

ლევ ლანდაუ, იური რუმბინი

რა არის ფარლოზიტოზის თეორია



გამომცემლობა „საბოთა საქართველო“
თბილისი—1985

თანამედროვე ფიზიკა ფარდობითობის თეორიის გარე-
შე წარმოდგენელია. ეს თეორია მკითხველთა საკმაოდ
ფართო წრისათვის „ძნელად“ გასაგებ თეორიათა რიცხვს
შეეკუთვნება. აი, რატომ არის განსაკუთრებით ძვირფასი,
რომ ფარდობითობის თეორიის ძირითად დებულებებსა და
იდეებს მკითხველი უშუალოდ „პირველი წყარობისაგან“
იღებს. ამ წიგნის ავტორები კი არიან: აკადემიკოსი, ლენინ-
ისა და ნობელის პრემიის ლაურეატი, აწ განსვენებული
ლევ ლანდაუ და პროფესორი იური რუმერი.

ბოლოსიტყვაობაში: ჩართული სამი მასალა აღადგენს
ლანდაუს — ამ შესანიშნავი მეცნიერისა და ადამიანის — სა-
ხეს.

თ ა რ ბ მ ნ ა ლ. ჯ(აქიან)

მესამე რუსული გამოცემის წინასიტყვაობა

განგება მიძღვრებს და ამ წინასიტყვაობას მართო მე ვაწერ ხელს. ახლა. როცა მესამე გამოცემა გამოდის, ლევ ლანდოუ უკვე აღარ არის ჩვენს შორის.

შესაძლებლად ვერ მიუჩინებ რაიმე შემეცვალა ჩვენს მიერ ერთად დაწერილ ტექსტში.

მაგრამ აზრად მომივიდა, რომ კარგი იქნება დავეხმარო დღევანდელ ახალგაზრდა მკითხველს წარმოიდგინოს ლანდაუს — ამ შესანიშნავი მეცნიერისა და აღამიანის — ცოცხალი სახე. იმედი მაქვს, სამი სტატია, რომელიც წიგნს ბოლოში აქვს დართული, ნაწილობრივ მაინც მიადწევს მიზანს.

იური რუმერი

აინშტაინის მიერ ფარდობითობის თეორიის შექმნის შომენტიიდან სამოცდაათი წელი გავიდა. ამ ხნის განმავლობაში ეს თეორია, რომელიც ოდესღაც ბევრს გონების პარადოქსალურ თამაშად ეჩვენებოდა, ფიზიკის ერთ-ერთ ქვაკუთხედად იქცა. თანამედროვე ფიზიკა ფარდობითობის თეორიის გარეშე თითქმის ისევე შეუძლებელია, როგორც ატომებდა და მოლეკულებზე წარმოდგენის გარეშე. ძნელიც კი არის ჩამოთვალო ის მრავალრიცხოვანი ფიზიკური მოვლენები, რომელთა ახსნა შეუძლებელი იქნებოდა ფარდობითობის თეორიის გარეშე. მის საფუძველზე იქმნება ისეთი ურთულესი ხელსაწყოები, როგორცაა „ელემენტარული“ ნაწილაკების ამჩქარებლები, მის საფუძველზე ხდება ბირთვული რეაქციების გათვლა და სხვ.

სამწუხაროდ, სპეციალისტთა ვიწრო წრის გარდა ფარდობითობის თეორიას ნაკლებად იცნობენ. რა თქმა უნდა, ეს თეორია „მწელად“ გასაგებ თეორიათა რიცხვს მიეკუთვნება და შეუძლებელია მოსთხოვო არაფიზიკოსს თავისუფლად ერკვეოდეს მის საკმაოდ რთულ მათემატიკურ აპარატში.

მიუხედავად ამისა, ვეარაუდობთ, რომ ფარდობითობის თეორიის ძირითადი იდეები და წარმოდგენები შეიძლება გადმოიცეს ისე, რომ გასაგები იყო მკითხველთა საკმაოდ ფართო წრისათვის.

ვიმედოვნებთ, მკითხველს, ჩვენი წიგნის გაცნობის შემდეგ, აღარ

მოეჩვენება, თითქოს ფარდობითობის თეორია. ამტკიცებდეს, რომ „სამყაროში ყველაფერი ფარდობითია“ პირიქით, იგი დაინახავს რომ ფარდობითობის თეორია, ისევე როგორც ყოველგვარი ფიზიკური თეორია, არის მოძღვრება ობიექტური კვლევების შესახებ, რომელიც არ ემორჩილება არავის სურვილებსა და გემოვნებს. სიერცეზე, დროსა და მასაზე ძველებური წარმოდგენების უარყოფით ჩვენ მხოლოდ უფრო ღრმად ვიჭრებით სამყაროს აგებულების სინამდვილეში.

ავტორები

ზარღობითობა, რომელსაც შევიჩვიეთ ჩვენ

ბანა ყოველგვარ მტკიცებას გააჩნია აზრი?

როგორცა ჩანს, არა. თუ ავიღებთ საკმაოდ აზრიან სიტყვებს და მათ გრამატიკული წესების სრული დაცვით შევავერთებთ, შესაძლოა მაშინაც კი სრული უაზრობა მივიღოთ. მაგალითად, მტკიცებას „ეის წყალი სამკუთხაა“ ძნელია რაიმე აზრი მიაწერო.

სამწუხაროდ, ყველა უაზრობა როდია ასე ცხადი. ძალიან ხშირად, ერთი შეხედვით სრულიად საზრიანი მტკიცება მკაცრი ანალიზის შემდეგ მაინც სრულ უაზრობას წარმოადგენს.

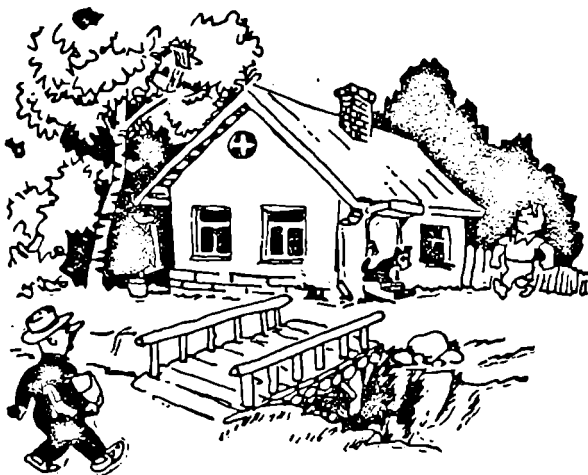
მარჯვენა და მარცხენა

გზის რომელ — მარჯვენა თუ მარცხენა მხარეს დგას სახლი? ამ კითხვაზე პასუხის ერთბაშად გაცემა შეუძლებელია.

თუ ხიდის გავლით მივდივართ ტყისკენ, მაშინ სახლი იქნება მარცხენა მხარეს, თუკი პირიქით — ტყიდან ხიდის მიმართულებით, სახლი მარჯვენა მხარეს აღმოჩნდება. ცხადია, როცა საუბარია გზის მარჯვენა თუ მარცხენა მხარეზე, შეუძლებელია მხედველობაში არ მივიღოთ მიმართულება, რომლის მიმართაც არის მითითებული მარჯვენა თუ მარცხენა მხარე.

მდინარის მარჯვენა მხარის შესახებ საუბარს იმიტომ აქვს აზრი, რომ წყლის დინება განსაზღვრავს მდინარის მიმართულებას. ანალოგიურად იმისა, იმის მტკიცება, რომ მანქანა მარჯვენა მხარეზე მოძრაობს, ჩვენ მხოლოდ იმიტომ შეგვიძლია, რომ ავტომობილის მოძრაობა გამოყოფს გზის ერთ-ერთ მიმართულებას.

ამგვარად, ცნება „მარჯვენა“ და „მარცხენა“ ფარდობითია: ისინი



ნახ. 1

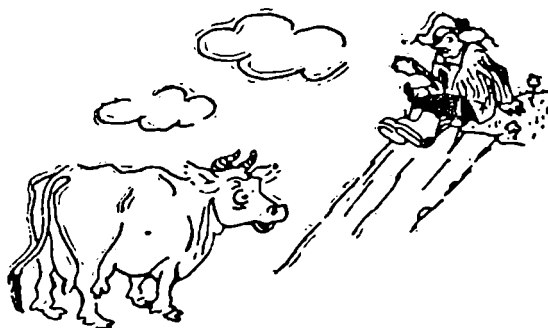
აზრს მხოლოდ მაშინ იძენენ, როცა ნაჩვენებია მიმართულება, რომლის მიმართაც არის მოცემული განმარტება.

ახლა დღეა თუ ღამე?

პასუხი დამოკიდებულია იმაზე, თუ სად არის დასმული კითხვა. როცა მოსკოვში დღეა, ვლადივოსტოკში — ღამეა. აქ არავითარი წინააღმდეგობა არ არსებობს. უბრალოდ დღე და ღამე — ფარდობითი ცნებებია და დასმულ კითხვაზე პასუხის გაცემა შეუძლებელია, თუ არ იქნება ნაჩვენები დედამიწის რომელ წერტილს ეხება საუბარი.

305 უფრო დიდია?

ზედა ნახატზე მწყემსი აშკარად დიდია ძროხაზე, ქვედაზე — ძროხა უფრო დიდია მწყემსზე. და აქაც არ არსებობს რაიმე წინააღმდეგობა. საკმე ის არის, რომ დამკვირვებლების მიერ ეს ნახატები გაკეთებულია სხვადასხვა წერტილიდან: ერთი ძროხასთან ახლო იდგა, მეორე — მწყემსთან. სურათისათვის არსებითია არა სხეულების ნამდვილი



ნახ. 2

ზომები, არამედ კუთხე. რომელითაც ჩვენ მათ ვხედავთ. სხეულების ეს კუთხური ზომები, როგორც ჩანს, ფარდობითია. სხეულების კუთხურ ზომებზე საუბარი უაზროა, თუ არ იქნება ნაჩვენები წერტილი სივრცეში, საიდანაც დაკვირვება ხდება. მაგალითად, თუ ვიტყვი: ეს კოშკი 45° -იანი კუთხით ჩანს, — არაფერს ნიშნავს, მაგრამ მტკიცებას, რომ ეს კოშკი ჩანს 45° -იანი კუთხით და მანძილი დაკვირვების წერტილამდე 15 მეტრია, აზრი აქვს და ამ მტკიცებიდან გამოდის, რომ კოშკის სიმაღლე 15 მეტრია.

თუ დაკვირვების წერტილს მცირე მანძილით გადავადგილებთ, მაშინ კუთხური ზომებიც მცირე სიდიდეებით შეიცვლება. ამიტომ კუთხური ზომებით ხშირად სარგებლობენ ასტრონომიაში. ვარსკვლავურ რუკებზე მიუთითებენ ვარსკვლავთა შორის კუთხურ მანძილებზე, ანუ იმ კუთხეზე. რა კუთხითაც ჩანს მანძილი ვარსკვლავთა შორის დედამიწიდან.

ცნობილია, რომ რანაირადაც არ უნდა ვიმოძრაოთ დედამიწაზე. დედამიწის სფეროს რომელი წერტილიდანაც არ უნდა ვუცქიროთ ვარსკვლავიან ცას. ვარსკვლავებს ერთმანეთისაგან მუდამ ერთსა და იმავე მანძილზე დაშორებულთ დავინახავთ. ეს იმითაა გაპირობებული, რომ ვარსკვლავები წარმოუდგენლად დიდი მანძილით არიან ჩვენგან დაშორებული და ამ მანძილთან შედარებით დედამიწაზე ჩვენი გადაადგილება იმდენად უმნიშვნელოა. რომ მისი უგულებელყოფა შეიძლება. ამიტომ, მოცემულ შემთხვევაში, კუთხური ზომები შეიძლება აბსოლუტურ ზომებად ჩაითვალოს.

