოლოდ ნაწილს.

### **ტრაექტორიაზე გავლილ მანძილს გზა ეწოდება.**

ტრაექტორია და გზა ერთმანეთისაგან უნდა განვასხვავოთ. ტრაექტორია წირია, ხოლო გზა ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გავლილ მანძილს წარმოადგენს. გზა იზომება სიგრძის ერთეულებით. მაგალითად, მეტრებით.

• **სიგრძის რომელ ერთეულებს დაასახელებდით კიდევ?**

## **მეთოდოლოგიური აკარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. სხეულის . . . ცვლილებას სხვა სხეულის (სხეულების) მიმართ, მექანიკური მოძრაობა ეწოდება. (სიჩქარე, მოძრაობა, მდებარეობა).

2. წირს, რომელსაც შემოწერს მოძრავი სხეული, . . . ეწოდება. (გზა, ტრაექტორია, განვლილი მანძილი).

### ***II. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა.***

1. სხეულის მექანიკური მოძრაობა თუ უძრაობა დამოკიდებული არ არის ათვლის სხეულის არჩევაზე.

2. გზა წირია, ხოლო ტრაექტორია ფიზიკური სიდიდე, რომლის არსია გავლილი მანძილი.

3. მოცემული სხეულის მოძრაობას განიხილავენ ათვლის სხეულის მიმართ.

### **III. კითხვები, სავარჯიშოები**

1. რას ნიშნავს, რომ სხეულის მდებარეობა იცვლება სხვა სხეულის მიმართ?
2. რამდენი ათვლის სხეული შეიძლება ავირჩიოთ სხეულის მოძრაობის განსახილველად?
3. რატომ არის საჭირო მივუთითოთ, თუ რომელი სხეულის მიმართ მოძრაობს მოცემული სხეული?
4. რატომ ვერ მივუთითებთ ნავის მოძრაობის მიმართულებას ნისლიან ამინდში?

### **IV. ისწავლე გაკვეთილი**

1. როგორ მოძრაობას ეწოდება მექანიკური მოძრაობა?
2. რა არის ათვლის სხეული?
3. რას ნიშნავს სხეულის მოძრაობის ფარდობითობა?
4. რას ეწოდება ტრაექტორია?
5. რა არის გზა და რით განსხვავდება იგი ტრაექტორიისაგან?

## § 2. თანაბარწრფივი მოძრაობა. სიჩქარე. სიჩქარის ერთეული

### მეთოდური მითითება

სწავლების საბაზო საფეხურზე მოძრაობის შესწავლას ვინწყებთ მისი უმარტივესი სახით — თანაბარწრფივი მოძრაობით. ვინწყებთ რასაკვირველია, კონკრეტული მაგალითების მოყვანით. ტექსტის ამ ნაწილში მოსწავლეს უნდა ვაჩვენოთ, რომ თანაბარწრფივი მოძრაობის დროს ტოლ შუალედებად დროის დაყოფა ჩვენი არჩევანია, იგი შეიძლება ნებისმიერი იყოს. თანაბარწრფივი მოძრაობის განსაზღვრების შემდეგ სასურველია მოსწავლეს მივცეთ მარტივი სავარჯიშო. ამას ვაკეთებთ იმისათვის, რომ მან შეძლოს ნაკითხულის გააზრება არა რეპროდუქციულ დონეზე, არამედ პროდუქციულზე. ეს სავარჯიშო მოსწავლეს საშუალებს აძლევს დაინახოს თანაბარწრფივი მოძრაობის განსაზღვრებაში დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებად დაყოფის აუცილებლობა. ახლა მოვიყვანთ ამ სავარჯიშოს: “სანვეთურის ონკანი ისე გავალოთ, რომ წვეთები უფრო ხშირად ვარდებოდეს და გავიმეოროთ ცდა. როგორი იქნება ურიკას მიერ გავლილი მანძილების შეფარდება?”

გავრცელებულია უმართებულო აზრი, რომ სიჩქარის ცნება საკმაოდ მარტივია და მისი შემოტანა თანაბარწრფივი მოძრაობის მაგალითზე რაღაც გამორჩეულ მეთოდურ მიდგომას არ საჭიროებს. სიჩქარის ცნებაში წვდომა საკმაოდ რთულია. საქმე მარტო ის კი არ არის, რომ სიჩქარის ცნება პირველი წარმოებული ფიზიკური ცნებაა, არამედ სიჩქარის ცნების საფუძველზე პირველად ეცნობიან მოსწავლეები ფიზიკურ ფორმულას.

მათემატიკური ფორმულა მოსწავლეებმა უკვე იციან. ფიზიკური ფორმულის გააზრება კი მათემატიკური აზროვნების დონეზე საკმარისი არ არის. შევადაროთ მათემატიკური და ფიზიკური ტოლობები ერთმანეთს:  $C=A/B$  და  $v=s/t$ .



რა არის მათემატიკური ტოლობის აზრი? მათემატიკაში ასე ასწავლიან: C განაყოფი გვიჩვენებს, თუ B გამოყოფი რამდენჯერ თავსდება A გასაყოფში, ან რაც იგივეა, A გასაყოფი რამდენჯერ მეტია (ნაკლებია) B გამოყოფზე. მაგრამ ასეთი მათემატიკური ინტერპრეტაცია, აზროვნება უთქმელად გულისხმობს, რომ A და B სიდიდეები ერთგვაროვანია, ე. ი. ერთნაირი ერთეულებით იზომება, ან სულაც განყენებული სიდიდეებია. მათემატიკაში, ფიზიკის სწავლების დაწყებამდე, ასწავლიან რომ შედარება შეიძლება მხოლოდ ერთგვაროვანი სიდიდეებისა. მაგალითად, უაზრობაა 5 მეტრს მივუმატოთ ან გმოვაკლოთ 2 წამი. სამწუხაროდ, ავინყდებათ, რომ შედარება მარტო მიმატებას ან გამოკლებას არ გულისხმობს. მხედველობაში არ ღებულობენ, რომ შედარება გაყოფასაც ნიშნავს. უაზრობა იქნება დავსვათ კითხვა: 5 მეტრი რამდენჯერ მეტია (ნაკლებია) 2 წამზე?

ახლა ამ თვალსაზრისით შევხედოთ ფიზიკურ ფორმულას. შეუძლებელია ფიზიკური ფორმულის გაგება აღნიშნული მათემატიკური აზრით. რასაკვირველია, ეს პრობლემა ფიზიკის სახელმძღვანელომ უნდა გადაჭრას. იგი მათემატიკის საქმე არ არის. დაბეჯითებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ასეთი რამ ფიზიკის სასწავლო და მეთოდურ ლიტერატურაში არ არსებობს. ე.ი. რჩება პრობლემა ფიზიკური ფორმულის არსის გარკვევისა. ეს საკმარისად რთული პრობლემაა და ამიტომაც ჩვენ, სიჩქარის ცნების შემოტანისას, განსაკუთრებულ ყურადღებას ვუთმობთ კერძო — ზოგადი — კერძო ციკლის განხორციელებას.

მაგალითების მეშვეობით ვიხილავთ სამ შემთხვევას. სამივე შემთხვევაში სხეულები თანაბარწიფივად მოძრაობენ. პირველ შემთხვევაში ერთსა და იმავე დროში ორი სხეული სხვადასხვა გზას გადის; მეორეში — სხვადასხვა დროში ორი სხეული ერთსა და იმავე გზას გადის; მესამეში — სხვადასხვა დროში ორი სხეული სხვადასხვა გზას გადის. სამივე შემთხვევისათვის ცალ-ცალკე ვახასიათებთ

მოძრაობის სისწრაფეს და მივდივართ სიჩქარის განსაზღვრებამდე. მოგვყავს სიჩქარის ერთეული. იმისათვის, რომ მოსწავლემ გაიაზროს ერთეულის შინაარსი, სასარგებლოა უპასუხოს მაგალითად, შემდეგ კითხვას: “რას ნიშნავს, რომ მანქანა მოძრაობს 72 კმ/სთ სიჩქარით?”

შემდეგ ისევ მაგალითებით ვაჩვენოთ, რომ სიჩქარე არის ვექტორული სიდიდე, ე.ი. მას აქვს მიმართულება. ამის საფუძველზე ვარკვევთ, რომ მისი მნიშვნელობა შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი სიდიდე. ბოლოს კი, მაგალითების საშუალებით მივდივართ იმ დასკვნამდე, რომ თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა.

მოძრაობის შესწავლა უნდა დავიწყოთ თანაბარი მოძრაობით, რაც ეთანადება მარტივიდან რთულზე თანმიმდევრული გადასვლის დიდაქტიკურ პრინციპს, და არა არათანაბარი მოძრაობით, როგორც ეს ზოგიერთ სახელმძღვანელოშია. არ შეიძლება იმის თქმა, რომ თანაბარწრფივი მოძრაობა ბუნებაში თითქმის არ გვხვდება, ამიტომ მხოლოდ იდეალიზაციაა. განა სინათლე თანაბარწრფივად არ ვრცელდება?

თემა სრულად გაკვეთილის სახით განვიხილოთ.

## **გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი**

მოძრაობის შესწავლა დავიწყოთ მისი უმარტივესი სახიდან — წრფივი მოძრაობიდან. ჩვენ უკვე ვიცით, რომ უნდა შეგვეძლოს გზის ანუ გავლილი მანძილის გაზომვა. გზის გავლა შეიძლება სწრაფად და ნელა. ამიტომ აუცილებელია მოძრაობის შესწავლისას დროის გაზომვაც.

როგორ დავახასიათოთ მოძრაობის სისწრაფე?

ვთქვათ, ავტომობილი წრფივად მოძრაობისას ყოველ საათში გადის 80 კმ-ს. ყოველ ნახევარ საათში გადის 40 კმ-ს, ყოველ მეოთხედ საათში – 20კმ-ს. ამ მაგალითიდან ჩანს, რომ ავტომობილი დროის ტოლ შუალედებში გადის ერთნაირ გზას. დროის ტოლ შუალედებად ავიღეთ ერთი

საათი, ნახევარი საათი, მეოთხედი საათი. რა თქმა უნდა, დროის სხვა ტოლი შუალედების შერჩევაც შეიძლება.

წარმოვიდგინოთ, რომ ნებისმიერად შერჩეული დროის ტოლი შუალედებისათვის ავტომობილი ერთნაირ გზას გადის.

**თუ წრფივად მოძრავი სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ტოლ გზებს გადის, მოძრაობას თანაბარ-წრფივი ეწოდება.**

განვიხილოთ მაგალითი. ურიკა მოძრაობს წრფივად და თანაბრად. მასზე დამაგრებული საწვეთურიდან დროის ტოლი შუალედების შემდეგ ვარდება წვეთები. ურიკას მოძრაობისას დატოვებულ ნაწვეთურებს შორის მანძილი ერთნაირია, ე.ი. ურიკა დროის ტოლ შუალედებში ტოლ გზას გადის.

**• საწვეთურის ონკანი ისე გავალოთ, რომ წვეთები უფრო ხშირად ვარდებოდეს და გავიმეოროთ ცდა. როგორი იქნება ურიკას მიერ გავლილი მანძილების თანაფარდობა?**

თანაბარწრფივი მოძრაობა არის მოძრაობის უმარტივესი სახე. ამიტომ ადვილია შემოვიღოთ ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ასეთი მოძრაობის სისწრაფეს ახასიათებს.

განვიხილოთ თანაბარწრფივად მოძრავი ორი სხეული. ვთქვათ, 5 წმ-ში ერთმა გაიარა 15 მ, მეორემ კი – 10 მ. ერთსა და იმავე დროში ერთმა უფრო მეტი მანძილი გაიარა, ვიდრე მეორემ. ამ მაგალითიდან ნათლად ჩანს, რომ პირველი სხეული უფრო სწრაფად მოძრაობს, ვიდრე მეორე.

ახლა ვთქვათ, ორი სხეული მოძრაობს ისევე თანაბარ-წრფივად. 10 მ გზა ერთმა გაიარა 5 წმ-ში, ხოლო მეორემ – 2 წმ-ში. როგორც ვხედავთ, თანაბარწრფივად მოძრავმა ორმა სხეულმა ერთი და იგივე გზა სხვადასხვა დროში გაიარა. ამ შემთხვევაშიც ადვილი მისახვედრია, რომ მეორე სხეული უფრო სწრაფად მოძრაობდა, ვიდრე პირველი.

მოდით ახლა განვიხილოთ ასეთი მაგალითი: ორი სხეული მოძრაობს თანაბარწრფივად. ერთმა 5 წმ-ში გაია-

რა 20 მ, ხოლო მეორემ 7 წმ-ში გაიარა 21 მ. ე.ი. თანაბარ-  
წრფივად მოძრაობა ორმა სხეულმა სხვადასხვა დროში  
სხვადასხვა გზა გაიარა. როგორ ვიპოვოთ რომელი უფრო  
სწრაფად მოძრაობდა? ამ შემთხვევაში ისე ადვილად ვე-  
ლარ ვიტყვი, რომელი სხეული მოძრაობს უფრო სწრა-  
ფად. დავეყრდნოთ პირველ და მეორე მაგალითს. საკით-  
ხის გადასაჭრელად შევადაროთ დროის ტოლ შუალედებში  
გავლილი მანძილები ორივე სხეულისათვის. ჩვენ ვიცით,  
რომ ტოლი შუალედების შერჩევა ნებისმიერად შეიძლება.  
ყველაზე მარტივია დროის ტოლ შუალედებად დროის ერ-  
თეული შევარჩიოთ. მაგალითად, 1სთ, 1 წთ, 1 წმ. გამოვ-  
თვალოთ, რა მანძილს გადის პირველი სხეული 1 წმ-ში.  
ამისათვის, მანძილის გამომსახველი რიცხვი 20 გავყოთ  
დროის გამომსახველ რიცხვზე 5-ზე:  $20/5=4$ .

რას ნიშნავს ეს? ყოველ წამში პირველი სხეული გა-  
დის 4 მ-ს.

გამოვთვალოთ იგივე მეორე სხეულისათვის. გვექნე-  
ბა  $21/7=3$ , ე.ი. მეორე სხეული ყოველ წამში გადის 3 მ-ს.  
ახლა ჩვენ ადვილად ვუპასუხებთ ზემოთ დასმულ კით-  
ხვას, რომ პირველი სხეული უფრო სწრაფად მოძრაობს,  
ვიდრე მეორე.

მოძრაობის სისწრაფის დასახასიათებლად ყველაზე  
მოსახერხებელია ვიცოდეთ დროის ერთეულში გავლილი  
მანძილი. ამ სიდიდეს უწოდებენ სიჩქარეს.

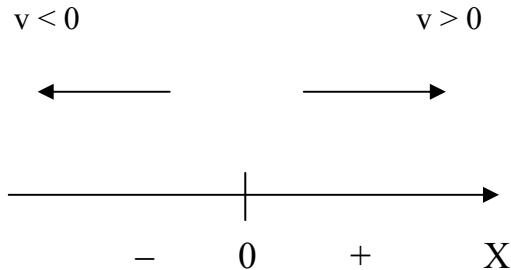
**თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე რიცხობრივად  
ტოლია დროის ერთეულში გავლილი მანძილისა.**

სიჩქარე ფიზიკური სიდიდეა. ამიტომ მას რიცხვითი  
მნიშვნელობის გარდა აქვს ერთეული. რა ერთეულებით  
უნდა გავზომოთ სიჩქარე? დავაკვირდეთ მესამე მაგა-  
ლითს. პირველი სხეულისათვის ჩვენ გვაქვს  
 $20მ/5წმ=4მ/წმ$ , მეორე სხეულისათვის კი —  $21მ/7წმ=3მ/წმ$ .  
ვხედავთ, რომ ორივე შემთხვევაში განაყოფს უწერია მ/წმ.  
ე.ი. სიჩქარის ერთეული არის მ/წმ.

როგორ გავიგოთ ეს ერთეული? ცხადია, უაზრობა იქნება გავიგოთ როგორც, მეტრი 4-ჯერ მეტია წამზე ან მეტრი 3-ჯერ მეტია წამზე. 1მ/წმ ისეთი თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარეა, რომლის დროსაც მოძრავი სხეული 1 წმ-ში გადის 1 მ გზას. გვაქვს სიჩქარის სხვა ერთეულებიც.

• **რას ნიშნავს, რომ მანქანა მოძრაობს 72 კმ/სთ სიჩქარით?**

ვთქვათ, სხეული მოძრაობს ხის მიმართ თანაბარწრფივად. გამოვიყენოთ რიცხვითი ღერძი. ათვლის სხეულად ავიღოთ ხე. თუ სხეული იმოძრავებს მარჯვნივ, მისი მიმართულება ღერძის თანამიმართული იქნება. თუ სხეული მარცხნივ იმოძრავებს, მისი მოძრაობის მიმართულება იქნება ღერძის საპირისპიროდ.



პირველ შემთხვევაში სხეულის სიჩქარე ჩავთვალოთ დადებითად. მაშინ მეორე შემთხვევაში მისი სიჩქარე იქნება უარყოფითი. მაშასადამე, სხეულის სიჩქარე შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი. ამით ჩვენ გამოვსახავთ მოძრაობის მიმართულებას.

განვიხილოთ მაგალითი. ვთქვათ, სხეული მოძრაობს თანაბარწრფივად. ის 5 წმ-ში გადის 20 მ-ს, 10 წმ-ში კი – 40 მ-ს, ხოლო 20 წმ-ში 80 მ-ს. როგორც, ვხედავთ დრო იზრდება ორჯერ და ორჯერვე იზრდება გავლილი გზაც. ამრიგად, რამდენჯერაც გაიზარდა დრო, იმდენჯერ გაი-

ზარდა გავლილი გზაც. გავლილი გზის შეფარდება დროს-თან გზის ნებისმიერ მონაკვეთზე, მუდმივი სიდიდეა.

**ამრიგად, თანაბარწრფივად მოძრავი სხეულის სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა.**

## **მეთოდური აკარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება***

1. გავლილი გზის . . . იმ დროსთან, რომლის განმავლობაშიც სხეულმა გაიარა ეს გზა, თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე ეწოდება.
2. თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე . . . სიდიდეა.

### ***II. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა.***

1. თუ წრფივად მოძრავი სხეული დროის ტოლ შუალედში ტოლ გზას გადის, მოძრაობა თანაბარწრფივია.
2. სიჩქარე მხოლოდ დადებითი სიდიდეა.

### ***III. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. რამდენნაირად შეგიძლია განსაზღვრო თანაბარი მოძრაობა?
2. რამდენი მ/წმ-ია 72 კმ/სთ-ში?

### ***IV. ისწავლე გაკვეთილი***

1. როგორ დავახასიათოთ მოძრაობის სისწრაფე?
2. როგორ გესმით მოძრაობა თანაბარწრფივია?
3. რას უდრის თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე? მოიყვანეთ სამი შემთხვევა.
4. რა ერთეულებით ვზომავთ აიჩქარეს?
5. როგორ გამოვსახავთ სიჩქარის მიმართულებას?

### § 3. ფიზიკური ფორმულა

#### მათოდური მითითება

მექანიკის კურსში, კერძოდ, კინემატიკაში ცალკე პარაგრაფად გამოვყავით “ფიზიკური ფორმულა”. ჩვენ მიგვაჩნია, რომ იგი ფიზიკის სწავლების მეთოდის ერთ-ერთი საკვანძო საკითხია, მაგრამ, სამწუხაროდ, მისი გამოყენების ტრადიცია არ არსებობს.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ამ ასაკის მოსწავლეებს მათემატიკური აზროვნება ასე თუ ისე განვითარებული აქვთ. ახლა კი საჭიროა მათემატიკურიდან ფიზიკურ აზროვნებაზე გადასვლა, განაყოფის შინაარსის გარკვევა. ეს არსებითია ფიზიკოსისათვის, ძალიან მნიშვნელოვანი მომენტია. მოსწავლეებმა მათემატიკური ფარდობის შინაარსი იციან: რამდენჯერ აღემატება მრიცხველი მნიშვნელს, მაგრამ ყოვლად გაუგებარია გზის გაყოფა დროზე. შეუძლებელია არაერთგვაროვანი სიდიდეების გაყოფა. ამიტომაც ფიზიკური აზროვნების ჩასახვისათვის ამას სათანადო ყურადღება უნდა დავუთმოთ.

ამ პარაგრაფში უფრო დანვრილებით განვიხილავთ, თუ როგორ გამოვთვალოთ თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე, ე.ი. დროის ერთეულში გავლილი მანძილი.

მოსწავლეს ვეუბნებით, რომ სიჩქარის რიცხვითი მნიშვნელობის მისაღებად რიცხვი, რომელიც გამოსახავს გავლილ მანძილს არჩეული ერთეულებით, უნდა გავყოთ რიცხვზე, რომელიც გამოსახავს დროს არჩეული ერთეულებით. შეუძლებელია ასეთი წინადადებით სხარტად გამოვცეთ ფიზიკური ცნებისა და ფორმულის შინაარსი. ასეთ წინადადებებს არც არავინ იყენებს. უკვე რამდენიმე საუკუნეა დაკანონდა კომპაქტური, მაგრამ სტენოგრაფიული ფიზიკის ენა. მოსწავლეს უნდა ავუხსნათ, რომ სიმარტივისათვის უმჯობესია სიჩქარე შემდეგნაირად განვსაზღვროთ: თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე ტოლია გავლილი გზის შეფარდებისა დროსთან. შემდეგ მოკლედ

ვნერთ, რომ სიჩქარე=გზა/დრო და გადავდივართ ასოე-ბით ჩანერაზე. ამის შემდეგ ვამბობთ, რომ საერთაშორისო შეთანხმებით ფიზიკური ცნებების გამომსახველ სიტყვებს ცვლიან ლათინური ან ბერძნული ასოებით. შემოგვაქვს ეს აღნიშვნები და ვაძლევთ საბოლოო ფორმულას თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარისათვის:  $v=s/t$ .

ზუსტად რომ ვთქვათ, სიჩქარის ფორმულაში  $s$  აღნიშნავს რიცხვს, რომელიც არჩეული ერთეულით გამოსახავს გზას, ხოლო  $t$  რიცხვს, რომელიც არჩეული ერთეულით გამოსახავს დროს. როგორც ვთქვით, ასეთ ზუსტ, მაგრამ მოუხერხებლად გრძელ გამოთქმებს არავინ იყენებს. მაგრამ საჭიროა მისი შინაარსი მოსწავლეს გავაგებინოთ, ეს ქმნის წინაპირობას, რომ ფიზიკურ ფორმულაში ასოები მან აღიქვას როგორც სახელდებულები, და არა განყენებული სიდიდეები და მიეჩვიოს განზომილებათა (ერთეულთა) მართებულობის შემოწმებას.

## გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

წინა პარაგრაფში დავახასიათეთ თანაბარწრფივი მოძრაობის სისწრაფე. ახლა უფრო დანვრილებით განვიხილოთ, როგორ გამოვთვალებთ თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე. ეს ნიშნავს, რომ გამოვთვალოთ დროის ერთეულში გავლილი მანძილი. სიჩქარის საპოვნელად გზა გავყავით დროზე. როგორ შეიძლება გზის დროზე გაყოფა? ეს სიდიდეები ხომ სხვადასხვა ერთეულებით იზომება. ამიტომ აზრი არა აქვს მათ გაყოფას. ჩვენ უნდა გავყოთ მხოლოდ ამ სიდიდეების გამომსახველი რიცხვები.

რიცხვი, რომელიც გამოსახავს გავლილ გზას არჩეული ერთეულებით, უნდა გავყოთ რიცხვზე, რომელიც გამოსახავს დროს არჩეული ერთეულებით. ამ მოქმედების შედეგად მივიღებთ სიჩქარის რიცხვით მნიშვნელობას.

როგორც ვხედავთ, მივიღეთ გრძელი და რთული წინადადება. მართალია ის ზუსტია, მაგრამ შეუძლებელია ასეთი წინადადებით სხარტად გადმოვცეთ ფიზიკური ცნე-



ბისა და ფორმულის შინაარსი. არც არავინ იყენებს ასეთ წინადადებას. უკვე რამდენიმე საუკუნეა დაკანონდა ფიზიკის ენა, რომელიც იგივე წინადადებას მოკლედ გადმოსცემს. ამიტომ ვამბობთ, რომ თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე ტოლია გავლილი გზის შეფარდებისა დროსთან. დავწეროთ ეს მოკლედ შემდეგნაირად: სიჩქარე=გზა/დრო.

ყველა სიდიდე გამოვსახოთ ასოებით, მაშინ გვექნება:  $s=v \cdot t$ .

საერთაშორისო შეთანხმებით ფიზიკური ცნებების გამომსახველ სიტყვებს ცვლიან ლათინური ან ბერძნული ასოებით. სიჩქარეს აღნიშნავენ  $v$  ასოთი, გზას —  $s$  ასოთი, ხოლო დროს —  $t$  ასოთი. მაშინ თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარისათვის მივიღებთ შემდეგ ფორმულას:

$$v = s/t \quad (1).$$

(1) ფორმულა ფიზიკურია. ყველა სიდიდეს აქვს ერთეული. ეს არასოდეს არ უნდა დაგვაფიქრებდეს. შეუძლებელი (1) ფორმულა გავიგოთ “მათემატიკურად”, რომ  $s$  მანძილი  $t$  დროს  $v$ -ჯერ აღემატება. ეს უაზრობაა. *გვახსოვდეს!* ფიზიკურ ფორმულაში ტოლობის მარჯვენა და მარცხენა მხარეთა ერთეულები აუცილებლად ერთნაირია.

(1) ფორმულა ჩვენ გვჭირდება არა მარტო სიჩქარის განსაზღვრისათვის, არამედ უცნობი სიდიდის საპოვნელად. ამიტომ ის წარმოადგენს მათემატიკურ განტოლებას. ეს არის ერთეულობიანი განტოლება. მოდით, განვსაზღვროთ (1) განტოლებიდან  $s$  გზა. პროპორციის თვისების გამოყენებით შეგვიძლია დავწეროთ, რომ გავლილი გზა

$$s=v \cdot t \quad (2).$$

მოდით, დავრწმუნდეთ (2) ფორმულის სისწორეში. ამისათვის სამივე სიდიდის ნაცვლად დაწეროთ მათი ერთეულები შესაბამისად, მივიღებთ:

$$1 \text{ მ} = 1 \text{ მ/წმ} \times 1 \text{ წმ} \quad \text{ანუ} \quad 1 \text{ მ} = 1 \text{ მ}$$

• **სწორია თუ არა შემდეგი ფორმულა  $t = v / s$  ?**

გამოვიმუშავოთ ჩვევა, რომ ფიზიკური ფორმულის დანერისას ყოველთვის უნდა შევამოწმოთ ორივე მხარის ერთეულთა ტოლობა.

## **მეთოდოლოგიური აკარატი**

### **I. კითხვები, სავარჯიშოები**

1. ავტომობილი მოძრაობდა თანაბრად 25 მ/წმ სიჩქარით. რა გზას გაივლის ის 20 წმ-ში?
2. სხეულმა თანაბარი მოძრაობისას 10 წმ-ში 85 მ გაიარა. რისი ტოლია მოძრაობის სიჩქარე?
3. ავტობუსი მოძრაობდა თანაბრად 15 მ/წმ სიჩქარით. რა გზას გაივლის ის 10 წმ-ში?
4. თბილისსა და გორს შორის მანძილი არის 90 კმ. ავტობუსი მოძრაობდა თანაბრად 50 კმ/სთ სიჩქარით. რა დროში გაიარა მან ეს გზა?

