

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დ. გიუნაშვილი

ანალოგიები ფიზიკასა და ტექნიკაში



დამტკიცებულია სტუ-ს
სასწავლო-მეთოდური
საბჭოს მიერ

თბილისი
2005

ანალოგიათა მეთოდმა კაცობრიობას მრავალი ბრწყინვალე შედეგი მისცა, მათ შორის სავსებით მოულოდნელიც. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ამ მეთოდის ზოგადი პრინციპების განხილვა ფიზიკის, მათემატიკისა და ტექნიკის ისტორიის თვალთახედვით. მკითხველს მოუუთხრობთ მასზე, რაც, გარკვეული მიზეზების გამო, სახელმძღვანელოების მიღმა რჩება.

წიგნი განკუთვნილია მკითხველთა ფართო წრისათვის.

Метод аналогии дал человечеству блестящие результаты, среди них совершенно неожиданные, поэтому считаем целесообразным рассмотреть основные принципы этого метода из истории физики, математики, техники. Рассказывается о том, что по известным причинам остается вне поля зрения учебников.

Книга предназначена для широкого круга читателей.

A lot of marvelous results have been obtained by the method of analogy among them quite unexpectable ones, that's why we consider it worthy to discuss the general principles of the method and the concrete examples from the history of physics, mathematics and technical sciences. Our aim is to acknowledge the reader with the ways of scientific - research method, point out that (because of definite reasons) it is beyond the school and university manuals.

რეცენზენტები: პროფ. ნ. გელაშვილი,
პროფ. კ. ცხაკაია

© გამომცემლობა “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2005
ISBN 99940-35-61-4

წ ი ნ ა ს ი ტ ყ ვ ა ო ბ ა

თანამედროვე წარმოდგენებით სწავლა-სწავლებაში მეცნიერულ კვლევას წამყვანი ადგილი ეთმობა. უპირატესობა ეძლევა ისტორიულ მეთოდს („იდუთა დრამა“), როგორც კაცობრიობის შემოქმედების მოძრავ შედეგს და არა რალაც დამთავრებულს, უზადოსა და მთლიანს...

საგანთა ისტორიის განხილვისას ინტერესს აძლიერებს კვლევის ვერისტიკული მეთოდის ფართო გამოყენება, რომელშიც ანალოგიებს ცენტრალური ადგილი ეთმობათ. მოდულებთან, აზრობრივ ექსპერიმენტებთან, პარადოქსებთან და ა.შ. ერთად ანალოგიათა მოძიების პროცესი საინტერესო მიგნებებს განაპირობებს. დიდია მათი როლი მასალის გააზრებული კითხვისა და კრიტიკული აზროვნებისას. კითხვის ამ ფორმის სამივე სტადიაზე: გამოწვევა, წვდომა, რეფლექსია (თვითანალიზი) ანალოგიის მეთოდის გამოყენება შემოქმედებით აზროვნებას ავითარებს, ააქტიურებს ჰიპოთეზათა წარმოჩენის უნარს...

გამომდინარე იქიდან, რომ ბუნების კანონები ჩაწერილია მათემატიკის ენაზე, ცენტრალური ადგილი ეთმობა წიგნში მათემატიკური ანალოგიების გამოყენების საკითხებს როგორც სასწავლო პროცესში, ასევე კვლევისას. ფიზიკური ინტუიციის გამოვლენის თვალსაზრისით განხილულია მოვლენათა აღწერის მათემატიკური მეთოდი ფიზიკის ენაზე.

ტექნიკის ფილოსოფიისა და საგანთა ისტორიის საკითხების განხილვა მასალას ერთნაირად საინტერესოს ზღის როგორც მასწავლებლის, ასევე მოსწავლეებისათვისაც. ზნეობრივი თვალსაზრისით, წიგნს განსაკუთრებულ დატვირთვას სძენს ის მასალა, რომელიც ახალგაზრდა მეცნიერის აღზრდასთანაა დაკავშირებული.

პრობლემაზე მუშაობას ვაგრძელებთ. მაღლიერნი ვიქნებით შენიშვნებისათვის, რომლებსაც მკითხველი შემოგვთავაზებს. ვიგრძნობთ რა პრობლემის სირთულეს, არ ვაპირებთ სკეპტიციზმს კრიტიკული შენიშვნების მიმართაც...

მადლობას ვუხდით მასალის გააზრებული წაკითხვისა და საინტერესო მათემატიკური ანალოგიების მოძიებისათვის პროფესორებს: გიორგი ყირმელაშვილს და ტარიელ კვიციანს, ჩემს თანაკურსელს, პროფესორ მ. პერელმანს საკითხზე მსჯელობისათვის და მისი ბიბლიოთეკით სარგებლობისათვის, რომელიც ამჟამად (ჩემდა სამწუხაროდ) წმინდა იერუსალიმის საკუთრებად იქცა... მადლობას ვუძღვნი აგრეთვე მათ, ვინც წვლილი შეიტანა წიგნის გამოცემაში.

ავტორი



შ ე ს ა ვ ა ლ ი

“ადამიანს თავის არსებაში აქვს სამი მხარე: სხეული, სამშეინველი და სული... სხეულის ქვეშ იგულისხმება ის, რითაც ადამიანისათვის იხსნება გარე სამყაროს საგნები... სიტყვა სამშეინველი აღნიშნავს იმას, რითაც ადამიანი უკავშირებს საგნებს თავის საკუთარ არსებობას, შეიგრძნობს მათგან მიღებულ კმაყოფილებას, სიხარულსა და ტკივილს, სიამოვნებას და უსიამოვნებას... სული კი არის ის, რაც ცხადდება ადამიანში მაშინ, როცა იგი, გოეთეს თქმით, ჭვრეტს საგნებს როგორც ერთგვარი ღვთაებრივი არსება“.

რ. შტაინერი

“მეცნიერება როდესაც კარგავს სინდისს, კლავს სამშეინველს“

დ. ლიხაჩოვი



მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, სამეცნიერო სკეპტიციზმის გასაღრმავებლად სტუდენტებს გავაცნოთ ფიზიკურ თეორიათა შექმნის პრინციპები, რაც ხელს შეუწყობს მათი დამოუკიდებელი აზროვნების განვითარებას, რომლის ქვაკუთხედია მეცნიერული განზოგადება - ინდუქცია, პროცესთა წინასწარმეტყველება - დედუქცია და წინააღმდეგობის თეორიულ განზოგადებათა გამოვლენა - დიალექტიკა. ჩამოთვლილი მეთოდებიდან გამოირჩევა ანალოგიათა მიხედვით დასკვნის მიღება, რაც ფართო ინტუიციას, მდიდრულ წარმოსახვას და პოეტურ ხედვას მოითხოვს.

მეცნიერებაში ანალოგიათა მიხედვით მსჯელობა ისევე ფართოდ გამოიყენება, როგორც ადამიანის შემოქმედების სხვა მრავალ სფეროში. ამას ხელს არ უშლის ის გარემოება, რომ იგი ხშირად მყარ

ცოდნას არ იძლევა და ფინალი ალბათური დებულებებით მთავრდება.

მკვლევარმა შეიძლება ანალოგიებს მიმართოს სხვადასხვა მიზნებიდან გამომდინარე, რათა ნაკლებად გასაგები მისაწვდომი გახადოს, აბსტრაქტული ნათელ ფორმებში წარმოგვიდგინოს, მოახდინოს განყენებულ იდეათა კონკრეტიზაცია.

ანალოგიათა მიხედვით შეიძლება აგრეთვე მსჯელობა იმის შესახებ. რაც უშუალოდ არ დაიკვირვება. იგი იძლევა ახალი ჰიპოთეზების წამოყენების საშუალებას.

ანალოგია მრავალნაირია. მათემატიკოსი ისაა, ვისაც შეუძლია მტკიცებათა შორის ანალოგიების აღმოჩენა, ხოლო საუკეთესოა ის, - ვინც ადგენს მტკიცებათა ანალოგიას. გვხვდებიან ისინიც, ვინც ანალოგია შორის ხედავენ ანალოგიებს...

მეცნიერები უმეტეს შემთხვევებში “ზუსტი“ ანალოგიებით სარგებლობენ, თუმცა კვლევის საწყის სტადიაში ყველაზე “მკაცრ“ ანალოგიათა შორისაც ხშირია მიახლოებითი, ზედაპირული შეუსაბამობა. ისინი ახსნას პოულობენ იმ მეცნიერული შემეცნების სირთულეში, რომელთა გადაჭრაც ანალოგიათა მეთოდს ევალება. მთავარი ერთია: მიზნის მიხედვით ანალოგია “ზუსტი“ და საკმაოდ “თავისუფალი“ უნდა იყოს, რათა არ შეიბოჭოს მკვლევრის წარმოსახვა და ფანტაზია!

გოეთე ბრძანებს: “ყოველგვარი განჭვრეტა დაკვირვებებში გადადის. ყველა დაკვირვება - მიხვედრაში. ყოველი მოსაზრება - მნიშვნელოვანი კავშირის დადგენაში. ყოველთვის, როდესაც ყურადღებით ეუმზერთ სამყაროს, ვქმნით თეორიას.“

პროფესია იწყება “საკუთარი“ მეცნიერების პრობლემათა წრის გაგებით საჭირო ჩვევათა დაუფლებით, “ხელობის“ იმ საიდუმლოებებში ჩაწვდომით, რომელთა შორის ანალოგიათა მეთოდს გამორჩეული ადგილი უკავია.

პირველი, ვინც გაიცნობიერა ანალოგიათა როლი მეცნიერულ კვლევაში, ფ. ბეკონი იყო. მისი თქმით: “კაცობრიობამ მთელი თავისი ძალისხმევა უნდა მოახმაროს საგანთა მსგავსებასა და ანალოგიათა შესწავლას... უკანასკნელნი მისცემენ მას ბუნების ერთიანობის აღდგენის შესაძლებლობას - შექმნიან მეცნიერების საძირკველს“.

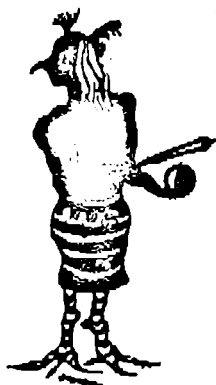
უმარტივესი ანალოგიური მოწყობილობით - ლოგარითმული სახა-
ზავით მივიდა ადამიანი თანამედროვე გამომთვლელ მანქანამდე.
სწორედ, მისი მეშვეობით გახდა შესაძლებელი, მათემატიკოსებმა
აწარმოონ რთული გამოთვლები კოსმოსურ სისტემათა ფუნქციონ-
ირებისთვის, ფიზიკოსებმა - მოახდინონ ატომურ რეაქტორთა იმი-
ტირება, ინჟინრებმა კი ჩაატარონ ურთულესი ტექნიკური დანად-
გარების კონსტრუირება.

რადგან ანალოგიათა მეთოდმა მეცნიერებასა და ტექნიკას მრავალი
ბრწყინვალე შედეგი მისცა, მათ შორის საკვებით მოულოდნელიც,
მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ამ მეთოდის ზოგადი პრინციპების გან-
ხილვა.

მიზნად დავისახეთ მკითხველს გავაცნოთ მეცნიერული კვლევის
ხერხი, მოვუთხროთ მასზე, რაც, გარკვეული მიზეზების გამო,
სასკოლო და საუნივერსიტეტო სახელმძღვანელოების მიღმა რჩე-
ბა...



ანალოგია - მსბავსების ბადატანა



ბუნების შეცნობას ბავშვი ცნობიერებამდე მიღწეული გრძნობის მეშვეობით იწყებს და გაგებისათვის შთაბეჭდილებებით სარგებლობს. შემდგომ ეტაპზე პროცესი ახლდება, ძველი შთაბეჭდილებები გადაირჩევა და ახალი წარმოდგენები შენდება. განახლების ეს პროცესი შემეცნების არსს შეადგენს, რასაც ჯეროვანი ყურადღება უნდა მიექცეს ადამიანის განვითარების მთელ გზაზე - ერთი წლის ბავშვიდან მაღალგანვითარებულ სწავლულამდე.

ზოოპარკში პატარა უყურებს მაიმუნს და მშობლებს სთხოვს უყიდონ. დარწმუნებულია, რომ იგი ჯუბაში გამოწყობილი ადამიანია და სახლში მასთან ითამაშებს. ცხოვრებისეული ფაქტია: გაიცანით ჟურნალისტი, რომელიც თავისუფლად ფლობს ინგლისურს, ფრანგულს, გერმანულს. შემდეგ შეხვდით სხვა ჟურნალისტს, რომელიც მეტყველებს ინგლისურ და გერმანულ ენებზე. ვერ იკავებთ ცნობისმოყვარეობას და ეკითხებით - ლაპარაკობს თუ არა ის ფრანგულად? ორივე მაგალითში მსჯელობა ერთნაირი სქემით მიმდინარეობს. შედარებიდან ვლინდება, რომ რაღაც ნიშან-თვისებებით ისინი ერთმანეთს მსგავსნი არიან. აქედან ავტომატურად კეთდება დასკვნა უცნობ თვისებებზე.

ერთი საგნიდან მიღებული ცოდნა მეორე, ნაკლებად შესწავლილ საგნებზე გადაიტანება. მსჯელობის ასეთი ფორმა წარმოადგენს გონებრივ დასკვნას ანალოგიის მიხედვით, იგი ფართოდ გამოიყენება როგორც ცხოვრებაში, ისე მეცნიერებაში.

აზრთა სვლის მიხედვით, ლოგიკური დასკვნის გამოტანა ძალზე ადვილია. კლასიკური მაგალითია ვერსია მარსზე არსებული სიცოცხლის შესახებ. მარსსა და დედამიწას საერთო ძალზე ბევრი აქვთ: მზის სისტემაში ერთმანეთის ახლოს იმყოფებიან, ორივეზე

წყალიცაა და ატმოსფეროც, მათი ზედაპირები უმნიშვნელოდ განსხვავდება ტემპერატურის მიხედვით. რადგანაც სიცოცხლის არსებობის თვალსაზრისით მარსი ჰგავს დედამიწას, ამიტომ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მარსზეც არსებობს სიცოცხლე! ზაზგასმითაა აღნიშნული პრინციპული თავისებურებების მიხედვით მიღებული დასკვნა, მაგრამ ეს არ იძლევა მარსზე სიცოცხლის არსებობის ჭეშმარიტ საფუძველს. დედამიწასა და მარსს შორის მსგავსებათა ჩამოთვლა არ წარმოადგენს მარსზე სიცოცხლის არსებობის დადასტურებას. ასეთი მსჯელობა შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ იმ კიპოთეზათა ჩამოსაყალიბებლად, რომლებიც შემოწმებას მოითხოვს.

პლანეტაზე სიცოცხლის წარმოშობისათვის აუცილებელია ურთულესი პირობების თანხვედრა. ამ მოვლენას თითოეული ეს პრობლემა უფრო მეტად ალბათურს ხდის. ასე რომ, სიცოცხლე დედამიწაზე არსებული ფორმით სამყაროში ალბათ საკმაოდ იშვიათი მოვლენაა!

ტიხო-ბრაგეს მონაცემებზე დაყრდნობით ი. კეპლერმა დაადგინა, რომ მზის გარშემო ბრუნვისას მარსი ელიფსს შემოწერს. მან იცოდა, რომ მარსს ბევრი ჰქონდა საერთო მერკურთან, იუპიტერთან, სატურნსა და დედამიწასთან; ამის საფუძველზე დაასკვნა, რომ მზის სისტემის ყველა პლანეტა ელიფსზე მოძრაობს. ამ მაგალითში მოცემულია ანალოგიებისა და პოპულარული ინდუქციის კომბინირება. მარსის ტრაექტორია ცნობილია. მისი მსგავსი მერკურიც ისეთსავე წირს აღწერს. დასკვნა სწორი იქნება მზის გარშემო მბრუნავი ყველა პლანეტისათვის. მივიღეთ რა ცნობა ცალკეული მათგანისათვის, ვაკეთებთ დასკვნას მზის სისტემის ყველა სხეულისათვის.

მეცნიერული შემოქმედების ერთ-ერთი ნაბიჯი სწორედ ისაა, რომ დამტკიცებული დებულებიდან გამოიყოს ყველაზე “რომანტიკული“ და სიმართლის მსგავსი ვარაუდი, რათა არ ჩაიძიროს მეცნიერულ “ცრურწმენაში“, როგორც კრიმინალისტიკაში, და ეს უკანასკნელი არ გახდეს უკანონობის დასაყრდენი.

ჯერ კიდევ რომში საქმეების გარჩევისას იურისტები გამოდიოდნენ უდანაშაულობის პრეზუმფციიდან: დამნაშავე ითვლებოდა უდანაშაულოდ, ვიდრე მისი დამნაშავეობა არ დამტკიცდებოდა. როდესაც ლაპარაკია უცნაურ და არაჩვეულებრივ მოვლენებზე, სწავ-

ლულები ვალდებულნი არიან დაამტკიცონ მათი ან არსებობა, ან არარსებობა; სამაგიეროდ, რომანტიკოსები აღიარებენ მათ.

ვთქვათ, წაიკითხეთ ჩ. დიკენსის “საახალწლო სიმღერა პროზად“, მოგეწონათ. შემდეგ “ოლივერ ტვისტმა“ - აღგაფრთოვანათ. ამის საფუძველზე შეიძლება დაასკვნათ, რომ ამ კლასიკოსის ყველა ნაწარმოები საინტერესო უნდა იყოს; ეს იქნება პოპულარული ინდუქცია. აქ მოყვანილი მაგალითები ანალოგიას ნათლად ასხვავებენ პოპულარული ინდუქციისაგან.

როგორ მოვძებნოთ ანალოგიები, როგორ მივმართოთ ფანტაზია საჭირო მიმართულებით, როგორ ჩნდება მოულოდნელი შესაბამისობანი, “გამონათებანი“?

არსებობს ადამიანის ფსიქიკის ერთი საოცარი თვისება - ქვეცნობიერება, სადაც ინახება მრავალი თაობის გამოცდილება და იბადება ინტუიცია. ეს ადამიანური შემეცნების “ქვედა სართულია“! ზედა სართულზე იბადება სიტყვები და ცნებები, ქვედაზე - ხატები. საბოლოოდ, ხატი კარნახობს ამოხსნას!

არაა საჭირო წესად აქციო რაიმე მოვლენის დამტკიცება ან უგულებელყოფა, ამას წინასწარ აკვიატებულობამდე მივყავართ. საჭიროა მისი დაწვრილებითი, ძალზე ფაქიზი შესწავლა. აინშტაინი ამბობდა: “მეცნიერული მეთოდი იძლევა მიზნის მისაღწევ საშუალებას, მაგრამ თავისთავად არ წარმოადგენს მიზანს. თავად მეცნიერულ მეთოდს არსად არ მივყავართ. ის არც წარმოიქმნებოდა, რომ არ არსებობდეს ადამიანის ჭეშმარიტებისაკენ მძაფრი სწრაფვა“ [1].

თვისებებით მსგავსი და ერთმანეთის შესაბამისი შეიძლება იყოს არა მარტო საგნები, არამედ მათ შორის არსებული ურთიერთობაც. ჰაერნაოსნობის პიონერებმა კარგა ხნის განმავლობაში ვერ გადაწყვიტეს საფრენი აპარატის ფრთების გალუნვის პრობლემა. 1895 წ. შანიუმ გააკეთა ბიპლანი, რომლის ფრთები საბჯენებით შეაერთა. კონსტრუქცია მსგავსი იყო “აჟურული“ ხიდის და ეს არცაა გასაოცარი, შანიუ ზომ ინჟინერ-შმენებელი იყო. მან იოლად გამოძებნა ანალოგია თავის საქმესა და თვითმფრინავის ფრთების გამაგრებას შორის ისე, რომ კონსტრუქცია არ გადაეტვირთა.

ორთქლის ტურბინის გამოგონებელმა პარისონმა პრობლემის გადაწყვეტა დაიწყო ჰიდრავლიკურ მილში წყლის ნაკადსა და ორთქლის ნაკადს შორის არსებული ანალოგიიდან. თვითმფრინავის

ფრთების მსგავსება ხიდთან და ორთქლის ნაკადისა წყლის ნაკადთან, ეს სხვადასხვა ობიექტების ერთნაირ თვისებათა გამოვლენაა. მსგავსების შემჩნევის შემთხვევაში შეიძლება დავასკვნათ, რომ შესადარებელი საგნებიც მსგავსი იქნება დანარჩენი თვისებებით.

ატომის პლანეტარული მოდელის აღნაგობა მზის სისტემის ანალოგიურია; მზის გარშემო პლანეტების ბრუნვის მსგავსად ატომის ბირთვის ირგვლივ სხვადასხვა მანძილებზე მოძრაობენ ელექტრონები. ატომის ბირთვი არა ჰგავს მზეს, ხოლო ელექტრონები - პლანეტებს, მაგრამ ბირთვისა და ელექტრონებს შორის ურთიერთობა ბევრ რამეში ემსგავსება მზესა და პლანეტებს შორის ურთიერთობას. ეს არის გონებისმიერი დასკვნა ანალოგიის მიხედვით, რომელიც ეყრდნობა არა საგანთა თვისებების მსგავსებას, არამედ საგანთა ურთიერთობის მიმსგავსებას.

ურთიერთდამოკიდებულების ანალოგიის კარგი მაგალითი აქვს მოყვანილი პოლონელ ფილოსოფოს ნ. ლუბნიცკის: “წარმოვიდგინოთ ქარავანი - წერს იგი, რომელიც მიემართება მზის ჩასვლისას უდაბნოში. მათ მიერ ქვიშებზე დაცემული ჩრდილები წაგრძელებული და დეფორმირებულია. სამაგიეროდ, მხედრებისა და აქლემების თითოეულ მოძრაობას შეესაბამება ქვიშაზე მათივე ჩრდილების განსაზღვრული მდებარეობა და მოძრაობა. ადამიანებსა და დამახინჯებულ აჩრდილებს შორის მსგავსება ცოტაა. ადამიანები და ცხოველები სამი განზომილებისანი არიან, აჩრდილები კი - ბრტყელი, კარიკატურულად წაგრძელებული. მიუხედავად ყოველივე ამისა, საგანთა და აჩრდილთა სამყაროებს შორის არსებობს მსგავსების ელემენტი, იგივეობაც კი. ორივე სამყაროში ვლინდება ერთნაირი მიმართულებები. ჩრდილთა შორის ურთიერთმდებარეობა ისეთივეა, როგორც ქარავანის წევრთა შორის. მხედრის თითოეულ თავის დახრას, აქლემის ნაბიჯს, შეესაბამება ზუსტად ისეთივე მოძრაობა ქვიშაზე, შეიძლება ითქვას, რომ ჩრდილთა ქცევა მკაცრად ანალოგიურია იმ ობიექტთა ქცევისა, რომლებიც ამ ჩრდილებს წარმოქმნიან. “საგნობრივი“ სიმძიმისაგან განთავისუფლებული ანალოგიის სიმძლავრე არაჩვეულებრივად დიდია. მისი გამოყენებით შეიძლება სრულიად განსხვავებულ არეთა შორის განუსაზღვრელი მსგავსებათა რაოდენობა დავადგინოთ. ურთიერთდამოკიდებულობების ანალოგიის მეშვეობით შესაძლებელია ერთმანეთს შევუსაბამოთ და დავუახლოოთ თითქმის ყველაფერი, რასაც კი მოვისურვებთ.

იგი წარმოადგენს ადამიანური აზროვნების მძლავრ იარაღს და მოითხოვს მსჯელობას განსაკუთრებული სიფრთხილით; ურთიერთობათა ანალოგიების ზედაპირული გამოყენებისას გადაიქცევა არაპროდუქციულ ფანტაზიად, რომელიც უგულბელყოფს რა არსებულ ურთიერთობებს, ყოველგვარ კავშირს წყვეტს რეალურ სამყაროსთან. ასეთი ანალოგიების მეშვეობით შეიძლება იმ ნებისმიერ ობიექტთა დაკავშირება, რომლებიც მოკლებული იქნება ყოველგვარ არსს. მათი მეშვეობით ვერ დავაგროვებთ ვერავითარ ცოდნას. სამაგიეროდ, სწორად და ზუსტად შერჩეული ანალოგია ადვილი შესაძლებელია მარჯვე ხელში იქცეს თავისი დროის წინმსწრებ გამონათებად, მკვეთრ პოეტურ ხატად, რომელიც სამყაროს ახალი სინათლითა და არაჩვეულებრივი რაკურსით დაგვანახებს! [1] .



თვისებათა მსგავსება და განსხვავება

ამბობენ, აზროვნების პროცესი მსგავსებისა და განსხვავების დადგენააო! ასე რომ იყოს, შესაძლებელი იქნებოდა ადამიანთა ურთიერთობანი დაგვეშალა ქმედებათა სერიებად, რომელთაგან მსგავსი ერთმანეთს გააბათილებდა, ხოლო დანარჩენი განასხვავებდა შესადარებელ ობიექტებს.

ადამიანთა მახსოვრობა ისეთი მარტივი არაა, რომ ღარიბი და არცთუ ნათელი ცნებებით (როგორებიც მსგავსება და განსხვავება) აღწეროს მოვლენა. რას იტყვით ასეთი მსჯელობის შესახებ: სამყაროში არაფერია, გარდა სიცოცხლისა და სიკვდილისა! რაც პირველის უფლებებშია — ბედნიერებაა, ხოლო დანარჩენი უბედურებაა! იმის მცდელობა, რომ აზროვნება დაიყვანო მხოლოდ საგანთა გაიგივებასა და განსხვავებაზე, ანალოგიურია ადამიანის არსებობის იმ ძუნწი, ერთპიროვნული აღწერისა, რომელიც მხოლოდ ორი ცნებით — სიკვდილითა და სიცოცხლით სარგებლობს. ასეთი მსჯელობა არაფრის მომცემია. ახსნისათვის მსგავსების ცნება შეიძლება წარმატებით გამოვიყენოთ, თუ მსჯელობას ანალოგიის მიხედვით წარვმართავთ. მართალია, ანალოგია ნიშნავს თვისებებისა და ურთიერთობების მსგავსებას, მაგრამ ყოველგვარი მსგავსება

ანალოგია როდია. მაგალითად, ტყუპები ძალიან ჰგვანან ერთმანეთს, მაგრამ ეს გარემოება არ გვაძლევს იმის უფლებას, რომ მათი ანალოგიურობა დავასკვნათ. რაც უნდა ფართოდ და თავისუფლად გამოიყენებოდეს მსგავსება, იგი არასოდეს იქნება აბსოლუტური. ტყუპები ჰგვანან ერთმანეთს, მაგრამ ბევრი რამით განსხვავდებიან, იმდენად, რომ მშობლებს არ ერევათ ერთმანეთში.

ანალოგია მსგავსების კერძო შემთხვევაა, რომელიც მოითხოვს განსაკუთრებულ თვისებათა დადგენას; სხვა არაფერია, თუ არა დაწყებითი მსგავსების გაგრძელება, ცნობილი თვისებების უცნობე-ბზე გადატანა. სამყაროში ერთმანეთის მსგავს საგანთა უსასრულოდ დიდი რიცხვი არსებობს. თუ იქნება სურვილი და საკმარისი ფანტაზია, ორ ობიექტს შორისაც შეიძლება აღმოვაჩინოთ მსგავსე-ბა.

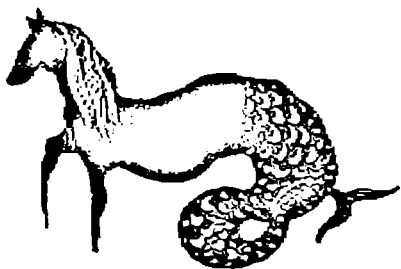
საპირისპირო პოზიციებში მყოფი მონადირე და ნადირი ერთმანეთის სარკულ გამოსახულებას წარმოადგენენ და მსგავსნი არიან. ამიტომ ბუნებრივია, დაისმის კითხვა, რომელი საგნები შეიძლება შეუსაბამო ერთმანეთს და რომელი არა? ამ კითხვაზე ცალსახა პასუხი არ არსებობს.

მსგავსების „გონივრულობა“ განისაზღვრება იმ სიტუაციითა და კონტექსტით, რომელშიც საგანთა შეპირისპირება ხორციელდება. ა. ფრანსი რომანში — „ანგელოზების აჯანყება“ სამყაროს ადარებს ანთე-ბულ ალს, რომლებშიც ვარსკვლავებისა და პლანეტების მსგავსი ნაწილაკები იმყოფებიან. ზოგ მათგანზე უმცირესი ზომის ადამიანის მსგავსი არსებანი ცხოვრობენ. მათ უყვართ ერთმანეთი, განიცდიან და ყველაფერი მანამდე გრძელდება, სანამ შებერვით არ ჩავაქრობთ ალს. ასეთი ანალოგია თავისებურ ხიბლს აძლევს მხატვრულ ნაწაროებს, მაგრამ რომელიმე მოვლენის ასახსნელად უგუნურობად ჩაითვლება. კონტექსტის შეცვლით იცვლება „გონივრულობაც“, ის, რაც კარგია ხელოვნებაში, შეიძლება არ გამოდგეს მეცნიერებაში და პირიქით. ფიზიკაში შეიძლება მოგვეძებნა ისეთი ასპექტი, სადაც ასანთის მოციმციმე ალი შეგვეძლო შეგვედარებინა სამყაროსათვის; მაგრამ ასეთ ანალოგიას არავითარი აზრი არ ექნებოდა, რადგან კონტექსტი კონკრეტულ მტკიცებას მოითხოვს. ზოგჯერ ანალოგი-ის „გონიერებისათვის“ მთელი ეპოქის მხედველობაში მიღებაა საჭირო.

მსგავსება ყოველთვის შეუღლებულია განსხვავებასთან და უიმი-სოდ არ არსებობს. ამ ასპექტში ანალოგია გვევლინება, როგორც

შეუსაბამობის შესაბამისობასთან გაგრძელების მცდელობა. იბადება კითხვა: ხომ არ წააწყდება მსგავსების ასეთი მცდელობა წინააღმდეგობას მოულოდნელად აღმოჩენილ განსხვავებაში? როგორ გავაგრძელოთ და განვაკითხროთ გონივრულად დადგენილი მსგავსება? როგორია კრიტერიუმი და გარანტია იმისა, რომ, რაღაცა მსგავსი ობიექტი მიესადაგება სხვა თვისებებითაც?

ანალოგიის მიხედვით გონებისმიერი დასკვნა ჭეშმარიტ ცოდნას არ იძლევა. თუ დასკვნა სწორად წარმოგვიდგება, ეს კიდევ არ ნიშნავს, რომ შედეგიც ჭეშმარიტი იქნება. მაგალითად, კვადრატის და მართკუთხედი მსგავსია, წარმოადგენენ ბრტყელ გეომეტრიულ ფიგურებს, რომელთა მოპირდაპირე გვერდები ტოლი და პარალელურია. მართკუთხედში, როგორც მისი სახელწოდება გვიჩვენებს, ყველა კუთხე მართია. დასკვნა ჭეშმარიტია! კვადრატისა და მართკუთხედის მსგავსებიდან, კვადრატის ყველა გვერდის ტოლობიდან ანალოგიის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მართკუთხედის გვერდებიც ტოლი იქნება. მაგრამ ეს უკვე მცდარი აზრია! ამა თუ იმ სიტუაციაში პრობლემატურობა და ალბათობა შეიძლება მეტ-ნაკლები იყოს. ყოველდღიურ ცხოვრებაში ანალოგიებით მსჯელობა ზედაპირულია. მეცნიერული ანალოგიები მაღალი ალბათობის ცოდნას იძლევა, ისინი „მკაცრი“ და ზუსტია [1].



მ ს ბ ა მ ს ე ბ ა თ ა ბ ა რ ა ნ ტ ი ა

ანალოგიით ჩატარებული მსჯელობისას დასაწყისში ფიქსირდება მსგავსება დასაპირისპირებელ ობიექტებს შორის. უნდა ჩავწვდეთ ნამდვილსა და არა მოჩვენებით ნიშნებს. უგულებელვყოთ წარმოსახვითი მსგავსება. სასურველია, რომ შესაძარებელი ობიექტები მსგავსნი იყვნენ უმნიშვნელოვანესი ნიშან-თვისებებით, მათი წრე რაც შეიძლება ფართო იყოს. ანალოგიის სიმკაცრისათვის მნიშვნელოვანია საგანთა მსგავსი თვისებების კავშირის გათვალისწინება გადასატან ნიშანთან. თუ საწყისი ცოდნა

შინაგანადა დაკავშირებული გადასატან ნიშანთან, დადებითი დასკვნების ალბათობა შესამჩნევად იზრდება.

დავუშვათ, ვადარებთ ორ პიროვნებას. ისინი ერთ წელს არიან დაბადებულნი, ორივენი დადიოდნენ ერთ საბავშვო ბაღში, დამთავრეს ერთი და იგივე სკოლა, ყველა საგანში მიიღეს ერთნაირი ნიშნები, ორივე უცოლოა. ერთი მათგანი ოსტატია ფეხბურთში. აქედან გამომდინარე, შეიძლება თუ არა, რომ ვაღიაროთ მეორის ოსტატობაც? ცხადია არა, ბიოგრაფიების მსგავსებას არავითარი კავშირი არა აქვს ფეხბურთთან. თუ გვეცოდინება, რომ ორივე მათგანი დადიოდა სპორტულ სკოლაში და მეორე პიროვნებაც თამაშობდა ცნობილ ფეხბურთელთა გუნდის კლუბში, მაშინ სასურველი დასკვნის ალბათობა გაიზრდება.

ანალოგიის „აშენებისას“ მნიშვნელოვანია როგორც ობიექტთა სიმრავლე, ისე ნიშანთა კავშირის ხასიათის დადგენა გადასატან ობიექტთან. აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ არა მარტო მსგავსებანი, არამედ ობიექტთა შორის განსხვავებანიც. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, თუ განსხვავებანი შინაგანად არაა დაკავშირებული იმ ნიშანთან, რომლის გადატანასაც ვაპირებთ, მაშინ ანალოგია ნაკლებად ალბათური აღმოჩნდება და შეიძლება „ჩაიფუშოს“.

თუ ანალოგიათა მეშვეობით მიღებული შედეგები აბსტრაქტულ სხეულებს მიეკუთვნება, შესაძლებელია ანალოგიამ ჭეშმარიტ შედეგებამდეს მიგვიყვანოს. ეს იმ შემთხვევაში, თუ დგინდება შესაბამისობა შესადარებელ სისტემათა ელემენტებს შორის, მაგალითად, ფოტოფირისა და სურათის, მანქანისა და მისი ნახაზის შედარება.

საგანთა დაპირისპირება ყველა წვრილმანი ელემენტის გათვალისწინებით მსჯელობას რთულ დედუქციურ დასკვნად აქცევს. ეს უკანასკნელი, როგორც ცნობილია, ჭეშმარიტებას იმ შემთხვევაში იძლევა, თუ მისი საწყისები სინამდვილეს შეესაბამება.

ყველაზე ხშირად მცდარი ანალოგიები გვხვდება, როდესაც რაიმეს ვადარებთ ადამიანს. პოპულარობა იმით აიხსნება, რომ ადამიანი ძალზე მრავალწახნაგოვანია, მას ბევრი რამ შეიძლება მივუსადაგოთ. პარადოქსულია, მაგრამ ფაქტია, ადამიანი ისე მარტივი გვეჩვენება, რომ თითქმის ყველაფერი ვიცით მის შესახებ. სინამდვილეში იგი „საიდუმლოთა ჭურჭელია“, რომლის დაცლა შეუძლებელია!

იყო დრო, როდესაც პითაგორას მიმდევარნი ამტკიცებდნენ, რომ მსგავსად ადამიანებისა, პლანეტებსაც შეეძლოთ ნელა, სწრაფად

და უძრავად ყოფნა. ცხოვრებისეული ვითარება ხშირად გვაიძულებს ვიმოდროთ ხან სწრაფად, ხან ნელა; მაგრამ ციურ სხეულთა სფეროში ასეთი ანალოგიებს არ უნდა არსებობდეს და არც არის! ამის შესახებ ციკერონმა თქვა: „დაუდევრობა იქნებოდა განურჩევლად მიგვემსგავსებინა ერთმანეთისათვის ყველაფერი, რაც ხელთა გვხვდება ადამიანის ბიოლოგიური და სოციოლოგიური თავისებურებებისათვის. ადამიანი ძალზე რთული თავისებური ობიექტია. ღრმა ანალიზის გარეშე მიუსადაგო მას რაიმე, ნიშნავს სერიოზულად გარისკო“. მცდარი ანალოგიების მაგალითი აქვს მოყვანილი მადავარს წიგნში – „მეცნიერება სიცოცხლეზე“. ხელსაწყოთი შესრულებული ხელოვნების ნიმუშები, გარკვეული მიმართულებით, ადამიანის სხეულის ნაწილის გაგრძელებად ითვლება, მაგალითად, ჩაქური ან ყავარჯენი. მიკროსკოპის და ტელესკოპის გამოყენება ადამიანს ზემხედველს ხდის. ანტიბიოტიკები ზოგჯერ აკეთებენ იმას, რასაც ვერ აღწევენ ადამიანის სისხლში არსებული ანტისხეულები. გეიგერის მთვლელი ადამიანს დამატებით გრძნობათა ორგანოს სძენს, იძლევა რენტგენისა და გამა-გამოსხივების რეგისტრაციის საშუალებას. ჩამოთვლილ ხელსაწყოებს უწოდებენ „გარეშე ორგანოებს“. ისინი საუკუნეთა განმავლობაში განიცდიან ცვლილებებს, რასაც „ევოლუციას“ ვუწოდებთ. არსებობს უამრავი პარალელი ევოლუციასა და „გარეშე ორგანოთა“ ევოლუციას შორის. მაგალითად, ორივე შემთხვევაში შეიძლება მოიძებნოს რუდიმენტული ორგანოები, რომლებმაც დაკარგეს თავიანთი ფუნქციები: თმამ ადამიანის სახეზე და ღილებმა კოსტუმის სახელოზე! გვხვდება უფრო სერიოზული პარალელები, მაგალითად, ის, რომ ორივე შემთხვევაში ევოლუციური ცვლილებები არაერთდროულად მიმდინარეობს მთელს პოპულაციაში. დასაწყისში წვერთა განსაზღვრული რაოდენობითაა და მხოლოდ შემდეგ ვრცელდება მთელს პოპულაციაზე. თავიდან ველოსიპედები და მანქანები სახელობითი იყო, შემდეგ კი ყველასათვის მისაწვდომი გახდა.

მართალია, ადამიანისა და „გარეშე ორგანოთა“ ევოლუციებს შორის არსებული პარალელები საკმაოდ თვალსაჩინო და ბევრი რამის მიმანიშნებელია, მაგრამ მიუხედავად ამისა, მრავალ წინააღმდეგობას აწყდება. გენეტიკური ევოლუცია ორივე მექანიზმის მოქმედებით მიმდინარეობს, „გარეშე ორგანოთა“ ევოლუცია კი ერთი თაობიდან მეორეზე ინფორმაციის გადაცემით ხორციელდება. მათ

შორის აბსოლუტური ჰეგემონია უჭირავს ენას. შესაძლოა, ამიტომაც თავისი მოქნილობითა და სიფაქიზით აჭარბებს ენა გენეტიკურ მექანიზმს. „გარეშე ორგანოთა“ ევოლუცია, როგორც ცვალებადობის ფაქტორი, გაცილებით სწრაფქმედია, ვიდრე ჩვეულებრივი ადამიანური ევოლუცია. იგი მემკვიდრეობითი ნიშან-თვისებების დაგროვების ხასიათს ატარებს (ცივილიზაციის შენახვისათვის აუცილებელია დაგროვილი სულიერი შენობქმედების თაობიდან თაობაზე გადაცემა). ჩვეულებრივ ევოლუციაში მსგავსი დაგროვებები არაა. ვთქვათ, მთიელთა შვილები, რომლებიც უფრო ხშირად მოძრაობენ აღმართზე, რატომღაც ერთი ფეხით მოკლენი არ იბადებიან; რაც, ბუნებრივია, ხელს შეუწყობდა მთიან ბილიკებზე გადაადგილებაში. და ბოლოს, ჩვეულებრივი ევოლუცია შეუქცევადია. არ შეიძლება ადამიანის განვითარება მოხდეს შებრუნებული მიმართულებით და გარკვეული დროის შემდეგ მივიღეს იმ მიზეზთან, რამაც წარმოშვა. „გარეშე ორგანოთა“ ევოლუცია პრინციპში შეიძლება შექცევადი იყოს; ამისათვის თაობათა შორის უნდა მოხდეს კულტურული კავშირის მთლიანი გაწყვეტა. იმედი ვიქონიოთ, რომ ადამიანის გონება ამას არ დაუშვებს და ცივილიზაცია გადარჩება!

ცივილიზაციის განვითარების ადრეულ საფეხურებზე ძალზე გავრცელებული იყო სამყაროს ახსნა ადამიანთან ანალოგიით. მისი შემკობა საგანთა თვისებებით, არაცოცხალი ბუნების მოვლენებით და მითური არსებობის ნიშნებით იღებს ანთროპომორფიზიმის სახელწოდებას; ეს უკანასკნელი დამახასიათებელია რელიგიური მოძღვრებისათვის, რომელიც ყველაფერს ადამიანის ღმერთთან მსგავსებას უკავშირებს. გარკვეული მიმართულებით ანთროპომორფულია ხელოვნებაში არსებული მრავალი ხატი. ეს განსაკუთრებით შესამჩნევია პოეზიაში [2].

მეცნიერებაში გამოიყენება ანთროპოლოგიური ცნებები. კიბერნეტიკოსები ამბობენ: მანქანა „იმახსოვრებს და ხსნის ამოცანებს“; მაგრამ, როგორც ხელოვნებაში, ისე მეცნიერებაში ადამიანის მიმსგავსება პირდაპირი გაგებით არ ხდება. ხელოვნებაში იგი დაკავშირებულია მაღალ ემოციურ გამომსახველობასთან, მეცნიერებაში — ჩვეულებრივ, გამიჯვნის სურვილთან!



ანალოგიები ხელოვნებაში

როგორც აღვნიშნეთ, ანალოგიები ხელოვნებაში დაკავშირებულია მაღალ ემოციურ გამოსახველობასთან. მხატვრულ ნაწარმოებს სიზუსტე საერთოდ არ მოეთხოვება. მისი მიზანი სულ სხვაა და გამორჩეული

კრიტერიუმებით ფასდება, უპირველესად, მხატვრული შემოქმედების ძალით. აქაც, როგორც ყველა დარგში, ხშირია ისეთი შემთხვევები, როდესაც ავტორი სიუჟეტის საფუძვლად იღებს ანალოგიათა მეშვეობით გაკეთებულ დასკვნას.

ხშირად მწერლისაგან შეუმჩნეველად ანალოგიით მსჯელობა ყველა მის მიერ აღწერილი მოვლენის ქვეტექსტად იქცევა, იმ შეუმჩნეველ ძაფად, რომელიც აკავშირებს ერთმანეთთან გმირთა გარეგნულ, ექსცენტრულ და ზუსტად მოტივირებულ ქმედებებს...

საინტერესო ანალოგია მოჰყავს ესპანელ მხატვარ კ. როხასს ორ სურათს შორის, რომანში - "დაცემულთა ველი". სურათები შექმნილია ველასკესისა და გოიას მიერ. მიუხედავად თვალსაჩინო მსგავსებისა, ნახატების კომპოზიცია ძალზე განსხვავდება ერთმანეთისაგან. პირველი მათგანი ველასკესის ცნობილი სურათი "მენინია", მეორე - გოიას „კარლოს მეოთხის ოჯახი“. ველასკესმა მეფის ზუმარები თავიანთ ყოველგვარი წვრილმანებითა და ფიზიკური სიმახინჯეებით დახატა, ისე, რომ მათში არეკლილიყო მოქმედ პირთა მთლიანი შინაგანი სამყარო. გოია მეფე კარლოს მეოთხეს გვიჩვენებს დედოფლისა და ახლობლების წრეში. ზუსტად ისევე, როგორც ველასკესი, იგი თავისი მოდელის იდეალიზებისაკენ ისწრაფვის. „მენინის“ უკანა პლანზე მოსჩანს სარკე, რომელიც სინამდვილეში შეიძლება სურათიდან იყოს და ფანჯარაც. გოიასთან ზუსტად ისევე მის ზურგს უკან თხუთმეტი პერსონაჟია გამოკვეთილი კედელზე დაკიდებული ორი დიდი ტილოთი. პირველზე პეიზაჟია გამოხატული კედელზე დაკიდებული ორი დიდი ტილოთი. აქ რბილი პეიზაჟი გაბნეულ სინათლეშია გამოსახული; მეორეზე, პირიქით, ფართო მოსმებითაა მოცემული ველასკესის სულის გიგანტური ორგანო!

ველასკესმა ხუმარებთან ერთად თავისი თავიც დახატა. გოიაც თავის სურათზე მეფის ოჯახთან მოლბერტითაა გამოსახული. მიუხედავად ჩამოთვლილი მსგავსი ნიშნებისა, მათი შედეგები სრულიად საწინააღმდეგო გამოვიდა. ველასკესის მეფის ხუმარებს ამაღლებული გრძნობადობა და სიცოცხლის ტრაგიკული აღქმა ეტყობათ. გოიას მონარქის “ტაკიმასხრები” აშიშვლებენ უვიცობას, რომელიც კარს უღებს უფლებამოსილების სიყვარულს და მასში დაბუდებულ გამყიდველობას.

ფაქტობრივად, სერვანტესის “დონ კიხოტი” წარმოადგენს ანალოგიის მიხედვით ჩატარებულ სოლიდურ მსჯელობას. დონ კიხოტი აიგივებს რეალურ ცხოვრებას მის მიერ წაკითხულ რომანებთან და არც ერთი წუთით არ ეჭვობს მისი შესაბამისობის ანალოგიათა სიცრუეში. მას ჰგონია, რომ ყველაფერი, რაც გადახდება, უზადო მოდელებია არსებული გარე სამყაროსი, ხოლო მათი ენა თვით სამყაროს ენას წარმოადგენს.

გარკვეული თვალსაზრისით, დონ კიხოტის თავგადასავალი ანალოგიათა მეშვეობით ცხოვრების რეალობის გამოსახვაა. მის მიერ შერჩეული ანალოგიები მას სრულიად უმწიკლოდ მიაჩნია. ხოლო სანჩო-პანსამ კი ეს განსაკუთრებით კარგად იცის, რომ პარალელები რომანის სამყაროსა და რეალურ ყოფას შორის დიდი ხანია უკვე აღარ არსებობს...

არის ასეთი თქმულებაც. ლევ ტოლსტოიმ თვალი შეავლო ქანც-გამოცლილ, დაღლილ, ბებერ ცხენს და ასე მიმართა მის გვერდით მდგომ ტურგენევს: „გსურთ, ვითხრათ რას ფიქრობს ეს ცხენი!“ სულმოუთქმელად, ძალზე მწყობრად და ხატოვნად დაიწყო აღწერა ცხენის ძნელი და დუხჭირი ცხოვრებისა. მონაყოლი ისეთი დამარწმუნებელი იყო, რომ ტურგენევი იძულებული გახდა ეკითხა: „ლევ ნიკოლოზის ძე, როდის იყავით თქვენ ცხენი?“ მოგვიანებით ტოლსტოიმ დაწერა მოთხრობა „ცხენის ისტორია“, რომელშიც ბებერი იაბო თავის ამქარს უყვება თავისი აბნეული, რთული ყოფის შესახებ, სადაც ცხენის ცხოვრება წარმოსახება ადამიანის ცხოვრების ანალოგიურად.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ანალოგიებით მსჯელობა ისტორიულ კვლევას შემოქმედებით ხასიათს იძენს.

არქეოლოგის არ აკმაყოფილებს გათხრებით ნანახი პრიმიტიული ქვის იარაღის დათვალიერება. იგი იღებს ქვის ნატეხს და მოთ-

მინებით კვეთავს ქვის ისეთსავე ნაჯახს. მისი მსგავსება თავის პირველყოფილ პროტოტიპთან საფუძვლიან არაგუმენტად ითვლება პირველყოფილი ცხოვრების რეკონსტრუქციის სასარგებლოდ. სწორედ იმიტომ იყო, რომ განთქმულმა მოგზაურმა მიკლუსო-მაკლაიმ რამდენიმე წელი გაატარა პოლინეზიელებს შორის და მათთან ერთად სარგებლობდა იმავე შრომის იარაღებით, რომლებსაც ისინი იყენებდნენ.

ირლანდიურ ეპოსში არის თქმულება (დათარიღებული მეშვიდე საუკუნით), რომელიც მოგვითხრობს აბატ ბრენდარის შორეულ მოგზაურობაზე. გეოგრაფმა ტიმ სევერინმა დეტალურად შეისწავლა ეს თქმულება და მივიდა დასკვნამდე, რომ ბრენდანი ისტორიული პირია, რომელმაც სინამდვილეში იმოგზაურა ჩრდილო ამერიკაში, რაზედაც მეტყველებს სარწმუნო გეოგრაფიული დეტალები, ნახაზები და საზღვაო ჩანაწერები. სევერინმა გაიმეორა ათას ხუთასი წლის წინათ ჩატარებული მოგზაურობა. მან მცირე გუნდის თანხლებით და ნავით, რომელიც შეკრული იყო ხარის ტყავისაგან, გაიარა ბრენდანის ჰიპოთეზური მარშრუტებით. გზა რთული და მრავალსაფეხურიანი იყო, ჩერდებოდნენ კუნძულებზე. ექსპედიციის მონაწილენი ცურვის დროს კიდევ ერთხელ დარწმუნდნენ, თუ რა დაწვრილებით იყო აღწერილი ყველა დეტალი ბრენდარის თქმულებაში. ეს მოგზაურობა გახდა დამარწმუნებელი არგუმენტი იმ ჰიპოთეზის სასარგებლოდ, რომლის თანახმადაც ირლანდიელებმა ამერიკა აღმოაჩინეს დაახლოებით ხუთი საუკუნით ადრე, ვიდრე ნორმანებმა.

სევერინის გადაცურვა მხოლოდ ანლოგიაა და ირლანდიელების მიერ ჩრდილო ამერიკის დალაშქვრა ჯერ კიდევ ჰიპოთეზად რჩება. მის დამამტკიცებელ ფაქტებად გამოდგებოდა მატერიალური კულტურის საგნების აღმოჩენა ჩრდილო ამერიკის კონტინენტზე. დამტკიცებულად ითვლება, რომ ჩრდილო ამერიკა აღმოაჩინეს ნორმანებმა? თანამედროვე მკვლევარებმა გაიმეორეს პირველმკვლევარ ლეივა ერკონენის გზა. მოგვიანებით ნორვეგიელმა არქეოლოგმა ჰელვე ინსტედმა აღმოაჩინა ნიუფაუნდლენდზე ნორმანების ადგილსამყოფელთა ნანგრევები. ამჟამად ამერიკის შეერთებულ შტატებში ნორმან ერიქსონის ხსოვნის დღე გენუელი კოლუმბის დღესასწაულთან ერთად აღინიშნება [1].

აღამიანისადმი თანამედროვე ინტერესმა მოახდინა აქცენტთა გადაადგილება. იგი წარმოგვიდგა, როგორც ორმაგი, სოციოლოგიური

და ბიოლოგიური ბუნების მატარებელი არსება. მცდელობა, რომ ანალოგიების მიხედვით გავიგოთ და გამოვხატოთ მისი რაობა, სულ უფრო იშვიათად გვხვდება. გამოჩნდა ტენდენციები, რომლებიც ადამიანს სხვა ცოცხალი არსებების მსგავსად ახასიათებს. ასეთი ანალოგიები დასაშვები და მისაღებია, მხოლოდ, განსაკუთრებულ ყურადღებას მოითხოვს!

ადამიანის შედარებისას ყოველთვის დაშვებულია რაღაც რისკი, დაკავშირებული გამარტივებულ დაშვებებთან, რომლებიც ჩრდილავს მის თავისებურებებს და განუმეორებლობას. კერძოდ, ასეთ უხეშ დაშვებად ითვლება ის არგუმენტი, რომ ადამიანები ვერ გადარჩებიან, როგორც ვერ გადარჩნენ პირველყოფილი ცხოველები! საკმარისია დააკვირდე და ყურადღება მიაქციო ადამიანთა ქცევის მიზანდასახულობას საზოგადოების განვითარების მოცემულ ეტაპზე, რომ მიხვდე საზოგადოებასა და ცხოველთა სამყაროს შორის დაშვებულ ანალოგიათა შეუსაბამობას!

ბაბებია ანალოგიის მიხედვით



ახალი იდეების მძლავრი გენერატორია ანალოგიის გამოყენება ჰიპოთეზებისა და დაშვებებისათვის. მეცნიერთათვის ანალოგია ქმნის არა უბრალო იდეათა მარაგს, არამედ ამოცანათა ამოხსნის მთელ არსენალს, მის ნახევარფაბრიკატებს. ცნებები, დაშვებები, ფორმალური მათემატიკური სტრუქტურები ის არეალია, რითაც დემონსტრირდება მათი წარმატება და შემდეგ გადაიტანება სხვა არეში, რომელიც მკვლევარისათვის წარმოადგენს მისივე პრობლემური სიტუაციის ცენტრს. გადატანას საფუძვლად უდევს ორ არეს შორის არასრული მსგავსების არსებობა. იდეათა სხვა არეში გადატანა ზრდის შერჩეული მეთოდების ეფექტიანობის რწმენას.

ანალოგიური გადატანა კონტროლებადი რისკის მყარი საფუძველია. მისი მეშვეობით იშიფრება ამოხსნები, რომლებმაც დაამტკიცა თავისი მუშაობისუნარიანობა სხვა კონტექსტში, აღადგინა იდეათა

შორის ახალი კავშირები, რაც უკვე ჭეშმარიტ ცოდნად ჩაითვლება. ახალი იდეები არ იბადება ცარიელ ადგილზე, იგი უკვე არსებული გარდაქმნების შედეგია, გამოცდილება კი ეხმარება მათ გაძლიერებას.

ამბობენ, რომ ახალი ცოდნა სწორედ ისაა, რასაც ანალოგიები არა აქვს, რომ ანალოგიის გამოყენება შემოსაზღვრულია.

მეცნიერების ისტორია საპირისპიროს ამტკიცებს - მოულოდნელ ანალოგიებს ნაცნობ ცოდნათა შორის ყველაზე რადიკალური სიახლე აღმოაჩენს.

ბიოლოგიაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ცნებაა ჰომოლოგია - ცხოველებისა და მეცნარეების ორგანოთა მსგავსება აღნაგობის ძირითადი სქემის მიხედვით. იგი აიხსნება წარმოშობის ერთიანობით, პარალელური გენეტიკური დეტერმინაციით ან იმით, რომ მოცემული ორგანოები ერთი რომელიმე მწკრივის დამთავრებად ჩაითვლება.

ჰომოლოგია ანალოგიის ბიოლოგიური სახეცვლილებაა. ჰომოლოგებად ითვლება გულთან არსებული საცურაო ბუშტი თევზებში, ფრთები - ფრინველებში, წინა კიდურები - ძუძუმწოვრებში. ყოველივე ეს წარმოიშვა განვითარების პროცესში ძალზე მარტივი "ხუთთავიანი" სტრუქტურიდან - ჟირაფის, ცხენის ჩლიქები ფრჩხილების ჰომოლოგიურია. არაწყვილ ჩლიქიანთათვის წინა ფეხის მთავარი ჩლიქი შეესაბამება ჩვენს შუა თითს, ხოლო მეორე და მეოთხე, რუდიმენტებად იქცნენ. წვრილჩლიქიანთა დანარჩენი თითები შეესაბამება ჩვენს შუა და არათითებს. ცხადია, რომ თუ არა ჰომოლოგიური შესწავლა, ბიოლოგიაში ბევრი საკითხი გაუშუქებული დარჩებოდა.

ანალოგიის როლი, როგორც სხვადასხვა არეების დაახლოების საშუალება, არ უნდა იყოს გადაჭარბებული. ხშირად იგი გაგების გასაიოლებლად გამოიყენება. განსაკუთრებით სასარგებლოა აბსტრაქტული დაკვირვებისათვის მიულწვევლი ობიექტების ისეთ საგნებთან შედარება, რომლებიც შეიძლება დაინახო, შეეხო.

მოვლენათა კონკრეტიზაცია, მათი წარმოდგენა ხატოვანი ფორმით არცთუ იშვიათად იძლევა შესაძლებლობას იმ იდეებში ჩასაწვდომად, რომლებიც არ ექვემდებარება აბსტრაქტულ ახსნას. ცხადია, ყოველთვის არ შეიძლება აბსტრაქციასთან რაღაც კონკრეტულის მისადაგება, ეს მნიშვნელოვნად ამახინჯებს საქმის არსს.

მიუხედავად ამისა, მარჯვედ შერჩეული ხატი ბევრს ნიშნავს გაგების გასაიოლებლად. ისიც მნიშვნელოვანია, რომ შეიმოიფარგლოს დამხმარე სამსახურებრივი როლით და არ გადაუხვიოს საძიებელი ობიექტიდან!

მეცხრამეტე საუკუნის ოციან წლებში გამოითქვა ჰიპოთეზა, რომლის თანახმად, ატომის ბირთვში უნდა ყოფილიყო ელექტრონები. ბევრი გააოცა ამ ფაქტმა. კამათი მიმდინარეობდა უნივერსიტეტის კაფეში. ამოიწურა რა ყველა აბსტრაქტული დასკვნა, ჰაიზენბერგმა მოიშველია ცხად წარმოდგენაზე დაყრდნობილი ანალოგია: “გაიხედეთ ფანჯარაში, - უთხრა მან კოლეგებს, ხედავთ, როგორ შედიან საცურაო აუზში? ადამიანები ყველა ჩაცმულია! შეგიძლიათ დაუშვათ, რომ ისინი ჩაცმულები იცურავენ? მაშინ საიდან რწმუნდებით, რომ ბირთვიდან გამოდიან ზუსტად ისეთივე ნაწილაკები, რომლებიც მის შიგნით იყვნენ?” ამ არცთუ ღრმა ანალოგიას უსაფუძვლოდ არ ჩაუვლია.

რ. ვინერმა გააანალიზა მთელი რიგი შემთხვევებისა, რომლებითაც მტკიცდებოდა განსახილველ სისტემათა შორის არსებულ სტრუქტურათა მსგავსება. გაავლო რა ანალოგია მონადირისაგან გაქცეული ნადირისა და მართვადი ყუმბარის მოძრაობას შორის (რომელიც მტრის თვითმფრინავს ეწევა), მან აჩვენა, რომ ყუმბარის დამოკიდებულება თვითმფრინავთან ზუსტად ისეთივე იყო, როგორიც ადამიანისა ნადირთან. ეს ნიშნავს, რომ მათემატიკური აღწერა სისტემისა - „მონადირე-ნადირი“ შეიძლება გამოვიყენოთ ყუმბარა-თვითმფრინავისათვის. იგი გამოდგება სხვა ბუნებრივი ან ტექნიკური მოწყობილობებისთვისაც.

თუ ანალოგია მეცნიერული მოდელების განუყოფელი სტრუქტურული კომპონენტია, მაშინ მოდელი შეცვლის ორიგინალს და შემეცნებასა და პარაქტიკაში, რაღაც ასპექტში ამარტივებს ორიგინალს, ხასიათდება საკუთარი თვისებებით. ამიტომ, როდესაც მოდელიდან მიღებული ცოდნა ორიგინალზე ვრცელდება, საქმე განსაკუთრებულ სიფრთხილესა და დაკვირვებას მოითხოვს.

ანალოგიები ოკულტიზმის მეცნიერებაში



ოკულტიზმი (Occulta ნიშნავს იდუმალს) წარმოადგენს იდუმალ მეცნიერებას როგორც დაკვირვებად, ისე უჩინარ სამყაროში არსებული სისტემებისა და მოვლენების შესახებ. მას საფუძველი ჩაეყარა გენიოსთა სწავლებებში: ძველ აღმოსავლეთში (რამა, კრიშნა, ლაო-ძი, ბუდა), ირანში (ზარათუსტრა), ეგვიპტეში (ჰერმესი, ოზირისი, მოსე), ძველ საბერძნეთში (ორფეოსი, პითაგორა, პლატონი).