თუ მივიღებთ მხედველობაში მზის გარშემო დედამიწის ბრუნვას, კუთხური ზომის ცვლილება შესამჩნევი გახდება. თუმცა ეს ცვლილება მაინც უმნიშვნელო იქნება. თუკი დაკვირვების წერტილს რომელიმე ვარსკვლავზე. მაგალითად, სირიუსზე გადავიტანთ, მაშინ ყველა კუთხური ზომა ისე შეიცვლება, რომ ჩვენს ცაზე ერთმანეთისაგან შორს მდებარე ვარსკვლავები შეიძლება ერთმანეთის ახლო „აღმოჩნდნენ“ და პირიქით.

აბსოლუტური შარლოზითი აღმოჩენა

ჩვენ ხშირად ვამბობთ: ზევით, ქვევით, ეს ცნებები აბსოლუტურია თუ ფარდობითი?

ამ კითხვაზე ადამიანები სხვადასხვა დროს სხვადასხვაგვარად პასუხობდნენ. როცა ადამიანებმა ჯერ კიდევ არაფერი იცოდნენ დედამიწის სფეროსებრი ფორმის შესახებ და იგი ბლინის მსგავსად ბრტყელ ხელაპირად მიაჩნდათ, ვერტიკალური მიმართულება აბსოლუტურ ცნებად ითვლებოდა. ამასთან ივარაუდებოდა, რომ დედამიწის ყოველ წერტილში ვერტიკალის მიმართულება ერთნაირი იყო და სრულიად

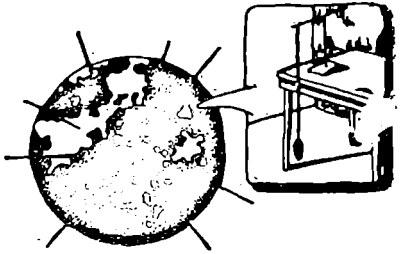
ბუნებრივად მიაჩნდათ ლაპარაკი აბსოლუტურ „ზევითასა“ და აბსოლუტურ ქვევითაზე“.

როცა აღმოჩნდა, რომ დედამიწა სფეროსებრია, ადამიანთა აზროვნებაში ვერტიკალის ცნება... შეირყა.

მართლაც, დედამიწის სფეროსებრი ფორმის შემთხვევაში ვერტიკალია მიმართულება არსებითად დედამიწის ამ წერტილის მდგომარეობაზეა დამოკიდებული.

რომელზედაც გადის ვერტიკალი.

დედამიწის სხვადასხვა წერტილში ვერტიკალის მიმართულება სხვადასხვა იქნება. რამდენადაც ზედასა და ქვედას ცნებამ, დედამიწია ზედაპირზე წერტილის მდებარეობის მითითების გარეშე, აზრი დაკარგა. ამდენად ეს ცნება აბსოლუტურიდან ფარდობითად გადაიქცა. სამყაროში არ არსებობს რაღაც ერთიანი ვერტიკალური მიმართულება. ამიტომ სივრცეში ნებისმიერი მიმართულების განსაზღვრისათვის, ჩვენ შეგვიძლია დედამიწის ზედაპირზე მიუუთითოთ წერტილი, სადაც ეს მიმართულება ვერტიკალური აღმოჩნდება.



ნახ. 3

„სალი აზრი“ გააკოტმსტეპას ცდილოვს

ყოველივე ეს ახლა ისეთ სინამდვილედ გვეჩვენება, რომ არავითარ ეჭვს არ იწვევს. ამასთან ისტორია ადასტურებს, რომ ზედასა და ქვედას ფარდობითობის გაგება კაცობრიობისათვის არც თუ ისე ადვილი იყო. ადამიანებს ახასიათებთ მიაწერონ ცნებებს აბსოლუტური მნიშვნელობა, თუკი მათი ფარდობითობა ყოველდღიური დაკვირვებებით ნათლად არ არის გამოკვეთილი (როგორც „მარჯვენას“ და „მარცხენას“ შემთხვევაში).

გავიხსენოთ რა სასაცილო მოსაზრებით ცდილობენ ჯერ კიდევ შუა საუკუნებიდან უარყონ დედამიწის სფეროსებრი ფორმა: ადამიანებმა თავდაყირა როგორ უნდა იარონო?!

ამ მოსაზრების ბეცდარობა იმაში მდგომარეობს, რომ არ ცნეს ვერტიკალის ცნება.

ტიკალის ფარდობილობა, რაც დედამიწის სფეროსებრი ფორმიდან გამომდინარეობს

რა თქმა უნდა, თუკი ვერტიკალის ფარდობითობა არ იქნება მიღებული და ჩავთვლით, რომ მოსკოვში ვერტიკალის მიმართულება აბსოლუტურია, მაშინ, უდავოდ, ახალი ზელანდიის მკვიდრნი თავდაყირა დადიან. მაგრამ, ამასთან უნდა გვახსოვდეს, რომ ახალზელანდიელთათვის ჩვენც თავდაყირა დავდივართ. აქ არავითარი წინააღმდეგობა არ არსებობს, რამდენადაც ვერტიკალური მიმართულება ნამდვილად ფარდობითი ცნებაა და არა აბსოლუტური.

შევნიშნავთ, რომ ჩვენ ვერტიკალის ფარდობითობის რეალური მნიშვნელობის შეგარძნებას მაშინ ვიწყებთ, როცა დედამიწის ზედაპირზე ორ საკმაოდ დაშორებულ ნაკვეთებს ვიხილავთ, მაგალითად, მოსკოვსა და ახალ ზელანდიას. მაგრამ, თუ ჩვენ ორ ახლომდებარე ნაკვეთებს ვაკვირდებით, მაგალითად, მოსკოვში მდებარე ორ სახლს, მაშინ პრაქტიკულად შეიძლება ვიგულისხმოთ, რომ ყველა ვერტიკალური მიმართულება ურთიერთპარალელურია, ანუ ვერტიკალური მიმართულება ჩავთვალოთ აბსოლუტურად.

და თუ მოგვიწევს საქმე გვექონდეს ნაკვეთებთან, რომლებიც სიდიდით დედამიწას ეტოლება, აბსოლუტური ვერტიკალის გამოყენების ცდა უაზრობამდე და წინააღმდეგობამდე მიგვიყვანს.

ჩვენს მიერ განხილული მაგალითები გვიჩვენებენ, რომ ის ცნებები რომლებითაც ჩვენ ვსარგებლობთ, მრავალი ფარდობითს წარმოადგენს, ანუ აზრს იძენს მხოლოდ მაშინ, როცა მითითებულია პირობები, რომელშიაც დაკვირვება ხდება.

ერთი და იგივე აღვილია თუ არა?

ხშირად ვამბობთ, რომ რომელიღაც ორი შემთხვევა ერთსა და იმავე ადგილზე მოხდა, და ისე მივეჩვიეთ ამას, რომ მზად ვართ ამ მტკიცებას აბსოლუტური მნიშვნელობა მივაწეროთ. სინამდვილეში კი იგი არაფერს არ ნიშნავს! ეს იგივეა რომ ვთქვათ: ახლა ხუთი საათია და არ მივუთითოთ სად არის ხუთი საათი — მოსკოვში თუ ჩიკაგოში.

ამაში რომ გავერკვეთ, წარმოვიდგინოთ, ვითომ ორმა მგ? ავრმა ქალმა მოილაპარაკა და დადო პირობა ყოველ დღე შეხვდნენ ერთმა-



ნახ. 4

ნეთს მოსკოვი-ვლ-დეგოსტოკის ექსპრესის ვაგონის ერთსა და იმავე ადგილზე და მისწერონ თავიანთ მეუღლეებს წერილები. მაგრამ ქსრები აღბათ არ დაიჭერებენ, რომ მათი ცილები სივრცის ერთსა და იმავე ადგილზე ხედებიან ერთმანეთს. პირველი, მათ აქვთ სრული საფუძველი ამტკიცონ, რომ ეს ადგილები ასევე კოლომეტრით არიან დაშორებულნი ერთმანეთისაგან. ძალიან ღებოთ იბდნენ წერილებს იაროსლაველიდან და პერმიდან, სვერდლოვსკიდან და ტიუმენიდან, ომსკიდან და ხაბაროვსკიდან.

ამგვარად, ეს ორი შემთხვევა-წერილების წერა მგზავრობის პირველ და მეორე დღეს — მოგზაურთა თვალთახედვით, ერთსა და იმავე ადგილზე ხდებოდა, ხოლო ქმრების თვალთახედვით, დაცილებული იყო ერთმანეთისაგან ასეული კილომეტრით.

ვინ არიან მართლები — მგზავრები თუ მათი მეუღლეები?

ჩვენ არავითარი მიზეზი არ გავაჩნია, რომ მათ შორის რომელიმეს რაიმე უპირატესობა მივანიჭოთ. ნათლად ვხედავთ, რომ ცნებას „სივრცის ერთი და იგივე ადგილის“ შესახებ მხოლოდ ფარდობითი აზრი გააჩნია.

მსგავსად ამისა, მტკიცებას, რომ ცის თაღზე ორი ვარსკვლავი ერთმანეთს თანხვდება, იმდენად აქვს აზრი, რამდენადაც მითითებულია, რომ დაკვირვება დედამიწიდან ხდება. საუბარი იმის შესახებ, რომ ორი შემთხვევა თანხვდება სივრცეში, მხოლოდ მაშინ არის შესაძლებელი, როცა მითითებულია ის სხეულები, რომელთა მიმართ განისაზღვრება ამ შემთხვევათა ადგილსამყოფელი.

ამგვარად, სივრცეში მდებარეობის ცნებაც ასევე ფარდობითია. როცა ჩვენ ვამბობთ სივრცეში სხეულის მდებარეობის შესახებ, ყოველთვის ვგულისხმობთ მის მდებარეობას სხვა სხეულების მიმართ. მაგრამ თუ მოვიტხოვეთ, რომ სხეულის მდებარეობის განმსაზღვრელი კითხვის პასუხში არ იყოს ნახსენები სხვა სხეულებიც, მაშინ ასეთი კითხვა უაზროდ უნდა ჩაითვალოს.

სინამდვილეში როგორ მოძრაობს სხეული?

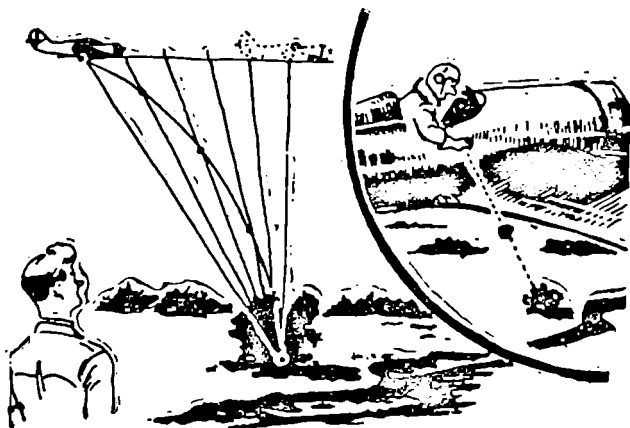
ნათქვამიდან ჩანს, რომ ფარდობითია აგრეთვე „სივრცეში სხეულის გადაადგილების“ ცნება. თუ ვამბობთ, რომ სხეული გადაადგილდა, ეს ნიშნავს მხოლოდ იმას, რომ მან შეიცვალა თავისი მდებარეობა სხვა სხეულების მიმართ.