### **II. ისწავლე გაკვეთილი**

1. როგორ გამოვთვალოთ თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე?
2. რა სახე აქვს თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარის ფორმულას?
3. რას ნიშნავს ფორმულა ფიზიკურია?
4. როგორ შევამოწმოთ ფიზიკური ფორმულის სისწორე?

## § 4. არათანაბარი მოძრაობა.საშუალო სიჩქარე

### მეთოდური მითითება

ამ პარაგრაფს ვიწყებთ არათანაბარი მოძრაობის მაგალითებით. ერთმანეთს ვადარებთ სანვეთურიანი ურიკას მოძრაობებს დაგორებისას და თანაბარი მოძრაობისას. მოსწავლე მიგვყავს იმ აზრამდე, რომ დაგორებისას ურიკას მოძრაობა იქნება არათანაბარი. შემდეგ ვაძლევთ არათანაბარი მოძრაობის კიდევ ერთ მაგალითს და ვსაზღვრავთ არათანაბარ მოძრაობას. ამ მონაკვეთის შემდეგ სასურველია შემდეგი კითხვის ჩართვა ტექსტში: “არათანაბარი მოძრაობის რომელ მაგალითებს დაასახელებდით კიდევ?”

შემდეგ მონაკვეთში ვახასიათებთ არათანაბარი მოძრაობის სისწრაფეს. მაგალითის მეშვეობით მივდივართ იმ დასკვნამდე, რომ არათანაბარი მოძრაობის სისწრაფეს ისევე, როგორც თანაბარი მოძრაობის სისწრაფეს, ახასიათებენ სიჩქარით. მხოლოდ ეს უკვე არის საშუალო სიჩქარე. ამის შემდეგ ვაძლევთ საშუალო სიჩქარის განსაზღვრებას და ფორმულას, რომელიც ამ განსაზღვრების მათემატიკური ჩანერაა.

ტექსტის მომდევნო ნაწილში მაგალითების მეშვეობით ვარკვევთ საშუალო სიჩქარის შინაარსს.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

ჩვენ უკვე განვიხილეთ მოძრაობის უმარტივესი სახე — თანაბარწრფივი მოძრაობა. ბუნებაში კი უფრო ხშირად გვხვდება არათანაბარი მოძრაობა.

როგორ მოძრაობას ეწოდება არათანაბარი მოძრაობა?

განვიხილოთ მაგალითი. ურიკაზე დავამაგროთ სანვეთური და დავაგოროთ დახრილ სიბრტყეზე. დროის ტოლი შუალედების შემდეგ სანვეთურიდან ვარდება წვეთები.

როგორია მანძილი ამ წვეთებს შორის? აღმოჩნდა, რომ ურიკას მოძრაობისას დატოვებულ ნაწვეთურებს შორის მანძილი ერთნაირი არ არის. ურიკა დროის ტოლ შუალედებში ტოლ გზას არ გადის. მოდით გავიხსენოთ. თანაბარწრფივი მოძრაობის დროს სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში ტოლ გზას გადის. მამასადამე, ურიკა არათანაბრად მოძრაობს.

განვიხილოთ კიდევ ერთი მაგალითი. ორ სადგურს შორის მოძრაობს მატარებელი. დროის ტოლ შუალედებში ის ხან მეტ მანძილს გადის, ხან კი — ნაკლებს. სადგურებში ჩერდება. მატარებლის მოძრაობა არათანაბარია.

ახლა განვსაზღვროთ როგორ მოძრაობას ეწოდება არათანაბარი.

**მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ტოლ შუალედში სხვადასხვა გზას გადის, არათანაბარი ეწოდება.**

განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი. ვთქვათ, ერთმა თვითმფრინავმა ორ ქალაქს შორის მანძილი 5 საათში გაიარა, მეორემ კი იგივე მანძილი – 7 საათში. რასაკვირველია, ორივე თვითმფრინავი მოძრაობდა არათანაბრად. როგორ გავიგოთ რომელი თვითმფრინავი მოძრაობდა უფრო სწრაფად? ამისათვის გავლილი გზა უნდა გავყოთ დროზე. ასე უნდა მოვიქცეთ ორივე თვითმფრინავისთვის. რომლისთვისაც ეს სიდიდე მეტი იქნება, ის იმოძრაავებს უფრო სწრაფად.

არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე ტოლია მოცემულ დროში გავლილი გზის ფარდობისა ამ დროსთან:

$$v_{\text{საშ.}} = s/t.$$

ახლა განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. ორ ქალაქს შორის მანძილი არის 450 კმ. არათანაბრად მოძრავი მატარებელი ამ გზას გადის 10 საათში. ვიპოვოთ საშუალო სიჩქარე.

ვივარაუდოთ, რომ მატარებელი მოძრაობდა თანაბრად და ეს მანძილი იმავე დროში გაიარა. მაშინ ამ თანა-

ბარი მოძრაობის სიჩქარე იქნება:  $v_{საშ.} = s/t$ , ანუ  $v_{საშ.} = 450\text{კმ}/10\text{სთ} = 45\text{კმ}/\text{სთ}$ .

სწორედ ეს არის მატარებლის არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.

ვთქვათ, წრფივად მოძრავი მატარებელი 10 სთ-ში გადის 600 კმ-ს. ყოველ საათში იგი საშუალოდ 60 კმ-ს გაივლის. ცხადია, დროის რომელიღაც შუალედში მატარებელი არ მოძრაობდა და გაჩერებაზე იდგა. სადგურიდან გასვლისას მისი სიჩქარე თანდათან იზრდებოდა. სადგურთან მიახლოებისას კი მცირდებოდა. საშუალო სიჩქარის გამოთვლისას ამას მხედველობაში არ ვიღებთ. ვთვლით, რომ მატარებელი თითქოს თანაბრად მოძრაობს  $v_{საშ.}$  მუდმივი სიჩქარით. თუმცა, შესაძლებელია ერთი საათიც არ ყოფილიყო ისეთი, რომლის განმავლობაშიც მატარებლს 60 კმ გაევილო.

განხილული მაგალითი გვაძლევს არათანაბარი მოძრაობის სიჩქარის შინაარსს.

**არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე არის ისეთი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე, რომლის დროს სხეული იმავე გზას იმავე დროში გადის, როგორც მოცემული არათანაბარი მოძრაობისას.**

## **მ ე თ ო ღ ი კ უ რ ი ა ვ ა რ ა ტ ი**

### ***I. შეავსე წინადადება***

1. არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე არის ისეთი . . . მოძრაობის სიჩქარე, როდესაც სხეული გადის იმავე . . . იმავე . . . , როგორც მოცემული არათანაბარი მოძრაობისას.

## **II. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა**

1. მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული სხვადასხვა შუალედში ტოლ გზას გადის, არათანაბარი ეწოდება.
2. არათანაბარი მოძრაობისას საშუალო სიჩქარე ტოლია მოცემულ დროში გავლილი გზის ნამრავლისა ამ დროზე.

## **III. კითხვები, სავარჯიშოები**

1. არის თუ არა არათანაბარი მოძრაობის სიჩქარე მუდმივი? დაასაბუთეთ.
2. როგორ განსაზღვრავენ არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარეს?
3. ავტომობილმა 10 წთ-ში გაიარა 20 კმ. ამასთან პირველ 5 წთ-ში – 8 კმ, მომდევნო 5 წთ-ში კი – 12 კმ. როგორია ეს მოძრაობა?
4. რა დროში შემოუბრინა სპორტსმენმა სტადიონს 6-ჯერ 4 მ/წმ საშუალო სიჩქარით მოძრაობისას, თუ სარბენი ბილიკის სიგრძეა 400 მ?

## **IV. ისწავლე გაკვეთილი**

1. მოიყვანეთ არათანაბარი მოძრაობის მაგალითები.
2. როგორ დავახსსიათოთ არათანაბარი მოძრაობის სისწრაფე?
3. განსაზღვრეთ არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.
4. როგორია საშუალო სიჩქარის შინაარსი?

## § 5. ბგერის სიჩქარე

### მეთოდური მითითება

კინემატიკის კურსის აგებისას ჩვენ ვაფართოებთ სიჩქარის ცნებას. იგი არ შემოგვაქვს მხოლოდ მექანიკური მოძრაობის ფარგლებში. ვიხილავთ ბგერისა სინათლის გავრცელების სიჩქარეს. ამით გვსურს ფიზიკის სხვადასხვა ნაწილის ერთიანობის წარმოჩენა.

პარაგრაფში, როგორც ყოველთვის ვახორციელებთ აგების კერძოდან ზოგადზე და ზოგადიდან კერძოზე გადასვლის პრინციპს. კონკრეტული მაგალითებით შემოგვაქვს ბგერის წყაროსა და მიმღების ცნებები. მოსწავლეს ვაჩვენებთ, რომ ბგერა ვრცელდება. ვიხილავთ კონკრეტულ მაგალითს, რომელიც გვიჩვენებს, რომ ბგერა ვრცელდება გარემოში. შემოგვაქვს ერთგვაროვანი გარემოს ცნება. ვიხილავთ ბგერის გავრცელებას სხვადასხვა გარემოში. ამის შემდეგ ვაძლევთ მოსწავლეს სავარჯიშოს: “მოიყვანეთ ბგერის გავრცელების სხვა მაგალითები მყარ გარემოში”

შემდეგ ვიხილავთ ექოს მაგალითს. მის გავრცელებასა და არეკვლას რაიმე დაბრკოლებიდან, მაგალითად, კლდიდან. ბოლოს კი ვსვამთ შემდეგი სახის კითხვას: “არის თუ არა ეს ბგერის ერთგვაროვან გარემოში გავრცელების მაგალითი?”

ახლა გავარკვიოთ რას ნიშნავს ბგერის გავრცელება. განვიხილოთ ოთახში საუბრის მაგალითი და დავსვათ კითხვა: რა ვრცელდება ამ შემთხვევაში? ამ მაგალითის შესწავლით მოსწავლე მიგვეყავს იმ დასკვნამდე, რომ ბგერაში ენერგია ვრცელდება. ამ ნაწილს ვამთავრებთ კონკრეტული მაგალითით.

ბგერის სიჩქარეს ვიხილავთ ისევე მაგალითებით. მოგვეყავს შვეიცარიაში 1827 წელს ჩატარებული ცდა. ამის შემდეგ კი — ბგერის სიჩქარე სხვადასხვა გარემოში. პარაგრაფის ბოლოს კი მოსწავლეს ვეუბნებით, რომ მუდმივი ტემპერატურის დროს ერთგვაროვან გარემოში ბგერის

სიჩქარე მუდმივია. ეს კი ნიშნავს, რომ ბგერა მოძრაობს თანაბარწრფივად. ამით ჩვენ დავანახეთ მოსწავლეს, რომ ბუნებაში თანაბარწრფივი მოძრაობა არა თუ გვხვდება, არამედ არცთუ იშვიათია.

## **ბ ა კ ვ ე თ ი ლ ი**

ბგერა არის ის, რასაც ყურით ვისმენთ. ჩვენ გვესმის ადამიანთა ხმები, ფრინველთა გალობა, ზღვის ხმაური, ქვეა-ქუხილის ხმა და საერთოდ ხმაური.

**ფიზიკის ნაწილს, რომელშიც ბგერითი მოვლენები შეისწავლება, აკუსტიკა ეწოდება.**

რატომ გვესმის ეს ხმები? ხმაური ანუ ბგერა აღწევს ჩვენს ყურამდე. მაგალითად, ჩვენ გვესმის ბუზის ბზუილი. ბუზი ამ შემთხვევაში არის ბგერის წყარო.

**სხეულს, რომელიც გამოსცემს ბგერას, ბგერის წყარო ეწოდება.**

**მიმღები ეწოდება სხეულს, რომელიც იღებს ბგერას.** უმეტეს შემთხვევაში მიმღებს წარმოადგენს ყური.

ყველას მოგისმენიათ მალვიძარას ხმა. მას დილით ბევრჯერ გაუღვიძებინართ. მოდით მალვიძარა მოვათავსოთ საჰაერო ტუმბოს ზარხუფის ქვეშ, ამოვტუმბოთ ჰაერი და დავარეკინოთ. ზარის ჟღერას ვერ გავიგონებთ. რატომ? ზარხუფის ქვეშ ჰაერი ამოტუმბულია და გვაქვს უჰაერო სივრცე — ვაკუუმი. ბგერის გავრცელებისათვის კი აუცილებელია რაიმე გარემოს არსებობა. ჩვენს შემთხვევაში ეს გარემო არის ჰაერი. გარდა ჰაერისა, ბგერა ვრცელდება სითხეში, მყარ გარემოში. მაგალითად, წყალში ჩაყვინთვისას კარგად გვესმის ქვების ერთმანეთზე დარტყმის ხმა. რკინის ღეროს ბოლოს ჩაქუჩი დავარტყათ და მეორე ბოლოს ყური მივადოთ. ჩვენ მკაფიოდ გავიგონებთ დარტყმის ხმას.

**• მოიყვანეთ მყარ გარემოში ბგერის გავრცელების სხვა მაგალითები.**



ჰაერი, წყალი, რკინა არის ერთგვაროვანი გარემო. ერთგვაროვან გარემოში მისი ყველა ნაწილის თვისება ერთნაირია. ამჯერად, შევისწავლით ბგერის გავრცელებას ერთგვაროვან გარემოში.

მოვიყვანოთ მაგალითი. კლდიან ადგილზე დაყვირებისას გავიგონებთ ექოს. ექო გვესმის როგორც რაიმე დაბრკოლებიდან, ჩვენს შემთხვევაში კლდიდან, არეკვლილი ხმა. ბგერა დაეცემა ჰაერიდან კლდეს და აირეკლება კლდიდან.

• **არის თუ არა ეს ბგერის ერთგვაროვან გარემოში გავრცელების მაგალითი?**

ახლა გავარკვიოთ რას ნიშნავს ბგერის გავრცელება, რა გადაეცემა ბგერის წყაროდან ბგერის მიმღებს. ვთქვათ, ჩვენ ვსაუბრობთ ოთახში. ჩვენ ერთმანეთის გვესმის, ე.ი. ბგერა ვრცელდება. რა ვრცელდება სინამდვილეში ამ დროს? ნივთიერება? არა. ჰაერი რომ მოძრაობდეს, სიოს მაინც ვიგრძნობდით. ოთახში კი მცირე ნიაჲვიც არ არის. ბგერის წყაროს ახლოს მყოფი ჰაერის ნაწილაკები ამოძრავდებიან. ისინი მოქმედებენ სხვა ნაწილაკებთან და მოძრაობაში მოჰყავთ ისინი. ხდება გარემოს ნაწილაკების მოძრაობის გადაცემა. ეს მოქმედება ვრცელდება და მოძრაობაში მოჰყავს მიმღები. მაგალითად, ყურის მემბრანა. ასეთ შემთხვევაში ვამბობთ, რომ წყაროდან გადაეცემა ენერგია. სწორედ ენერგია ახასიათებს მოქმედების უნარს. ე.ი. ბგერაში ენერგია ვრცელდება. მაგალითად, აფეთქების დროს წარმოშობილ ბგერას შეუძლია შენობები დაანგრეოს. ეს არის ენერგიის დამანგრეველი მოქმედება.

ბგერა ვრცელდება. ამიტომ მას გააჩნია სიჩქარე. ვთქვათ, ვუყურებთ ფეხბურთს ტრიბუნიდან. ჩვენ ვხედავთ ბურთის დარტყმას, ბგერა კი მოდის რალაც დროის შემდეგ. ჭექა-ქუხილი გაელვების შემდეგ დაგვიანებით გვესმის. მაგრამ ქუხილი და ელვა ხომ ერთდროულად წარმოიქმნება. ეს მაგალითები გვიჩვენებს, რომ ბგერა ვრცელდება სასრული სიჩქარით.

წყალში ბგერის სიჩქარე პირველად გაზომეს შვეიცარიის უენევის ტბაზე 1827 წელს. ერთ ნავზე ანთებდნენ დენტოს და ერთდროულად რეკავდნენ წყალქვეშა ზარს. მეორე ნავი პირველიდან 14 კმ-ით იყო დაშორებული. ბგერას იღებდნენ წყალში ჩაშვებული რუპორით. სინათლის ანთებისა და ბგერის მოსვლის დროთა სხვაობით განსაზღვრეს ბგერის სიჩქარე. ამისათვის, ნავებს შორის მანძილი გაყვეს ამ დროზე.  $8^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე ბგერის სიჩქარე წყალში ტოლია 1435 მ/წმ.

ბგერის სიჩქარე ჰაერში  $0^{\circ}\text{C}$  –ის დროს არის 331 მ/წმ. ეს სიჩქარე საკმაოდ დიდია, მაგრამ ნაკლებია წყალში ბგერის გავრცელების სიჩქარეზე. მყარ სხეულებში ბგერის სიჩქარე უფრო მეტია, ვიდრე სითხეებში. მაგალითად, ფოლადში ბგერის სიჩქარე  $15^{\circ}\text{C}$ -ზე უდრის 4980 მ/წმ.

ჩვენ განვიხილეთ სამი ერთგვაროვანი გარემო: ჰაერი, წყალი და ფოლადი მუდმივ ტემპერატურებზე  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $8^{\circ}\text{C}$  და  $15^{\circ}\text{C}$ -ზე შესაბამისად. თუ ტემპერატურა არ იცვლება ერთგვაროვან გარემოში, ბგერის სიჩქარე მუდმივია. ეს ნიშნავს, რომ ბგერა მოძრაობს თანაბარწრფივად.

## **მეთოდური აპარატი**

### ***I. შევსე წინადადება***

1. სხეულს, რომელიც . . . ბგერას, ბგერის წყარო ეწოდება.

2. სხეულს, რომელიც . . . ბგერას, ბგერის მიმღები ეწოდება.

### ***II. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. ბგერა ვრცელდება როგორც ერთგვაროვან, ასევე არაერთგვაროვან გარემოში.

2. ბგერა ვრცელდება როგორც გარემოში, ასევე ვაკუუმში.

3. ბგერას გავრცელებისას ნივთიერება გადააქვს.

### ***III. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. ერთნაირი იქნება თუ არა ბგერის სიჩქარე წყალში და რკინაში, თუ ორივეს ტემპერატურა ერთი და იგივეა.
2. ჰაერში ბგერის სიჩქარე არის 331 მ/წმ. გამოთვალეთ ბგერის გავრცელების დრო, თუ მანძილი წყაროსა და მიმღებს შორის არის 7 კმ.

### ***IV. ისწავლე გაკვეთილი***

1. რა არის ბგერა?
2. სად ვრცელდება ის?
3. რას ნიშნავს ბგერის გავრცელება?
4. როგორ განვსაზღვროთ ბგერის სიჩქარე?
5. შეადარეთ ბგერის სიჩქარე ჰაერში, წყალში, მყარ სხეულში.
6. რას ნიშნავს, რომ ბგერის სიჩქარე მუდმივია?

## § 6. სინათლის სიჩქარე

### მეთოდური მითითება

ისევე, როგორც ბერის სიჩქარის განხილვისას, ამ პარაგრაფშიც კონკრეტული მაგალითებით შემოგვაქვს სინათლის წყაროს და მიმღების ცნებები. ვსვამთ კითხვას: “სად ვრცელდება სინათლე?” და კონკრეტული მაგალითის მეშვეობით ვაჩვენებთ მოსწავლეს, რომ სინათლე ვრცელდება არა მარტო გარემოში, არამედ ვაკუუმშიც.

ავხსნათ, რას ნიშნავს სინათლის გავრცელება. შესავლიდან მოსწავლეებმა იციან, რომ სამყარო შედგება არა მარტო ნივთიერებისაგან, არამედ ველისაგანაც. ვხსნით ელექტრული და მაგნიტური ველების მოქმედებას. ვეუბნებით, რომ ელექტრომაგნიტური ველის ენერგია ვრცელდება. ვიხილავთ ლაზერის გამოსხივებას.

სინათლე ვრცელდება, ე.ი. მას გააჩნია სიჩქარე. XVII საუკუნის დასასრულამდე ბევრი მეცნიერი თვლიდა, რომ სინათლე მეყსეულად ვრცელდება. მოგვყავს გალილეო გალილეის ცდა. მაგრამ სირთულეების გამო მან ვერ გაზომა სინათლის სიჩქარე. სინათლის სიჩქარე პირველად გაიზომა 1676 წელს. ის ვაკუუმში 300 000 კმ/წმ-ის ტოლია. მოსწავლეს ვეუბნებით, რომ ეს არის ყველაზე დიდი სიჩქარე ბუნებაში. ის წარმოუდგენლად დიდია. დასამტკიცებლად კი მოგვყავს მაგალითები.

შემდეგ ვამბობთ, რომ სინათლის სიჩქარე მუდმივია. ეს კი მეტყველებს იმაზე, რომ სინათლე ვრცელდება თანაბარწრფივად. ამით ვაბათილებთ დამკვიდრებულ არასწორ აზრს, რომ ბუნებაში თანაბარწრფივი მოძრაობა არ გვხვდება.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

სინათლე არის ბუნების შემეცნების უმნიშვნელოვანესი საშუალება. მისი აღქმა შეუძლია ადამიანის მხედველობის ორგანოს — თვალს. მხედველობის საშუალებით

ჩვენ უფრო მეტს ვიგებთ გარე სამყაროს შესახებ, ვიდრე ერთად აღებული ყველა დანარჩენი შეგრძნებით.

**ფიზიკის განყოფილებას, რომელიც შეისწავლის სინათლეს, ოპტიკა ეწოდება.**

ანთებული ნათურა გამოასხივებს სინათლეს. ნათურა არის სინათლის წყარო. თვალი იღებს ამ სინათლეს. ის არის მიმღები.

**სხეულს, რომელიც გამოასხივებს სინათლეს, სინათლის წყარო ეწოდება.**

**სხეულს, რომელიც იღებს გამოასხივებულ სინათლეს, სინათლის მიმღები ეწოდება.**

სად ვრცელდება სინათლე? მოდით გავიხსენოთ მალვიძარას მაგალითი წინა გაკვეთილიდან. მალვიძარას ზარის ჟღერა გვესმოდა ჰაერიან სივრცეში. ზარხუფის ქვეშ უჰაერო სივრცეში კი — არ გვესმოდა. ორივე შემთხვევაში მალვიძარას ვხედავდით. ე.ი. მალვიძარა ჩანს როგორც ჰაერში, ასევე ვაკუუმშიც. ამრიგად, სინათლე ვრცელდება გარემოშიც და ვაკუუმშიც.

რას ნიშნავს სინათლე ვრცელდება? რა გადაეცემა სინათლის წყაროდან სინათლის მიმღებს? შესავლიდან ვიცით, რომ სამყარო შედგება არა მარტო ნივთიერებისაგან, არამედ ველისაგანაც. არსებობს ელექტრული და მაგნიტური ველები. მათი ერთობლიობა გვაძლევს ელექტრომაგნიტურ ველს. ტელერადიო გადაცემა ხდება ელექტრომაგნიტური ველის მეშვეობით. სწორედ ელექტრომაგნიტური ველის გავრცელება არის სინათლე. ელექტრომაგნიტურ ველს გავრცელებისას გადააქვს ენერგია. მაგალითად, ლაზერს შეუძლია გამოიწვიოს დამწვრობა. ალბათ, გიცდიათ ქალაქის აალება გამადიდებელი მინით მზის სხივების დაფოკუსირებისას. ეს არის მაგალითები სინათლის ენერგიის გადატანა-გავრცელებისა.

რადგან სინათლე ვრცელდება, მას გააჩნია სიჩქარე. ვიცით, ჭექა-ქუხილი და ელვა ერთდროულად წარმოიქმნება. მიუხედავად ამისა, ჯერ ვხედავთ ელვას, მერე კი

გვესმის ქუხილი. გამოდის, რომ სინათლის სიჩქარე გაცილებით მეტია ბგერის სიჩქარეზე. რას უდრის ეს სიჩქარე?

XVII საუკუნის დასასრულამდე ბევრი მეცნიერი თვლიდა, რომ სინათლე მეყსეულად ვრცელდება. ეს ნიშნავს, რომ მაგალითად, ფარნის ანთებისთანავე მისი შუქი გამოჩნდება ნებისმიერ მანძილზე. გალილეო გალილეი თვლიდა, რომ სინათლეს აქვს ძალიან დიდი, მაგრამ განსაზღვრული სიჩქარე. მან ივარაუდა ასეთი ცდის ჩატარება. ორი დამკვირვებელი დგას რაღაც მანძილზე ერთიმეორისაგან. მათ აქვთ საფარით აღჭურვილი ფარნები. შესაძლებელია მათი სწრაფი ახდა და ჩამოფარება. ჯერ ერთი ახდის ფარანს საფარს და გაგზავნის სინათლის სიგნალს, უმაღლ ჩაინიშნავს დროის ამ მომენტს. მეორეც ახდის ფარანს საფარს, როგორც კი მიიღებს სიგნალს პირველისაგან. პირველი ჩაინიშნავს საპასუხო სიგნალის მოსვლის მომენტს. ამგვარად, გაიზომება დრო, რომელშიც სინათლე გადის დამკვირვებლებს შორის არსებულ გაორკეცებულ მანძილს. მანძილისა და დროის ცოდნით გამოთვლით სინათლის სიჩქარეს შემდეგნაირად:  $c=2s/t$ .  $c$  არის სინათლის სიჩქარე,  $2s$  – დამკვირვებლებს შორის გაორკეცებული მანძილი,  $t$  – დრო.

ასეთი ცდით სინათლის სიჩქარის გაზომვა შეუძლებელია. გავრცელების დრო ძალიან მცირეა, რადგან სინათლის სიჩქარე დიდია.

სინათლის სიჩქარე პირველად გაიზომა 1676 წელს. ვაკუუმში  $c=300\ 000$  კმ/წმ. ეს ნიშნავს, რომ სინათლე 1 წმ-ში გადის 300 000 კმ-ს. ეს არის ყველაზე დიდი სიჩქარე ბუნებაში.

სინათლის სიჩქარე წარმოუდგენლად დიდია. ერთ წამში სინათლეს შეუძლია 7-ჯერ შემოუაროს დედამიწის ეკვატორს. დედამიწიდან მთვარემდე ის 1,3 წმ-ში აღწევს, მზიდან კი – 8 წთ-ში მოდის. მხოლოდ კოსმოსური მანძილების შემთხვევაში გამოისახება სინათლის მიერ მანძილის დაფარვის დრო შედარებით დიდი რიცხვებით. მაგა-

ლითად, პოლარული ვარსკვლავიდან დედამიწამდე სინათ-  
ლე აღწევს 44 წელიწადში. ეს ვარსკვლავი რომ გაქრეს,  
კიდევ 44 წლის მანძილზე შევძლებთ მის დანახვას.

სინათლის სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა, ე.ი. სინათლე  
ვრცელდება თანაბარწრფივად.

## **მეთოდიკური აპარატი**

### ***I. გარკვეე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გა- ასწორე შეცდომა***

1. სინათლე ვრცელდება მხოლოდ გარემოში და არ  
ვრცელდება ვაკუუმში.

2. სინათლე ვრცელდება მხოლოდ ერთგვაროვან გა-  
რემოში.

3. ბგერის სიჩქარე მეტია სინათლის სიჩქარეზე.

### ***II. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. სინათლე ვრცელდება ჰაერიდან წყალში. იცვლება  
თუ არა მისი სიჩქარე?

2. 1 წმ-ში სინათლეს შეუძლია შემოუაროს ეკვა-  
ტორს 7-ჯერ. რა მანძილს გაივლის ის ამ დროში?

3. მანძილი სინათლის წყაროსა და მიმღებს შორის  
არის 150 000 კმ. იპოვეთ სინათლის გავრცელების  
დრო.

### ***III. ისწავლე გაკვეთილი***

1. რა არის სინათლე?

2. სად ვრცელდება სინათლე?