ოკულტიზმის საფუძვლები გასაგებად აქვს ჩამოყალიბებული ფრანგ ოკულტიისტურ სწავლებათა პოპულარიზატორს, დოქტორ შერარა ანკოსას (ცნობილია ფსევდონიმით „დ-რ პაპიუსი“). მისი აზრით, ოკულტიზმი არის:

1. ფილოსოფიური სისტემა, რომლის მიზანია სხვადასხვა მეცნიერებების მიერ მოპოვებული ცოდნის სინთეზირება იმ უზოგადესი კანონების დასადგენად, რომელთა საშუალებით აიხსნება ბუნებაში არსებული ყოველი მოვლენა;

2. მეცნიერებათა წყება, რომელიც შეისწავლის უჩინარ (იდუმალ) სამყაროს და მის გამოვლინებას სახიერ სამყაროში, რისთვისაც ის, გარდა ლოგიკური ინდუქციისა და დედუქციის მეთოდისა, იყენებს მესამე მეთოდსაც — ანალოგიას.

დ-რ პაპიუსის მიხედვით, ფიზიკური მეცნიერება ხილული და გარეგანია, მაშინ, როცა ოკულტიზმი არის იდუმალი და შინაგანი; მისი მიზანია საგნის ძირითადი დანიშნულებისა და ფარული არსის გახსნა. იგი ემყარება სამ ზოგად პრინციპს, ესენია:

სამყაროს აქვს ორი ფუნდამენტური საწყისი: ფიზიკური (გრძნობად მატერიალური) და უჩინარი (სულიერი).

მაშინ, როცა მატერიალისტებისათვის კოსმოსური სამყაროს საწყისს მატერიის დაკვირვებადი ფორმა წარმოადგენს, ხოლო რელიგიისათვის — ღმერთი, ოკულტიზმის მიხედვით მას ორი ძირითადი საწყისი აქვს სახიერისა და უჩინარის სახით.

ხილული სამყარო უჩინარი სამყაროს სარკული ანარეკლია. რამდენად სარწმუნოა ეს აზრი?

რაობა	აქტიური	საშუალო	პასიური
სითბო	ცხელი	თბილი	ცივი
მღვრადობა	მყარი	თხევადი	გაზობრივი
სქესი	მამრობითი	საშუალო	მდედრობითი
ოჯახი	მამა	შვილი	დედა
მუხტი	დადებითი	საშუალო	უარყოფითი
ქედება	მიზიდვა	წონასწორობა	განზიდვა
ნიშანი	+	∞	-



ნახ. 1

ცნობილია, რომ ადამიანი აზრის გამოსახატავად იყენებს ნიშანს, რომლის არსის გახსნა შესაბამისი კოდითაა შესაძლებელი. ყოველ აზრს შეიძლება შევესაბამოთ გარკვეული ნიშანი სპეციალური კოდის გამოყენებით და, პირიქით: თუ ვიცით კოდი, ნიშნის საშუალებით შეიძლება საგნის არსის გაგება. ასეთი გაგებით საგნის დედაარსი მისი ფორმით შეიძლება გამოიხატოს. ფორმა ხილულია, არსი უხილავი და იდუმალი. მაგალითად, წიგნი წარმოადგენს გარკვეული ფორმის საგანს, რომელიც შეიძლება შესწავლილ იქნეს გარეგნულ-ფიზიკურად (ზომა, წონა, ფურცლების მასალა და რაოდენობა, ანბანის სახე, გამოცემის დრო და ფორმა და სხვ.), მაგრამ წიგნის შინაარსის გასაგებად აუცილებელია გავხსნათ მისი ანბანის კოდი, წავიკითხოთ ის, გავეცნოთ მის შინაარსს. ამაში მდგომარეობს ფორმის ანუ სახიერის საშუალებით არსის, ანუ ფუნქციონალობის გაგება. ყოველი საგნის ფუნქციური დანიშნულება გამოისახება შესაბამისი ფორმით.

შესაბამისობის პრინციპი თავის თავში შეიცავს ანალოგიის პრინციპს, რაც შემდეგში მდგომარეობს: თუ რაიმე საგანი ანალოგიურია მეორე საგნისა, მაშინ ყველა ნაწილი, რომლისგანაც შედგება აღებული საგანი, ანალოგიურია მეორის შესაბამისი ნაწილებისა.

ამრიგად, ოკულტიზმის მეორე პრინციპია ხილული სამყაროსა და უჩინარი სამყაროს ურთიერთშესაბამისობის პრინციპი.

ოკულტიზმის მესამე ძირითადი პრინციპი სამ-ერთობის (სამების ანუ ტერნერის) პრინციპია: ყოველი მონადა შედგება სამებისაგან: აქტიურის, პასიურისა და საშუალოსაგან. მას საფუძვლად უდევს დაპირისპირებულობის კანონი, რომლის არსი ასეთია: ორ ურთიერთსაპირისპირო რაობას ყოველთვის აქვს გარდამავალი საფეხური საშუალებდოს (შუალედურის) სახით, რომელიც წარმოიქმნება საპირისპირო პოლუსების დიალექტიკური ერთიანობით (ნახ. 1).

თუ ეს კანონები უზოგადესია, მაშინ მათ თავი უნდა გამოამჟღავნონ მრავალი სხვადასხვა ფაქტის სახით (ნახ. 1).

ასეთი მაგალითების გაგრძელება უსასრულოდ შეიძლება, რაც მიუთითებს ზემოხსენებული კანონის მართებულობაზე.

ადამიანის რაობა ვლინდება სამყაროსთან ურთიერთობაში სამი სფეროთი:

1. ადამიანის მიერ 5 გრძნობის ორგანოს საშუალებით ყოველივე იმის აღქმა, რაც აუცილებელია ფიზიკური სხეულის არსებობისა და გადარჩენისათვის.

2. წარმოდგენები საგნებისა და მოვლენების შესახებ, რაც ვლინდება სიამოვნება-უსიამოვნების, სიმპატია-ანტიპათიის, ლტოლვისა და ზიზღის, სიხარულისა და წყენის თვალსაზრისით.

3. საგნების ძირითადი ფუნქციური დანიშნულების, მათი იღუმადლი თვისებების, როგორც ერთგვარი „ღვთიური არსების“ შემეცნება, რაც მხოლოდ ინტუიციითა და ზეგრძნობადობითაა შესაძლებელი.

რ. შტაინერის თვალსაზრისით, ადამიანს, შესაბამისად, აქვს სამი მხარე თავის არსებაში: სხეული, სამშეინველი და სული.

ადამიანის სხეულებრივი არსება ერთდროულად ენათესავება მინერალურს, მცენარეულსა და ცხოველურს. მინერალურის მსგავსად მისი სხეული აგებულია ბუნებრივი მინერალებისაგან, იგი მცენარეთა მსგავსად იზრდება და მრავლდება. ცხოველთა მსგავსად აღიქვამს გარემოს საგნებს და მათგან მიღებული შთაბეჭდილებების საფუძველზე აგებს თავის შინაგან განცდებს. ადამიანში ერთდროულად არსებობს მინერალური, მცენარეული და ცხოველური ყოფიერება, მაგრამ მისი სხეული დამატებით შეიცავს განსაკუთრებით უფაქიზეს ორგანოს თავის ტვინის მოაზროვნე ნაწილის სახით. ტვინი არის სხეულებრივი იარაღი აზროვნებისათვის, ხოლო სული ტვინს იყენებს როგორც კომპიუტერს.

შტაინერის მიხედვით ადამიანის სხეულში იგულისხმება ის, რითაც ადამიანისათვის გარე სამყაროს საგნები იხსნება სენსორული შეგრძნებების საშუალებით.

ადამიანის მშენიერი მხარის განხილვა, სხეულის მსგავსად შეუძლებელია. ადამიანი მშენიერი სფეროს მარტო თავის თავში ატარებს და მიუწვდომელია სხვისი დაკვირებისათვის, ანუ სამშენიველი ადამიანის ინტიმურ სამყაროს წარმოადგენს. სამშენიველი არის ადამიანის თვისებრიობა, რომლის საფუძველია სხეულებრიობა.

სული Spiritus ლათინურად ნიშნავს ნატიფ მატერიას. ფართო გაგებით, სული იდეალიზმის პირველსაწყისი ცნებაა. სულის პირველადობის იდეას ობიექტურ იდეალიზმამდე მივყვართ.

პლატონის მიხედვით, სული არის უზენაესი გონიერი საწყისი, რომელიც შეიცნობა ინტუიციით.

კრიშნას სწავლების მიხედვით ადამიანის ფიზიკური სხეული მოკვდავია, ხოლო მასში დავანებული სული არის რაღაც უჩინარი, უწონო, უზრწნელი და უკვდავი. ამ მოძღვრების მიხედვით, სიკვდილის შემდეგ ადამიანის სული გადადის სხვა სხეულში, ანუ განიცდის რეინკარნაციას. სულთა საფუძველს უნატიფესი სუბსტანცია წარმოადგენს, რომელიც სულთა სამყაროდაა მიჩნეული. კრიშნაიზმის ამჟამინდელი მიმდევრობის თვალსაზრისით, სული მიჩნეულია უმაღლესი ფორმის ენერგიად. კრიშნაიდების მიხედვით, ბავშვის ჩასახვა დედის მუცელში ხდება ნაყოფთან — მატერიალურ ნაწილთან. მხოლოდ სულის შეერთების შემთხვევაში; წინააღმდეგ შემთხვევაში, ნაყოფის განვითარება არ მოხდება. მხოლოდ სულიერი ნაწილი ავითარებს მატერიალურ ნაწილს.

ჰეგელის აზრით, სული არის ადამიანის თვითცნობიერებისა და ცნობიერების ერთობლიობა, განხორციელებული მის გონში.

რ. შტაინერის თვალსაზრისით, სული ადამიანის ის ნაწილია, რომლითაც ცხადდება ადამიანის სხეულებრივი და მშენიერი ნაწილის მიღმა არსებული ობიექტური რეალობა.

ბუნების მკვლევარს საქმე აქვს სხეულთან, სამშენიველის მკვლევარს (ფსიქოლოგს) — სამშენიველთან, ხოლო სულის მკვლევარს (თეოლოგს) სულთან. ადამიანმა აზროვნებით უნდა განასხვავოს თავის საკუთარ არსებაში სხეული, სამშენიველი და სული. ეს არის აუცილებელი პირობა მისთვის, ვისაც სურს აზროვნებით ჩაწვდეს ადამიანის არსებას.

ადამიანი ნაკლებად ხედავს სულს მანამ, სანამ იგი მხოლოდ მშვინვიერ განცდებს აკვირდება. მშვინვიერი მხოლოდ ნიადაგია სულიერისათვის.

ბუნება უქვემდებარებს ადამიანს ნივთიერებათა ცვლის კანონებს, აზროვნების კანონებს კი ადამიანი თავად ექვემდებარება. მათი მეშვეობით ადამიანი თავის თავს აკუთვნებს უფრო მაღალი განწყების საუფლოს, ვიდრე იმას, რომელსაც ის სხეულით ეკუთვნის. ეს არის სულიერი განწყება.

რ. შტაინერის მიხედვით, არსებობს სულიერი სამყარო, რომლის ფარგლებში იგება ადამიანის სული, როგორც დამოუკიდებელი ერთეული. სული იბადება სულიერი სამყაროდან ჭეშმარიტებისა და სიკეთის მარადიული კანონების მიხედვით. ადამიანის სულს აქვს-სულიერი კანი (სულის აურული გარსი), რითაც ადამიანის სული გამოყოფილია ერთიანი სულიერი სამყაროდან. თუმცა, სულის აურულ გარსს უსაზღვრო ზრდისა და გაფართოების უნარი აქვს. სულიერი სამყარო წარმოადგენს მუდმივ საზრდოს ადამიანის სული-სათვის.

სული სამშვინველში ქმნის ინტუიციის ორგანოებს, ისე როგორც ფიზიკური სხეული ქმნის სენსორულ გრძნობის ორგანოებს.

რ. შტაინერის მიერ ასეთი სახით მოცემული განმარტება ადამიანის სამშვინველისა და სულისა, შეიძლება არაადამაკმაყოფილებლად მოგვეჩვენოს, მაგრამ მის მიხედვით ასეთი განმარტებები მხოლოდ მინიშნებებია და არა ზუსტი წარმოდგენები. ეს შედეგია იმისა, რომ ჩვენი სამშვინველისა და სულის შესაცნობად არც სენსორული გრძნობის ორგანოები გვაქვს, არც შესაბამისი ენა და ტერმინოლოგია მათ აღსაწერად და წარმოსადგენად.

მერაბ კოსტავას მიხედვით: „პირველადი და უმთავრესი საკითხი ესაა სამყაროსა და მარადისობისადმი ჩვენი მიმართება, რომელიც უსათუოდ უნდა დაეყრდნოს სულის უკვდავების იდეას. მარადისობა თუ მართლაც მარადისობაა, ამსოფლად მას მხოლოდ ადამიანის უკვდავი სული შეესაბამება და თავად მარადისობისა და სულის უკვდავების საკითხიც არასოდეს წარმოიშობოდა, ადამიანის სული უკვდავი რომ არ იყოს, რადგანაც მხოლოდ უკვდავში შეიძლება იშვას მარადისობისა და უკვდავების შესატყვისი საკითხები“.

ადამიანი ერთადერთი არსებაა, რომელსაც აზნასიათებს „მე“-ს ცნება, რაც მისი ერთ-ერთი განმასხვავებელი თვისებაა ცხოველისაგან.

მეცნიერთა მოსაზრებით, თუ მინერალური სამყაროს შემეცნება შეიძლება გრძნობის სენსორული ორგანოებითა და მათთან დაკავშირებული ტვინის ლოგიკური აზროვნებით, მეცნარეულში არსებული ეთერულ-სულიერი ფორმის შეცნობა შესაძლებელია იმანაგაციური აზროვნებით (ასეთი აზროვნების უნარი ჰქონდათ გოეთესა და ვაჟა-ფშაველას). ცხოველთა სამყაროს შეცნობა, ანუ ასტრალური სხეულის ხედვა, შესაძლებელია ინსპირაციული აზროვნებით. ადამიანის ჭეშმარიტი „მე“-ს შემეცნება შეიძლება მიღწეულ იქნეს ინტუიციური აზროვნებით, ხოლო სულიერი აქტების ამოცნობა და კვლევა მხოლოდ ნათელმხილველ დამკვირვებელს შეუძლია მედიტაციის საშუალებით.

როგორც ადამიანის ფიზიკურ სხეულს აქვს თავისი ცენტრი „მე“-ში. „მე“ სხეულისა და სამშვინველის მბრძანებელია. „მე“ როგორც ჭეშმარიტი არსი, სრულიად უხილავია სხვათათვის, მოქმედებს ფიზიკური და მშვინვეიერი სხეულის საშუალებით, რომლებიც „მე“-ს გარსებს წარმოადგენს. „მე“-ში გაერთიანებულია ფიზიკური სხეულისა და სამშვინველის გრძნობები და განცდები, ჭეშმარიტებისა და სიკეთის აზრები.

სხეული და სამშვინველი ეძლევა „მე“-ს, რათა ემსახუროს მას, „მე“ კი, თავის მხრივ, ეძლევა სულს, რათა სულმა ადავსოს იგი, ე.ი. „მე“ წარმოადგენს სულის ჭურჭელს.

„სული ფორმად ქმნის „მე“-ს შიგნიდან გარეთ, მინერალური საუფლო კი — გარედან შიგნით. „მე“-ს შეუძლია გარდაქმნას ადამიანის ფიზიკური და ასტრალური სხეული. „მე“-ს მოქმედებით იწმინდება ადამიანის სულიერი სხეული.

კარმა სანსკრიტულ ენაზე ნიშნავს მოქმედებას. მთელი სამყარო არის უწყვეტი მოქმედება, რომელიც იმართება მიზეზობრიობის კანონით. კარმა განსაზღვრავს ადამიანის ბედ-იღბალს. მინერალური სამყაროს მომავალი მიზეზშედეგობრიობა განისაზღვრა დიდი აფეთქების საწყისმა მომენტმა კოსმოსური მუდმივებისა და ელემენტარული ნაწილაკების (სამყაროს უმცირესი ნაწილაკების) თვისებების შერჩევით.

კარმის შესწავლა საშუალებას გვაძლევს პასუხი გავცეთ შემდეგ უმნიშვნელოვანეს კითხვებს: რას წარმოადგენს ადამიანი? რამდენადაა იგი თავისუფალი თავისი ბედის არჩევაში? რამდენადაა დამოკიდებული ადამიანის მომავალი მის ამჟამინდელ ქცევაზე?

ადამიანისათვის მიზეზშედევობრივი კანონი ხორციელდება თავისი ნების, აზროვნებისა და ქმედების საშუალებით. ყოველივე ამის შედეგი განსაზღვრავს მის ბედს — კარმას. „ბედი მომეცი და სანაგვეზე გადამაგდო“, — იტყვიან.

არსებობს მომწიფებული კარმა; იგი აერთიანებს იმ პირობებს, რომლებშიც ადამიანს მოუხდება არსებობა აღებულ ცხოვრებაში. ესენია: ადამიანის ფიზიკური სხეულის ანსაკუთრებულობა; საზოგადოებრივი ცხოვრების პირობები (სოციუმი); ნათესაეების, მეგობრებისა და მტრების შერჩევა; თავის ტვინის სტრუქტურულობა (განპირობებული წინაპართა გენებით); სიხარული და სიღუხჭირე განცდილი ამჟამინდელ ცხოვრებაში; ქმედებათა და შემთხვევათა ერთობლიობა, რომლებიც აუცილებელ განხორციელებასა და რეალიზებას ექვემდებარება. ისინი წარმოადგენენ ადრე განხორციელებული სურვილების, აზრების, მისწრაფებებისა და ქმედებების შედეგს.

არსებობს მოუმწიფებელი კარმა, რომლის აღსრულება დამოკიდებულია ადამიანის მიერ ამჟამინდელ ცხოვრებაში გზის შერჩევასა და ქმედებაზე. კეთილი ქმედება იწვევს კარგ შედეგებს, უკეთური ქმედება — ცუდს. კეთილი და უკეთური ქმედებანი ერთმანეთს არ აბათილებენ.

მეცნიერთა აზრით, არ არსებობს არც ერთი უკეთური ქმედება და კეთილი საქმე, რომელიც არ აირეკლება თვით ქმედების ჩამდენი ადამიანის ან მისი შემდგომი შთამომავლობის ცხოვრებაზე.

კარმის ბედ-იღბლის აუცილებლობის აღიარება არ ნიშნავს მისადმი უსიტყვო მორჩილებას. ადამიანს თავისი ნებელობით, ქმედებით, აწმყოში სწორი სამოქმედო გზის შერჩევით, კეთილი საქმიანობით, შემოქმედებითი მუშაობით შეუძლია არა მარტო თავისი ბედ-იღბლის კარმის კორექცია და შერბილება, არამედ თავისი ახლობლების კარმის გაუმჯობესებასაც. სწორედ ამაში მდგომარეობს კაცობრიობის ევოლუციური განვითარების ერთ-ერთი საფუძველი. ეს გზა რთულია, მოითხოვს შემოქმედებით მიდგომას.

საჭიროა კარმისეული კანონის, როგორც შეგნებული აუცილებლობისა და ადამიანის თავისუფალი ნების ურთიერთშეხამება, რომლის ფონზე აიგება რეალური ცხოვრების პერიპეტეიები. კარმის ციხესიმაგრე, რომელიც ზღუდავს ადამიანის თავისუფლებას, მისი წარსული ქმედებებითაა აგებული; მისი დანგრევა ისევ ადამიანის ქმედე-

ბებიტაა შესაძლებელი აწმყოში, გონებისა და ნების გამოყენებით. „გულმოდგინება კარმაზე ძლიერია“.

თავისი კარმა აქვს ყოველ ადამიანს, ოჯახს, ადამიანთა ნებისმიერ სოციალურ ერთობას, ეთნოსს, ერსა და კაცობრიობას.

ეგრეგორი ბერძნულად ნიშნავს მფარველ ანგელოზს. ქართველები ხშირად ვიყენებთ მფარველი ანგელოზისა და ადგილის დედის ცნებებს. ანგელოზში არ იგულისხმება ფრთაშესხმული, ცისფერთვალეა და ხუჭუჭთმიანი ბიჭუნა. ეგრეგორიში იგულისხმება ფაქიზი, უჩინარი, „ნათელი“ სამყაროს სტრუქტურულ-ინფორმაციული ერთეული.

მიჩნეულია, რომ რეალურ აღქმად სამყაროში არსებულ ნებისმიერ ფიზიკურ ინდივიდს, ადამიანთა ნებისმიერ სოციალურ ერთობასა და მათი საქმიანობის ნებისმიერ სფეროს (ხელოვნებისა და მეცნიერების ნებისმიერ დარგს) ნატიფ სამყაროში შეესაბამება გარკვეული ინფორმაციული სტრუქტურა, რომელსაც წამყვან ეგრეგორის უწოდებენ.

ეგრეგორი წარმოადგენს რთულ ინფორმაციულ სტრუქტურას „ინფორმაციული ბანკებისა და ქვებანკების“ ქსელის სახით.

თითოეული სოციალური ორგანიზმი მჭიდროდაა დაკავშირებული თავის წამყვან ეგრეგორისთან. თითოეული ხელოვანი და მეცნიერი დაკავშირებულია შესაბამის ინფორმაციულ სტრუქტურასთან (წამყვან ეგრეგორისთან). ნატიფ სამყაროში გარდა წამყვანი ეგრეგორისა, შესაძლებელია არსებობდეს კავშირები სხვა ეგრეგორიებთანაც სხვადასხვა ინტენსივობით.

ადამიანი ქვეცნობიერად ერთდროულად შეიძლება დაკავშირებული იყოს ოჯახის, გვარის, სკოლის, სექციის, ერის, კაცობრიობის, ამა თუ იმ მეცნიერებისა და ხელოვნების დარგის შესაბამის ეგრეგორისთან. ყოველი ადამიანი ემსახურება მასთან დაკავშირებულ ეგრეგორის ისე, რომ არ გრძობს დაძაბულობას მისი მხრიდან და თვლის, რომ მას „სხვანაირად არ შეუძლია“. მაგალითად, ოჯახის ეგრეგორის მატარებელი ადამიანი სიამოვნებით ემსახურება ოჯახს არა იმდენად მოვალეობის გრძნობით, არამედ იმიტომ, რომ მას „სხვანაირად არ ძალუძს“.

ყოველ ეგრეგორის აქვს თავისი შესაბამისი ზუსტად განსაზღვრული ინფორმაციული სიხშირე, რის გამოც მასთან კავშირის დამყარება (მის სფეროში მოქცევა) ძალუძს მხოლოდ იმ ადამიანს,

რომელიც მასზეა „განწყობილი“ კარმისეულად დაბადებიდანვე, ან შექმნებისა და შემოქმედებითი მუშაობის მეშვეობით.

ეგრეგორი წარმოიქმნება, მწიფდება, ამყარებს კავშირებს სხვა ეგრეგორიებთან, ვითარდება და ტრანსფორმირდება. ყოველივე ეს განპირობებულია საყოველთაო მიზეზშედევობრივი, ანუ კარმის კანონით. „ნათელი“ ნატიფი სამყარო მოწყობილია გაცილებით უფრო რთულად, ვიდრე ფიზიკური (აღქმადი). ის, რაც ხდება რეალურ (ფიზიკურ) სამყაროში, მხოლოდ „ჩრდილია“ (სიმბოლოა) ნატიფ სამყაროში მიმდინარე პროცესებისა.

ეგრეგორიები რეალიზაციის მიხედვით შეიძლება დაიყოს შემდეგ ტიპებად: ინდივიდუალური, წვეილური (ოჯახური), ჯგუფური (თანა-ჯგუფელები, თანაუბნელები...), პროფესიული (ფიზიკა, ბიოლოგია...), ორგანიზაციული (საერთო ინტერესების მიხედვით), ზნეობრივი, რელიგიური, ეთნიკურ-ნაციონალური, კაცობრიული, კოსმოლოგიური.

ზოგჯერ ადამიანი პატარაობიდანვე ამჟღავნებს მისწრაფებას ამა თუ იმ პროფესიისადმი. იჩენს ნიჭს, მიდრეკილებას ფიზიკის ან მათემატიკის მიმართ ან ბავშვობიდანვე იწყებს ლექსების წერას ხატვას, და კარგად გამოხდის. ჩვენ მას „თანდაყოლილ ნიჭს“ ვუწოდებთ. ზოგჯერ უფრო გვიან უჩნდება ლტოლვა ამა თუ იმ საგნისადმი, მეცნიერებისადმი. ამ მოვლენას „ტვინის გახსნას“ ვუწოდებთ. ვისაც თავის თავზე გამოუცდია, მისთვის ეს მოვლენა ცხადია და განმარტებას არ საჭიროებს. „თანდაყოლილი ნიჭი“ ნიშნავს დაბადებიდანვე კარმისეულ კავშირს შესაბამის ეგრეგორისთან, ხოლო „ტვინის გახსნის“ ფენომენი შეიძლება აიხსნას ადამიანის მთავროვნე ტვინის მიერ უშუალო კავშირის დამყარებით შესაბამის ეგრეგორისთან.

მაგალითად, ჭეშმარიტი პოეტია ის, ვინც უშუალო კავშირი დამყარა პოეზიის ეგრეგორისთან – მუზასთან. მუზის მოსვლა ნიშნავს უშუალო კავშირის დამყარებას შესაბამის ეგრეგორისთან და მისგან ინფორმაციის მიღებას. ამ მომენტში პოეტი ლექსს წერს ყოველგვარი დაძაბვის გარეშე და ღიდ სულიერ სიამოვნებასაც განიცდის.

„მე არ ვწერ ლექსებს, ლექსი თვითონ მწერს,“ – იტყვის ტიციან ტაბიძე. ან კიდევ: „მე ცა მნიშნავს და ერი მზრდის, მიწიერი ზეციერსა... ღმერთთან მისთვის ვლაპარაკობ, რომ წარვუძღვე წინა ერსა,“ – ბრძანებს ილია. პოეტი უშუალოდ ემორჩილება პოეზიისა და ერის ეგრეგორის (სხვას რომ თავი დავანებოთ).

ყოველი ადამიანი უნიკალური და განსაკუთრებული არსებაა, რომელსაც ახასიათებს არჩევის თავისუფლება, გადაწყვეტილების მიღებისა და მიღებული გადაწყვეტილების შესრულების უნარი. მაგრამ ეს თვისება თავისუფლებისა (თავის უფალი) მოიცავს ორ საპირისპირო ზღვრულ შესაძლებლობას: გახდეს წმინდანი; იქცეს არაადამიანად.

ოკულტიზმის თვალსაზრისით თითოეული ადამიანის სხეული არის „ტაძარი“ – სიმაგრე მასში დევანებული სულიწმინდისათვის, ანუ ინდივიდუალური ეგრეგორისათვის, ხოლო თვით ინდივიდუალური ეგრეგორი უშუალოდ უკავშირდება სხვა ეგრეგორებს, რომლებიც რეაგირებენ ერთმანეთზე. ყოველ ადამიანს ახასიათებს მისტიკური გრძნობა, რომელიც დაიკვირვება დაუოკებელ სწრაფვაში სიყვარულის, ცოდნის, იდუმალების შემეცნების, ხელოვნების, პოეზიისა და რელიგიის მიმართ. სწორედ ამ მისტიკური გრძნობით გამოიხატება ადამიანის ღამაკავშირებელი არხის გახსნა შესაბამის ეგრეგორიებთან.

ადამიანს მეტად ძვირი უჯდება თავისი წამყვანი ეგრეგორის „ძახილის“ მიყრუება და უკუგდება. როგორც წესი, ადამიანის კავშირი მმართველ ეგრეგორისთან განპირობებულია კარმისეულად. იგი მას ემორჩილება გაუცნობიერებლად და ჰგონია, რომ მოქმედებს თავისი სურვილით.

ოკულტიზმი, რომელიც ქართულად: „ნათლისგნებას“ ნიშნავს, წარმოადგენს მატერიის არსებობის როგორც „ხილულ“, ისე „უჩინარ“ ფორმათა შემსწავლელ მეცნიერებას. მისი მიზანია საგნის ძირითადი – ფარული არსის გაგება. ოკულტიზმის ძირითადი პრინციპებია:

ობიექტურად არსებობს მატერიის როგორც დაკვირვებადი (უხეში), ისე „უჩინარი“ (ნატიფი) ფორმები. ამასთან, მატერიის ძირითად ფორმად მიჩნეულია მისი ნატიფი („უჩინარი“) ფორმა.

ყოველი რეალური დაკვირვებადი საგნის არსი გამოისახება მისი ფორმით.

ხილული კოსმოსური სამყარო წარმოადგენს „უჩინარი“ კოსმოსური სამყაროს სარკისეულ ანარეკლს.

ტერნერის, ანუ სამების პრინციპი, რომლის თანახმად მთელი კოსმოსური სამყარო და მასში არსებული ყოველი დამოუკიდებელი რაობა წარმოადგენს სამების: აქტიურის, პასიურის და საშუალოს ერთობას.

დაკვირვებადი კოსმოსური სამყარო შედგება სამების: მინერალური, ბიოლოგიური და საზოგადოებრივი სამყაროსაგან.

თითოეული სამყარო, სტრუქტურულობის სირთულის მიხედვით, არის 7-საფეხურიანი სისტემა.

ანალოგიურობისა და შესაბამისობის პრინციპის თანახმად, თუ ერთი საგანი ანალოგიურია მეორის, მაშინ ყოველი ნაწილი, რისგანაც იგი შედგება, ანალოგიურია მეორის შესაბამისი ნაწილებისა.

ნატიფ სამყაროში არსებობენ ინფორმაციული სტრუქტურები ევრეგორიების სახით.

კოსმოსური სამყარო ევოლუციურად თვითგანვითარებადი და თვითკმარი სამყაროა, რაც გამოწვეულია მატერიის „უჩინარი“ („ნათელი“) ფორმისა და უხეში („აღქმადი“) ფორმის დიალექტიკური ერთობით.

ადამიანი განიხილება სამების: ფიზიკური სხეულის, სამშენველისა და სულის ერთობად. სულის საფუძველია „ნათელი“ სუბსტანცია, რომელიც არ ემორჩილება წარმოქმნასა და მოსპობას, მაშინ, როცა ყოველი ფიზიკური სხეული წარმოქმნადი და მოსპობადია.

სულის რეინკარნაციის პრინციპის თანახმად, ადამიანის სული უკვდავია და გარდაცვალების შემდეგ იგი შეიძლება ხელახლა დაიბადოს სხვა ფიზიკურ სხეულთან ერთად, ხოლო კოსმოსური სამყარო ფართო გაგებით (მატერიის ხილულ და უხილავ ფორმათა ჩათვლით) უსასრულოა სივრცე-დროის თვალსაზრისით და წარმოადგენს თვითრეგულირებად და ევოლუციურად თვითგანვითარებად, ცოცხალ, სულიერ ორგანიზმს [3].



რა არის მთავარი ახალგაზრდა მეცნიერის აღზრდაში

ახალგაზრდობასთან მუშაობის საკითხი, მუდამ აქტუალური იყო. სამეცნიერო დაწესებულებაში იგი ცენტრალური და განსაკუთრებით არსებითი შინაარსისა გახდა ამჟამად, იმ დიდ როლთან დაკავშირებით, რომელსაც მეცნიერება ასრულებს თანამედროვე საზოგადოებაში, ადამიანის კულტურის ყველა სფეროში - ეკონომიკაში, პოლიტიკაში, ყოფაში, სამყაროს იღუმალებათა შეცნობასა და, რაც ჩვენი

არსებობის თავი და ბოლოა — სიკვდილ-სიცოცხლის საკითხებში.

განსწავლული, შემოქმედებითი ინტელექტი ყოველი ქვეყნის განვითარებისათვის, მისი აწმყოსა და მერმისისათვის უზარმაზარი ფასეულობაა. სწორედ ამიტომ, ახალგაზრდა სპეციალიტების აღზრ-

დის, მეცნიერის ფორმირების საკითხები განსაკუთრებულ შინაარსს იძენს.

მთავარი ის კი არაა, ახალგაზრდას ასწავლო გამოკვლევათა ჩატარება, ანუ ასწავლო პროფესიონალიზმი, თუმცა ეს პრობლემის არსებითი მხარეა. ლაპარაკია ფართოდ და კრიტიკულად მოაზროვნე, აწმყოს შეფასების და პერმისის განჭვრეტის უნარის მქონე, კოლექტივში მომუშავე და შემოქმედებითი ატმოსფეროს შექმნელი პიროვნების აღზრდაზე. სახელგანთქმულმა ფრანგმა მოძღვრალმა ედიტ პიფმა ოდესღაც თქვა: - "თქვენ გგონიათ, ჩვენ არა გვყავს ახალგაზრდები, რომელთაც მღერა შეუძლიათ? ისინი ათასობით არიან, მაგრამ მაჩვენეთ პიროვნება". ასე რომ, თუ ვილაპარაკებთ მეცნიერის, როგორც შემოქმედებითი პიროვნების ფორმირებაზე, ძნელი არ იქნება იმის გაგება, რომ ეს ამოცანა არა მარტო ძალიან მნიშვნელოვანია, არამედ ძალიან რთულიც და დელიკატურიც. ამოცანა კი დიდი დიაპაზონისაა, რადგანაც ისეთ პროზაულ ცნებებსაც შეიცავს, როგორიცაა თემატიკური გეგმის შესრულება, ისეთ "მაღალ მატერიებსაც", როგორიცაა აღმადგენა, ინტუიცია და ისეთ მორალურ ასპექტებსაც, როგორიც არის ადამიანებთან კონტაქტები: უფროსისა - ხელქვეითებთან, ხელმძღვანელისა - ახალგაზრდა სპეციალისტებთან, კონტაქტები კოლეგებთან და ა.შ.

ახალგაზრდობასთან სამეცნიერო მუშაობა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ნაწილი ზოგადი და ყველა ჩვენგანისათვის საჭირობოროტო პრობლემის - ახალგაზრდა თაობის ზნეობრივი აღზრდის პრობლემისა.

რა არის მთავარი ახალგაზრდა მეცნიერის აღზრდაში?



მეცნიერების სიყვარული

თუ საკითხს ასე დავაყენებთ, მაშინ რა არის ყველაზე მთავარი, რაც უნდა ჩავუნერგოთ ახალგაზრდა მეცნიერ თანამშრომელს მისი სამეცნიერო მოღვაწეობის მყარი ბაზის შექმნაში ისე, რომ ყოველივე დანარჩენი ამ მთავარისაგან იყოს წარმოქმნილი? მე ვუპასუხებდი: სიყვარუ-

ლი მეცნიერებისადმი. ზოგჯერ დამწყები სპეციალისტისათვის მეცნიერების შეყვარება იოლია, ხშირად კი შეუძლებელიც. მაგრამ ეს უკიდურესად აუცილებელია და, არსებითად, ერთადერთია ან თითქმის ერთადერთი. თუ ეს შეძლო, იგი მეცნიერად ჩამოყალიბდება და წარმატება ფაქტიურად უზრუნველყოფილია, თუ არა - საქმე განწირულად ჩაითვლება ან უკეთეს შემთხვევაში, ნაკლებად ეფექტური ხდება. ეს ადვილი არ არის და მეცნიერების შეყვარება ყოველთვის ვერ ხერხდება. შემდეგ ბუნებრივია კითხვა - მაინც როგორ შევაცვაროთ ადამიანს მეცნიერება? მე ასე ვუპასუხებდი: ახალგაზრდა მეცნიერმა უნდა იგრძნოს, რომ მისი მუშაობა შემოქმედებითი პროცესია, იგი შედგება ძიებების, ცდომილებების, წარუმატებლობისა და აღმოჩენებისგან, ხოლო თვითონ კვალის მძიებელი და მკვლევარი მოიპოვებს წმინდა ოქროს - ჭეშმარიტებას, ეს ჭეშმარიტება კი სჭირდება ადამიანებს, საზოგადოებას, ქვეყანა.

რასაკვირველია, წინ ჯერ კიდევ გრძელი და რთული გზაა, მაგრამ ამაზე შეზღვომ. მეცნიერებისადმი სიყვარული, როგორც ადამიანური სიყვარული, ხანგრძლივი და რთული შემოქმედებითი პროცესია. ა. ჩეხოვმა შემოქმედებითი ძალთა აყვავების ხანაში, როდესაც ღრმად შეიგრძნობა ცხოვრების სიხარულიც და სიმწარეც, აღნიშნა: “ვინც გამოსცადა შემოქმედებითი სიტკბოთი ტკობა, მისთვის სხვა სიტკბობა აღარ არსებობს“. ეჭვგარეშეა, სიხარული ერთ-ერთი ყველაზე დიდი ფასეულობაა. ადამიანის ტვინი ხომ ყველაზე დიდხანს ინარჩუნებს მუშაობის უნარს. ყველაზე დიდი ბედნიერება მას მოეწივს, ვინც საქმეს აკეთებს გონებისა და გულის კარნახით. არაფერი გახდის ცხოვრებას ისე საინტერესოს, როგორც მუშაობით გატაცება.

ლ. ტოლსტოი ამბობდა: „ადამიანის ძალები ამოუწურავია — ისინი მხოლოდ შებოჭილნი არიან თვითშენახვის მიერ და თავისუფლდებიან სიყვარულის უგონობის, თავგანწირვის, აუცილებლობის მიერ“. აქ პირველ ადგილზეა — სიყვარულის მიერ, ბოლო ადგილზე — აუცილებლობის მიერ; რასაკვირველია, აუცილებლობა მეცნიერებაში დიდ როლს ასრულებს. გამოუმუშავდება ჩვევა და სისტემატური შრომის მოთხოვნილება, მაგრამ თუ მუშაობაში ჩავდებით არა მარტო შეგნების, არამედ გულის ნაწილსაც, შეიძლება გასაოცარი ეფექტის მიღება.

მამასადამე, დიდი გზის გავლაა საჭირო, რომ ახალგაზრდა სპეციალისტი სრულფასოვანი მეცნიერი გახდეს. მაგრამ, თუ ახ-

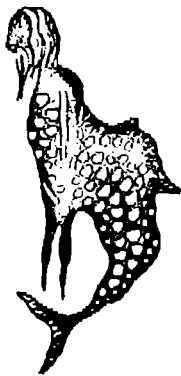
ალგაზრდა მკვლევარს გულში მოხვდება „ღვთაებრივი ნაპერწკალი“ — შემოქმედებითი საწყისისადმი სიყვარული, მაშინ მას ვერაფერი შეაჩერებს, ადრე თუ გვიან მიზანს მიაღწევს.

მეცნიერების სიყვარულთან ერთად ახალგაზრდა სპეციალისტს უნდა გამოუმუშავდეს მეცნიერებისადმი, მეცნიერული ძიებისადმი პატივისცემის გრძნობა. რამეთუ მეცნიერების უპირველესი ამოცანაა ჭეშმარიტების დადგენა, მისი მთავარი პრაქტიკული აზრი; ამაშია მისი ზნეობრივი არსი და მიმზიდველობის ძალა.

მიუხედავად იმისა, რომ საჭიროა სამყაროს შეცნობა, რათა იგი შევცვალოთ, ჭეშმარიტება წარმოადგენს თავისთავად ფასეულობას და მიმზიდველ მიზანს. აკადემიკოსმა ალექსანდროვმა კითხვაზე, თუ რატომ გახდა ალპინისტი, ასეთ პასუხი გასცა: „ალპინიზმი მშვენიერია. მშვენიერებაა, როცა ადამიანი დაისახავს რაიმე მიზანს, ნათლად გამოკვეთილს — მწვერვალს. ალპინიზმი ამ აზრით უაღრესად საინტერესოა, ადამიანური არსებობის დამახასიათებელი გამოვლენაა განსაზღვრული მიზანი თითქოსდა სრულიად უაზრო მთაზე აძრომა, რისთვის? არ ვიცი. ეს არის ყველაზე მნიშვნელოვანი, იმიტომ რომ, როცა რაღაც გააზრებულა, ამ რაღაცას თავისი დანიშნულება აქვს; ხოლო ჭეშმარიტება, ჩემი ფიქრით მხოლოდ ის არის, რასაც აქვს დანიშნულება თვით თავის თავში, და არა რამეისათვის“.

არსებითად კაცობრიობის მთელი ისტორია ძიებასთან არის დაკავშირებული. მხოლოდ ჭეშმარიტების ძიებისაკენ ლტოლვა აქცევს ადამიანს ადამიანად. სამეცნიერო კვლევისადმი ასეთი მიდგომა წარმოშობს მეცნიერებისადმი პატივისცემას, ურომლისოდაც არც სიყვარული იქნება.

ბაკვირების უნარი



მეცნიერების სიყვარულისა და მეცნიერებით გატაცების აღზრდაში მნიშვნელოვანია ახალგაზრდა მკვლევარში ცნობისმოყვარეობის, ბუნების საიდუმლოებებში წვდომისაკენ მისწრაფების აღმოჩენებით განპირობებული სიხარულის აღძვრა. მეცნიერული შემოქმედების ფსიქოლოგიისადმი მიძღვნილ ერთ-ერთ სტატიამი აკადემიკოსი ნ. მიგდალი ასეთ საკითხს

აანალიზებს: რა უბიძგებს ახალგაზრდა კაცს მეცნიერებისაკენ? (კარიერისკენ ლტოლვა ან სარგებლობის მიღება არ განიხილება). იგი თვლის, რომ მეცნიერის სურვილია თავის თავს და სხვებსაც დაუმტკიცოს, რომ შეუძლია ამოცანის ბოლომდე მიყვანა, ანდა თვითგამორკვევა. ხოლო ყველაზე მნიშვნელოვან მოტივად იგი მიიჩნევს „ცნობისმოყვარეობას“, სურვილს გაიგოს, თუ როგორ არის მოწყობილი ბუნება.

გაკვირვების უნარი ერთნაირად განასხვავებს მეცნიერს, მხატვარს და პოეტს. ჯერ კიდევ არისტოტელემ აღნიშნა, რომ აღმოჩენა გაკვირვებით იწყება. როგორც ცნობილია, გაკვირვება განსაკუთრებით ნათლად გამოიხატება ბავშვებში. ვილაცამ ჰკითხა აინშტაინს: „მანინჯ როგორ აღმოაჩინეთ ფარდობითობის თეორია?“ მან უპასუხა: „იცით, ყველა მნიშვნელოვანი აღმოჩენა ბავშობაში ხდება. ეტყობა ამ ასაკში მე სხვებზე ღიღხანს დავრჩი“.

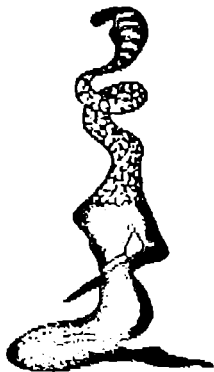
მთავარია, ახალგაზრდა მკვლევარს გამოუმუშავდეს სამეცნიერო გამოკვლევის შედეგებში პარადოქსებისა და ანომალიებისადმი ყურადღების მიქცევის უნარი, თუ, რა თქმა უნდა, ეს შედეგები მიღებულია დანამდვილებითი უზადო მეთოდით და აღწარმოვლებიან. არაფერი ისე არ ავითარებს მეცნიერებას, როგორც ანომალიები. მკვლევარები (განსაკუთრებით, ახალგაზრდები) ხშირად გაურბიან მათ, როგორც აბეზარ ბუზებს. მიუხედავად ამისა, ისინი ზოგჯერ აპირებენ ახალი მოვლენებისა და ჰიპოთეზების აღმოჩენას, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მეცნიერების განვითარებაში. მაგალითად, კობალტის ძაფისებრი კრისტალების გამოკვლევისას აღმოჩენილი იქნა უდეფექტო კრისტალებში მარტენისტული გარდაქმნებისა ანომალური „სიმსუბუქე“. ამან განაპირობა მნიშვნელოვანი კვლევების წარმართვა კრისტალური მესრის სპეციფიკური მდგომარეობის შესასწავლად ფაზური გადასვლების ტემპერატურასთან მიახლოებულ პირობებში.

ცნობილია, რომ მიმართულებითი კრისტალიზაციით მიღებული ევტექტიკური შენადნობები ხასიათდება ძალზე დაბალი სტრუქტურული სტაბილურობით. მათი „ანომალური“ სტაბილურობა, მიუხედავად მათი არცთუ ისეთი მაღალი ღებობის ტემპერატურისა (განსახილველ შენადნობათა სისტემისათვის ყველაზე დაბალი ტემპერატურის მნიშვნელობა გამომდინარეობს თვით ევტექტიკის ცნებიდან), ახსნილი იყო მათი კრისტალიზაციის პირობებით და, აგრეთვე,

ფაზური საზღვრების განსაკუთრებული მდგომარეობით. შედეგად მივიღეთ მთელი სერია ძალზე საინტერესო და მნიშვნელოვანი როგორც თეორიული, ისე ექსპერიმენტული სამუშაოებისა, რომლებიც ეძღვნებოდა ამ კლასის მასალების სტრუქტურულ სტაბილურობას. აკადემიკოსი ბოჩვარი აღნიშნავს, რომ ზეპლასტიკურობის მოვლენა მან და ე. ა. სვიდერსკიმ სრულიად შემთხვევით აღმოაჩინეს ალუმინისა და თუთიის სისტემის შენადნობთა დილატომეტრიული შესწავლისას. შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე (150° C) აღნიშნული იყო ევტექტური შემადგენლობის სინჯის სიგრძის ანომალური ცვლილება. ამ ევექტის დეტალურმა შესწავლამ ისინი საბოლოოდ მიიყვანა ზეპლასტიკურობის მოვლენის აღმოჩენამდე.

არსებითად, ყოველი გამოკვლევა აღმოჩენა და რაც უფრო საინტერესოა იგი, მით მეტად შეიცავს მოულოდნელ შედეგებს, გაკვირვების მომენტებს; გვერდს ნუ აუვლით მათ. შესაძლოა ისინი აღმოჩენებიც კენ მიმავალი ახალი გზების მნიშვნელოვან ნაწილებად იქცნენ.

მოლოდინის უნარი



უნდა აღინიშნოს, რომ საჭიროა მოლოდინის უნარის გამომუშავება. ახალგაზრდა მკვლევრები ხშირად მოუთმენელნი არიან და პირველი უარყოფითი შედეგისთანავე „ყურებს ჩამოყრიან“. თუმცა, ექსპერიმენტი იშვიათად „პასუხობს“ იმ წუთსავე „კის“. ამბობენ, ბედნიერება მას ეწვევა, ვისაც ლოდინი შეუძლიაო. ლოდინი სრულიად არ ნიშნავს არაფრის კეთებას, პირიქით. რწმენა წარმოშობს მოქმედებას; რაც უფრო ძლიერია რწმენა, მით უფრო ინტენსიურია მუშაობა. მაგრამ უნდა შეგვეძლოს ლოდინი. ბევრი შესანიშნავი შედეგი არ იქნებოდა მიღწეული, ხოლო უდიდესი აღმოჩენები არ გაკეთდებოდა, მკვლევარს დროზე ადრე რომ ავსებოდა მოთმინების ფილა. საკუთარი დაკვირვებიდან ვიცით, რომ ბევრ შემთხვევაში სწორედ ასე ხდება: ბედნიერება მას ეწვევა, ვისაც ლოდინი ძალუძს.

როგორ გავიკვლიოთ შემოქმედებითი საწყისი მეცნიერულ მუშაობაში და როგორ აღვძრავთ ინტერესი მისადმი? როგორ წარვმართოთ

საამისოდ სამეცნიერო მუშაობა? როგორია ამ შემთხვევაში მეცნიერი ხელმძღვანელის როლი? აქ უპირველესად დავასახელებდით ახალგაზრდა მკვლევრის სამეცნიერო მუშაობის ორ მხარეს — დამოუკიდებლობას და შედეგიანობას [5].



ბონებრივი დასკვნები მათემატიკურ ანალოგიაში

შემთხვევითი არ არის, რომ ანალოგიის ზოგად პრობლემებს მათემატიკაში ეძღვნება როგორც მათემატიკოსების, ასევე ლოგიკოსების მნიშვნელოვანი გამოკვლევები.

ანალოგიის შესახებ მსჯელობას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს მათემატიკური აზროვნებისას. მსჯელობის უნარი თანაბრად უწყობს ხელს როგორც მეცნიერი მათემატიკოსის შემოქმედებას, ასევე ამ მეცნიერების წარმატებით სწავლებას ან მის დამოუკიდებლად შესწავლას.

გარე სამყაროს შესწავლისა და ბუნების ძალების დაუფლების პროცესში ადამიანი მუდამ ამჩნევდა შემდეგ დამახასიათებელ კავშირს: თუ ორ საგანს რაღაც ნიშანი ერთნაირი აქვს, ძალზე ხშირად აღმოჩნდებოდა (მაგრამ, არა ყოველთვის!), რომ მათ ჰქონდათ ზოგიერთი სხვა საერთო ნიშნებიც. ამგვარი დაკვირვებების შედეგად, როდესაც საგანთა შორის მოცემული ელემენტარული კავშირები მრავალჯერ ვლინდებოდა, ჩამოყალიბდა ახალი აზრის ფორმირების შემდეგი ხერხი: იმის საფუძველზე, რომ ორ საგანს აქვს რაღაც საერთო ნიშანი X, რომლის არსებობა მეორე საგანისთვის ჯერ ცნობილი არ არის, ვარაუდობენ, რომ მეორე საგანსაც ასევე ახასიათებს X ნიშანი.

ამრიგად, ანალოგიის მიხედვით მიღებული დასკვნები მართებული დასკვნებია. „ანალოგიის მიხედვით გაკეთებული დასკვნების“ ჭეშმარიტების ან მცდარობის დასადგენად აუცილებელია მათი დამატებითი შესწავლა. სწორედ ამით განსხვავდება დასკვნების განხილული სახეობა ლოგიკური დასკვნებისგან, რომლებსაც უშუალოდ მიყვართ ამომწურავ შედეგებამდე — ანალოგია მხოლოდ და მხოლოდ

კლევის მიმართულებას მიუთითებს და არა აქვს მტკიცებულების ძალა.

განვიხილოთ მაგალითი. ცნობილია, რომ ნებისმიერ სამკუთხედში შეიძლება ჩავხაზოთ ერთადერთი წრეწირი, რომლის ცენტრი სამკუთხედის გვერდებიდან თანაბრად დაშორებული წერტილების გეომეტრიული ადგილების (სიმრავლის) გადაკვეთაზე მდებარეობს. სამკუთხედის (უმარტივესი მრავალკუთხედი) შედარებისას ტეტრაედრთან, რომელიც წარმოადგენს უმარტივეს მრავალწახნაგას, ბუნებრივია, ვივარაუდოთ, რომ მასშიც შეიძლება ჩავხაზოთ სფერო, თანაც ასევე ერთადერთი. ამ ვარაუდის გამოკვლევის შედეგად შეიძლება დავრწმუნდეთ მის ჭეშმარიტებაში: ჩახაზული სფეროს ცენტრი ძვეს ტეტრაედრის წახნაგებიდან თანაბრად დაშორებული წერტილების გეომეტრიული ადგილების გადაკვეთაზე. ანალოგიის მიხედვით გაკეთებული დასკვნა, რომელიც განხილულ იქნა მტკიცების პროცესთან ერთობლიობაში, თავისი არსით დიალექტიკურია: აქ მჭიდრო კავშირშია ინდუქციისა და დედუქციის ელემენტები.

ანალოგიის მიხედვით გაკეთებულ დასკვნაში, უპირველეს ყოვლისა, გამოიყენება ინდუქცია, რადგან პირველი საგნიდან მეორეზე (სამკუთხედიდან ტეტრაედრზე, წრეწირიდან სფეროზე) გადასვლა გულისხმობს კავშირის დადგენას ერთ კერძო თვისებასა (უმარტივესი მრავალკუთხედი, სამი შიგა კუთხის არსებობა, ტოლგამყოფი ბისექტრისების არსებობა და სხვ.) და ნებისმიერ სხვა კერძო თვისებას შორის (უმარტივესი მრავალწახნაგა, ექვსი შიგა ორწახნაგა კუთხის არსებობა, მათი ტოლგამყოფი – ბისექტრისული სიბრტყის არსებობა და სხვ.).

ამავე დროს, ანალოგიის მიხედვით გაკეთებული დასკვნები მჭიდროდ არის დაკავშირებული დედუქციასთან, რადგან ასეთი დასკვნის ჭეშმარიტება დგინდება დედუქციური მტკიცებულებით – ის, რომ ნებისმიერ ტეტრაედრში შეიძლება ჩავხაზოთ ერთადერთი სფერო, უნდა დამტკიცდეს ჩვეულებრივი დედუქციური მტკიცებულების წესებით. აგვარად, ანალოგიის მიხედვით გაკეთებული საიმედო დასკვნა იწყება ინდუქციით და მთავრდება დედუქციით.

ანალოგიის მიხედვით გაკეთებული დასკვნის შემთხვევაში მიმდინარეობს აზროვნების რთული პროცესი, რომელშიც ერთობლივად და ურთიერთშერწყმულად გამოიყენება ანალიზის და სინთეზის მეთოდები. მაგალითად, ზემოთ მოყვანილ მაგალითში ანალოგი-

ის მიხედვით დასკვნის გაკეთება შესაძლებელი გახდა იმის გამო, რომ სამკუთხედის და ტეტრაედრის შედარების და მათი თვისებების ანალიზის შედეგად დადგინდა ზოგიერთი მსგავსი თვისების არსებობა [6]. ამის საფუძველზე 'ნავარაუდები იყო გარკვეული ახალი თვისების არსებობა (ტეტრაედრში ჩახაზული სფერო). ჩამოყალიბებული ვარაუდის დამტკიცება დაიყვანება ტეტრაედრისთვის დამახასიათებელი ცნებების სინთეზზე; ამასთან, სინთეზი მიმდინარეობს იმავე თანამიმდევრობით, როგორც სამკუთხედის დამახასიათებელი შესაბამისი ცნებების სინთეზი (ჩახაზული სფეროს ცენტრი არის ბისექტრისული სიბრტყეების გადაკვეთის წერტილი, იმის მსგავსად, როგორც ჩახაზული წრის ცენტრი არის ბისექტრისების გადაკვეთის წერტილი).

ანალოგიის მიხედვით გაკეთებული დასკვნა ზოგჯერ შეიძლება არ დადასტურდეს ან დადასტურდეს მხოლოდ ნაწილობრივ.

განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. როგორც ცნობილია, ნებისმიერი სამკუთხედის ფართობი გამოითვლება ჰერონის შემდეგი ფორმულით:

$$S = \sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)}.$$

ოთხკუთხედის ფართობის გამოსათვლელ ფორმულაზე მსჯელობისას შეიძლება გაჩნდეს კითხვა: მართებულია თუ არა ანალოგიური ფორმულა ოთხკუთხედისთვისაც? ამ საკითხის გამოკვლევა გვიჩვენებს, რომ წრეში ჩახაზული ოთხკუთხედისთვის (და მხოლოდ მისთვის!) მართებულია ფართობის გამოთვლის შემდეგი ფორმულა:

$$S = \sqrt{(P-a)(P-b)(P-c)(P-d)}.$$

აღმოჩნდა, რომ აქ სრული ანალოგია არ არის, მაგრამ არის ფორმულების გარკვეული მსგავსება. შევეცადოთ გავარკვიოთ ამ მსგავსების მიზეზი იმის გათვალისწინებით, რომ არსებობს გარკვეული კავშირი სამკუთხედს (მრავალკუთხედი, რომელიც ყოველთვის შეიძლება ჩავხაზოთ წრეწირში) და ოთხკუთხედს შორის (არა ყველანაირის, არამედ მხოლოდ ისეთის, რომელიც შეიძლება ჩავხაზოთ წრეწირეში).

როგორც უკვე დავადგინეთ, ჰერონის ფორმულის თვალსაზრისით, სამკუთხედის და ოთხკუთხედის გამაერთიანებელ არსებით ნიშანს წარმოადგენს მათი წრეწირში ჩახაზვის შესაძლებლობა. ორი ცნების – სამკუთხედის და ოთხკუთხედის შედარება ამ შემთხვევაში

დასრულდა არასრული განზოგადებით: ჰერონის განზოგადებული ფორმულა მართებულია მხოლოდ მეორე ცნებაში შემავალი ობიექტის ნაწილისთვის. მართალია, მოცემულ მაგალითში ანალოგია მთლიანობაში არ დადასტურდა, მაგრამ მან მიგვიყვანა ახალ იდეამდე (მაგალითად, სამკუთხედი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც გადაკვარებული ჩახაზული ოთხკუთხედი).

განვავითაროთ ეს აზრი. ვთქვათ, წრეწირში ჩახაზული ABCD ოთხკუთხედის D წვერო რაგინდ ახლოს უახლოვდება A წვეროს (ნახ 1). მაშინ $DA=d$ გვერდი ზღვარში ნულის ტოლი ხდება და განზოგადებული ფორმულა გადაიქცევა ჰერონის ჩვეულებრივ ფორმულად:

$$S = \sqrt{(P-a)(P-b)(P-c)(P-d)} = \sqrt{(P-a)(P-b)(P-c) \cdot P}.$$

ამრიგად, ანალოგიის გამოყენება ზოგიერთ შემთხვევაში საშუალებას გვაძლევს, უფრო ზუსტად გამოვიკვლიოთ აღმოჩენილი თვისებები და დავამტკიცოთ ან უარვყოთ ისინი – ორივე შემთხვევაში რაღაც შეიძლება ვისწავლოთ.

ანალოგიის გამოყენება ფრიად სასარგებლოა მათემატიკის, ისევე როგორც საერთოდ, ნებისმიერი მეცნიერების შესწავლის პროცესში. „სინამდვილის საგნები და მოვლენები, აღნიშნავდა ი.მ. სეჩენოვი, აღიბეჭდება და აღიქმება არა ერთმანეთისგან იზოლირებულად, არამედ ერთმანეთთან მჭიდრო კავშირში, ჯგუფებად ან მწკრივებად“.

ანალოგია გვეხმარება შევადაროთ და დავაპირისპიროთ ცნებები, რომლებიც უკეთ აღიქმება მაშინ, როდესაც ისინი შემოდინ არა წინა კავშირების გარეშე, არამედ მათთან შედარების გზით, მსგავსი და განმასხვავებელი ნიშნების დადგენით. მაგალითად, ოთხკუთხედში ჩახაზული წრეწირის განხილვისას შეიძლება დავსვათ კითხვა: ყოველთვის არის შესაძლებელი თუ არა ოთხკუთხედში წრეწირის ჩახაზვა? სამკუთხედთან ანალოგიის მიხედვით შეიძლება გავაკეთოთ ნაჩქარევი დასკვნა: „ოთხკუთხედში ყოველთვის შეიძლება წრეწირის ჩახაზვა“. მაგალითისათვის განვიხილოთ, რომ ზოგიერთ ოთხკუთხედში შეუძლებელია წრეწირის ჩახაზვა; ამის შემდეგ უნდა გავარკვიოთ, თუ რომელ ოთხკუთხედში შეიძლება წრეწირის ჩახაზვა და რომელში არა, ე.ი. გადავიდეთ ჩახაზული ოთხკუთხედის თვისებების თეორემის დამტკიცებაზე.

აქ ერთმანეთს ვადარებდით სამკუთხედებს და ოთხკუთხედებს მათი წრეწირში „ჩახაზულობის“ თვალსაზრისით; ანალოგიის საფუძველზე მივედი იმ დასკვნამდე, რომ მათი ფართობების გამოსახვა შესაძლებელია ერთიანი ფორმულით. თუ სიბრტყის გეომეტრიიდან გადავალთ სივრცის გეომეტრიაზე, შედარებები შეიძლება წარვმართოთ სხვა დონეზე. ასე შეიძლება მივიღოთ მსჯელობის შემდეგნაირი წყვილები, რომლებიც მოსახერხებელია ჩავწერთ შემდეგი სახით:

ნებისმიერ სამკუთხედზე (ოთხკუთხედზე, ტეტრაედრზე) შეიძლება შემოვხაზოთ წრეწირი (სფერო), თანაც მხოლოდ ერთი, რომელიც გაივლის სამკუთხედის (ოთხკუთხედის) ყველა წვეროზე.

ნებისმიერ სამკუთხედში (ტეტრაედრში) შეიძლება ჩავხაზოთ წრეწირი (სფერო), თანაც მხოლოდ ერთადერთი.