თუკი სხეულის გადაადგილებას ვაკვირდებით ერთმანეთის მიმართ მოძრავი სხეულებს ლაბორატორიიდან, მაშინ ეს მოძრაობა სრულიად განსხვავებულად გამოიყურება.

მიფრინავს თვითმფრინავი. თვითმფრინავიდან ავღებენ ქვას. თვითმფრინავის მიმართ ქვის ვარდნა წრფეს წარმოადგენს, დედამიწის მიმართ კი მრუდს. ანუ პარაბოლას.

და მაინც როგორ მოძრაობს ქვა სინამდვილეში?

ამ კითხვას იმდენადვე მცირე აზრი აქვს, როგორც კითხვას:



ნახ. 5

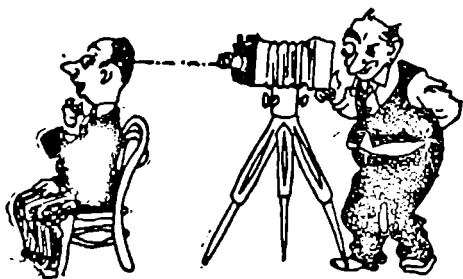
რა კუთხით მოჩანს მთვარე სინამდვილეში? რა კუთხით დაიძვირება იგი შვიდან ანდა, რა კუთხით ვხედავთ მას დედამიწიდან?

იმ მრუდის გეომეტრიულ ფორმას, რომელზედაც სხეული მოძრაობს, ისეთივე ფარდობითი ხასიათი აქვს, როგორც იმ შენობის ფოტოსურათს, რომელსაც სურათი გადავუღეთ, წინიდან ან უკნიდან და მივიღეთ განსხვავებული სურათები, ასევე მივიღებთ სხეულის მოძრაობის სხვადასხვა სახის მრუდს, თუ მის მოძრაობას სხვადასხვა ლაბორატორიიდან დავაკვირდებით.

განა უველა თვალთახედვანა ტოლფასიჲ

სივრცეში სხეულის მოძრაობაზე დაკვირვებისას ჩვენი ინტერესტრაექტორიის ფორმის შესწავლით რომ შემოფარგლულიყო (ასე ეწოდება მრუდს, რომელზედაც სხეული მოძრაობს), მაშინ დაკვირვებისათვის ადგილის შერჩევის საკითხი იმ მოსაზრებით გადაწყდებოდა, თუ საიდან უფრო მარტივი და მოხერხებული იქნებოდა გამოსახულების მიღება.

კარგი ფოტოგრაფი სურათის გადასაღებად გარდა იმისა, რომ ადგილს აირჩევს, ამავე დროს მომავალი სურათის სილამაზესა და კომპოზიციანზედაც ზრუნავს. მაგრამ, სივრცეში სხეულის გადაადგი-



ნახ. 6

ჩვენ იმ კანონების ცოდნა გვინდა, რომლებიც მართავენ მოძრაობას, აიძულებენ სხეულს იმოძრაონ ასე, და არა სხვაგვარად.

თუ ამ თვალთახედვით განვიხილავთ საკითხს მოძრაობის ფარდობითობის შესახებ, გამოირკვევა, რომ სივრცეში ყოველგვარი მდებარეობა ტოლფასი არ არის. მაგალითად, თუ ჩვენ გვსურს სამსახურებრივი მოწმობისათვის სურათის გადაღება. ბუნებრივია, ფოტოგრაფმა სურათი სახის მხრიდან უნდა გადაგვიღოს და არა პირიქით. სწორედ ეს სურვილი განსაზღვრავს სივრცეში იმ წერტილის მდებარეობას, საიდანაც უნდა გადაიღოს სურათი ფოტოგრაფმა. ყველა სხვა მდებარეობა შეუთავსებლად უნდა ჩაითვალოს დასმული პირობის შესასრულებლად.

უძრავი ნაოპნი

სხეულთა მოძრაობაზე გავლენას ახდენს გარეშე ზემოქმედება, რასაც ჩვენ ძალებს ვუწოდებთ. ამ ზემოქმედების გავლენის შესწავლა საშუალებას მოგვცემს ახლებურად მივუღვეთ მოძრაობის საკითხს.

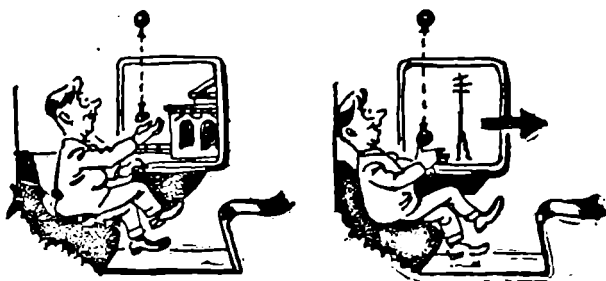
წარმოვიდგინოთ, რომ ჩვენს განკარგულებაშია სხეული, რომელზედაც არავითარი ძალები არ მოქმედებენ. იმისდა მიხედვით თუ საიდან ვაკვირდებით ამ სხეულს, მისი მოძრაობა სხვადასხვანაირი, ცოტად თუ ბევრად უცნაური იქნება. მაგრამ შეუძლებელია არ ვალიაოთ, რომ ყველაზე ბუნებრივი იქნება, დამკვირვებლის ისეთი მდებარეობა, რომლის დროსაც სხეული უძრავოდ, უძრავ მდგომარეობაში აღმოჩნდება.

ამგვარად, ჩვენ უკვე შეგვიძლია უძრავობას მივცეთ სრულიად

ახალი განმარტება, რომელიც არ იქნება დამოკიდებული სხვა სხეულების მიმართ მოცემული სხეულის გადაადგილებაზე. მაშასადამე: სხეული რომელზედაც არავითარი გარეშე ძალა არ მოქმედებს, უძრავობის მდგომარეობაში იმყოფება.

უძრავი ლაბორატორია

როგორ შევქმნათ უძრავობის მდგომარეობა? როდის იშეიძლება ვიყოთ დარწმუნებული იმაში, რომ სხეულზე არავითარი ძალა არ მოქმედებს?



ნახ. 7

ამისათვის, როგორც ჩანს, ჩვენი სხეული უნდა გავარიღოთ ყველა სხვა სხეულს, რომლებსაც კი შეუძლია მასზე ზემოქმედების მოხდენა.

ასეთი უძრავი სხეულებისაგან, აზრობრივად მაინც, ჩვენ შეგვიძლია მთელი ლაბორატორია ავაგოთ და ახლა უკვე ამ ლაბორატორიიდან, რომელსაც უძრავ ლაბორატორიას ვუწოდებთ, დაკვირვების საფუძველზე ვისაუბროთ მოძრავობის თვისებების შესახებ.

თუკი რომელიმე სხვა ლაბორატორიაში დაკვირვებული მოძრავობის თვისებები განსხვავდება უძრავ ლაბორატორიაში დაკვირვებული მოძრავობის თვისებებისაგან, მაშინ სრული უფლება გვაქვს ვამტკიცოთ, რომ პირველი ლაბორატორია მოძრავობს.

მას შემდეგ, რაც დავადგინეთ, რომ მოძრავ ლაბორატორიებში მოძრაობა სრულიად სხვა კანონებით მიმდინარეობს, ვიდრე უძრავში, მოძრაობის ცნებამ თითქოს-



ნახ. 8

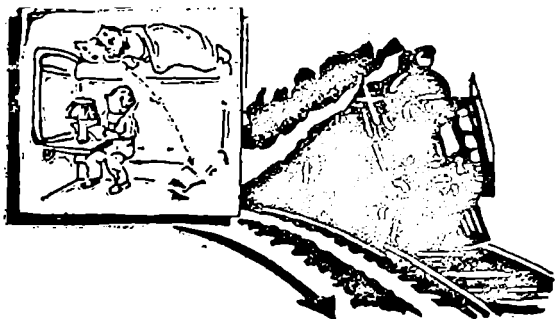
და დაჰკარგა თავისი ფარ-ლობითი. ხასიათი: შემდგომში, როცა საუბარი გვექნება მოძრაობის შესახებ, მხოლოდ ისეთ მოძრაობას უნდა ვუწოდოთ აბსოლუტური, რომელსაც უძრაობის მიმართ ვგულისხმობთ, მაგრამ ლაბორატორიის ყოველი გადაადგილების დროს შევნიშნავთ სხეულთა მოძრაობის იმ კანონებიდან გადახრას, რომლებიც დაცული იყო უძრავ ლაბორატორიაში?

ჩავსხდეთ მატარებელში, რომელიც მოძრაობს მუდმივი სიჩქარით გზის სწორხაზოვან მონაკვეთზე. დავაკვირდეთ ვაგონში არსებული სხეულების მოძრაობას და შევადაროთ იგი იმას, რაც ხდება უძრავ მატარებელში.

ყოველდღიური დაკვირვებებით შეიძლება დავადგინოთ, რომ სხეულების მოძრაობა უძრავსა და წრფივად და თანაბრად მოძრავ მატარებელში აბსოლუტურად ერთნაირია. ყველასათვის ცნობილია, რომ მოძრავ ვაგონში ვერტიკალურად ზევით ასროლილი ბურთი იმავე გზით ბრუნდება უკან და მოძრაობისას არ შემოხაზავს მრუდს, როგორც ეს გამოსახულია მე-15 გვერდზე.

თუკი არ მივაქცევთ ყურადღებას ტექნიკური მიზეზებით გამოწვეულ რყევებს, თანაბრად მოძრავ ვაგონში ყოველივე ისე მიმდინარეობს როგორც უძრავში.

სულ სხვაგვარად წარმოდგება საქმე, თუ ვაგონი აჩქარებს ან შეანელებს მოძრაობას. პირველ შემთხვევაში ჩვენ შევიგრძნობთ



ნახ. 9

ბიძგს წინ, მეორე შემთხვევაში — უკან და ნათლად ვიგრძნობთ განსხვავებას უძრაობის მდგომარეობასთან შედარებით.

თუ თანაბრად მოძრავი ვაგონი შეიცვლის მოძრაობის მიმართულებას, ჩვენ ამასაც ვიგრძნობთ. მკვეთრ მოსახვევებში მარჯვნივ მოხვევისას ვაგონის მარცხენა მხარეს გადავიხრებით, მარცხნივ მოხვევისას კი — მარჯვნივ.

ამ დაკვირვებათა დაჯამებით, შემდეგ დასკვნამდე მივდივართ: სანამ რომელიმე ლაბორატორია თანაბრად და წრფივად მოძრაობს უძრავი ლაბორატორიის მიმართ, მასში, ისევე როგორც უძრავ ლაბორატორიაში, სხეულების მოქმედება ერთნაირია და რაიმე განსხვავების აღმოჩენა შეუძლებელია. მაგრამ, როგორც კი შეიცვლება მოძრავი ლაბორატორიის სიჩქარის სიდიდე (აჩქარება ან შენელება) ანდა მიმართულება (შემობრუნება), იგი იმ წამსვე მოახდენს ზემოქმედებას მასში მოთავსებულ სხეულებზე.

უძრაობა საბოლოოდ დაიპარა

წრფივად და თანაბრად მოძრავი ლაბორატორიის გასაოცარი თვისება, გავლენა არ მოახდინოს მასში მოთავსებულ სხეულთა მდგომარეობაზე, გვაიძულებს გადავსინჯოთ უძრაობის ცნება. თურმე უძრაობისა და თანაბარწრფივი მოძრაობის მდგომარეობა არაფრით არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ლაბორატორია, რომელიც უძრავი ლაბორატორიის მიმართ თანაბრად და წრფივად მოძრაობს, თვითონვე შეიძლება ჩაითვალოს უძრავად. ეს იმას ნიშნავს, რომ არსებობს არა

2. ლანდ. თ. რუმერის

მარტო ერთი აბსოლუტური უძრაობა, არამედ უსასრულო რაოდენობის სხვადასხვა „უძრაობა“. არსებობს არა მარტო ერთი, არამედ უთვალავი „უძრავი“ ლაბორატორია, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ სხვადასხვა სიჩქარეებით მოძრაობენ თანაბრად და წრფივად.