3. რას ნიშნავს სინათლის გავრცელება? რა  
გადააქვს სინათლეს?

4. რას უდრის სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში?

5. რას ნიშნავს სინათლის სიჩქარის მუდმივობა?

## § 7. მრუდნირული მოძრაობა

### მეთოდური მითითება

მრუდნირული მოძრაობის განხილვით მოსწავლეს ვაჩვენებთ, რომ თანაბარი მოძრაობა შეიძლება იყოს არა მარტო წრფივი, არამედ მრუდნირულიც.

პარაგრაფს ვინყებთ კონკრეტული მაგალითების მოყვანით. ვარკვევთ მოსწავლეს მრუდნირული მოძრაობის შინაარსში. ვაძლევთ კითხვას: “ მოიყვანეთ მრუდნირული მოძრაობის მაგალითები.”

საათის ისრის მოძრაობის მაგალითზე შემოგვაქვს პერიოდულობის ცნება და მისი დამახასიათებელი სიდიდე — პერიოდი. აქვე ვსვამთ შემდეგი სახის კითხვას: “ რისი ტოლია საათზე წამების ისრის პერიოდი?” კითხვის შემდეგ ვაძლევთ პერიოდის განსაზღვრებას. შემოგვაქვს პერიოდის შებრუნებული სიდიდე — ბრუნვის სიხშირე. ვაძლევთ ბრუნვის სიხშირის განსაზღვრებას და მის ერთეულს. ვიხილავთ კონკრეტულ სავარჯიშოს, რომლის ბოლოს ვაძლევთ შემდეგი სახის სავარჯიშოს: “ბორბლის ბრუნვის სიხშირეა 20 ბრ/წთ. რისი ტოლია მისი პერიოდი?”

შემდეგ ვიხილავთ მაგალითს, რომლის მეშვეობით ვადგენთ მრუდნირული თანაბარი მოძრაობის სიჩქარეს.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

ბუნებაში უფრო ხშირად გვხვდება ისეთი მოძრაობა, რომლის ტრაექტორია არ არის წრფე. მაგალითად, საათის ისრის მოძრაობა, პლანეტების მოძრაობა, ტრანსპორტის მოძრაობა. ასეთი მოძრაობის ტრაექტორია არის მრუდი წირი და მას მრუდნირული მოძრაობა ეწოდება.

#### • მოიყვანეთ მრუდნირული მოძრაობის მაგალითები

განვიხილოთ უმარტივესი მრუდნირული მოძრაობა. მაგალითად, საათის ისრის ბოლოს თანაბარი მოძრაობა წრეწირზე. ის დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედში ტოლ



გზას გადის. წრენირზე საათის ისრის მოძრაობა მეორდება. ის წრენირის ყოველ შემოვლას ერთსა და იმავე დროს ანდომებს.

თუ სხეული წრენირის შემოვლას ანდომებს ერთსა და იმავე დროს, მოძრაობა პერიოდულია.

**რა სიდიდით ხასიათდება პერიოდული მოძრაობა? მოძრაობის პერიოდულობის დამახასიათებელ სიდიდეს პერიოდი ეწოდება.**

დავუბრუნდეთ ისევ საათის მაგალითს. წუთების ისარი წრენირს ერთჯერ შემოწერს 1 საათის განმავლობაში. ე.ი. მისი პერიოდი არის 1 საათი.

• **რისი ტოლია საათზე წამების ისრის პერიოდი?**

რა არის პერიოდი? მოდიოთ, განვსაზღვროთ.

**წრენირზე თანაბარი მოძრაობის პერიოდი არის დროის შუალედი, რომლის განმავლობაში სხეული ერთხელ შემოწერს წრენირს.**

პერიოდი აღინიშნება  $T$  ასოთი და მას იგივე ერთეულები აქვს, რაც დროს.

მოდიოთ დავწეროთ პერიოდის შებრუნებული სიდიდე. მას შემდეგი სახე ექნება  $1/T$ .

**სიდიდეს  $1/T$  ბრუნვის სიხშირე ეწოდება.**

წრენირზე თანაბარ მოძრაობას ახასიათებენ სიდიდით — ბრუნვის სიხშირით. მოვიყვანოთ მაგალითი. ბორბალი 1 წუთში აკეთებს 12 ბრუნს. მისი ბრუნვის სიხშირე იქნება 12 ბრ/წთ.

**ბრუნვის სიხშირე ტოლია დროის ერთეულში შესრულებული ბრუნვათა რიცხვის.**

ბრუნვის სიხშირე აღინიშნება  $n$  ასოთი. პერიოდი და სიხშირე ერთმანეთის შებრუნებული სიდიდეებია. ამიტომ მისი ერთეულებია: ბრ/წმ, ბრ/წთ, ბრ/სთ.

ვთქვათ, სხეულმა წრენირს 1 სთ-ში 5-ჯერ შემოუწერა. სხეულის ბრუნვის სიხშირე იქნება  $n=5$  ბრ/სთ. ვიპოვოთ პერიოდი. ვიცით, რომ პერიოდი და სიხშირე ერთმან-

ნეთის შებრუნებული სიდიდეებია. ამიტომ  $T=1/n$  და  $T=1/5$  სთ .

• **ბორბლის ბრუნვის სიხშირეა 20 ბრ/წთ. რისი ტოლია მისი პერიოდი?**

განვიხილოთ მაგალითი. სხეული მოძრაობს წრეწირზე თანაბრად.  $t$  დროში მან შემოიწერა  $s$  სიგრძის რკალი. როგორ ვიპოვოთ სხეულის სიჩქარე? ამისათვის მოვიქცეთ როგორც თანაბარწრფივი მოძრაობის დროს. გავლილი გზა გავყოთ დროზე. მივიღებთ:  $v=s/t$ .

წრეწირზე თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე ტოლია რკალის სიგრძის შეფარდებისა დროის შუალედთან, რომლის განმავლობაშიც ეს რკალი შემოიწერა.

## **მეთოდოლოგიური აკარატი**

### **I. შეავსე წინადადება**

1. თუ სხეული წრეწირის შემოვლას ანდომებს . . . . დროს, მოძრაობა პერიოდულია.
2. ბრუნვის სიხშირე ტოლია . . . . . შესრულებული . . . . .

### **II. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა**

1. წრეწირზე თანაბარი მოძრაობის პერიოდი არის დროის შუალედი, რომლის განმავლობაში სხეული ნახევარბრუნს აკეთებს.
2. ბრუნვის სიხშირე არის რაღაც დროში შესრულებული ბრუნვათა რიცხვი.
3. პერიოდის და ბრუნვის სიხშირის ერთეული დროის ერთეულის ტოლია.

### **III. კითხვები, სავარჯიშოები**

1. ბორბლის ბრუნვის სიხშირე არის 25 ბრ/წთ. იპოვეთ მისი პერიოდი. რა დროს მოანდომებს ბორბალი 150 ბრუნს?
2. საათის წუთების ისრის სიგრძეა 2 სმ. გამოთვალეთ ისრის წვეტის მოძრაობის სიჩქარე.

### **IV. ისწავლე გაკვეთილი**

1. როგორი მოძრაობა არის მრუდწირული მოძრაობა? დაასახელეთ მაგალითები.
2. განსაზღვრე მრუდწირული მოძრაობის პერიოდი. რა არის მისი ერთეული?
3. რას ეწოდება მრუდწირული მოძრაობის სიხშირე?
4. დააკავშირე სიხშირე და პერიოდი ერთმანეთს.
5. რისი ტოლია წრეწირზე თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე?

## § 8. მოძრაობის ფარდობითობა

### მეთოდური მითითება

ფარდობითობის თეორიას ისე შეუხსრულდა საუკუნოვანი იუბილე, რომ მისი საწყისები ადამიანთა უმრავლესობისათვის გაუგებარი რჩება. სირთულის გარდა, ამის მიზეზი ისიც არის, რომ ფარდობითობის თეორიის საფუძვლების სწავლებამ საშუალო სკოლაში რიგიანად ვერ მოიკიდა ფეხი.

მოძრაობის ფარდობითობის გათვითცნობიერება, უძრავი და მოძრავი ათვლის სისტემების საშუალებით აზროვნება რთულია. სათანადო უნარის გამომუშავების გარეშე შეუძლებელია ფარდობითობის თეორიის საფუძვლებში გარკვევა. ასეთი უნარის გამომუშავება საკმაოდ დროს საჭიროებს და აუცილებელია მასზე კინემატიკის შესწავლიდანვე ვიზრუნოთ.

მოძრაობის თუ უძრაობის ფარდობითობაზე უკვე ვისაუბრეთ პარაგრაფში “მექანიკური მოძრაობა.” ამ პარაგრაფში კი უშუალოდ განვიხილოთ ეს საკითხი. მოძრაობის ფარდობითობის შესახებ საკითხს, როგორც წესი, გვერდს უვლიან ფიზიკის სწავლების საწყის ეტაპზე. ჩვენი აზრით, გარკვეული ცოდნა ამის შესახებ მოსწავლეს უნდა მივცეთ.

ჩვეულებრივ, პარაგრაფს ვიწყებთ კონკრეტული მაგალითებით. ისევ და ისევ ვავითარებთ პრინციპს კერძოდან ზოგადისაკენ და ისევ კერძოსაკენ. მაგალითების მეშვეობით მოსწავლე მიდის იმ დასკვნამდე, რომ მოძრაობა ფარდობითია. შემდეგ მოსწავლეს ვაძლევთ კითხვას. ეს კითხვა შეიძლება იყოს შემდეგი: “უძრავია თუ მოძრავი სკოლის შენობა?”

---

<sup>3</sup> ხაზარაძე თ. რელატივისტური კლასიკური ფიზიკის საფუძვლები სასკოლო კურსში. თბ., თსუ 2005

განვსაზღვროთ სხეულის სიჩქარე ფარდობითი მოძრაობის დროს. რასაკვირველია, ამას ვაკეთებთ მაგალითების საშუალებით. ვიხილავთ სამ მაგალითს. პირველში — მგზავრი უძრავია მოძრავი ესკალატორის მიმართ. ესკალატორის სიჩქარე ცნობილია. მეორეში — მგზავრი მოძრაობს უძრავ ესკალატორზე. მგზავრის სიჩქარე ცნობილია. მესამე მაგალითში მგზავრი მოძრაობს მოძრავი ესკალატორის მიმართ. ორივეს სიჩქარე ცნობილია. სამივე მაგალითში ვსაზღვრავთ მგზავრის სიჩქარეს დედამიწის მიმართ. ბოლოს კი ვაძლევთ შემდეგი სახის კითხვას: “რას უდრის მგზავრის სიჩქარე დედამიწის მიმართ, თუ ის ესკალატორის საპირისპიროდ მოძრაობს?” ამის შემდეგ მოგვყავს მაგალითი, რომელშიც ვპოულობთ დროს. ვიხილავთ კუსა და აქილევსის მოძრაობას. მარტივად რომ ვიპოვოთ, რა დროში დაენევა აქილევსი კუს, ათვლის სხეულად ვიღებთ კუს.

ვნახოთ, როგორ მივანოდოთ წარმოდგენილი ანალიზი მოსწავლეს.

## **გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი**

მოძრაობა თუ უძრაობა რომ ფარდობითია, უკვე ვიცით. ახლა დანვრილებით შევისწავლოთ ეს საკითხი. მოვიყვანოთ შემდეგი მაგალითი. ვთქვათ,მატარებელი მოძრაობს. მის ვაგონში უძრავად დევს ჩანთა. ჩანთა უძრავია ვაგონის მიმართ და მოძრაობს სადგურის მიმართ. გამოდის, რომ ჩანთა კიდევაც მოძრაობს და კიდევაც უძრავია. ერთი და იგივე სხეული კიდევაც მოძრაობს და კიდევაც უძრავია. ასეთი რამ შესაძლებელია. სხეულის მოძრაობა თუ უძრაობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რომელ სხეულს ავირჩევთ ათვლის სხეულად.

### **• უძრავია თუ მოძრავია სკოლის შენობა?**

განვიხილოთ შემდეგი მაგალითი. ვთქვათ, მეტროს ესკალატორი მოძრაობს 0,7 მ/წმ სიჩქარით. მასზე დგას მგზავრი, ე. ი. ის მოძრაობს დედამიწის მიმართ. მგზავრი

უძრავია ესკალატორის მიმართ. ერთი ათვლის სხეულის მიმართ მგზავრი მოძრაობს, მეორის მიმართ კი — უძრავია. დედამიწის მიმართ მგზავრის სიჩქარე იქნება  $0,7მ/წმ$ .

ახლა განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. მგზავრი მოძრაობს უძრავ ესკალატორზე და მისი სიჩქარე არის  $0,3მ/წმ$ . ამ შემთხვევაში მგზავრის სიჩქარე დედამიწის მიმართ იქნება  $0,3 მ/წმ$ .

ახლა დავუშვათ, რომ ესკალატორი მოძრაობს  $0,7მ/წმ$  სიჩქარით და მასზე მოძრაობს მგზავრი  $0,3 მ/წმ$  სიჩქარით. რა სიჩქარით იმოძრავენ მგზავრი დედამიწის მიმართ? მოძრავ ესკალატორს მიჰყავს მოძრავი მგზავრი დედამიწის მიმართ. გამოდის, რომ მგზავრის სიჩქარეს ემატება ესკალატორის სიჩქარე. ე. ი.  $0,3მ/წმ + 0,7მ/წმ = 1 მ/წმ$ . სწორედ ეს არის მგზავრის სიჩქარე დედამიწის მიმართ.

• **რას უდრის მგზავრის სიჩქარე დედამიწის მიმართ, თუ ის ესკალატორის საპირისპიროდ მოძრაობს?**

განვიხილოთ კიდევ ერთი მაგალითი. ვთქვათ, კუ მოძრაობს დედამიწის მიმართ  $v_1$  სიჩქარით. მას  $v_2$  სიჩქარით დაედევნა აქილევსი. კუსა და აქილევსს შორის საწყისი მანძილი  $s$ -ის ტოლია. მოძრაობას ისინი იწყებენ ერთდროულად. ვიპოვოთ რა დროში დაენევა აქილევსი კუს. ამოცანა მარტივად რომ ამოვხსნათ, ათვლის სხეულად ავიღოთ კუ. წარმოვიდგინოთ, რომ ვზივართ კუზე და იქიდან ვუყურებთ აქილევსის მოძრაობას. აქილევსის სიჩქარე კუს მიმართ იქნება  $v_2 - v_1$ . იმისათვის, რომ აქილევსი დაწიოს კუს, მან  $s$  გზა უნდა გაიაროს. ამიტომ დაწევის დრო ტოლი იქნება  $s$  გზის შეფარდებისა  $v_2 - v_1$  სიჩქარეზე, ე.ი.

$$t = s/(v_2 - v_1).$$

## მეთოდური აპარატი

### *I. კითხვები, სავარჯიშოები*

1. რის მიმართ არის უძრავი და რის მიმართ მოძრაობს მდინარეში ნავი?
2. დაასახელეთ რის მიმართ მოძრაობს დედამიწა?
3. მოტორიანი ნავის სიჩქარე მდინარის მიმართ არის 7 მ/წმ, მდინარის დინების სიჩქარეა 2 მ/წმ. გამოვთვალოთ ნავის საჩქარე დედამიწის მიმართ. რისი ტოლი იქნება ნავის სიჩქარე, თუ ის იმოძრაავებს მდინარის დინების საპირისპიროდ?
4. მეტროს ესკალატორი მოძრაობს 0,7 მ/წმ სიჩქარით. მგზავრი ესკალატორის მოძრაობის მიმართულეებით 0,3 მ/წმ სიჩქარით მოძრაობს. რა დროში გაივლის მგზავრი დედამიწის მიმართ 15მს?

### *II. ისწავლე გაკვეთილი*

1. რას ნიშნავს მოძრაობის ფარდობითობა?
2. რას უდრის მგზავრის სიჩქარე დედამიწის მიმართ თუ:
  - ა) მოძრავ ესკალატორზე მგზავრი უძრავია;
  - ბ) მგზავრი მოძრაობს უძრავ ესკალატორზე;
  - გ) მგზავრი მოძრაობს მოძრავ ესკალატორზე.
3. როგორ გამოვთვალოთ რა დროში დაენევა აქილევსი კუს?

## § 9. მოძრაობის გრაფიკული წარმოდგენა

### მეთოდური მითითება

ჩვენმა დაკვირვებამ აჩვენა, რომ მოძრაობის გრაფიკული წარმოდგენა საკმაოდ მძიმედ აღიქმება მოსწავლეების მიერ. ჩვენ მაინც ჩავრთეთ სათანადო პარაგრაფის ჩვენეული დამუშავება-ცდა.

ამ პარაგრაფის შესწავლას ვინცებთ მაგალითის მოყვანით. ვიხილავთ ველოსიპედის თანაბარწრფივ მოძრაობას. ვირჩევთ ათვლის სხეულს, სიჩქარე ცნობილია. უნდა გამოვსახოთ ველოსიპედის მოძრაობა გრაფიკულად. ვაგებთ გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს. გრაფიკის აგებისას მოსწავლეს დაწვრილებით ვუხსნით როგორ ხდება საძიებელი წერტილის პოვნა. ვაგებთ გრაფიკს, რომელიც არის წრფივი. ვეუბნებით, რომ ჩვენ მივიღეთ წრფე, რადგან  $s=v \times t$  განტოლებაში სამივე სიდიდე პირველ ხარისხშია და  $v$  მუდმივია. ამ გრაფიკს გზის გრაფიკი დავარქვათ.

შემდეგ ვასწავლით მოცემული გრაფიკის მეშვეობით როგორ შეგვიძლია გავიგოთ, რა გზას გაივლის ველოსიპედი გარკვეულ დროში. კერძოდ, 1,2,3 ან 4 წამში. ვპოულობთ გრაფიკზე 2 წამში გავლილ გზას და კონტროლისათვის მოსწავლეს ვაძლევთ შემდეგი სახის კითხვას: “რა გზას გაივლის ველოსიპედი 4 წამში?”

ამის შემდეგ გრაფიკის საშუალებით ვხსნით შებრუნებულ ამოცანას. ვპოულობთ რა დროში გაივლის ველოსიპედი მაგალითად, 15 მეტრს. მოსწავლემ დამოუკიდებლად რომ ამოხსნას შებრუნებული ამოცანა, ვაძლევთ მაგალითად, შემდეგ კითხვას: “რა დროში გაიარა ველოსიპედმა 5 მ გზა?”

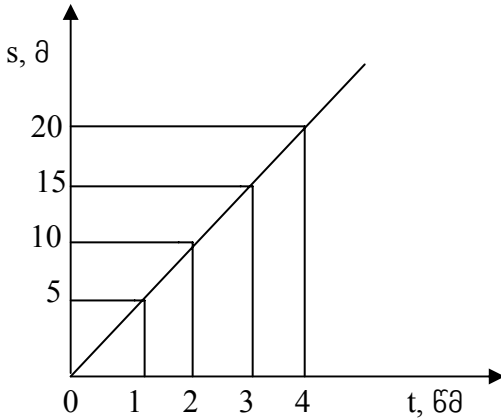
ამ კითხვის შემდეგ მოსწავლეს ვეუბნებით, რომ გზის გრაფიკის მეშვეობით შეგვიძლია გავიგოთ მოძრაობის სიჩქარე. ვპოულობთ ამ სიჩქარეს გრაფიკზე და ვხსნით, რომ რაც უფრო ციცაბოა გრაფიკი, მით მეტია სიჩქარე.



## გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

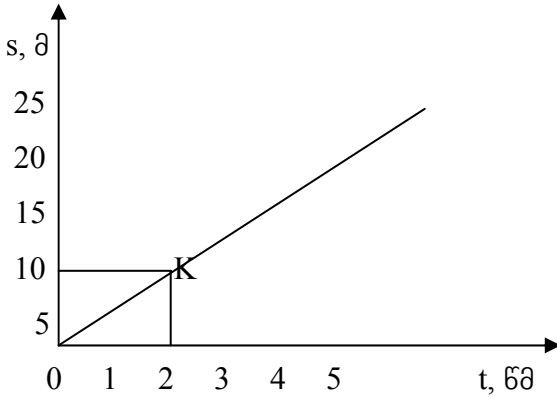
განვიხილოთ მოძრაობის გრაფიკული წარმოდგენა. ის ძალიან მოსახერხებელია სხვადასხვა სხეულის მოძრაობის შესწავლისას.

განვიხილოთ მაგალითი. ვთქვათ, ველოსიპედი თანაბარწრფივად მოძრაობს დედამიწის მიმართ. მისი სიჩქარე არის 5 მ/წმ. გამოვსახოთ ველოსიპედის მოძრაობა გრაფიკულად. ავაგოთ გავლილი გზის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. ამისათვის მოვიქცეთ შემდეგნაირად. ჰორიზონტალურ ღერძზე გადავზომოთ დრო. დავანეროთ მისი აღმნიშვნელი ასო  $t$  და ერთეული წმ. ვერტიკალურზე — გზა. ღერძს დავანეროთ გზის აღმნიშვნელი ასო  $s$  და ერთეული მ. ჩვენს მაგალითში დრო იზომება წამებში, ამიტომ ერთი დანაყოფი დროის ღერძზე შეესაბამება ერთ წამს. გავლილი გზა იზომება მეტრებში, გზის გამომსახველ ღერძზე ერთი დანაყოფი შეესაბამება ერთ მეტრს. ვიცით, რომ ველოსიპედი მოძრაობს თანაბარწრფივად და მისი სიჩქარეა 5 მ/წმ. ეს იმას ნიშნავს, რომ ველოსიპედი ყოველ წამში გადის 5 მ-ს. ვიპოვოთ წერტილები, რომელზეც უნდა გავატაროთ გრაფიკი. 1 წმ-ს შეესაბამება 5 მ. 1 წმ-ით აღნიშნული წერტილიდან აღვმართოთ მართობი დროის ღერძისადმი. 5 მ-ით აღნიშნული წერტილიდან კი — გზის ღერძისადმი. სწორედ მართობების გადაკვეთის წერტილი იქნება საძიებელი წერტილი.



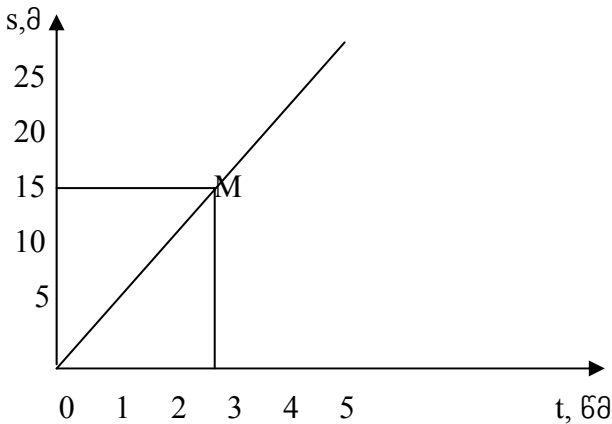
მსგავსად მოვიქცეთ დანარჩენი წერტილებისათვის. მივიღეთ წერტილთა სიმრავლე. მოდით ეს წერტილები შევაერთოთ. მივიღეთ წრფე. რატომ მივიღეთ მაინც და მაინც წრფე? ეს ასეც უნდა იყოს.  $s=v \times t$  განტოლებიდან ჩანს, რომ სამივე სიდიდე პირველ ხარისხშია. ამიტომ გზა დროზე წრფივად და დამოკიდებული და გრაფიკიც წრფე არის. სწორედ ეს წრფე წარმოადგენს თანაბარწრფივი მოძრაობისას გავლილი გზის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკს. მას გზის გრაფიკი ვუწოდოთ.

რისი გაგების საშუალებას გვაძლევს მოცემული გრაფიკი ველოსიპედის მოძრაობის შესახებ? ჩვენ შეგვიძლია გავიგოთ რა გზას გაივლის ველოსიპედი 1, 2, 3 ან 4 წამში. ვიპოვოთ 2 წამში გავლილი გზა. ამისათვის 2 წამით აღნიშნული წერტილიდან აღვმართოთ მართობი დროის ღერძისადმი გრაფიკთან გადაკვეთამდე. ეს არის  $K$  წერტილი. ახლა  $K$  წერტილიდან დავუშვათ მართობი გზის აღმნიშვნელ ღერძზე. ის გადაკვეთს ღერძს წერტილში, რომელსაც უწერია რიცხვი 10. ეს ნიშნავს, რომ 2 წამში ველოსიპედმა გაიარა 10 მეტრი.



- **რა გზას გაივლის ველოსიპედი 4 წამში?**

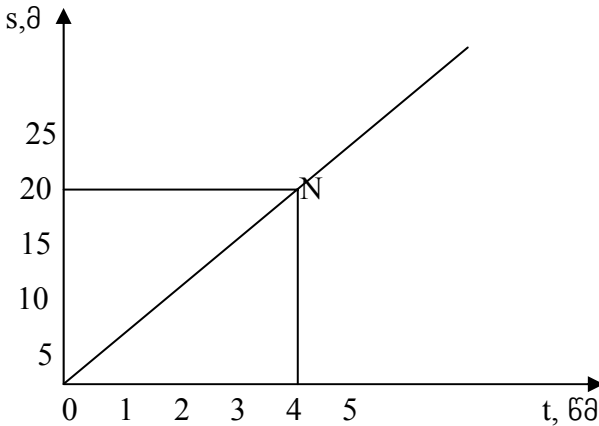
გრაფიკის საშუალებით ჩვენ შეგვიძლია შებრუნებული ამოცანაც ამოვხსნათ. ვიპოვოთ რა დროში გაივლის ველოსიპედი 2, 5, 10, 15 ან 20 მეტრს. მოდით, ვიპოვოთ რა დროში გაივლის ველოსიპედი 15 მ-ს. ეს მართობი გრაფიკს გადაკვეთს M წერტილში.



შემდეგ M წერტილიდან დავეუშვათ მართობი დროის ღერძზე. ის მოდის აღნიშვნაზე 3 წამი. ამრიგად, 15 მ ველოსიპედმა გაიარა 3 წამში.

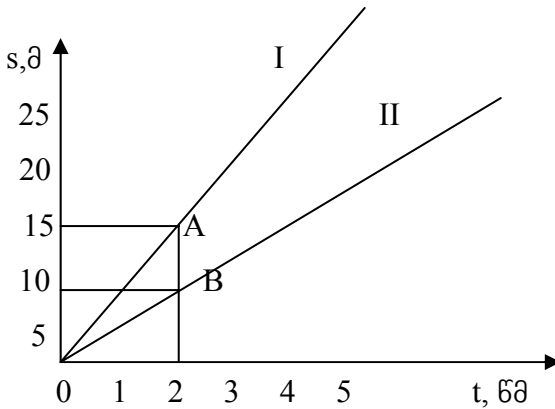
• **რა დროში გაიარა ველოსიპედმა 5 მ გზა?**

გზის გრაფიკის მეშვეობით შეგვიძლია გავიგოთ მოძრაობის სიჩქარე. ამისათვის გრაფიკის ნებისმიერი წერტილიდან დავეუშვათ ორი მართობი ორივე ღერძზე. დავეუშვათ ეს მართობი N წერტილიდან.



მივიღებთ  $t = 4$  წმ და  $s = 20$  მ. თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე კი ტოლია  $v = s/t = 20\text{მ}/4\text{წმ} = 5\text{მ}/\text{წმ}$ .

ახლა განვიხილოთ შემდეგი ნახაზი. მასზე გამოსახულია თანაბარი მოძრაობისას გზის დროზე დამოკიდებულების ორი გრაფიკი. ნახაზიდან ჩანს, რომ პირველი გრაფიკი დროის ღერძთან მეტ კუთხეს ადგენს, ვიდრე მეორე. დავაფიქსიროთ ნებისმიერი დრო. ვთქვათ, 2 წმ.