როგორც პირველ, ასევე მეორე შემთხვევაში ჩანს ანალოგიური თვისებები: ყველანაირ ოთხკუთხედს ვერ ჩავხაზავთ წრეწირში და ყველანაირ ტეტრაედრში ვერ ჩავხაზავთ სფეროს, რომელიც მის ყველა წიბოს შეეხება.

განვიხილოთ რამდენიმე თეორემა, რომელიც მიღებულია შეხების ცნების განზოგადების საფუძველზე (მათი მარტივი დამტკიცებები გამოტოვებულია).

წრეწირი (სფერო) ეხება ოთხკუთხედის ყველა გვერდს (ტეტრაედრის წიბოებს) მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც მოპირდაპირე გვერდების (წიბოების) ჯამები ტოლია (ნახ. 2 ა, ბ).

თეორემების წყვილებს შორის (პირდაპირი და შებრუნებული) აქ აღმოჩენილი ახალი ანალოგია ვრცელდება საწყისი აზრის შემდეგ განზოგადებაზეც:

იმისათვის, რომ წრეწირი (სფერო) ეხებოდეს ოთხკუთხედის ყველა გვერდს (ამოზნექილი ოთხწახნაგა კუთხის წახნაგებს), აუცილებელია და საკმარისი, რომ ტოლი იყოს მოპირდაპირე გვერდების (წვეროებთან ბრტყელი კუთხეების) ჯამები (ნახ. 3 ა, ბ).

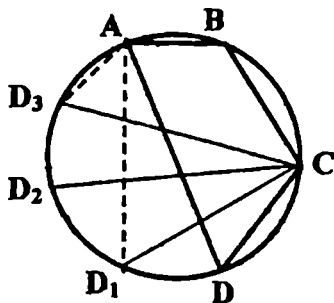
იმისათვის, რომ წრეწირმა გაიაროს ოთხკუთხედის ყველა წვეროზე (სფერო შეეხოს ამოზნექილი ოთხწახნაგა კუთხის ყველა წახნაგს), აუცილებელია და საკმარისი, რომ ტოლი იყოს მოპირდაპირე კუთხეების (ორწახნაგა კუთხეების) ჯამები. (ნახ. 4 ა, ბ).

ასეთი ანალოგიების გაგრძელებით მივდივართ ფიგურების საერთო ნიშნების შეზღუდვის ფორმულირებამდე, კერძოდ, საკმარისი პირობის ფორმულირებამდე.

იმისათვის, რომ წრეწირი (სფერო) ეხებოდეს $2n$ -კუთხედის ყველა გვერდს ($2n$ -წახნაგა კუთხის წახნაგს), აუცილებელია, რომ ტოლი იყოს მისი ლუწი და კენტი გვერდების (წვეროვებთან ბრტყელი კუთხეების) ჯამები. იმის აუცილებელი პირობა, რომ წრეწირმა (სფერომ) გაიაროს $2n$ -კუთხედის ყველა წვეროზე ($2n$ -წახნაგიანი კუთხის წიბოები), არის მისი ლუწი და კენტი კუთხეების (ორწახნაგა კუთხეები) ჯამების ტოლობა.

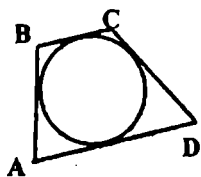
ანალოგიების მოცემული ჯაჭვის გაგრძელება სულ უფრო ნაკლებ შემდეგებს იძლევა. ამგვარი ძალისხმევა შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი შედარებებისთვის: მრავალკუთხედი – მრავალწახნაგა; კვადრატი – კუბი; მართკუთხედი – პარალელოგრამი; ტოლფერდა ტრაპეცია – წესიერი ოთხკუთხა წაკვეთილი პირამიდა; წესიერი მრავალკუთხედი – წესიერი წაკვეთილი n -კუთხა პირამიდა და ა.შ.

მაგალითად, წესიერი n -კუთხედი შეიძლება შემოვხაზოთ წრეწირზე, და, ასევე ჩავხაზოთ წრეწირში. მისი ერთ-ერთი სივრცითი ანალოგი – წესიერი n -კუთხა წაკვეთილი პირამიდა – შეიძლება მხოლოდ ჩავხაზოთ სფეროში [6].



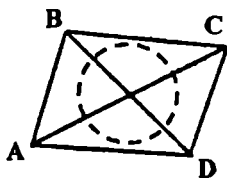
ნახ. 1

с)



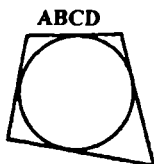
$$AB+CD=BC+AD$$

д)

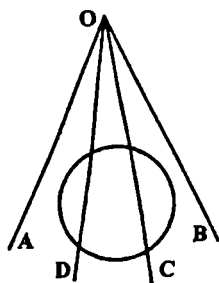


$$AB+CD=BC+AD=AC+BD$$

63б. 2

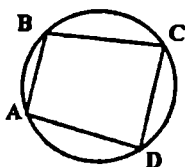


$$AB+CD=BC+AD$$

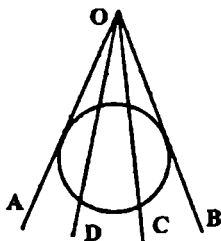


$$\angle AOB + \angle BOC = \angle AOD + \angle DOC$$

63б. 3

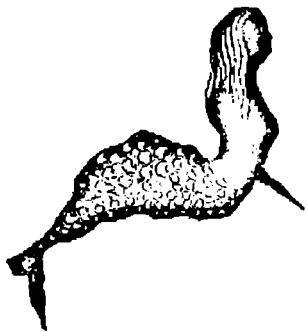


$$\angle A + \angle C = \angle B + \angle D$$



$$\angle DAC + \angle DCB = \angle ADC + \angle ABC$$

63б. 4



აზროვნების რეალური პროცესი, რომელიც დაკავშირებულია ანალოგიის გამოყენებასთან, რთულ ზიგზაგისებრ ხასიათს ატარებს. ხშირად ანალოგიის გზით მიღებული ვარაუდი არასწორი აღმოჩნდება ხოლმე. შესაბამისი ცნებების მოცულობის შეზღუდვის და ზოგჯერ მოულოდნელი შემობრუნებით გონება ცდილობს საწყისი მსჯელობების ნაყოფიერი გაგრძელების პოვნას. მათემატიკის ისტორიაში მრავლადაა ამგვარი მაგალითი.

ითვლება, რომ ეილერის მიერ ტრიგონომეტრიული და მაჩვენებლიანი ფუნქციების ურთიერთკავშირის ბრწყინვალე აღმოჩენა ანალოგიებითაა განპირობებული.

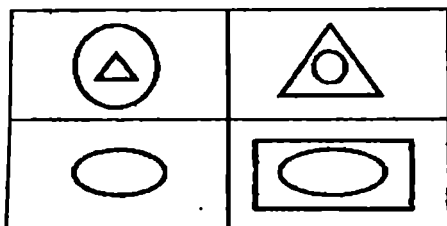
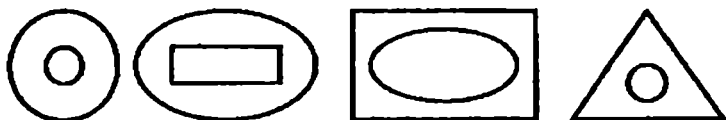
ამავე დროს, არსებობს იმის მრავალი მაგალითი, რომ არასწორი აღმოჩნდა მეცნიერების მიერ ანალოგიის საფუძველზე გამოთქმული ზოგიერთი ვარაუდი. მაგალითად, ფერმას ვარაუდი იმის შესახებ, რომ $2^{2^n} + 1$ სახის ყველა რიცხვი მარტივი იქნება, არასწორი აღმოჩნდა. ფერმამ ეს ვარაუდი გამოთქვა მას შემდეგ, რაც $2^{2^n} + 1$ გამოითვალა მხოლოდ $n=1,2,3,4$ მნიშვნელობებისთვის, როდესაც რიცხვები მართლაც მარტივი გამოდის:

$$2^{2^1} + 1 = 5; \quad 2^{2^2} + 1 = 17; \quad 2^{2^3} + 1 = 257; \quad 2^{2^4} + 1 = 65537.$$

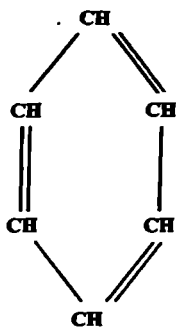
ეილერმა აღმოაჩინა, რომ შემდგომი რიცხვი – უკვე შედგენილია.

$$2^{2^5} + 1 = 641 \cdot 6700417.$$

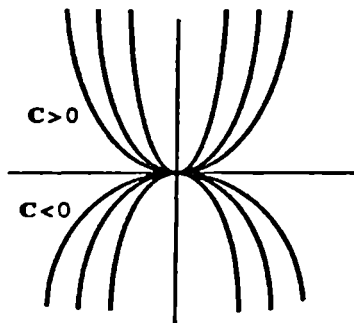
ამრიგად, ანალოგიის მიხედვით გაკეთებულმა ამ დასკვნამ, მიუხედავად იმისა, რომ არასწორი იყო, მაინც მისცა ბიძგი ახალი მეცნიერული შედეგის მიღებას: $2^{2^n} + 1$ სახის რიცხვებს შორის არის როგორც მარტივი, ასევე შედგენილი რიცხვები. უკანასკნელი ფაქტი ცნობილი გახდა მას შემდეგ, რაც ფერმას ვარაუდი შემოწმდა ეილერის მიერ. ამრიგად, ანალოგია შეიძლება იყოს კვლევის



Баб. 5



Баб. 6



Баб. 7

სტიმული მაშინაც, როდესაც შესაბამისი განზოგადება მცდარიც კი აღმოჩნდება.

უმარტივეს მაგალითებზე შეიძლება დავაკვირდეთ ანალოგიის მე-
თოდის გამოყენების თავისებურებებს მათემატიკური მსჯელობების
განზოგადებისთვის.

გავიხსენოთ 9-ზე გაყოფადობის ცნობილი ნიშანი. შევეცადოთ გან-
ვაზოგადოთ ეს ნიშანი, კერძოდ, დავადგინოთ $99 = 10^2 - 1$,
 $999 = 10^3 - 1$ და, ზოგადად, $10^k - 1$ სახის რიცხვზე გაყოფადობის
ნიშანი.

დასკვნა ასეთია: რიცხვი იყოფა $(10^k - 1)$ -ზე, თუ k -ციფრის
შემცველი რიცხვის კიდურებში შემავალი რიცხვების ჯამი იყოფა
 $(10^k - 1)$ -ზე. მაგალითად, 907092 უნაშთოდ იყოფა 999-ზე, რადგან
 $907+092=999$.

დავუშვათ, დამტკიცებულია შემდეგი უტოლობა:

$$a + b + c \geq \sqrt{ab} + \sqrt{bc} + \sqrt{ca},$$

სადაც a, b, c დადებითი რიცხვებია.
ამოხსნა.

$$\begin{aligned} (\sqrt{a} - \sqrt{b})^2 &\geq 0, \\ a + b &\geq 2\sqrt{ab}. \end{aligned} \tag{1}$$

ანალოგიურად გვექნება:

$$b + c \geq 2\sqrt{bc}, \tag{2}$$

$$c + a \geq 2\sqrt{ac}. \tag{3}$$

(1)-(3) უტოლობების მარცხენა და მარჯვენა მხარეების წევრ-
წევრად შეკრებით და ორივე მხარის 2-ზე გაყოფით მივიღებთ
დასამტკიცებელ უტოლობას. ადვილია, მაგრამ მიუხედავად ამისა,
საგულისხმოა დამტკიცებული უტოლობის განზოგადება 4, 5, ..., n
წევრისთვის. ამრიგად, ანალოგიური უტოლობა როგორ შევადგი-
ნოთ ოთხი წევრისგან?

ჩავწეროთ მარცხენა მხარე: $a + b + c + d$.

ეს არის ოთხი რიცხვის ჯამი. როგორ ჩავეწერთ მარჯვენა ნაწილი? რა კანონზომიერება შეიძლება შევამჩნიოთ დამტკიცებულ უტოლობის მარჯვენა ნაწილში? მარჯვენა ნაწილის ყოველ წევრში რადიკალის ქვეშ – მარცხენა ნაწილის ორი გვერდით მყოფი წევრის ნამრავლია თანამიმდევრულად აღებული. ალბათ, ასევე უნდა იყოს აღებული სავარაუდო განზოგადებული უტოლობა ოთხი წევრისათვის:

$$a + b + c + d \geq \sqrt{ab} + \sqrt{bc} + \sqrt{cd} + \sqrt{da}.$$

ახლა მხოლოდ ერთი ნაბიჯიღა რჩება “ზღვრული“ განზოგადებისთვის:

$$a_1 + a_2 + L + a_n \geq \sqrt{a_1 \cdot a_2} + \sqrt{a_2 a_3} + L + \sqrt{a_n \cdot a_1}.$$

არც ისე მსგავსია სხვა განზოგადებული ცოდნის მიღების გზა, როგორც ეს შეიძლება მოგვეჩვენოს ზემოთ განხილულ უმარტივეს შემთხვევებში. აზროვნებაში მსჯელობის ჭეშმარიტება და მცდარობა არსებითად ერთნაირია. გარეგნულმა ანალოგიამ, ე.ი. ფორმის ზედაპირულმა ანალოგიამ შეიძლება შეცდომაში შეიყვანოს დამწყები მკვლევარი. მაგალითად:

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot c} = \frac{a}{b}, \text{ მაგრამ } \frac{a + c}{b + c} \neq \frac{a}{b};$$

$$5 \cdot 3 = 3 \cdot 5, \text{ მაგრამ } 5^3 \neq 3^5;$$

$$\sqrt{a \cdot b} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}, \text{ მაგრამ } \lg(a \cdot b) \neq \lg a \cdot \lg b;$$

$$abx = bax, \text{ მაგრამ } a \sin bx \neq b \sin ax \text{ და ა.შ.}$$

ცხადია, ანალოგიის არაკრიტიკულმა გამოყენებამ შეიძლება შეცდომაზე მიგვიყვანოს, თუ დავივიწყებთ, რომ ანალოგიით მიღებული დასკვნა აუცილებელია დავასრულოთ შემოწმებით, დამტკიცებით. მაგრამ, მიუხედავად იმისა, რომ ანალოგია ზოგჯერ იგი მაინც რჩება შესანიშნავ საშუალებად, რომელსაც ჭეშმარიტების გზაზე გავყავართ. განზოგადების ჯაჭვი ზოგჯერ შეიძლება შეიცავდეს სამ, ოთხ და მეტ რგოლს, სანამ არ მიიღწევა საბოლოო პუნქტი, სადაც განზოგადებული მსჯელობა ძალას კარგავს.

ზოგჯერ ანალოგია ფარულია და მოულოდნელად ვლინდება, იგი თითქოს განსხვავებულ ნათელს ფენს ნაცნობ საგნებს და ჩვენს

ცოდნაში აღმოაჩენს მანამდე უცნობ კავშირებს, რითაც ახალ მნიშვნელობას იძენს.

ფსიქოლოგიაში ექსკურსი დავიწყეთ უბრალო მაგალითით. დაეუშვათ, მოცემულია ოთხი ფიგურა (ნახ. 5 ა). საჭიროა მათ შორის ანალოგიური წყვილების პოვნა.

ამჟამად შექმნილია მანქანები, რომლებსაც ავტომატურად შეუძლიათ ნახატების შედარება მათ კონფიგურაციაში ნაპოვნი ანალოგიების მიხედვით. მანქანის მიერ მოცემული პასუხია (ნახ. 5 ბ): $A:B=a:b$.

ამასთან, უნდა აღვნიშნოთ, რომ სიტყვა “ანალოგია“ ძველ ბერძნებში თავდაპირველად ნიშნავდა რიცხვების პროპორციას: $10:5=14:7$. განხილული ანალოგია ხორციელდება შემდეგი ფორმულით: მომცემელი ფიგურა $A(a)$ -ში მიეკუთვნება იმავე სახეობას, რომელსაც მომცელობითი ფიგურა $B(b)$ -ში.

მაგრამ, ასეთი მარტივი არ არის ადამიანის ტვინში წარმოქმნილი დასკვნები. საქმე ისაა, რომ ცოცხალი ტვინი მთლიანობაში არ მუშაობს ფორმალური ლოგიკის ფიგურების და მოდუსების მიხედვით – ლოგიკური ფორმულებით ხელსაყრელია მხოლოდ აზროვნების შედეგების გამოხატვა. სხვა სიტყვებით, ანალოგიის ბუნების გაგება შეუძლებელია აზროვნების ფსიქოლოგიური ასპექტის გათვალისწინების გარეშე. ამრიგად, შევდივართ ლოგიკის და ფსიქოლოგიის ურთიერთობის ნაკლებად დამუშავებულ და ბურუსით მოსილ დარგში, რომელთაგანაც თითოეული პრეტენზიას აცხადებს აზროვნების პროცესის ახსნაზე.

ანალოგიის მიხედვით მსჯელობის რეალური მიმდინარეობა ალბათ მჭიდროდაა დაკავშირებული პროცესებთან, რომლებმაც ფსიქოლოგიაში მიიღო სახელწოდება „შედარება და დაპირისპირება“. პირველში მოიაზრება მსგავსი ობიექტების ამ მოვლენების ერთობლივი განხილვა, მეორეში – კონტრასტული მოვლენების განხილვა. სავარაუდოა, რომ ანალოგიის მიხედვით მიღებულ დასკვნებში მნიშვნელოვნად იზრდება სწორედ მსგავსების ასოციაციების როლი. ეს გარემოება დადგენილია რიგ მეცნიერთა და გამოგონებელთა მიერ. მაგალითად, ცნობილია, რომ ქიმიკოსმა კეკულემ ბენზოლის სტრუქტურული ფორმულა (ნახ. 6 ა, ბ) ანალოგიის მიხედვით შეადგინა იმის შემდეგ, როცა დაინახა გალიაში მოთამაშე მაიმუნები.

მოვიხმობთ უმარტივესი მაგალითი მათემატიკური ასოციაციების საწყაროდან, რომელიც თავისი სტრუქტურით ანალოგიურია:

6 იყოფა 3-ზე; 18 იყოფა 6-ზე; ე.ი. 18 იყოფა 3-ზე.

მოყვანილ დასკვნაში ანალოგია არ არის გამოხატული აზრის შინაარსში, მაგრამ არის ანალოგია სტრუქტურაში, აღნიშნული აზრის აგებულებაში. აქ ამოვარდნილია ორ წანამძღვარში გამეორებული შუა ცნება, მაგრამ მათემატიკურ მსჯელობასთან დაკავშირებულ აზრთა ნაკადში ეს გარეგანი ანალოგია ხშირად იძენს გარკვეულ მნიშვნელობას. მაგალითად, მეორე წარმოებულის ნიშანსა და გრაფიკის ამოხსნილობას ან ჩაზნექილობას შორის დამოკიდებულების დასახსომებლად უცნობმა სტუდენტმა მოიგონა შემდეგი მნემონიკური წესი:

„თუ წირი ჩაზნექილია, მაშინ ზემოდან წამოსული წვიმა ჩაზნექილში დაგროვდება და დაგუბდება ბევრი წყალი – მეორე წარმოებულს დადებითია. თუ წირი ამოხსნილია – წვიმა გვერდებიდან ჩამოედინება, წყალი არ დაგროვდება – მეორე წარმოებულს უარყოფითია“.

მოყვანილ მაგალითში არსებითად გამოყენებულია არა ღრმა აზრობრივი ანალოგია, არამედ ზედაპირული. ასეთმა ფორმალურმა ანალოგიებმა ხშირად შეიძლება შეცდომაში შეგვიყვანოს.

ანალოგიის გამოსავლენად საკმარისი არ არის რომელიმე ერთი საკითხის, ერთი ამოცანის განხილვა. აუცილებელი პირობაა ორი პროცესის, ეთქვამთ, ორი მსგავსი ამოცანის ამოხსნის პროცესების შედარება.

დავეშვათ, მოცემულია პარაბოლების ოჯახის შემდეგი ალგებრული განტოლება (ნახ. 7):

$$y = cx^2.$$

ჩვენი ამოცანაა მრუდების ამ ოჯახის დიფერენციალური განტოლების შედგენა.

ამოხსნა. მოცემული განტოლებიდან ვიპოვოთ წარმოებულს

$$y' = 2cx.$$

შემდეგ პარამეტრი გამოვსახოთ უცნობების საშუალებით $c = \frac{y'}{2x}$

და ჩავსვათ იგი პირველ განტოლებაში. მივიღებთ

$$y = \frac{y'x^2}{2x} \quad \text{ან} \quad y = \frac{y'x}{2}.$$

მორე ტოლობა არის პარაბოლების ოჯახის დიფერენციალური განტოლება.

დავამტკიცოთ ეს შემდეგი დიფერენციალური განტოლების ამოხსნით:

$$y = \frac{xdy}{2dx}, \quad \frac{2dx}{x} = \frac{dy}{y}; \quad \int \frac{2dx}{x} = \int \frac{dy}{y}; \quad 2 \ln|x| = \ln|y| + \ln c_1;$$

$$x^2 = c_1 \cdot y; \quad y = \frac{1}{c_1} x^2.$$

დავუშვათ, $\frac{1}{c_1} = c.$

ამრიგად, ისევ მივიღეთ წირების ოჯახის ალგებრული განტოლება:

$$y = cx^2.$$

ახლა განვიხილოთ განზოგადებული ამოცანა.

დავუშვათ, მოცემულია პარაბოლების ოჯახის შემდეგი განტოლება:

$$y = c_1(x + c_2)^2.$$

იგი წარმოადგენს ყველა შესაძლო პარაბოლას, რომლის წვერო აბსცისთა ღერძზეა.

ორჯერ დიფერენცირებით მივიღებთ პირველი ხარისხის ორი განტოლების სისტემას y' -ისა და y'' -ის მიმართ, გვექნება

$$y' = 2c_1(x + c_2), \quad y'' = 2c_1.$$

განტოლებათა სისტემიდან c_1 და c_2 -ის გამორიცხვით მივიღებთ ოჯახის დიფერენციალურ განტოლებას:

$$2y \cdot y'' = (y')^2.$$

ამ განტოლების ამოხსნით ისევ მივალთ ინტეგრალთან [6].

აქ შეიძლება შევამჩნიოთ შემდეგი ღრმა ანალოგია: პირველი ამოცანის განტოლებაში იყო ერთი პარამეტრი და ამიტომ ერთჯერადმა

დიფერენცირებამ მიგვიყვანა პირველი რიგის დიფერენციალურ განტოლებამდე; მეორე ამოცანის განტოლებაში ორი პარამეტრია და ამიტომ ორჯერაღმა დიფერენცირებამ მიგვიყვანა მეორე რიგის დიფერენციალურ განტოლებამდე.

ანალოგიების ძიება ამოცანების ამოხსნისას



შევეცადოთ გავარკვიოთ ამოცანის ამოხსნის პროცესის არსებითი თავისებურებანი, რომელიც განიხილება პირველ რიგში, როგორც ანალოგიის ძიება. ეს შეიძლება ნებისმიერი მარტივი ამოცანის ამოხსნის გაანალიზების გზით.

ამჯერად, საწყის პუნქტად ავირჩიოთ ცნობილი ამოცანა სამკუთხედის ტორიჩელის წერტილის შესახებ. სამკუთხედის ტორიჩელის წერტილი ეწოდება ისეთ წერტილს, რომლიდანაც სამკუთხედის წვეროებამდე მანძილების ჯამი მინიმალურია. თუ T არის $\triangle ABC$ ტორიჩელის წერტილი, ხოლო M – ნებისმიერი წერტილი, მაშინ უნდა სრულდებოდეს შემდეგი თანაფარდობა (ნახ. 8):

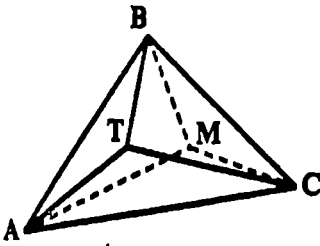
$$TA + TB + TC < MA + MB + MC .$$

დავამტკიცოთ, რომ სამკუთხედის ტორიჩელის წერტილი არის მის ორ გვერდზე შემოწერილი წრეწირების 120° -იანი რკალის გადაკვეთის წერტილი ($\angle ATC = \angle CTB = \angle BTA$, ნახ. 9).

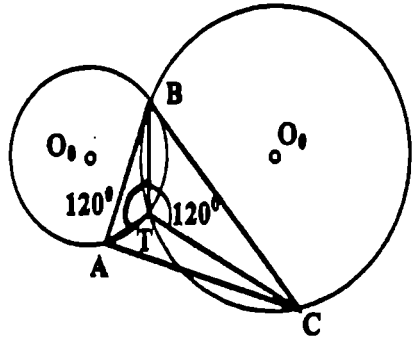
$\triangle CTB$ შემოვაბრუნოთ 60° -ით B წვეროს გარშემო (ნახ.10). მაშინ T წერტილი გადავა T_1 -ში, C -კი – C_1 -ში ანუ $BT = BT_1$, $BC = BC_1$. $\triangle BTT_1$ ტოლფერდაა, თანაც იგი წესიერი სამკუთხედი. სხვა სიტყვებით, $\angle BTT_1 = 60^\circ$.

ამრიგად, A, T, T_1, C_1 წერტილები ერთ წრეზე აღმოჩნდა. •

გვაქვს: $TA + TT_1 + T_1C_1 = TA + TB + TC$.



ნახ. 8



ნახ. 9

ეს ჯამი შევადაროთ სამკუთხედის სიბრტყის ნებისმიერი M წერტილიდან წვერობამდე მანძილების ჯამს. $\triangle BMC$ შემოვაბრუნოთ 60° -ით B წვეროს ირგვლივ BM_1C_1 მდებარეობამდე. ადვილად დავინახავთ, რომ $\triangle BM_1M$ ტოლგვერდაა, ამიტომ $BM = MM_1$. ასევე ცხადია, რომ $M_1C_1 = MC$. ამრიგად,

$$MA + MB + MC = MA + MM_1 + M_1C_1.$$

მაგრამ, AMM_1C_1 ტეხილის სიგრძე მეტია AC_1 მონაკვეთის სიგრძეზე:

$$MA + MM_1 + M_1C_1 > AC_1 = TA + TB + TC,$$

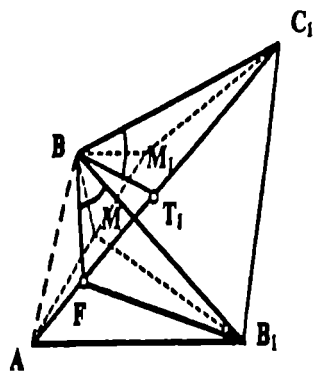
რისი დამტკიცებაც იყო საჭირო.

ახლა შევეცადოთ ვიპოვოთ ანალოგიური თეორემები ამა თუ იმ თვალსაზრისით სამკუთხედზე უფრო რთული ფიგურებისათვის.

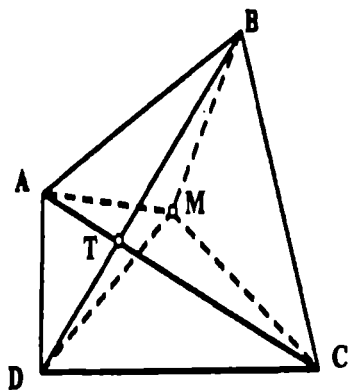
დაეუშვათ, ამოცანა მდგომარეობს შემდეგი ჯამის მინიმუმის პოვნაში:

$$\sum_{i=1}^n MA_i = \min,$$

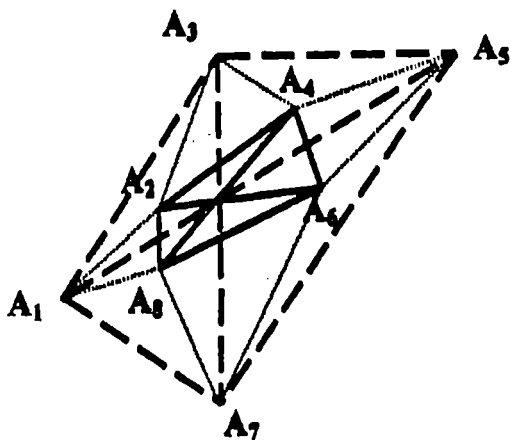
სადაც A_i წერტილია სიბრტყეზე ან სივრცეში.



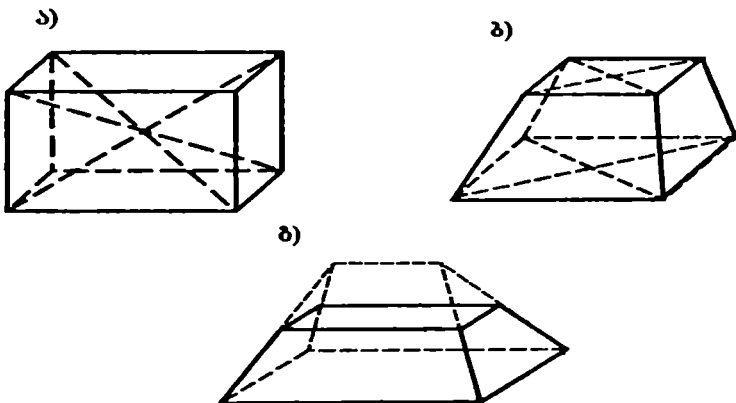
65b 10



65b 11



65b 12



ნახ 13

თავდაპირველად შევეცადოთ განვაზოგადოთ ამოცანა სიბრტყეზე. n -ს მივცეთ $3+1=4$ მნიშვნელობა.

ამ გზით შეგვიძლია შევადგინოთ მსჯელობის შემდეგი თანამიმდევრობა:

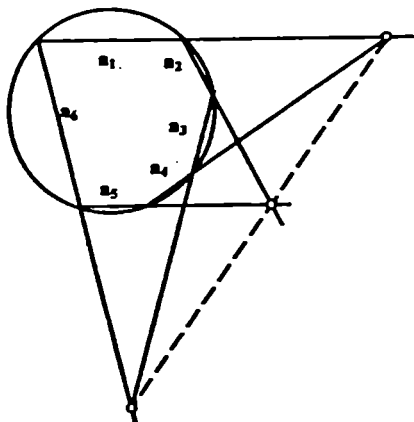
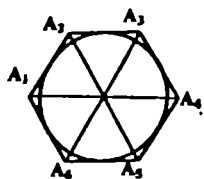
ა) სამკუთხედი – ოთხკუთხედი. ოთხკუთხედის ტორიჩელის წერტილი არის მისი დიაგონალების გადაკვეთის წერტილი. დამტკიცება ადვილია ნახ. 11-ის მიხედვით.

ბ) ოთხკუთხედი – ხუთკუთხედი. ხუთკუთხედისთვის უფრო რთულია ასეთი აშკარა ზოგადი ამოხსნის პოვნა, ვიდრე ოთხკუთხედისთვის. ამოცანის ამოხსნის სირთულის ცვლილება n -დან $n+1$ -ზე გადასვლისას შეიძლება განვსაზღვროთ როგორც ნახტომისებრი: სამკუთხედისთვის T წერტილის პოვნა ადვილი არ არის, ოთხკუთხედისთვის – აღმოვაჩინეთ ტრივიალური ამოხსნა, ხუთკუთხედისთვის – უკვე არ არის ზოგადი გეომეტრიული ამოხსნა.

გ) ... – წესიერი მრავალკუთხედი. წესიერი მრავალკუთხედის ტორიჩელის წერტილი აღმოჩნდა მისი სიმეტრიის ცენტრი.

დ) ... – $4n$ -კუთხედი. აქ შესაძლებელია მხოლოდ საკმარისი პირობის ფორმულირება. თუ $4n$ -კუთხედი ისეთია, რომ იგი შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც შედეგი ისეთ n ოთხკუთხედის ზედადებისა, რომელთა დიაგონალების გადაკვეთის წერტილები ემთხვევა

ერთმანეთს, მაშინ სწორედ ეს უკანასკნელი არის 4n-კუთხედის ტორიჩელის წერტილი (ნახ. 12).



ნახ 14

განზოგადების სიმარტივე თან ახლავს მიღებული შედეგის ერთიანობას: ახალი მტკიცება მართებულია არა მარტო სიბრტყეზე მდებარე ამოზნექილი 4n-კუთხედისათვის, არამედ სივრცისთვისაც. ასეთი თვისებებით ხასიათდება მაგალითად, პარალელეპიპედი, წესიერი წაკვეთილი პირამიდა და ზოგიერთი პრიზმატოიდი (ნახ. 13 ა, ბ, გ) [6].



ანალოგია მათემატიკაში

არსებობს მტკიცება, რომ განათლება არის ის, რაც რჩება მას შემდეგ, როცა ყველაფერი ნასწავლი დავიწყებულა. ინტელექტის ამგვარი „უმაღლესი რივის“ ფასეულობათა შორის, ალბათ ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ადგილი უკავია ანალოგიების პოვნის და გამოყენების უნარს. ამიტომ ლაპარაკობდა კეპლერი ამ მეთოდის შესახებ პოეტური აღფრთოვანებით და ვარაუდობდა, რომ ანალოგიაში ბუნების ყველა საიდუმლოა.

განსხვავებული მოვლენების აღმოჩენილი მსგავსება, თუნდაც არასილრიმისეული, ხელს უწყობს აზროვნების გააქტიურებას, რადგან აღრინდელი ცოდნა ახალი სახით წარმოჩინდება მოულოდნელად, ხშირად ემოციური შეფერილობითაც კი. თავდაპირველად მოვიყვანოთ უმარტივესი ანალოგიების მაგალითები.

ის, ვინც აითვისა ანალოგიების მეთოდები, განიცდის ინფორმაციული შიმშილის დაოკების მუდმივ მოთხოვნილებას; მასში გამოუმუშავებელია მოვლენებს შორის კავშირების აღმოჩენის რეფლექსი. ამ თვისების გამოუმუშავება უნდა დაიწყონ მცირედან, რათა იგი უფრო დიდში გადაიზარდოს.

შეიძლება ავსაგოთ სავარაუდო ფორმულა გეომეტრიული პროგრესიის წევრების ნამრავლისთვის და შემდეგ დავამტკიცოთ იგი.

$$\sum_{i=1}^n a_i = (a_1 + a_n) \cdot \frac{n}{2}, \quad \prod_{i=1}^n a_i = (a_1 \cdot a_n)^{\frac{n}{2}}$$

მათემატიკაში არსებობს თეორემების მართლაც უნიკალური წყვილები, რომელთა შინაარსი განსაკუთრებით რელიეფურად აღიქმება შედარებისას და შეიძლება გაცილებით ადრე გავიგოთ, ვიდრე ლოგიკურად მკაცრად დავამტკიცოთ. ასეთი მაგალითი შეიძლება

<p>წრეწირზე შემოხაზულ ექვსკუთხედში მოპირდაპირე წვეროების წყვილების შემაერთებელი დიაგონალები ერთ წერტილში გადის (ნახ. 14, ა)</p>	<p>წრეწირში ჩახაზულ ექვსკუთხედში მოპირდაპირე გვერდების წყვილები ერთ წრფეზე გადაიკვეთება (ნახ. 14, ბ).</p>
---	---

იყოს პროექციული გეომეტრიის ცნობილი ორმაგი თეორემები — პასკალის და ბარიანშინის.

შემდეგ მოვებნოთ ეგვიპტური სამკუთხედის რიცხვითი ანალოგიები $3^2 + 4^2 = 5^2$. დავუშვათ, რომ ლაპარაკია პითაგორას რიცხვების შესაძლო სამეულების მოსაძებნი ფორმულის შედგენაზე.

ვიცით რა ტოლობები: $x = a^2 - b^2,$

$$y = 2ab,$$

$$z = a^2 + b^2,$$

მათ მივიღებთ პითაგორას რიცხვებად, რადგან სრულდება ტოლობა

$$z^2 = x^2 + y^2.$$

აქვე ჩნდება კითხვა: შესაძლებელი იქნება თუ არა ანალოგიური ფორმულის პოვნა n რიცხვისთვის? პასუხი დადებითი აღმოჩნდება - მართებულია შემდეგი ფორმულა:

$$\begin{aligned} (a_1^2 + a_2^2 + L + a_n^2)^2 &= (a_1^2 - a_2^2 - L - a_n^2)^2 + \\ &+ (2a_1a_2)^2 + (2a_1 \cdot a_3)^2 + L + (2a_1a_n)^2. \end{aligned}$$

მაგრამ, „ნადირობა“ ანალოგიებზე სხვა თვალსაზრისითაც სასარგებლოა.

აღბათ შორს არ ვიქნებით ჭეშმარიტებისგან, თუ დავამტკიცებთ, რომ ანალოგიები არსებობს ნებისმიერი მათემატიკური მსჯელობისთვის. მაგალითად, კომპლექსური რიცხვების ანალოგიებია კვატერნიონები.

შევადართ კომპლექსური რიცხვების ველის (ნახ. 15, ა) და კვატერნიონების ველის ელემენტების (ნახ. 15, ბ) გამრავლების წესები. კომპლექსური რიცხვების და კვატერნიონების გამრავლების მატრიცებში აშკარა მსგავსებაა, მაგალითად, $ii = jj = kk = -1$. არის განსხვავებებიც: თუმცა, შენარჩუნებულია გამრავლების ასოციაციურობა. მაგრამ კვატერნიონების გამრავლებისთვის კომუტაციურობა ძალას კარგავს: $ij \neq ji$.

$a + bi$	კომპლექსური	$a + bi + ij + dk$
რიცხვის	ნორმა	კვატერნიონის ნორმა
რიცხვი	არის	რიცხვი
$N = \sqrt{a^2 + b^2}.$		$N = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2}.$

$(a^2 + b)^2 = (a^2 - b^2)^2 +$	$(a^2 + b^2 + c^2 + d^2)^2 =$
$+(2ab)^2$	$= (a^2 - b^2 - c^2 - d^2)^2 +$
	$+(2ab)^2 + (2ac)^2 + (2ad)^2.$

ვისარგებლოთ იმით, რომ ორივე ცნებისთვის არსებობს ნორმის ცნება.

ორივე ცნებისთვის მართებულია თეორემა: ნამრავლის ნორმა ტოლია ნორმების ნამრავლის.

ავიყვანოთ ისინი კვადრატში, მივიღებთ:

დავუშვათ, ავიღეთ კომპლექსური რიცხვი $z=a+bi$.
ავიყვანოთ იგი n ხარისხში, მივიღებთ:

$$(a + bi)^n = x_1 + x_2 i.$$

ვთქვათ, ავიღეთ რაღაც კვადრატ-ნიონი $z=a+bi+cj+dk$.

ავიყვანოთ იგი n ხარისხში, მივიღებთ:

$$(a + bi + cj + dk)^n = x_1 + x_2 i + x_3 j + x_4 k.$$

თითქოს ჩვენ ვერ მივიღეთ ადრინდელთან შედარებით ახალი შედეგი. მაგრამ კომპლექსური რიცხვების და კვადრატნიონების შედარება შეიძლება სასარგებლო აღმოჩნდეს სხვა თვალსაზრისით.

მაშინ შესრულდება შემდეგი თანაფარდობა:

$$(a^2 + b^2)^n = x_1^2 + x_2^2.$$

მაგალითი:

$$(1 + 2i)^3 = -11 - 2i;$$

$$(1^2 + 2^2)^3 = (-11)^2 + (-2)^2;$$

$$5^3 = 11^2 + 2^2.$$

ორი რიცხვის კვადრატის ჯამი ტოლია მესამე რიცხვის კუბის.

მაშინ შესრულდება შემდეგი თანაფარდობა:

$$(a^2 + b^2 + c^2 + d^2)^n = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2.$$

მაგალითი:

$$(1 + 2i + 0j - k)^4 = -4 - 32i + 16k;$$

$$(1^2 + 2^2 + 1^2)^4 = 4^2 + 32^2 + 16^2;$$

$$6^4 = 4^2 + 32^2 + 16^2.$$

ოთხი რიცხვის კვადრატის ჯამი ტოლია რაღაც რიცხვის მეოთხე ხარისხის.

თანამედროვე ფიზიკაში არის მცდელობა ყველა რხევითი პროცესი (ბგერა, ელექტრობა, სინათლე, მექანიკური რხევები) გააერთიანონ კურსის ერთ განყოფილებაში.

ანალოგიები შეიძლება საფუძვლად დაედოს საკმაოდ რთული საგნების გადმოცემას. მაგალითად, ცნობილი ფიზიკოსი ენრიკო ფერმი თავის ლექციებს კვანტურ მექანიკაში იწყებს მექანიკის და ოპტიკის წყვილი ცნებების სიით, რომლებიც ერთმანეთის ანალოგებს წარმოადგენენ და იღებს შრედინგერის განტოლებას.

მექანიკა: მატერიალური წერტილი, ტრაექტორია, სიჩქარე, პოტენციური ენერგია, როგორც კორდინატების ფუნქცია $V = V(x)$; კინეტიკური ენერგია T .	ოპტიკა: ტალღური პაკეტი, სხივი, ჯგუფური სიჩქარე, გარდატეხის მაჩვენებელი, როგორც კორდინატების ფუნქცია $n = n(x)$; სიხშირე γ .
---	---

ანალოგიებს დიდი მნიშვნელობა აქვს მეცნიერულ შემოქმედებაში.

პოლ კოენი, რომელმაც ამოხსნა პილბერტის ერთ-ერთი ცნობილი პრობლემა, და რ. ხერში ერთმანეთს ადარებენ ეკკლიდეს (არაეკკლიდურ) გეომეტრიას და კანტორის (არაკანტორის) სიმრავლეთა თეორიას. საინტერესოა აგრეთვე ასეთი ვარაუდიც ანალოგიების თაობაზე: ისევე როგორც „ლობაჩევსკის გეომეტრიამ“ გამოყენება პოვა აინშტაინის ფარდობითობის თეორიაში, სიმრავლეთა არაკანტორულმა თეორიამ შეიძლება გამოყენება პოვოს რაიმე ახალ ფიზიკურ თეორიაში.

ანალოგია, როგორც მათემატიკის შესწავლის და განვითარების მეთოდი ალბათ განსაკუთრებით საყურადღებოა მაგალითების განხილვისას და გამოიყენება თვით მეცნიერი მათემატიკოსების მიერ.

საოცრად სიმეტრიული და მწყობრია შემდეგი ორი მწკრივი, რომლებიც აღმოაჩინა ინდოელმა მათემატიკოსმა რამანუჯანმა:

$$\sqrt{1 + 2\sqrt{1 + 3\sqrt{1 + L}}} = 3,$$

$$\sqrt{6 + 2\sqrt{7 + 3\sqrt{8 + L}}} = 4.$$

თუ ამ ფორმულებში მითითებულია უსასრულო სიმრავლის წევრების მქონე გამოსახულებების ზღვარი, რამანუჯანის მომდევნო ფორმულაში სასრულის და უსასრულოს დიალექტიკა, მათი ჭეშმარიტი შეხამება სრულიად უჩვეულოდ გამოვლინდა განსაკუთრებული სახით:

$$\begin{aligned} n(n+2) &= n\sqrt{1+(n+1)(n+3)} = \\ &= n\sqrt{1+(n+1)\sqrt{1+(n+2)(n+4)}} = \\ &= n\sqrt{1+(n+1)\sqrt{1+(n+2)\sqrt{1+(n+3)(n+5)}}} = L \end{aligned}$$

ფორმულა გასაოცარია: იგი მართებულია როგორც უსასრულოდ გაგრძელების შემთხვევაში, ასევე უსასრულობისკენ ამ თავისებური მოძრაობის ნებისმიერ ნაბიჯზე წყვეტის შემთხვევაშიც. სრულიად სამართლიანნი არიან ისინი, ვინც რამანუჯანის ამგვარი გარდაქმნების სინატიფეს მოცარტის მუსიკას აღარებენ...

სამწუხაროდ, რამანუჯანმა მხოლოდ სასრული შედეგები დაგვიტოვა – იგი არა თუ არ აღწერდა ძიებათა გზებს, რომლებიც უთუოდ აღსავსე იქნებოდა საოცარი ანალოგიებით, არამედ ხშირად არც კი მოჰყავდა თავისი თეორემების დამტკიცება [6].

ფრიად ნიშანდობლივია ანალოგიების გამოყენება მეორე ცნობილი მათემატიკოსის მიერ. ანალოგიების მიხედვით გაკეთებული მათემატიკური აღმოჩენები აღწერა ლეონარდ ეილერმა. მაგალითად, ჩვეულებრივი მათემატიკის წესების მრავალჯერადი უარყოფით, სასრულსა და უსასრულოს შორის საინტერესო ანალოგიების გამოყენებით მან მიიღო ფორმულა, რომელზეც მანამდე უმედგოდ მუშაობდა ბერნული. შემდგომში ეილერი ამტკიცებს ამ ფორმულას საკმაოდ მკაცრად, განსხვავებული მოსაზრებების საფუძველზე. მაგრამ ჩვენთვის მნიშვნელოვანია ის, რომ სითამამე აუცილებელია არა მარტო ქალაქების აღებისას, არამედ მათემატიკური პრობლემების „შტურმის“ დროსაც.

დამოუკიდებლობის მნიშვნელობა სამეცნიერო მუშაობისას



მნიშვნელოვანია, რომ ახალგაზრდა მკვლევარს კვლევაში მისი გზის დასაწყისშივე აუცილებლად მივანდოთ დამოუკიდებელი სამუშაო: თავდაპირველად პატარა, მაგრამ აუცილებლად დამოუკიდებელი. ახალგაზრდა სპეციალისტს შეუძლია და ვალდებულიც არის შეასრულოს სხვადასხვა დავალება, დაეუფლოს სხვადასხვა მეთოდებს, მონაწილეობა მიიღოს მთლიანი თემის შესრულებაში და დანერგვაში. მაგრამ, ამასთან ერთად, მას უნდა ჰქონდეს თავისი დამოუკიდე-

ბელი უბანი, რომელზეც პერსონალურად აგებს პასუხს. მკვლევარმა უნდა გამოსცადოს საკუთარი წარმატების სიხარული და დამარცხების ნალექი, აზრისა და მიღწევის ზეიმი. სწორედ ეს ეხმარება დამწყებ მკვლევარს დამოუკიდებლად აზროვნებაში, მეცნიერულ პროცესს აქცევს შემოქმედებითად და შესანიშნავ შემოქმედებით ემოციებს წარმოშობს. ყველაფერი ეს საჭიროა არა იმისათვის, რომ განავითაროს ინდივიდუალობა, არამედ აღზარდოს დამოუკიდებლობა, ხოლო შემოქმედებითი სიმწიფე ბადებს თავმდაბლობას.

ვფიქრობ, თუ ახალგაზრდა სპეციალისტს შემოაქვს წინადადება, რომელიც სცილდება ხელმძღვანელის წინადადებას (თუ, რასაკვირველია, იგი არ ეწინააღმდეგება მოცემული სამეცნიერო დარგის ძირითად კანონებს), უნდა მივცეთ საშუალება მით განხორციელებას. მაშინ პატარა პირადი გამარჯვებები და დამარცხებები მას მთლიანად დააკავშირებს საერთო სამუშაოსთან, დაინტერესდება მისით. მეცნიერებისადმი სიყვარული, როგორც სიყვარული ადამიანისადმი, წარმოიქმნება არა მარტო საერთო სიხარულით, არამედ ორმხრივი ტკივილითა და სიძნელეთა გამოც. რა თქმა უნდა, არსებობს ერთი ნახვით შეყვარებაც, მაგრამ დიდი სიყვარული ძალას და სიმყარეს დროთა განმავლობაში იძენს.

სენტ-ეკიუპერის მომხიბვლელ ზღაპარში პატარა პრინცს შეუყვარდა ვარდი, რომელიც მას ეჩვენებოდა ერთადერთად და განუმეორებლად. მაგრამ, როდესაც იგი დედამიწაზე მოხვდა და ხუთი ათასი ასეთი ვარდი დაინახა, ძალიან დაღონდა. მისი საყვარელი ვარდი არაფრით გამოირჩეოდა სხვებისგან. ლისმა აუხსნა, რა განსხვავება იყო მის ვარდსა და სხვებს შორის; მაშინ პატარა პრინცმა მას ასეთი სიტყვებით მიმართა: „აქვენ სულაც არ გავხართ ჩემს ვარდს. მე თქვენ არ მიგჩვევივართ. მე მას ვუსხამდი წყალს ყოველდღე და არა თქვენ. მას ვიცავდი ქარისაგან, ვუსმენდი, როგორ ჩიოდა, ტრაბახობდა. მე მას მაშინაც კი ვაყურადებდი, როცა იგი, ჩუმდებოდა. მეც დავუმეგობრდი მას და ახლა ის ერთადერთია მთელ ქვეყანაზე“. ხოლო ლისმა დაუმატა: „შენ ყოველთვის ყველაზე პასუხისმგებელი ხარ მასზე, ვინც მიიჩვიე“.

სამეცნიერო პროცესი დუალისტური ბუნებისაა: იგი კოლექტიურიცაა და ინდივიდუალურიც. საჭირო არაა ბუნებაზე ძალდატანება. თუ ახალგაზრდას წავართმევთ დამოუკიდებლობას და ზედმეტი ზრუნვის ატმოსფეროში გავახვევთ, ამით ხელს შევეშლით მის ინდივიდუალობას, თანამონაწილეობის განვითარებას, დავთრგუნავთ მასში შემოქმედებით საწყისს. ასეთ გარემოცვაში ახალგაზრდა სპეციალისტი (განსაკუთრებით, თვინიერი ან კარიერისკენ ლტოლვის მქონე) გადაიქცევა სხვისი ნების შემსრულებლად, ხოლო შეცდომები ბუნებაში კანონზომიერია — როგორც ცნობილია, „ვინც ეძებს, იგი იძულებულია ცდებოდეს“ (გოეთე). რასაკვირველია, სიტყვაძვირი ზოგჯერ უფრო მონერნებულია, ვიდრე ენაწყლიანი, მაგრამ მეცნიერება და მეცნიერი-ხელმძღვანელიც, საბოლოო ჯამში, სიტყვაძვირებთან წაგებული რჩება.

რასაკვირველია, ახალგაზრდა სპეციალისტისადმი ნდობისას, მისთვის გარკვეული დამოკიდებულებისა და თავისუფლების მინიჭებისას ხელმძღვანელი თავის თავზე იღებს პასუხისმგებლობას. იგი უნდა ეხმარებოდეს ახალგაზრდა სპეციალისტს შეცდომების გამოსწორებასა და თავიდან აცილებაში, მეცნიერული შემოქმედების კოლექტიურ პროცესში მის ჩართვაში. სწორედ ამაში მუდამდებია ხელმძღვანელის ხელოვნება. რაც დიდ ცოდნას, გამოცდილებას, ინტუიციას, პედაგოგიურ ოსტატობასა და მომთხოვნელობას საჭიროებს.

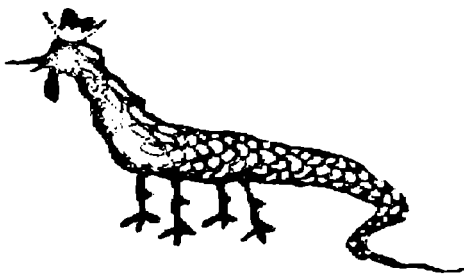
გულახდილად ვიტყვი – ყოველთვის მახარებდა, თუ რომელიმე უმცროსი ამხანაგი მუშაობისას რაიმეს, როგორც მე მეჩვენებოდა, ჩემი იდეების განვითარების თვალსაზრისით, ჩემებურად აკეთებდა. მაგრამ უფრო დიდ სიხარულს განვიცდიდი, როცა იგი ამასთან ერთად ინდივიდუალობასაც ამჟღავნებდა და მის ხმაში გამოკრთოდა საკუთარი ნოტები და მოტივები, როცა იგი ამოცანის გადაწყვეტის ორიგინალურ გზებს პოულობდა. თვით თანამოაზრეებიც კი რალაციით უნდა განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან, წინააღმდეგ შემთხვევაში ისინი კარგავენ ინდივიდუალობას. მეცნიერების სიმდიდრე მეცნიერთა ინდივიდუალობაში, მათ განუმეორებლობაშია, ესაა მისი განვითარების საწინდარი. შემოქმედებით პროცესს ინდივიდუალობა კი არ ამცირებს, არამედ ზრდის კოლექტივის როლს მეცნიერულ ფასეულებათა შექმნაში.

ისიც მართალია, ყველას ერთნაირად არ შეუძლია და არც სურს დამოუკიდებლობა. ზოგიერთს ურჩევნია ვინმეს ძლიერ ზურგს ეფარებოდეს (მე ეს სრულიად კონკრეტულად მაქვს წარმოდგენილი). მაგრამ ამ შემთხვევაშიც საჭიროა დამოუკიდებლობის ელემენტების განვითარება მეცნიერული კვლევა-ძიების სხვადასხვა სტადიაზე.

მეცნიერული მოკვლევის შედებიანობა



ახალგაზრდა სპეციალისტს თავისი სამუშაო რომ შეუყვარდეს, ანდა, უკიდურეს შემთხვევაში, მიეჩვიოს მას, დამოუკიდებლობის გარდა, აუცილებელია მეცნიერული მოკვლევის შედეგიანობა (კარგია, როცა სიყვარული ორმხრივია: ახალგაზრდა სპეციალისტი შეიყვარებს მეცნიერებას, ის კი მას იმავე გრძნობით უპასუხებს). არაფერი გვლლის და გვიცრუებს გულს ისე, როგორც ჩვენი ძალისხმევის უნაყოფობა, ხოლო იდეათა ორიგინალობა და მნიშვნელობა ამაღლებს გამოკვლევებში ჩადებულ შედეგების ფასს. სასურველია შევჩერდეთ რამდენიმე საკითხზე, როგორიცაა თემის ამორჩევა და თემატიკის ცვლა, ინტუიცია, მოდელების და ჰიპოთეზების როლი და პროფესიონალიზმი სამეცნიერო მუშაობაში.



თემის არჩევანი და თემატიკის ცვლა

თემის სწორი არჩევანი ერთ-ერთი რთული საკითხია. რასაკვირველია, აქ არცთუ ისე დილია თავისუფლება. ყოველ

სამეცნიერო დაწესებულებაში, მით უმეტეს, სპეციალიზებულ დარგობრივ ინსტიტუტში, ყოველ ლაბორატორიასა და სამეცნიერო უჯრედში ხომ არსებობს ზოგადი და კერძო ამოცანები. მით უფრო, არსებობს თემის არჩევისა და ამოცანის გადაწყვეტის გარკვეული თავისუფლება.

ალბათ, ახალგაზრდა სპეციალისტმა თავისი გზა უნდა დაიწყოს მარტივი და შედარებით შედეგიანი ამოცანებით და გამოცდილების დაგროვების, კვლევა-ძიების ტექნიკისა და ხარისხის ჩამოყალიბების შემდეგ გადავიდეს უფრო რთულ, საკამათო და ნაკლებ გარკვეულ პრობლემებსა და ამოცანებზე. ამასთან, სრულიადაც არ არის სწორი წაუგებელ, „ნაღღ“ სამუშაოზე ორიენტირება. ეს სისუსტეა, რომელიც ბევრი მკვლევრისათვის არის დამახასიათებელი, განსაკუთრებით ახალგაზრდისათვის და მათთვის, რომლებიც ესწრაფვიან „სამეცნიერო კარიერის „გაკეთებას“ (რასაც ზოგჯერ ხელს უწყობს სამეცნიერო ნაშრომების შეფასების ხერხები). აქ ადმინისტრაციისა და სამეცნიერო ხელმძღვანელის როლი, რა თქმა უნდა, განუზომელია. ყოველგვარი სწორად დაყენებული გამოკვლევა წაუგებელი ლატარიაა მეცნიერებაში და ყოველთვის ტოვებს კვალს. გამოკვლევას შეუძლია არა მარტო დადებითი შედეგის მოტანა, არამედ უარყოფითისაც, რაც, თავისთავად, ისევ შედეგს წარმოადგენს. ხშირია შემთხვევა, როცა ერთი გამოკვლევის შედეგები, რომელთაც გამოკვეთილი ღირებულება არ გააჩნიათ, უაღრესად სასარგებლო აღმოჩნდება სხვა გამოკვლევის ჩასატარებლად. ა. მიგდალს მოჰყავს ამის საინტერესო მაგალითი, კარგად აგებულ არცთუ ჭეშმარიტ თეორიას (თუ მაგალითად, საფუძველში არასწორი მოსაზრება უდევს) როგორ შეუძლია მეცნიერების განვითარებაზე დადებითი ზემოქმედების მოხდენა. ი. ტამმა ატომურ ძალთა თეო-

რია ასეთ მოდელზე ააგო: ერთ-ერთ ნუკლონს გამოყოფს ელექტრონი (ან პოზიტრონი) და ნეიტრონი. ეს სწორი არ არის. როგორც იაპონელმა იუკავამ გვიჩვენა, ბირთვული ძალები განპირობებულია მეზონების გამოშვებით და შთანთქმით, რაც ძლიერ ნაყოფიერი აღმოჩნდა.

ლ. ტოლსტოიმ თავის დღიურში როგორღაც ჩაწერა: ვკითხულობ გოეთეს და იბადება აზრები. კარგია, როდესაც სტატიის კითხვის ან მოხსენების მოსმენისას რაღაც აზრი იბადება. ცუდია, როცა, გარდა მოწყენილობისა, არაფერი წარმოიქმნება. რა თქმა უნდა, საუკეთესო გამოკვლევები გამოირჩევა დასრულებულობით — იძლევა ახალ მეთოდს ან ახალ თეორიას, ან პრაქტიკულ შედეგს, რომლის გამოყენება შეიძლება წარმოებაში. ვფიქრობ, უმაღლესი შემოქმედებითი სიხარული მოაქვს იმ სამეცნიერო ნაშრომს, რომელიც წარმოადგენს თეორიულ გამოკვლევას და რომლიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს პრაქტიკული შედეგები.

უეჭველია, ასეთი შრომების მაგალითები ყოველ სამეცნიერო კოლექტივში მოიპოვება. ავტორისათვის კარგად ცნობილ ასეთ მაგალითს წარმოადგენს სამუშაოები ძაფისებრ კრისტალებზე. როგორც ცნობილია, ეს კრისტალები აღნაგობის თავისებურებების გამო (დეფექტების მცირე სიმჭიდროვე) კვლევა-ძიების შესანიშნავი ობიექტია. აქვთ თეორიულთან მიახლოებულ უნიკალური სიმტკიცე, არაჩვეულებრივი დიფუზიური თვისებები, ფაზურ გადასვლათა ფრიად საინტერესო თავისებურებები. ეს სამუშაოები თავიდან ლითონთა ფიზიკის ლაბორატორიაში თეორიულად მიმდინარეობდა, თუმცა შემდგომში ბუნებრივად შეიძინა მკვეთრად გამოხატული პრაქტიკული მიმართულება და ორ მნიშვნელოვან პრობლემაში გადაიზარდა — კომპოზიციური მასალები და რთული სტრუქტურის ელექტრული შენადნობები. მეორე მაგალითი: მაღალი ტემპერატურისას ლითონთა რღვევის მექანიზმის დადგენამ, მათი თვისებების შესწავლის თეორიული კანონზომიერებების დადგენის გარდა, მიგვიყვანა უბრალო პრაქტიკულ შედეგებამდე (შემუშავდა თერმოვაკუუმური დამუშავების უბრალო რეჟიმები, რომლებიც არსებითად აუმჯობესებს სხვადასხვა შენადნობათა მექანიკურ და ტექნოლოგიურ თვისებებს). რასაკვირველია, სხვა მაგალითების მოყვანაც შეიძლება.

მანქანათმშენებლობის განვითარება, კერძოდ, ახალი თაობის თვითმფრინავებისა და ძრავების შექმნა შეუძლებელია იმ მასალების

გარეშე, რომლებიც განსაზღვრავს დეტალების საიმედოობასა და ხანგრძლივ რესურსებს. დიდი პრაქტიკული მასშტაბის რთული ამოცანების გადაწყვეტა შეიძლება მხოლოდ ძიების რისკის, ღრმა გამოკვლევის საფუძველზე. კვლევა-ძიებისას მხოლოდ რისკს შეუძლია პრაქტიკულ ამოცანათა გადაწყვეტის ახალი გზების აღმოჩენა, მათ შორის, ისეთი საიმედო მასალების შექმნა, რომლებიც მაღალ მოთხოვნებს უპასუხებს. წარმატებულ სამუშაოზე ორიენტაცია კი აჩვევს პრაგმატიზმს, წარმოშობს სხვის გზაზე სიარულის ჩვევას, გაუბედაობას.