რამდენადაც უძრაობა ფარდობითია და არა აბსოლუტური, ამდენად ყოველთვის გვიხდება მიუუთითოთ, ერთმანეთის მიმართ თანაბრად და წრფივად მოძრავ უსასრულოდ ბევრი ლაბორატორიიდან რომლის მოძრაობას ვადევნებთ თვალყურს.

ამგვარად, ჩვენ მაინც ვერ მოვახერხებთ მოძრაობის ცნება გაგვხება და აბსოლუტური.

ყოველთვის უპასუხოდ რჩება კითხვა: რომელი „უძრაობის მიმართ ვიხილავთ მოძრაობას?“

ამგვარად, ჩვენ მიველით ბუნების უმნიშვნელოვანეს კანონამდე. რომელსაც ჩვეულებრივად მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპს უწოდებენ.

იგი შემდეგნაირად გამოითქმის: ყოველ ლაბორატორიაში, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ თანაბრად და წრფივად მოძრაობენ, სხეულების მოძრაობა ერთნაირი კანონებით წარიმართება.

ინერციის კანონი

მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპიდან გამომდინარეობს, რომ სხეული, რომელზედაც არავითარი ძალა არ მოქმედებს, შეიძლება ამყოფებოდეს არა მარტო უძრავ, არამედ თანაბრად და წრფივად მოძრაობის მდგომარეობაში. ამ დებულებას ფიზიკაში ინერციის კანონს უწოდებენ. თუმცა ყოველდღიურ ცხოვრებაში ეს კანონი მიჩქმალულია და უშუალოდ არ მქადავდება. თანაბრად და წრფივად მოძრავმა სხეულმა, თუ მასზე გარეშე ძალები არ იმოქმედებენ. უსასრულოდ უნდა იმოძრაოს, მაგრამ დაკვირვებებით ცნობილია, რომ სხეულები, რომლებზეც რაიმე ძალით არ ემოქმედებთ, ჩერდებიან.

საიდუმლოება ის არის, რომ ჩვენს მიერ დაძვერილ ყველა სხეულზე მოქმედებენ ზოგიერთი გარეშე ძალები, კერძოდ, — ხახუნის ძალები. ამიტომ პირობა, რომ სხეულზე მოქმედი გარეშე ძალები თავიდან იქნეს აცილებული, რაც ინერციის კანონზე დაკვირვებისათვის აუცილებელია — არ სრულდება. მაგრამ ცდის პირობების გაუმჯობესებით, ხახუნის ძალების თანდათანობითი შემცირებით, შე-

იძლება მივეუახლოვდეთ იმ იდეალურ პირობებს, რომლებაც აუცილებელია ინერციის კანონზე დაკვირვებისათვის და, ამგვარად, დაემატოვებოდეს ამ კანონის სამართლიანობას სხვა მოძრაობების მიმართაც, რომლებიც გვხვდება ყოველდღიურ ცხოვრებაში.

მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპის აღმოჩენა ერთ-ერთ უდიდეს აღმოჩენას წარმოადგენს. მის გერეშე შეუძლებელი იქნებოდა ფიზიკის განვითარება. ამ აღმოჩენას ჩვენ უნდა ვუმადლოდეთ გალილეო გალილეის გენიას, რომელმაც გაბედულად გაილაშქრა იმ დროს გაბატონებულ და კათოლიკური ეკლესიის ავტორიტეტით გააღიერებულ არისტოტელეს მოძღვრების წინააღმდეგ, რომლის მიხედვით მოძრაობა მხოლოდ ძალის არსებობის პირობებში იყო შესაძლებელი და მის გარეშე აუცილებლად უნდა შეწყვეტილიყო. გალილეიმ მრავალი ბრწყინვალე ცდით აჩვენა, რომ პირიქით, მოძრაობის სხეულების გაჩერების მიზეზს ხახუნის ძალა წარმოადგენს და თუ არ იქნებოდა ეს ძალა, მაშინ ერთხელ ამოძრავებული სხეული მუდმივად იმოძრაობდა.

სიჩქარეც ფარდობითია!

მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპიდან გამომდინარეობს, რომ რაღაც სიჩქარით თანაბრად და წრფივად მოძრაობის სხეულის შესახებ საუბარს, თუკი მითითებული არ იქნება ის უძრავი ლაბორატორია, რომლის მიმართაც არის გაზომილი სიჩქარე, ისევე არ ექნება აზრი. როგორც საუბარს გეოგრაფიულ ვრძელზე, თუ წინასწარ არ იქნება შეთანხმებული, რომელი მერიდიანიდან უნდა მოხდეს მისი ათვლა.

სიჩქარეც ფარდობითი ცნება აღმოჩნდა. სხვადასხვა ლაბორატორიის მიმართ ერთი და იგივე სხეულის სიჩქარის განსაზღვრისას, სხვადასხვა შედეგს მივიღებთ, მაგრამ სიჩქარის ყოველგვარ ცვლილებას იქნება იგი აჩქარება, შენელება თუ მოძრაობის მიმართულების შეცვლა, აბსოლუტური აზრი გააჩნია და იგი არ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ რომელ უძრავ ლაბორატორიაში ვაკვირდებით მოძრაობას.

თ ა ვ ი მ ე ს ა მ ე

სინათლის ტრაპეზია

სინათლე მუხისიარად როლი ვრცელდება

ჩვენ დავრწმუნდით, რომ მოძრაობის ფარდობითობას თავისი პრინციპი აქვს, დავრწმუნდით, აგრეთვე, რომ არსებობს აურაცხელი რაოდენობით „უძრავი“ ლაბორატორია, რომლებშიც სხეულთა მოძრაობის კანონები არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. მაგრამ არსებობს მოძრაობის სახეობა, რომელიც ერთი შეხედვით ეწინააღმდეგება ზემოთ არსებულ პრინციპს. ეს — სინათლის გავრცელებაა.

სინათლე მუხისიარად არ ვრცელდება, თუმცა გააჩნია ძალზე დიდი სიჩქარე — 300 000 კილომეტრი წამში.

ასეთი კოლოსალური სიჩქარის წარმოდგენაც კი ძნელია, რამდენადაც ყოველდღიურ ცხოვრებაში ჩვენ გაცილებით მცირე სიჩქარეებთან გვინდება შეხვედრა. მაგალითად, საბჭოთა კოსმოსური რაკეტის სიჩქარეც კი მხოლოდ 12 კილომეტრია წამში. ყველა იმ სხეულებიდან, რომლებთანაც კი ჩვენ საქმე გვაქვს, ყველაზე დიდი სიჩქარით მაინც დედამიწა გადაადგილდება მზის გარშემო ბრუნვის დროს, მაგრამ თვით მისი სიჩქარეც კი წამში მხოლოდ 30 კილომეტრია.

შეიძლება თუ არა სინათლის სიჩქარის მუცვლა?

თავისთავად სინათლის გავრცელების უზარმაზარი სიჩქარე არ წარმოდგება რაღაც განსაკუთრებულ საოცრებად. გასაკვირი ის არის, რომ ეს სიჩქარე მკაცრი მუდმივობით გამოირჩევა.

ყოველთვის არის შესაძლებელი ნებისმიერი სხეულის მოძრაობა ზელოვნურად ავაჩქაროთ ანდა შეეანელოთ, თუნდ ტყვიის სიჩქარეც კი. დაუხვედროთ მოძრაე ტყვიას ქვიშით ავსებული ყუთი. ყუთი და ქვიშა დააკარგვინებენ მას სიჩქარის ნაწილს და ყუთიდან გამოსული უფრო მცირე სიჩქარით იმოძრაევენ.

სრულიად სხვაგვარად არის ამ მხრივ საქმე სინათლესთან. მაშინ

როცა ტყვიის სიჩქარე დამოკიდებულია თოფის კონსტრუქციასა და დენთის ხარისხზე, სინათლის სიჩქარე სინათლის ყოველგვარი წყაროს მიუხედავად მაინც მუდმივია.

სინათლის გავრცელების გზაზე დავაყენოთ მინის ფირფიტა. სინათლის სიჩქარე შემცირდება, რამდენადაც მინაში გავლისას მისი აჩქარება-ნაკლებია, ვიდრე ვაკუუმში, მაგრამ ფირფიტიდან გამოსვლის შემდეგ სინათლე წამში კვლავ 300 000 კილომეტრი სიჩქარით გავრცელდება!

ყველა სხვა მოძრაობებისაგან განსხვავებით, სივარცელში სინათლის გავრცელებას ის მნიშვნელოვანი თვისება გააჩნია, რომ შეუძლებელია მისი აჩქარება ანდა შენელება. სინათლის სხივმა რა ცვლილებებიც არ უნდა განიცადოს ნივთიერებაში, სივარცელში გავლისას იგი ისევ ადრინდელი სიჩქარით ვრცელდება.

სინათლე და აბერა

ამ მხრივ სინათლის გავრცელება ჩვეულებრივი სხეულების მოძრაობას კი არ ჰგავს, არამედ ბგერის გავრცელების მოვლენის მსგავსია. ბგერა არის იმ გარემოს რხევითი მოძრაობა, რომელშიც იგი ვრცელდება. ამიტომ მისი სიჩქარე განისაზღვრება გარემოს თვისებებით და არა ბგერის გამომცემი სხეულების თვისებებით, ამასთან სინათლის სიჩქარის მსგავსად, შეუძლებელია ბგერის სიჩქარის შემცირება ან გაზრდა თუნდაც რაიმე სხეულში მისი გატარების გზით. მაგალითად, თუ ბგერის გავრცელების გზაზე დავაყენებთ ლითონის ტიხარს, ტიხარის შიგნით ბგერის სიჩქარე შემცირდება, მაგრამ მაშინვე აღსდგება, გაივლის თუ არა მას.

ჰაერის ტუმბოს ხუფის ქვეშ მოვათავსოთ ელექტრონათურა და ელექტროზარი. დავიწყოთ ჰაერის ამოტუმბვა. ზარის ქღერადობა თანდათანობით შესუსტდება მანამდე. სანამ მთლიანად არ შეწყდება, ნათურა კი ძველებურად გააგრძელებს ნათებას.

ეს ცდა პირდაპირ გვიჩვენებს, რომ ბგერა მხოლოდ ნივთიერ გარემოში ვრცელდება, სინათლეს კი სივარცელშიაც შეუძლია გავრცელება.

ამაში მდგომარეობს არსებითი განსხვავება მათ შორის.

სიკარიელეში სინათლის გავრცელების უზარმაზარმა, მაგრამ მაინც არა უსასრულო სიჩქარემ მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპთან კონფლიქტამდე მიგვიყვანა.

წარმოვიდგინოთ მატარებელი, რომელიც მოძრაობს უზარმაზარი სიჩქარით — 240 000 კილომეტრი წამში. დავუშვათ, ვიმყოფებით ჩვენ მატარებლის თავში, ბოლოში კი ინთება ნათურა. დავუფიქრდეთ, რა შედეგები შეიძლება მივიღოთ ამ დროის გაზომვით. რომელიც აუცილებელია მატარებლის ერთი ბოლოდან მეორემდე სინათლის მიწაღწევად.