აღვმართოთ მართობი ამ გრაფიკების გადაკვეთამდე. A და B წერტილებიდან დავეუშვათ მართობები  $s$  ღერძზე. ვნახავთ, რომ პირველმა სხეულმა 2 წმ-ში გაიარა 15 მ, ხოლო მეორე სხეულმა – 10 მ. პირველი სხეულის სიჩქარე იქნება  $v_1 = 15\text{მ}/2\text{წმ} = 7,5 \text{ მ/წმ}$ , მეორე სხეულის კი –  $v_2 = 10\text{მ}/2\text{წმ} = 5 \text{ მ/წმ}$ . ამრიგად, პირველი სხეულის სიჩქარე უფრო მეტია მეორისაზე. აქედან გამომდინარე შეგვიძლია ვთქვათ შემდეგი: რაც უფრო ციცაბოა გრაფიკი, ე.ი. რაც უფრო მეტია კუთხე გრაფიკსა და დროის ღერძს შორის, მით მეტია სიჩქარე.

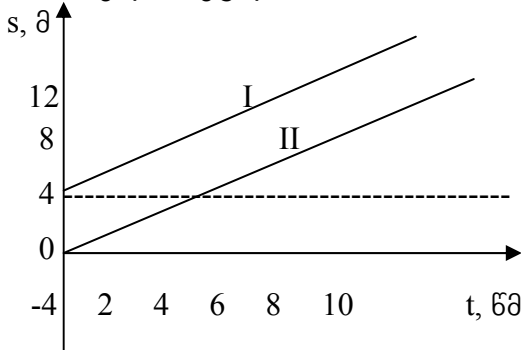
## მეთოდოლოგიური აპარატი

### I. კითხვები, სავარჯიშოები

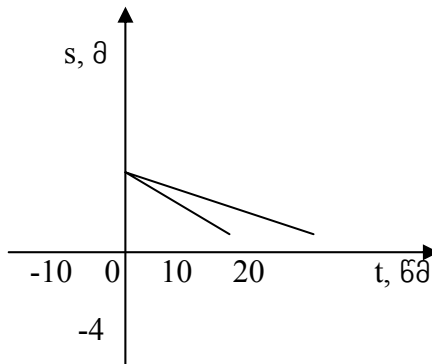
1. სხეული მოძრაობს თანაბარწრფივად. ცხრილის მონაცემების მიხედვით ააგეთ გზის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

t, წმ	1	2	3	4	5
s, მ	7	14	21	28	35

2. სურათზე გამოსახულია თანაბარი მოძრაობისას გზის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები ( I და II). რომელი სხეულის მოძრაობის სიჩქარეა მეტი?



3. სურათზე გამოსახული გრაფიკების მეშვეობით განსაზღვრეთ სხეულის სიჩქარე და მიმართულება



## II. ისწავლე გაკვეთილი

- ჩამოაყალიბეთ, როგორ ავაგოთ გზის გრაფიკი.
- დრო ცნობილია. გზის გრაფიკის საშუალებით ვიპოვოთ ამ დროში გავლილი მანძილი.
- გზა ცნობილია და გზის გრაფიკის საშუალებით ვიპოვოთ დრო.
- როგორ გავიგოთ გზის გრაფიკიდან მოძრაობის სიჩქარე?

## § 10. სიჩქარის გრაფიკი

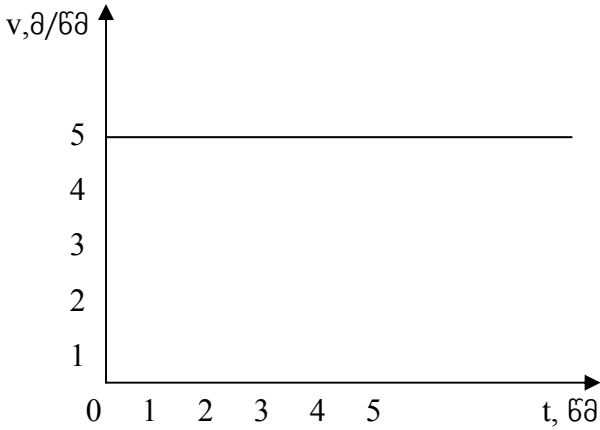
### მეთოდური მითითება

გრაფიკზე შეიძლება ვაჩვენოთ არა მარტო გზის დროზე დამოკიდებულება, არამედ სიჩქარის დამოკიდებულებაც დროზე. ვიხილავთ კონკრეტულ მაგალითს — ველოსიპედის თანაბარწრფივ მოძრაობას. მისი სიჩქარე არის 5 მ/წმ. ვიწყებთ გრაფიკის აგებას. ისევ დაწვრილებით ვხსნით გრაფიკის აგების წესებს. ვპოულობთ საძიებელ ნერტილებს და ვაგებთ გრაფიკს. სიჩქარის გრაფიკიც იქნება წრფე.

მოსწავლეს ვუხსნით, რომ დროის ნებისმიერ შუალედში ველოსიპედის სიჩქარე იქნება ერთი და იგივე 5მ/წმ. ეს გრაფიკიდან ნათლად ჩანს. გრაფიკის მეშვეობით შეგვიძლია ვთქვათ მოძრაობა თანაბარია თუ არათანაბარი.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

გრაფიკზე შეიძლება ვაჩვენოთ არა მარტო გზის დამოკიდებულება დროზე, არამედ სიჩქარის დამოკიდებულებაც დროზე. განვიხილოთ მაგალითი. ვთქვათ, ველოსიპედი მოძრაობს თანაბარწრფივად და მისი სიჩქარე არის 5 მ/წმ. ავაგოთ ველოსიპედის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. ვერტიკალურ ღერძზე გადავზომოთ სიჩქარე. ღერძს მივუწეროთ სიდიდის აღმნიშვნელი ასო  $v$  და მისი ერთეული მ/წმ. მასშტაბის ერთი დანაყოფი შეესაბამება 1 მეტრს წამში. ჰორიზონტალური ღერძი კი დროის ღერძია, ისევე როგორც წინა გრაფიკებზე. ერთი დანაყოფი შეესაბამება 1 წამს.



1 წმ-ით აღნიშნული წერტილიდან დროის ღერძისადმი აღვმართოთ პერპენდიკულარი. სიჩქარის ღერძისადმი აღვმართოთ პერპენდიკულარი 5 მ/წმ-ით აღნიშნული წერტილიდან. ამ პერპენდიკულარების გადამკვეთი წერტილი იქნება საძიებელი წერტილი. ახლა მოდით აღვმართოთ პერპენდიკულარი 2 წმ-ით, 3 წმ-ით, 4 წმ-ით და 5 წმ-ით აღნიშნული წერტილებიდან დროის ღერძისადმი. სიჩქარის ღერძისადმი პერპენდიკულარი ყველა შემთხვევისათვის უნდა აღვმართოთ 5 მ/წმ წერტილიდან. ეს იმიტომ, რომ სხეულის სიჩქარე მუდმივია და 5 მ/წმ-ს უდრის. ახლა კი მიღებული წერტილები შევაერთოთ. მივიღეთ წრფე. სწორედ ეს წრფე არის სიჩქარის გრაფიკი თანაბარწრფივი მოძრაობის დროს.

გრაფიკიდან ჩანს, რომ მოძრაობის დაკვირვების მთელი დროის განმავლობაში ველოსიპედის სიჩქარე არის მუდმივი და ტოლია 5 მ/წმ-ის. ე.ი. ველოსიპედი მოძრაობს თანაბრად.



## მეთოდოლოგიური აპარატი

### I. კითხვები, სავარჯიშოები

1. ცხრილის მონაცემების მიხედვით ააგეთ სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. განსაზღვრეთ როგორი სახისაა ეს მოძრაობა.

$t$ , წმ	1	2	3	4	5
$v$ , მ/წმ	8	8	8	8	8

### II. ისწავლე გაკვეთილი

- ჩამოყალიბეთ, როგორ ავაგოთ სიჩქარის გრაფიკი.
- როგორია ველოსიპედის სიჩქარე მოძრაობის დაკვირვების მთელი დროის განმავლობაში

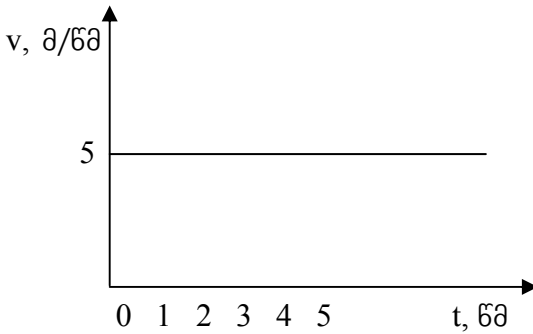
## § 11. გაიმეორე გავლილი მასალა

კინემატიკის საკითხების შესწავლის შემდეგ ცოდნის გამეორება-განმტკიცების მიზნით მოსწავლეს ვაძლევთ საკონტროლო კითხვებს, სავარჯიშოებსა და ტესტებს. ისინი მოიცავენ ყველა შესწავლილ საკითხს.

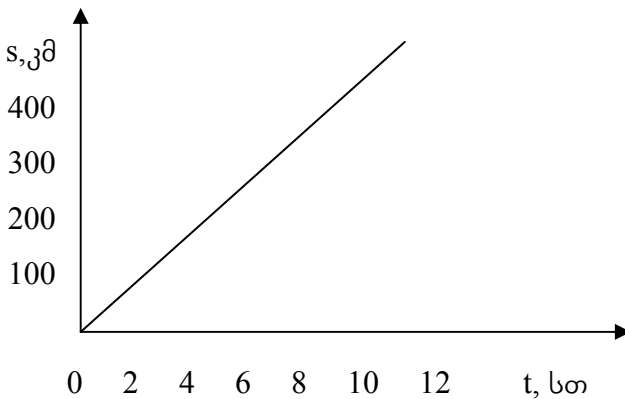
### ს ა ვ ა რ ჯ ი შ ო ე ბ ი

1. გამოსახეთ 45 კმ/სთ მ/წმ-ით.
2. სხეული მოძრაობს 8 მ/წმ სიჩქარით თანაბარ-წრფივად. რას ნიშნავს ეს?
3. გამოსახეთ მეტრებში 1 კმ, 1 დმ, 1 სმ, 1 მმ.
4. რამდენი კმ/წმ არის 1 მ/წმ?
5. 60 კმ-ს კურდღელი გარბის 1 სთ-ში, მგელი 1 სთ და 20 წთ-ში. გამოთვალეთ და შეადარეთ მათი სიჩქარეები.
6. რამდენ წუთში დაშორდება დედამიწას 480 კმ სი-მალღეზე დედამიწის ზედაპირიდან გაშვებული რაკეტა? რაკეტის სიჩქარეა 800 კმ/სთ.
7. თვითმფრინავი მიფრინავს 750 კმ/სთ საშუალო სიჩქარით. რა მანძილს გაივლის ის 6 საათში?
8. ბგერის სიჩქარე წყალში  $8^{\circ}\text{C}$ -ზე არის 1435 მ/წმ. გამოთვალეთ ბგერის გავრცელების დრო, თუ მანძილი წყაროსა და მიმღებს შორის არის 20 კმ.
9. სინათლე დედამიწიდან მთვარემდე 1,3 წმ-ში აღ-წევს. იპოვეთ სინათლის გავრცელების სიჩქარე.
10. გეპარდს შეუძლია განავითაროს 112 კმ/სთ სიჩქარე. შეადარეთ მისი სიჩქარე სინათლის სიჩქარეს.
11. ავტომობილი მოძრაობს 80 კმ/სთ სიჩქარით. ავ-ტომობილში მოძრაობს ჭიანჭველა 2 მ/წმ სიჩქარით იმავე მიმართულებით. რა სიჩქარით მოძრაობს ჭიანჭველა დედამიწის მიმართ?

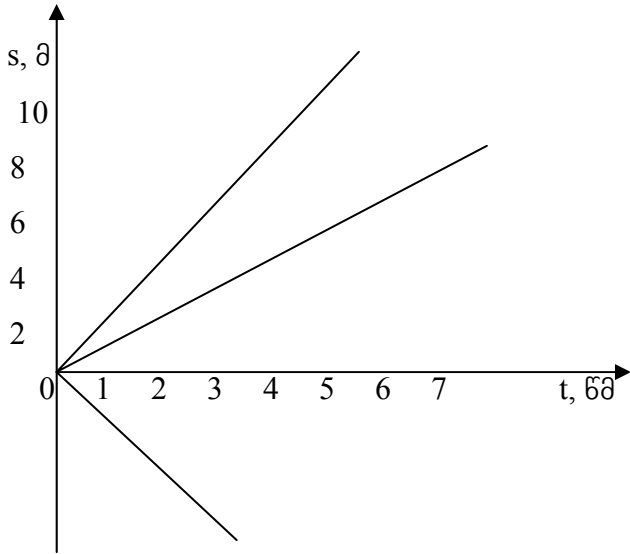
12. სურათზე მოცემულია სხეულის თანაბარი მოძრაობის სიჩქარის გრაფიკი. რას უდრის სხეულის მოძრაობის სიჩქარე?



13. წინა ამოცანაში მოცემული გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სხეულის მიერ 4 წმ-ში გავლილი მანძილი.
14. გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ 10 სთ-ში გავლილი მანძილი და მოძრაობის სიჩქარე.



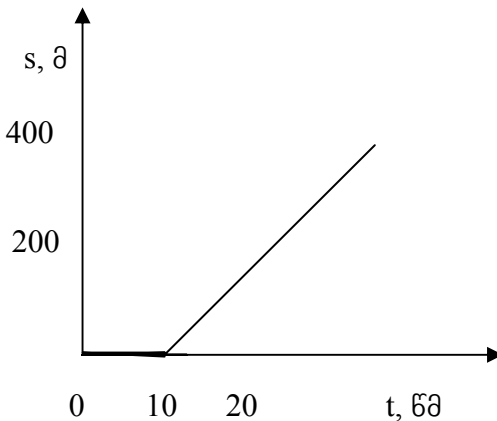
15. სურათზე გამოსახულია თანაბარი მოძრაობისას გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების სამი გრაფიკი. განსაზღვრეთ რომლის სიჩქარეა მეტი?



### ტესტი

- მოძრაობის ტრაექტორია ეწოდება
  - გზას, რომელსაც გადის სხეული;
  - მანძილს, რომელსაც გადის სხეული;
  - წირს, რომელსაც შემოწერს სხეული.
- გავლილი გზა არის
  - ტრაექტორიაზე გავლილი მანძილი;
  - მანძილი სხეულის საწყის და საბოლოო მდებარეობებს შორის;
  - ტრაექტორიის სიგრძე.
- ავტომობილის სიჩქარე არის 80 კმ/სთ. ავტომობილი მოძრაობს

- ა) არათანაბრად;
  - ბ) თანაბრად;
  - გ) გაჩერებულია.
4. თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე გამოითვლება ფორმულით
- ა)  $v = s/t$ ;
  - ბ)  $v = s \times t$ ;
  - გ)  $v = t/s$ .
5. სიჩქარის ერთეულია
- ა) კმ  $\times$  სთ;
  - ბ) მ / წმ;
  - გ) მ  $\times$  წმ.
6. ტივი მდინარეში წყლის მიმართ
- ა) მოძრაობს მდინარის სიჩქარით;
  - ბ) უძრავია;
  - გ) მოძრაობს თანაბრად.
7. ტივი მდინარის ნაპირის მიმართ
- ა) მოძრაობს მდინარის სიჩქარით;
  - ბ) უძრავია;
  - გ) მოძრაობს თანაბრად.
8. შემდეგი მტკიცებიდან რომელია მართებული (ნახ.1)



- ა) სხეული მოძრაობდა თანაბარწრფივად;
- ბ) სხეული მოძრაობდა თანაბრად და შეიცვალა მიმართულება;
- გ) სხეული იყო უძრავად გარკვეული დრო, შემდეგ დაიწყო მოძრაობა მიმართულების შეცვლის გარეშე.

9. ბგერის სიჩქარე

- ა) მეტია სინათლის სიჩქარეზე;
- ბ) ნაკლებია სინათლის სიჩქარეზე;
- გ) სინათლის სიჩქარის ტოლია.

**კითხვები გამეორებისათვის**

1. დაასახელეთ მექანიკური მოძრაობის მაგალითები
2. რას ეწოდება მექანიკური მოძრაობა.
3. რა განსხვავებაა ტრაექტორიასა და გზას შორის?
4. როგორ დავახასიათოთ მოძრაობის სისწრაფე.
5. როგორ მოძრაობას ეწოდება თანაბარწრფივი?
6. დაასახელეთ თანაბარწრფივი მოძრაობის მაგალითები.
7. რას ეწოდება თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე?
8. დაასახელეთ სიჩქარის ერთეულები.
9. რომელი ფორმულით გამოითვლება თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარე?
10. თანაბარწრფივი მოძრაობის სიჩქარის ფორმულიდან გამოიყვანეთ გზის ფორმულა.
11. მოიყვანეთ არათანაბარი მოძრაობის მაგალითები.
12. როგორ მოძრაობას ეწოდება არათანაბარი?
13. რა სიდიდით ხასიათდება არათანაბარი მოძრაობის სისწრაფე?
14. რა შინაარსი აქვს საშუალო სიჩქარეს?
15. სად ვრცელდება და არ ვრცელდება ბგერა?

16. ბგერის გავრცელებისას ვრცელდება თუ არა ნივთიერება? ახსენით.
17. როგორ ვრცელდება ბგერა?
18. რას ნიშნავს სინათლის გავრცელება ვაკუუმში?
19. რისი ტოლია სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში?
20. როგორი მოძრაობაა სინათლის გავრცელება?
21. როგორ მოძრაობას ეწოდება პერიოდული?
22. რას ეწოდება წრეწირზე თანაბარი მოძრაობის პერიოდი?
23. რა არის ბრუნვის სიხშირე?
24. როგორ კავშირშია ერთმანეთთან მრუდწირული მოძრაობის პერიოდი და სიხშირე?
25. რისი ტოლია წრეწირზე თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე?
26. რას ნიშნავს მოძრაობის ფარდობითობა?
27. როგორ ავსავთ გზის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი?
28. როგორ ავსავთ სიჩქარის გრაფიკი?

## § 12. ინერცია

### მეთოდური მითითება

პარაგრაფში ვიხილავთ მაგალითებს, რომელთა მეშვეობით მოსწავლეს ვაჩვენებთ თუ რატომ იცვლება სხეულის სიჩქარე. აღვნიშნავთ, რომ სიჩქარის სიდიდე შეიძლება შემცირდეს ან გაიზარდოს, როდესაც მასზე სხვა სხეული მოქმედებს. ამით არ ვისაზღვრებით. ვიხილავთ მაგალითს, როდესაც სიჩქარის მიმართულებაც იცვლება. ვასკვნით, რომ სხეულის სიჩქარე იცვლება მასზე სხვა სხეულის მოქმედებისას.

შემდეგ ვიხილავთ ცდას, რომელსაც საფუძვლად გალილეის მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტი უდევს. ვსვამთ კითხვას: “ როგორ იმოძრაებდა სხეული თუ მას დაბრკოლება არ შეხვდებოდა?” და ვაძლევთ გალილეისეულ პასუხს. შემდეგ ისევ კონკრეტული მაგალითების მეშვეობით გადავდივართ ავტომობილის სამუხრუჭო მანძილის ცნებაზე.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

ვიცით, რომ სხეულის მექანიკური მოძრაობა შეიძლება იყოს თანაბარი ან არათანაბარი. თანაბარი მოძრაობის დროს მისი სიჩქარე მუდმივია, არათანაბარის დროს კი — იცვლება. რატომ იცვლება სხეულის სიჩქარე?

განვიხილოთ მაგალითები. მინაზე უძრავი ბურთი ამოძრავდება, თუ მას ფეხს დავარტყამთ. ამ დროს ბურთის სიჩქარე იზრდება. ტყვიის სიჩქარე მცირდება კედელში გავლისას. მინაზე გაგორებული ბურთი ბოლოს და ბოლოს ჩერდება. მისი სიჩქარე თანდათან მცირდება და ბოლოს ნულის ტოლი ხდება.

რა მიზეზით? პირველ მაგალითში სიჩქარე გაიზარდა ფეხის მოქმედების შედეგად; მეორე მაგალითში სიჩქარე შემცირდა კედლის მოქმედებისას; მესამე მაგალითში კი შემცირდა მინასთან ხახუნის გამო.

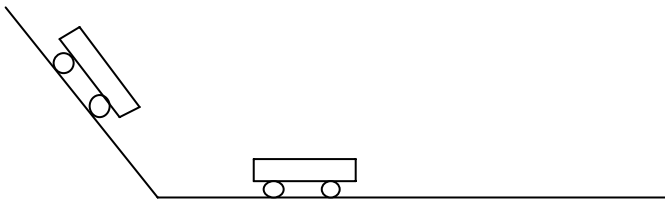


როგორც ვიცით სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა და მას მიმართულება აქვს. ვთქვათ, ბურთი მოძრაობს ერთი მიმართულებით, ეჯახება კედელს და იცვლის მოძრაობის მიმართულებას. ე.ი. შეიცვალა სიჩქარის მიმართულება. ცვლილება გამოიწვია ბურთზე კედლის მოქმედებამ.

მაგალითებიდან ჩანს, რომ სხეულის სიჩქარე იცვლება მასზე მეორე სხეულის მოქმედებით.

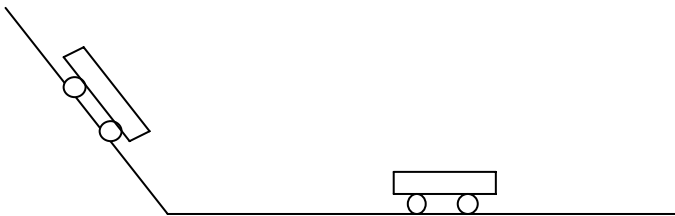
ამრიგად, სხეულის სიჩქარე შეიძლება შეიცვალოს მასზე სხვა სხეულის მოქმედებისას.

განვიხილოთ შემდეგი ცდა. მაგიდაზე დახრილად დავდოთ ფიცარი. ფიცრის ბოლოსთან მაგიდაზე გროვად დავყაროთ ქვიშა. დახრილ ფიცარზე დავდგათ ურიკა. ურიკა ჩამოგორდება და ქვიშაში მოხვედრის შემდეგ სწრაფად გაჩერდება. (ნახ. 1)



ნახ. 1

ახლა ქვიშა მოვასწოროთ და ურიკა დავაგოროთ იმავე სიმაღლიდან. ის უფრო მეტ მანძილს გაივლის გაჩერებამდე. (ნახ.2)



ნახ. 2

თუ ქვიშას მთლიანად ავიღებთ, ურიკა უფრო მეტ მანძილს გაივლის გაჩერებამდე. (ნახ.3)



ნახ. 3

როგორც ვხედავთ, რაც უფრო ნაკლებია დაბრკოლება, მით უფრო დიდ ხანს მოძრაობს ურიკა. ეს მოძრაობა კი ახლოს იქნება თანაბარ მოძრაობასთან.

როგორ იმოძრაებდა სხეული თუ მას დაბრკოლება არ შეხვდებოდა? ამ კითხვას პასუხი გასცა იტალიელმა მეცნიერმა გალილეო გალილეიმ.

თუ სხეულზე სხვა სხეულები არ მოქმედებენ, ის მოძრაობს თანაბარწრფივად, ან უძრავია. სხეულის სიჩქარე არ იცვლება არც პირველ და არც მეორე შემთხვევაში. სხეული ინერციით მოძრაობს.

ასეთი დასკვნის გაკეთება შეიძლება იმის საფუძველზე, თუ რეალური ცდებიდან გადავალთ წარმოდგენით ცდებზე.

**სხეულის სიჩქარის შენარჩუნების მოვლენას, როცა მასზე სხვა სხეულები არ მოქმედებენ, ინერცია ეწოდება.**

ინერცია ლათინური სიტყვაა და ნიშნავს “უძრაობას”, “უმოქმედობას”.

განვიხილოთ მაგალითი. ყინულზე უძრავად დადებული შაიბას დავარტყათ ჯოხი. შაიბა დაინყებს მოძრაობას წრფივად და თითქმის თანაბარი სიჩქარით. ვთქვათ, შესაძლებელია ყინულის დამამუხრუჭებელი მოქმედების თავიდან აცილება. შაიბა მუდმივად იმოძრაებდა ყინუ-

ლის (დედამიწის) მიმართ იმ სიჩქარით, რომელიც დარტყმის მომენტში შეიძინა.

ასევე შეინარჩუნებდა სიჩქარეს ავტომობილი ძრავის გამორთვის შემდეგ. მაგრამ მასზე მოქმედებს ხახუნის ძალა. ავტომობილის სიჩქარე მცირდება და იგი თანდათან ჩერდება.

**მანძილს, რომელსაც გაივლის ავტომობილი ძრავის გამორთვის შემდეგ სრულ გაჩერებამდე, სამუხრუჭე მანძილი ეწოდება.**

მოვიყვანოთ მაგალითი. ვთქვათ, ავტომობილი მოძრაობს 50 კმ/სთ სიჩქარით და ძრავის გამორთვის შემდეგ გაჩერებამდე მან გაიარა 355 მ. სწორედ ეს იქნება სამუხრუჭე მანძილი.

მოძრავი ტრენსპორტის წინ გზის გადაჭრა ძალიან სახიფათოა. მანქანას არ შეუძლია დამუხრუჭებისას მეყსეულად გაჩერება.

## **მეთოდიკური აკარატი**

***I. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. სხეულის სიჩქარე იცვლება მასზე სხვა სხეულის მოქმედებით.
2. სხეულის სიჩქარე მუდმივია მასზე სხვა სხეულის მოქმედებისას.

***II. კითხვები, სვარჯიშოები***

1. ნაბორძიკებისას ან ფეხის დასხლტომისას ადამიანი ზოგჯერ ეცემა. რატომ?
2. რომელ მხარეს გადაიხრება მგზავრი ავტობუსის მიმართ, როცა იგი უხვევს მარჯვნივ? მარცხნივ?

***III. ისწავლე გაკვეთილი***

1. როდის იცვლება სხეულის მოძრაობის სიჩქარე?

2. როგორ იცვლება სხეულის მოძრაობა მასზე სხვა სხეულების მოქმედების შემცირებისას?
3. როგორ იმოძრაებდა სხეული მასზე სხვა სხეულები სრულებით რომ არ მოქმედებდნენ? როგორ მივიდა გალილეი ამ დასკვნამდე?
4. რას ეწოდება ინერცია?
5. რა არის ავტომობილის სამუხრუჭო მანძილი?

## § 13. მასა — ინერტულობის ზომა

### მეთოდური მითითება

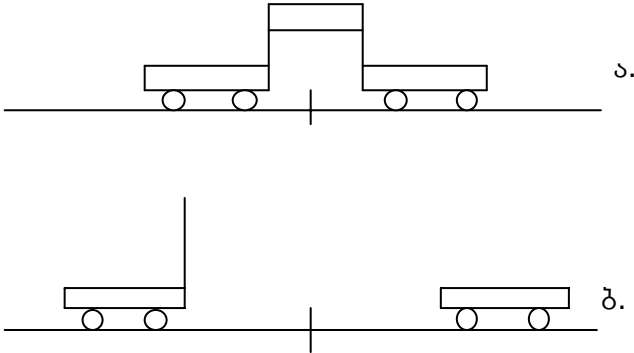
ამ პარაგრაფის გადაცემას ვინცებთ იმის შეხსენებით, რომ სხეულის სიჩქარე იცვლება მასზე სხვა სხეულის მოქმედებით. შემდეგ აღვწერთ ცდას, საიდანაც ვასკვნით, რომ ბუნებაში სხეულები ცალმხრივად არ მოქმედებენ. ყოველთვის ადგილი აქვს ურთიერთქმედებას. მოგვყავს სათანადო მაგალითები. სასარგებლოა აქვე ჩავრთოთ კითხვა, რათა მოსწავლემ ურთიერთქმედების მნიშვნელობა კარგად გაიგოს. ის შეიძლება შემდეგი სახის იყოს: “თოფიდან გასროლისას ხდება უკუცემა. რატომ?”