ავტორს პრაქტიკაში ჰქონდა შემთხვევები, როცა სამუშაო არ იძლეოდა ნაღდი მოგების გარანტიას. ზოგიერთი სწორედ ასეთი აღმოჩნდა; მაგრამ იყო შემთხვევები, როცა იღბალი გაუღიმებდა. ასე იყო მაგალითად, იმ ელექტრონული ავტორადიოგრაფიის მეთოდის დამუშავებისას, რომელიც წარმოადგენს შენადნობთა ქიმიური და სტრუქტურული არაერთგვაროვნების შესწავლის ძალზე ეფექტურ მეთოდს.

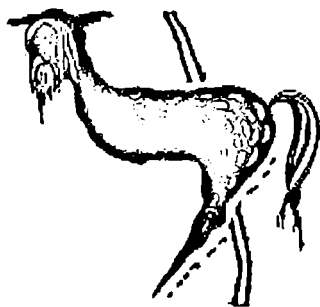
ახალგაზრდობა უნდა აღვზარდოთ თამამი ძიების სულისკვეთებით. ეს შეეხება როგორც თემატიკის შერჩევას, ისე არათემატური ამოცანების გადაწყვეტას. შესაძლოა სიტყვა „სასარგებლოს“ და „პრაქტიკულად მნიშვნელოვანის“ ხშირად გამეორებამ პრაქტიკაზე უარყოფითად იმოქმედოს. რუსულ პრესაში დაიბეჭდა ლ. ლიხოდევის ფელეტონი, რომელშიც დადებითი პერსონაჟი ასეთ სიტყვებს წარმოთქვამს: „არსებობენ ადამიანები, რომლებსაც მიაჩნიათ, რომ ყველა ხე ხილის მომცემი უნდა იყოს, ხოლო თევზები პირდაპირ ტომატში უნდა ცურავდნენ. იმათ ჰკონიათ, რომ სასარგებლო სწორედ ის არის, რაც შეიძლება იმ წუთს გადაყლაპო. ეს ძალიან სამწუხაროა. ეს საზოგადოებრივ პროცესში „ყლაპვის“ როლს აზროვნების როლზე მაღლა აყენებს“.

ყოველი პრაქტიკული შედეგი, მიუხედავად იმისა, რომ იგი ყოველთვის არ ჩანს, ასე თუ ისე, დაკავშირებულია სამეცნიერო ამოცანათა გადაწყვეტასთან. მეცნიერება ეძიებს ჭეშმარიტებას; როგორ არ უნდა გავიხსენოთ აქ ლ. ბოლცმანის თითქმის ქრესტომათიული სიტყვები: „არაფერია უფრო პრაქტიკული, ვიდრე კარგი თეორია“. ბუნებრივია, ახალგაზრდა სპეციალისტში უნდა აღვზარდოთ მისწრაფება თავისი მუშაობიდან აკეთოს (სადაც კი ეს მოხერხდება) უშუალო დასკვნები, მათ შორის თეორიულიც.

ასპირანტის მუშაობას ხშირად აგებენ აქტუალური თემის ამორჩევის პრინციპზე. მაგრამ ეს გარემოება ხშირად ამდიდრებს სამუშაოს მეცნიერულ ღირებულებას. სადისერტაციო კვლევა-ძიების მსვლელობა, უპირველესად, ხარისხმა უნდა განაპირობოს და არა ვადებმა. ასევე, აუცილებლად უნდა დავენერგოთ აზრი, რომ სასურველი ნაყოფის მოტანა შეუძლია მხოლოდ შრომაზე დამყარებულ თვისებებს. ახალგაზრდა მეცნიერმა უნდა იცოდეს, რომ არ არსებობს იოლი გამოკვლევები. „იოლი გზა აღმართით მთავრდება“ და ჭეშმარიტება იოლად არ გვეძლევა.

თემის არჩევის საკითხს თუ დაუბრუნდებით, საჭიროა კიდევ ერთხელ აღინიშნოს, რომ დამწყები მკვლევრის დამოუკიდებელი სამუშაო შესძლებისდაგვარად უნდა იყოს მარტივი, ნათელი და შედეგიანიც. რა თქმა უნდა, ბევრი რამ თვით სპეციალისტის ინდივიდუალურ თვისებებზეა დამოკიდებული. ერთი შეიძლება ადრე „გაიგზავნოს დაზვერვაზე“, მეორე – გვიან, მესამის „დაზვერვაზე გაგზავნა საერთოდ არ არის საჭირო“. სწორედ ამისათვისაა აუცილებელი ახალგაზრდა სპეციალისტის შეცნობა, რაზეც ქვემოთ იქნება საუბარი. კიდევ ერთხელ უნდა აღინიშნოს, რომ სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი რთული ორგანიზმია, რომელიც დაპროგრამებულია გარკვეული ამოცანების შესრულებაზე. ეს ამოცანები სავსებით განსაზღვრულია. აგრეთვე უნდა გავითვალისწინოთ ეკონომიკური მხარე, შესაძლებლობები და ა. შ.

რასაკვირველია, არ შეიძლება ყოველი ახალგაზრდა სპეციალისტი გატაცებების და მიდრეკილებების ტყვეობაში იყოს, მაგრამ მათი გათვალისწინება, მათთვის ანგარიშის გაწევა აუცილებელია. სწორედ ეს განსაზღვრავს სამეცნიერო კვლევის სამუშაოს ეფექტიანობას და ხარისხს. ახალგაზრდა სპეციალისტისადმი სწორედ ასეთი დამოკიდებულება არის შორსმჭვრეტელოური და სტრატეგიულად გამართული.



თემატიკის შეცვლა

შედეგიანობის პრობლემას უკავშირდება თემატიკის შეცვლის, სამუშაოს მიმართულების საკითხი. უაღრესად არასასურველად გვეჩვენება დავალებათა ხში-

რი, გაუმართლებელი ცვლა, გამოკვლევათა დაუმთავრებლობა. ახალგაზრდა სპეცილისტიისათვის ეს ზიანის მომტანია, რადგან არღვევს მიზანმიმართულობას, სამუშაოს გამართლებულობის შეგრძნებას, ურომლისოდაც შეუძლებელია კვლევა-ძიების პროცესის სრულყოფილად დაუფლება და სამუშაოს შეყვარება. კვლევა-ძიება ისევე უნდა შევისისხლხორცოთ, როგორც მსახიობი ითვისებს როლს.

ასეთ ცვლას ზშირად იმ ახსნას ვუძებნით, რომ წარმოიჭრა ახალი, უფრო მნიშვნელოვანი ამოცანები, რომ ძველი თემატიკა უპერსპექტივოა და ა. შ. ასეთი რამ მართლაც ხდება და არცთუ იშვიათად; მაგრამ ისიც ხდება, რომ ასეთი ცვლა ჩვენში შეცდომების, ჩვენი ინტუიციის უკმარისობის, სენსაციური ზმების და მოდის ცვალებადობისადმი აყოლის შედეგია, ან იმის გაუთვალისწინებლობა, თუ რა დამლუპვლად მოქმედებს ეს ახალგაზრდა სპეციალისტზე. თუმცა, მიმართულების შეცვლა ზშირად გამართლებულიც არის და მიზანშეწონილიც.

თავს ნებას მივცემ და მოვიყვან ერთ მაგალითს საკუთარი მეცნიერული ბიოგრაფიიდან. დავამთავრე მოსკოვის ფოლადის ინსტიტუტი, რომელიც მაშინ დაპროგრამებული იყო სპეციალისტების მომზადებაზე ფოლადისა და რკინის შენადნობთა დარგში, სადიპლომო შრომის – „ფოლადში აუსტენიტიის იზომეტრიული გარდაქმნა“ ხელმძღვანელები იყვნენ უდიდესი სპეციალისტები პროფ. ნ. მინკევიჩი და პროფ. ი. კონტროვიჩი. საკანდიდატო დისერტაცია დავიცავი თემაზე: „ნიკელის არაშემცვლელების ძიება“, ხოლო სალოქტორო დისერტაცია – თემაზე: „კოაგულაცია, დიფუზიის პროცესები და მექანიკური თვისებები ლეგირებულ ფოლადში“. თხუთმეტი წლის განმავლობაში ძლიერ შევეჩვიე ფოლადს, „შემიყვარდა“ და მეჩვენებოდა, რომ მასთან „შენობით“ ვიყავი – გავეშინაურდი და ვგრძნობდი, რომ ფოლადის თემა ამოწურული არ იყო. აქ მართლაც ბევრი საინტერესო თეორიული და გამოყენებითი ამოცანაა. მაგრამ ისე მოხდა, რომ ორმოცდაათიანი წლების დასაწყისში, საბჭოთა კავშირში სამშვიდობო მიზნებით ატომური ენერჯიის გამოყენების თვალსაზრისით სამუშაოთა გაშლასთან დაკავშირებით აკადემიკოსმა ს. კიშკინმა შემომთავაზა ხელი მომეკიდა მეტალების საკვლევად რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენებისათვის. ამასთან, ძირეულად იცვლებოდა არა მარტო მეთოდის და კვლევის ობიექტები, არამედ მთელი პრობლემატიკა. გულახდილად უნდა ვთქვა, რომ ეს

ყველაფერი ჩემთვის იოლი არ იყო. ახლა მიჭირს იმის თქმა, მოიგე თუ არა სამუშაო თემატიკის ასეთ შეცვლით, მაგრამ საშუალება მომეცა მემუშავა ახალ თემატიკაში, რითაც გაფართოვდა ჩემი სამეცნიერო ინტერესების სფერო. თუმცა, როდესაც ასეთი სერიოზული მსხვერვა მოხდა, უკვე მომწიფებული მკვლევარი გახლდით.

ამ მაგალითით მინდა ხაზგასმით აღვნიშნო, რომ მიმართულებათა და თემათა ცვლა დასაშვებია, ზოგჯერ გარდაუვალიც კი, ხოლო ზოგ შემთხვევაში სასარგებლოც, თუ იგი კარგად არის მოფიქრებული და არგუმენტირებული. წინააღმდეგ შემთხვევაში, დავალებათა და თემათა ხშირი ცვლა, გამოკვლევათა დაუსრულებლობა, განსაკუთრებით ახალგაზრდა მეცნიერისა და კვლევა-ძიების შედეგიანობისათვის, რა თქმა უნდა, მავნებელია. მეცნიერების სიყვარული – პროცესია. ობიექტებისა და პროცესების ხშირი ცვლა არ წარმოშობს ერთგულებას და სერიოზულ გრძნობებს, შეიძლება საგნისადმი ზერელე დამოკიდებულება გამოიწვიოს. გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ წარმატება მნიშვნელოვანი მაშინ არის, როცა ძალისხმევა კონცენტრირებულია პრობლემატიკაზე.

როგორც ცნობილია, „ვისაც არ შეუძლია თავის შეკავება, ის თავს ვერაფრის მიღწევის საფრთხეში აგდებს“ (ჰეგელი). მაგრამ ნებისმიერ შემთხვევაში, თუკი ჩვენ მაინც ვიცვლით გეზს და მარშუტებს, კარგია თუ გავლილ გზას ჩვენი კეთილი კვალიც დაეტყობა, რაც გადმოცემულია ლ. მარტინოვის შესანიშნავი ლექსის ბწყარედით: „მითხარი, როგორ კვალს დატოვებ? კვალს, რომ გაწმინდონ პარკეტი და შეგხედონ აღმაცერად, თუ სხვის სულში კვალს უხილავს, მყარს, სამარადისოს...“ კეთილი და ნათელი კვალი რომ დატოვო, უნდა იმუშაო და სამუშაოს სული და გული ჩააქსოვო. ჩვენი გონება შეიმეცნებს მთელს სამყაროს, სული კი უმატებს სურნელს. რაოდენ ბრწყინვალე ნადიმს მართავენ ერთობლივ სული და გონი..

ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ მეცნიერების შეყვარება ყოველთვის ვერ ხერხდება, თუნდაც დიდი ძალისხმევითა და „თამაშის ყველა წესის დაცვის“ შემდეგაც და ამაში არაფერია საკვირველი. უბრალოდ, ეს უნდა გავიგოთ.

საკმაოდ დიდხანს და ახლოს ვიცნობდი ერთ მეცნიერ მუშაკს, რომელიც ლაბორატორიაში მოვიდა ინსტიტუტის დამთავრებისთანავე, წარმატებით დაიცვა დისერტაცია და მაინც გადავიდა, სხვა სამ-

უშაოზე. მან ვერ შეიყვარა მეცნიერება. ეს სიყვარული არ შედგა და მორჩა. შეიძლება არ დავეჭვდეთ, რომ სხვა ასპარეზზე ამ ადამიანის ნიჭი უფრო წარმატებით გაბრწყინდება. საერთოდ, ყველა ადამიანი ნიჭიერია. მნიშვნელოვანია საკუთარი გზის პოვნა. ფსიქოლოგები ამტკიცებენ, რომ ადამიანის პროფესიულ შესაძლებლობათა დიაპაზონი ძალიან ფართოა [6].



მოვლენათა მიქანიზმის ამხსნელი ანალოგიები

გონების და ინტელექტის განვითარება ბევრად დადამოკიდებული იმ „ნაცნობ საგანთა“ მარაგის ზრდაზე, რომლებიც ჩვენს გამოცდილებას განსაზღვრავს. მეორეს მხრივ, შესაძლებელს ხდის განვასხვაოთ ნაცნობი და უცნობი ელემენტები იმ ახალი ფაქტებით, რომლებიც აღმოცენდება როგორც ცხოვრებაში, ისე მეცნიერებაში. ასევე, აღნიშნული პროცესი ყოველთვის „ხელიხელგადახვეული“ როდი მიმდინარეობს, უფრო ხშირად ერთი ჩამორჩება მეორეს.

ხშირად ადრინდელ შთაბეჭდილებებში აღმოვაჩინთ მსგავს ნიშანთვისებებს, რომლებიც წინათ სავსებით სხვაგვარად წარმოგვიდგებოდა. არცთუ იშვიათად, საგანთა შორის მნიშვნელოვან განსხვავებებსაც ვამჩნევთ!

გამოცნობის უნარი, პირველ რიგში, მიმართულია ისეთ ელემენტებზე, რომლებიც ახასიათებს საგანს ან მოვლენას და რომელიც ჩვენთვის უკვე ნაცნობია. ცოდნა მეტწილად გამოცნობამდე დადის. არსებითად, ახალი მოვლენები გასაგები ხდება მხოლოდ საბოლოოდ. ახალი ელემენტების აღმოჩენას მიყვავართ ცოდნათა გაძლიერებამდე და წინა ცოდნაში რაღაცის უარყოფამდე. სწორედ ესაა თავისებური ანტაგონიზმი ცოდნასა და გაგებას შორის. ანტაგონიზმი, რომელიც ხსნის იმ ფაქტს, რომ უფრო ხშირად მეტის მცოდნე ადამიანები შეიგრძნობენ იმ სიახლეებს, რომლებიც აიძულებს მათ გადახედონ ძველ სქემას. უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი სქემის საფუძვლად მიიჩნევა არა საგნები და კავშირები, რომლებშიც გარკვეულნი ვართ, არამედ ის, რასაც, უბრალოდ, შეჩვეულნი ვართ.

გაგებას ეძლევა ფარდობითი ხასიათი, რადგანაც მდგომარეობს ახალ ცნებათა ასიმილაციაში, ე. ი. მათ ყველაზე მნიშვნელოვან მსგავსებათა აღმოჩენაში იმ საგნებიდან და ცნებებიდან, რომლებიც ჩვენთვის ნაცნობია.

როგორი პარადოქსულიც უნდა იყოს, გაგების სურვილი ჩვენს კონსერვატიზმს გამოსახავს. იმისი დაშვების სურვილს, რომ არსებობს ისეთი რამ, რაც არ თავსდება ჩვენთვის ნაცნობ სქემაში. აი, რატომ ეყრდნობა მეცნიერების პროგრესი რადიკალურად მოაზროვნე ადამიანებს, რომლებიც ანგრევენ ძველს და ქმნიან ახალს.

დაკვირვებებისა და კვლევის შედეგად აღმოჩენილი ახალი ფაქტი უბრალოდ უნდა დავიყვანოთ ნაცნობ ელემენტებზე, ე. ი. უნდა აიხსნას ძველი სქემის ჩარჩოებში. ამ სქემის შეცვლა შესაძლებელია მხოლოდ რომელიმე ახალი ელემენტის ჩართვით, რომელსაც შეჩვევა სჭირდება. ასეთი ახალი სქემის გარეშე ცოდნა ფაქტების უბრალო გროვია და არა მეცნიერება.

მეცნიერულ შემეცნებას ყოველთვის თან სდევს ორი საწინააღმდეგო ტენდენცია: პროგრესული და რევიოლუციური. პროგრესული არის ახალი ფაქტების გახსნა, ხოლო კონსერვატორული წარმოადგენს ჩვეულ წარმოდგენებზე დაყვანას. ჩვენ მიუუახლოვდით ჰეგელის ტრიადის ორ რგოლს, რომლებიც ახასიათებს აზროვნების სვლას — თეზისს და ანტითეზისს. მესამე რგოლი სინთეზია, იგი მდგომარეობს ძველი სქემის განახლებასა და ახლის გააზრებაში. ამ სქემის ელემენტები ძველთან შედარებით, აღჭურვილი უნდა იყოს უფრო მეტი ზოგადობით. ფართოვდება შეხების არე. ეს ნიშნავს, რომ წინათ და ახლა სხვადასხვა მოვლენების დაკვირვებისას უნდა არსებობდეს შიგა კავშირი, მსგავება, რომელსაც ველოდით, მაგრამ აღმოუჩენელი დარჩა, რადგანაც ვცილობდით მოგვეძებნა ძველი ახალში და თავიდან ვიცილებდით ახლის ძიებას ძველში [9].

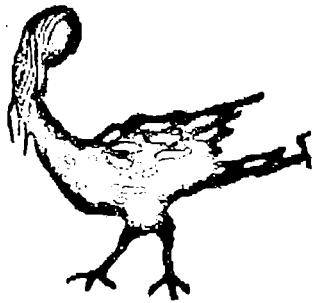
ზუსტ მეცნიერებაში, როგორცაა ფიზიკა, ხშირად შეიძლება რაოდენობრივ განსხვავებას ყურადღება არ მივაქციოთ. მაგალითად, ისეთი მოვლენები, როგორცაა სხვადასხვა ტონის ხმები ან სხვადასხვა შეფერილობის სინათლე, შეიძლება განვიხილოთ, როგორც იგივეური.

უნდა აღინიშნოს, რომ მოვლენათა რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მახასიათებლებს შორის განსხვავება უფრო ფარდობითია და

დამოკიდებულია ცოდნათა დონეზე, რომლის განვითარება და უნიფიცირება დაკავშირებულია ძველ და ახალ ფაქტორებთან.

მიუხედავად ამისა, ცოდნათა განვითარების თითოეულ საფეხურზე ყოველთვის არსებობს ისეთი განსხვავება, რომელიც არ შეიძლება მივაკუთვნოთ წმინდად რაოდენობრივს და მსგავსება დაგვყავს ანალოგიებამდე. ეს უკანასკნელი გამორიცხავს მათ იგივობად დარჩენას. თუ ეს მცდელობები ფუჭი იქნება, ვეცდებით მოვიგონოთ რაიმე ახალი სქემა, რომელშიც ერთნაირად კარგად ჩაეტევა როგორც ახალი, ასევე კარგად ცნობილი მოვლენები.

ექსპერიმენტი, რომელიც წინ უსწრებს თეორიას, ახლა ჩამორჩება მას და მხოლოდ მის შესამოწმებლად გამოდგება, სტიმულს მისცემს მის წარმოჩენას. დროდადრო ის იმ ფაქტებსაც ავლენს, რომელიც ახალი თეორიის საწყისად იქცევა. მიზანი ყოველთვის იგივე რჩება — ანალოგიები დაიყვანოს იგივეობაზე, ე.ი. ხარისხობრივი განსხვავებები დაიყვანოს რაოდენობრივზე. ხშირ შემთხვევაში მიზანშეწონილია უგულვებელყოთ ფილოსოფიური წვრილმანები და ამ საკითხთან დაკავშირებით საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ საინტერესო ანალოგიების მაგალითები ფიზიკის [7] ისტორიიდან.



ანალოგიები ფიზიკაში

ფიზიკის განვითარების ადრეულ ეტაპზე ყოველგვარი მოქმედება (გარდა მიზიდულობისა) დაკავშირებული იყო ისეთ სუბსტანციასთან, რომელსაც არ გააჩნდა არავითარი „სიმძიმე“. იგი განიხილებოდა ნივთიერების სპეციფიკურ თვისებად. ასეთი ანალოგია მიზიდულობასა და მოქმედე-

ბას შორის განსაკუთრებულად საინტერესო აღმოჩნდა სითბოსათვის. ამ თავისებურ ნივთიერებას, რომლის მეშვეობითაც აიხსნებოდა სითბოს გადაცემა, ფლოგისტონი ეწოდა. სითბომ, როგორც თავისებური ნივთიერების ჩვეულებრივთან მსგავსებამ მის შენახვის კანონამდე მიგვიყვანა. იხელმძღვანელეს რა ამ ანალოგიით, მეცხრამეტე საუკუნის დასაწყისში ფიზიკოსებმა ექსპერიმენტულად დაამტკიცეს ფლოგისტონის თეორიის ტრიუმფი. ათეული წლის შემდეგ ექს-

პერიმენტული ტექნიკის განვითარებამ შესაძლებლობა მოგვცა, აღმოგვეჩინა გადახრა სითბოს შენახვის კანონიდან, რამაც მიგვიყვანა ძველი თეორიის უარყოფამდე. ეს უკანასკნელი შეიცვალა სითბოს მექანიკური თეორიით. სითბოს შენახვის კანონი შეიცვალა ახლად აღმოჩენილი ენერჯის მულტიპლიკაციის კანონით. ასე „გაითამაშა“ ბუნებამ ერთ-ერთი თავისი „ხუმრობათაგანი“ ფიზიკოსებთან: მოაჩვენა ანალოგურობა სითბოსა და ჩვეულებრივ ნივთიერებას შორის. ისინი მიხვდნენ, რომ მოტყუდნენ ორი სრულიად სხვადასხვა მოვლენის ფორმალური, ზედაპირული მსგავსების დაშვებით.

სამაგიეროდ, სითბური მანქანის პრინციპის ჩამოყალიბებაში ფრანგმა ინჟინერმა სადი კარნომ თამამად შეუსაბამა ერთმანეთს წყლის ძრავისა და სითბური მანქანის მუშაობის პრინციპი. გახურებული სხეულიდან ცივზე სითბოს გადასვლა და სიმაღლიდან წყლის ვარდნა იმ მკაცრი ანალოგიის მაგალითებად შეიძლება ჩაითვალოს, რომლებიც დაფუძნებულია შესადაარებელ ობიექტთა საერთო ნიშანთვისებებზე.

მეორე მაგალითი, სადაც ბუნებამ მოატყუა ისინი, ვინც მის საიდუმლოებებში „არაკომპეტენტურად“ ჩარევა მოილოდა — ესაა მაგნიტური თეორიის ელექტრულ მოვლენათა ანალოგად განხილვა!

მეცხრამეტე საუკუნეში ელექტრობა და მაგნეტიზმი შეისწავლებოდა, როგორც სავსებით განსხვავებული და ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი მოვლენები, მსგავსად მოვლენების შესაძენ ვგუფისა, რომლებიც გრავიტაციის სახელით იყო ცნობილი. თითოეული მათგანი განიხილებოდა, როგორც განსაკუთრებული სუბსტანციის გამოვლენა.

მიუხედავად მათი ბუნების განსხვავებისა, ეს სუბსტანციები ამჟღავნებდნენ სავსებით ერთნაირ თვისებებს იმ ასპექტში, რასაც მანძილზე მოქმედება ჰქვია. განსაკუთრებით განსაკვიფრებელი იყო ანალოგია ელექტრულ და მაგნიტურ სუბსტანციათა შორის. ძნელი წარმოსადგენია ალბათ, რომ კულონს ან რომელიმე მის კოლეგას აზრად მოსვლოდა მაგნეტიზმისა და ელექტრობის სრულიად სხვადასხვა წარმოშობა. ათეული წლების შემდეგ ფაქტი ყველასათვის ნათელი გახდა. ერსტედის, ამპერისა და სხვათა ნამუშევრებში მაგნიტური ძალების წარმოშობა დაიყვანებოდა მუხტთა მოძრაობაზე. ამ გარემოებამ განაპირობა ელექტრობისა და მაგნეტიზმის თეორიათა გადასინჯვა.

მიუხედავად ამისა, ფიზიკოსებმა არ ისარგებლეს ამ გაკვეთილით და ისევე, როგორც მათმა წინამორბედებმა, ელექტრონული თეორიის განვითარებისას აირჩიეს ისეთივე „სამიში“ გზა. უკანასკნელს მაქსველიც გაჰყვა, რამაც იგი შესანიშნავ განტოლებებამდე მიიყვანა. მაქსველის თეორიის არსი ფარადეის მიერ გამოთქმულ ჰიპოთეზას ეყრდნობოდა, რომლის მიხედვითაც ელექტრული და მაგნიტური ძალები განპირობებული იყო იმ გარემოში არსებული დაძაბულობით, რომლითაც ცარიელი სივრცე იყო შევსებული. იგულისხმებოდა ჰიპოთეზური გარემო ეთერი. ჩვეულებრივი, უწყვეტი გარემოსათვის ეს უკანასკნელი ნიშნავდა ღრმა ანალოგიის არსებობას ელექტრომაგნიტურ მოვლენებსა და მექანიკურ მოვლენებს შორის.

ცხადია, ეთერის მექანიკური თვისებები განსხვავებული უნდა ყოფილიყო ჩვეულებრივი სხეულის მექანიკური თვისებებისაგან, რასაც მნიშვნელობა არ ეძლეოდა. მაქსველისა და მისი მიმდევრების ცდა — აეხსნათ ეთერის მექანიკური თვისებები, ან მოეგონებინათ მისი ისეთი მოდელი, რომელიც შეესაბემებოდა ელექტრომაგნიტური ველის განტოლებებს, ამაო აღმოჩნდა. კვლევის შედეგი ბოლცმანის მიერ ხატოვნად იყო გაფორმებული: „მაქსველის თეორია მისი განტოლებებია!“.

რეზერფორდის კლასიკური ცდების შემდეგ (რითაც მან დაამტკიცა ატომში დადებითი მუხტების არსებობა), მეცნიერებისათვის გაუგებარი რჩებოდა ატომში ელექტრონების განაწილების კანონზომიერება. ამ პერიოდში რეზერფორდს ღამის გათევა მოუხდა სოფლად თივის ზვინში. ღამე მშვიდი და მოწმენდილი იყო. მას არ ეძინებოდა და ტკებოდა ვარსკვლავთა სილამაზით. დაებადა აზრი მზის სისტემისა და ატომის შემადგენლობის ანალოგიის შესახებ: ბირთვი-მზე, ელექტრონები — პლანეტები. თავიდან ანალოგია ძალზე უაზროდ გამოიყურებოდა, სამაგიეროდ შემდგომ იგი საფუძვლად დაედო რეზერფორდისა და ბორის ატომის მოდელების შექმნას.

ჰანისა და შტრასმანის მიერ 1938 წ. ჩატარებულმა ცდებმა დაადასტურა, რომ ქიმიურად სუფთა ურანში, გარკვეული დროის განმავლობაში წარმოიქმნებოდა ელემენტი ბარიუმი. გამოიყენეს რა მიღებული შედეგი, ლიზა მეიტნერმა და ოტო ფიშერმა (რომლებიც იმ დროისათვის ბიოლოგიით იყვნენ დაინტერესებულნი) ზემოთ აღნიშნული აღმოჩენის ინტერპრეტაცია მოახდინეს ამების დაყოფის ანალოგიაზე დაყრდნობით. ურანის ბირთვი კარგავს ზედმეტ ელექტრონს,

იწყებს ინტენსიურ რხევით მოძრაობას და ხელს უწყობს მის ორად გაზღვას. შემდგომ ეს ტერმინი მთლიანად შეეისის ხლხორცა ფიზიკას.

იაპონელი მეცნიერის – იუკავას მეზონურმა თეორიამ ფრენბურთის თამაშში პოვა დასაბამი, სადაც ორი მოძრავი მოთამაშის დამაკავშირებლად ბურთი ითვლება. მის ანალოგიად მეცნიერმა ბირთვში ნუკლონს შორის არსებული პი-მეზონი აიღო.

ფიზიკის ისტორიიდან ცნობილია აგრეთვე „თავისუფალი ანალოგიის“ მაგალითები, რომლებმაც მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს ამ მეცნიერების განვითარებაში. მაგალითად, ი. კეპლერი პლანეტათა მიზიდვას შეუსაბამებდა მათ ერთმანეთისადმი „სიყვარულს“. მზეს, ვარსკვლავებს და სხვა პლანეტებს იგი უსადაგებდა ღმერთის მფარველ სხვადასხვა ობიექტებს. დღეისათვის ეს ანალოგიები უცნაურად გვეჩვენება, მხოლოდ ის კია, რომ სწორედ მათ მისცეს კეპლერს სტიმული ასტრონომიაში ძალის ცნების შემოტანისა.

პარადოქსულია, მაგრამ ფაქტია, რომ სამეცნიერო მოღვაწეობაში შებრუნებული ანალოგიებიც გამოიყენება. მაგალითად, სინათლის სიჩქარეზე მეტი სიჩქარით მოძრაობა აინშტაინმა წარმოიდგინა, როგორც შებრუნებულად გაშვებულ კინოლენტზე დაკვირვება. მის საფუძველზე შეძლო ბუნებაში არსებული ზღვრული სიჩქარის შესახებ პოსტულატის ჩამოყალიბება [7].

ჩამოთვლა შორს წაგვიყვანს, ერთი კია, ვსარგებლობთ რა რაიმე ანალოგიით ჭეშმარიტების დასადგენად, ხშირად გამოვდივართ მისი საზღვრიდან და ვაწყდებით დილემას. ან უნდა უარვყოთ ანალოგია, რომლითაც ვსარგებლობთ ძიებისას, ან უგულვებელვყოთ კვლევის შედეგები. საოცარია!.. მაგრამ ასეა, სიტუაცია ზღვრულ ლოგიკურ ხასიათს ატარებს, ამაში არაფერია უცნაური, იმიტომ, რომ ჭეშმარიტად ახალი არ შეიძლება იყოს ძველის შემადგენლობაში. იგი შეიძლება აღმოცენდეს რაიმე ალოგიკური პროცესისაგან. ამასთან დაკავშირებით ერთმა სწავლულმა ბრძანა, რომ იგი არაა მაღალი შეხედულებებისა იმ ადამიანებზე, რომლებსაც გააჩნიათ ლოგიკური წყობის ნათელი ჭკუა, რადგანაც არ ძალუძთ გამოთქვან ჭეშმარიტად ახალი იდეები! ეს პარადოქსია, მაგრამ ძალზე მნიშვნელოვანი. ახალი იდეების ძიებაში უნდა ვიხელმძღვანელოდ არა მხოლოდ ლოგიკით, არამედ ინტუიციით! მხოლოდ ინტუიციას შეუძლია მიჰყვეს ანალოგიის მიერ გაკვლეულ გზას და თუ წააწყდა წინააღმდეგობას (რომელსაც ჩიხში შეყვანა შეუძლია), ად-

ვილად შეძლებს, რომ „გადაახტეს“ ლოგიკურ დასკვნათა იგნორირებით. სწორედ ამგვარი ნახტომები განაპირობებენ ჩვენი ცოდნის უფრო მაღალ საფეხურზე აყვანას!

ადამიანისათვის, რომელიც თავს მეცნიერებას უძღვნის, ერთ-ერთი უმთავრესი მოთხოვნებია სამეცნიერო მეთოდი და პროფესიონალიზმი, უკიდურესი პროფესიონალიზმი! მას შეიძლება ეწოდოს მეცნიერული მუშაობის საღი აზრი. მეცნიერების განვითარება წარმოუდგენელია უეცარი ნახტომების, გამონათებისა და ინტუიციის გარეშე. მოულოდნელი იდეები, რომლებიც „უძღებენ“ გამოცდებს, აღმოცენდებიან პროფესიონალიზმის საფუძველზე. მეცნიერული ინტუიცია „გაჭრის“ სერიოზული მუშაობის შემდეგ, მსგავსად ქირურგიისა, სადაც სერიოზული ჩარევა მხოლოდ მაღალ პროფესიულ დონეზე ხდება.

სკეპტიკოსი იტყვის: – ყველსათვის ცნობილია, რომ არც ამპერს და არც ფარადეის არ მიუღიათ სპეციალური განათლება. ვოლტა სწავლობდა იეზუიტთა სკოლაში. ჯოული ლუდის მხდელი იყო. ექიმები იყვნენ: კოპერნიკი, პელმპოლცი და მაიერი; იურისტები: ავოგადრო, ლავუაზიე და ფერმა. მწერლები, რომლებსაც მიღებული აქვთ სპეციალური განათლება, შეიძლება თითებზე ჩამოეთვალოთ: ტოლსტოი არტილერისტი იყო, დოსტოევსკი – ტოპოგრაფი, ჩეხოვი – ექიმი.

ასეთი მიდგომა წარმოშობს საკითხს დილეტანტებსა და პროფესიონალებზე. საქმე ისაა, რომ ყველა ჩამოთვლილმა „დილეტანტმა“ ზენიტს მიაღწია მას შემდეგ, როდესაც ისინი გახდნენ განათლებული სპეციალისტები მოღვაწეობის ახალ სფეროში.

იურისტმა ერვინ ხაბლმა უდიდესი აღმოჩენა გააკეთა ასტრონომიაში მხოლოდ მას შემდეგ, როცა მან წლების მანძილზე იმუშავა ობსერვატორიაში უბრალო დამკვირვებლად და სრულყოფილად დაეუფლა ახალ პროფესიას. მოყვარულთა მიმართ უნდობლობა სწავლულთა ხშირად ვლინდება, როგორც უნიათო მისწრაფება ელიტარულობისაკენ, უკავშირდება მეცნიერულ წრეთა ჩაკეტილობას, განსაკუთრებულ საშვს, რომელიც აუცილებელია სპეციალური განათლებისათვის. ვერ ვიტყვი, რომ საშვი აუცილებელი იყოს წრეში შესვლისათვის, მაგრამ მეთოდთა სრულყოფილ ფლობას და „ხელობის“ საიდუმლოებათა ცოდნას მეცნიერი ვერ გაქცევა.

ერთ-ერთი მთავარი ცოდვა დილეტანტებისა (ადამიანთა მოღვაწეობის ნებისმიერ დარგში) ზერელობაა. ამ პირობის დასადასტურებლად შეიძლება არქეოლოგიიდან მოვიყვანოთ მაგალითი.

მამის მონაყოლი ლეგენდით აღფრთოვანებულმა ბიჭუნამ ჰენრიხ შლიმანმა წამოიძახა: „როდესაც გავიზრდები, ვიპოვი ტროას!“ ასეც მოხდა: მან ისწავლა მრავალი ენა, გახდა სამეფო ვაჭარი, დააფუძნა ბანკი, მოულოდნელად დატოვა ყველაფერი და გაემგზავრა ჰომეროსის მიერ „ილიადაში“ აღწერილი ქალაქის საძებნელად.

მან აღმოაჩინა ახალი სამყარო, უნიკალური ძეგლები და გაამდიდრა ისტორია, მაგრამ ის არ იყო პროფესიონალი! იგი ჩქარობდა, განადგურა გათხრების მეტად მნიშვნელოვანი ზედა ფენები, უძველესი მშენებლობანი. მისი დათარიღებანი ცრუ აღმოჩნდა.

შლიმანის ღვაწლი ისტორიაში იმდენად დიდია, რომ სწავლელები მას შეცდომებს პატიობენ. აი, რას სწერს ამის შესახებ კორამი: „ჰისარლიყის ბორცვზე გათხრებისას ის იქცეოდა, როგორც პატარა ბიჭი, რომელსაც სურს გაიგოს თუ, როგორაა მოწყობილი სათამაშო და ტეხს მას ჩაქუჩით“.

ნამდვილი მეცნიერული მიდგომის მაგალითი აჩვენა ადამიანმა, რომელსაც ეკუთვნის ეგვიპტეში ყველაზე გრანდიოზული აღმოჩენა — ფარაონ ტუტანხამონის სამარხი. ეს იყო ჰოვარდ კარტერი, რომელშიც გაერთიანებულია მეცნიერული სიზუსტე, კეთილსინდისიერება და გამოგონებლის ენთუზიაზმი. მან ექვსი წელი მოანდომა სამარხში შესასვლელი გზის მიკვლევას. აი, რას წერს დღიურში: „შესასვლელის იქით იმალებოდა ყველაფერი... მე ვაიძულე თავი არ ავეყოლოდი ცდუნებას და კარი მაშინვე არ შემენგრია, ძიება გამეგრძელებინა პროფესიის მოთხოვნათა ფაქიზი დაცვით“. არქეოლოგის მუშაობა მოითხოვს სიფრთხილეს. ჰაერის სულ მცირე ნაკადს შეუძლია მოსპოს ის, რაც შემდგომში აღარ აღდგება. კარტერი მუშაობდა ძალზე დინჯად, ყველა წესს იცავდა, შექმნა საკლვეი ლაბორატორია... მან არ გახსნა ბოლო ოთახი, ფაქტთა შესწავლისათვის დრო იყო საჭირო. იგი ერთი წლის შემდეგ დაუბრუნდა სამარხს და თავისი პროფესიის სრულყოფილმა მცოდნემ შეძლო ის, რომ მის მიერ აღმოჩენილმა სამეცნიერო სიმდიდრემ ყველაზე მაღალი შეფასება მიიღო.

ხშირად გაიგებთ, რომ სპეციალისტებს, რომლებიც შემოფარგლულნი არიან მხოლოდ თავიანთი ცოდნის არეალით, არ ძალუძთ

მოულოდნელის დანახვა. ცხადია, არიან ცუდი სპეციალისტები, მაგრამ ისინი, ვინც ღვანან მეცნიერების წინა ხაზზე, არ დაუშვებენ წინასწარაკვიატებულობას. შეიძლება უამრავი ფაქტის მოყვანა, როდესაც სწავლულები უარს ამბობდნენ ჩვეულებრივ წარმოდგენებზე, მაგრამ ერთი პირობით, რომ ახალი შეხედულებები არ შეწინააღმდეგება კარგად დადგენილ ფაქტებს [2].



„ზედაპირული“ ანალოგიები სივრცე-დროის ფიზიკაში

კლასიკურმა ფიზიკამ ვერ გაბედა მეცნიერული კვლევის „იარაღის“ მიმართვა სივრცისა და დროის თვისებათა ასახსნელად. ისინი წინასწარ დადგენილად ითვლებოდა, გამომდინარეობდნენ ისეთ მარტივი აქსიომებიდან, რომლებიც ეკუთვნოდა არა ფიზიკას, არამედ მათემატიკას. ასეთივე შეხედულებისა იყო ნიუტონი „აბსოლუტურად ჭეშმარიტ მათემატიკურ სივრცესა და დროზე“. აინშტაინის სახელთან დაკავშირებულმა რევოლუციამ მოსპო სივრცისა და დროის „აპრიორული ფორმები“,

ისინი აქცია კვლევის ობიექტად. თანამედროვე ფიზიკაში სამყაროს სურათს შეექმნა თავისი ხატი. ამ იდეათა თანახმად, სივრცისა და დროის თვისებები წინასწარ კი არ უნდა იყოს მოცემული, არამედ უნდა გამომდინარეობდეს დაკვირვებებიდან. არაა აუცილებელი, რომ ეს თვისებები ერთნაირი იყოს ყველგან, შეიძლება იცვლებოდეს წერტილიდან წერტილში და მომენტიდან მომენტში გადასვლისას. სხვაგვარად ძნელი წარმოსადგენია ის სამყარო, რომელსაც მიჩვეულნი ვართ.

სივრცის თვისებების შესასწავლად მივმართოთ ანალოგიებს. აზრობრივად წარმოვიდგინოთ ბრტყელი არსება, ვთქვათ, „ხოჭო“, რომელიც ცხოვრობს ქაღალდის ბრტყელ ფურცელზე. თუ მას არ ძალუძს ამ ფურცლის ზედაპირიდან გამოსვლა, მაშინ ვამბობთ, რომ იგი „ცხოვრობს“ ორგანზომილებიან სივრცეში (ანალოგიურად ვეკლიდეს იმ სამგანზომილებიანი სივრცისა, რაც სწამდა კლასიკურ ფიზიკას).

შეცვალათ ქაღალდი რეზინის აფსკით. მას უძღვია გაღუნვაც და გაწელვაც. შეიძლება დავუშვათ, რომ ორგანზომილებიანი ფურცელი იღუნება სამგანზომილებიან სივრცეში, რომლის გარეთაც „არაფერია“. დაეგდოთ რეზინის აფსკზე ფოლადის ბურთულა. ცხადია, მის ახლოს რეზინი გაიღუნება. ბრტყელ ზედაპირზე მოძრავი ორგანზომილებიანი „ხოჭო“ ამას ვერ ამჩნევს. თუ ამ ბურთულას უფრო მცირე ზომის მეორე ბურთულას მივაყოლებთ, იგი ჩაგორდება პირველის მიერ გაკვალულ ღრმულში. „ხოჭოს“ მოეჩვენება, რომ ბურთულები ერთმანეთს მიეზიდა. ეს მიზიდულობის თეორიის საკმაოდ თვალსაჩინო ანალოგიაა. ამ თეორიის საფუძველზე, ყოველი მასის მახლობლად სივრცე მრუდდება. აქ ორ წერტილს შორის მანძილი არის მრუდი, რომელსაც გეოდეზიურ წირს უწოდებენ. ბრტყელ სივრცეში ინერციის კანონის თანახმად თავისუფალი მოძრაობა წრფივი უნდა ყოფილიყო. მრუდე სივრცეში იგივე კანონი ასე გამოითქმის: თავისუფალი მოძრაობა წარმოებს გეოდეზიურ წირზე!

მიზიდულობის ძალა სხეულს აიძულებს იმოძრაოს მრუდ წირზე: ყუბარას – პარაბოლაზე, პლანეტებს – ელიფსზე. მრუდწირული, როგორც თავისუფალი მოძრაობის წარმოდგენისათვის გამრუდებულ სივრცეში აღარ დაგვჭირდება მანძილზე მოქმედი არაავითარი მიზიდულობის ძალა, საკმარისია ჩავთვალოთ ყოველი მასის ლოკალურობა. მაშინ თავის მახლობლობაში იგი სივრცეს გაამრუდებს, რაც ტალღის მსგავსად გადაეცემა წერტილიდან წერტილს. აქედან ავტომატურად აიხსნება ფიზიკის ერთ-ერთი საოცარი ამოცანა – ინერტული და გრავიტაციული მასების ტოლობა. სიმძიმის ძალის შედეგად მოძრაობა განდეს როგორც მრუდწირული, ისე აჩქარებული?! მიზიდულობის ასახსნელად არაა საკმარისი, რომ გამრუდდეს ჩვეულებრივი სამგანზომილებიანი სივრცე. იმისათვის, რომ სივრცის თვისებათა შეცვლით ავხსნათ მიზიდულობა, აჩქარებული მოძრაობა უნდა გადავაქციოთ მრუდწირული მოძრაობის კერძო სახედ. ამისათვის კი საჭიროა დრო შევეუსაბამოთ სივრცის ერთ-ერთ განზომილებას... საბედნიეროდ, აინშტაინის მიზიდულობის თეორიის საფუძველები წინასწარ იყო მომზადებული ფარდობითობის თეორიით. მაიკელსონის ცდამ აჩვენა, რომ სინათლის სიჩქარე არ იცვლებოდა უძრავი ათვლის სისტემიდან მოძრავში გადასვლისას. აქედან ჩამოყალიბდა აინშტაინის ფარდობითობის თეორია.

მინკოვსკის იდეის თანახმად, ეს თეორია შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ, როგორც ჩვეულებრივი სივრცის შერწყმა დროსთან ოთხგან-

ზომილებიან სივრცე-დროდ. ეს „ჰიბრიდი“ შესანიშნავია იმით, რომ სივრცის სამი განზომილება გამოისახება ნამდვილი რიცხვებით, ხოლო დრო — წარმოსახვითით. დროის ღერძის ასეთი გაჭიმვის გამო, ფარდობითობის თეორიასთან დაკავშირებული ეფექტები შესამჩნევი ხდება მხოლოდ სინათლის სიჩქარის რიგის სიჩქარეებით მოძრაობისას.

ათვლის სისტემის შეცვლა შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც მისი ბრუნვა ოთხგანზომილებიან სივრცეში. ამ დროს არ იცვლება სინათლის სიჩქარე. იცვლება საგნის ჩვეულებრივი სიგრძე, იცვლება დროც. „ტყუპების პარადოქსის“ არსიც ხომ იმაში მდგომარეობს, რომ სინათლის სიჩქარით მოძრავი რაკეტით დედამიწაზე დაბრუნებული ტყუპის ცალი თავის ძმას ძალზე დაბერებულს ხედავს.

ოთხგანზომილებიანი სივრცე-დროის გამრუდება ამნშტაინს შესაძლებლობა მისცა აეხსნა მიზიდულობით გამოწვეული ყოველი მოვლენა.

სიბრტყეზე სხეულთა მოძრაობის მეცნიერებას უწოდეს სპეციალური ფარდობითობის თეორია, ხოლო გამრუდებულ სივრცეში მოძრაობას — ფარდობითობის ზოგადი თეორია.

ფოკის მიხედვით, უპრიანი იქნება ამ თეორიას მიზიდულობის თეორია ვუწოდოთ. მისი ღირსშესანიშნაობა ისაა, რომ მიზიდულობა მელანდება, როგორც სივრცე-დროზე სხეულთა მოქმედებით გამოწვეული ეფექტი. კიდევ უფრო შესანიშნავია ის, რომ სხეული ცვლის მის გარშემო ასებულ სივრცე-დროის სტრუქტურას, ამრუდებს მას. აქ უკვე საქმე გვაქვს არა აბსოლუტურ მათემატიკურ, არამედ ფიზიკურ სივრცესთან. მისი გეომეტრია არაეკლიდურია. ყოველივე ამის გამო წამოიჭრა სამყაროს „შენობის“ გეომეტრიის საკითხი. გამრუდებული სივრცის იდეამ საფუძველი მისცა საინტერესო, მაგრამ საკამათო კითხვების წამოჭრას ღიდი ზომის მქონე სამყაროს გეომეტრიულ თვისებათა შესახებ. საკითხები განიხილებოდა იმ დაშვებით, რომ სამყაროში არსებული ნივთიერების სიმკვრივე ყველგან დაახლოებით ერთნაირი იყო.

ნიუტონის ფიზიკიდან გამომდინარე, უსასრულო სივრცეში, რომელიც თანაბრად შევსებული ნივთიერებით, წარმოიშობა უსასრულო მიზიდულობის ძალა, რაც უაზრობაა. აინშტაინის მიზიდულობის თეორია უშვებს შემომსაზღვრავი სივრცის თანაბრად შევსებას

ნივთიერებით. გამრუდებული სივრცისათვის ცნებები „უსასრულო“ და „უსაზღვრო“ არ ემთხვევა ერთმანეთს. ამაში გასარკვევად დაკუბრუნდეთ ანალოგიას ორგანზომილებიანი სივრცისათვის. რეზინის აფსკის ყოველ წერტილში ერთნაირი გაღუნვა იწვევს მის სფეროდ „დახვევას“. ეს ზედაპირი ჩაკეტილია, არა აქვს საზღვრები, მხოლოდ სიდიდითაა სასრული. იგი ყველგან ერთნაირადაა ამოზნექილი, როგორც ამბობენ, აქვს ერთნაირი დადებითი სიმრუდე.

შეიძლება ავაგოთ დადებითი მუდმივი სიმრუდის ჩაკეტილი სამგანზომილებიანი სივრცის გეომეტრია, რომელიც მსგავსია სფეროს ზედაპირისა. ეს რიმანის გეომეტრიაა.

ორივე მოდელის შესანიშნავ თვისებად ის ფაქტი ითვლება, რომ სხეულთა შორის არსებული ყველა მანძილი დროის მიხედვით უნდა იცვლებოდეს. სივრცე ან უნდა გაფართოვდეს, ან უნდა შეიკუმშოს. ცხადია, ამის წარმოდგენა შეიძლება ჩაკეტილ მოდელზე. მისი ორგანზომილებიანი ანალოგიაა რეზინის ბურთი ან საპნის ბუშტი, რომლის გაბერვა და შეკუმშვა შესაძლებელია.

დაუშვათ, რომ სფეროს ზედაპირზე რამდენიმე „ზოჭოა“ მოთავსებული. თუ სფეროს გაგებრავთ, მაშინ თითოეულ მათგანს მოეჩვენება, რომ დანარჩენი „ზოჭოები“ გარბიან მისგან. ეს გალაქტიკების გაქცევის ანალოგიაა, რაც აღმოაჩინეს ასტროფიზიკოსებმა. სფეროს ზედაპირს ცენტრი არ გააჩნია. თითოეულმა „ზოჭომ“ თანაბარი უფლებით შეიძლება „თქვას“, რომ იმყოფება სამყაროს ცენტრში და ყველა დანარჩენი ზოჭო მისგან გარბის.

შესაძლოა განვაკითხოთ კიდევ სრულიად თანაბარუფლებიანი გეომეტრია, სადაც სივრცე ყველგან უნაგირისებრი იქნება. გაჩნდება უარყოფითი მუდმივი სიმრუდე. ესაა ლობაჩევსკის გეომეტრია. ასეთი სივრცის ორგანზომილებიან ანალოგად გამოდგება ყველგან უნაგირისებრი ზედაპირი. ეს სივრცე არა მატრო უსაზღვროა, არამედ უსასრულოცაა.

ფრიდმანმა აჩვენა, რომ ფარდობითობის თეორია იძლევა სრულიად თანაბარუფლებიანი იმ ორი უსაზღვრო სამყაროს მოდელთა შექმნის საშუალებას, რომლებიც ერთნაირად იქნება ნივთიერებით შევსებული.

მეცნიერული რევოლუცია, თუნდაც საფუძვლიანი, არ უგულებელყოფს წინათ დადგენილ კანონებსა და თანაფარდობებს, არამედ მხოლოდ აზუსტებს და განსაზღვრავს მათი გამოყენების არეს.

არც ერთ ფიზიკურ ექსპერიმენტში ექსპერიმენტატორის სურვილი გავლენას არ ახდენს შედეგზე, მიუხედავად იმისა, რომ ფიზიკოსებს საქმე აქვთ არაჩვეულებრივად მსუბუქ და ადვილად გადაადგილებად ობიექტებთან.

მეცნიერება იცავს თავის მონაპოვარს, ის მხოლოდ გადაიაზრებს ძველს, კი არ უარყოფს, არამედ შეისისხლხორცებს. ყველაფერი ეს ხდება ისე, როგორც ჩაიხატება ძველი ციხე-სიმაგრეები და სასახლეები ახალი სტილის თვალწარმტაც ქალაქში [7].



„იდეეთა დრამა“ და ეთერის მისტრიციზმი

ეთერის წარმოდგენაზე დაფუძნებული სინათლის თეორია გაცილებით „უფროსია“ მაქსველის ელექტრომაგნიტურ თეორიაზე. იგი გამომდინარეობს სინათლისა და ბგერის გავრცელების ანალოგიიდან. მოვლენათა ამ ჯგუფებს შორის არსებული ანალოგია ისეთი მოვლენების ჩათვლით, როგორიც არეკვლა და გარდატეხაა, საკმაოდ დამაჯერებლად გამოიყურებოდა იმის დასამტკიცებლად, რომ ორივესთვის შემოეტანათ ერთი და იმავე გარემოს რხევის მექანიზმი.

მეცნიერებამ აჩვენა, რომ ეს ანალოგია ზედაპირული იყო და მცდარი. თეორიულად ბგერის ან სხვა სახის მექანიკურ რხევათა გავრცელება გარემოში შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ: ქმედების გადამცემა გარემო ეთერია. თითოეული ნაწილაკი მეზობლებთან ურთიერთქმედებს მეყსეულად, ე.ი. ქმედება გადაეცემა უსასრულო სიჩქარით. ასეთი დასკვნა გამომდინარეობს შემდეგი დებულებიდან: ნაწილაკთა ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგია აღიწერება ისეთი ფუნქციით, რომელიც ურთიერთქმედებაზეა დამოკიდებული და მცირდება მანძილის ზრდასთან ერთად. პრაქტიკულად მონაწილეობენ მხოლოდ ის ძალები, რომლებითაც ურთიერთქმედებენ მეზობელი ნაწილაკები. განისაზღვრება რა წონასწორობის მდგომარეობიდან წანაცვლების სიდიდით, ძალა აჩქარებას უკავშირდება. საჭიროა განსაზღვრული დრო, რათა შესრულდეს ეს წანაცვლება, რაც გამოიწვევს შემდეგ ნაწილაკებზე მოქმედებას.

ესაა მიზეზი, რომლის გამოც ხდება წინაცვლება და ეფექტური ძალა სასრული სინქარით გადაეცემა. ფიზიკოსები შეეცადნენ მოდელის მეშვეობით აეხსნათ ელექტრომაგნიტურ ტალღათა გავრცელების პროცესი და მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ სურათი სავსებით მცდარი იყო. სამაგიეროდ, სასარგებლო გამოდგა ჭეშმარიტების დასადგენად, რაშიც ურთიერთქმედების დაგვიანებული გადაცემა იგულისხმება ისეთ მოქმედებად, რომელიც სასრული სინქარით ვრცელდება. სინამდვილეში ყველა ელექტრომაგნიტური ძალა მოქმედების ამ ტიპს მიეკუთვნება და ნიუტონის ფიზიკის მყისი ურთიერთქმედება მართლაც არ არსებობს.

ბევრი ფიზიკოსი, მათ შორის ისინიც, ვინც ძველ სკოლას ეკუთვნოდნენ და აღზრდილი იყვნენ ეთერის თეორიაზე, კარგა ხანს ვერ ურიგდებოდნენ იმ უბრალო ფაქტს, რომ ფარდობითობის სპეციალური თეორიით აინშტაინმა უარყო რა ეთერი, ნათელი მოჰფინა თითქმის ყველაფერს.

საკითხში გარკვევისათვის გავაკეთოთ მცირეოდენი ექსკურსი მეცნიერებაში ეთერის შემოტანისა და მისი მისტიციზმის შესახებ.

მისტიციზმის აკვნად ფიზიკაში სამყაროსეული ეთერი ითვლება. ამ მიმართულებით ეთერის როლი სავსებით შეესაბამება ღმერთის როლს სამყაროს რეალურ გაგებაში. ძველი სკოლის ნატურ-ფილოსოფოსთათვის ეთერი იგივეა, რაც ღმერთი მორწმუნეთათვის. ასეთი შედარების ევოლუციის განხილვას განსაცვიფრებელ მსგავსებამდე მიგყვართ. ორივე შემთხვევაში ეს ევოლუცია მთავრდება, ერთი მხრივ, ეთერის, ხოლო მეორე მხრივ, ღმერთის უარყოფით. ეს კი მიუღებელია გარკვეულ ტრადიციებზე აღზრდილი პიროვნებისათვის. ამიტომაც ზოგი ფაქტის საწინააღმდეგოდ ისწრაფვის ღმერთის ძიებისაკენ, ხოლო მავანნი ეთერის აღმოჩენისაკენ ილტვიან.

ყვრდნობოდა რა მრავალრიცხოვან ანალოგიას სინათლესა და ბგერით მოვლენებს შორის, პოლანდიელმა ფიზიკოსმა ჰიუგენსმა მეთვრამეტე საუკუნეში მოგვცა სინათლის ტალღური თეორია. მან გამოთქვა აზრი, რომ სინათლე მატერიალურ ნაწილაკთა რხევის განსაკუთრებულ ფორმას, რომელიც ერთი სხეულიდან მეორეს გადაეცემა სპეციალური მერხვევი გარემოთი. ეს უკანასკნელი ავსებს სივრცეს (რომელიც რატომღაც აბსოლუტურად ცარიელი გვეჩვენება) და უკავშირებს ერთმანეთს როგორც დაშორებულ ციურ სხეულებს, ასევე ამ სხეულთა ცალკეულ ნაწილაკებს. ჰიუგენსის მიერ აღ-

მოწინილი ახალი „ღვთიური“ ნივთიერება ჩვეულებრივი ღრეკადი სხეულებისაგან განსხვავდებოდა მხოლოდ თავისი უხილაობითა და უწონადობით, ნაწილაკთა მცირე ზომებით, რაც საშუალებას აძლევდათ ჩანერგილიყვნენ მატერიის ნაწილაკებს შორის. ჰიუგენსის თეორია ძალზე იოლად ხსნიდა სინათლის არეკვლისა და გარდატეხის კანონებს. სამაგიეროდ, სინათლისეული რხევების ხასიათს, როგორც ღრეკადი გარემოს ყოფაქცევას, ღიად ტოვებდა.

მეცხრამეტე საუკუნის პირველ ნახევარში აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტა სცადა ფრანგმა მეცნიერმა ფრენელმა. მან დაამტკიცა, რომ ბგერითი ტალღებისაგან განსხვავებით, სინათლისეული რხევები არის არა გასწვრივი, არამედ განივი და მისი მიმართულება სხივის მართობულია. მსგავსი ღრეკადი ძვრები შეიძლება გავრცელდეს მხოლოდ მყარ სხეულებში, ამიტომ ეთერი უნდა განხილულიყო არა როგორც აირი, არამედ როგორც უსაზღვრო ზომების მქონე მყარი სხეული!

გარემობა, რომ სინათლისეული რხევები განივია, იმას ასაბუთებდა, რომ ეთერს არ შეეძლო მოცულობის ცვლილება, ე. ი. ჩვეულებრივი მყარი სხეულისაგან განსხვავებით, იგი აბსოლუტურად უკუმშველი უნდა ყოფილიყო. რაც შეეხება მის სიმკვრივეს, მასზე შეიძლება ვიმსჯელოთ სინათლის გავრცელების სიჩქარის მიხედვით. 300 000 კმ/წმ სინათლის სიჩქარის მნიშვნელობა იმის მტკიცებას იძლეოდა, რომ ეთერს უნდა ჰქონოდა ან ანომალიურად მცირე ანდა ღიდი სიმკვრივე. ფრენელის ფორმულები ემთხვეოდა ექსპერიმენტულ მონაცემებს. სინათლისეული რეალური ეთერის არსებობა, როგორც ჩვეულებრივი მატერიალური გარემოსი, ეჭვს არ იწვევდა. ეთერის იდეის განვითარება არ შეჩერებულა ‘სინათლისეულ’ ეტაპზე. ფიზიკური ოლიმპის, მნათი მერკურის მცირე ღმერთიდან იგი გადაიქცა ერთადერთ ღმერთად, რომელიც არა მარტო ავსებდა სამყაროს, არამედ მის ძირითად შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენდა.