ნახ. 10

ეს დრო, თითქოს, განსხვავებული იქნება იმ დროისაგან, რომელსაც მივიღებთ უბრავე მატარებელში, სინამდვილეში 240 000 კმ/წმ სიჩქარით მოძრავი მატარებლის მიმართ სინათლეს (წინ, მატარებლის მოძრაობის მიმართულებით) უნდა ჰქონდეს მხოლოდ და მხოლოდ 300 000—240 000—60 000 კმ/წმ სიჩქარე. სინათლე თითქოსდა ცდილობს დაეწიოს პირველი ვაგონის წინა კედელს, რომელიც მას გაუბრის. ნათურას თუ მოვათავსებთ მატარებლის თავში და გადავწყვეტთ გავზომოთ დრო, რომელიც დასჭირდება სინათლეს ბოლო ვაგონამდე მისაღწევად, მოგვეჩვენება, რომ მოძრაობის საწინააღმდეგო, მიმართულებით

სინათლის სიჩქარემ უნდა შეადგინოს $250\ 000 + 300\ 000 = 540\ 000$ კმ/წმ (სინათლე და ვაგონი ერთმანეთის შემხვედრად მოძრაობენ).

მაშასადამე, გამოდის, რომ მოძრავ მატარებელში სინათლე სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვა სიჩქარით უნდა გავრცელებულიყო, მაშინ როცა უძრავ მატარებელში ეს სიჩქარე ერთნაირია ორივე მიმართულებით.

სრულიად სხვაგვარად წარმოვიდგება საქმე ტყვიის მოძრაობისას. სულერთია როგორ ვისვრით — მატარებლის მოძრაობის თუ მის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ტყვიის სიჩქარე ვაგონის კედლების მიმართ ყოველთვის ერთი და იგივე იქნება და იგი ეტოლება უძრავ მატარებელში ტყვიის მოძრაობის სიჩქარეს.

საქმე ის არის, რომ ტყვიის სიჩქარე დამოკიდებულია იმ სიჩქარე-

ზე. რომლითაც მოძრაობს თოფი. ნათურის გადაადგილების სიჩქარე! ცელილებით კი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სინათლის სიჩქარე არ იცვლება.

ჩვენი მსაჯელობა თითქოს ნათლად გვიჩვენებს, რომ სინათლის გავრცელება მკვეთრ წინააღმდეგობაშია მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპთან. მაშინ როცა ტყვია, როგორც უიარე, ასევე მოძრავ ვაგონში კედლების მიმართ ერთი და იმავე სიჩქარით მოძრაობს. წამში 240 000 კილომეტრ სიჩქარით მოძრავ მატარებელში. სინათლე როგორც ჩანს, ერთი მიმართულებით სუთჯერ უფრო ნელა ვრცელდება. მეორე მიმართულებით კი—1,8-ჯერ უფრო სწრაფად. ვიდრე უიარე მატარებელში.

სინათლის გავრცელების სიჩქარის შესწავლას, თითქოს. მატარებლის მოძრაობის აბსოლუტური სიჩქარის დადგენის შესაძლებლობა უნდა მოეცა.

ჩნდება იმედი: ხომ არ შეიძლება დადგინდეს აბსოლუტური უძრაობის ცნება სინათლის გავრცელების მოვლენის გამოყენებით?

ლაბორატორიას, რომელშიაც სინათლე ყველა მიმართულებით ერთნაირი—წამში 300 000 კილომეტრი სიჩქარით ვრცელდება, შეგვიძლია აბსოლუტურად უძრავი ვუწოდოთ. მის მიმართ თანაბრად და წრფივად მოძრავ ყველა სხვა ლაბორატორიაში კი სინათლის სიჩქარე სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვა უნდა ყოფილიყო. ასეთ შემთხვევაში არ არსებობს ჩვენს მიერ ზემოთ დადგენილი არც მოძრაობის, არც სიჩქარის და არც უძრაობის ფარდობითობები.

„მსოფლიო ეთერი“

როგორ გავერკვეთ ასეთ მდგომარეობაში? თავის დროზე, სინათლისა და ბგერის გავრცელების მოვლენათა შორის ანალოგიი! გამოყენებით, ფიზიკოსებმა შემოიტანეს სპეციალური ვარემო, ე. წ. ეთერი, რომელშიც სინათლე იმგვარადვე ვრცელდება. როგორც ბგერა ჰაერში. ამასთან ნავარაუდევია იყო, რომ ეთერში მოძრაობის დროს სხეულები თან არ წარიტაცებდნენ ეთერს ისევე. როგორც წვრილი წნელისაგან დამზადებული გალია არ წარიტაცებს წყალს მასში მოძრაობის დროს.

თუკი ჩვენი მატარებელი უძრავია ეთერის მიმართ, მაშინ სინათლე ყველა მიმართულებით ერთნაირი სიჩქარით გავრცელდება. მატარებლის მოძრაობა ეთერის მიმართ იმ წამსვე გამოვლინდება იმაში, რომ

სინათლის გავრცელების სიჩქარე სხვადასხვა მიმართულებით სხვადასხვა აღმოჩნდება.

მაგრამ ეთერის შემოყვანა, როგორც გარემოსი, რომლის რხევები სინათლის სახით ვლინდება, — მთელ რიგ გაუგებარ კითხვებს იწვევს. პირველ რიგში თვით ჰიპოთეზას გააჩნია აშკარად ხელოვნური ხასიათი. მართლაც, ჰაერის თვისებების შესწავლა ჩვენ არა მარტო მასში ბგერის გავრცელებაზე დაკვირვებით შეგვიძლია, არამედ სრულიად სხვადასხვა ფიზიკური და ქიმიური კვლევითი მეთოდების გამოყენებითაც. ეთერი კი გამოუცნობი მიზეზების გამო უმრავლეს მოვლენებში არ მონაწილეობდა. ჰაერის სიმკვრივისა და წნევის გაზომვები ხელმისაწვდომია ყველაზე უხეში გაზომვებითაც კი. ეთერის წნევისა და სიმკვრივის გაზომვის ცდები კი უშედეგოდ დამთავრდა.

„კმაოდ უაზრო სიტუაცია შეიქმნა.

თქმა უნდა, ბუნების ყოველი მოვლენა შეიძლება „ახსნას“ ისეთი სპეციალური სითხის შემოტანით. რომელსაც საჭირო თვისებები გააჩნია, მაგრამ მოვლენის ნამდვილი თეორია სწორედ იმით განსხვავდება ცნობილი ფაქტების მეცნიერული სიტყვებით უბრალო გადმოცემისაგან, რომ მისგან გამომდინარეობს იმაზე უფრო მეტი, ვიდრე ამას იძლევიან თვით ფაქტები, რომლებსაც იგი ემყარება. მაგალითად, ატომის ცნება ფართოდ შემოვიდა მეცნიერებაში ქიმიის საკითხებთან ერთად, მაგრამ ატომების შესწავლამ, მოგვცა იმის შესაძლებლობა, რომ განგვემარტა და აგვეხსნა ის უამრავი მოვლენა, რომლებსაც ქიმიასთან არაერთარი კავშირი არა აქვთ.

ეთერის შესახებ წარმოდგენა ჩვენ სამართლიანად შეგვიძლია მივაშვავსოთ ისეთ ახსნას, რასაც ველური მისცემდა გრამოფონის მოქმედებას და ჩათვლიდა, რომ საილუმოებით მოცულ ყუთში დამწყვედულია რაღაც განსაკუთრებული „გრამოფონის სული“.

მსგავსი „ახსნა“, რა თქმა უნდა, სინამდვილეში არაფერს არ ხსნის.

ფიზიკოსებს ეთერის შემოტანის ცნებამდეც ჰქონდათ ამის მსგავსი სამწუხარო გამოცდილება: ისინი თავის დროზე წვის მოვლენის „ახსნას“ განსაკუთრებული სითხის — ფლოგისტონის არსებობით ცდილობდნენ, ხოლო სითბურ მოვლენებს — მეორე სითხის თვისებებით — სითბომბადით აპირებდნენ, მაგრამ ეს ორივე სითხე, ისე როგორც ეთერი, აბსოლუტური მოუხელთებლობით გამოირჩეოდა.

ყველაზე მთავარი მაინც ისაა, რომ სინათლის მიერ მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპის დარღვევას აუცილებლად უნდა მიეყვანა ეს ყველა სხვა სხეულის მიერ მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპის დარღვევამდე.

მართლაც, ნებისმიერი გარემო წინააღმდეგობას უწევს სხეულების მოძრაობას. ამიტომ ეთერში სხეულების გადაადგილებაც ხახუნთან უნდა ყოფილიყო დაკავშირებული. სხეულების მოძრაობა თანდათან უნდა შენელებულიყო და საბოლოოდ უძრაობის მდგომარეობით უნდა შეეკლილიყო. მიუხედავად ამისა დედამიწა აი უკვე მრავალი მილიარდი წელია (გეოლოგიური მონაცემების მიხედვით) ბრუნავს მზის გარშემო და ხახუნით მისი დამუხრუჭების რაიმე ნიშნები შემჩნეული არ ყოფილა.

ამგვარად, ეთერის არსებობის პირობებში მოძრავ მატარებელში სინათლის მოქმედების ახსნის ცდისას, ჩიხში მოექცევი. ეთერზე წარმოდგენის მიუხედავად წინააღმდეგობა სინათლის მიერ ფარდობითობის პრინციპის დარღვევასა და ყველა სხვა მოძრაობით მის შენარჩუნებას შორის მაინც არ შეიცვლება.

ესაა უნდა გადამწყვეტი

რა მოუხერხებთ ამ წინააღმდეგობას? ამ საკითხზე ამა თუ იმ მოსაზრების გამოთქმამდე. ყურადღება უნდა მივაქციოთ იმ მდგომარეობას, რომ სინათლის გავრცელებასა და მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპს შორის წინააღმდეგობა მხოლოდ და მხოლოდ მსჯელობით მივიღეთ. თუმცა, ვიმეორებთ, ეს მსჯელობა ძალზედ დამაჯერებელი იყო. მაგრამ, მხოლოდ მსჯელობებზე დაყრდნობით, ჩვენ ზოგიერთ იმ ძველ ფილოსოფოსს დავემსგავსებოდით, რომლებიც ბუნების კანონებს თავისი ფანტაზიებით ადგენდნენ. ამ დროს აუცილებლად იჩენს თავს აშკარა საშიშროება იმ მხრივ, რომ ამგვარად აგებული სამყარო, მთელი თავისი ღირსებების მიუხედავად, ძალზედ მცირედ დაემსგავსებოდა ნამდვილს.

ყოველგვარი ფიზიკური თეორიის უზენაეს მოსამართლეს წარმოადგენს ელა. ამიტომაც, სანამ მსჯელობებით შემოვიფარგლებოდეთ იმის თაობაზე, თუ როგორ უნდა ვრცელდებოდეს სინათლე მოძრავ მა-

ტარებელში, საჭიროა მივმართოდ ცდებს, რომლებიც დაგვანახებებს
თუ სინამდვილეში როგორ ვრცელდება იგი ასეთ პირობებში.

ასეთი ცდის დაყენება იმითაც არის გაადვილებული, რომ ჩვენ
თვითონ ასეთ მოძარე სხეულზე ვცხოვრობთ. დედამიწის ბრუნვა
მზის გარშემო წრფეს არ წარმოადგენს და ამიტომაც შეუძლებელია
რომ იგი რომელიმე უძრავი ლაბორატორიის თვალთახედვით მუდმი-
ვად იმყოფებოდეს უძრავ მდგომარეობაში.