შემდეგ ვარკვევთ, თუ რაზეა დამოკიდებული სხეულთა სიჩქარეების ცვლილება, რომელიც ურთიერთქმედებით არის განპირობებული. ვეყრდნობით ცდას და შემოგვაქვს ინერტულობის ცნება. ყურადღება უნდა გავამახვილოთ იმაზე, რომ ინერტულობა სხეულის თვისებაა. ის ყველა სხეულს გააჩნია. მასას ვსაზღვრავთ, როგორც ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ინერტულობის ზომაა.

როგორ გავზომოთ მასა? აქ არსებითია იმის გათვალისწინება, რომ საჭიროა რომელიმე სხეულის მასა პირობითად ერთეულის ტოლად ჩავთვალოთ. ესაა ეტალონის მასა. სხვა სხეულების მასას ვადარებთ მასის ერთეულს ურთიერთქმედებისას შეძენილი სიჩქარეთა მიხედვით. მოსწავლეებს არ უნდა დარჩეთ წარმოდგენა, რომ ასეთი შედარება ხელოვნურია. საჭიროა მოვიყვანოთ მაგალითები, როდესაც მასების შედარება სიჩქარეთა მეშვეობით ერთადერთი ხერხია. ასეა პლანეტების მასების შედარებისას, აგრეთვე მოლეკულების მასების შედარებისას. მაგრამ პრაქტიკაში ასეთი შედარება მოუხერხებელია, ამიტომ ვიყენებთ ანონას. მასის სხვადასხვა ერთეულების დასაკავშირებლად შემდეგ ფსიქოლოგიურ მომენტს უნდა მივაქციოთ ყურადღება. ყველა პასუხობს თუ რამდენ გრამს შეიცავს 1 კგ, მაგრამ პირიქით თუ დავსვამთ კითხვას, ბევრს პასუხის გაცემა უძნელდება.

## ბ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

ვიცით, რომ სხეულის სიჩქარე იცვლება მასზე სხვა სხეულის მოქმედებისას. ჩავატაროთ ცდა. მივამაგროთ ურიკაზე თხელი დრეკადი ლითონის ფირფიტა. ფირფიტა მოვლუნოთ და ძაფით შევკრათ. მოლუნული ფირფიტის მეორე ბოლოს მივადგათ ისეთივე ურიკა (ნახ.1.ა), გადავწვათ ძაფი. რა მოხდება? დავინახავთ, რომ ორივე ურიკა ერთმანეთის საპირისპირო მხარეს ამოძრავდება (ნახ. 1. ბ).



ნახ. 1

პირველი ურიკას სიჩქარე შეცვალა მეორე ურიკას მოქმედებამ. მაგრამ მეორე ურიკამაც ხომ შეიძინა რაღაც სიჩქარე და ამოძრავდა? მასზე იმოქმედა პირველმა ურიკამ. განვაზოგადოთ ჩვენი ცდის შედეგი. თუ ერთი სხეული მოქმედებს მეორეზე, მეორეც აუცილებლად მოქმედებს პირველზე.

მოვიყვანოთ კიდევ ერთი მაგალითი. ვთქვათ, ნავიდან ნაპირზე ხტება ადამიანი. ნავი საპირისპირო მხარეს გაცურდება, რადგან მასზე მოქმედებს ადამიანი.

### • თოფიდან გასროლისას ხდება უკუცემა. რატომ?

ურთიერთქმედების შედეგად სხეულები სხვადასხვა სიჩქარეს იძენენ. რაზეა დამოკიდებული ამ სიჩქარის მნიშვნელობა?

დავუბრუნდეთ პარაგრაფის დასაწყისში განხილულ ცდას. მხოლოდ ახლა ავიღოთ სხვადასხვა ურიკა და გავი-

მეორით ცდა. ძაფის გადაწვის შემდეგ ურიკები სხვადასხვა სიჩქარით დამორდებიან ერთმანეთს. ეს იმიტომ ხდება, რომ ურიკებს განსხვავებული მასები აქვთ. ერთი ურიკას სიჩქარე მეტად იცვლება, ხოლო მეორის — ნაკლებად. ურიკას, რომელიც ურთიერთქმედების შედეგად მეტად შეცვლის სიჩქარეს, აქვს ნაკლები მასა. ურიკას, რომელიც ურთიერთქმედების შედეგად ნაკლებად შეცვლის სიჩქარეს, აქვს მეტი მასა. ამბობენ, რომ პირველი ურიკა მეტად ინერტულია, ვიდრე მეორე. მეტი ინერტულობა ნიშნავს, რომ ურთიერთქმედებისას ამ სხეულის სიჩქარე ნაკლებად იცვლება და პირიქით. ყველა სხეულს გააჩნია ინერტულობის თვისება.

**მასა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ინერტულობის ზომას წარმოადგენს.**

დგება საკითხი როგორ გავზომოთ მასა? სხეულთა ურთიერთქმედებისას შეიძლება მათი სიჩქარეები გაიზომოს. ამ სიჩქარეთა მიხედვით კი შეგვიძლია ურთიერთქმედ სხეულთა მასები შევადაროთ. ასე გავიგებთ ორი სხეულიდან რომლის მასა (ინერტულობა) მეტია ან ნაკლები. განვიხილოთ მაგალითი. ურიკები ურთიერთქმედებამდე უძრავია. ვთქვათ, ურთიერთქმედების შემდეგ ერთი ურიკას სიჩქარეა 20 სმ/წმ, მეორესი კი — 40 სმ/წმ. მეორე ურიკას სიჩქარე ორჯერ მეტია პირველი ურიკას სიჩქარეზე. ამიტომ მეორე ურიკა ნაკლებად ინერტულია, ვიდრე პირველი. მეორის მასა ორჯერ ნაკლებია პირველის მასაზე.

- **ორი სხეულის დაჯახების შემდეგ ერთის სიჩქარე 10 მ/წმ-ია, მეორესი — 20 მ/წმ. რომელია მეტად ინერტული? რომლის მასაა ნაკლები?**

ყოველ სხეულს — ადამიანს, მაგიდას დედამიანს, ფოთოლს, თოვლის ფიფქს - აქვს მასა.

რა არის მასის საზომი ერთეული?

ავილოთ ორი სხეული. ერთ-ერთი სხეულის მასა პირობითად ერთეულის ტოლად მივიღოთ. მაშინ ურთიერ-

თქმედებისას შექცენილი სიჩქარეების მიხედვით გავიგებთ მეორის მასას.

მასის ერთეულად მიღებულია კილოგრამი — 1 კგ.

1 კილოგრამი არის მასის ეტალონი (ნიმუში). ის ჩამოსხმულია პლატინისა და ირიდიუმის შენადნობისაგან. ეტალონი ინახება საფრანგეთში პარიზის მახლობლად ქ. სევრში. ამ ნიმუშის მიხედვით სხვადასხვა ქვეყნისათვის ასლები დამზადებულია დიდი სიზუსტით.

გამოიყენება აგრეთვე მასის სხვა ერთეულებიც. მაგალითად, ტონა (ტ), გრამი (გ), მილიგრამი (მგ).

1 ტ = 1000 კგ

1 კგ = 1000 გ

1 ც = 100 კგ

1 გ = 1000 მგ

• **რამდენ კილოგრამს უდრის ერთი გრამი?**

მასების შედარება ურთიერთქმედებისას შექცენილი სიჩქარეების მიხედვით ზოგჯერ ერთადერთი ხერხია. მაგალითად, პლანეტების მასების შედარებისას. მაგრამ სიჩქარეთა შედარების ხერხით მასის გაზომვა პრაქტიკაში ყოველთვის არ არის მოსახერხებელი. ამიტომ მასას ზომავენ უფრო მარტივად სასწორის საშუალებით.

ყოველდღიურ ცხოვრებაში მასის გაზომვას სასწორის საშუალებით აწონას ვუწოდებთ. ეს არაზუსტი ტერმინია. რა განსხვავებაა მასასა და წონას შორის შემდგომ შევისწავლით.

## **მეთოდოლოგიური აკარატი**

### **I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვებით გამოყენებით**

1. სხეულთა . . . ნიშნავს, რომ თუ ერთი სხეული . . .  
. მეორეზე, მეორეც . . . პირველზე (მოქმედება, ურთიერთქმედება).



## **II. შევსე წინადადება**

1. რაც . . . სიჩქარეს იძენს უძრავი სხეული ურთიერთქმედებისას, მით მეტია მისი . . . .

## **III. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა**

1. ორი სხეულიდან ისაა მეტად ინერტული, რომლის მასაც ნაკლებია.
2. ორი სხეულიდან მეტად ინერტულია ის, რომლის სიჩქარეც ურთიერთქმედებისას ნაკლებად იცვლება.
3. ურთიერთქმედებისას შეძენილი სიჩქარეების მიხედვით შეგვიძლია გავიგოთ ორივე სხეულის მასა.

## **IV. კითხვები, სავარჯიშოები**

1. ურთიერთქმედების შედეგად ორმა უძრავმა სხეულმა ერთნაირი სიჩქარე შეიძინა. რას ნიშნავს ეს?
2. რას ნიშნავს გამოთქმა, რომ ერთი სხეული უფრო ინერტულია, ვიდრე მეორე?
3. როგორ შეიძლება აწონით განვსაზღვროთ მასა?
4. დაჯახებისას 0,1 კგ მასის სხეულის სიჩქარე 15 სმ/წმ-ით შეიცვალა, მეორესი კი — 45სმ/წმ-ით. რას უდრის მეორე სხეულის მასა?
5. რამდენ ტონას უდრის ერთი მილიგრამი?
6. განონასწორებისას სანონის მასა 2,5 კგ-ის ტოლია. რამდენ ცენტნერს უდრის სხეულის მასა?

## **V. ისწავლე გაკვეთილი**

1. რა შემთხვევაში იცვლება სხეულის სიჩქარე?
2. რას ნიშნავს, რომ ორი სხეული ურთიერთქმედებს? მოიყვანე მაგალითი.

3. რას ნიშნავს, რომ ორი ურთიერთქმედი სხეული-დან ერთი მეტად ინერტულია, ვიდრე მეორე?
4. რას ეწოდება სხეულის მასა?
5. როგორ შევადაროთ სხეულთა მასები?
6. რა არის მასის ერთეული?
7. მასის რა ერთეულებს იცნობ კიდევ?
8. რას ვგებულობთ სხეულის აწონვისას?

## § 14. სიმკვრივე

### მეთოდური მითითება

პარაგრაფს ვინყებთ კონკრეტული მაგალითების მოყვანით. შემდეგ შემოგვაქვს სიმკვრივის ცნება. სიმკვრივის განსაზღვრებისას ყურადღება უნდა მივაქციოთ იმას, რომ ის რიცხობრივად (ხშირად ამ პირობას ტოვებენ) უდრის ერთეული მოცულობის მასას. განსაზღვრების საფუძველზე შემოგვაქვს სიმკვრივის ფორმულა და ვხსნით მის შინაარსს. ფორმულის საფუძველზე კი შემოგვაქვს სიმკვრივის ერთეული. მოსწავლეს ვაცნობთ სიმკვრივის სხვადასხვა ერთეულებს და ვავარჯიშებთ მათზე.

მასისა და მოცულობის გამოთვლისას სიმკვრივის ფორმულის მიხედვით ხშირია შეცდომა პროპორციის თვისებების მექანიკური გამოყენების გამო. მაგალითად,  $m=p/V$  ან  $V=p/m$ . ასეთი შეცდომების გასწორება უმჯობესია არა პროპორციის თვისებების გამოყენებით, არამედ იმის მოთხოვნით, რომ ტოლობის ორივე მხარეს ერთეულები ერთნაირია. ეს მოსწავლეს უვითარებს ფიზიკურ აზროვნებას, ჩვევებსა და უნარს, ეხმარება იმის გათვითცნობიერებაში (რასაც მათემატიკა ვერ გააკეთებს), რომ აუცილებელია ფორმულის ორივე მხარეს ერთეულთა ტოლობის შემოწმება.

სასწავლო ტექსტს მოყვება ცოდნის შეთვისებისა და განმტკიცების მეთოდური აპარატი, რომელიც ტრადიციულად შედგება სამი ნაწილისაგან.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

შევადართო ერთმანეთს 1 კგ რკინის ნაჭრისა და 1 კგ ბამბის მოცულობა. ცხადია, ბამბის მოცულობა მეტია, ვიდრე რკინის. ავიღოთ ერთნაირი მასის ტყვიისა და ალუმინის ცილინდრები. ტყვიის ცილინდრის მოცულობა დაახლოებით 4-ჯერ ნაკლებია ალუმინისაზე. ახლა შევადართო ერთნაირი მოცულობის ტყვიისა და ალუმინის ცილინდრე-

ბი. ცდით შეიძლება დავრწმუნდეთ, რომ ალუმინის ცილინდრის მასა თითქმის 4-ჯერ ნაკლებია ტყვიისაზე.

განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. 1 ტ მასის რკინის ძელი იკავებს  $0,13 \text{ მ}^3$  მოცულობას, ხოლო 1 ტ ყინული —  $1 \text{ მ}^3$ , ე.ი. თითქმის 9-ჯერ მეტს.

ამ მაგალითებიდან შეიძლება დავასკვნათ:  $1 \text{ მ}^3$  მოცულობის სხვადასხვა ნივთიერების მასები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია. მაგალითად,  $1 \text{ მ}^3$  რკინის მასა არის 7800 კგ, ხოლო იმავე მოცულობის ტყვიისა — 13000 კგ. ასეთი განსხვავების დასახასიათებლად შემოაქვთ სიმკვრივის ცნება.

**სიდიდეს, რომელიც რიცხობრივად ტოლია ერთეული მოცულობის ნივთიერების მასისა, სიმკვრივე ეწოდება.**

რაც უფრო მეტია სიმკვრივე, მით უფრო მკვრივია სხეული. ზემოთ მოყვანილი მაგალითების მიხედვით რკინა უფრო მკვრივია ბამბაზე, ე.ი. რკინის სიმკვრივე მეტია.

- **რამდენჯერ მეტია ტყვიის სიმკვრივე ალუმინის სიმკვრივეზე?**

თუ ვიცით მასა და მოცულობა, შეიძლება გამოვთვალოთ ნივთიერების სიმკვრივე. როგორ განვსაზღვროთ ნივთიერების სიმკვრივე? ამისათვის სხეულის მასა უნდა გავყოთ მის მოცულობაზე: სიმკვრივე = მასა/მოცულობა.

ამრიგად, სიმკვრივე არის ფიზიკური სიდიდე და ტოლია სხეულის მასის შეფარდებისა მის მოცულობასთან.

შემოვიღოთ სიდიდეთა ასოითი აღნიშვნები.  $\rho$  (ბერძნული ასოა, იკითხება “რო”) — ნივთიერების სიმკვრივე,  $m$  — სხეულის მასა,  $V$  — მისი მოცულობა. მაშინ მივიღებთ შემდეგ ფორმულას:

$$\rho = m/V \quad (1).$$

ფორმულაზე დაყრდნობით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ნივთიერების სიმკვრივის ერთეულია  $1 \text{ კგ/მ}^3$ . ნივთიერების სიმკვრივეს გამოსახავენ აგრეთვე  $1 \text{ გ/სმ}^3$ -ით. მაგალითი-

სათვის ამ ერთეულით გამოვსახოთ რკინის სიმკვრივე. ვიცით, რკინის სიმკვრივეა  $7800 \text{ კგ/მ}^3$ . ახლა მასა გამოვსახოთ გრამებით:  $7800 \text{ კგ} = 7\,800\,000 \text{ გ}$ , ხოლო მოცულობა კუბური სანტიმეტრებით:  $1\text{მ}^3 = 1\,000\,000 \text{ სმ}^3$ . გავყოთ მასა მოცულობაზე და მივიღებთ სიმკვრივეს

$$\rho = 7\,800\,000 \text{ გ/1\,000\,000 სმ}^3 = 7,8 \text{ გ/ სმ}^3.$$

ერთი და იმავე ნივთიერების სიკვრივე მყარ, თხევადსა და აირად მდგომარეობაში სხვადასხვა. მაგალითად, ყინულის სიმკვრივეა  $900 \text{ კგ/მ}^3$ , წყლისა —  $1000 \text{ კგ/მ}^3$ , წყლის ორთქლის კი —  $0,59 \text{ კგ/მ}^3$ .

თუ ვიცით სხეულის სიმკვრივე და მოცულობა, შეგვიძლია ვიპოვოთ მისი მასა. (1) ფორმულიდან ვღებულობთ

$$m = \rho \times V \quad (2).$$

მაგალითად, გრანიტის ლოდის სიმკვრივეა  $2600 \text{ კგ/მ}^3$ , მოცულობა —  $2,5 \text{ მ}^3$ . მასა ტოლი იქნება  $m = \rho \times V = 2600 \text{ კგ/მ}^3 \times 2,5 \text{ მ}^3 = 6500 \text{ კგ}$ . ასევე, თუ ცნობილია მასა და სიმკვრივე, შეგვიძლია ვიპოვოთ მოცულობა. (1) ფორმულიდან გვაქვს

$$V = m / \rho \quad (3).$$

## მეთოდოლოგიური აკარატი

### *I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით*

1. სიდიდეს, რომელიც . . . ტოლია . . . მოცულობის მასისა, სიმკვრივე ეწოდება (რიცხობრივად, ერთეული).

### *II. შეავსე წინადადება*

1. ნივთიერების სიმკვრივეს გამოვთვლით თუ ვიცით . . . და . . . .

### **III. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა**

1. ნივთიერების სიმკვრივე ერთი და იგივეა ამ ნივთიერების ყველა (მყარი, თხევადი, აირადი) მდგომარეობისათვის.
2. ნივთიერების მოცულობა ტოლია მასისა და სიმკვრივის ნამრავლისა.
3. სხეულის მასას გავიგებთ, თუ მის სიმკვრივეს მოცულობაზე გავამრავლებთ.

### **IV. კითხვები, სავარჯიშოები**

1. ერთი სხეულის ერთეული მოცულობის მასაა 25 კგ, ხოლო მეორის — 75 კგ. შეადარეთ მათი სიმკვრივეები.
2. რამდენი კილოგრამი ნავთი ეტევა ხუთლიტრიან ბალონში?
3. გვაქვს მარმარილოს, ყინულის და თითბრის ერთნაირი მოცულობის სამი კუბი. რომელ მათგანს აქვს უდიდესი მასა და რომელს უმცირესი (ისარგებლე სიმკვრივის ცხრილით)?
4. გამოიანგარიშე 10 ლ წყლის, ბენზინის და ვერცხლისწყლის მასა.
5. რას უდრის 100 სმ<sup>3</sup> ტყვიის მასა? ექნება თუ არა ასეთივე მასა 100 სმ<sup>3</sup> ტყვიის საფანტს? ახსენით.

### **V. ისწავლე გაკვეთილი**

1. ერთნაირია თუ არა ერთნაირი მასის სხვადასხვა სხეულის მოცულობები? მოიყვანეთ მაგალითი.
2. რას ეწოდება სიმკვრივე?
3. რომელ სხეულს უწოდებენ მეტად მკვრივს?
4. დაწერეთ სხეულის სიმკვრივის ფორმულა.
5. ნივთიერების სიმკვრივის რომელი ერთეულები იციან?

6. როგორია ნივთიერების სიმკვრივე სხვადასხვა მდგომარეობაში?
7. ვიცი სხეულის სიმკვრივე და მოცულობა. როგორ გავიგო მისი მასა?
8. როგორ შეიძლება ვიპოვოთ ნივთიერებების მოცულობა სიმკვრივისა და მასის საშუალებით?

## § 15. ძალა

### მეთოდური მითითება

დინამიკის კურსის შესწავლისას დიდი მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ როგორ გადავცემთ მოსწავლეს ძალის ცნებას.

პარაგრაფს ვინყებთ მაგალითების მოყვანით. მაგალითებში ვაჩვენებთ მოსწავლეს, რომ ესა თუ ის სხეული იცვლის თავის სიჩქარეს სხვა სხეულის მოქმედებით. ეს მოქმედება განპირობებული არის ძალით. ე.ი. სხეულზე მოქმედებს ძალა. შემდეგ ვაძლევთ ძალის ცნების განსაზღვრებას. სახელდობრ, ძალა მოძრაობის სიჩქარის შეცვლის მიზეზია. ეს ძალის ცნების საფუძვლიანი, მაგრამ მხოლოდ თვისებრივი განსაზღვრებაა. იმისათვის, რომ მოსწავლე გაერკვეს ძალის შინაარსში, მას უნდა მივცეთ შემდეგი სახის კითხვა: “თუ სხეულზე ძალა არ მოქმედებს, როგორია მისი სიჩქარე?” ეს კითხვა იმიტომ დავსვით, რომ მოსწავლეები ხშირად პასუხობენ, რომ სიჩქარე ასეთ შემთხვევაში ნულის ტოლია. ეს კი არ არის სწორი.

მაგალითის მეშვეობით მოსწავლეს ვაჩვენებთ, რომ ერთ და იმავე სხეულზე შეიძლება მოქმედებდეს ერთ შემთხვევაში მეტი ძალა, მეორეში — ნაკლები. ეს ნიშნავს, რომ ძალას გააჩნია რიცხვითი მნიშვნელობა. ძალა ფიზიკური სიდიდეა.

შემდეგ ვუბრუნდებით პარაგრაფის დასაწყისში განხილულ მაგალითებს. ვაჩვენებთ, თუ რა შემთხვევაში რა ძალა მოქმედებს. მოგვყავს კიდევ ერთი მაგალითი, სადაც სხეულზე დრეკადობის ძალა მოქმედებს, მაგრამ მისი სიჩქარე არ იცვლება. ამ მაგალითში სხვა სხეული არ არის. მოსწავლეს უნდა ავუხსნათ, რომ ამ შემთხვევაში სხეულის ნაწილები მოქმედებენ ერთმანეთზე. იცვლება მათი სიჩქარე. ამ ნაწილების გადაადგილების გამო სხეული (ბურთი) იკუმშება, დეფორმორდება. ის იცვლის თავის ფორმას და ზომას. დეფორმირებულ სხეულში კი აღიძვრება დრეკადობის ძალა.



ამ მაგალითების საშუალებით მოსწავლეს ვაჩვენებთ, რომ ბუნებაში სხვადასხვა სახის ძალა არსებობს. ვაძლევთ შემდეგი სახის კითხვას: “რა ძალა აჩერებს მოციგურავის მადრაობას ყინულზე სრიალისას?”

ამის შემდეგ დგება საკითხი ძალის ერთეულის შემოტანის შესახებ. რადგანაც ნიუტონის II კანონი ფიზიკის სწავლების დანწყებით ეტაპზე არ შეისწავლება, შეუძლებელია ფიზიკურად და ლოგიკურად მკაცრად დავადგინოთ ძალის ერთეული. მოსწავლეს ვეუბნებით, რომ ძალის ერთეული არის 1 ნიუტონი. ის უკავშირდება სხეულის სიჩქარის ცვლილებას. მაგრამ რა ძალაა 1 ნ ძალა, ამის განსაზღვრებას შემდეგისათვის ვტოვებთ.

ვეუბნებით, რომ გამოიყენება ძალის უფრო დიდი ერთეული 1 კნ და ვსვამთ კითხვას: “რამდენი ნიუტონია 1 კნ ძალა? — თავსართი კილო რას ნიშნავს თქვენ უკვე იცით”.

მაგალითის საშუალებით ვაჩვენებთ, რომ ძალას აქვს მიმართულება. ე.ი. ის ვექტორული სიდიდეა.

აღსანიშნავია, რომ ძალის ცნება მხოლოდ მექანიკური ურთიერთქმედების მაგალითზე არ უნდა შემოვიტანოთ, რათა წარმოვაჩინოთ ფიზიკის ერთიანობა.

## გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

ჩვენ უკვე ვიცით, რომ სხეულის სიჩქარის შესაცვლელად საჭიროა მასზე მეორე სხეულის მოქმედება.

მოვიყვანოთ მაგალითები. ასროლილი ბურთი მიწაზე ვარდება, მინდორზე გაგორებული ბურთი ბოლოს ჩერდება, ლითონის ბურთულას მაგნიტი იზიდავს.

რატომ?

მოდით ავხსნათ. პირველ ორ შემთხვევაში ბურთზე მოქმედებს დედამიწა. მისი მოქმედებით ბურთის სიჩქარე, ე.ი. სხეულის სიჩქარის შესაცვლელად საჭიროა მეორე სხეულის მოქმედება. ასევე მაგნიტისა და ბურთულას შემთხვევაში. ხშირად არ მიუთითებენ თუ რომელი სხეული

და როგორ მოქმედებს მოცემულ სხეულზე. ამბობენ, რომ სხეულზე მოქმედებს სხვა სხეული ძალით. პირობითად შეგვიძლია ვთქვათ, რომ სხეულზე მოქმედებს ძალა ან სხეულზე მოდებულია ძალა.

გავარკვიოთ რა არის ძალა. მაგალითებიდან ჩანს, რომ ძალა არის ის, რაც იწვევს ან აჩერებს სხეულის მოძრაობას. ეს კი ნიშნავს, რომ სხეულის სიჩქარე იცვლება.

**ამრიგად, ძალა სხეულის მოძრაობის სიჩქარის შეცვლის მიზეზია.**

- **თუ სხეულზე ძალა არ მოქმედებს, როგორია მისი სიჩქარე?**

ვთქვათ, ლითონის ბურთულას მიიზიდავს ერთი მაგნიტი. ბურთულა შეიცვლის სიჩქარეს და მიეკვრება მაგნიტს. ახლა იგივე ბურთულაზე ვიმოქმედოთ ორი მაგნიტით. ვნახავთ, რომ ბურთულა უფრო სწრაფად მიიზიდება. მასზე მაგნიტი უფრო მეტი ძალით მოქმედებს. ე.ი. ბურთულაზე შეიძლება მოქმედებდეს დიდი ან პატარა ძალა. ეს ნიშნავს, რომ ძალას გააჩნია რიცხვითი მნიშვნელობა. ძალა ფიზიკური სიდიდეა.

დავუბრუნდეთ ჩვენს მაგალითებს. პირველ მაგალითში ბურთი ეცემა იმის გამო, რომ დედამიწა იზიდავს მას. დედამიწა მოქმედებს ბურთზე სიმძიმის ძალით. მეორე მაგალითში ბურთზე მოქმედებს დედამიწა ძალით, რომელიც ხელს უშლის მოძრაობას. ეს ძალა არის ხახუნის ძალა. მესამე მაგალითში მაგნიტი მოქმედებს ბურთულაზე მაგნიტური ძალით და იზიდავს მას. მოდით განვიხილოთ კიდევ ერთი მაგალითი. შეკუმშული რეზინის ბურთი აღიდგენს თავის ფორმას. ბურთზე მოქმედებს დრეკადობის ძალა, მაგრამ ბურთის სიჩქარე არ იცვლება. ჩვენ კი ვთქვით, რომ ძალა სიჩქარის შეცვლის მიზეზია. ამ შემთხვევაში ბურთის ნაწილები მოქმედებენ ერთმანეთზე. საქმე იმაშია, რომ იცვლება ბურთის ცალკეული ნაწილების სიჩქარე. ამ ნაწილების გადაადგილების გამო ბურთი იკუმშება — დეფორმირდება. ის იცვლის თავის ფორმას და ზომას. დეფორმირებულ ბურთში კი აღიძვრება დრეკადობის ძალა.