ეს გრადაქმნა განხორციელდა მე-19 საუკუნის მესამე მეოთხედში ინგლისელი მეცნიერის – ფარადეის ნამუშევართა საფუძველზე. მის მიერ წამოყენებული იდეები ეთერის შესაძლებლობებს კიდევ უფრო მაღლა სწევდა. მოგვიანებით ეს იდეები მაქსველმა გარდასახა ზუსტ მათემატიკურ თეორიად. ფარადეის იდეები ეფუძნებოდა ელექტრომაგნიტური ველის მოვლენათა ექსპერიმენტულ შესწავ-

ლას. აკვირდებოდა რა დაელექტრობულ და დამაგნიტებულ სხეულებს, ფარადეი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ძალა, რომლითაც თითოეული სხეული მოქმედებდა დანარჩენებზე, გადაეცემოდა მათ შორის არსებული სინათლისეული ეთერით. ეს აზრი ელექტრომაგნიტური მოქმედების ასახსნელად ძალზე ნაყოფიერი აღმოჩნდა. მისი მნიშვნელობის ჭეშმარიტება არა მარტო ლოგიკურად მტკიცდება, არამედ საქმე ელექტრომაგნიტური და სინათლისეულ მოვლენების ფიზიკურ ანალოგიაშია. პირველ რიგში, აქედან გამომდინარეობდა ამ მოვლენათა მსგავსება მაშინ, როდესაც ისინი განსხვავებულად ითვლებოდნენ. ელექტრომაგნიტური ტალღები გადაეცემნენ სივრცეში შემოფოთებას იმავე გარემოთი, რომლითაც სხივები უნდა ჰქონოდათ ისეთივე სიჩქარე. რაც შეეხებოდა სინათლის სხივებს, მათ უნდა ჰქონოდათ ელექტრომაგნიტური ტალღის ბუნება – უნდა შექმნილიყვნენ ელექტრომაგნიტური ტალღის რხევებით. ფარადეის წინათგრძნობა გამართლდა. აზუსტებდა რა მის ძირითად იდეებს და გადმოსცემდა რა მათ მათემატიკური ფორმით, მაქსველი მივიდა სინათლის საყოველთაო ელექტრომაგნიტური თეორიამდე, რითაც ახალი ერა გახსნა ფიზიკაში.

სამყაროს ფიზიკურ კონცეფციაში ეთერის როლის გაფართოება ითვლებოდა მის გამარჯვებად სხვა ღვთაებრივ სუბსტანციებზე, უპირველესად, კულონის ელექტრულ ფლუიდზე. თუ ელექტრული ძალები განპირობებული იყო დაელექტრობებული სხეულის გარშემო ეთერში არსებული დრეკადი დაძაბულობებით, მაშინ ელექტრიზაციის არსი აიხსნებოდა სხეულთა ეთერის წანაცვლებით.

მაქსველის თვალსაზრისით, ელექტრობა სრულიად კარგავდა თავის პირვანდელ სუბსტანციურ ხასიათს. ელექტრული მუხტები გარდაიქმნებოდნენ დადებითი და უარყოფითი წანაცვლების ცენტრებად, რომლებზეც იწყებოდა და მთავრდებოდა ელექტრულ ველთა ძალწირები. რაც შეეხება მაგნიტურ სუბსტანციებს, ისინი ფარადეისა და მაქსველის მიერ ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის დასაწყისში გადაიქცნენ მათემატიკურ ფიქციებად. ამპერის მიერ შესწავლილი ელექტრული დენების მაგნიტური მოქმედებით შესაძლებელი იყო მაგნეტიზმი განეხილათ, როგორც ნივთიერების ცალკეულ ნაწილებში ელექტრონთა ბრუნვითი მოძრაობის შედეგი. მოძრავ მუხტთა შორის არსებული მაგნიტური ძალები ინტერპრეტირდებოდა, როგორც დამატებითი „ელექტრული ძალები“. ელექტრული მუხტე-

ჰის „დემატერიალიზაციამ“ და ელექტრულ მოვლენათა სიმბიძის ცენტრის გადატანამ ეთერზე ეს უკანასკნელი მაგნიტურ მოვლენათა „თავშესაფარად“ გადააქცია. მაქსველმა ყველაფერი დაიყვანა ეთერში თავისებური სახის გრიგალურ მოძრაობამდე. რადგან ჩვეულებრივი წონადი მატერიალური სხეულის თვისებები განისაზღვრებოდა მათი „შემგები“ ეთერის თვისებებით, ამიტომ ყველა ეს სხეული შეიძლებოდა განხილულიყო, როგორც ეთერი თავისებური სიმკვრივით და დრეკადი თვისებებით, ხოლო თეორიის შესაბამისად, ცალკეული ატომი უნდა ახსნილიყო, როგორც ეთერში არსებული თავისებური გრიგალური შეშფოთების ცენტრი.

დაადგინა რა მსოფლიო ეთერის, როგორც მატერიალური ყოვლისშემძლის კულტი, ფიზიკა გარდაიქმნა ეთერის შემსწავლელ მოძღვრებად, თავისებურ თეოლოგიად, რომელმაც მთელი ძალები მიმართა მის სხვადასხვა თვისებათა შესათანხმებლად. შიგა წინააღმდეგობებისაგან გასათავისუფლებლად თანამედროვე ელექტრული თეორიის ფუძემდებელი, ჰოლანდიელი მეცნიერი ლორენცი იძულებული იყო შეეცვალა ცნება ახალი ათეისტური თეორიის თვალთახედვით. უპირველესად, უნდა აღედგინა ელექტრობის მატერიალურობა იმ ახალ ფაქტებთან შესაბამისად, რომელთა აღმოჩენა მიეკუთვნება გასული საუკუნის ბოლოს. აღმოჩნდა, რომ ნეიტრალური ატომი შეიცავდა უფრო წვრილ ნაწილაკებს, რომლებსაც ჰქონდათ მუხტი. გარკვეულ პირობებში მუხტებს შეუძლიათ დატოვონ ატომები. აუცილებელია განხორციელდეს მათი უშუალო გამოკვლევა. ცდებით დადგინდა, რომ უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკები სრულიად ერთნაირები იყვნენ. მათ ელექტრონები უწოდეს. მათთან ერთად ატომში იმყოფებოდა უფრო მასიური და ერთმანეთთან მყარად დაკავშირებული ნაწილაკები დადებითი მუხტით — პროტონები. წყალბადის ნეიტრალური ატომი წარმოადგენდა ერთი ელექტრონისა და ერთი პროტონის კომბინაციას. ანალოგიური იყო სხვა ატომების აღნაგობაც, მხოლოდ დადებითი და უარყოფითი ნაწილაკების რიცხვი იზრდებოდა. ასეთი იყო მაშინდელი წარმოდგენები მატერიის აღნაგობაზე, რაც ლორენცის თეორიის ჩამოყალიბების დროს „ჩანასახის“ მდგომარეობაში იყო.

იმდროინდელმა ათეისტებმა პირი იბრუნეს ცოცხალი ღმერთისაგან და ჩაიძირნენ ახალი, მისტიკური „ნეიტრალური“ ღმერთის ძიებაში. შესაბამისად, იმდროინდელმა ფიზიკოსებმა კონკრეტული

ეთერი შეცვალეს მითიური ბუნდოვანებით, რომელიც არაფრით განსხვავდებოდა ცარიელი სივრცისაგან, სწორედ ისეთისაგან, რომლითაც თავის დროზე აპერირებდა ნიუტონი.

არ შეიძლებოდა ეთერის ვარდნა ამ საფეხურზე გაჩერებულყო. უკანასკნელი დარტყმა ამ ცნებას მიაყენა ფარდობითობის თეორიამ, წაართვა რა ლორენცისეულ ეთერს მნიშვნელოვანი თვისება — უძრავობა. აქედან გამომდინარეობდა სხვადასხვა სხულების აბსოლუტური სიჩქარის განსაზღვრის შესაძლებლობა ეთერის მიმართ. მაიკელსონმა და მორლიმ ეს კონცეფცია უარყვეს.

ფიზიკურ მოვლენათა მიმდინარეობა დამოკიდებულია არა „აბსოლუტურ“, არამედ ფარდობით მოძრაობაზე, ე. ი. სხეულთა მოძრაობაზე იმ სისტემის მიმართ, რომელთანაც დაკავშირებულია დამკვირვებელი. ამ პირობებში ლორენცის ეთერი სრულიად კარგავს ფიზიკურ არსს და ამავდროულად ანულირდება ყველაფერი ის, რაც ეთერს უპირატესობას ანიჭებდა მაქსველის თეორიის ეპოქაში. ეთერი კატასტროფულად და შეუმჩნეველად გარდაიქმნა ცარიელი სივრცის სინონიმად.

აინშტაინის თეორიის ძირითადი იდეა დროის ფარდობითობაა, განსაკუთრებით, ერთდროულობის ფარდობითობა. აქედან გამომდინარეობს, რომ მყისი მოქმედების საშუალებით არ შეიძლება სივრცეში განცალკევებულ წერტილთა დაკავშირება. არ არსებობს ცალ-ცალკე არც თანხვედრა დროში და არც თანხვედრა სივრცეში, არსებობს მხოლოდ სივრცულ-დროითი თანხვედრა.

ასეთ გარემოდ ითვლებოდა ელექტრომაგნიტური ველი. თეორიის განვითარებამ აჩვენა, რომ ამ დაბნეულობას საფუძვლი არ ჰქონდა. არ იყო არავითარი აუცილებლობა სამყაროს მექანიკური სურათის უარსაყოფად, მხოლოდ ნიუტონისა და გალილეის მექანიკა უნდა შეცვლილიყო ლორენცისა და აინშტაინის მექანიკით. ეს მექანიკა ძველისაგან განსხვავდებოდა ძალისა და მოძრაობის კანონების თავისებური ფორმულირებით. ეს უკანასკნელი მოდიფიცირებული იყო იმ აზრით, რომ მანძილზე მყისი მოქმედება შეცვლილიყო დაგვიანებული ურთიერთქმედებით — მოქმედებით, რომელიც ცარიელ სივრცეში ვრცელდებოდა სასრული სიჩქარით. ნაწილაკთა თვისებები შეცვლილი იყო აინშტაინის „სულის“ შესაბამისად, რომლის მიხედვითაც მასა დამოკიდებული იყო სინათლის სიჩქარეზე. ელექტრომაგნიტური ტალღის გავრცელების პროცესი ხორციელდებოდა ურთ-

იერთქმედების ზღვრული სინქარით. მოხდა შექანიკური კონცეფციის სრული რესტავრაცია. იგი ახალი გზით წარიმართა. აინშტაინმა ფარდობითობის ზოგადი თეორიით და გრავიტაციულ და ინერტულ მასათა ეკვივალენტობის პრინციპზე დაყრდნობით დაადგინა უშუალო კავშირი მასასა და ენერგიას შორის.

შეიძლება გავიხსენოთ, რომ გრავიტაციის რელატივისტური თეორიით დადგინდა კიდევ ერთი შესანიშნავი, მაგრამ არაადეკვატური ანალოგია გრავიტაციულ და ელექტრულ ძალებს შორის. ელექტრობის ბიპოლარობასთან დაკავშირებული ამ ანალოგიის არასრულყოფილება ადრე იყო დადგენილი, მაგრამ მისთვის არსებითი მნიშვნელობა არ მიუციათ. აინშტაინის თეორიით კიდევ ერთხელ დამტკიცდა, რომ გრავიტაციულ და ელექტრულ ძალთა შორის ანალოგიას წმინდად ფორმალური ხასიათი ჰქონდა. ამ ძალთა ბუნება სხვადასხვაა: გრავიტაციული ველის წყაროდ მატერიის ნაწილაკი არ ითვლება მაშინ, როდესაც ელექტრომაგნიტური ველის ენერგია უშუალოდ მასთანაა დაკავშირებული. ამრიგად, აინშტაინის გრავიტაციულ თეორიაში ნივთიერება, როგორც გრავიტაციის წყარო, უნდა შეცვლილიყო ელექტრომაგნიტური ველით. ის განიხილება უპირველეს ფიზიკურ ცნებად. აღნიშნულ თვალსაზრისს გერმანელმა ფიზიკოსებმა ველის თეორია უწოდეს [7].



შორმაღური მათემატიკური ანალოგიები ფიზიკაში

ფიზიკა რაოდენობრივი მეცნიერებაა. წინასწარი გამოთვლებიდან და ცდებიდან მიღებული შედეგები ციფრებზე დაიყვანება. ამიტომ ცხადია, მის „ენად“ მათემატიკა ითვლება.

მეორე მხრივ, ჭკმმართად გასაოცარია ის ფაქტი, რომ მათემატიკური გამოთვლების შედეგები შეიძლება რეალური სამყაროს შეუსაბამო. ფიზიკა ყოველთვის ეყრდნობა ცდისეულ ფაქტებს, მათემატიკა ახსნისათვის არ მოითხოვს ფიზიკური რეალობის გამოყენებას. ბუნებრივია, ისმის კითხვა: რატომაა, რომ მათემატიკა ბრწყინვალედ ესადაგება ფიზიკური სამყაროს აღწერას? ვაღიაროთ, რომ ამ კითხვაზე პასუხის გაცემა არ შეგვიძლია!..

ცნობილი ფაქტია, რომ ფიზიკა ნაწილებად იყოფა (მექანიკა, მოლეკულური ფიზიკა, ელექტრობა და ა.შ.). მათი შესწავლა ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად მიმდინარეობს. ცოდნის ასეთნაირი შექმნისას უცნაური მოვლენები გვხვდება: ფიზიკის ახალი ნაწილებისა და სხვა მეცნიერებათა გაცნობისას ვხვდებით ისეთ განტოლებებს, რომლებიც ერთმანეთისგან თითქმის არ გასხვავდება. სხვადასხვა არეებში საკმაოდ ბევრ მოვლენას აქვს ანალოგიები. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ ბგერითი და სინათლის ტალღების გავრცელების მსგავსება. თუ დაწვრილებით შევისწავლით აკუსტიკას, შევაძინებთ, რომ უნებლიედ გავიარეთ „ოპტიკის“ დიდი ნაწილი. ასე რომ, ერთგან შესწავლილი მოვლენები სასარგებლო ხდება სხვა მოვლენათა შესწავლისას. კარგია, თუ წინასწარ განჭვრეტ მოცემული ნაწილის ასეთი „გაფართოების“ შესაძლებლობას, წინააღმდეგ შემთხვევაში შეიძლება მოხდეს გაუგებრობა. ამიტომაც საინტერესოა რ. ფეინმანის აზრი: „სრულყოფილად შევისწავლოთ მექანიკის ყველა ნაწილის წვრილმანი ამოცანა!“.

ფიზიკაში ყველაზე ხშირად ანალოგიური განტოლებები ჰარმონიულ რხევებთან, კერძოდ, ოსცილატორთანაა დაკავშირებული. ერთნაირად აღიწერება როგორც ზამბარაზე ჩამოკიდებულ ტვირთის მოძრაობა, ისე მუხტთა რხევა ელექტრულ წრედში და ელექტრონებისა — ატომებში.

შევეხთ მექანიკურ და ელექტრომაგნიტურ რხევათა აღმწერი დიფერენციალური განტოლებების ანალოგიურობის საკითხს; ვნახოთ, რა სიურპრიზს გვთავაზობენ ისინი... ჩვენ არ ვეცდებით დავამტკიცოთ, თუ როგორ მუშაობს ელექტრული სისტემის თითოეული ელემენტი. ეს ძალზე ძნელი დასადგენია. ცდებიდან ვრწმუნდებით, რომ წრედის ესა თუ ის მოქმედება სრულდება მიღებული თეორიის საფუძველზე.

განვიხილოთ ყველაზე მარტივი ელექტრული მოწყობილობა. გამტარის ბოლოებს მოვდოთ პოტენციალთა სხვაობა. მაშინ მუხტები მისი ერთი ბოლოდან მეორისაკენ დაიწყებენ გადაადგილებას და შესრულებული მუშაობა იქნება $A=qV$. რაც მეტია პოტენციალთა სხვაობა (V), მით მეტი მუშაობა სრულდება მუხტთა „ვარდნისას“ მაღალი პოტენციალიდან დაბლისაკენ. ამ პროცესს თან სდევს ენერჯიის გამოყოფა. მუხტისთვის არც ისე იოლია გამტარის მიმართულეობით სრიალი. მისი შემცველი ატომები წინააღმდეგობას

უწევნ მათ ნაკადს. გამტარის განივკვეთში ერთ წამში გამავალი მუხტთა რაოდენობა /I -დენი/ პირდაპირპროპორციულია იმ ძალისა, რომელიც მათ „მიერეკება, ამოძრავებს“

$$V = IR = R dq/dt. \quad (1)$$

ეს ტოლობა ყველასათვის ცნობილი ომის კანონია წრედის უბნისათვის, სადაც R-ს გამტარის წინაღობა ეწოდება და მისი განზომილებაა $1\frac{3}{\Omega} = 1$ ომი.

მექანიკურ მოწყობილობაში ძალზე ძნელია სიჩქარის პროპორციული ხახუნის ძალის მოძებნა. სამაგიეროდ, ელექტრულ წრედში (ჰომი საოცრებავ!) ეს ჩვეულებრივი მოვლენაა და ამიტომ ომის კანონი უმრავლესი ლითონისათვის მართებულია ძალზე დიდი სიზუსტით.

მექანიკურ მოწყობილებებსაც აქვს მრავალი საინტერესო თვისება. მათ რიცხვს ეკუთვნის ინერცია, რომლის საზომს მასა წარმოადგენს. ბუნებამ, ჩვენმა შემოქმედმა, ისე ინება, რომ ელექტრულ სისტემებშიც არსებობს ინერციის ანალოგიები. შეიძლება დამზადდეს ძალზე მარტივი ხელსაწყო, რომელიც შეიცავს გამტარისაგან დამზადებულ კოჭას, დავარქვათ მას ინდუქციურობა. რატომ ხდება ეს, არ ვიცით, მაგრამ ასეთ ხელსაწყოში მოხვედრილ დენს გაჩერება არ სურს! თუ ხელსაწყოში მიედინება მუდმივი დენი, მასში პოტენციალთა ვარდნა არ არის. მუდმივი დენის შემცველმა წრედმა „არაფერი იცის“ ინდუქციურობის შესახებ. ამ უკანასკნელის მიერ გამოწვეული ეფექტები თავს იჩენს მხოლოდ დენის ცვლილებისას. ამ ეფექტის შესაბამისი განტოლება შემდეგნაირად გამოისახება:

$$V = L \frac{dI}{dt} = L \frac{d^2q}{dt^2}, \quad (2)$$

სადაც L კოჭას ინდუქციურობაა, რომელიც იზომება ჰენრობით. ერთი ჰენრი ინდუქციურობის ხელსაწყოზე მოდებული ერთი ვოლტი ძაბვა დენს X ა/წმ-ით ცვლის.

თუ ძალიან დაინტერესდებით, (2) განტოლებაში ნიუტონის მეორე კანონს ამოიცნობთ, მხოლოდ ე. წ. დიფერენციალური სახით ჩაწერილს (მასში აჩქარება კოორდინატის მეორე რიგის წარმოზღულითაა დროში მოცემული). აქ V შეესაბამება F-ს, L: m და x: q. ყველა განტოლება, რომელიც აღწერს მექანიკურ და

ელექტრულ სისტემებს, ერთნაირად გამოიყენება. საჭიროა მხოლოდ ერთი სისტემის განტოლებაში ასობის შეცვლა და მივიღებთ მეორე სისტემისათვის საჭირო განტოლებას. ამასთან, ერთი სისტემისათვის მართებული დასკვნა სწორი იქნება მეორე სისტემისათვისაც.

ახლა დავინტერესდეთ ასეთი საკითხებით: როგორი ელექტრული მოწყობილობა შეესაბამება ტვირთთან ზამბარას, სადაც ტვირთზე მოქმედი ძალა ტვირთის წონასწორობიდან წანაცვლების სიდიდის პროპორციულია? თუ მსჯელობას დავიწყებთ ზამბარაზე მოქმედი დრეკადი ძალის მნიშვნელობით $F=kx$ და შევცვლით მასში $F : V$, ხოლო $x : q$, მივიღებთ $V = \alpha q$. ელექტრობიდან ვიცით, რომ ასეთი მოწყობილობა არსებობს. ეს კონდენსატორია. ის ერთ-ერთია ჩვენს წრედის სამი ელემენტიდან, რომლის მუშაობაც ჩვენ გვესმის (ადვილი მისახვედრია, რომ საქმე გვაქვს რხევით კონტურთან, რომელიც შეიცავს აქტიურ წინაღობას, კონდენსატორს და კოჭას). გავეცანით რა წყვილ-პარალელური ფირფიტების თვისებებს, აღმოვაჩინეთ, რომ თუ მათ ტოლი და საპირისპირო მუხტებით დავმუხტავთ, მაშინ მათ შორის არსებული ველი მუხტის სიდიდის პროპორციული იქნება.

ისტორიული მიზეზებიდან გამომდინარე, $V = \alpha q$ ტოლობაში

პროპორციულობის კოეფიციენტს უწოდებენ $\alpha = \frac{1}{c}$ სიდიდეს, ამ-

იტომ $V = \frac{q}{c}$ ტევადობის ერთეულად მიღებულია ფარადი. კონდენ-

სატორის თითოეულ შემონაფენზე ერთი კულონი მუხტის მოთავსება ქმნის $1/9000000000$ პოტენციალთა სხვაობას, ამ დროს მისი

ტევადობა ერთი ფარადის ტოლია და $1\mathcal{F} = \frac{1\mathcal{J}}{1\mathcal{V}}$.

ახლა ჩვენ ხელთაა ყველა ანალოგია. დავწეროთ როგორც მექანიკური, ისე ელექტრული სისტემებისათვის დიფერენციალური განტოლებები რეზონანსული წრედისათვის. მივიღებთ:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} + kx = F, \quad (3)$$

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{c} = V \quad (4)$$

(ადვილი მისახვედრია, რომ, საქმე გვაქვს ნიუტონის მეორე კანონთან, სადაც უკვე სამი ძალა მონაწილეობს). ყველაფერი, რაც ვიცით (3)-ის შესახებ და რაც სკურპულოზურად შევისწავლეთ მექანიკაში, იგი შეიძლება გამოვიყენოთ (4)-ისათვის [9].

ფიზიკაში არსებულ უმრავლეს ანალოგიათა მეშვეობით (ღმერთის წყალობით, ისინი საკმაოდ) შეიძლება ბევრი შესანიშნავი საკითხის გადაწყვეტა. გავართულოთ პრობლემა. ავიღოთ ერთი ნაცვლად რამდენიმე ტვირთიანი ზამბარა. შევეცადოთ ასეთი სისტემის დახასიათებას. ამისათვის კი საჭიროა დაწვეროთ და ამოვხსნათ განტოლებები, მაგრამ ეს რთული გზაა. მოვიქცეთ ცოტა ეშმაკურად: მექანიკურის ნაცვლად განვიხილოთ ელექტრული წრედი, რომელიც იმავე განტოლებით აღიწერება. ასეთი წრედი იქნება მექანიკური მოწყობილობის ზუსტი ანალოგი. თუ წრედი ბევრ წინააღმდეგობას, ინდუქციურობას და ტევადობას შეიცავს, მაშინ იგი იქნება მისი შესაბამისი ურთულესი მექანიკური სისტემის იმიტაცია. მაგრამ რა არის ამაში კარგი? — იკითხავს სკეპტიკოსი. ელექტრობის აღმოჩენამ არ უშველა დიფერენციალური განტოლების ამოხსნას [8].

დავუშვათ, ვმუშაობთ ქარხანაში, რომელიც უშვებს ავტომობილებს. დაგვავალეს გავსინჯოთ მათი ამორტიზაცია. თუ ავაწყობთ ამ მანქანის ანალოგიურ ელექტრულ წრედს, მაშინ მისი (წრედის) ინდუქციურობა ბორბლის ინერციის ანალოგიური იქნება, დრეკადობა ტევადობის, ხოლო წინააღმდეგობა — ამორტიზატორის და ა. შ. ისე, რომ ავტომობილის ყველა ნაწილს შეეცვლით წრედის ელემენტებით. ახლა საქმე ისაა, როგორ მოიქცევა მანქანა ბორცვზე გადასვლისას; ელექტრულ სისტემაში ადვილად შეიძლება „ბორცვის გაჩენა“ გენერატორიდან მიღებული ძაბვის მეშვეობით. თუ გავზომავეთ მუხტს შესაბამის კონდენსატორზე, მივიღებთ წარმოდგენას ბორბლის რყევაზე. ვნახეთ, რომ ავტომობილი ძლიერ ჯანჯლარებს, საჭიროა რაიმე ვიღონოთ. ამისათვის ამორტიზატორები ან უნდა შევასუსტოთ, ან გავაძლიეროთ. მაგრამ ამისათვის მანქანის დაშლა და ხელმეორედ აწყობაა საჭირო. სრულებითაც არა! ამისათვის დაგვჭირდება გადავატრიალოთ რეოსტატი, რომელიც,

ჩვენი აზრით, „დამნაშავე“ ამორტიზატორს კურირებს. თუ აქ გამოსავალს ვერ ვიპოვით, ზამბარის დრეკალობას შევცვლით და ა. შ. ამრიგად, მანქანის რეგულირებას ვაწარმოებთ ელექტრობის მეშვეობით წრედში ჩართული სახელურების მრავალჯერადი ტრიპალით. სწორედ ეს იდეა იქცა ანალოგურ გამოთვლელ მანქანათა შექმნის დასაბამად. ასე უწოდებენ მოწყობილობას, რომელიც ჩვენთვის საინტერესო განტოლებების იმიტირებას ახდენს სრულიად სხვა „ბუნების“ განტოლებებით. ასეთი მოწყობილობები ძალზე ადვილი ასაწყობია; იოლია აგრეთვე მათი მეშვეობით გაზომვის ჩატარება, დაშლა, აწყობა და რეგულირება. ამის შესახებ ქვემოთ გვექნება საუბარი.

ცხადია, ამის შემდეგ ნებისმიერი მკითხველი დაინტერესდება და დასვამს კითხვას: რატომაა სხვადასხვა მოვლენათა აღმწერი განტოლებები ერთმანეთის მსგავსი? ზემოთ განხილული ჰარმონიული ოსცილატორის დიფერენციალური განტოლება ფაქტობრივად ძალზე ბევრ მოვლენას აღწერს. როგორც აღვნიშნეთ, იგი შეისწავლის როგორც ზამბარაზე დაკიდებული ტვირთისა და მუხტის პერიოდულ რხევას, ასევე კამერტონის რხევას, რომელიც ბგერით ტალღებს წარმოშობს, ხოლო ატომებში იმ ელექტრონების რხევას, რომლებიც სინათლის ტალღებს წარმოშობს. მათ რიცხვს მიეკუთვნება: თერმორეგულატორთა (მოწყობილობა, რომელიც თერმოსტატს მუდმივ ტემპერატურას უნარჩუნებს) აღმწერი განტოლებები, ქიმიურ რაექციებში არსებულ რთულ ურთიერთქმედებათა შესაბამისი განტოლებები (რაც ერთი შეხედვით სრულიად მოულოდნელია), ბაქტერიების ზრდის, მელიების გამრავლების აღმწერი განტოლებები და ა. შ. ჩვენ მოვიყვანეთ ძალზე მცირე ნუსხა იმ მოვლენებისა, რომლებიც აღიწერება ჰარმონიული ოსცილატორის შესაბამისად და ვაჩვენეთ, რომ ფიზიკის ერთ ნაწილში შესწავლილი მოვლენები სასარგებლოა მისი სხვა ნაწილებისათვის. კარგია, თუ წინასწარ განვჭვრეტთ მსგავსი „შესაძლო გაფართოების“ შესაძლებლობას, წინააღმდეგ შემთხვევაში მოსალოდნელია გაუგებრობა!

შესაძლებელია ისეც მოხდეს, რომ ყველაზე განსხვავებულ პირობებშიც მოხდეს აღმწერ განტოლებათა თანხვედრას. ცხადია, გამოყენებული სიმბოლოები სხვადასხვა იქნება, მაგრამ მათემატიკური ფორმა ერთნაირი იქნება. ეს უკანასკნელი კი ნიშნავს, რომ ერთი საკითხის შესწავლისას (ჩვენდაუნებურად) ვიღებთ ინფორმაციას

განსხვავებულ პიროცესთა შესახებ. სწორედ ასეთი მაგალითი აქვს მოცემული რ. ფეინმანს თავის ლექციებში, როდესაც იხილავს ელექტროსტატიკის ანალოგიურ განტოლებებს. იგი აჩვენებს, რომ ერთგვაროვან გარემოში სფერული წყაროდან გამომავალი ნეიტრონების დიფუზია, დოლზე გადაჭიმული ტყავის დეფორმაცია, უსასრულო ბრტყელი საზღვრის ახლოს მდებარე სითბოს გარე შემოვლა, წერტილოვანი წყაროდან გამოსული სინათლის მიერ თანაბარი განათებულობა და ელექტროსტატიკაში მუხტთა ურთიერთქმედების აღმწერი განტოლობები ერთმანეთის ანალოგიურია... ბუნებრივია, ისმის კითხვა ამ მსგავსების მიზეზთა შესახებ. ხომ არ მქლავნდება მასში: „ბუნების კანონთა ფუნდამენტური ერთიანობა!?!“ იქნება საქმე ისაა, რომ ყველაფერი შექმნილია ერთი და იმავე „მასალით“ და ამიტომაც აღიწერება ერთნაირი განტოლებებით!?

თუ შევჩერებთ ელექტროსტატიკურ და მის ანალოგიურ მექანიკურ განტოლებებს, მათში შემავალი სიდიდეები სრულიად არ გამოსახავს ერთსა და იმავე „მასალას“!

ძნელი წარმოსადგენია ელექტრული პოტენციალის იდენტურობა ტემპერატურასა და ნაწილაკების სიმკვრივესთან! ჭეშმარიტად ვერ გავაიგივებთ პოტენციალს ნაწილაკის სითბურ ენერგიასთან, ხოლო მეზბრანის წანაცვლებას ტემპერატურის ცვლილებასთან. ამიტომ ფუნდამენტურ ერთიანობაზე აქ ლაპარაკი ზედმეტია.

ფიზიკურ სიდიდეთა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ეს განტოლებები იდენტური არ არის. განხილულ ამოცანებში საერთო ისაა, რომ ყველა დაკავშირებულია სივრცესთან და რომ რთულ მოვლენათა იმიტირებას ვახდენთ მარტივი განტოლებებით. აქედან დასკვნა: ელექტროსტატიკური ამოცანები მართებულია მხოლოდ „ლამაზად იმიტირებული“, რეალურად ძალზე რთული სამყაროსათვის! შესაძლებელია ისიც ვიფიქროთ, რომ ეს განტოლებები უფრო გამარტივებული ვერსიით „შელამაზებულ“ სახეს წარმოადგენს. უნდა ვაღიაროთ, რომ რეალური ფიზიკური მოვლენების ზუსტი ანალიზი ძალზე ძნელია და არ ექვემდებარება დიფერენციალური განტოლებიდან მიღებულ შედეგებს. ამიტომაც სისტემის ანალიზისას მიემართავთ განსაკუთრებულ ხერხს. მაგალითად, ამ მიზანს კარგად ემსახურება ველის წარმოსადგენი ევრისტიკულ-აბსტრაქტული მოდელები (ძალწირები, ინდუქციური და ტევადობითი წინააღმდეგობები და სხვ.).

უკანასკნელი, მართალია აბსტრაქტულად, მაგრამ მაინც გვაძლევს შესაძლებლობას, გავერკვეთ ამა თუ იმ მოვლენის რაობაში.

მეორე მხრივ, არც ერთ ანალოგიას და ევრისტიკულ მოდელს არ შეუძლია ადეკვატურად გადმოგვცეს მოვლენის ზუსტი სურათი. კანონთა წარმოდგენის ზუსტი ხერხი ისევ დიფერენციალურ-განტოლებათა მეთოდია. რომ მიხვდეთ რა ხდება ამა თუ იმ პირობებში, საჭიროა უამრავი განტოლების ამოხსნა, ყველა მათგანში აღმოაჩინოთ რაიმე ახალს. ღირაკმა ასე ახსნა სინამდვილეში განტოლების გაგება: „ეს ის მიხვედრაა, სადაც არ იფარგლები მკაცრი მათემატიკური აზროვნებით. მე ვთვლი, განტოლების არსი გავიგე, თუ მაქვს უნარი უშუალოდ ამოხსნის გარეშე ზოგადი ამოხსნის წარმოდგენისა! ფიზიკური გაგება რაღაც არაზუსტი, განუსაზღვრელი და აბსოლუტურად არამათემატიკური გაგებაა“. მოგვყავს ფიზიკური სიტუაციის განჭვრეტის ერთი მაგალითი დ. სახაროვის ცხოვრებიდან. თანამშრომელმა მას ამოსახსნელად ამოცანა შესთავაზა. აი ისიც: ერთი კილომეტრი სიგრძის რეზინის ზონარი ბოლოთი მიმაგრებულია კედელზე, მეორე გიჭირავთ ხელში. ზოჭო იწყებს მოძრაობას თქვენსკენ $V=1$ სმ/წმ სიჩქარით. როდესაც იგი წაინაცვლებს ერთი სმ-ით, რეზინის ზონარს აგრძელებთ ერთი კმ-ით და ა. შ. ამოცანა გვეკითხება: რა დროში მოაღწევს ზოჭო თქვენამდე. ამ ამოცანის ამოხსნა სახაროვამდე ბევრმა სცადა. შედეგი საოცრად „ჭრელი“ იყო. ამოცანის ორჯერ წაკითხვის შემდეგ სახაროვამ სიგარეტის კოლოფზე სამახსოვროდ დატოვა შემდეგი ამოხსნა:

$$L_0 = 10^5; \quad \frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} \frac{1}{1+t},$$

$$X = \int_0^t dt \frac{1}{1+t} : lnt,$$

$$t = l^{-L_0} = l^{-10^5}.$$

ამოცანის ორჯერ წაკითხვით, ჩაღრმავებით და ინტუიციით ადვილი მისახვედრია, რომ გვაქვს ისეთი მოძრაობა, რომელიც ექსპონენციალურ კანონს ექვემდებარება. იცვლება ორი სიდიდე: ზოჭოს გადაადგილება და ზონარის სიგრძე. აქედან გამომდინარე, ადვილია პროცესის აღმწერი დიფერენციალური განტოლების ჩაწერა, რომლის ამოხსნა ცხრილურ ინტეგრალზე დადის [9].

კვანტური მექანიკის ერთ-ერთი ფუძემდებელი მაქს ბორნი წერდა: „მათემატიკური ფორმალიზმი საოცარ სამსახურს უწევს რთულ მოვლენათა აღწერას; ფიზიკური სამყაროს რაოდენობრივი აღწერა შეუძლებელია მათემატიკის გარეშე. იგი იძლევა განტოლებათა ამოხსნის საშუალებას, აღწერს მეთოდებს, ხსნის ცდისეულ მეცნიერებათა სილამაზეს!“.

მრავალი სახის სიმეტრია შეიძლება იქნეს დანახული მხოლოდ ურთულესი მათემატიკური აგებებისა და გარდაქმნების საფუძველზე. მათემატიკური აგება არ არის დამოკიდებული გარე სამყაროს თვისებებზე. მათემატიკას არ აინტერესებს, თუ რომელი ფიზიკური სიდიდებისათვის გამოიყენება განტოლებები. ამიტომ გახდა იგი უნივერსალური ინსტრუმენტი ყველა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებისათვის. ერთია მთავარი, რომ ყველა მათემატიკური დასკვნა უნდა იყოს ლოგიკურად მკაცრი და უზალო, გამომდინარეობდეს დაწესებული აქსიომიდან.

ფიზიკა ცდილობს შეძლებისდაგვარად დახატოს სურათი. სარგებლობს რა დაუმტკიცებელი დაშვებებით, აფასებს, რამდენად დამაჯერებელია იგი. ცდილობს გამოიცნოს, რომელია არასაკმარისი თანაფარდობები ბუნებაში. თუ მათემატიკოსი სარგებლობს ყველა შესაძლო გეომეტრიული ტიპით, მაშინ, მისგან განსხვავებით, ფიზიკოსი არკვევს, თუ რომელი გეომეტრიული თანაფარდობები ხორციელდება ჩვენს სამყაროში. ფიზიკოსი იმდენად არ ფიქრობს ამოხსნის მეთოდებზე, რამდენადაც იმაზე, კანონიერია თუ არა მის მიერ დაშვებული გამარტივებები. რა სიზუსტით და ცვლადთა რა მნიშვნელობისათვის აღწერენ მოვლენებს მიღებული განტოლებები და, რაც მთავარია, რა მოხდება, თუ შედეგი დადასტურდა ან არ დადასტურდა ცდით, რა დებულებათა უგულებელყოფა მოგვიხდება, როგორ შეიცვლება ჩვენი შეხედულებები ყველა სხვა ცნობილ მოვლენაზე.

თუ შევძელით ფიზიკის რომელიმე არიდან მიღებული შედეგების გამოყვანა ექსპერიმენტულად მკაცრად დამტკიცებული რამდენიმე აქსიომიდან, მაშინ ის არე გახდება გამოყენებითი მათემატიკის ან ტექნიკის დარგი, როგორც ეს მოხდა კლასიკური მექანიკის, ელექტროდინამიკისა და ფარდობითობის თეორიისათვის. ფიზიკის თეორიული კონცეფციები მოითხოვს მუდმივ თანხმობას უკვე ცნობილ კანონებთან, ყველაფერ მასთან, რაც ვიცით გარე სამყაროს

შესახებ. ფიზიკური თეორია არ წარმოადგენს ლოგიკურ კონსტრუქციას, არამედ შენობაა აგებული სიმართლისებერ დაშვებებზე, რაც შემოწმებას მოითხოვს. ფიზიკა და მათემატიკა განსხვავებულ მიზანთა მეცნიერებებია, სხვადასხვაა მათი მიდგომა ამოცანის ამოხსნისას.



აღმოჩენა და გამომგონება ანალოგიების მიხედვით

ანალოგიის მიხედვით გონებისმიერმა დასკვნებმა მეცნიერებს საშუალება მისცა აეხსნათ ახალი მოვლენები, რომლის მეშვეობითაც ისინი მივიდნენ ახალ მეცნიერულ მიმართულებათა შექმნამდე და ძველის ფუნდამენტურ გარდაქმნამდე.

საქმე ფილოსოფიურ საკითხს ეხებოდა. ლაიბნიცი შეეცადა გონებისმიერი დასკვნა ზუსტი წესებით გარდაესახა გამოთვლებში.

მათემატიკურ და ლოგიკურ ოპერაციათა შორის ანალოგიამ უდიდესი გადატრიალება მოახდინა ფორმალურ ლოგიკაში — მეცნიერება მიიყვანა მათემატიკური ლოგიკის ჩამოყალიბებამდე.

ბიონიკას საფუძვლად უდევს ცოცხალ ორგანიზმებსა და ტექნიკურ მოწყობილობებს შორის ანალოგია. კიბერნეტიკის ეს მიმართულება სწავლობს ცოცხალი უჯრედის სტრუქტურას და ორგანიზმთა ცხოველმყოფელობას. მიღებული კანონზომიერებანი გამოიყენება ინჟინრული ამოცანების ამოსახსნელად ისეთ ტექნიკურ სისტემათა აღმოჩენისათვის, რომლებიც თავისი სახით უახლოვდება ცოცხალ ორგანიზმებს.

ი. მეჩნიკოვს აინტერესებდა, როგორ ებრძოდა ადამიანის ორგანიზმი ინფექციას. აკვირდებოდა რა „ზღვის ვარსკვლავის“ გამჭვირვალე მატლს, მან ჩარგო რამდენიმე ვარდის ეკალი მის გროვაში. ჭუპრმა აღმოაჩინა ეკალი და „გადახარშა“. ეს მოვლენა მეჩნიკოვმა დაუკავშირა ადამიანის თითში ჩარჭობილ ეკალს. ამ უკანასკნელის ირგვლივ გროვდება ჩირქი, რომელიც „გადახარშავს“ რა ამ უცხო სხეულს, გაანეიტრალებს მას. ასე დაიბადა თეორია, რომლის თანახმადაც ცხოველთა ორგანიზმებს აღმოაჩნდა დამცველი საშუალება

— უცხო სხეულის „ჩაჭერა“ და „გადახარშვა“. იგი ხორციელდება განსაკუთრებული უჯრედებით — ფაგოციტებით.

სისხლის მიმოქცევას ორგანიზმში ძველთაგანვე ადარებდნენ ზღვის მიმოქცევას. მეოფრამეტე საუკუნეში ექიმმა პარვიმ პირველმა შემოიტანა ვერსია, რომლის თანახმად ადამიანის გული ჩვეულებრივი მექანიკური ტუმბოს ანალოგად ითვლებოდა. აქედან გამომდინარე, მან დაამტკიცა ადამიანის ორგანიზმში სისხლის მიმოქცევის უწყვეტი ცირკულაცია!

ისარგებლა რა წვასა და სუნთქვას შორის ანალოგიით, ქიმიკოსმა პრისტლიმ აჩვენა, რომ მცენარეები ალადგენენ ჰაერს, რომელიც იხარჯება, როგორც სუნთქვის პროცესში, ისე სათლის წვისას!

დ. მენდელეევი ქიმიური ელემენტები მის მიერ შედგენილ ცხრილში განალაგა ატომური წონის ზრდის მიხედვით. მაშინდელი ღროის ყველა ელემენტმა ცხრილის უჯრედებში თავისი უჯრა (ადგილი) დაიკავა. სამი დარჩა ცარიელი. ელემენტთა ცნობილი ანალოგიის საფუძველზე, მენდელეევი უცნობი სამი ელემენტის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი თვისებები მიუთითა. წინასწარმეტყველება გამართლდა!

ა. გერშელმა აღმოაჩინა, რომ სპირტქურის ალი ბაცი ყვითელი ფერისა ზდებოდა მასში ცოტაოდენი მარილის შეტანისას. თუ აღს შევხედავთ სპექტროსკოპით, მასში ნატრიუმის არსებობის გამო ორი ყვითელი ხაზი აღმოჩნდება. გამოითქვა აზრი, რომ ანალოგიურად შეიძლება ალში სხვა ელემენტთა არსებობის აღმოჩენა. მოგვიანებით იღუა გამართლდა. შეიქმნა ფიზიკის ახალი განხრა — სპექტროსკოპია, რამაც რევოლუცია მოახდინა მეცნიერებასა და ტექნიკაში!

ი. გუტენბერგი მოძრავი შრიფტის იღუამდე მიიყვანა ფულის ჭედვასთან დაკავშირებულმა ანალოგიამ. ასე ჩაეყარა საფუძველი წიგნის ბეჭდვას. გუტენბერგის „ახალმა გალაქტიკამ“ მთელი კაცობრიობის კულტურა გარდაქმნა...

ვ. ვესტჰაუზი დიდხანს მუშაობდა ისეთი მუხრუჭის შექმნაზე, რომელიც ერთნაირად იმოქმედებდა მატარებლის მთლიან შემადგენლობაზე. ჟურნალში შემთხვევით წაიკითხა, რომ შვეიცარიაში გვირაბის გასაყვანად გამოიყენეს საბურღი დანადგარის ამოძრავება შეკუმშული ჰაერით, რომელიც გრძელი მილებით გადაეცემოდა კომპრესორიდან. პრობლემა ამ იღუამ გადაწყვიტა!..

ჩ. ღურიამ კარბიურატორ-გამფრქვევის ინჟექტორად გამოიყენა წვისათვის ბენზინისა და ჰაერის ნარევის მიღების მისთვის ცნობილი წესი, ხოლო მეუღლის პულვერიზატორმა ეს იდეა კარბიურატორზე გადაატანინა.

საკერავი მანქანის გამომგონებლის – ე. ხაუს პირველი იდეა მდგომარეობდა ნემსის ერთ ბოლოზე ყუნწისა და წვერის თანხვედრაში. როგორ მოუვიდა ეს იდეა, არაა ცნობილი! იგი ეყრდნობოდა საქსოვ მანქანაში გამოყენებული თითისტრის ანალოგიას. ასე დაიბადა საკერავი მანქანის პირველი გვირისტი.

პრობლემის სწორად დასმასა და მის გადაწყვეტას შორის არსებობს ინტერვალი, რომელიც მოიცავს მეცნიერული კვლევის პროცესს. იგი შეიძლება სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობდეს. ამას ამტკიცებს თუნდაც, ერთი მხრივ, არქიმედეს ცნობილი შეძახილი – „ვერიკა“ და, მეორე მხრივ, ფარადეის მრავალწლიანი მცდელობები ინდუქციის კანონის აღმოსაჩენად. დღევანდლობას უფრო მეტად ესადაგება ფარადეის მიერ გავლილი მოსინჯვისა და შეცდომების გასწორების ურთულესი გზა...

ზოგადად, დღესაც გადაუწყვეტელია რთულ სიტუაციებში რა საშუალებებით და მიმართულებებით უნდა სრულდებოდეს სვლა.

ანალოგია მიეკუთვნება ევრისტიკული კვლევის მეთოდს და „მუშაობს“ მასთან ერთად. ამიტომ საინტერესოა სიტყვა ევრისტიკის ეტიმოლოგიის გაშიფვრა, მისი ინტერპრეტაცია, როგორც აღმოჩენა ხელოვნებისა...

არჩვენ ევრისტიკის ორ სახეს: ex ante (ex-დან, ante-წინათ). იგი გამოიყენება პრობლემის გადაწყვეტამდე. ex post – (შემდეგ) ევრისტიკის სახეა, რომელიც სწორედ არქიმედემ გამოიყენა თავის აღმოჩენაში და ალბათ, ის ასე ჟღერს: „მე ეს-ეს არის დამებადა შესანიშნავი აზრი“. ევრისტიკის ამავე ოჯახს მიეკუთვნება „პარადიგმები“, რომელთა გადაწყვეტასაც ფუნდამენტურ მეცნიერებებს მიაკუთვნებენ. ერთია ნიშანდობლივი, რომ მეცნიერები დღესაც ვერ უპასუხებენ, თუ რატომაა ესა თუ ის თეორია კარგი ან ცუდი, საინტერესო ან ტრივიალური? ეს კითხვა ღიად რჩება! დღეისათვის, მაგალითად, მაღალი ენერგიების ფიზიკაში მომუშავე მეცნიერთა უმრავლესობა მიიჩნევს, რომ ეს თეორია უნდა იმყოფებოდეს ლაგრანჟის ფორმალიზმის ჩარჩოებში. სხვა დროში სარგებლობდნენ ევრისტიკის სხვა სახეებით...

ანალოგიები მიეკუთვნება ex ante ვერისტიკას. სწორედ ადამიანის მანქანად წარმოდგენა შეიძლება დავასახელოთ ტიპურ ფუნქციონალური ანალოგიის მაგალითად, ხოლო ნილს ბორის მიერ ატომის მოდელში გადმოცემული მაკროკოსმოსის გადატანა ჩაითვლება სტრუქტურულ ანალოგიად.

ანალოგიის ორივე სახე ხშირად გამოიყენება ტექნიკურ მეცნიერებაში ისეთ მეთოდებთან ერთად, როგორიცაა: აბსტრაქტირება, იდეალიზაცია, მოდელირება, ფორმალიზაცია და ა.შ. მათ გარეშე ანალოგიები წარმოუდგენელია, რადგანაც ჩვეულებრივი ენის გამოყენება იწვევს ფორმალიზისა და „სიცხადის“ დაკარგვას. კვლევის პროცესის ზოგადი აღწერისათვის ვსარგებლობთ მოდელბით, ლიფერენციალური განტოლებებით, სქემებით, აქსიომური სისტემებით და ა.შ., ამით ხელი ეწყობა ანალოგიათა მოძიებას. მეტად მნიშვნელოვანია, რომ კვლევის პროცესში ანალოგიებისა და ვერისტიკის მეთოდები გადმოიცეს მეცნიერებისა და ტექნიკის ისტორიიდან...

ანალოგიის საფუძველზე ხორციელდება ანტიისეისმური მშენებლობა, მზადდება წყალქვეშა ნავის პერისკოპი, თვითმფრინავის ფლატერი და ა. შ. მათი ჩამოთვლა შორს წაგვიყვანს... [10].



კვანტური ფიზიკა და ოპტიკურ-მექანიკური ანალოგია

განვიხილოთ კვანტურ მექანიკასთან დაკავშირებული ანალოგიათა მეთოდის სწორად და მკდარად გამოყენების მაგალითები. კვანტური მექანიკის განვითარებასთან დაკავშირებულმა ცვლილებებმა ფიზიკა ღრმა კრიზისამდე მიიყვანა. გამოსავალი რამდენიმე წლის შემდეგ იქნა ნაპოვნი. გამოჩნდა ჩიხიდან გამოსავალი ორი გზა, რომლიც, ერთი შეხედვით, სულ სხვადასხვა მიმართულებით მიდიოდა. პირველი მათგანი დაფუძნებული იყო ყოველგვარი სიცხადის გამორიცხვასთან, მეორე აფართოებდა მას. პირველი ეკუთვნის ჰაიზენბერგს, რომელმაც თავისი თეორია დაამთავრა ბორის შესაბამისობის პრინციპით, გაათავისუ-

ფლან რა ფიზიკა ისეთი სიდიდეებისაგან, რომელთაც არ გააჩნდათ რეალური მნიშვნელობები.

კვანტური მექანიკის აღმოცენებამდე ატომური მოვლენები აღიწერებოდა ელექტრონთა მდგრადობის ტერმინებით. ამ პოზიციებიდან გამოდინარე, დაიწყო ორი მექანიკური სიდიდის გამოყენება. ესენი იყო: ნაწილაკი და ალბათობის ამპლიტუდა. შესაბამისობის პრინციპით ბორმა დაადგინა თანაფარდობა ორივე სიდიდეს შორის.

მიჰყვებოდა რა ბორის მიერ გაკვალული გზას, ჰაიზენბერგმა უარი თქვა კლასიკურ სიდიდეებზე და შეიმუშავა პირდაპირი სქემა კვანტურ სიდიდეთა გამოთვლისათვის. ამის შემდეგ, ფიზიკოსებს ატომის სურათი უფრო ნაკლებად მკვეთრი წარმოუდგათ, ვიდრე უწინ იყო. სამაგიეროდ, მათ მიიღეს უფრო ზუსტი წარმოდგენები მის შემადგენელ ელემენტებზე (საუბარია მატრიცულ ელემენტებზე).

მოვლენათა კლასიკური სურათი არაადეკვატური გამოდგა ნაწილაკთა დიდი რიცხვისთვის. როგორც ერთმა ფიზიკოსმა იხუმრა: „ფიზიკოსები სულ უფრო მეტს პოულობენ, უფრო მცირესა და მცირეში“.

ხაზი უნდა გაესვას იმ გარემოებას, რომ ჰაიზენბერგის, ბორის და იორდანის მატრიცულმა მექანიკამ კლასიკურ მექანიკასთან ძალზე შორს მყოფი ანალოგიის როლი შეასრულა. სინამდვილეში ახალი მექანიკის მრავალი კანონი მიიღებოდა ძველი სქემიდან, თუ გამოვიყენებდით მისი მოდიფიკაციის სტანდარტულ მეთოდებს. მაგრამ ამ ანალოგიას ჰქონდა სრულიად სხვა ბუნება, ვიდრე მათ, რომლებზედაც ზემოთ ვმსჯელობდით. უკანასკნელნი სხვადასხვა მოვლენათა შორის მსგავსების მტკიცებაში ხელავდნენ საშუალებას, დაეყვანათ ისინი ერთ მექანიზმამდე.

საქმე გვექონდა ერთია და იმავე მოვლენის სხვადასხვა მათემატიკური აღწერის ფორმალურ მსგავსებასთან. როგორც ვხვდებით, გვაქვს ისეთი ტიპის ანალოგია, როდესაც ჩიხიდან გამოსასვლელად ვუბრუნდებით დე-ბროილისა და შრედინგერის მიერ ნაპოვნ ძველი კვანტური მექანიკის გზას. იგი მიაჩნებდა მასზე იმ ახალი ელემენტების დამატებას, რომლებიც ნასესხები იყო სინათლის კვანტური თეორიიდან.

დე-ბროილის ეპოქალური აღმოჩენის (მატერიის ორმაგი ბუნების) საწყის წერტილად ითვლება აინშტაინის თეორია, რომლის

მეშვეობითაც შესაძლებელია ამა თუ იმ ფიზიკური სურათის აღწერა როგორც ტალღური, ისე კორპუსკულური თეორიით. ეს წმინდა ანალოგიის მაგალითია. კათოდური სხივების შესწავლის აზრი დებროილს დაებადა სინათლის ანალოგიის მიხედვით.

ერთი შეხედვით, ეს შედეგები მყარ საფუძველს ქმნიდა ნივთიერებისა და სინათლის ანალოგიისათვის, იძლეოდა შემდგომი განვითარების სტიმულს. სინამდვილეში ანალოგია უფრო მეტად შორსმჭვრეტელი აღმოჩნდა და ბევრ რამეში შეუწყო ხელი ჭეშმარიტების დადგენას.

ახლად აღმოჩენილი ანალოგია ყველაზე მოულოდნელი და შორსმჭვრეტელი უნდა ყოფილიყო ნივთიერებისა და სინათლის თეორიების იგივეობაზე დასაყვანად. ვინც ეს არ დაიჯერა, ის კიდევ ერთხელ აღმოჩნდა მსხვერპლი ბუნების მიერ დაგებული ხაფანგისა, სადაც სრულიად განსხვავებული საგნები ერთნაირ რაკურსში აღიქმება.

უპირველესად უნდა აღინიშნოს ის შესანიშნავი შედეგები, რომლებიც მიღწეული იყო ახალი ტალღური მექანიკის მათემატიკური აღწერისას. იგულისხმება შრედინგერის ტალღური განტოლება მისი შემდგომი განზოგადებითა და სრულყოფით. სინამდვილეში ცხადი იყო მთლიანი ანალოგია შრედინგერის განტოლებასა და სინათლის გავრცელების ტალღურ განტოლებას შორის არაერთგვაროვან გარემოში. იგი მართებული უნდა ყოფილიყო ერთი ნაწილაკისათვის ან ისეთი გუნდისათვის, რომლებშიც ნაწილაკები ერთმანეთზე არ მოქმედებენ.

აზრთა სვლის ნათელსაყოფად გადავხედოთ ისტორიას.

ჰაიზენბერგის სტატია მატრიცული მექანიკის ელემენტების გამოყენებით გამოქვეყნდა 1925 წ. ეს იყო პირველი ფუნდამენტური ნაშრომი, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია ატომის მდგრადობის ახსნა. ნახევარი წლის შემდეგ ერვინ შრედინგერმა შექმნა კიდევ ერთი ტალღური მექანიკა, რომელიც ერთი შეხედვით სრულიად არ ჰგავდა მატრიცულ მექანიკას, მაგრამ, მისი აზრით, კარგად აღწერდა ატომის შედგენილობას. აღმოჩნდა, რომ როგორც მატრიცული, ისე ტალღური მექანიკა ერთნაირი კვანტური მექანიკის ჩაწერის სხვადასხვა ფორმა იყო. მოგვიანებით კი დამტკიცდა, რომ კვანტური მექანიკა არა მარტო ერთ-ერთი მეცნიერებათაგანია, არამედ საფუძველია მთელი თანამედროვე მეცნიერული ფონდისა.

როდესაც ჰაიზენბერგი ამთავრებდა გიმნაზიას, მისი სამშობლო – გერმანია ომობდა მთელ სამყაროსთან: რუსეთთან – მენდელეევის სამშობლოსთან, ინგლისთან – რეზერფორდის სამშობლოსთან, საფრანგეთთან, სადაც 1892 წ. დაიბადა პრინცი ლუი ვიქტორ დე-ბროილი – მეფეთა შთამომავალი, შემდგომ ნობელის პრემიის ლაურეატი. როგორც ყველა, დე-ბროილიც მონაწილეობდა ომში. შემდეგ მან დაიწყო მუშაობა უფროსი ძმის ლაბორატორიაში, სადაც სწავლობდნენ ელემენტთა რენტგენის სხივებს. გარდა ამისა, იგი პირადად იცნობდა იმდროინდელ წამყვან ფიზიკოსებს და ატომური ფიზიკის ბოლო მიღწევებს. მას აწუხებდა ერთი კითხვა: რატომ არის ატომი მდგრადი? რატომ არ ასხივებდნენ ელექტრონები სტაციონარულ ორბიტებზე?

ბორის პირველი პოსტულატი ამ ორბიტებს ყველა აზრობრივი ორბიტისგან გამოყოფდა შემდეგი კვანტური პირობით: $mvr = n \cdot D$. მას სურდა გაეგო ამ ტოლობის ფიზიკური არსი! როდესაც ეძებენ გაუგებარი ფაქტების ახსნას, როგორც წესი, მიმართავენ ანალოგიებს. საწინააღმდეგო მოსაზრებების ჩიხიდან გამოსვლისას დე-ბროილი მიხვდა, რომ ეს სიძნელებები მსგავსი იყო სინათლის მახასიათებლებისა. ამ უქნასკნელისათვის საქმე ბუნდოვნად რჩებოდა მანამ, სანამ კომპტონმა არ ჩაატარა ელექტრონებზე რენტგენის სხივების გაბნევის ცდა. სურათი სრულიად არ ჰგავდა ზღვის ტალღათა გაბნევას; სამაგიეროდ, ზუსტად გვაგონებდა ბილიარდის ორი ბირთვის დაჯახებას: ერთი მათგანი ელექტრონი იყო m მასით, ხოლო მეორე სინათლის კვანტი $E = h\nu$ ენერგიით. ამ ცდის შემდეგ, რომელიც ჩაატარეს მან და დეზაიმ, უკვე ეჭვი არავის ეპარებოდა, რომ ბუნებაში რეალურად არსებობდა სინათლისეული კვანტები: ფოტონები $E = h\nu$ ენერგიით, $p = h\nu/c$ იმპულსით და $\lambda = c/\nu$ ტალღის სიგრძით.

ვერც დე-ბროილმა, ვერც რომელიმე მისმა თანამედროვემ ვერ ახსნა, რას ნიშნავდა სიტყვები: „სინათლისეული კვანტები შეესაბამებიან სინათლის ტალღას“. მათ არ ჰქონდათ საფუძველი, ეჭვი შეეტანათ ექსპერიმენტში, სადაც მტკიცდებოდა, რომ ერთ პირობებში სინათლის სხივი იქცევა, როგორც ტალღა (λ ტალღის სიგრძითა და ν სიხშირით), ხოლო მეორე შემთხვევაში – როგორც ნაწ-

ილაკების ნაკადი — ფოტონები $E = h\nu$ ენერგიითა და $p = h/\lambda$ იმპულსით. რამდენიმე წლის შემდეგ ყველა მიხვდა, რომ მხოლოდ კერძო შემთხვევა იყო ბუნებაში არსებული კორპუსკულურ-ტალღური დუალიზმისა!

თავის დროზე დებროილს გზის გაკვლევა მოუწია „ენოსვითა“ და „ხელის ფათურით“. იგი დარწმუნებული იყო ბუნების „ერთიანობაში“, ამიტომ მას არ შეეძლო დაეშვა, რომ სინათლის სხივი რაღაც განსაკუთრებულია და ბუნებაში მსგავსი არ არსებობს. მისი დაშვებით, არა მარტო სინათლის სხივი, არამედ ყველა სხეული ბუნებაში ადჭურვილი უნდა ყოფილიყო ტალღური და კორპუსკულური თვისებებით, ერთად. გარდა სინათლისეული ტალღებისა და მატერიის ნაწილაკებისა, ბუნებაში რეალურად უნდა ეარსებათ როგორც სინათლის კორპუსკულებს, ისე მატერიის ტალღებს. ასეთი მარტივი და ძლიერი მტკიცება იოლი გამოსათქმელი როდია, საჭიროა გამბედაობა და რწმენა. უფრო ძნელი იყო მისი გაგება. ეს შეეძლო მხოლოდ განსაკუთრებულ გონებას, შერკვეულს აბსტრაქტულ აზროვნებასთან. მართლაც, ძნელი წარმოსადგენია ისეთი ობიექტი, რომელიც ტყვიასაც შეესაბამება და ტალღასაც. ნორმალური ადამიანისათვის ეს ზებუნებრივად ითვლება.

ფიზიკოსებისათვის „მატერიის ტალღების“ წარმოდგენა ახლაც იწვევს აზროვნებაში რაღაც რთული ხატის წარმოშობას, რომელიც არა ჰგავს არაფერს რეალურად არსებულს. იგი თანადათანობით ყალიბდება კვანტური მექანიკის ფორმულებიდან ძალზე ძნელად. ცხადია, ასეთი რთული და სრულყოფილი ხატი დებროილსაც არ გააჩნდა. იმისათვის, რომ ავხსნათ იმდროინდელი მსჯელობა, მოვიშველიოთ მისი შემცველი — ტალღის სახე, რომელიც წარმოიქმნება სიძის რხევისას.