მაშინაც კი, თუ საწყისად ისეთ ლაბორატორიას ავჭვლებთ, რომ-
ლის მიმათ დედამიწა უძრავია იანვარში, იგი ივლისში ნამდვილად
მოძრავ მდგომარეობაში აღმოჩნდება იმის გამო, რომ მზის გარშემო
დედამიწის მოძრაობის მიმართულება იცვლება. ამიტომ, დედამიწის
ზედაპირზე სინათლის გავრცელების მოვლენების შეწყველით
სინათლის გავრცელებას, ფაქტიურად, სწორედ მოძრავ ლაბორა-
ტორიაში ვსწავლობთ, რიმელსაც ჩვენს პირობებში საკმაოდ აბლი-
დური სიჩქარე გააჩნია — წამში 30 კილომეტრი (დერძის გარშემო
დედამიწის ბრუნვა შეიძლება უგულებელყოფილი იქნეს, თუ ეს
სიჩქარე წამში 0,5 კმ-ზე ნაკლებია). მაგრამ, რამდენად ვართ მართლები,
როცა დედამიწას იმ მოძრავ მატარებელს ვადარებთ, რომელზედაც
ზემოთ გვექონდა საუბარი, და რომელმაც გამოუვალ მდგომარეობაში
ჩაგვყენა? მატარებელი ხომ თანაბრად და წრფივად მოძრაობს, დედა-
მიწა კი — წრეხაზზე? ჩვენ ნამდვილად მართლები ვართ. სრულიად
სამართლიანია იმის დაშვება, რომ წამის იმ მცირე მონაკვეთში, რაც
სინათლეს სჭირდება ლაბორატორიულ ხელსაწყოებში გასაველეად,
დედამიწა მოძრაობს თანაბრად და წრფივად. ამ დროს დაშვებული
შეცდომა იმდენად უმნიშვნელოა, რომ მისი აღმოჩენა შეუძლებელია.

რამდენადაც მატარებელი და დედამიწა ერთმანეთს შევადარებთ,
ბუნებრივია იმის მოლოდინიც, რომ სინათლე დედამიწაზედაც ისევე
უჩვეულოდ „მოიქცევა“, როგორც მატარებელში: სხვადასხვა მხარეს
სხვადასხვა სიჩქარით გავრცელდება.

ზარღოპოთოზის პრინციპი ზიიოზს

სწორედ ასეთი ცდა ჩაატარა 1881 წელს გასული საუკუნის ერთ-
ერთმა უდიდესმა ექსპერიმენტატორმა მაიკელსონმა, რომელმაც ძალზედ
ზუსტად გაზომა სინათლის სიჩქარე დედამიწის მიმართ სხვადასხვა
მიმართულებით. სიჩქარეებში მოსალოდნელი მცირე განსხვავების აღ-
მოჩენის მიზნით, მაიკელსონმა გამოიყენა უზუსტესი ექსპერიმენტული

ტექნიკა და გამოავლინა უდიდესი გამომგონებლობის უნარი. ცდის სიზუსტე იმდენად დიდი იყო, რომ სიჩქარეებში იმაზე გაცილებით უფრო მცირე განსხვავების აღმოჩენაც კი გახდა შესაძლებელი, ვიდრე ეს ნავარაუდევია იყო.

მაიკელსონის ცდამ, რომელიც იმ დროიდან მოყოლებული არაერთხელ იქნა განმეორებული სხვადასხვა პირობებში, სრულიად ძთულოდნელ შედეგებამდე მიგვიყვანა. მოძრავ ლაბორატორიაში სინათლის გავრცელება სრულიად სხვაგვარად წარიმართა, ვიდრე ეს ჩვენი მსჯელობებიდან გამომდინარეობდა: მაიკელსონმა აღმოაჩინა, რომ მოძრავ დამიწაზე სინათლე ყველა მიმართულებით ერთნაირი სიჩქარით ვრცელდებოდა. ამ დამოკიდებულებაში სინათლის გავრცელება ისევე მიმდინარეობს როგორც ტყვიის ფრენა — ლაბორატორიის მოძრაობისაგან დამოუკიდებლად, მისი კედლების მიმართ ყველა მიმართულებით ერთნაირი სიჩქარით.

ამგვარად, მაიკელსონის ცდამ ცხადყო, რომ სინათლის გავრცელების მოვლენა, ჩვენი მსჯელობის საპირისპიროდ, სრულიადაც არ ეწინააღმდეგება მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპს. პრაქტიკით, სრულ თანხმობაშია მასთან. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, 21-22 გვერდზე არსებული ჩვენი მსჯელობები მცდარი აღმოჩნდა.

მისი განმარტება, მისი შედეგები

ამგვარად, ექსპერიმენტმა გაგვანთავისუფლა იმ მიზეზ უთანხმოებისაგან რაც სინათლის გავრცელების კანონებსა და მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპს შორის არსებობდა. ეს უთანხმოება მხოლოდ და მხოლოდ მოჩვენებითი აღმოჩნდა, იგი, როგორც ჩანს, ჩვენი მცდარი მსჯელობების შედეგია იყო.

მაინც, რაში მდგომარეობს ეს შეცდომა?

თითქმის მეოთხედი საუკუნის მანძილზე, 1881-დან 1905 წლის ჩათვლით, მთელი მსოფლიოს ფიზიკოსები თავს იმტრებდნენ ამ საკითხით. მაგრამ ყოველ შემთავაზებულ ახსნას უცელობლად მიეყვადით სულ ახალ და ახალ უთანხმოებამდე თეორიასა და ექსპერიმენტს შორის.

თუ ბგერის წყაროსა და დამკვირვებელს წვრილი წნელისაგან დამზადებულ მოძრავ გალიაში მოვათავსებთ, დამკვირვებელი ქარის ძლიერ მოქმედებას იგრძნობს. თუ გავზომავთ ბგერის სიჩქარეს გალიის მიმართ, დავინახავთ, რომ იგი მოძრაობის მიმართულებით უფრო ნაკლები იქნება, ვიდრე საპირისპიროდ. მაგრამ, თუ ბგერის წყაროს მოვათავსებთ

მოძრავ ვაგონში. რომლის კარები და ფანჯრები დახშულია და გავზომავთ ბერის სიჩქარეს, აღმოჩნდება რომ, იგი ყველა მიმართულებით ერთნაირია. რამდენადაც ჰაერი წარიტაცება ვაგონის მიერ.

მაიკელსონის ცდის შედეგის ასახსნელად ბგერიდან სინათლუზე გადასვლით, შეგვეძლო გავვეყეთებინა შემდეგი ვარაუდი. სივრცეში დედამიწის მოძრაობისას ეთერი წვრილი წნელისაგან დამზადებულა გალიის მსგავსად უძრავ მდგომარეობაში ვერ დარჩება. პირიქით, დავუშვათ რომ დედამიწა თან წარიტაცებს ეთერს და მასთან ერთად მოძრაობდა. ან ერთ მოლიანობაში აღმოჩნდება. მაშინ მაიკელსონის ცდის შედეგი სრულიად გასაგები გახდებოდა.

მაგრამ ეს ვარაუდი მკვეთრ წინააღმდეგობაშია მრავალი სხვა ცდის შედეგთან. მაგალითად, მილში სინათლის გავრცელების მოვლენასთან, რომელშიაც წყალი მიედინება. სინამდვილეში ეთერი თუკი, მართლაც, წარიტაცებოდა: მაშინ წყლის მოძრაობის მიმართულებით სინათლის სიჩქარის გაზომვით, მივიღებდით ისეთ სიჩქარეს, რომელიც უძრავ წყალში არსებული სინათლის სიჩქარისა და წყლის მოძრაობის სიჩქარის ჯამის ტოლი იქნებოდა. ამასთან აღსანიშნავია, რომ უშუალო გამოცემა უფრო ნაკლებ სიჩქარეს გვაძლევს, ვიდრე ეს აღნიშნული ვარაუდიდან იყო მოსალოდნელი.

ჩვენ უკვე ვისაუბრეთ უკიდურეს უცნაურობაზე რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ეთერში გავლისას სხეულები რაიმე შესამჩნევ ხახუნს არ განიცდიან. მაგრამ, თუ ეს სხეულები არა მარტო მოძრაობენ ეთერში არამედ თან წარიტაცებენ მას, მაშინ ხახუნი, ყოველ შემთხვევაში, უფრო მნიშვნელოვანი უნდა გამხდარიყო!

ამგვარად, მაიკელსონის ცდის მოულოდნელი შედეგით წარმოშობილი გაუგებრობის თავიდან აცილების ყოველი ცდა, უშედეგო აღმოჩნდა.

დაეჯამოთ მიღებული შედეგები.

მაიკელსონის ცდა მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპებს ადასტურებს არა მარტო ჩვეულებრივი სხეულების მოძრაობისათვის, არამედ სინათლის გავრცელების, ე. ი. ბუნების ყოველი მოვლენისთვისაც.

როგორც უკვე ადრე დავინახეთ, მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპიდან უშუალოდ გამომდინარეობს სიჩქარეთა ფარდობითობა: სიჩქარის მნიშვნელობები სხვადასხვა უნდა იყოს. ერთმანეთის მიმართ მოძრავი სხვადასხვა ლაბორატორიისათვის, მაგრამ, მეორე მხრივ, სინათლის სიჩქარე — 300 000 კმ/წმ-ში — სხვადასხვა ლაბორატორიაში ერთნაირი აღმოჩნდა. მაშასადამე, იგი აბსოლუტურია და არა ფარდობითი!

დ რ ო ვ ა რ დ ო ბ ი თ ი უ ო ზ ი ლ ა

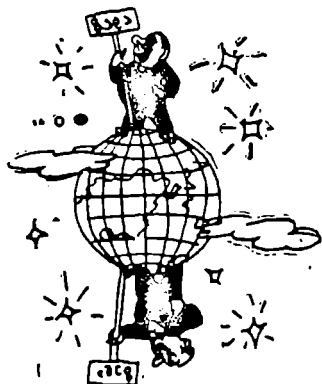
ა რ ის თ უ ა რ ა ს ი ნ ა ა ლ მ დ ე გ ო ბ ა შ ი წ ი ნ ა ა ლ მ დ ე გ ო ბ ა ?

ერთი შეხედვით შეიძლება მოგვეჩვენოს, რომ საქმე გვაქვს წმინდა ლოგიკურ წინააღმდეგობასთან. სხვადასხვა მიმართულებით სინათლის სიჩქარის მუდმივობა ფარდობითობის პრინციპს ადასტურებს. მაშინ როცა თვით სინათლის სიჩქარე — აბსოლუტურია.

გავიხსენოთ შუა საუკუნეების პერიოდის ადამიანის დამოკიდებულება დედამიწის სფეროსებრი ფორმისადმი: მისთვის დედამიწის სფეროსებრი ფორმა მკვეთრ წინააღმდეგობაში იყო სიმძიმის ძალის არსებობის ფაქტთან, რამდენადაც ამ შემთხვევაში დედამიწის ზედაპირიდან ყველა სხეული „ქვევით“ უნდა ჩამოცურებულყო. ამასთან, ჩვენ დარწმუნებით ვიცით, რომ აქ არავითარი ლოგიკური წინააღმდეგობა არ არსებობს. უბრალოდ ზედასა და ქვედას ცნებები ფარდობითია და არა აბსოლუტური.

იგივე მდგომარეობაა სინათლის გავრცელების საკითხშიც.