მაგალითებიდან ჩანს, რომ ბუნებაში არსებობს სხვადასხვა სახის ძალა. ესენია: ხახუნის ძალა, სიმძიმის ძალა, დრეკადობის ძალა, მაგნიტური ძალა, ელექტრული ძალა, მიზიდულობის ძალა. უფრო დანვრილებით მათ შემდეგ განვიხილავთ.

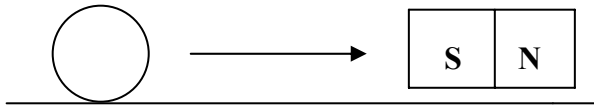
- **რა ძალა აჩერებს მოციგურავის მოძრაობას ყინულზე სრიალისას?**

ძალა აღინიშნება F ასოთი. მისი ერთეული არის ნიუტონი. ის უკავშირდება სხეულის სიჩქარის ცვლილებას. თუ რა ძალაა ერთი ნიუტონი ძალა, შემდეგ ვისწავლით. გარდა 1 ნ-სა გამოიყენება ძალის უფრო დიდი ერთეული 1 კილონიუტონი.

- **რამდენი ნიუტონია 1 კნ ძალა?**

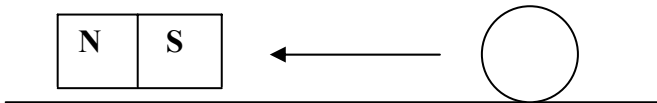
თავსართი კილო რას ნიშნავს თქვენ უკვე იცით.

ვთქვათ, ლითონის ბურთულა მოძრაობს მარჯვნივ (ნახ. 1. ა). თუ მას წინ დავუხვედრებთ მაგნიტს, ის განაგრძობს მოძრაობას იმავე მიმართულებით. ძალა ამ დროს მოქმედებს მარჯვნივ.



ნახ. 1. ა

თუ მაგნიტს მოვათავსებთ მარცხენა მხარეს (ნახ. 1. ბ), ბურთულა დაიწყებს მოძრაობას მარცხნივ. ძალა ამ დროს მოქმედებს მარცხნივ.



ნახ. 1. ბ

ამ მაგალითებიდან ჩანს, რომ ძალას აქვს მიმართულება. ძალა ვექტორული სიდიდეა.

## **მეთოდოლოგიური აპარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. ძალა . . . სიდიდეა, რომელიც მოძრაობის . . . შეცვლის მიზეზია. (დროის, ფიზიკური, თვისებრივი, სიჩქარის).

### ***II. შეავსე წინადადება***

1. ძალას აქვს . . . , ამიტომ ის . . . სიდიდეა.

### ***III. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. ძალა არის სხეულის მოძრაობის გამომწვევი მიზეზი.
2. ხახუნის ძალა ხელს უწყობს სხეულის მოძრაობას.
3. ბუნებაში არსებობს მხოლოდ ერთი სახის ძალა — სიმძიმის ძალა.

### ***IV. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. როდის იცვლება სხეულის სიჩქარე?
2. რატომ იცვლება სხეულის ფორმა მასზე ძალის მოქმედებით?
3. ჰორიზონტალურად გასროლილი ქვა რატომ არ მოძრაობს წრფივად?
4. რა ძალა აკავებს სხეულებს დედამიწის ზედაპირზე?
5. რამდენი ნიუტონია 10 კნ?
6. რამდენი კილონიუტონია 1000 ნ ?

## ***V. ისწავლე გაკვეთილი***

1. რას ნიშნავს სხეულზე მოქმედებს (მოდებულია) ძალა?
2. რა არის ძალა?
3. რა სახის ძალები არსებობს ბუნებაში? მოიყვანეთ მაგალითები.
4. დაასახელეთ ძალის ერთეული.
5. რას ნიშნავს, რომ ძალა ვექტორული სიდიდეა?

## § 16. დრეკადობის ძალა. ძალის გაზომვა

### მეთოდური მითითება

ამ პარაგრაფში კონკრეტული მაგალითების მოყვანით მივდივართ დრეკადობის ძალის განსაზღვრებამდე. ვიხილავთ ზამბარის გაჭიმვა-შეკუმშვის მაგალითს. სწორედ ზამბარის ჭიმვის მაგალითის საშუალებით ვადგენთ დრეკადობის ძალის მიმართულებას. ამას ვაკეთებთ დაწვრილებითი ახსნით. შემდეგ კი ნაკითხულის გააზრებისათვის პროდუქციულ დონეზე, მოსწავლეს ვაძლევთ შემდეგი სახის კითხვა-სავარჯიშოს: “როგორ არის მიმართული დრეკადობის ძალა ზამბარის კუმშვისას?”

ამის შემდეგ ვასკვნით, რომ დრეკადობის ძალა დეფორმაციისას მიმართულია ზამბარის ხვიების გადაადგილების საპირისპიროდ.

შემოგვაქვს წაგრძელების ცნება და ვაჩვენებთ როდის არის ის დადებითი ან უარყოფითი. გადავდივართ ჰუკის კანონზე. ვიხილავთ მაგალითს, სადაც ლითონის ბურთულაზე მოქმედებს მაგნიტი, ბურთულა კი დამაგრებულია ზამბარაზე. ვაჩვენებთ, რომ მაგნიტი მიიზიდავს ლითონის ბურთულას, ზამბარა წაგრძელდება და აღიძვრება დრეკადობის ძალა. ზამბარა განონასწორდება. ეს ნიშნავს, რომ დრეკადობის ძალა და მაგნიტური ძალა ერთმანეთის ტოლია მოდულით და საპირისპიროა მიმართულებით. ამიტომ ეს ორი ძალა ანონასწორებს ერთმანეთს. შემდეგ ბურთულას ვუახლოვებთ ორ, სამ, ოთხ და ა.შ. ერთნაირ მაგნიტს. ვნახავთ, რომ ყველა შემთხვევაში ზამბარა მოვაწონასწორობაში. ეს იმიტომ, რომ რამდენჯერაც გავზრდით მაგნიტის რაოდენობას, ე.ი. მაგნიტურ ძალას, იმდენჯერ გაიზრდება დრეკადობის ძალა და ზამბარის წაგრძელებაც. ამ მაგალითის საფუძველზე ვაყალიბებთ ჰუკის კანონს: სხეულის (ზამბარის) დეფორმაციისას წარმოიქმნება დრეკადობის ძალა. ის პროპორციულია სხეულის (ზამბარის) წაგრძელების და მიმართულია დეფორმაციი-

სას სხეულის ნაწილაკების გადაადგილების მიმართულების საპირისპიროდ.

შემდეგ ჰუკის კანონის გამოყენებით ვზომავთ ძალას. ვუბრუნდებით ზემოთ აღნიშნულ მაგალითს, მხოლოდ ზამბარას ვამაგრებთ ფირფიტას, რომელზეც დანებებულია თეთრი ქაღალდი. ზამბარის მაჩვენებლის მდებარეობა სხვადასხვა შემთხვევისათვის აღვნიშნოთ 1,2,3,4 და ა.შ. თითოეული დანაყოფი 1 ნ-ის ტოლფასია. დაგრაფირებული ზამბარა გამოიყენება ძალის გასაზომად და მას დინამომეტრი ეწოდება. აქვე უნდა მივუთითოთ, რომ დინამომეტრის მონყობილობა ემყარება ნებისმიერი ძალის შედარებას ზამბარის დრეკადობის ძალასთან.

ვნახოთ, როგორ ჩაჯდება გაკვეთილში ეს თემა.

## **ბ ა კ ვ ე თ ი ლ ი**

განვიხილოთ მაგალითი. ავიღოთ ზამბარა. მივამაგროთ მისი ერთი ბოლო კედელს. მეორე ბოლოთი კი გავჭიმოთ. ზამბარის ხვიებს შორის მანძილი რამდენადმე გაიზრდება. ზამბარა დეფორმირდება. ხვიებს შორის მოქმედებას იწყებენ მიზიდვის ძალები. ხელს თუ გავუშვებთ, ზამბარა შეიკუმშება. ეს ძალები აიძულებენ ზამბარის ხვიებს წინანდელ მანძილზე დაუახლოვდნენ ერთმანეთს.

ახლა ზამბარა შევკუმშოთ. მის ხვიებს შორის მანძილი მცირდება. ზამბარა დეფორმირდება. ხელის გაშვებით ზამბარა გაფართოვდება. ამ დროს აღიძვრება განზიდვის ძალები. ეს ძალები ზამბარის ხვიებს აიძულებენ დაშორდნენ ერთმანეთს. აბრუნებენ მათ პირვანდელ მდგომარეობაში.

ზამბარის ჭიმვა-კუმშვა არის დეფორმაცია.

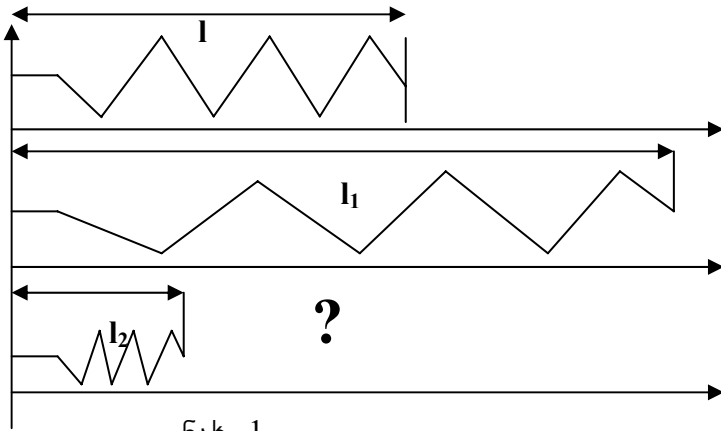
ამრიგად, დეფორმაცია არის ძალის მოქმედების შედეგად სხეულის ფორმის ან ზომების ცვლილება. გარდა ჭიმვა-კუმშვისა დეფორმაციის სახეებია: გრეხა, ღუნვა. მაგალითად, თუ თოკს დავგრებთ ან ღეროს გადავღუნავთ, ხელის გაშვების შემდეგ აღიძვრება დრეკადობის ძა-

ლა. ეს ძალა ორივე შემთხვევაში ცდილობს დააბრუნოს სანყის მდგომარეობაში თოკიც და ლეროც.

მაშასადამე, სხეულის ნებისმიერი დეფორმაციის დროს აღიძვრება ძალა. ის ცდილობს აღადგინოს სხეულის პირვანდელი ზომები და დააბრუნოს სხეული დეფორმაციამდელ მდგომარეობაში. ეს ძალა არის დრეკადობის ძალა.

**დრეკადობის ძალა ეწოდება ძალას, რომელიც აღიძვრება სხეულის დეფორმაციისას და ცდილობს დააბრუნოს სხეული სანყის მდგომარეობაში.**

გავარკვიოთ დრეკადობის ძალის მიმართულება.



ნახ. 1

განვიხილოთ იგივე მაგალითები — ზამბარის ჭიმვა და კუმშვა. ზამბარის გაჭიმვისას მისი ხვიები წაინაცვლებენ მარჯვნივ. ზამბარა დეფორმირდება და აღიძვრება დრეკადობის ძალა. ის აბრუნებს ზამბარას სანყის მდგომარეობაში, ე.ი. დრეკადობის ძალა მიმართულია მარცხნივ (ნახ.1).



• როგორ არის მიმართული დრეკადობის ძალა ზამბარის კუმშვისას?

ამრიგად, დრეკადობის ძალა დეფორმაციისას მიმართულია ზამბარის ხვიების გადაადგილების საპირისპიროდ.

ზამბარის სიგრძის ცვლილება ჭიმვისას ან კუმშვისას არის ზამბარის წაგრძელება. ზამბარის გაჭიმვისას ის X ღერძის თანამიმართულია და არის დადებითი. ზამბარის შეკუმშვისას კი — უარყოფითი.

გავარკვიოთ რა დამოკიდებულებაშია დრეკადობის ძალა წაგრძელებასთან.

ავილოთ ზამბარა. მისი ერთი ბოლო მივამაგროთ კედელს, ხოლო მეორეს მივამაგროთ ლითონის ბურთულა. ბურთულას მივუახლოვოთ მაგნიტი. მაგნიტი მიიზიდავს ბურთულას, ზამბარა გაიჭიმება და გაჩერდება. ის წაგრძელდა, ე.ი. დეფორმირდა. დეფორმირებულ ზამბარაში კი აღიძვრება დრეკადობის ძალა. ის ცდილობს დააბრუნოს ზამბარა საწყის მდგომარეობაში, მაგრამ ზამბარა და ბურთულა გაჩერებულია. ისინი წონასწორობაშია. ეს ნიშნავს, რომ მაგნიტური ძალა და დრეკადობის ძალა ერთმანეთის ტოლია მოდულით და საპირისპიროა მიმართულებით. ამიტომ ეს ორი ძალა აწონასწორებს ერთმანეთს. ახლა ბურთულას მივუახლოვოთ არა ერთი, არამედ ორი ერთნაირი შეერთებული მაგნიტი. ზამბარა წაგრძელდება და ისევ გაჩერდება. მაგნიტური ძალა ორჯერ გაიზარდა. ზამბარა წონასწორობაშია, ე.ი. აღიძვრა დრეკადობის ძალა და ის მაგნიტური ძალის ტოლი უნდა იყოს მოდულით. გამოდის, რომ დრეკადობის ძალაც ორჯერ გაიზარდა. თუ გავზომავთ ზამბარის სიგრძეს, ის ორჯერ მეტად იქნება წაგრძელებული. ახლა ავილოთ ერთმანეთთან შეერთებული სამი ერთნაირი მაგნიტი. მაგნიტური ძალა სამჯერ გაიზარდა. ზამბარა წაგრძელდება და განწონასწორდება. ე.ი. სამჯერ გაიზარდა დრეკადობის ძალა და სამჯერ მეტი იქნება ზამბარის წაგრძელება. ოთხი მაგნიტის შემთხვევაში ოთხჯერ გაიზარდება მაგნიტური ძალა. მაშასადამე, ოთხჯერ გაიზარდება დრეკადობის ძალა და ზამბარის წაგრძე-

ლებაც და ა.შ. მაგალითებიდან ჩანს, რომ რამდენჯერაც იზრდება მაგნიტური ძალა, იმდენჯერ იზრდება ზამბარის წაგრძელება და დრეკადობის ძალაც. გამოდის, რომ დრეკადობის ძალა წაგრძელების პირდაპირპროპორციულია. ეს წინადადება გამოხატავს კანონს, რომელიც ჰუკის კანონის სახელით არის ცნობილი. ჩამოვაცალიბოთ ეს კანონი:

**სხეულის (ზამბარის) დეფორმაციისას წარმოიქმნება დრეკადობის ძალა. ის პროპორციულია სხეულის (ზამბარის) წაგრძელების და მიმართულია დეფორმაციისას სხეულის ნაწილაკების გადაადგილების მიმართულების საპირისპიროდ.**

ჰუკის კანონის გამოყენებით გავზომოთ ძალა. დავუბრუნდეთ ზემოთ აღწერილ მაგალითს, მხოლოდ ახლა ზამბარა მივამაგროთ ფირფიტას. ფირფიტას დავანებოთ თეთრი ქალაღდი და ზამბარის ბოლოს დავამაგროთ მაჩვენებელი. გავიმეოროთ ზემოთ აღწერილი ცდა. ზამბარის გაჭიმვისას ქალაღდზე აღვნიშნოთ მაჩვენებლის მდებარეობა. მივიღეთ დანაყოფიანი სკალა. ზამბარა არის დაგრადუირებული და ის გამოიყენება ძალის გასაზომად.

**ძალის გასაზომ ხელსაწყოს დინამომეტრი ეწოდება.**

უმარტივესი დინამომეტრის მოწყობილობა ემყარება ნებისმიერი ძალის შედარებას ზამბარის დრეკადობის ძალასთან. დინამომეტრით შეიძლება გაიზომოს არა მარტო დრეკადობის ძალა, არამედ სხვა ძალებიც: სიმძიმის ძალა, ხახუნის ძალა და სხვ.

## **მეთოდოლოგიური აპარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. დეფორმაცია არის . . . მოქმედების შედეგად სხეულის . . . ან . . . ცვლილება. (ძალის, ფორმის, ზომის, სიჩქარის).

2. დრეკადობის ძალა დეფორმაციისას მიმართულია ზამბარის ხეების გადაადგილების . . . (მიმართულებით, საპირისპიროდ).
3. დრეკადობის ძალა წაგრძელების . . . (უკუპროპორციულია, პირდაპირპროპორციულია).

## **II. შეავსე წინადადება**

1. დრეკადობის ძალა ეწოდება ძალას, რომელიც აღიძვრება სხეულის . . . და ცდილობს სხეული . . . მდგომარეობაში დააბრუნოს.
2. დრეკადობის ძალა . . . სხეულის წაგრძელების და მიმართულია სხეულის ნაწილაკების გადაადგილების მიმართულების . . .

## **III. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა**

1. ბუნებაში ყველა სახის დეფორმაცია მხოლოდ გაჭიმვა-შეკუმშვის სახისაა.
2. სხეულის ნებისმიერი დეფორმაციისას აღიძვრება ძალა, რომელიც ცდილობს სხეული დააბრუნოს დეფორმაციამდელ მდგომარეობაში.
3. დინამომეტრის მეშვეობით ვზომავთ მხოლოდ დრეკადობის ძალას.

## **IV. კითხვები, სავარჯიშოები**

1. კაპრონის თოკის ერთი ბოლო დავგრიხით მარჯვნივ, მეორე — მარცხნივ. რა სახის ძალა აღიძვრება ამ შემთხვევაში?
2. ზამბარა წაგრძელდა 5-ჯერ. რა მოუვა დრეკადობის ძალას?

**V. ისწავლე გაკვეთილი**

1. რა არის დეფორმაცია?
2. ჩამოთვალე დეფორმაციის სახეები.
3. რას ეწოდება დრეკადობის ძალა?
4. საით არის მიმართული დრეკადობის ძალა?
5. როგორი დამოკიდებულებაა დრეკადობის ძალასა და წაგრძელებას შორის?
6. ჩამოაყალიბე ჰუკის კანონი.
7. როგორ გავზომოთ ძალა?
8. რა არის დინამომეტრი?

## § 17. მსოფლიო მიზიდულობის ძალა. სიმძიმის ძალა

### მეთოდური მითითება

როგორც ყოველთვის, ახლაც ვინცებთ კონკრეტული მაგალითების მოყვანით. შემდეგ ვაზოგადებთ და ვხსნით მსოფლიო მიზიდულობის ძალას. მოსწავლეს ვეუბნებით, რომ ნებისმიერი ორი სხეული იზიდავს ერთმანეთს. შეიძლება შემდეგი კითხვის დასმა: “შეიძლება თუ არა ერთი სხეული იზიდავდეს მეორეს და ის მას არა?”

მოსწავლეს ვუხსნით, რომ მსოფლიო მიზიდულობის გამოვლენაა სიმძიმის ძალა. მოგვყავს კონკრეტული მაგალითები და გადავდივართ სიმძიმის ძალის განსაზღვრებაზე.

შემდეგ ვეუბნებით, რადგან ძალა ვექტორული სიდიდეა და აქვს მიმართულება, სიმძიმის ძალასაც აქვს მიმართულება. ის მიმართულია დედამიწის ცენტრისკენ.

პარაგრაფის ბოლოს ცოდნის შეთვისებისა და განმტკიცების მეთოდოლოგიური აპარატი ტრადიციულად სამი ნაწილისაგან შედგება.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

განვიხილოთ შემდეგი მაგალითები. ვერტიკალურად ასროლილი ბურთიც და ჰორიზონტალურად გასროლილი ქვაც დედამიწაზე ეცემა. ბურთზეც და ქვაზეც მოქმედებს ძალა, რომლითაც დედამიწა იზიდავს მათ. ამ ძალას დედამიწისადმი მიზიდულობის ძალა ეწოდება.

დედამიწა იზიდავს ადამიანებს, ზღვების, ოკეანეებისა და მდინარეების წყალს, სახლებს, მთვარეს და ა.შ. დედამიწა იზიდავს ყველა სხეულს. ის იზიდავს მზეს და პლანეტებს. თავის მხრივ ეს სხეულებიც იზიდავენ დედამიწას. მზე იზიდავს დედამიწასა და მის ირგვლივ მოძრავ პლანეტებს. პლანეტები თავის მხრივ იზიდავენ მზეს და ერთმანეთს. ასე რომ არ იყოს, პლანეტები არ იმოძრავებდნენ მზის გარშემო ორბიტებზე.

როგორც ვხედავთ, სამყაროში ნებისმიერი ორი სხეული იზიდავს ერთმანეთს განსაზღვრული ძალით. ამ ძალას მსოფლიო მიზიდულობის ძალა ეწოდება.

დედამიწიდან გაშვებული ხელოვნური თანამგზავრი წრფივად არ მიფრინავს. ის გარს უვლის დედამიწას. მაშასადამე, ამ სხეულზე მოქმედებს დედამიწისადმი მიზიდულობის ძალა. ამ ძალის გამო ზევით ატანილი სხეულები ხელის გაშვების შემდეგ ვარდებიან დედამიწაზე. მდინარეებში წყალი ქვემოთ მიედინება. აბტომის შემდეგ ადამიანი ქვემოთ ეშვება, ვინაიდან დედამიწა იზიდავს მას.

- **შეიძლება თუ არა ერთი სხეული იზიდავდეს მეორეს და ის კი მას არა?**

მსოფლიო მიზიდულობის გამოვლენაა სიმძიმის ძალა. სიმძიმის ძალის მოქმედებით ეცემა დედამიწაზე წვიმის წვეთები, თოვლის ფიფქი, სცვივა ფოთლები ხეებიდან.

**ძალას, რომლითაც დედამიწა იზიდავს მის მახლობელ სხეულებს, სიმძიმის ძალა ეწოდება.**

ვიცით, ძალა ვექტორული სიდიდეა და მას მიმართულება აქვს. სხვადასხვა სახის ძალას სხვადასხვა მიმართულება აქვს. სიმძიმის ძალა მიმართულია დედამიწის ცენტრისკენ.

## **მ ე თ ო დ ი კ შ რ ი ა ვ ა რ ა ტ ი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. ძალას, რომლითაც . . . ორი სხეული . . . ერთმანეთს, მსოფლიო მიზიდულობის ძალა ეწოდება (იზიდავს, განიზიდავს, ნებისმიერი, მოცემული).
2. სიმძიმის ძალა მიმართულია დედამიწის . . . (გასწვრივ, ცენტრიდან, ცენტრისკენ).

### ***II. შეავსე წინადადება***

1. ძალას, რომლითაც . . . იზიდავს მის მახლობელ სხეულებს, სიმძიმის ძალა ეწოდება.

**III. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა**

1. მსოფლიო მიზიდულობის ძალა სიმძიმის ძალის გამოვლენაა.
2. დედამიწაზე მდებარე სხეულებს შორის არ მოქმედებს მიზიდულობის ძალა.

**IV. კითხვები, სავარჯიშოები**

1. საით არის მიმართული სიმძიმის ძალა ბურთის ზევით მოძრაობისას?

**V. ისწავლე გაკვეთილი**

1. რას ეწოდება მსოფლიო მიზიდულობის ძალა?
2. რა არის სიმძიმის ძალა?
3. საითაა მიმართული სიმძიმის ძალა?

## § 18. სიმძიმის ძალის დამოკიდებულება სხეულის მასაზე

### მ ა თ ო დ უ რ ი მ ი თ ი თ ე ბ ა

ამ პარაგრაფში დანვრილებით შევისწავლით სიმძიმის ძალას. ვიხილავთ ვერტიკალურად დამაგრებულ დინამომეტრზე დაკიდებულ ტვირთზე მოქმედ ძალებს. მოგვყავს მაგალითები, რათა თვალსაჩინო გავხადოთ სიმძიმის ძალასა და მასას შორის პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება.

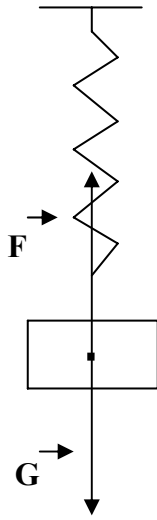
შემდეგ შემოგვაქვს პროპორციულობის კოეფიციენტი  $g$  და ვაძლევთ სიმძიმის ძალის მასაზე დამოკიდებულების მათემატიკურ ჩანერას, აგრეთვე,  $g$ -ს ერთეულსა და მის მნიშვნელობას დედამიწისთვის.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

მოდით, დანვრილებით შევისწავლოთ სიმძიმის ძალა. ზამბარა დავამაგროთ ვერტიკალურად, მასზე ჩამოვკიდოთ  $m$  მასის ტვირთი. ზამბარა გაიჭიმება — წაგრძელდება. დეფორმირებულ ზამბარაში აღიძვრება დრეკადობის ძალა. ის ცდილობს დააბრუნოს ზამბარა საწყის მდგომარეობაში. ე.ი. დრეკადობის ძალა მიმართულია ვერტიკალურად ზევით. წაგრძელებული ზამბარა ცოტა ხნის შემდეგ მოვა წონასწორობაში. ჩვენ ვიცით, რომ ნებისმიერ სხეულზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა.  $m$  მასის ტვირთზეც მოქმედებს სიმძიმის ძალა და ის მიმართულია ვერტიკალურად ქვევით. ტვირთი წონასწორობაშია (უძრავია).

ე.ი. დრეკადობის ძალა და სიმძიმის ძალა სიდიდით ერთმანეთის ტოლია, მიმართულებით კი საპირისპირო (ნახ. 1). ამიტომ ისინი აწონასწორებენ ერთმანეთს ანუ ტვირთი წონასწორობაშია.





ნახ. 1

ახლა დინამომეტრზე ჩამოვკიდოთ  $2m$  მასის ტვირთი. ზამბარის წაგრძელება გაიზრდება. თუ გავზომავთ, ვნახავთ, რომ წაგრძელება ორჯერ გაიზარდა. რადგანაც დრეკადობის ძალა წაგრძელების პროპორციულია, ისიც ორჯერ გაიზრდება. ტვირთი განონასწორდება, ე.ი. ორჯერ გაიზარდა ტვირთზე მოქმედი სიმძიმის ძალაც, ამრიგად, მასის ორჯერ გაზრდით სიმძიმის ძალა ორჯერ გაიზარდა. თუ ავიღებთ  $3m$  მასის ტვირთს, სამჯერვე გაიზრდება დრეკადობის და სიმძიმის ძალები.  $4m$  მასის ტვირთის შემთხვევაში — ოთხჯერ გაიზრდება და ა.შ.

- **რამდენჯერ გაიზრდება სიმძიმის ძალა თუ მასას  $2,5$  ჯერ შევამცირებთ?**

მაგალითებიდან ჩანს, რომ რამდენჯერაც ვზრდით ტვირთის მასას, იმდენჯერ იზრდება სიმძიმის ძალა. ამრიგად, სიმძიმის ძალა სხეულის მასის პირდაპირპროპორციულია. მათემატიკურად ეს დამოკიდებულება შემდეგნაირად ჩაი-

წერება  $G \approx m$ . ტოლობაზე გადასასვლელად შემოვიტანოთ პროპორციულობის კოეფიციენტი. ტრადიციულად მას  $g$  ასოთი აღნიშნავენ. მაშინ გვექნება  $G = m \times g$ . ამ ფორმულიდან  $g = G/m$ , ე.ი.  $g$ -ს ერთეული იქნება  $1 \text{ ნ/კგ}$ .