კარგადაა ცნობილი, რომ ხელის ჩამოკვრისას გაჭიმული სიმი იწყებს ჟღერას. მისი ხმა დამოკიდებულია დაჭიმულობასა და სიგრძეზე. ხმის წამროშობის მექანიზმიც კარგადაა ცნობილი: მისი რხევა გადაეცემა ჰაერს და ჩვენ სმენით შევიგრძნობთ ჰაერის რხევას და არა სიმისას. მათ შორის არსებობს ცალსახა კავშირი. როდესაც სიმი ირხევა როგორც მთლიანი, ჩვენ გვესმის ძირითადი ტონი. მხოლოდ მისი „გალიზიანებისას“ წარმოიქმნება დამატებითი რხევები — ობერტონები. რხევის სურათი რთულდება. სიშვე ჩნდება „კვანძები“ — ისეთი წერტილები, რომლებიც უძრავია რხევის პრო-

ცესში. ამ დროს ყოველთვის სრულდება ერთადერთი პირობა: სიმის მთელ სიგრძეზე თავსდება ნახევარტალღათა მთელი რიცხვი. ძირითადი ტონისათვის სიმის მთელ სიგრძეზე ეტევა ზუსტად ლამბდა-ნახევარი ტალღა. დავახვიოთ სიმი რგოლად და წარმოვიდგინოთ, რომ იგი წარმოადგენს ელექტრონის ორბიტას ატომში. შეეცვალოთ ელექტრონის მოძრაობა სიმის რხევით. რა თქმა უნდა, წარმოქმნილი ტალღა შეესაბამება ელექტრონს.

დე-ბროილმა დაუშვა, რომ ელექტრონის მოძრაობა იქნებოდა მდგრადი მაშინ, როდესაც სიმზე მოთავსებოდა ელექტრონის შესაბამის ტალღათა მთელი რიცხვი. აქედან გამომდინარეობდა მარტივი პირობა: $2\pi r = n\lambda$. თუ მას შევადარებთ ბორის პირველ პოსტულატს: $2\pi mvr = nh$, განვსაზღვრავთ ელექტრონის ტალღის სიგრძეს: $\lambda = h/mv$. ეს მართლაც ძალზე მარტივია! იგი მოითხოვს ყველაზე მარტივ ცნებებს, რაც ცვლის ჩვენი აზროვნების საფუძვლებს.

დე-ბროილი 30 წლისა იყო, როდესაც „იპოვა“ თავისი ფორმულა. ძებნა მან თორმეტი წლით ადრე დაიწყო, როდესაც მისი ძმა დაბრუნდა სოლოვიევის პირველი კონგრესიდან, რომელზეც პლანკმა გააკეთა მოხსენება „კვანტის ჰიპოთეზების“ შესახებ. უფროსი ძმის მიერ მონაყოლმა შთაბეჭდილებებმა იმდენად განმსჭვალა იგი ამ იდეით, რომ ომში ყოფნის დროსაც არ დავიწყებია. აზრის მუდმივი დაძაბულობის შედეგად მან ჰიპოთეზა გამოთქვა მატერიის ტალღების არსებობის შესახებ. ახლა კი დე-ბროილს შეეძლო ჩამოეყალიბებინა „სტაციონარული“ ორბიტის ახალი ცნება: ეს ისეთი ორბიტა იყო, რომ ჩაეტეოდა „ელექტრონის ტალღათა“ მთელი რიცხვი. თუ ეს მართლაც ასეა, მაშინ ატომის მდგრადობის პრობლემა არ არსებობს, რადგანაც სტაციონარულ მდგომარეობაში იგი ემსგავსება სიმს, რომელიც ხახუნის გარეშე ირხევა ვაკუუმში. ასეთი რხევები არ ქრება. ამიტომაც ელექტრონი გარე მოქმედების გარეშე სტაციონარულ მდგომარეობაში დარჩება მუდმივად.

ყველაზე ძნელი ჰიპოთეზის გამოთქმაა. ეს ყოველთვის ლოგიკური პროცესია. მაგრამ, როგორც კი გამოითქმება, ლოგიკის კანონები „გამოწურავს“ მისგან ყველა დასკვნას. უმთავრესი მათგანი ყველაზე თვალსაჩინოა: თუ მატერიის ტალღები არსებობს, მაშინ შესაძლებელია მისი აღმოჩენა და გაზომვაც. ჰიპოთეზის გამოთქმი-

დან ოთხი წლის შემდეგ ისინი აღმოაჩინეს, დაამტკიცეს მათი რეალობა იმ სიზუსტით, რაც მიღებულია ფიზიკაში. თავისი ფორმულები დე-ბროილმა ჩაწერა ჰაიზენბერგისა და შრედინგერის შრომებზე ადრე. მათი იდეის სიმარტივე და გამჭვირვალობა ძალზე გვაგონებდა ბორის იდეებს. ზუსტად ისევე, როგორც ბორის პოსტულატები, ვერც დე-ბროლის იდეები იძლეოდა ატომის თეორიას. საჭირო იყო მათი ჩაწერა განტოლების ენაზე.

როდესაც ვერნერ ჰაიზენბერგმა შექმნა მატრიცული მექანიკა, ამით განახორციელა ბორის იდეათა რეალიზაცია ზუსტ ფორმულებსა და მკაცრ განტოლებებში. დე-ბროილის იდეები იქცა იმ ახალი მექანიკის საწყისად, რომელიც შექმნა ერვინ შრედინგერმა. როდესაც ვლადიმერ კობტა ატომებსა და კვანტებზე, სულ უფრო და უფრო ვუახლოვდებით სინათლის თვისებებს. ეს შემთხვევითი არაა, არსით მათში უნდა ვეძიოთ დღევანდელი ფიზიკის საწყისები.

მოდით, ერთხელ კიდევ გავიხსენოთ სინათლის თვისებები. ამისათვის მოგვიწვევს ნიუტონისა და ჰიუგენსის ჰაქრობის აღდგენა სინათლის ბუნების შესახებ. ცნობილი იყო, რომ სინათლის სხივი სიციარიელეში წრფივად ვრცელდებოდა. სახელმძღვანელოში ამ ფაქტს გამოსახავდნენ წრფით, რომელიც სინათლის წყაროს აერთებს დამკვირვებლის თვალთან. ასეთია სინათლის სხივის წარმოსახვითი ტრაექტორია. თავისი აზრით და წარმოსახვით, ეს ტრაექტორია არაფრით განსხვავდება ნაწილაკის მოძრაობის ტრაექტორიისაგან. სწორედ ამის საფუძველზე იყო ნიუტონის დროს წარმოდგენილი სინათლის სხივი, როგორც ძალზე მცირე ზომის ნაწილაკების ნაკადი. ერთია ცხადი, რომ ამ სინათლისეული ნაწილაკის გზა, როგორც ჩვეულებრივისა, შეიძლება გამრუდდეს, მაგალითად, ჰაერიდან წყალში გადასვლისას, მაგრამ ტრაქტორიის ცნება შენარჩუნებულია.

ყოველდღიურ ცხოვრებაში სინათლის სხივის ასეთ აღქმა ძალზე სასარგებლოა, არ იწვევს რაიმე უთანხმოებას, საშუალებას გვაძლევს მოვერიდოთ ავტომობილებს ქუჩაში, განვსაზღვროთ ვარსკვლავთა მდებარეობა სივრცეში და ა.შ.

ექსპერიმენტული ტექნიკის განვითარების შედეგად აღამიანებმა გააფართოვეს ყოველდღიური ცდის ვიწრო საზღვრები და აღმოაჩინეს სინათლის სხივის ახალი თვისებები. თურმე, ნუ იტყვი, ის მთლიანად კარგავს თავის პირვანდელ თვისებებს, თუ მისი მეშვეობით გავანათებთ „ძალზე პატარა წინააღმდეგობას“. ფიზიკა ზუსტი

მეცნიერებაა და მასში ასეთ განსაზღვრულ მტკიცებას არ უნდა პქონდეს ადგილი: პატარა რასთან შედარებით?

ჭიუგენსი სინათლის გავრცელებას წარმოიდგენდა, როგორც რაღაც „სინათლისეული ეთერის“ რხევას. ეს მოვლენა მოგვაგონებს ტბაში ჩაგდებული ქვის მიერ წარმოქმნილ წრიულ ტალღებს ან ზღვის ტალღათა უსასრულო მწკრივებს. ამ აზრის მართებულობა დაირღვა მას შემდეგ, რაც მაქსველმა და ჰერცმა დაამტკიცეს, რომ სინათლე ელექტრომაგნიტური ტალღების კერძო შემთხვევაა. გავიხსენოთ, რომ ყოველი ტალღური პროცესის მთავარი მახასიათებელია მისი სიხშირე და ტალღის სიგრძე. ახლა ჩვენი მტკიცება იძენს მკაცრ აზრს: „სინათლის სხივი კარგავს თავის პირვანდელ თვისებებს, თუ იმ წინააღმდეგობის ზომები, რომელსაც ის ეცემა, მისი ტალღის სიგრძის შესადარია. ამ შემთხვევაში სინათლის სხივი აღარ ვრცელდება წრფივად. ადგილი აქვს დიფრაქციის მოვლენას. გარდა ამისა, ცალკეული ტალღები იწყებენ ერთმანეთთან ურთიერთქმედებას — აქრობენ და აძლიერებენ ერთმანეთს, ინტერფერირებენ. ორივე მოვლენას — დიფრაქციას და ინტერფერენციას, მივყვართ ინტერფერენციული სურათის მიღებამდე, რისი აღქმაც ნიუტონის თვალსაზრისით, ძნელია.

ტალღური თეორია ამას ძალზე ბუნებრივად ხსნის და სწორედ ამან განაპირობა მისი გამარჯვება. დროთა განმავლობაში სინათლის ტალღურ თვისებებს ისე შეეჩვივნენ, რომ გარკვეულ ეტალონად გადაიქცა ტალღური პროცესებისათვის. ფიზიკაში თუ რომელიმე პროცესში შეამჩნევდნენ ინტერფერენციისა და დიფრაქციის თვისებებს, უკვე ეჭვი აღარ ეპარებოდათ მის ტალღურ ბუნებაში. სწორედ ამიტომ იყო, რომ როგორც კი დაინახეს ოქროს ფირფიტაზე ელექტრონების დიფრაქციის პირველი სურათები, ერთხმად მიიღეს დე-ბროილის ჰიპოთეზა „მატერიის ტალღების შესახებ“.

თანამედროვე ფიზიკოსებისათვის ელექტრონების ტალღური თვისებები უკვე ზუსტი ცოდნის ფაქტია და, მეტიც, ტექნიკური გამოყენების საშუალებაცაა.

ტალღური ოპტიკის მწყობრ თეორიაში ერთი შეუსაბამობაა რჩებოდა: სინათლის სხივს ჩვენ აღვიქვამთ, როგორც სხივს და არა როგორც ტალღას. როგორ ავხსნათ ეს ფაქტი ტალღური ოპტიკის თვალსაზრისით? ეს ამოცანა გადაწყვიტა ოგიუსტ ჟან ფრენელმა.

თურმე ინტერფერენციის შედეგად წყაროდან გამოსული ყველა ტალღა ერთმანეთს აქრობს, გარდა იმ ტალღებისა, რომლებიც იმყოფება ვიწრო არხში, რომელიც სინათლის წყაროს დამკვირვებლის თვალთან აერთებს. ამ არხის სისქე სინათლის ტალღის სიგრძის ნახევარს უდრის. თუ უგულებელვყოფთ ამ „სინათლისეული არხის სისქეს“, მაშინ მივიღებთ სინათლის სხივის იმ ტრაექტორიას, რომელსაც შერჩეულნი ვართ ყოველდღიურ ცხოვრებაში.

ცნობილია მისი აგების ხერხი: ტალღათა ბურცობებზე უნდა გავავლოთ წრფე, როგორც ფიზიკოსები იტყვიან, — აღვნიშნოთ ტალღის ფრონტი. შემდეგ სინათლის წყაროდან გავატაროთ წრფე, რომელიც იქნება ტალღის ფრონტის პერპენდიკულარული. ეს იქნება სინათლის სხივის ტრაექტორია.

თუ წინააღმდეგობის მახლობლად ტალღის ფრონტი მახინჯდება, მასთან ერთად მრუდდება სხივის ტრაექტორია — სხივი გარს უვლის წინაღობას, ადგილი აქვს დიფრაქციას.

1834 წ. ასტრონომ უ. ჰამილტონს სურდა თანამედროვეებისათვის დაემტკიცებინა, რომ ფორმალურ ანალოგიას ნაწილაკის მოძრაობის ტრაექტორიასა და სინათლის კონის ტარექტორიას შორის ჰქონდა ზუსტი მათემატიკური არსი.

ცნობილი ფაქტია, რომ: ცნებას — მოძრაობის კანონები შეესაბამება მოძრაობის განტოლებები. ტალღებისა და ნაწილაკებისათვის ისინი განსხვავებულია მეორეთა ამოხსნით ვიგებთ ნაწილაკის ტრაექტორიას, ხოლო პირველთა მეშვეობით — ტალღის ფრონტის ფორმას და სიჩქარეს.

ცნობილია, რომ ოპტიკაში შეიძლება „გამოვსახოთ“ სინათლის ტალღის ტრაექტორია, თუ ვიცით მისი ტალღის ფრონტის მოძრაობა.

ჰამილტონის მოსაზრების თანახმად, მექანიკაში შეიძლება დამტკიცდეს რაღაც საწინააღმდეგო: ნაწილაკის მოძრაობის ტარექტორია შევცვალოთ ტალღის ფრონტის გავრცელებით ან, უფრო ზუსტად, მექანიკის მოძრაობის კანონები ჩავწეროთ ისეთი სახით, რომ მთლიანად დაემთხვეს გეომეტრიული ოპტიკის კანონებს, რომლებიც აღწერს სინათლის სხივის გავრცელებას მისი ტალღური თვისებების მხედველობაში მიღების გარეშე. ამით ჰამილტონმა დაამტკიცა ოპტიკურ-მექანიკური ანალოგია: ნაწილაკის მოძრაობა შეიძლება

წარმოვიდგინოთ, როგორც სინათლის სხივის გავრცელება ისე, რომ მხედველობაში არ მივიღოთ მისი ტალღური თვისებები.

ისევე, როგორც ყოველი აღმოჩენა, შრედინგერის ჰიპოთეზა ლოკალურად არსაიდან არ გამოდიოდა, მაგრამ, როგორც ჭეშმარიტი აღმოჩენას, ლოგიკური დასკვნები ჰქონდა. პირველ რიგში, თუ შრედინგერი მართალი იყო, მაშინ ნაწილაკების მოძრაობას ტალღური თვისებები უნდა ჰქონოდა სივრცის იმ არეებში, რომელთა ზომები შეესაბამებოდა მათი ტალღის სიგრძეს. ყველაზე მეტად ეს ეხებოდა ელექტრონის მოძრაობას ატომში.

თუ შევადარებთ დე-ბროლისა $\lambda = h/mv$ და ბორის $mvr = h/2\pi$ ფორმულებს, ადვილად მივიღებთ ატომის რადიუსისათვის $r = \lambda/2\pi$ მნიშვნელობას, რაც დაახლოებით ექვსჯერ ნაკლებია ელექტრონის ტალღის სიგრძეზე. თუ ამ სიგრძეს გავაიგივებთ ელექტრონის ზომებთან ატომში, მაშინვე თვალსაჩინო ხდება, რომ ატომის ნაწილაკად წარმოდგენა შეუძლებელია. წინააღმდეგ შემთხვევაში უნდა დაეუსვათ, რომ ატომი შედგება ისეთი ნაწილაკებისაგან, რომელთა ზომები მასზე დიდია! აქედან მოულოდნელად გამომდინარეობს ჰეიზენბერგის პოსტულატი: ატომში არ არსებობს ელექტრონის ტრაექტორიის ცნება. მართლაც, შეუძლებელია რაიმე დიდის მოძრაობა შედარებით მცირეში, თანაც რაღაც ტრაექტორიაზე. მაშინ არ უნდა არსებობდეს ატომთა მდგრადობის პრობლემები, რადგანაც ელექტროდინამიკა უკრძალავს ელექტრონს ატომში მოძრაობას მხოლოდ ტრაექტორიაზე და პასუხს არ აგებს მოვლენებზე, რომლებიც ხორციელდება სხვა სახის მოძრაობებში.

ყველაფერი ეს იმის მაჩვენებელია, რომ ატომში ელექტრონები არსებობს არა ნაწილაკების სახით, არამედ განსაზღვრულ ტალღათა სახით, რომელთა არსიც თავიდან შრედინგერისათვის გაუგებარი ჩანდა. მაგრამ მისთვის ერთი იყო მთავარი და ანათელი: რა მეთოდითაც უნდა ყოფილიყო მიღებული ეს ელექტრონული ტალღები, მათი მოძრაობა უნდა დამორჩილებოდა ტალღურ განტოლებას. მან იპოვა ეს განტოლება! [11].

შრედინგერმა ეს განტოლება ოპტიკურ-მექანიკური ანალოგიის საფუძველზე მიიღო. საყურადღებოა, რომ კვანტური მექანიკის ლექციათა ციკლში ენრიკო ფერმიმ შრედინგერის დროზე დამოკიდებული

განტოლება გამოიყენა მექანიკისა და ოპტიკის წყვილ ცნებათა იმ სიის მიხედვით, რომლებიც ერთმანეთის ანალოგიებს წარმოადგენენ.

მექანიკა: მატერიალური წერტილი, ოპტიკა: ტალღური პაკეტი,
 ტრაექტორია, სხივი,
 სიჩქარე, ჯგუფური სიჩქარე,
 პოტენციური ენერგია როგორც გარდატეხის მაჩვენებელი
 კოორდინატთა ფუნქცია როგორც კოორდინატთა

$$U = U(x, y, z).$$

$$\text{ფუნქცია } n = n(x, y, z);$$

$$\text{ოპტიკაში } E = E(\nu).$$

ფერმი შესაბამისობას იხილავს ტრაექტორიასა და სხივს შორის.

$$\text{მოპერტუის პრინციპიდან: } \int \sqrt{E - V} dS = \min.$$

$$\text{ფერმის პრინციპის თანახმად } \int \frac{dS}{V} = \min.$$

შემდეგ იხილავს ამ პრინციპების დამტკიცებას და გამოკყავს ჯგუფური და ფაზური სიჩქარის შემდეგი ფორმულა:

$$V = V(\omega, r) = \frac{h\omega}{\sqrt{2m} \sqrt{h\omega - V}} \dots (0).$$

ასეთი მონოქრომატული ტალღა აკმაყოფილებს შემდეგ განტოლებას:

$$\nabla^2 \psi - \frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0 \dots, \quad (1)$$

რომლის კერძო ამონახსნს აქვს ასეთი სახე:

$$\psi = ie^{-i\omega t} = Ue^{\frac{i}{h} E t} \dots \quad (2)$$

$$2\text{-ის ჩასმა } 1\text{-ში გვაძლევს: } \nabla^2 U + \frac{\omega^2}{V^2} U = 0.$$

$$r\text{-ის მხედველობაში მიღებით გვექნება: } \nabla^2 U + \frac{2m}{h^2} (h\omega - U) U = 0,$$

$$\text{რადგანაც } \omega U \rightarrow -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial t}, \text{ ამიტომ}$$

$$\nabla^2 \psi + i \frac{2m}{\hbar} \frac{\partial \psi}{\partial t} - \frac{2m}{\hbar^2} U \psi = 0.$$

ეს არის შრედინგერის დროზე დამოკიდებულების განტოლება, რომელმაც მოახდინა სრული გადატრიალება ატომის ფიზიკაში [11].

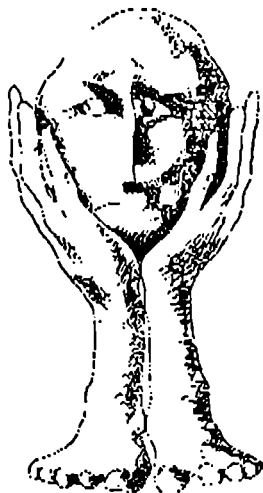
„როგორც წესი, მათემატიკურ და საბუნებისმეტყველო საგნებში მეცნიერება იძულებულია გამოიყენოს განსაკუთრებული სიმბოლური ენა, რომელიც აბსტრაქტული აზრის თავისებური სტენოგრაფიაა. როდესაც ისინი ფორმულების სახით სწორედაა ჩაწერილი, მაშინ აღარ არის ამა თუ იმ საკითხის განმარტებაში არავითარი გაუგებრობა და განუსაზღვრელობა. მხოლოდ საჭიროა გავითვალისწინოთ ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება: იმ არეებშიაც კი, სადაც თითქმის მთლიანად გამოიყენება აზრთა გადმოსაცემად აღნიშნული სიმბოლური ენა, რომელიც მეცნიერულ ენას გამომსახველობით საშუალებებს უკარგავს. ეს უკანასკნელი საშუალებას გვაძლევს, გადმოვცეთ ავტორის ყველა აზრი მათი ნიუანსებით, რათა ღრმად ჩავწვდეთ მიღებულ შედეგთა ჭეშმარიტებას. რატომ ხდება ეს? ხომ არ ვიფიქროთ, რომ მათემატიკური ენის გამოყენებისას ყოველთვის უნდა განვიცდიდეთ ჭეშმარიტების სიზუსტეში უკმარისობას? ამ თვალსაჩინო პარადოქსის მიზეზები ძალზე ღრმად და მათი გარჩევა შორს წაგვიყვანს. ჩვენ შემოვიფარგლებით საკითხის მოკლე განხილვით. მათემატიკური ენა არის წმინდად დედუქციური, რომელიც გვაიძულებს გავაკეთოთ მკაცრი დასკვნები. მაგრამ ეს სიმტკიცე, რომელიც მის სიძლიერეს გამოსახავს, ითვლება მისივე სისუსტედ, რადგანაც მას მოაქცევს ჩაკეტილ წრეში, რომლიდან გამოსვლაც შეუძლებელი ხდება. მათემატიკურმა მსჯელობამ უნდა დაადგინოს ის დასკვნები, რომლებიც უკვე ინახება გზავნილებში და რომლებიც ჯერჯერობით თვალსაჩინო არ არის. ამიტომ თავის დასკვნებში მას არ ძალუძს იმაზე მეტის მოცემა, რაც არაცხადადაა გადმოცემული ჰიპოთეზაში. თავისი მკაცრი დედუქციურობის გამო, მათემატიკური ენა საშუალებას იძლევა დეტალურად აღწეროს უკვე მიღებული ინტელექტუალური ფასეულობანი. ეს არ იძლევა არაფერ ახალს.

ანალოგიათა ნაირსახეობის განხილვისას სიტყვა „ფორმალური“ არ უნდა გვესმოდეს პირდაპირი მნიშვნელობით, ვინაიდან, არცთუ

იშვიათად, მასაც მიუძღვის „ლომის წილი“ თეორიათა ჩამოყალიბებაში. მაგალითად, როგორც ცნობილია, კვანტური მექანიკა ჩამოყალიბდა ორი მეცნიერის: ვ. ჰაიზენბერგისა და ე. შრედინგერის ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად სრულიად სხვადასხვა მიდგომით. კვანტური მექანიკის ჩამოყალიბებაში გადამწყვეტ ფაქტორად ითვლება მატემატიკური წარმოსახვითი „გონების ხედვითი ნახტომი“ (რომელმაც თავისი გამოხატულება პოვა შრედინგერის ნაშრომში).

შრედინგერმა შეამჩნია, რომ სინათლის სხივთა თეორია წარმოადგენდა მათ შესაბამ ტალღათა გავრცელების თეორიის ზღვრულ შემთხვევას (ჰამილტონის შემდეგ ამ თეორიის ჩამოყალიბება მაქსველსა და ჰერცს ეკუთვნის). შრედინგერი შემდეგნაირად მსჯელობდა: „რატომ არ უნდა არსებობდეს იმ ნაწილაკთა შესაბამისი ტალღების თეორია, რომლებსაც ექნებოდა ტრაექტორიის მიმართ ზუსტად ისეთივე დამოკიდებულება, როგორსაც ავლენდნენ სინათლის ტალღები სხივთა მიმართ?“

ასეთმა წმინდა მათემატიკურმა მიდგომამ მიიყვანა შრედინგერი ნაწილაკების ტალღური თეორიის — კვანტური მექანიკის ჩამოყალიბებამდე. თეორია უმაღლვე შეადარეს ატომებზე ექსპერიმენტულად მიღებულ შედეგებს. თანხვედრა საკმაოდ შთამბეჭდავი აღმოჩნდა!



ინტუიცია

განვიხილოთ ის მნიშვნელოვანი კომპონენტი, რომელმაც უნდა დააინტერესოს ახალგაზრდა სპეციალისტი. მეცნიერების მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია ტვინის ქვეცნობიერი მუშაობა. აქ იმალება უეცარი მიგნების წყარო, კვლევა-ძიების შედეგიანობის რეზერვი.

როგორც ცნობილია, აინშტაინი დიდად აფასებდა ინტუიციას. აი, რა თქვა მან: „მე მჯერა ინტუაციისა და აღმაფრენისა. ზოგჯერ ვგრძნობ, რომ სწორ გზას ვადგევარ, მაგრამ არ შემიძლია ჩემი თავდაჯერებულობის ახსნა. წარმოსახვა კი ყველაფერს მოიცავს სამყარო-

ში, ასტიმულირებს პროგრესს და მისი ევოლუციის წყაროა. გარკვევით რომ ვთქვათ, წარმოსახვა მეცნიერული კვლევა-ძიების რეალური ფაქტორია“.

ს. მოემი წერდა: „ოცნება შემოქმედებითი ფანტაზიის საფუძველია. მხატვრის უპირატესობა იმაშია, რომ, სხვა ადამიანისაგან განსხვავებით, ოცნება მისთვის სინამდვილიდან წასვლა კი არ არის, არამედ მასთან მიახლოების საშუალებაა“. გარკვეულწილად ეს მეცნიერებისათვისაც ასეა. კარგად თქვა სენტ-ეკზიუპერმა: „თეორეტიკოსს სწამს ლოგიკის. მას ეჩვენება, რომ სძულს ოცნება, ინტუიცია და პოეზია. იგი ვერ ამჩნევს, რომ ამ სამმა ფერიამ, უბრალოდ, სამოსი შეიცვალა, რათა მოხიბლოს იგი, როგორც შეყვარებული ბიჭუნა, რომ სწორედ ამ სამი ფერიის წყალობით მოხდა მისი მიგნებები. ისინი მას წარმოუდგებიან „სამუშაო ჰიპოთეზის“, „თავისუფალ დაშვებათა“, „ანალოგიათა სახელწოდებით. შეუძლია კი თეორეტიკოსს დაეჭვდეს, რომ მათი მოსმენისას იგი ღალატობს მკაცრ ლოგიკას და აპყვება მუზათა ნამღერს“.

იდეები ზოგჯერ სრულიად მოულოდნელ დროს გეწვევა, სრულიად მოულოდნელ ადგილზე, სრულიად მოულოდნელი საქმიანობისას. ზოგჯერ გადაწყვეტილება მოდის სიზმარში, ანდა ძილ-ღვიძილის პერიოდში, რაც დაძაბული მუშაობის შედეგია (ამაზე მიუთითებდა დ. მენდელეევი). ქიმიკოსი დ. კეკულე მის მიერ „ძილში“ აღმოჩენილი ბენზოლის სტრუქტურის აღწერისას (რაზეც იგი დაძაბულად ფიქრობდა იმ დროს) შენიშავდა: „თუ ჩვენ ვისწავლით სიზმრის ნახვას, ბატონებო, იქნებ ჭეშმარიტებასაც ვწვდეთ?! უნდა ვიზრუნოთ იმისათვის, რომ არ გავახშაუროთ ჩვენი სიზმრები, ვიდრე არ ვაქცევთ მათ ფხიზელი გონების შემოწმების საგნად“. ავტორი ბოდიშს იხდის ციტატების სიჭარბისათვის. მეცნიერულ შემოქმედებაში ფანტაზიას უკავია განსაკუთრებული, მაგრამ არა ძალიან გარკვეული და ნათელი ადგილი. ამასთანავე, ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ გამონათება (აზრის) დაძაბულ შრომას მოსდევს, როცა ადამიანი მიდის ზღერულ მდგომარეობამდე და შეგნებული აზროვნება ძილშიც გრძელდება, ხოლო ქვეცნობიერი — ცხადში. ამიტომ სიბრძნე ყველას არ ეწვევა და არც უბრალოდ მოდის. აინშტაინი აღიარებდა, რომ ფარდობითობის თეორიის შექმნის პერიოდში იგი ჰალუცინაციამდე მიდიოდა. ბევრნი აღნიშნავენ, რომ ნაყოფიერი

სამუშაო დღისათვის სასარგებლოა წინა საღამოს ცოტაოდენი წამუშავება. სასურველია, ახალგაზრდა სპეციალისტს მოეუყვეთ, როგორ ამოიხსნა ესა თუ ის ამოცანა — ექსპერიმენტული თუ თეორიული, ვუნქენოთ მთელი გზა ან ცალკეული კვანძები, მონაკვეთები, სიბნელეები, ჩავარდნები, მიგნებები და გამოთქმები.

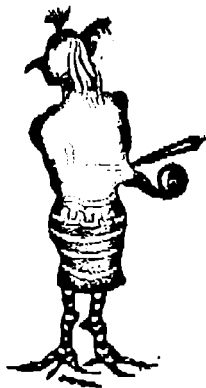
არსებობს თანამედროვე თვალსაზრისი ინტუიციზმე, როგორც ინსტინქტის ფორმაზე, რომელიც განსჯაზე უმაღლესია. როგორც ცნობილია, ფროიდი ადამიანის მოღვაწეობაში გადამწყვეტ როლს ქვეცნობიერებას ანიჭებდა. ეტყობა, ინტუიცია — ესაა ადამიანური ჭკუის თავისებურება, რომელიც განსხვავდება გრძნობითი შექმენებისა და განსჯისაგან. იგი რაღაც განსაკუთრებული ხერხია შემეცნებისა, რომელიც დაკავშირებულია უეცარ ჩაწვდომასთან. მაგალითად, ჰაუსი აღნიშნავდა: „მე უკვე ვიცი ჩემი შედეგები. მაგრამ ჯერ არ ვიცი, როგორ მივალწიო მათთან“. სწორედ ეს არის გამონათება. ინტუიცია კვლევა-ძიების ყველა ეტაპზეა აუცილებელი. იგი საჭიროა ერთ-ერთი ყველაზე რთული საკითხის გადასაწყვეტად — საკვლევი თემის ასარჩევად, ასევე მასზე უარის სათქმელად, თუ ამის საჭიროება წარმოიქმნება. იგი უაღრესად საჭიროა ახალი გზების და მიმართულებების არჩევისას: ყოველთვის არსებობს გატკეპნილი, კარგად გაკვალული გზით სიარულის ცთუნება, მაგრამ არსებობს კიდევ უცნობი გზებითაც სიარულის ცთუნება. აი, სად არის საჭირო ინტუიცია და მამაცობა.

რასაკვირველია, სხვადასხვა მკვლევრის ინტუიცია განვითარების სხვადასხვა დონესა და ძალას აღწევს. ზოგს ადრე ეწყვევა, ზოგს გვიან, ზოგჯერ კი საერთოდ არ მოდის. ამასთან ერთად, საჭიროა აღვნიშნოთ: უნდა ვენდოთ ინტუიციას, მაგრამ აბსოლუტური ნდობა მაინც სახიფათოა. საჭიროა ყველა „კის“ და „არას“ განხილვა, სხვადასხვა გზებით მისვლა საკითხის არსთან.

შეენიშნავ აგრეთვე, რომ ხელოვნებასა და მეცნიერებაში ინტუიციისა და აღმაფრენის შემოქმედებით პროცესებს შორის არსებობს მსგავსება. შემთხვევით არ მიიჩნევა აინშტაინი, რომ დოსტოევსკი მას უფრო მეტს აძლევდა, ვიდრე ნებისმიერი მეცნიერი მოაზროვნე, მეტს, ვიდრე ჰაუსი. „ყველაზე მშვენიერი, რაც შეიძლება გამოცადოთ, ესაა საიდუმლოს შეგრძნება. სწორედ იგია ყოველგვარი ჭეშმარიტი ხელოვნებისა და მთელი მეცნიერების წყარო“ (აინშტაინი).

რასაკვირველია, მეცნირებასა და ხელოვნებას შორის პრინციპული სხვაობაც არსებობს. მეცნიერების მიზანია ბუნების ობიექტური კანონების აღმოჩენა. ამიტომ საბოლოო შედეგი არ არის დამოკიდებული მეცნიერის პირად ღირსებებზე და იმაზე, თუ რა გზით მიუახლოვდა მიზანს. მასისა და ენერჯის ეკვივალენტობის კანონი არ შეიცვლებოდა, მას აინშტაინი აღმოაჩენდა თუ სხვა მეცნიერი. ხელოვნების ნიმუშები კი ყოველთვის შეიცავს მხატვრის ინდივიდუალობის ნიშნებს. „უცნობი ქალი“ რასაკვირველია, სხვაგვარი იქნებოდა, იგი ბლოკის ნაცვლად ტურგენევს რომ დაეწერა. უფრო სწორედ, არ იქნებოდა არც ნატაშა როსტოვა, არც „უცნობი ქალი“, რომ არ ყოფილიყვნენ ტოლსტოი და ბლოკი. ე.ი. ხელოვნებაში ინდივიდუალობა თავს იჩენს არა მარტო ფორმაში, არამედ შინაარსშიც. რასაკვირველია, მეცნიერული შემოქმედების სტილიც ისეთივე ინდივიდუალურია. მაგრამ სამეცნიერო შედეგი ყოველთვის აღწარმოებითია ხელოვნების ნიმუში კი განუმეორებელი.

მოდელებისა და ჰიპოთეზების როლი



მეცნიერებაში არსებობს საინტერესო თავისებურება: მეცნიერული აზრი გარკვეულ ეტაპზე ძლიერ იგებს გამარტივებით. ეს ხდება მოდელის შექმნის ან მოდელურ ობიექტზე მუშაობისას; ამასთან, მნიშვნელოვანია იმის დადგენა და შეფასება, თუ რა არის მოვლენაში მთავარი და რა არის მეორეხარისხოვანი. აკადემიკოსი ა. სპირნოვი ფსიქოლოგიის ინსტიტუტის დირექტორად ყოფნისას, ხუმრობდა: „ყველა მოდელირებას მისდევს, ჩემთან ამჟამად ფსიქოლოგიის ინსტიტუტი კი არ არის, არამედ მოდელების სახლია“. მეცნიერულ კვლევა-ძიებაში მოდელი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. რთული მოვლენის წვდომის მეთოდის მის უბრალო ელემენტებად დანაწევრებას საჭიროებს. ცნობილია, თუ რა როლი შეასრულა ბორის პლანეტარულმა მოდელმა ატომის სტრუქტურის ამოცნობაში. წვეთისებრი ბირთვის მოდელმა, ბოლოს

და ბოლოს, ატომური ენერჯის პრაქტიკულ გამოყენებასთან მიგვიყვანა.

ყოველგვარი გამოკვლევა რაღაცით უნდა დაიწყოს. სწორედ ეს რაღაც არის გამოსაკვლევი საგნის თვალსაჩინო ხატი, წარმოსახვითი მოდელი, იდეალური ანალოგი. რაც უფრო აბსტრაქტულია საკითხი, მით უფრო რთულია მოდელის შექმნა. მაგალითად, ეს ძალიან ძნელია კვანტურ მექანიკაში.

მოდელის შინაარსი არასოდეს ემთხვევა მთლიანად ობიექტს, მაგრამ ყოველი მოდელი შეიცავს ობიექტური, თუნდაც შედარებითი ჭეშმარიტების მომენტს. ამიტომ მოდელირების შემდეგ მოპოვებული შედეგები ყოველთვის ალბათურ ხასიათს ატარებს. ზოგჯერ მოდელს ტურისტულ რუკას ადარებენ: იგი ნაკლები სიზუსტისაა, ვიდრე ტოპოგრაფიული, მაგრამ მოგზაურისათვის უფრო მოსახერხებელია, რადგანაც არ შეიცავს ზედმეტ დეტალებს, რომლებიც ორიენტირებას აძნელებს.

ექსპერიმენტულ საბუთაოებში კვლევა-ძიების დაწყება ხდება სამოდელო ობიექტებით. თუ ვილაპარაკებთ ლითონმცოდნეობაზე ანდა ლითონთა ფიზიკაზე, უნდა ვაღიაროთ, რომ ძირითადი კანონზომიერების მიღება (ლითონის ფაქიზი სტრუქტურა), დიფუზიის პროცესებში, ფაზურ გარდაქმნებში, პლასტიკურ დეფორმაციასა და რღვევაში და ა.შ. ხერხდებოდა უმთავრესად სამოდელო ობიექტების მანიპულირებით წმინდა ლითონებზე, უმარტივეს შენადნობებსა და შენაერთებზე. მაგალითად, დამველების მოვლენა უპირველესად, შესწავლილ იქნა ალუმინისა და თუთიის ბინარული შენადნობის კვლევის შედეგად, ვაკანსიებზე წარმოდგენები განვითარდა ი. ფრენკელის ჰიპოთეზაში, პირველი ექსპერიმენტული კანონზომიერებანი კი მიღებულ იქნა კეთილშობილი ლითონების – ოქროსა და სხვათა შესწავლისას. რასაკვირველია, მოდელური ობიექტებიდან საჭიროა რეალურ ობიექტებზე გადასვლა მარტივიდან – რთულისაკენ. ასეთია ბუნების შეცნობის ძირითადი კანონი.

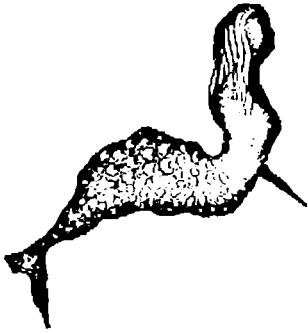
მეცნიერებაში ღიდი მნიშვნელობა აქვს ჰიპოთეზებს. შემოქმედებითი წარმოსახვის ძალა უსაზღვროა. მისთვის სრულიადაც არ არის ძნელი „ჩაატაროს“ ყველაზე დაუჯერებელი ექსპერიმენტი, რომლის განხორციელება რეალურად დაუშვებელია და, ამასთანავე, მიიღოს ძალზე საინტერესო შედეგები.

მ. პლანკი წერდა: „მკვლევარს აზრობრივი ექსპერიმენტი მუდამ ეხმარება ჰიპოთეზების შექმნაში და მზერას უხსნის იმ ახალ კანონზომიერებათა დასადგენად, რომელთა გაზომვაც რეალურად შეუძლებლად ითვლება. გაკვირვებაც კი შეიძლება იმის გამო, რომ მსჯელობის ასეთნაირ ხერხებს ისეთ შედეგებამდეს მიეყვართ, რომლებიც შესანიშნავად ეთანხმება ცდებს.

აზრობრივ ექსპერიმენტში შეიძლება უგულებელვყოთ ყველა გარეგანი ზემოქმედება, რომელთა თავიდან აცილება რეალურ ექსპერიმენტში შეუძლებელია. მაგალითად, გალილეის მიერ აღმოჩენილი ინერციის კანონი დადგინდა აზრობრივი ექსპერიმენტით ბურთულაზე, რომელიც განუწყვეტლივ მოძარაობს ხახუნისა და მასზე გარკვეული ძალების ზეგავლენის გარეშე. ეს იყო დიდი იდეალიზება, რადგანაც რეალურად ყველგან და ყოველთვის იყო და არის ხახუნი. ამასთან, იდეალურ ობიექტს ახასიათებს რეალურის ზოგიერთი თვისება. მაგალითად, „უკუმშვადი სითხის“ იდეალური ობიექტის არქისახეა წნევისა და სითხის მოცულობას შორის სუსტი დამოკიდებულება.

თუ ცდების ერთი სერია მეტყველებს ერთი ჰიპოთეზის სასარგებლოდ, საჭიროა გადამწყვეტი ექსპერიმენტის მოფიქრება (*exptz-imentum crucis*). არსებობს ასეთი ევრისტიკული წესი: თუ ორი სხვადასხვა ჰიპოთეზა მტკიცდება რომელიღაც ცდებით, მაშინ საჭიროა ექსპერიმენტული ფაქტების ძიება, რომლებიც უარყოფს თითოეულ მათგანს; თუ ეს მოხერხდება, საჭირო იქნება უფრო ზოგადი ჰიპოთეზა, რომელიც შეიერთებს თავდაპირველი ჰიპოთეზების ჭეშმარიტ მომენტებს. მეცნიერებაში ბევრი შესანიშნავი აღმოჩენა მოხდა მოდელებისა და აზრობრივი ექსპერიმენტების საშუალებით. ახალგაზრდა მკვლევრებთან ერთად სასარგებლო იქნება პრობლემის მთლიანობაში განიხილება, მთავარისა და მეორეხარისხოვანის შეფასება, ერთობლივი მოდელებისა და ჰიპოთეზების აგება.

პროფესიონალიზმი მეცნიერულ მუშაობაში



პირველ ყოვლისა, ახალგაზრდა სპეციალისტი უნდა შევჩვიოთ და აღეზარდოთ იმ ანბანური ჭეშმარიტებით, რომ პროფესიონალიზმისათვის თავდადებული შრომაა საჭირო. ნიჭის მოცემულ ღონეზე მეცნიერული მუშაობის შედეგები პროპორციულია დახარჯული შრომის და დროის ოდენობისა. როგორც პოეტი წერდა: „ნუ გააზარმაცებ სულს, რომ წყალი არ ნაყო სანაყში, სულმა უნდა იმოღვაწოს ღამეცა და დღეც, დღეცა და ღამეც“ (ნ. ზაბოლოცკი). სწორედ ასე და მხოლოდ ასე შეიძლება პროფესიის დაუფლება. ჰ.ჩაიკოვსკი ამბობდა: „აღმაფრენა ისეთი სტუმარია, რომელსაც არ უყვარს ზარმაცებთან სტუმრობა“. მთავარია, ახალგაზრდა სპეციალისტს გამოუმუშავდეს დამოკიდებულება მეცნიერების, როგორც ისეთი სფეროსადმი, სადაც წარმატება მიიღწევა შრომითა და აღმაფრენით. დრო თავის საქმეს აკეთებს. თუ დრო შრომით, გარჯით და ემოციებით არის სავსე, იგი ბადებს აღმაფრენას. რეჟისორმა ს. ტიმოშენკომ კომპოზიტორ სვეტლოვს სთხოვა სიმღერის დაწერა კინოსურათ „სამი ამხანაგისათვის“, რომელშიც აუცილებლად უნდა ყოფილიყო სიტყვები „კახოკა“ და „გოგონა“. რეჟისორი დაღლილი მივიდა სახლში და ჩაეძინა, ხოლო როცა გამოეღვიძა, საქვეყნოდ ცნობილი სიმღერა უკვე მზად იყო. „მიშა, შენ სასწაულებს ახდენ, — უთხრა რეჟისორმა, — ორმოც წუთში სიმღერა დაწერე“. „შენ ცუდად ითვლი, — უპასუხა პოეტმა, — მე ვწერდი მთელი ცხოვრება და კიდევ ორმოცი წუთი“. ამისათვის საჭიროა, ცხოვრება იყოს შრომითა და ძიებით სავსე. მხოლოდ შრომა და ძიება აქცევს მოწაფეს პროფესიონალად.

ადამიანები ნაბიჯ-ნაბიჯ ეუფლებიან პროფესიის სხვადასხვა ელემენტებს, რაც მთლიანობაში ახასიათებს კიდევ პროფესიონალიზმს. თვით მოწიფულ ასაკშიც კი სასარგებლოა ფრანგი მხატვარი დეგას წესით სარგებლობა: „თუ შენ ასი ათასი ფრანკის ოსტატობას ფლობ, კიდევ იყიდე ხუთი სუს ღირებულებისა“. მაგრამ ამასთან, ისიც უნდა გაითვალისწინოთ, რომ ახალგაზრდობაში სწავლა —

ქვაზე ჭრა არის, სიბერეში კი ქვიშაზე ხაზვა“. ასი ათასი ფრანკის ღირებულების ოსტატობის შეძენაც შეიძლება, თუკი დაგროვებას ახლგაზრდობიდანვე დაიწყებთ.



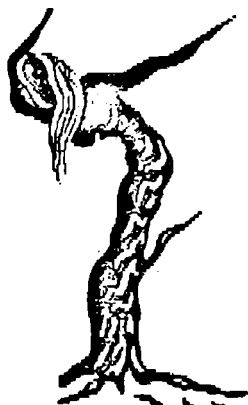
რით დავიწყოთ?

ნებისმიერ შემთხვევაში, მეცნიერული კვლევა-ძიების დაწყებისას საჭიროა შეფასდეს, რა არის პრობლემაში მთავარი და იგი განხილული იქნეს ახალგაზრდა სპეციალისტებთან ერთად. ყოველ პრობლემაში არის შედარებით რთული და მარტივი საკვანძო საკითხები.

სამეცნიერო კვლევა-ძიებაში მოქმედებათა თანამიმდევრობა, რასაკვირველია, შეიძლება განსხვავებული იყოს გამოკვლევების ბუნების, მიზნისა და მეცნიერის ხასიათის შესაბამისად. თუმცა, ექსპერიმენტულ გამოკვლევაში ზოგადი მოფიქრებისა და საკვანძო საკითხების ანალიზის შემდეგ, თითქმის იმწამსვე უნდა დავიწყოთ ლიტერატურული მონაცემების ანალიზი. ეს მნიშვნელოვანი და აუცილებელი ეტაპია, თუმცა ხიფათსაც შეიცავს.

ბუნებრივია, აუცილებელია საკითხის ცოდნა, მაგრამ სხვისი სამუშაოები გარკვეულ ყაიდაზე გაგვაწონანსწორებს, გაკვლეულ გზაზე („მეცნიერებაში ბევრი გზაა, ალბათ უვარგისი ისინია, რომლებსაც სხვები მიჰყვებიან“) საჭიროა არა უბრალო კითხვა, არამედ წაკითხულის გაანალიზებაც: ხომ არაა ახალი, უფრო საინტერესო და უფრო ეფექტური გზები ამოცანის გადასაწყვეტად. ამას გარდა, ახალი გზების ძიებაში არის შემოქმედებითი საწყისის სიხარულიც. სხვის კუდში მიყოლა დამღლეულია და უინტერესოა. საჭიროა ამოცანის გადაწყვეტის საკუთარი გზების ძიება. რასაკვირველია, თუ ეს „თავისი“ რაიმე უპირატესობას შეიცავს, მით უფრო აუცილებელია პრობლემის კურსში ყოფნა. კარგია, როცა ხელმძღვანელი ახალგაზრდა სპეციალისტს უამბობს იმ საინტერესო სამუშაოების შესახებ, რომელნიც პირდაპირ თუ არაპირდაპირაა დაკავშირებული მოცემულ გამოკვლევასთან. სასარგებლოა ახალგაზრდა სპეციალისტს დავალოთ სამეცნიერო სემინარებზე საინტერესო პუბლიკა-

ციებით, რეფერატებით გამოსვლა, მათი გაანალიზება. ლიტერატურაზე მუშაობისას სასარგებლოა კარტოთეკის შედგენა.



შაქტებისა და მეთოდის როლი

ექსპერიმენტულ სამუშაოებში მკაცრად შემოწმებული ფაქტების დაგროვება ძირითად ეტაპს წარმოადგენს. ყოველთვის არსებობს საშიშროება სამეცნიერო ნაშრომის არამყარი ფაქტების საფუძველზე აგებისა. შეგახსენებთ აკადემიკოს ი. პავლოვის სიტყვებს: „ნურასოდეს ეცდებით თქვენი ცოდნის ხარვეზების დაფარვას, თუნდაც ყველაზე მთავარი ვარაუდებითა და ჰიპოთეზებით... შეისწავლეთ, შეუპირისპირეთ, დააგროვეთ ფაქტები. რაც უნდა

სრულყოფილი იყოს ფრინველის ფრთა, იგი ვერასოდეს აიყვანს მას მაღლა, თუ ჰაერს არ დაეყრდნობა. ფაქტები მეცნიერების ჰაერია. მათ გარეშე შეუძლებელია ფრენა. მაგრამ ნუ იქცევით ფაქტების არქივარიუსად, ეცადეთ, ჩასწვდეთ მათი წარმოშობის საიდუმლოს. დაჟინებით ეძებთ მათი მმართველი კანონები“. უაღრესად მნიშვნელოვანი მათი გაფრთხილებაა. სამწუხაროდ, ჩვენი დასკვნების ფაქტობრივი ბაზა ყოველთვის არ არის საკმარისი, ხოლო გამოკვლევა ზოგჯერ ფაქტების უბრალო აღწერითაა შემოფარგლული.

რასაკვირველია, ფაქტები თავისთავად მხოლოდ ნედლეულია. „მარმარილოს დაგროვება ჯერ კიდევ არ არის ქანდაკება“. ფაქტებს თავისთავად არავითარი ფასი არა აქვს. ერთადერთი და ძირითადია დასკვნების კეთება. მიზიდულობის კანონის აღმოჩენის მიზეზი არ მდგომარეობს არც ვაშლის ჩამოვარდნაში, არც კიდევ გარე სამყაროს რომელიმე სხვა მოვლენაში. ნიუტონის აღმოჩენის მიზეზი თვით ნიუტონის ტვინია. თუმცა, არ უნდა დავივიწყოთ, რომ ადამიანის გონებრივი მოღვაწეობის ურთულესი მექანიზმი დაკავშირებულია გარე სამყაროს ხატებთან. რასაკვირველია, ფაქტების ღირებულება იმით განისაზღვრება, თუ როგორ გამოვიყენებთ მათ. მა-

გრამ ფაქტი ფაქტად რჩება იმ აუცილებელი პირობით, რომ სწორი გზითაა მოპოვებული.

თუ ფაქტები გამოკვევის საფუძველია, მაშინ მეთოდი საფუძველთა საფუძველია. კვლევა-ძიების მეთოდის მთელი მეცნიერული წარმატების ნახევარია, თუ მეტი არა. მეცნიერული კვლევა-ძიების შედეგიანობის განმსაზღვრელი მრავალი პირობიდან შეიძლება გამოვყოთ ცოდნა, ინტუიცია და მეთოდი. საკითხი ცოდნის მნიშვნელობის შესახებ ნათელია და თითქოს არაა მარტივი. თუმცა, ცნობილია აინშტაინის გამონათქვამი იმის შესახებ, თუ როგორ ხდება აღმოჩენები: „ძალიან უბრალოდ – ყველამ იცის, რომ ასე არ ხდება, ხოლო ეს ერთმა არ იცის. სწორედ ის აკეთებს აღმოჩენას“. რასაკვირველია ეს ხუმრობაა. მარქსს უყვარდა თქმა: „უეცობას ჯერ არავისთვის არ უშველია. ცოდნა სახიფათოა იმ აზრით, რომ მკვლევარი შესაძლოა ტრადიციათა ტყვედ აქციონ!“ „მხოლოდ მას შესწევს ახლის შექმნის ძალა, ვისაც აქვს უნარი აბსოლუტურად უარყოფითი იყოს“ (ლ. ფოიერბახი).

მეცნიერების განვითარება შესაძლებელია მხოლოდ ცოდნის მყარ საფუძველზე, მაგრამ კვლევა-ძიება არასწორი მეთოდის გარეშე განწირულია. თუ მკვლევარმა მოიფიქრა თეორია, თანაც არაფერზე დამყარებული, „ზეციდან აღებული“, ეს კიდევ უბედურების ნახევარია. მაგრამ, თუ მან თავისი თეორია ააგო არასწორი მეთოდით ჩატარებული ცდების საფუძველზე, ეს უკვე მთელი უბედურებაა“. ასეთმა თეორიამ თითქოსდა გაიარა ექსპერიმენტული შემოწმება და იძენს აშკარა სანდობას, თუმცა სინამდვილეში იგი მცდარია. ლ. ლანდაუმ აღნიშნა: „მეთოდი აღმოჩენაზე მნიშვნელოვანია, რამეთუ კვლევა-ძიების სწორ მეთოდს მივყავართ კიდევ ღირებულ აღმოჩენამდე“.

მნიშვნელოვანია, რომ ახალგაზრდა სპეციალიტს ჩაუუნერგოთ მეთოდისადმი პატივისცემა, მეთოდის ყველა მხარის შემდგომი დამუშავების მისწრაფება, ექსპერიმენტის შეცდომათა ყველა შესაძლო წყაროს ანალიზი და მათი შეფასების ჩვევა, ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების რაოდენობრივი მეთოდების ცოდნისაკენ სწრაფვა, ექსპერიმენტის მათემატიკური დაგეგმვის ფლობა... ცნობილია გამოკვლევები, რომელთაც არ მოუტანია შედეგები, მაგრამ კარგად ჩატარებულს კარგი შედეგები უჩვენებია. როგორც უკვე აღინიშნა, ყოველგვარმა გამოკვლევამ უნდა დატოვოს კვალი. თუ

მაინც ბევრი სამუშაო ქრება უკვალოდ, ეს უმთავრესად იმიტომ ხდება, რომ კვლევა მეთოდურად არასწორადაა ჩატარებული. კვლევა-ძიების შედეგებში დიდი სხვაობა კვლევა-ძიების მეთოდების არასრულყოფილების შედეგია. ჩვენს ცდებში ზოგჯერ ერთი ფორმის ნიმუშებიდან მეორეზე გადავიდვართ, ერთი საზომიდან — მეორეზე და ა. შ. ყოველთვის არ ვუფიქრდებით, თუ ეს როგორ აირეკლება შედეგებზე.

ძალიან მნიშვნელოვანია ახალგაზრდა სპეციალისტი მიჩვიოს ექსპერიმენტის საგულდაგულო ჩატარება-ჩაწერას კვლევა-ძიების ყველა ეტაპზე და დასახული რეჟიმიდან უმცირესი გადახვევის ფიქსირებას. ავტორი იცნობდა მკვლევრებს, რომლებიც უგულოდ ეკიდებოდნენ მეთოდიკას, ცდის პირობების მკაცრ და დაწვრილებით აღწერას, რამაც ძალიან ცუდ შედეგებამდე მიიყვანა ისინი! მეცნიერულ მუშაობაში ხშირია შემთხვევები, როდესაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ექსპერიმენტული კვლევა-ძიების მთელ მსვლელობას, ამიტომ ყოველი, თუნდაც ყველა პატარა ცდის აღწერა ექსპერიმენტატორის უპირველესი მოვალეობაა.

კარგია, თუ ახალგაზრდა სპეციალისტი დაეუფლება მოცემული გამოკვლევისათვის საჭირო სხვადასხვა მეთოდებს, მაგრამ ერთი რომელიმე მეთოდი მან სრულყოფილად უნდა იცოდეს. კარგია, როდესაც მკვლევარი მიჩვეულია ერთ რომელიმე მეთოდს. რასაკვირველია, არსებობს ზოგადი მეთოდები, რომლებიც ყველამ უნდა იცოდეს, — ვთქვათ, ლითონმცოდნემ — მეტალოგრაფიული ანალიზი, უმარტივესი მექანიკური ცდები და სხვა. ზოგი შემთხვევაში, შესაძლებელია რთული და პრეციზიული მეთოდის გარეშე იოლად გასვლა, ზოგჯერ კი შეიძლება მათთვის გვერდის ავლა და არსებითი შედეგების მიღება მარტივი მეთოდებით. როცა ტყეში მიდიხარ. შეიძლება კომპასით სარგებლობა, მაგრამ არ შეიძლება ორიენტირება იმის მიხედვით, რომ ხავსი იზრდება მერქნის ჩრდილოეთ მხარეს, ხის ტოტები ჩრდილოეთით უფრო მოკლეა სამხრეთისაკენ კი — უფრო გრძელი და მსხვილი. რასაკვირველია, ხშირად რთული საკითხები პრეციზიულ მეთოდებზე მეტია. ძნელია, მაგალითად, თხელი ზედაპირული ფენების შესწავლა ოფე-სპექტროსკოპიის მიკროსპექტრული რენტგენონალიზის გამოუყენებლად. საჭიროა მხოლოდ გვახსოვდეს, რომ მარტივი მეთოდები შესაძლოა ფრიად ეფექტური აღმოჩნდეს, თუ მათ მოხერხებულად გამოვიყენებთ. ელექტრომიკ-

როსკოპია არ უარყოფს ოპტიკურს, ხოლო ელექტრონულ-მიკროსკოპული ავტორადიოგრაფია — კონტაქტურს. პირიქით, ისენი ერთმანეთს ავსებენ; მაგრამ ნებისმიერი მეთოდი — მარტივი იქნება თუ რთული — სწორი უნდა იყოს. რასაკვირველია, მნიშვნელობა აქვს სამუშაოს შინაარსსაც — ერთ შემთხვევაში ყურადღება ექცევა მეთოდიკას, მეორეში კი — შედეგს.

და ბოლოს, ძალზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ახალგაზრდა მეცნიერში ახალი მეთოდების, ახალი ექსპერიმენტული დანადგარების გადამუშავებას. ყოველგვარი ექსპერიმენტული ძიების მნიშვნელოვან, თუმცა, უძველეს ნაწილს არც ამაჟამად დაუკარგავს თავისი მნიშვნელობა, მიუხედავად ახალი, უნიკალური ფიზიკური მეთოდების შექმნისა და კვლევა-ძიების ექსპერიმენტული ტექნიკის განვითარებისა. „ახალი მეთოდები ახალი ფაქტებია“. ამის გარდა, თვით მეთოდის დამუშავების პროცესი ეხმარება კვლევა-ძიების გაღრმავებას.

მაგალითისათვის შეიძლება გახსენება მეისბაუერის ეფექტისა, რომლის საფუძველზე შექმნილია ბირთვული გამა-რეზონანსის მეთოდი. ამ მეთოდით უამრავი გამოკვლევა განხორციელდა, მათ შორის, ლითონთა ფიზიკისა და ლითონმცოდნეობის სფეროშიც. ავტორი ყურადღებას ამახვილებს მეთოდის დიდ მნიშვნელობაზე, რადგანაც გამოკვლევათა უდიდესი ნაწილის გაცნობა გვიჩვენებს, რომ ზოგჯერ მეთოდს აგდებულად ექცევიან იმ შემთხვევების გამოკლებით, როცა კვლევა-ძიება დაკავშირებულია დისერტაციის მომზადებასთან.

საერთოდ, ნებისმიერი კვლევა-ძიება, თუნდაც სრულიად მცირე, კარგად უნდა იყოს მომზადებული. არ უნდა დავაჩქაროთ კვლევის დაწყება, ვიდრე იგი კარგად არ იქნება მომზადებული. თუნდაც ზოგადად იქნეს შესწავლილი ლიტერატურა, გულდასმით შემუშავდეს კვლევის მეთოდიკა, უნდა იქნეს მოფიქრებული ექსპერიმენტის სქემა. მეცნიერულ მუშაობაში დაუსვებელია აჩქარება, დაუდევრობა და დაბნეულობა. რასაკვირველია, ეს არ ნიშნავს, რომ არ არის საჭირო ინტენსიური და დამაბული შრომა, ანდა არ იყოს საჭირო ექსპერიმენტების შემოწმება. რა თქმა უნდა, ჩვენ უალრესად დინამიკურ დროში ვცხოვრობთ. მიუხედავად იმისა, რომ ახლაც, როგორც ასი წლის წინ, წელიწადში სამას სამოცდახუთი დღეა, ხოლო ყოველ საათში კვლავ სამოცი წუთია. როგორც ჩანს, ამაჟ-

მად სხვაგვარია წლებისა და საათების ფასი. ალბათ, ეს ჰქონდა მხედველობაში მარტინოვს, როცა წერდა: „მოკლედ, მოკლედ, მოკლედ. გეხვეწები, ნუ გაწელავ, მოკლდება ღამეები, მაგრამ მოკლენი გახდებიან ღლეებიც. მოკლეა ამიერიდან ყველა ვადა და ყოველი დასახული გზაც. წინასწარმეტყველთაც იმას ვეტყვით, არ არის საჭირო სიტყვის თქმა გრძლად. გვეყოფა ზღურბლზე დგომა, დაყოვნება უკვე ნაკლია, მოგვიყვივი ბოლო, გადმოგვილაგე, რა შემოგვინახე“.