ამაო იქნებოდა წინააღმდეგობის ძიება სინათლის სიჩქარის აბსოლუტურობასა და მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპს შორის. აქ წინააღმდეგობა მხოლოდ იმიტომ ჩნდება, რომ ამ დროს ჩვენდა შეუმჩნეველად შუა საუკუნეების პერიოდში მცხოვრები ადამიანების მსგავსად, რომლებმაც უარყვეს დედამიწის სფეროსებრი ფორმა და აბსოლუტურად თვლიდნენ ცნებებს ზედასა და ქვედას, შემოვიტანეთ სხვა ვარაუდებიც. მათი ეს რწმენა ზედასა და ქვედას აბსოლუტურობის შესახებ, რაც ჩვენ სასაცილოდ გვეჩვენება, იმ პერიოდში მცხოვრები ადამიანების გამოცდილების შეზღუდულობის შედეგი იყო. იმ დროში



ნახ. 11

ნახ. 11

აღქმანები იშვიათად მოვზაურობდნენ და ამიტომ დედამიწის ზედაპირის მხოლოდ მცირე მონაკვეთებს რცნობდნენ. ალბათ, ჩვენც რაღაც ამის მსგავსი მოგვივიდა — როგორც ჩანს, გამოცდილების შეზღუდულობის გამო, რაღაც ფარდობითი აბსოლუტურად მივიღეთ. მაგრამ რა?

ჩვენივე შეცდომის აღმოსაჩენად, მომავალში მხოლოდ ისეთ ფაქტებს უნდა დავეყრდნოთ, რომლებიც ცდებით არის დადგენილი.

ვსლვათ მატარებელი

წარმოვიდგინოთ 5 400 000 კილომეტრის სიგრძის მატარებელი, რომელიც მოძრაობს თანაბრად და წრფივად 240 000 კმ/წმ სიჩქარით.

დაუშვათ, დროის რაღაც მომენტში მატარებლის შუა ნაწილში ანთო ნათურა. წინა და უკანა ვაგონებში მოწყობილია აკტომატური კარები, რომლებიც იმ მომენტში იღება, როცა მათ ეცემა სინათლე. რას დაინახავენ მატარებელში მყოფი ადამიანები და ისინი ვინც ბაქანზე იმყოფებიან?

ამ კითხვაზე პასუხის გაცემისას, როგორც მოვილაპარაკეთ, მხოლოდ ცდისეულ ფაქტებს მივყევით.

მატარებლის შუა ნაწილში მსხდომი მგზავრები დაინახავენ შემდეგს: რამდენადაც მაიკელსონის ცდის თანახმად, სინათლე მატარებლის მიმართ ყველა მიმართულებით ერთნაირი სიჩქარით — 300 000 კმ/წმ — ვრცელდება, ამდენად იგი 9 წამის შემდეგ (2 700 000 : 300 000) ერთდროულად მიადწევს უკანა და წინა ვაგონებამდე და კარები ერთდროულად გაიღება.

რას დაინახავენ ბაქანზე მდგომი ადამიანები? სადგურის მიმართ სინათლე ასევე 300 000 კმ/წმ სიჩქარით ვრცელდება, მაგრამ უკანა ვაგონი სინათლის სხივის შემხვედრად მოძრაობს. ამიტომ სინათლის

სხივი უკანა ვაგონს შეხვდება $\frac{2\,700\,000}{300\,000 + 240\,000} = 5$ წამის შემდეგ. წინა ვაგონს კი სინათლე უნდა დაეწიოს, და ამიტომ მას მხო-

ლოდ $\frac{2\,700\,000}{300\,000 - 240\,000} = 45$ წამის შემდეგ მიადწევს.

ამგვარად, ბაქანზე მყოფ ადამიანებს მოეჩვენებათ, რომ მატარებლის კარები ერთდროულად არ გაიღება. ჯერ გაიღება უკანა კარები

და $45 - 5 = 40$ წამის შემდეგ გაიღება წინა კარები (შემდეგში ეს მსჯელობები უფრო დეტალურად).

ამგვარად, ორი სრულად მსგავსი შემთხვევა — მატარებლის წინა და უკანა კარების გაღება — მატარებელში მყოფ მგზავრთათვის აღმოჩნდება ერთდროული. ბაქანზე მყოფთათვის — 40 წამის შუალედით.

„სალი აზრი“ შერახვენილი აღმოჩნდა

არის თუ არა ამაში წინააღმდეგობა? შემჩნეული ფაქტი სრულ უაზრობად ხომ არ წარმოდგება მსგავსად მტკიცებისა: „ნიანგის სიგრძე კუდიდან თავამდე ორი მეტრია, ხოლო თავიდან კუდამდე ერთი მეტრი“? ვცადოთ დაეფიქრდეთ, რატომ გვეჩვენება ასეთ უაზრობად მიღებული შედეგი მიუხედავად იმისა, რომ იგი ცდისეულ ფაქტებთან სრულ თანხმობაშია.

თუმცა, რამდენადაც არ უნდა ვიფიქროთ, ლოგიკურ წინააღმდეგობას მაინც ვერ ეპოვით იმაში, რომ ორი მოვლენა. ვაგონში მყოფი დამკვირვებლისათვის ერთდროულად მიმდინარე, ბაქანზე მყოფი ადამიანებისათვის 40 წამით დაცილებული აღმოჩნდა.

ერთადერთი რაც შეგვიძლია ვაღიაროთ თავის დასამშვიდებლად — არის ის, რომ ჩვენი დაკვირვებები „სალი აზრს“ ეწინააღმდეგება.

გავიხსენოთ, როგორ ეწინააღმდეგებოდა შუა საუკუნეების ადამიანის „სალი აზრი“ მზის გარშემო დედამიწის ბრუნვის ფაქტს! და მართლაც, შუა საუკუნეების პერიოდში ადამიანს ყოველდღიური გამოცდილება უტყუარი კვშმარიტებით არწმუნებდა, რომ დედამიწა უძრავი იყო და მზე ბრუნავდა მის გარშემო. და განა „სალი აზრს“ არ უნდა უმაღლოდეს ადამიანი ხეშოთ მოხსენებულ იმ სასაცილო მტკიცებას, რომ დედამიწას არ შეიძლება ჰქონოდა საფეროსებრი ფორმა?!



ნახ. 12

რეალურ ფაქტთან „სალი აზრის“ შეჯახებას დასცინის ანექლოტური მოთხოვნა ფერმერის შესახებ, რომელმაც ზოოლოგიურ ბაღში უი-რაფის დანახვისას წამოიძახა: „ეს შეუძლებელია!“.

ე. წ. სალი აზრი წარმოადგენს ჩვენი წარმოდგენებისა და ჩვევების იმ უბრალო ერთიანობას, რომლებიც ყოველდღიურ ცხოვრებაში ყალიბდება.

ეს არის გაგების გარკვეული დონე. რაც გამოცდილების დონეს არეკლავს.

ისე როგორც ფერმერი გააოცა უირაფის დანახვამ, ასევე ჩვენც გვიძნელდება იმის გაგება და გააზრება, რომ ბაქანზე არაერთდროულად მიმდინარე ორი შემთხვევა, სრულიად ერთდროულია მატარებელში. ფერმერის მსგავსად, რომელსაც არასოდეს არ ენახა ეს ცხოველი, ჩვენც არასოდეს გვიმოდრავნია ისეთი სიჩქარით, რომელიც ცოტათი მაინც უახლოვდება ზღაპრულ — 240 000 კმ/წმ — სიჩქარეს. არაფერი არ არის გასაოცარი იმაში, რომ, როცა ფიზიკოსებს საქმე აქვთ ასეთ ზღაპრულ სიჩქარეებთან, ისინი ისეთ ფაქტებს აკვირდებიან, რომლებიც საგრძნობლად განსხვავდებიან იმათგან, ყოველდღიურ ცხოვრებაში რომ შევეჩვიეთ.

მაიკელსონის ცდის მოულოდნელმა შედეგმა, რომელმაც ფიზიკოსები ამ ახალი ფაქტების წინაშე დააყენა, აიძულა ისინი „სალი აზრის“ საწინააღმდეგოდაც კი გადაეხედათ ისეთი, თითქოსდა ნათელი და ჩვეული წარმოდგენებისათვის, როგორიც ორი შემთხვევის ერთდროულობაა.

რა თქმა უნდა, „სალი აზრის“ საფუძველზე, შეიძლებოდა ახალი მოვლენების არსებობის უარყოფა, მაგრამ, ასეთი მოქმედებით ანექლოტში მოყვანილ ფერმერს დევმსგავსებოდი.

დროს სივრცის ხაზი ეწინა

მეცნიერებას ე. წ. სალი აზრთან შეჯახებისა არ ეწინა. მას მხოლოდ არსებული წარმოდგენების ცდის ახალ მონაცემებთან უთანხმოება აშინებს, და, თუკი არის ასეთი რამ, მეცნიერება შეუბრალებლად ანგრევს დამკვიდრებულ წარმოდგენებს და ამით ჩვენი ცოდნა კიდევ უფრო შალალ საფეხურზე აჭყავს.

ჩვენ ვთვლიდით, რომ ორი ერთდროული მოვლენა ერთდროულია ნებისმიერ ლაბორატორიაში. ცდებმა სხვაგვარ დასკვნამდე მიგვიყვანა.

გაიკრვა, რომ ეს სწორია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ლაბორატორიები ერთიმეორის მიმართ უძრავ მდგომარეობაში იმყოფებიან. თუკი ორი ლაბორატორია მოძრაობს ერთიმეორის მიმართ, მაშინ ერთ მათგანში მიმდინარე ერთდროული მოვლენები, მეორეში არაერთდროულად უნდა იქნეს მიჩნეული. ერთდროულობის ცნება ფარდობითი ხდება, და მას მხოლოდ მაშინ აქვს აზრი, როცა მითითებულია იმ ლაბორატორიის მოძრაობის ხასიათი, რომელშიაც ეს შემთხვევები დაიმზირება.

გავიხსენოთ მაგალითი კუთხური სიდიდეების შესახებ, რომლებზეც ადრე ვისაუბრეთ. როგორ იყო იქ კითხვა დასმული? დავუშვათ, რომ დედამიწის ზედაპირიდან დაკვირვების შემთხვევაში, ორ ვარსკვლავს შორის მანძილი ნულის ტოლია, რამდენადაც ორივე ვარსკვლავი ერთ წრფეზე აღმოჩნდა. ყოველდღიურ ცხოვრებაში თუკი ამ მტკიცებას აბსოლუტურად ჩავთვლით, არასოდეს არ ჩავეარდებით წინააღმდეგობაში. სხვაგვარად იქნება საქმე თუკი ამავე ვარსკვლავებს მზის სისტემიდან კი არა, სივრცის რომელიმე სხვა წერტილიდან დავაკვირდებით. ამ შემთხვევაში კუთხური ზომები უკვე განსხვავებული იქნება ნული-საგან.

თანამედროვე ადამიანისათვის ის აშკარა ფაქტი, რომ ორი ვარსკვლავი დედამიწის ზედაპირიდან დაკვირვების შემთხვევაში ერთმანეთს ემთხვევა, ხოლო სივრცის სხვა წერტილებიდან დაკვირვებისას არა, უაზროდ მოეჩვენებოდა შუა საუკუნეების პერიოდის ადამიანს. რომელსაც ცა ისე წარმოედგინა, როგორც ვარსკვლავებით მოფენილი თალი-

დავუშვათ, დასმულია ასეთი კითხვა: მაინც როგორ არის სინამდვილეში. ლაბორატორიების გარეშე, არის თუ არა ორი მოვლენა ერთდროული? სამწუხაროდ ამ კითხვას არ გააჩნია იმაზე მეტი აზრი, ვიდრე კითხვას: სინამდვილეში მდებარეობს თუ არა ორი ვარსკვლავი ერთ წრფეზე, თუ თავს მივიანებებთ იმ წერტილებს, საიდანაც დაკვირვება ხდება? საქმეც სწორედ ის არის, რომ როგორც ერთ წრფეზე განლაგება არ არის დამოკიდებული ორი ვარსკვლავის მხოლოდ მდებარეობაზე, არამედ დამოკიდებულია იმ წერტილის მდებარეობაზედაც, საიდანაც მათზე დაკვირვება ხდება, ასევე ერთდროულობა დაკავშირებულია არა მხოლოდ ორ მოვლენასთან, არამედ იმ ლაბორატორიასთანაც, რომელშიც ხდება ამ შემთხვევებზე დაკვირვება.