$g$  არის დედამიწის მიზიდულობის მახასიათებელი, ამ მიზიდვის ზომა. დედამიწისათვის  $g=9,8 \text{ ნ/კგ}$ . სხვა სხეულებისათვის ის სხვა არის. მაგალითად, მთვარეზე ის ნჯერ ნაკლებია, მზეზე კი ის უფრო მეტია.

## **მეთოდიკური აპარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. სიმძიმის ძალა სხეულის მასის . . . (ტოლია, პირდაპირპროპორციულია, უკუპროპორციულია).

### ***II. გაარკვე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. სხეულის მასა სიმძიმის ძალის უკუპროპორციულია.
2. ყველა სხეულისათვის: დედამიწისათვის, მზისათვის და ა.შ.  $g = 9,8 \text{ ნ/კგ}$ .

### ***III. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. სხეულს ჩამოაჭრეს მისი ნახევარი. როგორ შეიცვლება დარჩენილი სხეულის სიმძიმის ძალა პირვანდელთან შედარებით?
2. როგორ დაადგენთ  $g$  კოეფიციენტის ერთეულს?
3. რას უდრის სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა, თუ მისი მასაა  $2,5 \text{ კგ}$ ?  $800 \text{ გ}$ ?

4. სხეულზე მოქმედებს 98 ნიუტონი სიმძიმის ძალა. რას უდრის სხეულის მასა?
5. ერთ-ერთი ყველაზე დიდი ვეშაპის მასაა 150 ტ. როგორი სიმძიმის ძალა მოქმედებს მასზე? რა მოუვა ვეშაპს ნაპირზე გამორიყვის შედეგად?

#### ***IV. ისწავლე გაკვეთილი***

1. როგორაა დამოკიდებული სიმძიმის ძალა სხეულის მასაზე?
2. დაწერეთ მათემატიკურად სიმძიმის ძალასა და სხეულის მასას შორის კავშირი.
3. რას უდრის რიცხობრივად პროპორციულობის კოეფიციენტი სიმძიმის ძალასა და მასას შორის?

## § 19. ხახუნის ძალა. სრიალის და გორვის ხახუნი

### მეთოდური მითითება

პარაგრაფს ვინცებთ მაგალითების მოყვანით. მაგალითების მეშვეობით მოსწავლეს ვაჩვენებთ, რომ ამა თუ იმ სხეულის სიჩქარე თანდათან მცირდება და ბოლოს ნულის ტოლი ხდება. ხოლო სიჩქარის შეცვლის მიზეზი ყოველთვის ძალაა. ვსვამთ კითხვას: “როგორ არის მიმართული ეს ძალა?”

შემდეგ ვეუბნებით, რომ ამ ძალას ეწოდება ხახუნის ძალა და ვაძლევთ მის განსაზღვრებას.

ისევ ვსვამთ კითხვას: “რა წარმოქმნის ხახუნის ძალას?” და მაგალითების მეშვეობით ვაძგენთ იმ მიზეზებს, რომლებიც წარმოქმნის ხახუნის ძალას. მოსწავლეს ვეუბნებით, რომ ხახუნის ძალის შემცირება შეიძლება საპოხის საშუალებით. ვაკეთებთ აზრობრივ პაუზას შემდეგი სახის კითხვით: “რით აიხსნება სუსტი ხახუნი ყინულზე ციგურებით სრიალისას?”

ვიხილავთ სხვადასხვა სახის ხახუნს. მოგვყავს სათანადო მაგალითები. შემდეგ კი ვსვამთ ახალ პრობლემას: “როგორ გავზომოთ ხახუნის ძალა?” მაგალითის მეშვეობით ვზომავთ სრიალის ხახუნის ძალას და ვაძლევთ საკონტროლო კითხვას: “როგორი იქნება ხახუნის ძალა თუ ძელაკზე დავდებთ ტვირთს?”

შემდეგ ვაჩვენებთ როგორ იზომება ხახუნის ძალა და აქვე კითხვა: “ტოლი დატვირთვისას ერთნაირია თუ არა სრიალის ხახუნის ძალა და გორვის ხახუნის ძალა?”

პარაგრაფის ბოლოს ცოდნის შეთვისებისა და განმტკიცების მეთოდური აპარატი ტრადიციულად სამი ნაწილისაგან შედგება.

## ბ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

მთიდან დაშვებული ციგა ინერციით მისრიალებს ჰორიზონტალურ გზაზე. ციგას მოძრაობა არ არის თანაბარი. მისი სიჩქარე თანდათან მცირდება და რალაც დროის შემდეგ ის ჩერდება. ბიჭი მისრიალებს ყინულზე. ბოლოს იგი მაინც გაჩერდება. ორივე შემთხვევაში სიჩქარე იცვლება — მცირდება. ვიცით, რომ სიჩქარის შეცვლის მიზეზი არის ძალა.

### • როგორ არის მიმართული ეს ძალა?

ჩვენს მიერ განხილულ მაგალითებში სხეულებზე ხახუნის ძალა მოქმედებს.

ხახუნის ძალა წარმოიქმნება ერთი სხეულის ზედაპირზე მეორის მოძრაობისას და მიმართულია მოძრაობის მიმართულების საპირისპიროდ.

ხახუნის ძალა არის ძალის კიდევ ერთი სახე. ის განსხვავდება სიმძიმის ძალისა და დრეკადობის ძალისაგან.

რა წარმოქმნის ხახუნის ძალას?

სხეულთა გარეგნულად გლუვი ზედაპირებიც კი უსწორმასწოროა. ისინი დაფარულია ხორკლებითა და ნაფხაჭნებით. თუ ერთი სხეული სრიალებს ან გორავს მეორის ზედაპირზე, ეს უსწორმასწორობანი წამოედება ერთმანეთს. სწორედ ეს წარმოქმნის მოძრაობის შემფერხებელ ძალას.

ამრიგად, ხახუნის ძალის წარმოქმნის ერთ-ერთი მიზეზი შემხები ზედაპირების სიმქისეა.

ვთქვათ, სხეულის ზედაპირები კარგადაა გაპრიალებული. ხახუნის ძალა მაინც მოქმედებდეს იქნება. რატომ? ზედაპირების შეხებისას მათი მოლეკულების ნაწილი ახლოს განლაგდება ერთიმეორესთან. საგრძნობლად იჩენს თავს მიზიდულობა შემხები სხეულების მოლეკულათა შორის.

ხახუნის გამომწვევი მეორე მიზეზი შემხები ზედაპირების მოლეკულათა ურთიერთმიზიდულობაა.

ხახუნის ძალა შეიძლება შევამციროთ, თუ მოხახუნე ზედაპირებს შორის საპოხს შევიტანთ. საპოხის ფენა აცალკევებს მოხახუნე სხეულთა ზედაპირებს და ხელს უშლის მათ შეხებას. ერთიმეორეზე სრიალებენ საპოხის ფენები. უმეტეს შემთხვევაში საპოხი თხევადია.

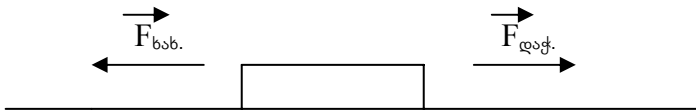
**• რით აიხსნება სუსტი ხახუნი ყინულზე ციგურებით სრიალისას?**

ხახუნი არის სხვადასხვა სახის.

ერთი სხეულის ზედაპირზე მეორის სრიალისას წარმოიქმნება სრიალის ხახუნი. მაგალითად, თხილამურების თოვლზე მოძრაობისას.

თუ სხეული მიგორავს მეორეზე, წარმოიქმნება გორვის ხახუნი. მაგალითად, ის გამოვლინდება ავტომობილის თვლების გორვისას, მრგვალი მორების მიწაზე გადაგორებისას.

როგორ გავზომოთ ხახუნის ძალა? მაგიდაზე დავდოთ ხის ძელაკი და მივამაგროთ მას დინამომეტრი. ძელაკი თანაბრად ვამოძრაოთ. მასზე ჰორიზონტალურად მოქმედებს ორი ძალა: დინამომეტრის ზამბარის დაჭიმულობის ძალა და სრიალის ხახუნის ძალა (თუ რით განსხვავდება სრიალის ხახუნის ძალა უძრაობის ხახუნისაგან, ვისწავლით შემდეგ). პირველი მიმართულია მოძრაობის მხარეს, ხოლო მეორე მის საპირისპიროდ.



ძელაკი თანაბრად მოძრაობს, ამიტომ ამ ორი ძალის ტოლქმედი ნულის ტოლია. ეს ძალები მოდულით ტოლია და მიმართულია ურთიერთსაწინააღმდეგოდ. დინამომეტ-

რი გვიჩვენებს დრეკადობის ძალის მნიშვნელობას. ის მოდულით ხახუნის ძალის ტოლია.

- **როგორი იქნება ხახუნის ძალა, თუ ძელაკზე დავდებთ ტვირთს?**

ახლა ძელაკი დავდოთ ორ მრგვალ ჩხირზე და გავზომოთ ხახუნის ძალა. ჩვენ უკვე ვზომავთ გორვის ხახუნის ძალას.

- **ტოლი დატვირთვისას ერთნაირია თუ არა სრიალის ხახუნის ძალა და გორვის ხახუნის ძალა?**

## **მეთოდური აპარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. . . . ძალა წარმოიქმნება ერთი სხეულის ზედაპირზე მეორის . . . და მიმართულია მოძრაობის მიმართულების . . . (საპირისპიროდ, მოქმედებისას, მხარეს, სიმძიმის, მოძრაობისას, ხახუნის).

### ***II. შეავსე წინადადება***

1. ხახუნის ძალის წარმოქმნის ერთ-ერთი მიზეზი . . . ზედაპირების სიმქისეა.
2. ხახუნის გამომწვევი მეორე მიზეზი . . . ზედაპირების მოლექულათა . . . .

### ***III. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. ერთი სხეულის ზედაპირზე მეორის სრიალისას ხახუნის ძალა არ წარმოიქმნება.
2. საპოხის ფენა ზრდის ხახუნის ძალას.

#### ***IV. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. რატომ ჩერდება ჩქარა ცუდად გაბერილი ბურთი?
2. რატომ აკეთებენ გამწვევი სატვირთო მანქანის ბორბლებს დიდს?
3. რატომაა ძნელი გრუნტის გზაზე მოძრაობა?
4. F ძალის მოქმედებით სხეული მოძრაობს თანაბრად. რას უდრის ამ ძალის სიდიდე, თუ ხახუნის ძალაა 25 ნ?

#### ***V. ისწავლე გაკვეთილი***

1. რომელი მაგალითები გვიჩვენებს ხახუნის ძალის არსებობას?
2. რას ეწოდება ხახუნის ძალა?
3. რა არის ხახუნის მიზეზი?
4. რა გავლენას ახდენს საპოხი ხახუნის ძალაზე?
5. ხახუნის რომელი სახეები იცი?
6. როგორ გავზომოთ ხახუნის ძალა?

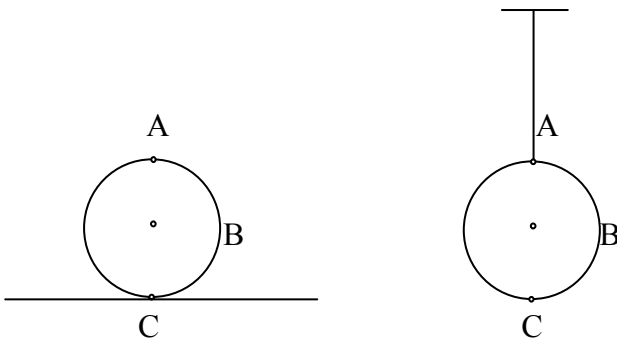


## § 20. გაიმეორე გავლილი მასალა

იმისათვის, რომ შესწავლილი მოსწავლემ განამტკიცოს, ვაძლევთ საკონტროლო კითხვებს, სავარჯიშოებს, ტესტებს. მათი მეშვეობით მოსწავლეს ვეხმარებით შესწავლილი მასალის გამეორებაში.

### ს ა ვ ა რ ჯ ი შ ო ე ზ ი

1. ადამიანი გადახტა ნავიდან. რა შემთხვევაში იქნება მათ მიერ შექმნილი სიჩქარეები ერთნაირი?
2. გამოსახეთ კილოგრამობით შემდეგი მასები: 4,5 ტ; 0,75 ტ; 4500 გ; 120 გ; 25 გ.
3. ოსმიუმის სიმკვრივეა  $22\ 600\text{ კგ/მ}^3$ . რას გამოხატავს ეს რიცხვი?
4. ბალზა ყველაზე მსუბუქი ხეა. ამ ხის  $100\text{ სმ}^3$  მერქნის მასა 12 გ-ია. გამოიანგარიშეთ ბალზის მერქნის სიმკვრივე  $\text{გ/სმ}^3$  —ობით და  $\text{კგ/მ}^3$ —ობით.
5. გამოთვალეთ სხეულის მასა, თუ მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალა 196 ნ-ია.
6. ბირთვის რომელ ნერტილზეა მოდებული სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა?



- 7.2 ნ ძალის მოქმედებით ზამბარა 4 სმ-ით წაგრძელდა. რა ძალით უნდა ვიმოქმედოთ იმავე ზამბარაზე, რომ იგი 8 სმ-ით წაგრძელდეს?

8. როგორ უნდა იყოს მიმართული 2 ნ და 6 ნ ძალები, რომ მათი ტოლქმედი იყოს 4 ნ?
9. 70 კგ მასის ადამიანს მხრებზე ადევს 20 კგ მასის ყუთი. რა ძალით აწვება ადამიანი მიწას?
10. ადამიანი თანაბრად ეშვება პარაშუტით. პარაშუტისტი სიმძიმის ძალა პარაშუტიანად 700 ნ-ის ტოლია. რას უდრის ჰაერის წინააღობის ძალა?

### **ტ ე ს ტ ი**

1. თუ სხეულზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, მაშინ იგი
  - ა) უძრავია;
  - ბ) მოძრაობს წრფივად და თანაბრად;
  - გ) მოძრაობს წრფივად და თანაბრად ან უძრავია.
2. ძალას, რომლითაც დედამიწა იზიდავს სხეულს, ეწოდება
  - ა) წონა;
  - ბ) სიმძიმის ძალა;
  - გ) დრეკადობის ძალა.
3. დრეკადობის ძალა წარმოიქმნება
  - ა) სხეულთა განზიდვისას;
  - ბ) სხეულის დეფორმაციისას;
  - გ) სხეულთა მიზიდვისას.
4. დეფორმაცია ეწოდება
  - ა) სხეულის ფორმის ან ზომის ცვლილებას;
  - ბ) სხეულის ფორმის ცვლილებას;
  - გ) სხეულის მოცულობის ცვლილებას.
5. სხვადასხვა მასის ორი ბურთულა მოძრაობს ერთიერთმემხვედრი მიმართულებით ერთნაირი სიჩქარით. შეჯახების შემდეგ რომელი ბურთულა შეიძენს მეტ სიჩქარეს?

- ა) მცირე მასის ბურთულა;
- ბ) დიდი მასის ბურთულა;
- გ) ბურთულების სიჩქარეები ერთნაირი იქნება.

### **კითხვები გაგეორებისათვის**

1. როდის შეიძლება შეიცვალოს სხეულის სიჩქარე?
2. რას ეწოდება ინერცია?
3. რა არის ინერტულობა?
4. რა არის მასა?
5. რა არის მიღებული მასის ერთეულად?
6. როგორ შევადაროთ სხეულთა მასები?
7. როგორ გამოვთვალოთ სხეულის სიმკვრივე?
8. როგორ შეიძლება ვიპოვოთ ნივთიერების მოცულობა სიმკვრივისა და მასის საშუალებით?
9. რას ნიშნავს სხეულზე მოქმედებს ძალა?
10. რა არის ძალა?
11. რა არის ძალის ერთეული?
12. რას ნიშნავს ძალა ვექტორული სიდიდეა?
13. რა არის დეფორმაცია?
14. რას ეწოდება დრეკადობის ძალა?
15. ჩამოაყალიბეთ ჰუკის კანონი.
16. როგორ გავზომოთ ძალა?
17. რას ეწოდება მსოფლიო მიზიდულობის ძალა?
18. რა არის სიმძიმის ძალა?
19. როგორ არის დამოკიდებული სიმძიმის ძალა სხეულის მასაზე?
20. რა ძალას ეწოდება ხახუნის ძალა?
21. რა არის ხახუნის მიზეზი?
22. როგორ გავზომოთ ხახუნის ძალა?

## § 21. შინაგანი ენერგია

### მეთოდური მითითება

პარაგრაფს ვიწყებთ პოტენციური და კინეტიკური ენერგიების ცნებების შეხსენებით სათანადო მაგალითების საფუძველზე. ვახსენებთ აგრეთვე სრული მექანიკური ენერგიის რაობას, იმას რომ პოტენციური ენერგია შეიძლება გადავიდეს კინეტიკურში და პირიქით. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ჩავრთოთ კითხვა, მაგალითად, ასეთი სახის: “ბურთი მიფრინავს ჰაერში. რა სახის ენერგია აქვს ბურთს?” შემდეგ გადავდივართ იმის განხილვაზე, რომ ნებისმიერი ნივთიერება შედგება ნაწილაკებისაგან. ეს ნაწილაკები მუდმივად მოძრაობენ. დავსვათ საკითხი: რა ენერგია გააჩნიათ ნაწილაკებს? მოგვყავს მაგალითი, რომლის განხილვას ეტაპობრივად და ლოგიკურად ვაკეთებთ. შემოგვაქვს შინაგანი ენერგიის ცნება. გააზრებისათვის ვაძლევთ კითხვას: “რა კავშირია სხეულის ცალკეული ნაწილაკების მექანიკურ ენერგიასა და შინაგან ენერგიას შორის?” ამის შემდეგ ვარკვევთ, რომ შინაგანი ენერგიის ერთეულიც ჯოულია.

დავსვათ ახალი პრობლემა: შეასრულებს თუ არა სხეული მუშაობას შინაგანი ენერგიის ხარჯზე? მაგალითის განხილვით ადვილად ვაჩვენებთ, რომ მუშაობა სრულდება.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

დედამიწიდან რალაც სიმაღლეზე აწეულ ბურთს აქვს პოტენციური ენერგია. ჩვენ ვიცით, რომ პოტენციური ენერგია ენოდება სხეულთა ურთიერთქმედების ენერგიას.

მინაზე გაგორებულ ბურთს კი ექნება კინეტიკური ენერგია. მოძრავი სხეულების ენერგიას ენოდება კინეტიკური ენერგია.

სრული მექანიკური ენერგია წარმოადგენს პოტენციური და კინეტიკური ენერგიების ჯამს. თანაც, ენერგიის

მუდმივობის კანონის თანახმად, პოტენციური ენერგია შეიძლება გარდაიქმნას კინეტიკურად და პირიქით.

**• ბურთი მიფრინავს ჰაერში. რა სახის ენერგია აქვს ბურთს?**

ვიცით, რომ ნივთიერება შედგება ნაწილაკებისაგან. ეს ნაწილაკები მუდმივად მოძრაობენ და ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან. მოძრავ სხეულებს აქვთ კინეტიკური, ხოლო ურთიერთქმედ სხეულებს — პოტენციური ენერგია. საინტერესოა, რა ენერგია გააჩნიათ ნაწილაკებს?

განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. აწვიოთ ზევით ბურთი. ამით მას მივანიჭეთ პოტენციური ენერგია. ბურთს გაუშვათ ხელი. ის დაიწყებს ვარდნას და პოტენციური ენერგია შემცირდება. ბურთის ქვემოთ დაშვებისას იზრდება მისი სიჩქარე. გაიზრდება ბურთის კინეტიკური ენერგიაც. ბურთის პოტენციური ენერგია გადადის კინეტიკურში. ბურთი დაეცა მიწაზე და გაგორდა. გაგორებისას მას აქვს კინეტიკური ენერგია. ბოლოს ბურთი გაჩერდა. რა ენერგია აქვს ბურთს? გაჩერებისას მისი პოტენციური და კინეტიკური ენერგიები ნულის ტოლია. გამოდის, რომ ბურთს ენერგია არა აქვს, მისი ენერგია უკვალოდ გაქრა. მაგრამ ჩვენ ხომ ვიცით, რომ ენერგია არ იკარგება. მაშ, რა მოხდა?

მოდით ავხსნათ. მიწაზე ბურთის დაცემისას მოხდა მისი დეფორმაცია. ბურთი გათბა. ჩვენ ხომ ვიცით, რომ სხეულის გათბობისას მოლეკულების საშუალო სიჩქარე იზრდება. თუ სიჩქარე გაიზარდა, გაიზრდება მათი კინეტიკური ენერგიაც. მაშასადამე, ბურთის ნაწილაკებს ჰქონიათ კინეტიკური ენერგია. მაგრამ ეს ნაწილაკები მოძრაობისას ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ. ე.ი. მათ პოტენციური ენერგიაც აქვთ. გამოდის, რომ გაჩერების მომენტში ბურთს აქვს ნაწილაკების კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები. ერთად ისინი შინაგან ენერგიას წარმოადგენენ.

რა არის სხეულის შინაგანი ენერგია?

სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და ურთიერთქმედების ენერგიას, სხეულის შინაგანი ენერგია ეწოდება.

• **რა კავშირია სხეულის ცალკეული ნაწილაკების მექანიკურ ენერგიასა და შინაგან ენერგიას შორის?**

ამრიგად, ბურთის მექანიკური ენერგია არ გამქრალა. ის შინაგან ენერგიად გარდაიქმნა.

ამ მაგალითებიდან ჩანს, რომ ენერგია არ იკარგება. ის ერთი სახიდან გადადის მეორეში და პირიქით. ისე, რომ სრული ენერგია მუდმივი რჩება.

შინაგანი ენერგიის ერთეული ისევე, როგორც მექანიკურისა, არის ჯოული.

სხეულის შინაგანი ენერგია დამოკიდებული არ არის არც სხეულის მექანიკურ მოძრაობაზე და არც ამ სხეულის მდებარეობაზე სხვა სხეულების მიმართ.

• **მოიყვანეთ დამამტკიცებელი მაგალითები.**

ვიცით, თუ სხეულს აქვს მექანიკური ენერგია, მას შეუძლია შეასრულოს მუშაობა. შეუძლია თუ არა სხეულს შეასრულოს მუშაობა შინაგანი ენერგიის ხარჯზე?

მოვიყვანოთ ასეთი მაგალითი. დგუშიან ცილინდრში ჩავასხათ წყალი და გავაცხელოთ. ცხელი წყლის შინაგანი ენერგია იზრდება. წყალი ადუღდება და წარმოიქმნება ორთქლი. ორთქლი ზემოქმედებს დგუშზე და გადაადგილებს მას ზევით. ე.ი. ორთქლმა შეასრულა მუშაობა შინაგანი ენერგიის ხარჯზე.

• **რა სახის ენერგიად გარდაიქმნება აირის შინაგანი ენერგია?**

## **მეთოდოლოგიური აპარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების . . . და . . . ენერგიას სხეულის შინაგანი ენერგია ეწოდება (მოძრაობის, უძრაობის, ურთიერთქმედების).
2. სხეულის შინაგანი ენერგია დამოკიდებული არ არის არც სხეულის . . . მოძრაობაზე და არც სხეულის . . . სხვა სხეულების მიმართ (მექანიკურ, არამექანიკურ, მდებარეობაზე, სითბურ).

### ***II. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. სხეულთა გახურებისას მათი შინაგანი ენერგია მცირდება, ხოლო გაცივებისას — იზრდება.
2. სხეულის შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია მის მექანიკურ მოძრაობაზე.
3. სხეული მუშაობას შინაგანი ენერგიის ხარჯზე ვერ ასრულებს.

### ***III. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. ცხელი წყლიანი ჭიქა შევდგათ მაცივარში. რა მოუვა წყლის შინაგან ენერგიას?
2. ბურთი დედამიწაზე დავარდნის შემდეგ ახტა. რა სახის ენერგიათა გარდაქმნა მოხდა?
3. თბილ ოთახში გარედან შეიტანეს თავდაცობილი ცარიელი ბოთლი. რამდენიმე ხნის შემდეგ ბოთლიდან საცობი ამოვარდა. რატომ?
4. ლურსმანზე ჩაქუჩის რამდენჯერმე დარტყმისას ლურსმანი ცხელდება. რომელი ენერგიის ხარჯზე?

#### ***IV. ისწავლე გაკვეთილი***

1. გაიხსენეთ, რას ეწოდება სხეულის პოტენციური და კინეტიკური ენერგია.
2. რას ეწოდება სრული მექანიკური ენერგია?
3. როგორ ხდება ენერგიის გადასვლა ერთი სახიდან მეორეში?
4. რას ეწოდება შინაგანი ენერგია?
5. რა არის შინაგანი ენერგიის ერთეული?
6. დაასაბუთეთ, რომ შინაგანი ენერგიის ხარჯზე შეიძლება შესრულდეს მექანიკური მუშაობა.



## § 22. შინაგანი ენერჯის შეცვლის ხერხები

### მეთოდური მითითება

პარაგრაფს ვიწყებთ იმის შესხენებით, რომ ტემპერატურის ცვლილება იწვევს შინაგანი ენერჯის შეცვლას. შემდეგ მოგვყავს მაგალითები და ვაკეთებთ დასკვნას, რომ შინაგანი ენერჯია იცვლება მექანიკური მუშაობის შესრულების ხარჯზე. ყურადღებას ვამახვილებთ შემთხვევაზე, როდესაც სხეულზე სრულდება მუშაობა, მისი შინაგანი ენერჯია იზრდება. თუ სხეული ასრულებს მუშაობას, სხეულის შინაგანი ენერჯია მცირდება. მოსწავლემ წაკითხული პროდუქციულ დონეზე რომ გაიაზროს, მიზანშეწონილია, ჩავთოთ შემდეგი სახის კითხვა: “ახსენით რის ხარჯზე იზრდება მავთულის შინაგანი ენერჯია ლუნვისას?”

შემდეგ ვაყენებთ ახალ პრობლემას: შეიძლება თუ არა შინაგანი ენერჯია სხვა ხერხით შეიცვალოს? მოგვყავს მაგალითი, რომელსაც ვხსნით დანვრილებით. შემოგვაქვს ცნება “თბოგადაცემა.” ვაკეთებთ აზრობრივ პაუზას შემდეგი სახის კითხვით: “რა პროცესი მიმდინარეობს წყალში ჩაგდებული ყინულის გადნობისას?”

ვამღებთ თბოგადაცემის განსაზღვრებას. მივდივართ დასკვნამდე, რომ სხეულის შინაგანი ენერჯის შეცვლა ორი გზით, ხერხით ხდება: მექანიკური მუშაობის შესრულებით და თბოგადაცემით.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

ჩვენ ვნახეთ, რომ სხეულის ტემპერატურის ცვლილებისას იცვლება მისი შინაგანი ენერჯია. ტემპერატურის გაზრდა იწვევს შინაგანი ენერჯის გაზრდას, ხოლო ტემპერატურის შემცირება — შინაგანი ენერჯის შემცირებას. შინაგანი ენერჯის შეცვლა შეიძლება სხვანაირადაც.

დავუშვათ, რომ ვგუნდაობდით და გაგვეყინა ხელები. როგორ უნდა გავითბოთ? ჩვენ დავიზელთ ხელებს ან და-

ვუბერავთ თბილ ჰაერს პირიდან. ორივე შემთხვევაში იცვლება შინაგანი ენერგია. პირველ შემთხვევაში სრულდება მექანიკური მუშაობა. ამ მუშაობის ხარჯზე თბება ხელები და იცვლება შინაგანი ენერგია. მეორე შემთხვევაში თბილი ჰაერის მიბერვით სითბოს გადავცემთ ხელებს. ხელები და შინაგანი ენერგია იცვლება. ამრიგად, შინაგანი ენერგიის შეცვლა შეიძლება მუშაობის შესრულებით და სითბოს გადაცემით, რასაც თბოგადაცემას უწოდებენ.