მართლაც, დრო სწრაფმაგალია და, „ხვალე“ ღლეს უფრო ადრე იწყება, ვიდრე გუშინ იწყებოდა. სისწრაფე ჩვენი დროის სტილია, და მაინც, აჩქარებას მეცნიერებაში სიკეთე არ მოაქვს. არ შეიძლება აჩქარება, როცა კვალიანდება კვლევა-ძიების გეგმა და მუშაობა მეთოდისა, არ შეიძლება სიჩქარე დასკვნების, რეკომენდაციების კეთებისას. როგორც ძველები იტყოდნენ, „იჩქარეთ აუჩქარებლად“ მეცნიერება, ისევე როგორც ხელოვნება, ვერ იტანს წრიალს, ხმაურს, რეკლამას [6].



ანალოგიათა გამოყენება ანალიზში კვლევისას

ახალი ცნებებისა და კანონზომიერებების შემოტანისას პრობლემის გადაწყვეტის ძიება უფრო ხშირად ანალოგიით იწყება. ცნობილ გან-

ზოგადებულ ინფორმაციაში მოსწავლე ეძებს მსგავს ფაქტებს და კავშირებს, რომლებიც მიეკუთვნება მოცემულ სიტუაციას. ფიზიკაში ხშირად კეთდებოდა აღმოჩენები ანალოგიებზე დაყრდნობით. მაგალითად, ჰიუგენსის სინათლის ტალღური თეორია აღმოჩენილია დრეკად გარემოში მექანიკური ტალღების გავრცელების ანალოგიურად. ფარადეის მიერ შემოტანილი ელექტრომაგნიტური ველის ცნება, როგორც მატერიის ერთ-ერთი თვისების არსებობა, ეყრდნობა დრეკად დეფორმირებულ გარემოში იმპულსების გავრცელებას. ნიუტონმა ანალოგიის საფუძველზე შემოიტანა სინათლის კორპუსკულური თეორია. მისი სინათლის საწყისი ანალოგიაა აბსოლუტურად დრეკადი

ბირთვებისა, რაც შემდეგ სხვა მეცნიერთა მიერ ანალოგიის მეთოდის გამოყენებით გადაღის ფოტონთა უფრო აბსტრაქტულ წარმოდგენებზე.

რადგანაც ანალოგია ყოველთვის ახალ აღმოჩენათა მასტიმულირებელ ფაქტორს ემსახურებოდა, ამიტომ იგი კვლევის პროცესის შესწავლის ერთ-ერთ მეთოდად რჩება.

ძიების პროცესში ჰიპოთეზის ამოხსნისას საჭიროა მოსწავლეებს რაც შეიძლება ხშირად მივეუთითოთ ანალოგიების გამოყენებაზე. ამასთან, საჭიროა ხაზგასმით აღვნიშნოთ ის ფაქტი, რომ იმ შემთხვევაშიც, როდესაც ანალოგიის მეშვეობით მიღებული შედეგი უარყოფითია, მას მაინც დადებითი შემეცნებითი მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან ხელს უწყობს როგორც ფორმით, ისე შინაარსით სრულიად განსხვავებული მოვლენის (ცნების) დადგენას [13].

როდესაც ვიხილავთ პრობლემურ სიტუაციას გახურებისას გაზების გამტარობაზე, რომლითაც დასტურდება დამუხტული ელექტრომეტრის განმუხტვა ალის ღერძთან მისი მიახლოებისას, მოსწავლე გამოთქვამს ჰიპოთეზას გაზის ელექტროგამტარობის მექანიზმისა და ელექტროლიტური დისოციაციის ანალოგიაზე დაყრდნობით (ე.ი. გაზის მოლეკულის ორ იონად დაშლაზე). გახურებისას გაზის მოლეკულების დისოციაციის არასწორი ჰიპოთეზა არ მტკიცდება ენერგეტიკული თვალსაზრისით. სწორი ძიებისათვის მასწავლებელი მოსწავლის ყურადღებას ამახვილებს ნაწილაკზე, რომელიც ადვილად მოწყდება ატომს ან მოლეკულას. მოსწავლეებმა იციან, რომ ასეთ ნაწილაკს წარმოადგენს ელექტრონი. იგი შორსაა ატომის ბირთვიდან და ამიტომ შეიძლება ადვილად მოწყდეს განსაზღვრული ენერჯის მოდებისას. მოლეკულის დარჩენილი ნაწილი წარმოგვიდგება, როგორც დადებითი იონი. შეიძლება აგრეთვე მივეუთითოთ უარყოფითი იონების იმ მცირე რაოდენობაზე, რომლებიც წარმოიქმნება ნეიტრალური იონების ან მოლეკულების თავისთავად ელექტრონთან შეერთებისას.

ამრიგად, გაზების ელექტროგამტარობა ელექტროლიტების გამტარობისაგან იმით განსხვავდება, რომ გარდა იონური გამტარობისა, გაზებს ახასიათებს ელექტრონული გამტარობა. შეიქმნა ახალი პრობლემა: ექსპერიმენტულად დამტკიცდეს, რომ გახურების შედეგად წარმოიქმნება ელექტრონები და დადებითი იონები. ამ ამოცანის გადაწყვეტა შეიძლება ელექტროლიტებში დენის ანალოგიის

საფუძველზე, როდესაც დადებითი და უარყოფითი იონები მოძრაობენ ელექტრული ველის მეშვეობით.

მოსწავლეებს ურჩევნ ელექტრული ველი შექმნან იონიზებულ გაზში ორ ფირფიტას შორის მაღალვოლტიანი გამმართველის მეშვეობით. მოვთავსოთ სპირტქურა ელექტროდებს შორის. მოსწავლეები ხედავენ ალის გაორებას ელექტრული ველის შექმნასთან ერთად. სურათის ჩრდილის პროექციის განხილვიდან ჩანს, რომ ერთი შტოთაგანი სქელია და მიემართება კათოდისაკენ. ამის საფუძველზე მოსწავლეები ამტკიცებენ, რომ დადებითი იონები უფრო მასიურია, ვიდრე უარყოფითი, რადგანაც ანოდისაკენ მიემართება ელექტრონთა ღიდი რიცხვი, რომელთა მასა გაცილებით მცირეა დადებითი იონების მასაზე (ელექტრონის მასა დაახლოებით 1840-ჯერ ნაკლებია პროტონის მასაზე — წყალბადთან იონზე).

ახსნის პროცესში საჭიროა ხაზგასმით აღინიშნოს ანალოგიის მეშვეობით წარმოქმნილი არასწორი წარმოდგენა.

პრობლემურ სიტუაციათა განხილვა იწვევს აზროვნების მოქნილობას ე.ი. სტანდარტული ამოხსნის მეთოდის უგულებელყოფას. განსაკუთრებით ძნელია ავტომატიზებულ მოქმედებათა იგნორირება. მოვიყვანოთ ტიპური მაგალითი. ვთქვათ, რომ სკოლის უფროსი ჯგუფის მოსწავლეს მისცეს ამოსახსნელად ამოცანა: რა მინიმალური სიჩქარე უნდა ჰქონდეს მოტოციკლისტს, რომ შეეძლოს ვერტიკალურ ცილინდრულ ზედაპირზე გაჩერება.

პრობლემა იოლად წყდება, მაგრამ ამ დროს გამოიყენება არახელსაყრელი ავტომატიზებული მოქმედება ხახუნის ძალის გამოთვლისას. მოსწავლე მსჯელობს შემდეგნაირად: მოტოციკლისტზე მოქმედებს ქვემოთ მიმართული სიმძიმის ძალა. წონასწორობის შესანარჩუნებლად მასზე უნდა მოქმედებდეს საპირისპირო მიმართულების ძალა, რომელიც შეიძლება იყოს ხახუნის ძალა. ამრიგად, წონასწორობის პირობად ითვლება ტოლობა $mg = F_b$, სადაც

$F_b = \mu N$; შეიძლება დავწეროთ $mg = \mu N = \mu mg$, საიდანაც $\mu = 1$. ამ დროს დაშვებულია უხეში შეცდომა: მოსწავლემ ანალოგიის საფუძველზე დაუშვა, რომ ხახუნის ძალა უზრუნველყოფილია სიმძიმის ძალით გამოწვეული წნევის გამო, ე.ი. ეს კერძო შემთხვევა გადაიტანება სხვებზე — მათ რიცხვს მიეკუთვნება აგრეთვე ვერტიკალური კედლის ამოცანა. ამრიგად, ხახუნის ძალის ახსნი-

სას ყურადღება უნდა გამახვილდეს იმაზე, რომ იგი გამოწვეულია წნევის სხვადასხვა ძალებით და არა მარტო სიმძიმის ძალით.

განხილულ ამოცანაში ბრტყელ ვერტიკალურ კედელზე შეუძლებელია გაჩერება, რადგანაც არ შეიძლება კედელზე წნევის განხორციელება და არ არსებობს ხახუნის ძალა. მოტოციკლისტს მხოლოდ იმ შემთხვევაში შეუძლია კედელზე გაჩერება, თუ კედელი ცილინდრული ფორმისაა. მოტოციკლისტის მოძრაობისას კედელი

დეფორმირდება, ე.ი. $N = m \frac{V^2}{r}$, სადაც N კედლის რეაქციის ძალაა; V - მოტოციკლისტის სიჩქარე; r - ცილინდრის რადიუსი. ამასთან ერთად წარმოიქმნება ხახუნის ძალა: $F_b = \mu N$, რომელ-

იც აკავებს სწორედ მოტოციკლისტს: $mg = \mu m \frac{V^2}{r}$, სადაც m მოტოციკლისტის მასაა; r - მოხვევის რადიუსი. ამ პირობიდან ვპოულობთ მინიმალურ სიჩქარეს, რომელიც უნდა განავითაროს მოტო-

ციკლისტმა, რათა გაჩერდეს ვერტიკალურ კედელზე: $V = \sqrt{\frac{gR}{\mu}}$.

აზროვნების მოქნილობის განვითარება შესაძლებელია ისეთი პრობლემური სიტუაციების განხილვისას, როდესაც აუცილებელია მიღებული შედეგის ანალიზი. მაგალითად, შესაძლებელია თუ არა მოხვევა ნებისმიერი სიჩქარისას, ნებისმიერი რადიუსის შემთხვევაში? პრობლემური სიტუაცია წარმოიქმნება შემდეგი ფორმალური ანალ-

იტიკური ამოხსნისას: $mg \tan \varphi = m \frac{V^2}{r}$; $\tan \varphi = \frac{V^2}{gr}$, სადაც φ ვერტიკალ-

თან დახრის კუთხეა. გამოდის, რომ მოხვევა დასაშვებია ნებისმიერი სიჩქარისას ნებისმიერ რადიუსზე. ამისათვის კი საჭიროა

დახრა შემდეგი პირობის გათვალისწინებით: $\tan \varphi = \frac{V^2}{gr}$. მოსწავლეები

პრაქტიკულად რწმუნდებიან, რომ მოხვევა ყოველთვის არაა შესაძლებელი. პრობლემის გადაწყვეტისათვის უნდა გაირკვეს: არის თუ არა საყრდენის მიერ წარმოებული ძალა (მიწა, ყინული, და ა.შ.)

ვერტიკალის მიმართ დახრილი — რეაქციის ძალა ხომ ყოველთვის მიმართულია საყრდენი ფართობის ნორმალის გასწვრივ. დასკვნა ერთია: გარდა საყრდენის რეაქციისა, აუცილებელია აღიძრას აგრეთვე ტანგენციური ძალა ე.ი. ხახუნის ძალა. მაშასადამე, ხახუნის ძალის შედეგად წარმოიქმნება ცენტრისკენული ძალა.

ამრიგად, $tg\varphi = \frac{V^2}{gr}$ პირობას უნდა დაეუმატოთ კიდევ ერთი:

იმისათვის, რომ ადამიანი არ მოცურდეს ($F_b < \mu N$), საჭიროა ხახუნის ძალა უძრავობის ხახუნის ძალის ტოლი იყოს, ამას კი

მივყავართ შემდეგი პირობისაკენ: $F_b = m \frac{V^2}{r} < \mu mg$; თუ გავითვალ-

ისწინებთ, რომ $\frac{V^2}{gr} = tg\varphi$, მივიღებთ $tg\varphi < \mu$.

ამრიგად, მოხვევა დამოკიდებულია ნიადაგისა და სხეულს შორის ხახუნის კოეფიციენტზე და შესაძლებელია მხოლოდ ისეთი დახრის კუთხისათვის, როდესაც $tg\varphi < \mu$.

მოსწავლეთა ტიპურ შეცდომად ითვლება ის გარემოება, რომ ხახუნის პროცესში ხახუნის ძალასა და წნევის ძალას შორის დამოკიდებულება გადააქვთ უძრავობის ხახუნის ძალაზე.

ხახუნის ძალების შესწავლისას უფროსი კლასელები ხშირად უშვებენ შეცდომებს, როდესაც პასუხს სცემენ კითხვას: რას უდრის იმ სხეულზე მოქმედი ხახუნის ძალა, რომელიც უძრავად დევს დახრილ სიბრტყეზე? მათი პასუხია: $F_b = \mu mg \cos\alpha$ (სადაც α დახრის კუთხეა). მოსწავლეებმა უნდა მიუთითონ ის ძალები, რომლებიც მოქმედებს სხეულზე. წონასწორობის პირობის ალგორითმის თანახმად, აუცილებელია ძალთა პროექციების ჯამი ნებისმიერი მიმართულებით ტოლი იყოს ნულის, ე.ი. $F_b = mg \sin\alpha$, საიდანაც ჩანს, რომ უძრავობის მდგომარეობაში ხახუნის ძალა არაა დამოკიდებული ხახუნის კოეფიციენტზე. ანალიზის მიხედვით უძრავობის მდგომარეობაში იგი დამოკიდებულია იმ ძალებზე, რომლებიც მოქმედებს სხეულზე შეხების ზედაპირთან გავლებული მხების მიმართულებით.

ამოცანის ამოხსნისას ანალოგიის გამოყენებას მოვყავართ სასარგებლო პრობლემურ სიტუაციაში, რის გამოც მოსწავლე იძულებულია პირობის უფრო ღრმა ანალიზის საფუძველზე ძიების წრე გააფართოოს გადამწყვეტი ფაქტორის გამოსავლენად. ასე, მაგალითად, დაბალი კლასელებისათვის შემეცნებით ამოცანად დასახვლდება შემდეგი: მოძებნეთ აგურის კედლის მაქსიმალური სიმაღლე (ისე, რომ იგი არ დაინგრეს თავისი საკუთარი სიმძიმით), თუ ცნობილია მისი სიმკვრივე და დაშლის წნევის სიდიდე. პირველ ანალიზს მიყვავართ შემდეგ დასკვნამდე: ამოცანის ამოხსნისათვის საჭიროა განისაზღვროს კედლის წნევის სიდიდე საყრდენზე (არ უნდა გადააჭარბოს გარკვეულ წნევას). მაგრამ წნევის განსაზღვრისათვის საჭიროა ვიცოდეთ დაწოლის ძალა და საყრდენის ფართობი; ამოცანის პირობაში ასეთი მონაცემები არ არის. ამიტომ ცოდნის პირდაპირი გადატანა არ წყვეტს პრობლემურ სიტუაციას, საჭიროა პირობის შეცვლა. ამ შემთხვევაში უნდა შევახსენოთ, რომ წნევის ძალა არის აგურის წონა, რასაც მიყვავართ შემდეგ

გარდაქმნამდე:
$$P = \frac{p}{S} = \frac{Sh\rho 9,8}{S} = 9,8\rho h$$
 (h კედლის სიმაღლეა; S

— საყრდენის ფართობი; ρ — აგურის სიმკვრივე). მიღებული შედეგი გვიჩვენებს, რომ წნევა დამოკიდებულია სიმაღლესა და სიმკვრივეზე, ე.ი. ამოცანა ამოიხსნება. აუცილებელი პირობაა:

$p < P_{ღაშ}$, სადაც $P_{ღაშ}$ დამანგრეველი წნევა $9,8\rho h < P_{ღაშ}$ ან

$$h < \frac{P_{ღაშ}}{9,8\rho}$$



ფიზიკის პრობლემური სწავლების ფსიქოლოგიური საფუძვლები

პრობლემური სწავლება მჭიდროდაა დაკავშირებული პროდექტიულ შემოქმედებით აზროვნებასთან. სხვადასხვა ფსიქოლოგიური

სკოლის მიერ აზროვნების პროცესში გარკვევა გვარწმუნებს, რომ არ არსებობს ერთიანი უნივერსალური პრაქტიკული მიდგომა პრობლემური სწავლების როგორც პრაქტიკული, ისე თეორიული დასაბუთებისათვის.

დავიწყოთ ასოციაციური ფსიქოლოგიით, რომელიც აზროვნებისა და მახსოვრობის საფუძვლად იღებს ასოციაციას (ანალოგიას) [13]. ამტიკებენ, რომ მარტივი ასოციაციები (სივრცითი, დროითი, აზრობრივი) არ შეიძლება საფუძვლად ედოს პროდუქტიულ შემოქმედებით აზროვნებას. ასეთი მტიკება არ არის სავსებით სწორი. მთელი რიგი სამეცნიერო აღმოჩენებისაა ცნობილი ანალოგიათა საფუძველზე, რაც სხვა არაფერია, თუ არა აზრობრივი ასოციაციები. როგორც ისტორიიდანაა ცნობილი, ფიზიკურ მოვლენათა უმრავლესობის ნატურფილოსოფიური ინტერპრეტაცია ზორციელდებოდა ანალოგიათა საფუძველზე, მაგალითად, სითხესთან სითბურ და ელექტრულ მოვლენათა ასოცირება. მართალია, ეს ანალოგიები არ იყო სავსებით წარმატებული, მიუხედავად ამისა, მათ მიერ დადგენილი კანონზომიერებანი დღევანდლამდე ძალაშია. მაიკლ ფარადეის შემოქმედს „ველის“ ცნება დეფორმირებული გარემოს მექანიკურ თვისებათა საფუძველზე; ულენბეკსა და ჰაუდსმიტს (1925 წ.) შემოაქვთ ელექტრონის სპინის ცნება, მექანიკურ თითისტართან ანალოგიის საფუძველზე. ასეთი მაგალითი უამრავია, ამიტომ უნდა ვიფიქროთ, რომ ანალოგია ძალზე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს და შეასრულებს კიდევ სამეცნიერო პრობლემათა გადაწყვეტაში. ცხადია უდიდესი როლი პრობლემური სწავლებისას შემოქმედებითი აზროვნების განვითარებისათვის. აღნიშნული სახის ანალოგიათა დამახასიათებელ მაგალითად შეიძლება დასახელდეს მუხტისა და ენერჯის დისკრეტულობა. ფიზიკის კურსში ელექტრონის ცნების შემოტანისას მოსწავლეთა სტიქიური წარმოდგენები ანალოგიურია XVI-XVII საუკუნეების ნატურფილოსოფოსთა წარმოდგენებისა ელექტრულ მუხტზე, როგორც ისეთ სუბსტანციაზე, რომელიც მოთავსებულია დამუხტულ სხეულში. იმისათვის, რომ ჩამოვყალიბოთ სწორი წარმოდგენა ელექტრულ მუხტზე, როგორც ნაწილაკთა თვისების მატარებელზე, საჭიროა გადავწყვიტოთ მუხტის დაყოფის პრობლემა. ცდა ადასტურებს მუხტის დაყოფას დამუხტული სფეროდან დაუმუხტავზე გადასვლისას. აქვე სპონტანურად წარმოიშობა საკითხი დაყოფის პროცესის სასრულობასა და უსასრულობაზე. ჰიპოთეზა

დაყოფის სასრულობაზე გამოითქმება VII კლასის ფიზიკის კურსში ნივთიერების დაყოფის ანალოგიის საფუძველზე (რომელიც მათთვის ცნობილია VI კლასიდან). კეთდება დაშვება, რომ დაყოფა მთავრდება მუხტის იმ მინიმალური მნიშვნელობისათვის, რომლითაც ატომ-რვილია ელექტრონი. აქვე შეიქმნება პრობლემა ამ ჰიპოთეზის დამტკიცებისათვის, რაც გადაწყდება მასწავლებლის მიერ მილიკენისა და იოფეს ცდის დემონსტრირებით.

ენერგიის დისკრეტულობის საკითხები წარმოიშვა ატომებისა და მოლეკულების მიერ სინათლის გამოსხივებისა და შთანთქმის შესწავლისას. მაგალითად, სინათლის ენერგიის დისკრეტულობისა და ფოტონის ცნება შემოქმედ იმ პრობლემური სიტუაციის გადაწყვეტით, რომელიც დაკავშირებულია ფოტოეფექტთან. მოსწავლეები აკვირდებიან პრობლემურ ცდას — თუთიის ფირფიტის განმუხტვას მასზე ელექტრული რკალის სხივების მოქმედებით, რომელიც შეწყდება მინის ფირფიტის შეტანისას გამოსხივების გზაზე. ანალიზს მიჰყვება იმ ჰიპოთეზის გამოთქმამდე, რომ ენერგია მეყსეულად შთანთქმება ულუფებით, რომლებიც უზრუნველყოფს სწორედ ელექტრონის გამოსვლის მუშაობას. ჰიპოთეზა გამოითქმება ნივთიერებისა და მუხტის დისკრეტულობათა ანალოგიის საფუძველზე, რაც მტკიცდება ფრანისა და ჰერცის ცდის დემონსტრირებით [32].

როგორც გამოკვლევებიდან ჩანს, ანალოგიათა როლი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ძიების საწყისი ეტაპისათვის.

განვიხილოთ მეორე ფსიქოლოგიური სკოლა — გემტალფსიქოლოგებისა, რომლებიც ფსიქოლოგიის ატომისტურ პრინციპს უპირისპირებენ სტრუქტურის პრინციპს. ეს უკანასკნელი იმაში მდგომარეობს, რომ აზროვნება, ისევე როგორც აღქმა, საგანს შემეცნებაში აირეკლავს მთლიანად (ცალკეული ელემენტები შედის მთელს შემადგენლობაში). მართალია, სწორედ ამ სკოლამ შემოიტანა პროდუქტიული აზროვნების ცნება, მაგრამ, სამწუხაროდ, ვერ მიუთითებს პროცესის კანონზომიერებაზე, რადგან აზროვნებაზე „გადააქვს“ აღქმის თავისებურებანი. ინტუიციური აზროვნების სპონტანურობა, რომელიც ხშირად გამოიყენება პრობლემური სწავლებისას ინტუიციის საერთო მიმოხილვის საფუძველზე, არ შეიძლება ჩაითვალოს ახალი სტრუქტურის გაჩენის დამამტკიცებლად.

ცოდნათა ახალი სტრუქტურების წარმოშობა შესაძლებელია მხოლოდ ანალიტიკურ-სინთეზური პროცესის შედეგად. მხოლოდ

დასაწყის სტადიაში ხედავს მოსწავლე მთლიანად პრობლემურ სიტუაციას, შემდეგ ცნობილი მოვლენის მეშვეობით ახორციელებს მის ანალიზს უცნობის აღმოსაჩენად. ექვსი წლის გაუსმა ასამდე მთელი რიცხვების შეკრება ახალი ხერხით მოახდინა არითმეტიკული პროგრესიის ჯამის საფუძველზე (მაგალითი, რომელიც მოყვანილი აქვს გეშტალფსიქოლოგ ვერტჰაინერს სტრუქტურის სპონტანურად აღმოჩენის დამამტკიცებელ ფაქტად). ამ მეთოდის განხორციელება შეიძლებოდა რიცხვთა შედარების მხოლოდ ანალიტიკურ-სინთეზური ოპერაციით, კერძოდ, აუცილებელი იყო ბოლოებიდან ერთნაირად დაშორებული ორი ციფრის ჯამის იგივეობის აღნიშვნა: $1+100=2+99=$

$3+98...=101$. ისინი შეადგენენ ასეთ 50 წყვილ რიცხვთა ერთობლიობას ე.ი. ჯამი იქნება $101 \cdot 50 = 5050$.

ინტუიცია წარმოუდგენელია ტვინის ანალიტიკური უნარის გარეშე. მაგრამ მაინც დაუშვებლად მიგვაჩნია ამ დებულების უნივერსალობა. მართლაც, ხშირად პრობლემა გადაწყდება სინთეზის საფუძველზე განზოგადებით ე.ი. კავშირის დამყარებით სტრუქტურის ელემენტთა შორის, მაგალითად, ამოცანა დაფუძნებული უცხოური ტექსტის არსის დადგენაზე, როდესაც არ ვიცით ცალკეულ სიტყვათა მნიშვნელობები. განზოგადებით შეიძლება მოვახდინოთ აბსტრაქტირება კონკრეტული დეტალებიდან და დავადგინოთ არსებული ნიშანი, რომელიც მთავარია ამა თუ იმ სიტუაციაში. ფიზიკაში ეს მდგომარეობა ძალიან ხშირად გვხვდება, რადგან მხოლოდ აბსტრაქტირების გზით და მოდელურ ანალოგიებზე დაყრდნობით აირეკლება ის კანონზომიერებები, რომელთა მეშვეობით დგინდება ობიექტური სამყაროს მნიშვნელოვანი თვისებები. ის ავტომატური დანადგარები, რომლითაც იმპირირებულია ადამიანის მიერ ამოცანათა ამოხსნის პროცესები, არ შეიძლება ჩაითვალოს ადამიანის აზროვნების მოდელად. მართლაც, მანქანები, რომლებსაც პრეტენზია აქვს ადამიანის შემოქმედებითი აზროვნების აღწარმოებაზე, გამოიყენება ვერისტიკული პროგრამირებით. ამოცანების ამოხსნის პოვნა ეტაპური მიახლოების საფუძველზე ხორციელდება საწყისი სიტუაციის ან მიზნამდე ინფორმაციის გარდაქმნის ოპერატორთა გამოყენებით. ასეთი მცდელობები შესაძლებელია, თუ ცნობილია საწყისი და საბოლოო მდგომარეობები და, აგრეთვე, ამოხსნის ძიების „ლაბირინთი“.

ტრადიციული სწავლებისას ხშირად გამოიყენება ევრისტიკული საუბარი, რომლის მეშვეობით მასწავლებელს ამოცანის ამოხსნის ძიება ოპტიმალური გზით მიჰყავს, როდესაც ცნობილია ამოხსნათა სხვა სხვა ვარიანტები. ხშირ შემთხვევაში შემოქმედებით ამოცანებში ცნობილია არა საბოლოო მიზანი, არამედ მხოლოდ საწყისი პრობლემური სიტუაცია. ნეიროქსელებზე შექმნილი მანქანები, რომლებიც გამოიყენება ამოცანათა ამოსახსნელად, ასახავს აზროვნების ლოგიკურ, მხოლოდ ფორმალურ მხარეს, სემანტიკური მხარე კი ჩამოცილებულია. შეიძლება მოდელირება აზრობრივი ოპერაციებისა, რომლებიც ფორმალიზაციას ექვემდებარება მათემატიკური ლოგიკის კანონებზე დაყრდნობით.

აღამიანი ხშირად ხსნის ამოცანებს ინტუიციურად და არ ძალუძს მიუთითოს ამოხსნის ალგორითმი. შემოქმედებით პროცესში ინტიუიციური აზროვნება უდიდეს როლს ასრულებს მაშინ, როდესაც ნაპოვნი ჰიპოთეზის დამტკიცება ხორციელდება ანალიტიკურად. აზროვნებით. კიბერნეტიკული ამოცანები შეიძლება შეზღუდვით გამოვიყენოთ მოსწავლეთა აზროვნების შესწავლისათვის. კიბერნეტიკის ნეირონული ქსელები არ შეესაბამება თავის ტვინის რეალურ ნეირონებს, ისინი რთული და მრავალმნიშვნელოვანი არიან.

ინფორმაციის სემანტიკური ნაწილი ჩამოშორდება ფორმალური ლოგიკით, რომლის საფუძველზეც აგებენ ავტომატურ აპარატებს. ამრიგად, ზოგად კიბერნეტიკას ჯერჯერობით არ ძალუძს მოგვცეს სასწავლო პროცესის მართვის კანონზონიერებანი, რადგან იგი ოპერირებს ფორმალური და არა შინაარსობრივი ლოგიკის ელემენტებით. სწავლების პროცესში ვითარდება აზროვნება, რომელიც დაიყვანება არა მარტო ინფორმაციის რაოდენობრივი კავშირებით დაფუძნებულ ფორმალურ ლოგიკაზე, არამედ ინფორმაციის ხარისხობრივ მხარეზეც; ზოგადი კიბერნეტიკის ამ უარყოფითი მხარიდან გამომდინარე, ამოხსნის ძიებათა პროცესს არამართვადად თვლის. გონებრივ მოქმედებათა ეტაპობრივი მოქმედების თეორია, რომელიც საფუძველად უდევს მეცნიერულ ცნებებს, პრობლემური სწავლებისას შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნაწილობრივ, კერძოდ, ღია ამოხსნათა ძიების ეტაპზე, როდესაც მასწავლებელი აძლევს ჰიპოთეზის ფორმირებისათვის საჭირო ინფორმაციას. ეს ძიება მართვადია.

ამრიგად, განსაზღვრული მომზადების შემთხვევაში მოსწავლეებს შეუძლიათ ამოცანების ამოხსნა ისწავლონ ინტუიციით. ამ მიმა-

რთებით ძიების პროცესი მართვადია მასწავლებლის მხრიდან, მხოლოდ, სწავლის პროცესი ამ შემთხვევაში უნდა იყოს ჩაკეტილი. უკუკავშირის მეშვეობით შეიძლება კორექტირების შეტანა. რაც სწავლების მართვის პროცესში სწავლა-სწავლებას აახლოებს ევრისტიკულ პროგრამირებასთან. ხაზგასმით უნდა აღვნიშნოთ, რომ მასწავლებლის მოქმედება დახურული ძიების ეტაპზე განისაზღვრება პრობლემური სიტუაციის შექმნის ზერხით. მაგალითად, მეშვიდე კლასელებს დაევსვამთ შემდეგ კითხვას: რატომაა, რომ შეხებისას რკინის სხეული უფრო ცივი გვეჩვენება, ვიდრე ხის საგანი? პრობლემურობა დაკავშირებულია იმასთან, რომ ორივე სხეულის ტემპერატურა ერთნაირია. სწორედ, შეკითხვის ფორმულირება მიუთითებს მოსწავლეს რაციონალური ძიებისაკენ: ენერჯის გადასვლა ხელიდან სხეულზე და მისი გათბობა დამოკიდებულია სხეულთა კუთრ სითბოტევადობაზე. სწორედ აქედან წარმოიშვა შემდეგი ჰიპოთეზა: რკინის კუთრი სითბოტევადობა მეტია, ვიდრე ხისა. ამის შედეგად ხელიდან რკინაზე გადასული სითბოს რაოდენობა მეტია, ვიდრე ხელიდან ხეზე. რკინა უფრო ხურდება, ვიდრე ხე. ამიტომაც გვეჩვენება, რომ იგი ცივია. ხშირად მოსწავლეები ცდებიან, როდესაც აღნიშნული ამოცანისათვის მნიშვნელოვან ნიშანთვისებად თვლიან არა სითბოტევადობას, არამედ სითბოგამტარობას.

აღნიშნულთან დაკავშირებით შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნა: პრობლემის გადაწყვეტის ფსიქოლოგიური საფუძვლები განისაზღვრება მისი შინაარსისა და ამოხსნის ეტაპებით, სადაც გამოიყენება პროდუქტიული აზროვნება, ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭება ანალიტიკურ-სინთეზურ ოპერაციებს. საძიებელი უცნობი რგოლი პრობლემური სიტუაციის ჯაჭვში ანალოგიის საფუძველზე დადგინდება. ჰიპოთეზის წარმოჩენაში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს სიტუაციის მოდელირებას, რაც ხორციელდება აბსტრაქირებასა და განზოგადებაზე დაყრდნობით. მაგრამ მოდელის შემქნაში უდიდეს როლს ასრულებს ანალოგია, კერძოდ, მიკრო- და მაკროპროცესების ანალოგია. „ლაბირინთული“ ხასიათის პრობლემების გადაწყვეტისას (ცოდნათა განმტკიცებისას) გამოიყენება ევრისტიკული პროგრამირების მეთოდები. ასეთ სიტუაციაში, საძიებელთან მიახლოების მიზნით, ცნობილი საწყისი ინფორმაცია გარდაიქმნება. საძიებელ ინფორმაციას შეუსაბამებენ საწყისს. მანქანისაგან განსხვავებით, ადამიანი

ჩვეულებრივ კი არ გადათელის ყველა შესაძლო შემთხვევას, არამედ ირჩევს უმოკლეს გზას. ამით სწავლობს გაანალიზებას ევრისტიკულ მეთოდებზე დაყრდნობით. პრობლემათა გადაწყვეტისას ვითარდება ინტუიციური აზროვნება [17].

ანალოგიური მანქანები



უმარტივეს ანალოგიურ მანქანას წარმოადგენს ლოგარითმული სახაზავი. მისი მეშვეობით ჩატარებული გამოთვლები მიახლოებითია. ეს თვისება საერთოა ყველა ანალოგიური მოწყობილობისათვის. მიახლოებაები მრავალნაირი ფორმით ხორციელდება და სხვადასხვა სიზუსტისაა. სწორედ ამიტომ უწოდებენ ანალოგიურ მანქანათა სამყაროს „მცურავი ნულის ქვეყანას“. ამის შესაბამისად, ტოლობის ცნება ბუნდოვანი ხდება. საუბარია მიახლოებით მნიშვნელობებზე, რასაც, საბედნიეროდ, დიდი ზიანი არ მოაქვს.

ჩაწერის ციფრულ ხერხს უპირატესობა აქვს ანალოგიურ მოწყობილობებთან შედარებით. სამაგიეროდ, უკანასკნელის მეშვეობით შესაძლებელია თვალი ვადევნოთ დროში სიდიდეთა ცვლილებას თუ ერთი წამით შეხედავთ სამ ხელსაწყოს: არითმომეტრს, ვოლტმეტრს და ოსცილოგრაფს, ადვილად ჩავეწვდებით ზემოთ თქმულის არსში. როგორც ციფრული მოწყობილობები სარგებლობენ არითმეტრიკის „სულით“, ისევე ანალოგიური მანქანები გეომეტრიის ეკვივალენტებად განიხილება. აქ ძალზე სასარგებლოა მსჯელობის გეომეტრიული ხერხი, რასაც ძველი ტრადიციები აქვს. მას ჯერ კიდევ ფარაონები იყენებდნენ.

ეკვიპტელები რიცხვებს, მათ ჯამსა და სხვაობას მონაკვეთების მეშვეობით წარმოიდგენდნენ; სწორკუთხედის ფართობს – ორი რიცხვით, ხოლო პარალელებიპედის მოცულობას სამი რიცხვის ნამრავლით გამოსახავდნენ. ამრიგად, რიცხვთა შეკრების იმიტირება შეიძლება, როგორც მონაკვეთების შეკრება; ნამრავლის მიმატება – როგორც მართკუთხედისა და პარალელებიპედის შეკრება. მხედველობაშია მისაღები ის გარემოება, რომ აზროვნების გეომეტრიული მეთოდი არაფერს იძლევა იმ შემთხვევაში, როდესაც ნამრავლ

შეიცავს სამზე მეტ თანამამრავლს. მართლაცდა, ძნელი წარმოსადგენია ოთხგანზომილებიანი დაფა!

რიცხვი სუფთა აბსტრაქტული ცნებაა, რომელიც შეიძლება მოცემული იყოს მხოლოდ გარკვეული ფიზიკური სიდიდის მეშვეობით. ამიტომაც, თავიდანვე ვეყრდნობით ცნებისა და რეალური საგნის ანალოგიურობას. თეორიული მსჯელობისას ასეთი ანალოგიები დიდ როლს არ ასრულებენ, მაგრამ იგი თავს იჩენს მათემატიკური მოწყობილობების გამოყენებისას. რიცხვებით, აზრობრივი ოპერაციების შესრულებისას არ გვაინტერესებს მათი წარმოდგენის ცხადი ხერხი, მაგრამ შედეგების რეგისტრაციისათვის უნდა შეირჩეს ჩაწერის რომელიმე ხერხი. ამასთან, არაა აუცილებელი ვისარგებლოთ ქაღალდით. შეიძლება გავაკეთოთ გარკვეული ჭდეები ჯოხზე ან გადავდოთ შეტონთა გარკვეული რაოდენობა, ზედმეტი ნაწილი კი მოვახერხოთ მოცემული სიგრძის ჯოხს.

რიცხვთა წარმოდგენის ყველა ხერხი შეიძლება გავყოთ ორ ჯგუფად: ციფრულად და ანალოგურად. ციფრულ ხერხს ესაძეგება ჭდეები ან შეტონთა გროვა, ანალოგურს კი – სხვადასხვა სიგრძის ჯოხები. ქაღალდზე ჩაწერისას ჭდეების როლს ციფრები ასრულებს, ხოლო სხვადასხვა სიგრძის ჯოხების როლს – განსხვავებული სიგრძის მონაკვეთები ანუ ვექტორები. სანამ საქმე გვაქვს მთელ რიცხვთან, ორივე ხერხი (ციფრულიც და ანალოგიურიც) მოსახერხებლად გვეჩვენება. წილადის შემთხვევაში ციფრული მეთოდი წინააღმდეგობას აწყდება. ერთი მეტრის სიგრძის ჯოხი ადვილად გაიყოფა სამ ტოლ ნაწილად, მივიღებთ მის ერთ მესამედს (ანალოგიური ხერხი). მაგრამ თუ ერთი შეტონი ესადაგება ერთ რიცხვს (ციფრული მეთოდი), მაშინ მისი ერთი მესამედი შეიძლება მივიღოთ მხოლოდ დახურდავების გზით. შეტონთა დაჭრა გამორიცხულია.

ბანკნოტებითა და ჩეკებით ისეთი თანხა შეიძლება ავიღოთ, რომელიც გამოისახება ხურდა ფულის მთელი რიცხვით. თუ ამ მიზნით ვისარგებლებთ ოქროს ფირფიტის რულონით, შესაძლოა გადავიხადოთ ხურდა ფულის ძალზე მცირე ნაწილიც; ამისათვის ლენტს უნდა მოვაჭრათ ოქროს პატარა ნაჭერი... ამ ხერხს იმიტომ ეწოდება ანალოგიური, რომ ვეაძლევეს რიცხვთა წარმოდგენას მათი შესაბამისი ფიზიკური სიდიდეების მეშვეობით. ანალოგურ ხერხს უწყვეტსაც უწოდებენ, რადგან რიცხვთა უწყვეტ ცვლილებას ერთი

მნიშვნელობიდან მეორეზე შეესაბამება ლენტის ნაჭრების ისეთივე უწყვეტი ცვლილება.

ციფრული ჩაწერა ამ თვისებებით არ არის აღჭურვილი. როდესაც რიცხვებს ჯოხზე მიმდევრობით 1, 2, 3. . . ჭდეებით აღნიშნავენ, ცხადია, მათი რაოდენობა ნახტომისებრ იზრდება. ამიტომაცაა, რომ მეცნიერულად ასეთ ხერხს დისკრეტულს უწოდებენ, რაც ლათინურად განცალკევებულს ნიშნავს.

ანალოგურ მეთოდს შეიძლება ვუწოდოთ არადისკრეტული. აი, სწორედ აქ შეიძლება, ფიზიკამ გაგვიწიოს გარკვეული დახმარება. სიგრძის გარდა, კიდევ ბევრი ფიზიკური სიდიდეა არადისკრეტული: მოცულობა, წნევა, ძალა... (გარდა იმ სიდიდეებისა, რომლებიც განიხილება კვანტურ მექანიკაში) ყოველი მათგანი უწყვეტად იცვლება, ამიტომ ნებისმიერის გამოყენება შეიძლება ანალოგური ჩაწერისას. ეს განსაკუთრებით სასარგებლოა გამოთვლების მექანიზებისათვის.

შვეთანხმდეთ, რომ რიცხვებით წარმოვადგენთ ელექტრულ დენს ან ძაბვას. ამ შემთხვევაში რიცხვის შეკრებას შეესაბამება დენების შეკრება. ეს კი გამოსახულია კირხჰოფის კანონებით. ასევე შეიძლება მაგნიტური ველის დაძაბულობის განსაზღვრა ბიო-სავარლაპლასის კანონით, აუზში წყლის დონის ცვლილება ბერნულის კანონით და ა. შ. ამიტომ, თუ გამოვიყენებთ შესაბამის ფიზიკურ სიდიდეებს, შეიძლება არა მარტო ოთხი არითმეტიკული მოქმედების ჩატარება, არამედ რთული მათემატიკური განტოლებების ამოხსნაც.

თუ გავაკეთებთ რიცხვთა იმიტაციას საწონების მეშვეობით, მაშინ უნდა აიკრიფოს ბლოკთა სისტემა ზონრებითა და მაზე ჩამოკიდებული ტვირთებით. მათი მეშვეობით ძალზე სწრაფად ამოიხსნება ათი განტოლება ათი უცნობით. საწონთა იმ მდგომარეობას, რომლის დროსაც მყარდება სისტემის წონასწორობა, შეესაბამება განტოლებათა საძიებელი ამოხსნა. ანალოგიურად შეიძლება გამოვიყენოთ ჰიდრავლიკური სისტემები დიფერენციალურ განტოლებათა ამოსახსნელად. უნდა გვახსოვდეს, რომ ასეთი სახის ანალოგიებით არ ღირს გატაცება, რადგან ჰიდრავლიკური და ელექტროდინამიკური ამოცანების მხოლოდ ნაწილს აქვს მათში მიმდინარე პროცესების მსგავსი მათემატიკური ფორმები.

გამოთვლებისას საქმე გვაქვს არა მარტო რიცხვებთან, არამედ გარკვეული დამოკიდებულების ფუნქციებთანაც. მათი განსაზღვრა შეიძლება ფორმულებისა და ცხრილების მეშვეობითაც, მაგრამ ყველაზე ცხადად წარმოდგენის საშუალებას გრაფიკები გვაძლევს. პოლონელი პოეტი იულიან ტუვიმი აგროვებდა ლიტერატურულ, გრაფომანიულ და მათემატიკურ კურიოზებს, რათა ამოეხსნა თავისი ქალიშვილის თვის მოცემული მათემატიკური ამოცანები აუზებსა და მილებზე. ყველაფერი უნდა გადაწყვეტილიყო განტოლებათა გარეშე. რა იცოდა „დიდმა ლირიკოსმა“, რომ ამ ამოცანათა უმრავლესობა ძალზე ადვილად იხსნებოდა ე. წ. ჰარმონიული საშუალოს მეშვეობით (ორი რიცხვის ჰარმონიული საშუალო ეწოდება მათი შებრუნებული მნიშვნელობის ჯამს). x და y რიცხვებისათვის

იგი ტოლი იქნება: $\frac{1}{z} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$. პარადოქსულია, მაგრამ ფაქტია,

რომ პარალელურად შეერთებული გამტარების ჯამური წინაღობა, ორი მუშის ცალკეულ და ერთობლივი წარმოების ნამუშევართა ჯამი, სხივური ნომოგრამების თვისება და ოპტიკურ სისტემაში საგანსა და მის გამოსახულების მდებარეობათა შორის დამოკიდებულება ერთი და იგივე ჰარმონიული ჯამის ფორმულით გამოისახება.

ანალოგურ მოწყობილობათა მოქმედება ყველაზე ადვილად იხსნება გრაფიკების ენაზე და არა ფორმულებით. შეიძლება ითქვას, რომ „ანალოგური მანქანები ითვლიან გრაფიკთა მეშვეობით“. სკალებისაგან განსხვავებით, გრაფიკებს აქვს ერთი უპირატესობა — თვალსაჩინოება! „მთველელი ნახაზის“ უმარტივესი ანალოგური მოწყობილობაა ნომოგრამა. გაებედავთ და ვიტყვით, რომ ნებისმიერი ფუნქციის გრაფიკი წარმოადგენს ნომოგრამას. პრაქტიკაში ნომოგრამებს უწოდებენ გრაფიკებს, რომლებიც გარკვეული სიზუსტითაა აგებული და რომლითაც შესაძლებელია განვსაზღვროთ საძიებელი სიდიდე არანაკლებ ორი ნიშნადი ციფრის სიზუსტით. მათი ავტორია ფრანგი ლეონ ლალანი. პარალელურ ღერძებზე არაორდინარულ სკალათა დატანით, სწორედ მან განახორციელა გრაფიკთა რატიფიკაცია. საკითხი მრუდთა გასწორებას ეხება. შემოიტანა რა ლოგარითმული მასშტაბი, ქალაღზე მისი დატანით შეძლო პარაბ-

ოლის, ჰიპერბოლისა და სხვა ხარისხიანი ფუნქციების განწრფივება.

ნომოგრამების „მამად“ ითვლება ფრანგი მორის დ. ოკანი. სწორედ მან უწოდა მათ „მთვლელი ნახაზები“; რომელსაც მათ იყენებენ ყველა პროფესიაში, დაწყებული მექანიკით, დამთავრებული კულინარიით... ნომოგრამათა თეორიის განვითარებამ წრფე სხვა მაღალი ხარისხის მრუდებით შეცვალა, შესაბამისად, სახაზავი – სპეციალური ლეკალოთი. შეიქმნა ნომოგრამთა ტრანსპლანტაციური თეორია (გამჭვირვალე კალკზე დატანილი მრუდები უთავსდება ერთმანეთს). ასეთი სახის ნომოგრამებით შეიძლება ამოიხსნას ოცუცნობიანი განტოლებები. სხვა ხერხებით ასეთ განტოლებათა ამოსახსნელად ათეული საათებია საჭირო, აქ კი ტრანსპარანტთა უბრალო შეთავსებით ხდება ამოხსნა. ამ მეთოდის ნაკლი ისაა, რომ არ გააჩნია უნივერსალობა; ყოველი გამოთვლა ნომოგრამის ახალ ტიპს მოითხოვს.

ნომოგრამის ანალოგია საანგარიშო შიმშია. მას ხშირად იყენებენ რიცხვთა გამრავლების, გაყოფისა და ხარისხში აყვანისათვის. აქ რიცხვთა გამრავლებიდან მათი ლოგარითმების შეკრებაზე გადასვლით გამოიყენება ანალოგურობა. ასე რომ, საანგარიშო შიმშის მოქმედება დაფუძნებულია მონაკვეთთა გეომეტრიული შეკრების მექანიკურ ანალოგიაზე. ედმუნდ გუნტერის გამოგონებამ ლოგარითმულ სკალას უფრო რთული საშუალებები მისცა. ფაქტიურად იგი მაშინ იქნა გამოგონებული, როდესაც გუნტერის მიერ სახაზავზე დაწებებული ორი სკალა ერთმანეთის მიმართ გადაადგილდა. მოგვიანებით გამოიგონეს წრიული სკალების შემობრუნება ერთმანეთის მიმართ. ანალოგურ მოწყობილობებს განეკუთნება: ფარგალი, სახაზავი, პარალელურ წრფეთა გასავლები ხელსაწყოები, მასშტაბთა შეცვლით ნახატთა კოპირებისათვის საჭირო მოწყობილობები, პანტოგრაფები და მრავალი სხვა მოწყობილობა.

მრუდოგრაფთა ოჯახი შეიცავს ათასი სახის თვითჩამწერებსაც; ყველაზე საინტერესოა ის ხელსაწყო, რომელიც გამოიყენება რთული მათემატიკური წირების გამოსახაზად, ე. წ. უმაღლესი ხარისხის ცირკულები. ისეთი მრუდებისათვის, როგორცაა: პარაბოლა, ლემინისკატა, ციკლოიდა და სხვ., დამზადებული იყო სპეციალური ინვენსორები, რომელთა შორის თავისი ორიგინალობით გამოირჩევა ფრანგი პოსელიეს გამოგონება. მრუდოგრაფების გამომგონებელი

პოლონელებსაც ჰყავდათ, — ბრუნო აბაკოვიჩი. მას ეკუთვნის ინტეგრაციის (ინტეგრალური მრუდების) გამოსახვაზე ხელსაწყო გამოგონება.

ცნობილია, რომ ინტეგრირება დაკავშირებულია მოცულობისა და ზედაპირის ფართობის ცნებებთან. მრავალი ფიზიკური და ტექნიკური ამოცანა დაიყვანება მოცულობებისა და ფართობების გამოთვლაზე. ამიტომაცაა, რომ ინტეგრირება მათემატიკაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. ზოგადად ინტეგრირების ახსნა, როგორც იტყვიან, „თითებზე“ შეიძლება შესრულდეს გეომეტრიული ანალოგიებით. თუ მძლოლს დავავალებთ იმოდრავს მუდმივი v სიჩქარით, მაშინ t დროში მის მიერ გავლილი გზა $S=vt$. მაგრამ ორი რიცხვის ნამრავლი ზომ შეიძლება წარმოვიდგინოთ პირობითად, როგორც სწორკუთხედის ფართობი. მისი პოვნა სიჩქარის გრაფიკიდან ყველას შეუძლია, სადაც სიჩქარის ცვლილების შესაბამისი მრუდი დროთა ღერძის პარალელური წრფეა. თუ ავაგებთ ამავე დროში გავლილი მანძილის გრაფიკს, მივიღებთ დროთა ღერძისადმი გარკვეული კუთხით დახრილ წრფეს. თუ სიჩქარე მუდმივი არ იქნება, მაშინ მისი გრაფიკი გამოისახება ტუხილი წირით, ხოლო გზის გრაფიკი — რაღაც მრუდით. ამ შემთხვევაში გზას ეძლევა განსაზღვრული გეომეტრიული არსი: იგი ეკვივალენტურია სიჩქარის გრაფიკის ქვემოთ „მოთავსებული“ ფართობისა. ასე რომ, ჩვენდაუნებურად მივედით ინტეგრალის განმარტებამდე: გეომეტრიულ ენაზე S -ის მრუდს V -ს მრუდიდან ინტეგრალი ვუწოდოთ, თუ მრუდი შეესაბამება სიჩქარის გრაფიკის ქვეშ მდებარე ფართობის სიდიდეს, მათემატიკოსები მას უწოდებენ განსაზღვრულ ინტეგრალს ცვლადი საზღვრით და იყენებენ შემდეგ აღნიშვნას:

$$s(t) = s(0) + \int_0^t v(t) dt.$$

დიფერენცირებას უწოდებენ ინტეგრირების შებრუნებულ მოქმედებას. ანალიტიკური მეთოდების მიხედვით ინტეგრირება ზუსტ ფორმულებზე დაყრდნობით არცთუ იოლი საქმეა. ამიტომ დიდ მნიშვნელობას ანიჭებენ მიახლოებითი ინტეგრირების წესებს. ერთ-ერთი მათგანი ის გრაფიკული ინტეგრირებაა, რომელიც გამოვიყენეთ სიჩქარისა და გზის გრაფიკზე. იგი მარტივად ტარდება წრფეებზე და რთულდება მაღალი რანგის მრუდებისათვის. ამ მდგო-

მარეობიდან თავის დასაღწევად მათემატიკოსებმა გამოიგონეს ინტეგრალური წირების გამოსახვაში მოწყობილობები – ინტეგრაფები. მათი მოქმედების პირინციპი დაფუძნებულია ფიზიკურ ანალოგიებზე. ელექტრულ ინტეგრაფში გამოიყენება ის ფაქტი, რომ ელექტრული მუხტი წარმოადგენს დენის ძალის ინტეგრალს. ამის შესაბამისად, ჩვენ ვზომავთ წრედში დენის ძალას ისე, რომ მისი გრაფიკი მიახლოებით ემთხვეოდეს იმ ფუნქციის გრაფიკს, რომელიც ჩვენ გვაინტერესებს. მაშინ კონდენსატორის შემონაფენებზე დროში მუხტის ცვლილების გრაფიკი იქნება სწორედ საძიებელი ინტეგრალური მრუდი. ასეთივე პირინციპით შეიძლება შეიქმნას ჰიდრაულიკური ინტეგრაფი. გამოყენების თვალსაზრისით ყველაზე მარტივად ითვლება მექანიკური ინტეგრაფი. იგი უშუალოდ გამოხაზავს ინტეგრალურ მრუდებს. მაგალითად, ასფალტზე დატოვებული საბურავის კვალი ის ინტეგრალური წირია, რომელიც შეესაბამება მანქანის საჭის მობრუნების კუთხეს (რაც შესანიშნავი ხერხია ავტოსაგზაო შემთხვევის კრიმინალისტურ მეთოდში გამოსაყენებლად). აქედან იწყება პლანიმეტრების, ინტეგრაფების, ალგებრაიზატორების და დიფერენციალურ ანალიზატორთა გამოყენება სხვადასხვა სახის მოდელირებად გამოთვლელ მანქანებში. ზოგჯერ მათ არცთუ ზუსტად, „მოაზროვნე მანქანებს“ უწოდებენ. შევჩერდეთ ჰარმონიულ ანალიზატორებზე. როგორც ვიცით, რხევებს შორის ყველაზე მარტივი ეწოდება ისეთს, რომლის გრაფიკი სინუსოიდს წარმოადგენს. თუ რხევა რეგულარულად მეორდება დროში, მაშინ მას ეწოდება პერიოდული. მას აქვს ერთი საინტერესო თვისება, კერძოდ ის, რომ თითოეული პერიოდული მოძრაობა შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც მარტივ რხევათა ჯამი, რომლის პერიოდები წარმოქმნის გარკვეულ ჰარმონიულ მიმდევრობას. საინტერესოა ის გარემოება, რომ სინუსოიდურ ასეთი შემადგენლობის შემდგენთა მხოლოდ ერთი სისტემა არსებობს. ამიტომ რხევათა შემდგენების განსაზღვრა ითვლება ტიპურ მათემატიკურ ამოცანად. მისი ზუსტი ამოხსნა შეიძლება მხოლოდ უმაღლესი მათემატიკის ანალიზური აპარატით. ამასთან დაკავშირებით პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება ჰარმონიული ანალიზისათვის საჭირო ხელსაწყოები. ასე ეწოდება რთული რხევების დაშლას ჰარმონიულ შემდგენებად. ჰარმონიული ანალიზი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მეცნიერებაში.

ვთქვათ, ინჟინერ-ელექტრიკოსი აზუშავებს „სწორკუთხედის“ ფორმის რხევათა გენერატორს – გამოიმუშავებს პულსირებად ცვლად დენს. თუ ინჟინერს არ ეცოდინება ჰარმონიული ანალიზი, მას მოუწევს ძალზე დიდი მოცულობის სამუშაოს შესრულება: უნდა დაამზადოს ასობით გენერატორი და ამოირჩიოს მათ შორის ისეთი, რომ მის მიერ გამოიმუშავებული რხევები რაც შეიძლება მცირედ განსხვავებოდნენ საჭიროსაგან.

ინჟინერმა იცის, რომ, თუ მათემატიკური გზით განსაზღვრავს პერიოდულ რხევის შემდგენებს, მას შეუძლია ადვილად მიიღოს საჭირო ფორმის რხევები დენების ჩვეულებრივი შეჯამებით; ამისათვის დასჭირდება მათემატიკური ჰარმონიული ანალიზი სწორედ ანალიზატორის მეშვეობით.

მოხდა ისე, რომ რხევათა მათემატიკური შესწავლისათვის პირველი ხელსაწყო გახდა არა ანალიზატორი, არამედ სინთეზატორი, რომელიც შექმნა ლორდმა კელვინმა. მის მექანიკურ კონსტრუქციას საფუძვლად დაედო ბლოკთა სისტემა. იგი განკუთვნილი იყო ზღვის მიმოქცევის წინასწარმეტყველებისათვის.

ძმასთან ერთად მან შექმნა რიგი გამომთვლელი მოწყობილობებისას, რომლებიც მათემატიკოსებისა და კონსტრუქტორებისთვის აუცილებელი და შეუცვლელია. ასეთია, მაგალითად, იზოგრაფი – მრავალწვერის გრაფიკის გამოსათვლელი ხელსაწყო. მისი მეშვეობით შეიძლება მეათე ხარისხის ალგებრულ განტოლებათა ამოხსნა. მოგვიანებით ბოდე განტოლებათა ამოსახსნელად იყენებს უკვე ელექტრულ წრედს, რომელიც შედგება კონდენსატორებისა და წინაღობებისაგან. მხოლოდ წინააღობებით შექმნა ანალიზატორი გერმანელმა რეკმა, ხოლო ინგლისელმა მოლკმა წინააღობები ტრანსფორმატორებით შეცვალა. როგორც აღვნიშნეთ, ანალიზატორებს არ სჭირდება გამოგონება, საჭიროა მოფიქრება, როგორც ეს გააკეთა ჰოლანდიელმა შმელტერმა: აჩვენა, რომ წრფივი ალგებრული განტოლებების ამოსახსნელი ანალიზატორი ყველა მატარებლის შემადგელობაშია დამონტაჟებული სამუხრუჭე სისტემის სახით... მართლაც, ტექნიკური მოთხოვნა, რომლის თანახმადაც სამუხრუჭე ხუნდებში თვლებს ერთნაირი ძალით უნდა მიაწვეს, დაიყვანება წრფივ განტოლებათა სისტემამდე.

შემდეგი ეტაპია დიფერენციალური ანალიზატორების შექმნა; მათი მეშვეობით ამოიხსნება მხოლოდ დიფერენციალური განტოლებები,

რომლებშიც უცნობი რიცხვთა სახით კი არაა გამოსახული, არამედ უცნობი ფუნქციების გრაფიკების სახით. ანალიზატორის როლი სწორედ იმაში მდგომარობს, რომ ყველა ფიზიკური კანონი ზუსტი მათმატიკური ფორმულებით ჩაწეროს. ყველა პროცესი (მექანიკური, ელექტრული, ჰიდრაულიკური, ბიოლოგიური და ა. შ.) აღიწერება ამ სახის განტოლებებით და მხოლოდ მათი მეშვეობით შეიძლება მხედველობაში მიიღონ სხვადასხვა ფაქტროთა ურთიერთდაბოკიდებულება. მაგალითად, ინჟინერ-ელექტრიკოსმა, რომელმაც უნდა განსაზღვროს ნებისმიერი ელექტრული სისტემის წინააღობის, ინდუქციურობის და ტევადობის მნიშვნელობები, უნდა ამოხსნას მათი აღმწერი დიფერენციალური განტოლებები.

ზოგადად მიღებულია მათემატიკური მსგავსების ასეთი განმარტება: ორი ფიზიკური მოვლენა მათემატიკურად მსგავსია, თუ მათ გასაზომი სიდიდეების ერთეულთა სწორი შერჩევით შედგენილი დიფერენციალური განტოლებები იდენტურია. ასე რომ, დიფერენციალური განტოლებები მთელი თავისი არსით ანალოგიებზეა დაყრდნობილი. სწორედ, დიფერენციალური ანალიზატორები დაედო საფუძვლად თანამედროვე ანალოგიური მანქანების შექმნას. მათი მეშვეობით ბავშვსაც კი შეუძლია დასვას ბურუსში თვითმფრინავი, ხოლო გემმა გაუძლოს ოკეანეთა ასმეტრიან ტალღებს. აქ მოძრაობებს მართავს სწორედ ანალოგიური მანქანა. ტალღათა მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებების ამოხსნით იგი წინასწარ აფიქსირებს გემზე მოსულ ტალღებს და ლასტების მეშვეობით ახდენს გემის კორექტირებას.

ტუიუმის თხზულებათა მესამე ტომში შეიძლება ვიპოვოთ შემდეგი შინაარსის აფორიზმი: „უთხარი ადამიანს, რომ ცაზე 974672876987 ვარსკვლავია და ის დაიჯერებს, მაგრამ საკმარისია ჩამოკიდო წარწერა „ფრთხილად, შელებილია!“ რომ იგი აუცილებლად შეახებს ხელს და მოისვრება კიდევაც! ადამიანებს დაბადებიდან აქვთ პატივისცემა ციფრებისადმი, რომელიც კულტის რანგში ადის და ყველაზე მოკლედ გამოითქმის: „ციფრები არ ტყუიან“. ყველა არაციფრული ინფორმაცია ჩვენში ეჭვს იწვევს.

ფაქტია, რომ სიტყვა — „დაახლოებით“, ადამიანში მოსმენილი ინფორმაციისადმი ურწმუნოებას იწვევს. მათ ეშინიათ მიახლოებითი მნიშვნელობების, მიუხედავად იმისა, რომ მიახლოებით რიცხვებთან ყოველდღიურ ცხოვრებაში აქვთ საქმე.

როგორ გგონიათ, შეიძლება თუ არა ვილაპარაკოთ მაგიდის ზუსტ ზომებზე? ცხადია, არა. რადგან ის, როგორც ყველა სხეული, შედგება ატომებისაგან, ხოლო, როგორც ჩვენ უკვე ვნახეთ, ატომის ზუსტი ზომის დადგენა შეუძლებელია. მას კრძალავს კვანტური მექანიკა. მაშ, რა ავიღოთ სიზუსტის კრიტერიუმად, ვთქვათ, ჩვენივე მაგიდის გაზომვისას? აზრი არა აქვს მაგიდის სიგრძე გავზომოთ 0,1 მმ სიზუსტით, როდესაც მისი გვერდების სწორხაზოვნება დაცულია 1მმ, ხოლო გვერდების პარალელობა — 5 მმ სიზუსტით. ციფრულ მანქანათა გამოყენების არედ გადაიქცა დიდი სიზუსტის მქონე პრაქტიკული გამოთვლები. მარტივი გამოთვლები პრაქტიკულად წარმატებით შეიძლება განვახორციელოთ ანალოგურ მანქანათა მეშვეობით. მათი სიზუსტე აღწევს ოთხ ნიშნად რიცხვს. ჩვენ ეს დიდად არ გვინტერესებს, რადგან „მცურავი ნულის“ ქვეყანაში ვცხოვრობთ. ანალოგურებისგან განსხვავებით ციფრულ მანქანებში პროგრამები მის მახსოვრობაში ინახება. ისევე, როგორც რიცხვებზე, პროგრამათა კოდებზეც ტარდება ოპერაციები: აღსანიშნავია, რომ დროის მოცემულ შუალედში შესრულებულმა პროგრამის ნაწილმა შეიძლება შეცვალოს ამ პროგრამის სხვა ნაწილი, რომელიც შესრულდება მოგვიანებით. თუ ხატოვნად ვიტყვით, ციფრულ მანქანას ახასიათებს „თვითპროგრამირების“ თვისება; ამიტომაც თვლიან მათ ავტონომიური მოწყობილობებით აღჭურვილ უმაღლესი დონის ავტომატებად. ციფრულ მანქანათა ავტონომიური თვისების წყალობით შესაძლებელია კიბერნეტიკული ამოცანების გადაწყვეტა ისეთი პროცესებისათვის, როგორიცაა: „განსწავლა“, „ეკოლუციები“, „თვითაღწარმოება“. ამისათვის არაა საჭირო გაკეთდეს სპეციალური ციფრული მანქანები. კიბერნეტიკისათვის გამოდგება ნებისმიერი მსხვილი ციფრული მანქანა, რომელიც აღჭურვილია დამახსოვრების პროგრამით. კიბერნეტიკოსთა შეკრებებზე გაცხარებული კამათი მიმდინარეობს იმაზე, თუ რაა შესაძლებელი და რა არა პროგრამული აზროვნებისათვის, იხილავენ თვითგამსწორებელ, თვითმსწავლელ, ეკოლუციურ და თვითმწარმოებულ პროგრამებს. რატომღა ლაპარაკი პროგრამის სწავლებაზე და არა მანქანის სწავლებაზე? იმიტომ, რომ, უბრალოდ, გაცილებით იოლია სწავლების პროცესის მოდელირება ციფრული მანქანის მახსოვრობაში, ვიდრე ამ მიზნებისათვის სპეციალური მანქანის შექმნა. თეორიული გამოკვლევებისათვის ეს საკვებით საკმარისია. დამახსოვრე-

ბელი პროგრამა იჩენს დინამიკურ თვისებებს. მისი შეცვლა ავტომატურად შეუძლია მანქანას, რომელიც იმართება სხვა ან იმავე პროგრამით. ასეთ დინამიკურ მანქანას შეიძლება ეუწოდოთ „ცოცხალი“, განსხვავებით „მკვდარი“ პროგრამისაგან, რომლის შეცვლაც შეუძლებელია ადამიანის უშუალო ჩარევის გარეშე. ციფრულ მანქანაში პროგრამა იღებს დასამახსოვრებელი ელექტრული იმპულსების აბსტრაქტულ ფორმას. ანალოგურ მანქანებში პროგრამები აღიქმება, როგორც მატერიალური. ეს სტატიკური პროგრამებია „მკვდარ“ შენაერთთა მსგავსი მანქანის ცალკეულ მოწყობილობათა შორის, რომელიც განხორციელებულია გამტარების მეშვეობით. ასეთი პროგრამის სქემა ადვილი დასახატია ფურცელზე და გამოცდილი ინჟინერი უცებ ამოწმებს მას. სწორედ ამ სასარგებლო თვისებითაა აღჭურვილი ციფრული მანქანები. დინამიკური პროგრამის შემოწმება მოითხოვს მნიშვნელოვან ძალისხმევას, რადგანაც უნდა შემოწმდეს ასეთი პროგრამის „სიცოცხლის“ ყველა ვარიანტი. ერთხელ დაპროგრამებულ ანალოგურ მანქანას შეუძლია შეასრულოს მხოლოდ ის პროგრამა, რომელიც ჩადებულია მასში. მას თვითონ არ შეუძლია შეცვალოს ერთხელ გაკეთებული შეერთებანი. საჭიროა ოპერაციის ჩარევა.

ანალოგურისაგან განსხვავებით ციფრულ მანქანებში პროგრამა მიმდევრობით სრულდება. იქმნება ჩხირებით ქსოვის შთაბეჭდილება. მომავალი ნაკეთობის თითოეული ნაწილი შედგება ერთნაირი ყულფებისაგან სხვადასხვა შესაბამისობით. ანალოგია აქ ძალზე ზუსტია: ხომ არსებობს ჩხირებით ქსოვის ცნობარი, რომელიც შეიცავს დეტალურ მიერთებებს და გამორთვებს, ისეთსავე გაუგებრობებს, როგორც ციფრული მანქანების პროგრამებია. მხოლოდ ამ პუნქტების სკურპულოზური და სწორი შესრულება გვაძლევს ამოხსნათა სწორ შედეგებს საჭირო მიმდევრობით, ე.ი. მზა ნაკეთობას.

ყველაზე მოსახერხებელია ანალოგური მანქანის პროგრამის წარმოდგენა გრაფიკული სქემის სახით, რომელიც ერთი თვალის შევლებით შეიცნობა, მსგავსად ესკიზისა მოდების ჟურნალში. იქ ყველა ხაზი მნიშვნელოვანია და არ შეიძლება გამოტოვება. მთელი

სქემის გაგებისათვის კი ძალზე მნიშვნელოვანია ყველა ხაზის ურთიერთმდებარეობის ცოდნა და დისკრეტული პროგრამის წარმოდგენაც ხანდახან გრაფიკული სქემების მიხედვით. იგი მეტ სიცხადეს ავლენს; მხოლოდ ასეთ სქემას აქვს მიმდევრობითი ხასიათი. სხვანაირად რომ ვთქვათ, მიმდევრობითი მოქმედების სქემაზე მუშაობს მხოლოდ ერთი „შტრიხი“. ანალოგურ მანქანათა სქემებზე მუშაობს ყველა „შტრიხი“, რაც შეესაბამება ყველა გამომთვლელი მოწყობილობის ერთდროულ მუშაობას. შექმნილია აგრეთვე „ჰიბრიდული“ ტიპის მათემატიკური მანქანები, რომლებშიც გაერთიანებულია ციფრული და ანლოგური მოწყობილობების მუშაობის პრინციპები. მათი გამოყენება შეიძლება როგორც ერთდროული, ისე მიმდევრობითი მოქმედების პროგრამებით. კერძოდ, ციფრული მოწყობილობები აქ აპროგრამებს ანალოგურ მოწყობილობათა მუშაობას. სავსებით შესაძლებელია, რომ ამ პრინციპზე დაყრდნობით მომავალში შეიქმნას ისეთი მათემატიკური მანქანა, რომელიც შეძლებს როგორც სახეების, ისე ბგერების განსხვავებას, მოახდენს მეტყველებათა სინთეზს და სხვა საოცრებებს.

ახალი სერიული წარმოება უშვებს ისეთ მანქანებს, რომლებშიც ერთი ოპერაცია სრულდება 300 ნანოწამში. მიკროელექტრონიკის განვითარებამ ციფრულ მანქანათა „მახსოვრობა“ იძლეინად გაზარდა, რომ სავსებით რეალურად ითვლება ისეთი მანქანის შექმნა, რომელიც სტუდენტს შეასწავლის ფიზიკისა და მათემატიკის სრულ კურსებს. თუ ციფრული მანქანა ის პედანტია, რომელიც თავისი მუშაობისას ეყრდნობა ციფრებსა და ფაქტებს, მაშინ ანალოგური გამომთვლელი მანქანა მეოცნებეა, რომელიც ძირითადად ინტუიციას ეყრდნობა. ყველაზე ნაყოფიერ შედეგს მათი თანამშრომლობა იძლევა. დიდი ყურადღება ექცევა ე. წ. კომბინირებული სისტემის შექმნას, რომელიც ერთნაირ კომპლექსში აერთიანებს როგორც ანალოგურ, ისე ციფრულ მოწყობილობებს.

უმრავლეს ანალოგურ გამომთვლელ მანქანებში გამოიყენება პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობს მექანიკურ და ელექტრულ სისტე-

მებში. უფრო ნაკლებადაა გავრცელებული სითბური და ჰიდრაულიკური ანალოგიები. ყველაზე ბუნებრივია მექანიკური მანქანის გამოყენება მექანიკურ სისტემებში მიმდინარე პროცესების აღწარმოებისთვის, ელექტრო – მექანიკურ სისტემებში. სწორედ ასეთმა პრაქტიკამ მიიღო „ფიზიკური მოდელირების“ სახელწოდება [4].



შედგებვის ბანხილვა

აღმზრდელითი პროცესისა და კვლევა-ძიების უმნიშვნელოვანესი მომენტია მიღებული შედეგების მუდმივი ანალიზი. კვლევა-ძიების მსვლელობა უნდა განვიხილოთ ახალგაზრდა სპეციალისტთან ერთად. აუცილებელია მან თვითონ უარყოს საკუთარი არასწორი შედეგები, რასაკვირველია, თუ დარწმუნდა, რომ იგი ეწინააღმდეგება საერთო პირინციპებს, ზოგად კანონებს, ასევე, სისადავისა და სილამაზის კანონებს (ესთეტიკის კანონები, არააბსოლუტურობის მიუხედავად, მაინც ჭეშმარიტების კრიტერიუმად ჩაითვლება). ინგლისელი ფიზიკოსი ღირაკი

თვლიდა, რომ ჭეშმარიტების კრიტერიუმს პრაქტიკა წარმოადგენს, სილამაზისა და სისადავის მოთხოვნები მიღებული შედეგების შეფასებისას უნდა გავითვალისწინოთ. დავრწმუნდეთ, რომ შედეგი არ არის შემთხვევითი. განვასხვაოთ ნამდვილი არანამდვილისაგან. ყველაზე სახიფათოა, როცა უარმყოფელი ფაქტები თანდათანობით გროვდება და მიიღება არასწორი დასკვნები. ამგვარ მიდგომას ხელს უწყობს აღმოჩენის დიდი სურვილი, რაც ყველაზე მეტად ახალგაზრდა მეცნიერს ახასიათებს.

როდენი მიმართავდა ახალგაზრდა მოქანდაკეებს: „ღრმად და შეურიგებლად მართლები უნდა ვიყოთ“. ხელოვნების ნაწარმოებისაგან განსხვავებით, მეცნიერული შედეგები ყოველთვის აღწარმო-

ბითია, განმეორებადია. როცა ლ. ტოლსტოის შეილება ა. გოლუბკინას მიერ შესრულებული მამის სურათი ნახეს, საშინლად არ მოეწონათ და უკმაყოფილება გამოთქვეს. ა. გოლუბკინამ უპასუხა „მე ვებერწავდი არა მამათქვენის, არამედ დიდი მოაზროვნისა და მხატვრის პორტრეტს“. მეცნიერებაში ასე არ არის. ნებისმიერ ქვეყანაში ჩატარებულმა ცდებმა ერთნაირი შედეგები უნდა მოგვცეს, თუ იგი ერთნაირ პირობებშია შესრულებული. დიდი მნიშვნელობა აქვს მიღებული შედეგების სხვა მეცნიერებთან ერთად განხილვას ახალგაზრდა სპეციალისტის მონაწილეობით, კამათს სემინარებზე, კონფერენციებზე; თანაც საჭიროა არამარტო დასრულებული გამოკვლევების, სამუშაოს ცალკეული ეტაპების, კვლევა-ძიების პროგრამების, სამუშაოს იდეების, მეთოდების და ა. შ. განხილვა.

ახალგაზრდა სპეციალისტისთვის სასარგებლოა დასრულებული გამოკვლევის ასევე ცალკეული შუალედური ეტაპების ანგარიშის შედგენა. სასურველია დროდადრო „შეჩერებაც“, „უკან მიხედვაც“. ეს ხელს უწყობს საკუთარ იდეებში გარკვევას. ჩვეულებრივ, წელიწადზე მეტი დროა საჭირო სამუშაოს დასრულებისათვის. გროვდება უამრავი მასალა. მკვლევარი ჩქარობს მათ გადამუშავებას, არ ყოფნის დრო იმისათვის, რომ გააანალიზოს მონაცემები, როგორც საჭიროა, ისე შეადგინოს ანაგარიში, გააცნოს იგი ოპონენტს და ხელმძღვანელს.

დიდი მნიშვნელობა აქვს საკუთარი გამოკვლევის შეფასებას ექსპერიმენტული სამუშაოებისა და იდეების საერთო დინებაში. თავდაპირველად, როცა მკვლევარი შესასწავლი მოვლენის „ზედაპირზე“ იმყოფება, იგი „იძირება“ სამუშაოში და, პარადოქსულადაც რომ მოგვეჩვენოს, მისი მხედველობის არე ვიწროვდება. იგი ექცევა საკუთარი შედეგების ტყვეობაში და ადვილი შესაძლებელია შეფასება ზედმეტად სუბიექტური აღმოჩნდეს. ამიტომ აუცილებელია დროდადრო მიმოხედვა, კოლევებთან საკუთარი შედეგების განხილვა.

ჭეშმარიტების წვდომა, რასაკვირველია, ძნელია, რამეთუ ჭეშმარიტება ერთადერთია, ხოლო ცდომილება – მრავალი. მიღებული შედეგების განხილვა ხშირად ეხმარება ჭეშმარიტების დადგენას, ახალი იდეების წარმოშობას. ბ. შოუ ამბობდა: „თუ თქვენ ერთი ვაშლი გაქვთ, მეც ერთი მაქვს და გავცვლით, მაშინ თითოეულ

ჩვენგანს თითო ვაშლი ექნება. თუ თქვენ ერთი იღვა გაქვთ და მეც ერთი, და გაცვლით მათ, მაშინ თითოეული ჩვენგანს ორ-ორი იღვა ექნება“.

დაეჭვება და მერყეობა ზოგჯერ კვლევა-ძიების მნიშვნელოვანი ნაწილია. აკადემიკოსი ა. კაპიცა აღნიშავდა: „იქ სადაც მერყეობა, ეჭვები მთავრდება, მეცნიერებაც მთავრდება“. თუმცა, როცა მერყეობა ჰიპერტროფული ხდება და ნიჰილიზმში გადაიზრდება, შემოქმედებითი პროცესი პარალიზდება.

ყველაფრის გაგებისა და გაკრიტიკების მცდელობა შემოქმედებითი წარუმატებლობის ხშირი მიზეზია. აინშტაინი ერთ-ერთი დიდი ფიზიკოსის ნეკროლოგში წერდა: „იგი მუდმივად განიცდიდა იმას, რომ მისი კრიტიკული შესაძლებლობანი ყოველთვის წინ უსწებდნენ კონსტრუქციულ შესაძლებლობებს“. სწორედ, ამის გამოა გავრცელებული მეცნიერის ტიპი, რომელიც სხვა მკვლევრის იდეებს იმეორებს. ხშირად ამას იგი წარმატებით ახერხებს და თანაც, საკმაოდ მაღალ დონეზე, მაგრამ ახალი ჭეშმარიტების აღმოჩენას მაინც ვერ ახდენს და, რასაკვირველია, კარგად ცნობილ ჭეშმარიტებას ეჭვქვეშ აყენებს. არ შეიძლება კვანტური მექანიკისა და ფარდობითობის თეორიის ჭეშმარიტებაში დაეჭვება, ყოველ შემთხვევაში, სერიოზული საფუძვლის გარეშე. დადგენილი ჭეშმარიტებისადმი სათუთი დამოკიდებულების გარეშე მეცნიერება ვერ განვითარდება. ნიუტონი ამბობდა: „ჩვენ შორს მხოლოდ იმიტომ ვხედავთ, რომ გიგანტების მხრებზე ვდგევართ“.

მერყეობა მეცნიერებაში ორლესული ხმალია, მან შეიძლება წარმოშვას ჭეშმარიტებაც და ნიჰილიზმიც. ასეთ წინააღმდეგობრივ ცნებას მეცნიერებაში წარმოადგენს „ტრადიცია“. რეიესორი ა. ფეროსი – წიგნში „რეპუტიცია ჩემი სიყვარული“, წერს: „საკვირველ საიდუმლოს შეიცავს მაინც ხშირად გამეორებადი სიტყვა „ტრადიციები“: ერთი მხრივ, მათ მარად ამსხვრევენ, რათა მიაღწიონ რაიმე ახალს, მეორე მხრივ, მის გარეშე დარჩენილებს ნიადაგი გვეცლება.“

ყოველგვარი კვლევა-ძიების მნიშვნელოვან და დამახასიათებელ ნაწილს წარმოადგენს ანგარიში. ახალგაზრდა სპეციალისტს საშუალება უნდა მიეცეთ, გამოიჩინოს თავი არა მარტო ექსპერიმენტული შედეგების მიღებისას, არამედ მათი დამუშავებისას, დასკვნების შედგენისა და ანგარიშის წერისა. რა თქმა უნდა, ანგარიში თავდაპირველად შეიძლება წარუმატებელი იყოს, განხილვა – არასაკ-

მაოდ ღრმა, დასკვნები — ზედაპირული. მაგრამ არ შეიძლება დამწყებ მკვლევარს სხვამ დაუწეროს ანგარიში. სჯობს დაეხმაროთ, რათა თვითონ გააკეთოს. არიან ახალგაზრდა სპეციალისტები, არცთუ ცუდი ექსპერიმენტატორები, მაგრამ ანგარიშის შედგენა არ ეხერხებათ. არსებობენ საკმაოდ უნარიანი მკვლევარები, მაგრამ არცთუ ნათლად გადმოსცემენ თავიანთ აზრებს და ა. შ. კარგი ანაგარიშის დაწერა ხელოვნებაა. იგი უნდა იყოს ლაკონური და გასაგები. ახალგაზრდა მკვლევარს უჭირს მოპოვებულ მასალასთან განშორება, პირველხარისხოვანი მასალის გარჩევა მეორეხარისხოვანისაგან, ყველაფერი მნიშვნელოვნად ეჩვენება. როცა რამდენიმე წიგნს დაწერ, მაშინ რწმუნდები, რომ ყველაზე ძნელია არა წიგნის დაწერა, არამედ მისგან ზედმეტის ამოღება. „ენის სიმკვეთრე და ძალა იმაში კი არ მდგომარეობს, რომ ფრაზებისათვის არაფრის დამატება არ შეიძლება, არამედ იმაში, რომ მისგან უკვე არაფრის ამოღება არ შეიძლება“ (ა. პაუსტოვსკი).

ჩემი აზრით, საკითხის ბუნდოვანი დალაგება ერთ-ერთი ყველაზე დიდი ცოდვია. ვფიქრობდი, რომ ვინც ბუნდოვნად გადმოსცემს ის ბუნდოვნად აზროვნებს. უნდა გვახსოვდეს, რომ ბუნების კანონებს საფუძვლად უდევს სისადავე, მაგრამ, რასაკვირველია, არა გამარტივებელი. ერთმანეთში არ უნდა ავურიოთ სიცხადე და ხელმისაწვდომობა. ორი დიდი ადამიანის ცხოვრების ისტორიიდან ასეთი ფაქტია ცნობილი. აინშტაინმა როცა ნახა სურათი „დიდი ქალაქის ჩირაღდნები“, ჩ. ჩაპლინს ასეთი დეპეშა გაუგზავნა: „მე აღტაცებული ვარ თქვენით. თქვენი ფილმი ყოველთვის გასაგებია. თქვენ უდიდესი ადამიანი გახდებით“. პასუხად ჩაპლინმა ასეთი დეპეშა გამოუგზავნა: „მე თქვენი კიდევ უფრო აღტაცებული ვარ, თქვენი ფარდობითობის თეორია არავეისათვის არ არის გასაგები, თქვენ უკვე გახდით უდიდესი ადამიანი“.

ხელმძღვანელის მნიშვნელოვანი და ძნელი მოვალეობაა დაეხმაროს დამწყებ მკვლევარს ნათლად და დამოუკიდებლად იაზროვნოს ანგარიშში, სტატიაში, მოხსენებაში, საუბარში ნათლად გადმოსცეს თავისი აზრები.

თუ ვთვლით, რომ მეცნიერული კვლევა-ძიება შემოქმედებითი პროცესია, ჩვენი მიზანი კი მისი ასეთად ქცევაა, მაშინ ამ პროცესის მონაწილეებს უნდა მივცეთ თვითგამოკვლევის საშუალება. პოეტი ლექსებს მხოლოდ თავისთვის არ წერს, მას სჭირდება, რომ ვილა-

ცამ წაიკითხოს ისინი; მუსიკოსს სჭირდება აუდიტორია, მხატვარს დარბაზი, მეცნიერებსაც სჭირდებათ აუდიტორია. ეს შეიძლება იყოს სტატია, წიგნი, მოხსენება. მაგრამ, პირველ ყოვლისა, სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის პირობებში ეს არის ანაგირიში ჩატარებული მუშაობის შესახებ, სამეცნიერო ტექნიკურ საბჭოზე უფროსი და უმცროსი კოლეგების, ხელმძღვანელების წრეში. დიდი მნიშვნელობა აქვს საანაგარიშო მოხსენებისადმი ყურადღებიან და სათუთ დამოკიდებულებას, განსაკუთრებით ახალგაზრდა სპეციალისტებისთვის. ახალგაზრდა მეცნიერი უნდა გრძნობდეს, რომ მის სამუშაოს მიმართ ყურადღებას და პატივისცემას იჩენენ, გვერდს არ უვლიან მის წარმატებებს. მხედველობიდან არ რჩებათ მისი სუსტი ადგილები, მით უფრო შეცდომები. რა თქმა უნდა, ყოველთვის არსებობს იმის საშიშროება, რომ ახალგაზრდა სპეციალისტს პირველი წარმატების შემდეგ „შუეყვარდეს თავისი თავი“ (როგორც ცნობილია, თავისი თავის შეყვარება იმ რომანის დასაწყისია, რომელიც მთელი ცხოვრება გრძელდება). წარმატებული დებიუტი – ეს მხოლოდ პროლოგია და მაინც, უნდა გვახსოვდეს ჩვენი ავტორიტეტით ახალგაზრდა სპეციალისტის დათრგუნვის საშიშროება. რა თქმა უნდა, დაუშვებელია მისი სამუშაოს ძაგება, თუ მისი დასკვნები არ შეესაბამება ჩვენს თვალსაზრისს. საკუთარი სამუშაოსადმი ზნეობრივი დამოკიდებულება ბრძნულად გამოხატა მსახიობმა ნ. პლოტნიკოვმა ახალგაზრდა მსახიობისადმი მიმართვაში: „ყოველთვის განსოვდეთ ძვირფასო მეგობრებო, რომ თქვენ უფრო ცოტა და ცუდად გააკეთეთ, ვიდრე შეგეძლოთ“. მიღწეულით მარადიული დაუკმაყოფილებლობა-პროგრესის საფუძველია. ამაშია უკედავი „ფაუსტასის“ ძირითადი იდეა. უნდა გვახსოვდეს აღმოსავლური ანდაზა: „როცა ლაპარაკობ, სიტყვები შენ ღუმელზე უკეთესი უნდა იყოს“. დამწყებ მეცნიერში უნდა აღზარდოთ ნამუშევრისადმი პატივისცემა და სკურპულოზური დამოკიდებულება ავტორობის საკითხისადმი. ეს ზნეობრივი აღზრდის საკითხებია, მაგრამ ზნეობრივი აღზრდის გარეშე საერთოდ შეუძლებელია ისეთი მეცნიერის აღზრდა, რომლის უპირველესი ამოცანა ჭეშმარიტების დადგენაა.

ინდივიდუალური და კოლექტი- ური საწყისები



ჩვენ დროში ეს ერთ-ერთი ყველაზე რთული საკითხია. ჩვენთვის შემოქმედება ინდივიდუალურია; ჩვენ ხშირად ვლაპარაკობთ კოლექტიურ შემოქმედებაზე, მაგრამ სინამდვილეში შემოქმედება კონკრეტული ადამიანის პროცესია. ამაშია მისი განსაკუთრებულობა და მიმზიდველი ძალა. სხვა საქმეა, როცა ერთი ადამიანის შემოქმედებითი პროცესი სხვა მეცნიერთან აზრის

გაზიარების ან სხვა მეცნიერის კვლევა-ძიების შედეგის ნაყოფია. შემოქმედება კოლექტიურია იმ აზრით, რომ მეცნიერი ქმნის არა ცარიელ ადგილზე, არამედ იყენებს იდეებს, აზრებს, მეთოდებს, შედეგებს, რომლებიც მრავალი მეცნიერის მიერ არის შექმნილი.

თვით შემოქმედებითი პროცესი ინდივიდუალურია (წინააღმდეგ შემთხვევაში შედეგი არ იქნება დამოკიდებული სუბიექტის ნიჭიერებაზე). ესპანელები ამტკიცებენ: „ორნი ერთად მოჩვენებას ვერ დაინახავენ“. მეცნიერებაში კი ზოგჯერ „მოჩვენება“ ბაღებს ხატს, ხატი კი — შედეგს.

შემოქმედი ყოველთვის განიცდის სიხარულს წარმატებული მუშაობის შედეგად და ამაყია საკუთარი მიღწევებით. რასაკვირველია, იგი ერთდროულად იმითაც იამაყებს, რაც კოლექტივმა გააკეთა მთლიანად. ეს კარგად უნდა გვესმოდეს.

პირადისა და საერთოს პრობლემამ ამაჟამად განსაკუთრებული მნიშვნელობა შეიძინა იმასთან დაკავშირებით, რომ მეცნიერული ამოცანები გართულდა და, როგორც წესი, მკვლევართა ერთობლივი შრომით ურთულესი პრობლემის გადაწყვეტა, კოლექტიური და ინდივიდუალური საწყისების შესაბამისობა მოითხოვს შემოქმედებითი პროცესის საგულდაგულო ორგანიზაციას. მისი თავისებურებების გაგებას, შემოქმედებითი ატმოსფეროს შექმნას, აზრთა თავისუფალ ურთიერგაცვლას, დისკუსიებს, შემოქმედებით წვას. კერძოდ, მეცნიერული მუშაობის ასეთი ორგანიზებით გაითქვა სახელი აკადემიკოსმა ი. კურჩატოვმა.

ახალგაზრდა სპეციალისტისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს კოლექტივში მუშაობის უნარსა და, ამასთან, მისი შემოქმედებითი ინდივიდუალობის ზრდას. ხელმძღვანელის უპირველესი და უძველესი მოვალეობაა იზრუნოს იმისათვის, რომ მოწაფემ თავისი ხმით „იმღეროს“. ახალგაზრდა მეცნიერის ნიჭის განვითარებაში უდიდესი წვლილი მიუძღვის ხელმძღვანელს, მისი უწმინდესი მოვალეობაა მომავალი მეცნიერისთვის ხელშეწყობა.



მასწავლებლისა და მოსწავლის ურთიერთდამოკიდებულება

აღმოსავლური ანდაზა გვაუწყებს: „თვით უშორესი გზაც კი პირველი ნაბიჯით იწყება“. საჭიროა დიდი ყურადღება გამოვიჩინოთ ახალგაზრდა სპეციალისტისადმი, განსაკუთრებით მაშინ, როცა იგი პირველ ნაბიჯებს დგამს. აღზრდა იწყება მხარეთა ურთიერთობით უფროსსა და უმცროსს შორის. როგორ უნდა იყოს ეს დამოკიდებულება და როგორია იგი ხშირად?

წყვილი — უფროსი და უმცროსი თავისთავად შეიცავს კონფლიქტურ სიტუაციას, მაგრამ, რა თქმა უნდა, კონფლიქტი არაა აუცილებელი. ზოგჯერ უფროსს ეჩვენება, რომ უფროსობა მას მოვლენის ამა თუ იმ სიტუაციის შეფასებაში უპირატესობას ანიჭებს, ძირითადი არგუმენტია მის სასარგებლოდ. სამწუხაროდ, ეს საკმაოდ ხშირი და სახიფათო შეცდომაა. თუმცა, რასაკვირველია, არ შეიძლება ასაკის, გამოცდილების, სამეცნიერო იერარქიისა და ა. შ. უარყოფა.

მეორე მხრივ, ახალგაზრდა ხშირად მიმართულია ან უარყოს და დაამხოს ავტორიტეტები, ან ბრმად ირწმუნოს ყველაფერი. ხშირად ეს ართულებს ურთიერთობას; ხელმძღვანელი ვალდებულია გაითვალისწინოს ეს, თუმცა, ბუნებრივია, ეს ორივე მხარემ უნდა გაითვალისწინოს. სიბრძნე ხომ წლების განმავლობაში მოდის, ჭკუას კი ბუნება გვანიჭებს. ავტორი არ ეხება მხარეთა ურთიერთობისა და ქცევის ისეთ ზოგად პირნციპებს, როგორიცაა ფაქტი, კეთილგანწყობა, უნარი — ილაპარაკოს არა მარტო თვითონ, არამედ სხვებსაც უსმინოს და ა. შ. ალბათ, არ არსებობენ ან

თითქმის არ არსებობენ ადამიანები, რომლებთანაც შეუძლებელია საერთო ენის გამონახვა. ზოგჯერ ამის მიღწევა ძნელია, მაგრამ მაინც შესაძლებელია. სოკრატე ამბობს: „ჭეშმარიტ მხედარს გაუხელნავი ცხენი ურჩევნიაო“.

ხშირად მეცნიერი ხელმძღვანელის და ახალგაზრდა სპეციალისტის ურთიერთობა შეუმჩნევლად უარესდება ურთიერთწყენის, შემთხვევითი კამათის გამო, რაც ზოგჯერ გარდაუვალია. მათი უარყოფა ძნელია, მაგრამ დავიწყება აუცილებელია, რადგან შეიძლება პროცესი გამოუსწორებელი გახდეს და ცუდ ურთიერთობაში გადაიზარდოს. სამწუხაროდ, სიკეთე უფრო მალე ავიწყდებათ, ვიდრე ბოროტება.

ამბობენ, ქალისათვის დათმობა ძლიერების ნიშანია და არა სისუსტისო. ალბათ უმცროსი ამხანაგისათვის, ხელქვეითისათვის დათმობაც ძლიერების ნიშანია და არა სისუსტის. ავტორი არ მოუწოდებს საყოველთაო და ყოველდღიური დათმობისაკენ. ლაპარაკია ზნობრივ ვაჟკაცობაზე, სიბრძნეზე ახალგაზრდა ადამიანებთან ურთიერთობაში. ეს ხშირად უფრო დიდ ძალისხმევას საჭიროებს, ვიდრე ფიზიკური ვაჟკაცობა. ლაპარაკია იმაზე, რომ ხელმძღვანელი თავს უცვლელად, უცოდველად თვლის, იმაზე, რომ „ჯიუტობა სისუტეა, რომელსაც ძლიერების გარეგნობა აქვს“, და რომ „ყველაზე დიდი გამარჯვება თავის თავზე გამარჯვებაა“.

არ უნდა დავივიწყოთ, რომ მეცნიერება (ისევე, როგორც ხელოვნება) ვერ იტანს ჰეგემონიასა და დიქტატს. ადვილია ახალგაზრდა ადამიანის შეშინება, მაგრამ ძნელია დარწმუნება. თუ სამეცნიერო ხელმძღვანელმა იცის, რომ უსმენენ, მან ფრთხილად უნდა გამოიყენოს თავის ავტორიტეტი.

რა თქმა უნდა, ზოგჯერ მასწავლებლის და მოწაფის გზები სცილდება ერთმანეთს. ამის გადატანა იოლი არ არის, მაგრამ ღირსეულად უნდა შევძლოთ ეს.

უდიდესი მინშენელობა აქვს კამათის გარემოს. გორკი ამბობდა: „ისეთი მნიშვნელოვანი არ არის, თუ რას ამბობ, როგორც ის, როგორ ამბობ“. რასაკვირველია, მნიშვნელობა იმასაც აქვს, რასაც ამბობ, მაგრამ ამ პარადოქსულ ფრაზაში ყურადღება ექცევა კამათის ფორმის მნიშვნელობას. რა თქმა უნდა, „ძლიერი სიტყვები ძლიერი არგუმენტები ვერ იქნება. მოუთმენლობა, მით უმეტეს,

ამკარა თუ ფარული, ჭეშმარიტებას კი არ წარმოშობს, არამედ კლავს მას“ (მ. გორკი).

დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ გარემოს შექმნას, სადაც ახალგაზრდა სპეციალისტს შეიძლება ჰქონდეს საკუთარი აზრი, მაგრამ, ამასთან ჰქონდეს სურვილი და სითამამეც, გამოთქვას და დაიცვას იგი. მეცნიერებას არ შეუძლია განვითარდეს ურთიერთსაწინააღმდეგო შეხედულებათა გარეშე.

რამდენიმე წლის წინ გაზეთ „პრავდაში“ დაიბეჭდა მოწინავე, სათაურით „საკუთარი აზრი“. მასში იყო ნათქვამი: „დიდი მნიშვნელობა აქვს იმას, რომ ყველა თანამიმდევრულად იცავდეს ახალს, პროგრესულს, ეძებდეს და გეთავაზობდეს დასახული მიზნების განხორციელების მისეულ გზებს უშიშრად. შესაძლოა დროებით ურთიერთობაში დარჩეს, გააუარესოს ვინმესთან ურთიერთობა... ხდება ხოლმე... ზოგიერთი იოლად ელევა თავის შეხედულებებს პირადი სიმშვიდის მიზნით, კოლეგის, ხელმძღვანელის საამებლად... პირველ ყოვლისა, საჭიროა მოიხმოს საკუთარი სინდისი, სასწოროზე აწონოს ყოველი სიტყვა, მოქმედება, გარშემო მყოფთა აზრისადმი ყურის გდება, მათთვის ანგარიშის გაწევა, საკუთარი ოპონენტებისადმი პატივისცემა. პრინციპულობას, სიმტკიცეს არაფერი აქვს საერთო სიჯიუტესთან, ყოყონობასთან, ახირებასთან“. სიმტკიცე საკუთარი თვისებების დაცვისა და სხვისი აზრისადმი პატივისცემა, პრინციპულობა და დემოკრატიულობა, სინდისიანობა და უანგარობა — ყოველივე ეს უნდა აღიზარდოს. პირველ ყოვლისა, ხელმძღვანელს ეკისრება. პასუხისმგებლობა აუცილებელია იყოს თავისუფალი, გულახდილი აზრთა გაზიარების გარემოს შექმნისათვის. ახალგაზრდა თანამოსაუბრეს კი არ უნდა ჩაეაგონოთ, არამედ დავარწმუნოთ იგი. ფსიქოლოგები ამტკიცებენ, რომ ბავშვი მოზრდილებისადმი ნდობით იმსჯევალება, თუ მას კი არ შთააგონებენ, არამედ თანასწორივით ესაუბრებიან. დაახლოებით ასეთივეა საქმის ვითარება სამეცნიერო ხელმძღვანელის ახალგაზრდა სპეციალისტთან კონტაქტის შემთხვევაშიც. ავტორს დარწმუნებით შეუძლია თქვას, რომ ახალგაზრდა მეცნიერ მუშაკებთან კამათისას ხშირ შემთხვევაში სიმართლე შეიძლება ახალგაზრდა ოპონენტის მხარეს იყო.

როგორც ცნობილია, მასწავლებელი მართო ის კი არ არის, ვინც ასწავლის, არამედ ისიც, ვინც თვითონ სწავლობს. თუ არაფერია მოწაფისათვის სათქმელი, არ უნდა დაეფაროთ ეს და არ უნდა

წარმოვთქვამთ ზოგადი ფრაზები. ხელმძღვანელისა და ახალგაზრდა სპეციალისტის ურთიერთობაში ყველაზე სახიფათოა ერთმანეთისადმი ნდობის დაკარგვა. არ შეიძლება მასწავლებლად გახდომა მხოლოდ იმისათვის, რომ ასეთი საპატიო თანამდებობა დაიკავო. მთავარი ისაა, რომ მოწაფეს გაუხსნა პერსპექტივა, დააინტერესო იმ მშვენიერებით, რაც მეცნიერებაში არსებობს.

კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია მასწავლებლისათვის საკუთარი მოწაფეებით წარმატების გახარების უნარის ქონა. სხვის წარმატებით გახარება უფრო ძნელია, ვიდრე სხვისი წუხილისადმი თანაგრძობა.

მაგრამ ზოგადი პრინციპების გარდა, ახალგაზრდა სპეციალისტთან ხელმძღვანელის ურთიერთობა უაღრესად ინდივიდუალური, ასე ვთქვათ, „პერსონიფიცირებული უნდა იყოს“. იმისათვის, რომ მეცნიერული კვლევა-ძიების შედეგიანობას შევეუწყოთ ხელი, სწორედ უნდა შევიცნოთ დამწყები მკვლევარი — მისი შედარებით ძლიერი და სუსტი მხარეები, მისი მიდრეკილებები და შესაძლებლობები, მისი ხასიათის თავისებურებები. ეს იოლი არ არის; უცნობია ხელმძღვანელისათვის და ახალგაზრდა სპეციალისტისათვისაც. ყოველივე ნათელი გახდება მუშაობის პროცესში, ზოგჯერ არა უეცრად, ზოგჯერ მოულოდნელად. საჭიროა ვცადოთ, საჭიროა გავრისკოთ.

ცნობილია ძველთაძველი სიბრძნე: „გავაკეთებთ, როგორც შეგვიძლია, თუ არ შეგვიძლია — როგორც გვსურს“. რა თქმა უნდა, ეს ბრძნული მოწოდებაა, მაგრამ მაინც შეიცავს ოპორტუნისტულ ელფერს. ახალგაზრდა მეცნიერმა უფრო მეტი უნდა მოინდომოს, ვიდრე შეუძლია. ამ სიტუაციაში მეცნიერ-ხელმძღვანელის როლი ძლიერ დიდია. მაგრამ იმისათვის, რომ ეს როლი კარგად შეასრულოს, უნდა შეიცნოს ახალგაზრდა სპეციალისტი, დააკვირდეს მის „ხელწერას“. სოკრატეზე ასეთ იგავს ყვებიან: გამელელმა ჰკითხა სოკრატეს: რამდენ ხანში მივალ ათენში? იარე, — უპასუხა სოკრატემ. გაკვირვებულმა უცნობმა გზა განაგრძო. სამ საათში, — მიაძახა მას სოკრატემ. რატომ ადრე არ მითხარი? — გაუკვირდა გამელელს. მე უნდა მენახა რა სიჩქარით ივლიდი, — უპასუხა სოკრატემ.

დიდი მნიშვნელობა აქვს დაკვირვებას, — რა სიჩქარით მიდის და როგორ მიდის, როგორი სიარული იცის. ყველას თავისი ნაბიჯი

აქვს და თავისი განუყოფელი კვალი. ხოლო გზა აღმოჩენამდე არ არის მოკლე და გზა გამარჯვებამდე არ არის იოლი.

ოღესლაც თეატრში არსებობდა მსახიობის ამპლუას ცნება: ტრაგიკოსი, კომიკოსი გმირი, საყვარელი, „კეთილშობილი მამის“ როლის მსახიობი და ა. შ. ამჟამად ასე აღარ არის. მაგალითად, ფანა რაევსკაიამ შექმნა ცოლისა და დედის ტრაგიკული სახე პიესაში „შემდეგ სიმშვიდე“, და ამასთანავე, შექმნა უაღრესად სატირული, გროტესკული სახე სპეკულანტისა პიესაში „შტორმი“. და მაინც, თანამედროვე თეატრში მსახიობმა უნდა იცოდეს თავისი შესაძლებლობები. ოღევე ტაბაკოვმა ამ თემაზე განსჯისას აღნიშნა: „მე ალბათ არ უნდა ვითამაშო ოტელო ან ჰამლეტი“. ამას შეიძლება დავეთანხმობთ.

ყოველი ადამიანი მეტ-ნაკლებად, ინდივიდუალობაა თავისი ხასიათითა და ჭკუით, თავისი მიდრეკილებებით და შესაძლებლობებით. ახალგაზრდა მეცნიერი იმ სტადიაში იმყოფება, როცა პიროვნების ჩამოყალიბება ხდება. ეს უაღრესად დინამიკური მდგომარეობაა; პირად მიდგომას აქ დიდი მნიშვნელობა აქვს. რასაკვირველია, მკვლევარნი სრულიად სხვადასხვა ტიპისანი არიან. ალბათ, არ არსებობს ორი ერთნაირი მკვლევარი. მაგრამ მაინც შეიძლება მკვლევართა სამი ტიპის გამოყოფა.

პირველი ტიპი — ესაა კარგი შემსრულებელი. იგი მოხერხებულად ატარებს ექსპერიმენტს, დაკავებულია, ამჩნევს ნიუანსებსაც მაგრამ თვითონ სერიოზულს არაფერს იგონებს. იგი იმას აკეთებს რასაც ხელმძღვანელი სთავაზობს, ან იმას, რაც წაიკითხა, ან გაიგონა. შედეგებს ღრმად არ აანალიზებს, არ აზოგადებს. მეორე ტიპის მეცნიერ ხელმძღვანელი პირველისგან იმით განსხვავდება რომ აღნიშნულთან ერთად შეუძლია აითვისოს მიღებული შედეგები, როგორც რაღაც მთლიანობა, დააკავშიროს სხვა კიდევ უფრო ზოგად პრობლემებთან. მას აქვს განზოგადებისადმი მიდრეკილება

და ბოლოს, მეცნიერის მესამე ტიპი — ეს საკუთარი იდეების მქონე მეცნიერია. რა თქმა უნდა, იდეები არ წარმოიშობა არაფრის აგან. ამ ტიპის მეცნიერებს არა აქვთ წინააღმდეგობრივი გზებით სიარულის მიდრეკილება; ისინი მზად არიან ძიებისათვის, რისკი სათვის; მათი შემოქმედი გონება იდეებს წარმოშობს.

რასაკვირველია, ეს სქემაა, და როგორც ყველა სქემა, ამარტივებს საქმეს. არსებობენ უფრო რთული და შერეული ტიპები

მეცნიერებას ავითარებენ ყველა ტიპის მეცნიერები, მაგრამ ყველაზე იშვიათად გვხვდებიან მესამე ტიპისანი, რომელთაც ძალუძთ მეცნიერების გამდიდრება საინტერესო იდეებით. ამის აღნიშვნა მნიშვნელოვანია, ახალგაზრდა სპეციალისტისადმი ინდივიდუალური მიდგომის თვალსაზრისით.

ვთქვათ, ერთს ძალიან უყვარს მზრუნველობა (თუნდაც, ძალიან არც იყოს საჭირო), მაგრამ დამშვიდებულია, როცა მეგობრის, ამხანაგის გვერდს გრძნობს, არ იმყოფება ხელმძღვანელის ზურგს უკან. მეორე თავს უკეთესად გრძნობს, როცა მეტ დამოუკიდებლობას ანიჭებენ. თუ ზოგჯერ ცდება, დაე იმტვიროს თავი (რასაკვირველია, ზომიერად). მეცნიერს აქვს შეცდომების უფლება, უფრო მეტიც, იგი ამის გარეშე ვერ განვითარდება. ერთნი საკმაოდ იფერებენ ყველაფერს, მეორენი ყველაფერს ეჭვის თვალით უყურებენ; ერთნი ზედმეტად დამთმობნი არიან პოლემიკაში, „რადაც არ უნდა დაჯდეს, კამათობენ“. დიდი მნიშვნელობა აქვს პარტნიორის ინდივიდუალური თვისებების, მისი შესაძლებლობების, ფსიქოლოგიის გათვალისწინებას, მის შესაძლო მორიდებულობის „ექსპლუატაციის“ გაუწვევლობას, ანდა ავტორიტეტის წინაშე ქედმოდრეკას, რაც ხელს უშლის უშუალო ურთიერთობას და არ იძლევა იმის საშუალებას, რომ დავაკვირდეთ, თუ ვინ არის ეს ახალგაზრდა სპეციალისტი, რა შეუძლია მას. რაც უფრო გამოკვეთილია ინდივიდუალობა, მით უფრო რთულია ადამიანი და, მაშასადამე, სიტუაცია (თუმცა, რთული ადამიანი და ძნელი ადამიანი ყოველთვის არ უტოლდებიან ერთმანეთს).

ავტორს მუშაობა მოუხდა პირდაპირ სტუდენტური მერხიდან მოსულ ახალგაზრდა სპეციალისტებთან. ისინი იზრდებოდნენ, მოწიფული მეცნიერი მუშაკები ხდებოდნენ. ზოგიერთთან „ფუთი მარილი ჭამა“ და შესაძლებლობა ჰქონდა დაკვირვებოდა ერთობლივი მუშაობისას (უფრო ზუსტად, „ახლოს განეცადა“), თუ როგორ იხსნებოდა მათი ნიჭიერების სხვადასხვა მხარეები. არიან ისეთები, რომელთაც მიდრეკილება აქვთ მეთოდური ამოცანების ამოხსნისაკენ. ისინი იოლად იწყებენ ძიებას, მზად არიან შეეჭიდონ რთულ ამოცანებს, რომელთა გადაწყვეტა ყოველთვის არ არის წარმატებული, მაგრამ ზოგჯერ ბრწყინვალე შედეგებს აღწევენ გონებამახვილობის, დაკვირვებული თვალის, მცოდნე ხელების, ჟინის, ექსპერიმენტის სიწმინდის წყალობით. თუმცა, სხვა სფეროებში თავს ნაკლებად ავლენენ. ავტორი

იცნობდა სპეციალიტს, რომელიც შემდგომ მეცნიერებათა კანდიდატი გახდა. იგი კარგი ორგანიზატორული თვისებებით გამოირჩეოდა, უინიანობით (და დეფიციტური განადგურებისა და მასალის მოპოვების არაჩვეულებრივი უნარით), მაგრამ მის ექსპერიმენტებს აკლდა სიმტკიცე. სასურველი და მოსალოდნელი შედეგი მას ზოგჯერ მცდარად ეჩვენებოდა, მისი დასკვნები ზოგჯერ წინ უსწრებდა ცდებს. ეს მოითხოვდა კონტროლს, ექსპერიმენტის გასინჯვას. ეს მკვლევრის სახიფათო ტიპია. არიან მკვლევრები, რომლებიც განწყობილების მიხედვით მუშაობენ, ზოგჯერ წაიზარმაცებენ, ზოგჯერ დაუდევრობას იჩენენ კიდევ. ისინი პუშკინის პოეტს ჰგვანან: „ვიდრე არ ითხოვს წმინდა სამსხვერპლოზე პოეტს აპოლონი, ზრუნვათა მორევში ის ნაკლებ ჩაძირულა.“ მაგრამ, როდესაც აღმაფრენა ეწყებათ, იღვიძებენ და ბრწყინვალე საქმეებს აკეთებენ, რასაკვირველია, არ შეიძლება სიზარმაცისა და დაუდევრობის წახალისება. სიზარმაცეს თავისი ლოგიკა აქვს იგი სულ უფრო ფართო პლაცდარმს იპყრობს, ხოლო განსაკუთრებით კარგი და რთული სამუშაოები, სულ უფრო მცირდება. ზოგს თეორეტიკოსობა იტაცებს, სხვებს ექსპერიმენტატორობა, ერთნი თეორიულ პრობლემებს მიეღვებიან, მეორენი — პრაქტიკულს, ერთნი მეოცნებენი არიან, მეორენი — რეალისტები. საერთოდ, „მეოცნებენი“ ნაკლებ სანდო მკვლევრები არიან. მაგრამ მხედველობაში უნდა გვქონდეს, რომ ზოგჯერ რეალისტის ათმა გამარჯვებამ შესაძლოა მეოცნების ერთ სტარტეგიულ გამარჯვებას აჯობოს. არიან მკვლევრები, რომლებიც, მიუხედავად ნიჭირებისა, ნაკლებს აღწევენ, ვიდრე ამის უნარი შესწევთ. იშვიათად გვხვდებიან განათლებული მეცნიერები.

ყოველ შემთხვევაში, მეცნიერ-ხელმძღვანელმა ეს უნდა იცოდეს, გრძნობდეს, მხედველობაში იღებდეს, რადგან ადამიანზე, კერძოდ კი ახალგაზრდაზე შეიძლება ზემოქმედება, შეეღა, რათა თავი წარმოაჩინოს. აი, რატომ არის მნიშვნელოვანი ახალგაზრდა სპეციალისტის შეცნობა და, პირველ ყოვლისა, მის მიერ საკუთარი ნების მობილიზების, მისი სურვილების და შესაძლებლობების განმსაზღვრელი უნარის შეფასება. ამით მოვახდენთ ახალგაზრდა სპეციალისტის შესაძლებლობების რეალიზებას.

ამასთან დაკავშირებით ერთი შენიშვნის გაკეთება გვსურს. ახალგაზრდა სპეციალისტის შეცნობის შესაძლებლობის განსაზღვრის მნიშვნელოვანი პირობა იმაში მდგომარეობს, თუ რამდენად ობიექტურად

გაერკვევა თავის თავში ხელმძღვანელი. ნ. ჩერნიშევსკი ლ. ტოლსტოის წიგნის – „ბავშვობა, ყრმობა და სიჭაბუკე“ რეცენზიაში წერდა: „ვისაც ადამიანში თავისი თავი არ შეუსწავლია, იგი ადამიანთა ღრმად შეცნობას ვერ შეძლებს“. გრაფ ტოლსტოის ნიჭის ის თავისებურება (რომელზეც ჩვენ ზემოთ ვილაპარაკეთ) ამტკიცებს, რომ იგი უადრესად ყურადღებით სწავლობდა ადამიანის სულის ცხოვრების საიდუმლოს. ადამიანური მოქმედების კანონებს, ვნებათა თამაშს, მოვლენათა ურთიერთკავშირს.

აი, რატომ არის საჭირო არა მარტო ცოდნა, არამედ გამოცდილება, რომ სხვებს უხელმძღვანელო. რადგან, რომ შეიცნო საკუთარი თავი მაინც, სხვასთან ერთად საჭიროა ღრო... ღრო და ვაჟკაცობა, უნდა იყო გულახდილი საკუთარ თავთან. ამბობენ, სხვისი სული ბნელიაო. მაგრამ ზოგჯერ საკუთარი სულიც არა არის ბევრად ნათელი; მაგრამ მასში გარკვევა მაინც შედარებით იოლია. მასწავლებლის ოსტატობა, უპირველეს ყოვლისა, დამყარებულია საკუთარ შინა სამყაროს გაგებაზე და ამ სამყაროს სიმდიდრეზე. უნდა დაეუმატოთ, რომ სხვის გაგებას ძლიერ შველის ხელოვნება, ხოლო მეცნიერულ შემოქმედებას – სულიერი სიმდიდრე.

მაინც რაში მდგომარეობს მეცნიერ ხელმძღვანელის როლი? ახალგაზრდა სპეციალისტის აღზრდას საფუძვლად უდევს სამი მთავარი პრინციპი: უნდა დავეხმაროთ მას მეცნიერების შეყვარებაში, ვუშველოთ, რომ მეცნიერული ძიება შემოქმედებითი გახდეს და ვასწავლოთ პროფესიონალიზმი. ამასთან ერთად, ეს მასწავლებლის და მოსწავლის ურთიერთობათა რთული კომპლექსია. აქ არ არსებობს უბრალო სქემები. დიდ მნიშვნელობა აქვს, თუ რას წარმოადგენს მასწავლებელი, როგორც პიროვნება. იგი უნდა იყოს სამაგალითო, გულუხვი მარტო აზრებით კი არა, არამედ სულითაც. აუცილებელი პირობებია ურთიერთგაგება და მხარეთა ნდობა.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, მასწავლებელმა უნდა შეძლოს არა მარტო ასწავლოს, არამედ მოსწავლისაგან ისწავლოს კიდევ. მასწავლებელი, რომელიც არ სწავლობს, მასწავლებელი არ არის. აღზრდის პროცესი თვითაღზრდის პროცესიც არის. დიდი მნიშვნელობა აქვს იმასაც, თუ რას წარმოადგენს მოსწავლე. მხატვრულად რომ ვთქვათ, ბგერის ხარისხი დამოკიდებულია ვიოლინოს ხარისხზე (ვიოლინო სპეციალური ხისაგან უნდა დამზადდეს, კარგი ლარი უნდა დაიჭიმოს და სათუთად იქნას შენახული. ამბობენ,

ამ შემთხვევაში ვიოლინო უკეთეს ხმას გამოსცემს). მასწავლებლის ნიჭი ვლინდება ახალგაზრდა მეცნიერის ნიჭის შერჩევასა და განვითარებაში. ეს მისი უწმინდესი მოვალეობაა. ნიჭი, ეს პირველ ყოვლისა, ცოდნა კი არა არის, არამედ ნიჭიერება პლუს ხასიათი, შემოქმედება თავგანწირვას საჭიროებს, მეცნიერებაში წარმატება პირველივე ნაბიჯთან ერთად არ მოდის. ბალზაკის სიტყვებით რომ ვთქვათ, არ შეიძლება მეცნიერად გახდომა მცირე ფასეულობით, მეცნიერი თავის ქმნილებებს ცრემლით აპოხიერებს.

იმისდა მიხედვით, თუ როგორ ვითარდება ახალგაზრდა მეცნიერი, მასზე სულ უფრო ნაკლებ უნდა ვიზრუნოთ. დადგება დრო, როცა მასწავლებელი და მოსწავლე უფრო თანამოსაუბრეები ხდებიან და პრობლემებს ერთად იხილავენ; თითოეულს თავისი წვლილი შეაქვს საერთო საქმეში. აღზრდის პროცესში დიდი მნიშვნელობა აქვს მემკვიდრეობითობას [5].

შემოქმედებითი მუშაობა სჭირდება ახალგაზრდა მეცნიერსაც და მის ხელმძღვანელსაც. უნდა გვახსოვდეს შოთა რუსთაველის ბრძნული სიტყვები: „რასაცა გაცემ, შენია“. მეცნიერის ჩამოყალიბების ზნეობრივი საფუძვლები კარგად აქვს გადმოცემული ბ. პასტერნაკს ლექსში:

„გახლე ცნობილი, დაგიკრან ტაში,
არ აგამაღლებს, არ აგწევს ზეცას,
რად გინდა გქონდეს არქივი სახლში,
დაჰკანკალებდე ნაწერებს შენსას.

შემოქმედების არსია შრომა,
ხმაურს, ბაქი-ბუქს არა აქვს ფასი,
სამარცხვინოა არაფრის მქონემ
სხვებს შენს საქებრად დაუდგა თასი.

გასაჭირი რომ თავზე დაგატყდეს,
შეურიგდები სიავეს ბედის;
მაგრამ ვერ იტანს ხარვეზს ქაღალდის
ვერც ერთი ბწკარი, ვერც ერთი გვერდი.

სახელს ნუ ეძებ, იყავი ჩრდილში
დამალე ყველა შენი სურვილი,
ვით იმალება მიდამო ნისლში
უკუნის ბინდით შემობურვილი.

შენს ნაკვალევზე ივლიან სხვები,
არ გამორჩებათ მტკაველი ერთი,
შენ შენი მარცხის ან წარმატების,
თვით ნუ იქნები მსაჯული ღმერთი.

არ შეიცვალო სახის იერი,
ეს ფიქრი გქონდეს, ძმაო, მუდამ დღე,
იყავ ცოცხალი და ნებიერი,
იყავ ცოცხალი ბოლო წუთამდე.“

ლიტერატურა

1. Ивин А.А. Искусство правильно мыслить. М.: Просвещение, 1986.
2. Френкель Л.И. На заре новой физики. Л.: Наука, 1970.
3. შოშიაშვილი შ. კოსმოსური სამყაროსა და სულის უკვდავების შესახებ. თბილისი: ნეკერი 2004.
4. კოსტავა მ. ფიქრები საქართველოს მისიანზე. თბილისი: საქართველო 1981.
5. Бокштейн С.З. Воспитать молодого ученого. ВИАМ, 1984.
6. Эриднев П.Э. Аналогия в математике. М.: Знание, 1970.
7. Френкель В.Я., Френкель Я.И. М.-Л.: Наука, 1966.
8. Фейман Л.С. Фейнмановские лекции по физике. Т.2.
9. Окунь Л.Б. Три эпизода о Д.Сахарове.
10. Инхетвен Р. Эвристика и аналогии в технических науках. Философия техники в ФРГ. М.: Прогресс, 1989.
11. Пономарев Л.И. Под знаком кванта. М.: Наука, 1988.
12. Ферми Э. Лекции по квантовой механике. М: Мир, 1968.
13. Медвецкий П.И. Проблемное обучение физике. Кишинев: Штиница, 1983.
14. Эмпახер А. Сила аналогии. М.: Мир, 1965.

შინაარსი

წინასიტყვაობა	3
შესავალი	5
ანალოგია - მსგავსების გადატანა	8
თვისებათა მსგავსება და განსხვავება	12
მიმსგავსებათა გარანტია	14
ანალოგიები ხელოვნებაში	18
გაგება ანალოგიის მიხედვით	24
ანალოგიები ოკულტიზმის მეცნიერებაში	23
რა არის მთავარი ახალგაზრდა მეცნიერის აღზრდაში	34
მეცნიერების სიყვარული	35
გაკვირვების უნარი	37
მოლოდინის უნარი	39
გონებრივი დასკვნები მათემატიკურ ანალოგიაში	40
განზოგადება და ანალოგია	47
ანალოგიების ძიება ამოცანების ამოხსნისას	54
ანალოგია მათემატიკაში	58
დამოუკიდებლობის მნიშვნელობა სამეცნიერო მუშაობისას	64
მეცნიერული გამოკვლევის შედეგიანობა	66
თემის არჩევანი და თემატიკის ცვლა	67
თემატიკის შეცვლა	70
მოვლენათა მექანიზმის ამხსნელი ანალოგიები	73
ანალოგიები ფიზიკაში	75
„ზედაპირული“ ანალოგიები სივრცე - დროის ფიზიკაში	81
„იდეთა დრამა“ და ეთერის მისტიციზმი	85
ფორმალური მათემატიკური ანალოგიები ფიზიკაში	91
აღმოჩენა და გამოგონება ანალოგიების მიხედვით	100
კვანტური ფიზიკა და ოპტიკურ-მექანიკური ანალოგია	103
ინტუიცია	115
მოდელებისა და ჰიპოთეზების როლი	118
პროფესიონალიზმი მეცნიერულ მუშაობაში	121

რით დავიწყოთ?	122
ფაქტებისა და მეთოდის როლი	123
ანალოგიათა გამოყენება ანალიზური კვლევისას	127
ფიზიკის პრობლემური სწავლების ფსიქოლოგიური საფუძვლები	132
ანალოგური მანქანები	138
შედეგების განხილვა	150
ინდივიდუალური და კოლექტიური საწყისები	155
მასწავლებლისა და მოსწავლის ურთიერთდამოკიდებულება	156
ლიტერატურა	166



რედაქტორები: ი. სემიკინა, თ. ცისკარიშვილი
ტექნიკური რედაქტორი ნ. ცირეკიძე
კორექტორი ნ. დოლიძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა ხ. ქორთიაშვილის

გადაეცა წარმოებას 09.12.2003 წ. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
07.02.2005 წ. ქაღალდის ზომა 60X84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 10.5.
სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 9. ტირაჟი 100 ეგ ზ. შეკვეთა № 19

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“ თბილისი,
კოსტავას 77