განვიხილოთ მაგალითი. ავილოთ ბოთლი, რომელსაც გვერდზე ექნება ხვრელი. ბოთლს მჭიდროდ დავახურით საცობი. ხვრელი მივაერთოთ დგუშიან კომპრესორს. ის ჭირხნის ჰაერს ბოთლში. რამდენიმე ხნის შემდეგ საცობი ბოთლიდან ამოვარდება. რა მოხდება? დაჭირხნისას ბოთლში ჰაერი თბება. იზრდება ჰაერის შინაგანი ენერგია. ამ ენერგიის ხარჯზე სრულდება მუშაობა საცობის ამოსაგდებად. საცობმა კინეტიკური ენერგია შეიძინა შინაგანი ენერგიის შემცირების ხარჯზე.

**• ახსენით რის ხარჯზე იზრდება მავთულის შინაგანი ენერგია ლუნვისას?**

შეიძლება თუ არა შევცვალოთ შინაგანი ენერგია სხვა ხერხით? აღმოჩნდა, რომ შეიძლება. განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. მდულარე წყლიან ჭურჭელში ჩავასხათ ცივი წყალი. ნარევი წყალი გაგრილდება. მდულარე წყლის მოლეკულების სიჩქარე და კინეტიკური ენერგია მეტია, ვიდრე ცივი წყლის მოლეკულების სიჩქარე და კინეტიკური ენერგია. წყლის შერევისას ცხელი წყლის მოლეკულები კინეტიკური ენერგიის ნაწილს ცივი წყლის მოლეკულებს გადასცემს. ცხელი წყლის მოლეკულების სიჩქარე და ენერგია მცირდება, ხოლო ცივი წყლის მოლეკულებისა — იზრდება. მდულარე წყლის ტემპერატურა მცირდება, ცივი წყლის ტემპერატურა იზრდება. თანდათან მათი ტემპერატურები თანაბრდება. ცხელი წყლის შინაგანი ენერგია შემცირდა, ხოლო ცივი წყლის — გაიზარდა. მექანიკური მუშაობა არ შესრულებულა, მაგრამ შინაგანი ენერგია შეიცვალა. როგორ? ცხელი და ცივი წყლების შე-

რევისას მოხდა თბოგადაცემა. ცხელმა წყალმა შინაგანი ენერგია გადასცა ცივ წყალს.

- **რა პროცესი მიმდინარეობს წყალში ჩაგდებული ყინულის გადნობისას?**

შინაგანი ენერგიის შეცვლის პროცესს სხეულზე ან თვით სხეულის მიერ მუშაობის შესრულების გარეშე, თბოგადაცემა ეწოდება.

- **მოიყვანეთ მაგალითები თბოგადაცემით შინაგანი ენერგიის ცვლილებისა.**

ამრიგად, სხეულის შინაგანი ენერგია შეიძლება შეიცვალოს ორი ხერხით: მექანიკური მუშაობის შესრულებით და თბოგადაცემით.

## **მეთოდის აპარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. შინაგანი ენერგიის შეცვლა შეიძლება . . . შესრულებით ან . . . გადაცემით (მუშაობით, მექანიკური მუშაობით, სითბოს).

### ***II. შეავსე წინადადება***

1. შინაგანი ენერგიის . . . პროცესს . . . შესრულების გარეშე, თბოგადაცემა ეწოდება.

### ***III. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. შინაგანი ენერგიის შეცვლის პროცესს სხეულის მიერ მუშაობის შესრულების დროს, თბოგადაცემა ეწოდება.
2. მექანიკური მუშაობის დროს შინაგანი ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურად.

#### ***IV. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. წისქვილში ახლადდაფქული ფქვილი ცხელია. რატომ?
2. ქლიბით დეტალის დამუშავებისას ორივე ხურდება. ახსენით.
3. რძიანი ტოლჩა გასაცივებლად დადეს ყინულზე. რძის სწრაფად გასაცივებლად რატომ უნდა მას მორევა?
4. მზეზე დადგმული ორი ერთნაირი ქურჭლიდან რომელში უფრო სწრაფად გათბება წყალი, თავლიასა თუ მინით დახურულში?

#### ***V. ისწავლე გაკვეთილი***

1. რა მოსდის შინაგან ენერგიას მუშაობის შესრულებისას?
2. რას იწვევს თბოგადაცემის პროცესი?
3. შინაგანი ენერგიის ცვლილების რამდენი ხერხი (გზა) არსებობს?

## § 23. თბოგამტარობა

### მეთოდური მითითება

პარაგრაფს ვინყებთ იმის შესხენებით, რომ სითბოს გადაცემა ხდება ცხელი სხეულიდან ცივზე. მოგვყავს სათანადო მაგალითი. რის შემდეგაც მოსწავლე ადვილად გაიგებს თბოგამტარობის განსაზღვრებას. ხაზი გავუსვამთ იმას, რომ თბოგამტარობისას ნივთიერება არ გადაადგილდება სხეულის ერთი ბოლოდან მეორისაკენ, არამედ ენერჯის გადაცემა ხდება. ვუბრუნდებით ისევ პარაგრაფის დასაწყისში განხილულ მაგალითს. შედარების მიზნით მოგვყავს ახალი მაგალითი და ვაკეთებთ დასკვნას, რომ სხვადასხვა ნივთიერებას სხვადასხვა თბოგამტარობა აქვს. ტექსტში ვრთავთ კითხვას: “რატომ იცავს ბენვი ცხოველებს სიცვიისაგან?”

თბოგამტარობის ბუნებაში გარკვევისათვის სასარგებლოა შემდეგი სახის კითხვა: “როგორი თბოგამტარობა აქვს ვაკუუმს?”

სათანადოდ ვარჩევთ თბოგამტარობის პრაქტიკული გამოყენების საკითხებსაც.

განვიხილოთ თემა გაკვეთილის სახით.

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

ჩვენ ვიცით, თუ როგორ ხდება სითბური ენერჯის გადაცემა ცხელი სხეულიდან ცივზე.

განვიხილოთ მაგალითი. გავახუროთ რკინის ღეროს ერთი ბოლო. ვნახავთ, რომ ცოტა ხანში გაგვიჭირდება მისი მეორე ბოლოს ხელში დაჭერა. ღერო მთლიანად გაცხელდა. რკინის ღეროს ცვილით მივამაგროთ პატარ-პატარა ლურსმნები. ერთი ბოლო გავაცხელოთ. ცვილი გადნება და ლურსმნები თანდათან ჩამოცვივა. პირველად ჩამოვარდება ლურსმანი, რომელიც ახლოსაა ცეცხლთან. რიგრიგობით მას დანარჩენებიც მიჰყვებიან. ამ მაგალითიდან

ჩანს, რომ ენერჯია გადაეცემა ღეროს მეტად გამთბარი ნაწილებიდან ნაკლებად გამთბარს. ამ პროცესს კი თბოგამტარობა ეწოდება.

როგორ ხდება თბოგამტარობა? ღეროს ერთი ბოლოს გაცხელებისას იზრდება ნაწილაკების სითბური მოძრაობა. ურთიერთქმედების გამო იგი გადაეცემა მეზობელ ნაწილაკებს და ა.შ. ამრიგად, თბოგამტარობისას ხდება სითბური ენერჯიის გადაცემა. მაგრამ თვით ნივთიერება არ გადაადგილდება.

ვნახეთ, რომ რკინის ღეროს გახურებით მისი ხელში დაჭერა გვიჭირს. ანთებული ხის ღერო შეიძლება გვეჭიროს ხელში, ვიდრე ხელს ალი არ შეეხება. ღრინა მეტად ატარებს სითბოს, ვიდრე ხე. ამრიგად, სხვადასხვა ნივთიერებას სხვადასხვა თბოგამტარობა აქვს.

**• რატომ იცავს ბენჯი ცხოველებს სიცვიისაგან?**

თბოგამტარობა სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მეშვეობით ხორციელდება. გაიშვიათებულ გარემოში თბოგამტარობა გაძნელებულია.

**• როგორი თბოგამტარობა აქვს ვაკუუმს?**

მცირე თბოგამტარობის ნივთიერებებს იყენებენ სხეულის დასაცავად გაცივებისაგან ან გათბობისაგან.

## **მეთოდური აპარატი**

### ***I. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. თბოგამტარობისას ხდება ნივთიერების გადაადგილება სხეულის ერთი ბოლოდან მეორეში.
2. ყველა ნივთიერებას ერთნაირი თბოგამტარობა აქვს.
3. მცირე ნაწილაკების მქონე ნივთიერებაში თბოგამტარობა მეტია.

## ***II. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. ფხვიერი ღრმა თოვლი მოყინვისაგან იცავს შემოდგომის პურეულს. ახსენით რატომ?
2. თოვლსა და ბამბას ერთნაირი ტემპერატურა აქვს. რატომ გვეჩვენება ხელის შეხებისას თოვლი უფრო ცივი?
3. რატომაა, რომ ბამბის პალტო და ბენვის ქუდი იცავს ადამიანის სხეულს როგორც ყინვისაგან, ასევე ძლიერი სიცხისაგან?

## ***III. ისწავლე გაკვეთილი***

1. როგორ ხდება ენერჯის გადაცემა ცხელი სხეულიდან ცივზე?
2. რას ეწოდება თბოგამტარობა?
3. ხდება თუ არა ნივთიერების გადატანა თბოგამტარობისას?
4. ერთი და იგივეა თუ არა სხვადასხვა ნივთიერების თბოგამტარობა?

## § 24. კონვექცია

### მეთოდური მითითება

პარაგრაფს ვიწყებთ კითხვით, რომელიც პრაქტიკაში ხშირად გვხვდება. ის მოსწავლეში გარკვეულ ინტერესს გამოიწვევს და იგი აქტიურად კითხულობს წიგნში ახსნილ პასუხს, ადარებს მას თავისას. ამიტომ სასწავლო ტექსტის ასე დანყება ეფექტურია. კითხვაზე პასუხის გასაცემად მოგვყავს მაგალითები, რომლებსაც დაწვრილებით ვხსნი. შემდეგ ტექსტში ვრთავთ შემაჯამებელ კითხვას. ის შეიძლება იყოს შემდეგი სახის: “ცივ შენობაში პირველად ფეხები გვიცივდება. რატომ?”

შემდეგ ახალ საკითხს წამოვწევთ ისევ კითხვის სახით, რომელსაც აგრეთვე მაგალითის განხილვით ვცემთ პასუხს. ვსვამთ კითხვას: “რა მოუვა წყალს, თუ მადულარას წყლის ზედაპირზე მოვათავსებთ?”

ვთვლით, რომ მოსწავლე მზად არის გაიაზროს და ჩასწვდეს კონვექციის არსს. ამიტომ შემოგვაქვს ეს ცნება და განსაზღვრება.

ბოლოს ისევ წაკითხულის უკეთ გააზრებისათვის კარგია შემდეგი სახის კითხვის დასმა: “შესაძლებელია თუ არა კონვექცია მყარ სხეულებში?”

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

რატომ ათბობენ სითხესა და აირს ქვემოდან?

ამ კითხვას პასუხი რომ გავცეთ, განვიხილოთ შემდეგი მაგალითები.

ოთახი გავათბოთ ელექტროქურით. ერთ შემთხვევაში ელექტროქურა დავდგათ იატაკზე, ხოლო მეორეში — მივამაგროთ მაღლა კედელზე. როდის გათბება ოთახი უფრო კარგად და მალე? რასაკვირველია, პირველ შემთხვევაში. ახლა მოდით ავხსნათ რატომ? ჰაერი, რომელიც ეხება ელექტროქურას, ხურდება და ფართოვდება. გაფართოებული ჰაერის სიმკვრივე ნაკლებია ცივი ჰაერის სიმ-



კვრივეზე. ამიტომ გამთბარი ჰაერის ფენა ზევით ავა. ცივი ჰაერის ფენა კი ქვევით დაინეწს, გათბება და ზევით გადაადგილდება. შემდეგ თბება და ზევით იწყებს მოძრაობას ცივი ჰაერის მომდევნო ფენა და ა.შ.

ახლა ვნახოთ, რა ხდება იმ შემთხვევაში, როცა ელექტროქურა ზევით არის მოთავსებული. აქაც ჰაერი, რომელიც ეხება ელექტროქურას თბება, ფართოვდება და ადის ზევით. შემდეგ თბება და ზევით ავა მომდევნო ფენა და ა.შ. ელექტროქურას ქვევით მყოფი ჰაერი ცივია, მისი სიმკვრივე მეტია თბილი ჰაერის სიმკვრივეზე. ამიტომ ცივი ჰაერის ფენები ზევით ვერ ადის და ოთახში სითბოს ვერ ვგრძნობთ.

• **ცივ შენობაში პირველად ფეხები გვიცივდება. რატომ?**

რა ხდება წყლის გათბობისას? წყლიანი ჭურჭელი დავდგათ ცეცხლზე. ჭურჭლის ფსკერთან მყოფი წყლის გამთბარი ფენა გამოიდევენება ცივი წყლით. წყლის თბილი ფენის სიმკვრივე ნაკლებია ცივი წყლის სიმკვრივეზე. ამიტომ წყლის გამთბარი ფენა გამოიდევენება ცივი წყლით და მიემართება ზევით. მის ადგილს იკავებს წყლის ცივი ფენა. ისიც გათბება და მიემართება ზევით და ა.შ. ასეთი მოძრაობით წყალი თანაბრად თბება.

• **რა მოუვა წყალს, თუ მადულარას წყლის ზედაპირზე მოვათავსებთ?**

მოყვანილ მაგალითებში ენერჯის გადატანა ერთი ადგილიდან მეორეზე ხდება ნივთიერების მეშვეობით. პირველ შემთხვევაში — ჰაერის, ხოლო მეორე შემთხვევაში — წყლის ფენების მეშვეობით.

**თბოგადაცემის პროცესს, რომელიც ხორციელდება ნივთიერების ფენების შერევით, კონვექცია ეწოდება.**

• **შესაძლებელია თუ არა კონვექცია მყარ სხეულებში?**

ამრიგად, ჩვენ განვიხილეთ თბოგადაცემის ახალი სახე — კონვექცია. კონვექცია დიდ როლს ასრულებს ბუნებას და ყოფაცხოვრებაში.

## **მეთოდოლოგიური აპარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. თბოგადაცემის პროცესს, რომელიც ხორციელდება ნივთიერების . . . კონვექცია ეწოდება (ფენები, შერევა, ურთიერთქმედება).

### ***II. გაარკვიე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. კონვექციის დროს ნივთიერების მიერ არ ხდება ენერჯის გადატანა.
2. კონვექცია შესაძლებელია როგორც მყარ, ასევე აირად და თხევად ნივთიერებებში.

### ***III. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. რატომ არის სარდაფი შენობის ყველაზე ცივი ადგილი?
2. ოთახის განიავებისათვის საჰაეროს აკეთებენ ფანჯრის ზედა ნაწილში. რატომ?
3. როგორ ცივდება ზამთარში ჰაერი ოთახში, როცა სარკმელი ღიაა. ახსენით.
4. რატომ აკეთებენ ქარხნის მილებს მაღალს?
5. გასაცვივებლად წყლიანი ქვაბი ყინულის ნაჭერზე დადგეს. სწორია თუ არა ასეთი გადაწყვეტილება?

### ***IV. ისწავლე გაკვეთილი***

1. როგორ ხდება აირისა და წყლის ფენების შერევა?
2. რას ეწოდება კონვექცია?
3. კონვექციისას თუ ხდება ნივთიერების გადატანა?

## § 25. გამოსხივება

### მეთოდური მითითება

პარაგრაფს ვიწყებთ იმის შესხენებით, რომ თბოგადაცემის ორი სახე უკვე ვიცით. შემდეგ მოგვყავს მაგალითი, რომლის ახსნას თბოგამტარობითა და კონვექციით ვერ ვახერხებთ. ვასკვნით, რომ არსებობს თბოგადაცემის კიდევ ერთი სახე. ეს არის გამოსხივება. მაგალითის ანალიზის შემდეგ ეს მოსწავლისათვის ადვილი გასაგები ხდება. აქვე სასურველია კითხვის დასმა. მაგალითად, ასეთის: “როგორ გადაცემა დედამიწას მზის ენერგია?”

შემდეგ მოგვყავს მაგალითი, საიდანაც ნათლად ჩანს ენერგიის გამოსხივების დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. ისევ მაგალითების განხილვით მოსწავლე მიგვყავს იმ დასკვნამდე, რომ გამოსხივების (შთანთქმის) ინტენსივობა, ტემპერატურის გარდა, დამოკიდებულია ზედაპირის ფერზე. ვაკეთებთ შემაჯამებელ დასკვნას შემდეგი კითხვით: “რატომ ღებავენ ჰაერბურთებსა და თვითმფრინავის ფრთებს ვერცხლისფრად?”

### გ ა კ ვ ე თ ი ლ ი

ჩვენ უკვე ვიცით თბოგადაცემის ორი სახე: თბოგამტარობა და კონვექცია. ახლა განვიხილოთ თბოგადაცემის კიდევ ერთი სახე.

მოვიყვანოთ ასეთი მაგალითი. ბუხრის წინ ჯდომისას ჩვენ ვთბებით. სითბოს ნაკადი მოემართება ჩვენსკენ. მაგრამ ისმის კითხვა როგორ ხდება თბოგადაცემა? ჰაერით, ცეცხლსა და ჩვენს შორის. მას კი მცირე თბოგამტარობა აქვს. მაშასადამე, ენერგია ჩვენს სხეულს თბოგამტარობით არ გადაეცემა. ხომ არ ხდება სითბოს გადაცემა კონვექციით? ვიცით, რომ კონვექციური ნაკადი ყოველთვის ზევითაა მიმართული. ჩვენ კი ბუხრის პირდაპირ ვზივართ. ე.ი. ადგილი არც კონვექციას აქვს.

საინტერესოა, რა გზით გადაეცემა სითბო ჩვენს სხეულს ბუხრიდან? ჩვენ ვთბებით ბუხრიდან წამოსული სითბური სხივებით. ენერგია ჩვენს სხეულს გადაეცემა თბოგადაცემის სახით, რომელსაც გამოსხივება ეწოდება.

• **როგორ გადაეცემა დედამიწას მზის ენერგია?**

ენერგიას ასხივებს როგორც გახურებული, ისე ოდნავ თბილი სხეულიც. ხელი მივიტანოთ ელექტროქურასთან, შემდეგ კი ნათურასთან. რომელ შემთხვევაში ვიგრძნობთ მეტ სითბოს? რასაკვირველია, ელექტროქურასთან. შეგვიძლია დავასკვნათ, რაც მეტია სხეულის ტემპერატურა, მით მეტ ენერგიას გამოასხივებს ის.

ახლა განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. ყუთში ჩავყაროთ ნაკვერჩხალი. ყუთის ერთი ნახნაგი იყოს შავი, მისი მოპირდაპირე კი — ღია ფერის. მივადლოთ ხელი ჯერ ერთ, მერე მეორე ნახნაგს. ვნახავთ, რომ შავი ზედაპირი გამოასხივებს უფრო ინტენსიურად. ღია ფერის ზედაპირი გამოასხივებს ნაკლებ სითბოს და ნელა ცივდება.

ამრიგად, სხეულის გამოსხივების ინტენსივობა ტემპერატურის გარდა დამოკიდებულია ზედაპირის ფერზე. მუქი ფერის ზედაპირი უფრო ინტენსიურად გამოასხივებს, ვიდრე ბაცი ფერის (ერთნაირი ტემპერატურის პირობებში).

ავილოთ ორი თბომიმღები. ვთქვათ, თითოეული თბომიმღების ერთი მხარე სარკისებრია, მეორე კი — შავი. ორივე თბომიმღები დავდგათ ელექტროქურის წინ ერთი შავი მხრით, ხოლო მეორე — სარკისებრი მხრით. რას ვნახავთ? შავი მხრით ელექტროქურისკენ მდგარი თბომიმღები გათბება უფრო მეტად. მაშასადამე, სხეულის მიერ სითბური სხივების შთანთქმაც დამოკიდებულია მისი ზედაპირის ფერზე. მუქი ზედაპირის სხეულები უფრო უკეთ შთანთქავენ სითბოს.

• **რატომ ღებავენ ჰაერბურთებსა და თვითმფრინავის ფრთებს ვერცხლისფრად?**

სითბური სხივები კარგად ვრცელდება ჰაერში. ისინი უჰაერო სივრცეშიც ვრცელდება.

## **მეთოდოლოგიური აპარატი**

### ***I. შეავსე წინადადება მითითებული სიტყვების გამოყენებით***

1. რაც მეტია სხეულის . . . მით მეტ . . . გამოასხივებს (ტემპერატურა, ენერგია, სიჩქარე).

### ***II. შეავსე წინადადება***

1. სხეულის გამოსხივების ინტენსივობა . . . გარდა დამოკიდებულია ზედაპირის . . .
2. სხეულის მიერ სითბური სხივების შთანთქმა დამოკიდებულია მისი ზედაპირის . . .

### ***III. გაარკვე, რომელი წინადადებაა მცდარი და გაასწორე შეცდომა***

1. ენერგიის გამოსხივება ტემპერატურის უკუპროპორციულია.
2. მუქზედაპირიანი სხეული უფრო ნელა ცივდება.
3. ნათელზედაპირიანი სხეული უკეთესად შთანთქავს ენერგიას და მეტად ხურდება, ვიდრე მუქზედაპირიანი.

### ***IV. კითხვები, სავარჯიშოები***

1. ზაფხულში შენობაში ჰაერი სხვადასხვა გზით თბება: კედლებიდან, გაღებული ფანჯრებიდან, მინიდან. რა სახისაა თბოგადაცემა თითოეულ შემთხვევაში?
2. რატომ არის პალტო და ქურქი მუქზედაპირიანი, ხოლო საზაფხულო ტანსაცმელი ნათელზედაპირიანი?
3. ადამიანი, რომელიც ღია ღუმლის წინ ზის, ღუმლის კარის დახურვისას შეიგრძნობს სიგრილეს. რატომ?

## **V. ისწავლე გაკვეთილი**

1. რას ეწოდება თბოგამტარობა?
2. რას ეწოდება კონვექცია?
3. რას ეწოდება სითბური გამოსხივება?
4. როგორ არის გამოსხივება დამოკიდებული ტემპერატურაზე?
5. რაზეა დამოკიდებული გამოსხივების ინტენსივობა ტემპერატურის გარდა?
6. სად ვრცელდება სითბური სხივები უკეთ?

## § 26. გაიმეორე გავლილი მასალა

როგორც წესი, ამ განყოფილებასაც ვაჯამებთ სა-  
კონტროლო კითხვებითა და ტესტით. ამას ვაკეთებთ შეს-  
წავლილი მასალის განმტკიცება-გამეორებისთვის.

### **კითხვები გაიმეორებისათვის**

1. ენერჯის რა გარდაქმნები ხდება ბურთულას ანე-  
ვისა და ვარდნის დროს?
2. რომელ ენერჯიას ენოდება სხეულის შინაგანი  
ენერჯია?
3. რა დამოკიდებულებაა სხეულის შინაგან ენერჯია-  
სა და ტემპერატურას შორის?
4. რა ხერხებით ხდება სხეულის შინაგანი ენერჯის  
ცვლილება?
5. რა არის თბოგადაცემა?
6. როგორ ხდება ენერჯიის გადაცემა ლითონის მავ-  
თულში?
7. რას ენოდება თბოგამტარობა?
8. რატომ გადაადგილდება ჰაერი გახურებული ნა-  
თურას ზემოთ?
9. როგორ თბება წყალი კოლბაში, რომელიც ცეც-  
ხლზე დგას?
10. როგორ ხდება ენერჯიის გადაცემა გამოსხივების  
დროს?
11. რომელი სხეული შთანთქავს გამოსხივების ენერ-  
ჯიას უკეთესად და რომელი უარესად?
12. რას ენოდება კონვექცია?

## ტესტი

1. სხეულის შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია
  - ა) სხეულის მექანიკურ მოძრაობაზე;
  - ბ) სხეულის მდებარეობაზე სხეულების მიმართ;
  - გ) არც ერთ მათგანზე.
2. სხეულის შინაგანი ენერგია შეიძლება შეიცვალოს
  - ა) მექანიკური მუშაობის შესრულებით;
  - ბ) მექანიკური მუშაობით და თბოგადაცემით;
  - გ) თბოგადაცემით.
3. თბოგამტარობის დროს ენერგიის გადატანა ხდება
  - ა) ნივთიერების გადაადგილებით სხეულის ერთი ბოლოდან მეორისაკენ;
  - ბ) მოლეკულებით ან სხვა ნაწილაკებით;
  - გ) ნივთიერების გადაადგილებით და მოლეკულებით.
4. კონვექციას ადგილი აქვს
  - ა) აირებში, სითხეებსა და მყარ სხეულებში;
  - ბ) მყარ სხეულებში;
  - გ) აირებსა და სითხეებში.
5. თბოგადაცემის სახეებია
  - ა) თბოგამტარობა, კონვექცია, გამოსხივება;
  - ბ) გამოსხივება, კონვექცია;
  - გ) თბოგამტარობა, კონვექცია.



## ლიტერატურა

1. ეროვნული სასწავლო გეგმა. 2011-2016.გვ.1145-1304.
2. Физика пространства-времени. Тейлор Э., Уилер Дж.-М., Мир.1971. с.140.
3. ხაზარაძე თ. ფიზიკის ამოცანების ამოხსნის მეთოდ-  
კა. თბ., თსუ 2003.
4. ხაზარაძე თ. რელატივისტური კლასიკური ფიზიკის  
საფუძვლები სასკოლო კურსში. თბ., თსუ 2005.
5. სასკოლო სახელმძღვანელოები.

## სარჩევი

წინასიტყვაობა .....	3
§ 1. მექანიკური მოძრაობა .....	11
§ 2. თანაბარწრფივი მოძრაობა. სიჩქარე.სიჩქარის ერთეული .....	16
§ 3. ფიზიკური ფორმულა .....	23
§ 4. არათანაბარი მოძრაობა. საშუალო სიჩქარე.....	27
§ 5. ბგერის სიჩქარე.....	31
§ 6. სინათლის სიჩქარე .....	36
§ 7. მრუდწრფივი მოძრაობა .....	40
§ 8. მოძრაობის ფარდობითობა .....	44
§ 9. მოძრაობის გრაფიკული წარმოდგენა .....	48
§10. სიჩქარის გრაფიკი.....	55
§ 11. გაიმეორე გავლილი მასალა .....	58
§12. ინერცია .....	64
§13. მასა – ინერტულობის ზომა .....	69
§14. სიმკვრივე .....	75
§15. ძალა.....	80
§16. დრეკადობის ძალა. ძალის გაზომვა .....	86
§17. მსოფლიო მიზიდულობის ძალა. სიმძიმის ძალა.....	93
§18. სიმძიმის ძალის დამოკიდებულება სხეულის მასაზე.....	96
§19. ხახუნის ძალა. სრიალის და გორგვის ხახუნი .....	100

§ 20. გაიმეორე გავლილი მასალა .....	105
§ 21. შინაგანი ენერგია .....	108
§ 22. შინაგანი ენერგიის შეცვლის ხერხები.....	113
§ 23. თბოგამტარობა.....	117
§ 24. კონვექცია.....	120
§ 25. გამოსხივება.....	123
§26. გაიმეორე გავლილი მასალა .....	127
ლიტერატურა.....	129



გამომცემლობა „**უნივერსალი**“

---

თბილისი, 0179, 0, შავჩავაძის ბაზზ. 1, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30  
E-mail: [universal@internet.ge](mailto:universal@internet.ge)