მანამ ჩვენ საქმე გვეკონდა ისეთ სიჩქარეებთან, რომლებიც სინათლის სიჩქარესთან შედარებით გაცილებით მცირე იყო, არ შეგვეძლო

ერთდროულობის ცნების ფარდობითობის აღმოჩენა. და მხოლოდ მაშინ გავხდით იძულებული გადაგვეხედა ერთდროულობის ცნებისათვის, როცა შევისწავლეთ ისეთი მოძრაობები, რომელთა სიჩქარე სინათლის გავრცელების სიჩქარეს შეესაბამება.

ამის სრულიად ანალოგიურად, ადამიანები იძულებულნი იყვნენ გადაეხედათ ზედასა და ქვედას ცნებებისათვის მაშინ, როცა დედამიწის ზომების შესაბამის მანძილებზე იწყეს მოგზაურობა. მანამდე კი, წარმოდგენას დედამიწის ბრტყელი ზედაპირის შესახებ, რა თქმა უნდა არ შეეძლო ცდის მონაცემებთან არავითარ წინააღმდეგობამდე მიყვანა.

მართალია, არავითარი შესაძლებლობა არა გვაქვს, სინათლის სიჩქარე მიახლოებული სიჩქარეებით გადავადგილდეთ და ძველი წარმოდგენების თვალთახედვით საკუთარი გამოცდილების მაგალითზე დავაკვირდეთ იმ პარადოქსულ ფაქტებს, რომლის შესახებაც სულ ახლახან ვისაუბრეთ, მაგრამ თანამედროვე ექსპერიმენტული ტექნიკის წყალობით სრული დარწმუნებით შეგვიძლია აღმოვაჩინოთ ეს ფაქტები მთელ რიგ ფიზიკურ მოვლენებში.

ამგვარად, დროსაც იგივე ბედი ეწია, რაც სივრცეს! სიტყვები „ერთსა და იმავე დროში“ ისევე ნაკლებად მნიშვნელოვანნი აღმოჩნდნენ, როგორც სიტყვები „ერთსა და იმავე ადგილზე“.

დროის შუალედი ორ შემთხვევას შორის, ისევე როგორც მათ შორის სივრცითი მანძილი, თხოულობს მითითებას იმ ლაბორატორიაზე, რომლის მიმართაც ეს მტკიცება კეთდება.

შეასწავლა ზეიმოვს

თავისთავად დროის ფარდობითობის ფაქტის აღმოჩენა ღრმა გადატრიალებათ ადამიანის შეხედულებებში ბუნებაზე. იგი კაცობრიობის აზროვნების ერთ-ერთი უდიდესი გამარჯვებაა საუკუნეების მანძილზე ჩამოყალიბებულ შეხედულებათა ჩამორჩენილობაზე. იგი შეიძლება მხოლოდ ადამიანის წარმოდგენებში მომხდარ გადატრიალებას შევადაროთ, რაც დედამიწის სფეროსებრი ფორმის აღმოჩენით იყო გამოწვეული.

დროის ფარდობითობა 1905 წელს აღმოაჩინა XX საუკუნის უდიდესმა ფიზიკოსმა ალბერტ აინშტაინმა (1880—1955). ამ აღმოჩენამ 25 წლის აინშტაინი კაცობრიობის აზროვნების ტიტანთა რიგებში ჩააყენა ჩვენს მეხსიერებაში იგი კოპერნიკისა და ნიუტონის გვერდით მეცნიერების ახალი გზების გამყვანი გახდა.

~~გ~~ ლენინმა ალბერტ აინშტაინს „ბუნებისმეტყველების ერთ-ერთი უდიდესი გარდამქმნელი“ უწოდა.

მოდერნობა დროის ფარდობითობის შესახებ და აქედან გამომდინარე შედეგები ჩვეულებრივად ფარდობითობის თეორიად იწოდება. იგი მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპში არ უნდა აყურდეთ.

სიჩქარეს ზღვარი გააჩნია

მეორე მსოფლიო ომამდე თვითმფრინავები ბევრს გავრცელებს სიჩქარეზე ნაკლები სიჩქარით დაფრინავდნენ. ახლა კი „ზებგერიტი“ თვითმფრინავებია აგებული. რადიოტალღები სინათლის სიჩქარით ვრცელდება. მაგრამ განა არ შეიძლება მიზნად დავისახოთ შევქმნათ „ზესინათლის“ ტელეგრაფი და სიგნალები კიდევ უფრო სწრაფად გადავცეთ, ვიდრე სინათლის სიჩქარეა? თურმე ეს შეუძლებელია.

და მართლაც, თუკი შესაძლებელი იქნებოდა სიგნალების უსასრულო სიჩქარით გადაცემა, მაშინ ჩვენ შევძლებდით თანაბრად დაგვედგინა ორი მოვლენის ერთდროულობა. ვიტყვით, რომ ეს შემთხვევები ერთდროულად წარმოიშვა, თუკი პირველი შემთხვევის შესახებ უსასრულოდ სწრაფი სიგნალი ჩვენამდე მეორე შემთხვევის სიგნალთან ერთდროულად მოვიდოდა. ამგვარად, ერთდროულობა მიიღებდა აბსოლუტურ ხასიათს, რაც დამოკიდებული არ იქნებოდა იმ ლაბორატორიის მოძრაობაზე, რომელსაც ეს მტკიცება ეხება.

მაგრამ, რამდენადაც დროის აბსოლუტურობის უარყოფა ცდის საშუალებით ხდება, ამდენად ვასკენით, რომ სიგნალების გადაცემა არ შეიძლება იყოს მყისიერი. მოქმედების გადაცემის სიჩქარე სივრცის ერთი წერტილიდან მეორეში შეუძლებელია იყოს უსასრულო. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, შეუძლებელია რაღაც იმ საბოლოო სიჩქარეს გადამეტება, რაც ზღვრულ სიჩქარედ იწოდება.

ეს ზღვრული სიჩქარე სინათლის სიჩქარეს ემთხვევა.

მართლაც, მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპის მიხედვით, ერთმანეთის მიმართ (თანაბრად და წრფივად) მოძრაე ყველა ლაბორატორიაში ბუნების კანონები ერთნაირი უნდა იყოს. მტკიცება, რომ არაერთარ სიჩქარეს არ შეუძლია აღემატებოდეს მოცემულ ზღვარს. ასევე ბუნების კანონაა და ამიტომ ზღვრული სიჩქარე სრულიად ერთნაირი უნდა იყოს სხვადასხვა ლაბორატორიაში. როგორც ვიცით, ასეთივე თვისებებით გამოირჩევა სინათლის სიჩქარეც.

ამგვარად, სინათლის სიჩქარე — ეს ბუნების რომელიღაც მოვლენის უბრალოდ გავრცელების სიჩქარე როდია. იგი ზღვრული სიჩქარის მნიშვნელოვან როლს თამაშობს.

სამყაროში ზღვრული სიჩქარის არსებობის აღმოჩენა ადამიანთა საზოგადოების აზროვნების ერთ-ერთ უდიდეს ტრიუმფსა და კაცობრიობის ექსპერიმენტულ შესაძლებლობათა გამარჯვებას წარმოადგენს.

გასული საუკუნის ფიზიკოსს არ შეეძლო იმის გააზრება, რომ სამყაროში არსებობს ზღვრული სიჩქარე და რომ მისი არსებობის ფაქტის დამტკიცება შესაძლებელია. უფრო მეტიც, ის რომ თავის ცდებში შეხვედროდა კიდევ ბუნებაში ზღვრული სიჩქარის არსებობის ფაქტს, დარწმუნებული არ იქნებოდა, რომ ეს ბუნების კანონია და არა ექსპერიმენტულ შესაძლებლობათა შეზღუდულობის შედეგი, რომელთა თავიდან აცილება მხოლოდ ტექნიკის შემდგომი განვითარების პროცესში იქნებოდა შესაძლებელი.

ფარდობითობის პრინციპი გვიჩვენებს, რომ ზღვრული სიჩქარის არსებობა თვით ბუნების არსშია მოცემული. იმის იმედი, რომ ტექნიკის შემდგომი პროგრესი სინათლის სიჩქარეზე უფრო დიდი სიჩქარის მიღების საშუალებას მოგვცემს, იმდენადვე სასაცილოა, რამდენადაც იმის ვარაუდი, რომ დედამიწის ზედაპირზე ისეთი წერტილების არსებობა, რომლებიც ერთმანეთისაგან 20 ათასზე მეტი კილომეტრითაა დაცილებული, გეოგრაფიული კანონი კი არ იყოს, არამედ ჩვენი ცოდნის შეზღუდულობის შედეგი, და ველოდოთ, რომ გეოგრაფიის შემდგომი განვითარებით შესაძლებელი გახდება დედამიწაზე ისეთი წერტილების პოვნა, რომლებიც კიდევ უფრო დიდი მანძილებით იქნებიან დაცილებული ერთმანეთისაგან.

სინათლის სიჩქარე იმიტომაც თამაშობს ასეთ განსაკუთრებულ როლს ბუნებაში, რომ იგი ყველაფრის ზღვრული სიჩქარეა. სინათლენ ან ასწორებს ყველა სხვა მოვლენას, ანდა, უკიდურეს შემთხვევაში, მასთან ერთდროულად აღწევს მიზანმდე.

მზე რომ ორ ნაწილად გახლეჩილიყო და ორმაგი ვარსკვლავი წარმოშობილიყო, მაშინ რა თქმა უნდა, დედამიწის მოძრაობაც შეიცვლებოდა.

გასული საუკუნის ფიზიკოსი, რომელმაც არაფერი იცოდა ბუნებაში ზღვრული სიჩქარის არსებობის შესახებ, აუცილებლად წარმოიდგენდა, რომ დედამიწის მოძრაობის ცვლილება მზის გახლეჩვისთანავე მოხდებოდა, ამასთან, გახლეჩილი მზიდან დედამიწამდე მოსაღწევად სინათლეს რვა წუთი დასჭირდებოდა.

სინამდვილეში კი, დედამიწის მოძრაობის ცვლილება მზის გახლეჩის მომენტიდან მხოლოდ რვა წუთის შემდეგ დაიწყება და ამ მომენტამდე იგი ისე იმოძრაავებს, როგორც გახლეჩამდე. და საერთოდ არც ერთი შემთხვევა, რაც მზეზე მოხდება ანდა მზეს შეემთხვევა, არც დედამიწაზე და არც მის მოძრაობაზე არ იმოქმედებს მანამ, სანამ ეს რვა წუთი არ გავა.

სინათლის გავრცელების ზღერული სიჩქარე, რა თქმა უნდა, არ გვართმევს ორი შემთხვევის ერთდროულობის დადგენის შესაძლებლობას. ამისათვის უნდა გავითვალისწინოთ მხოლოდ სივსნალის დაგვიანების დრო, რაც ასეც ხდება; მაგრამ ერთდროულობის დადგენის ასეთი ხერხი უკვე მთლიანად შეესატყვისება ამ ცნების ფარდობითობას. სინამდვილეში დაგვიანების დრო რომ გამოვთვალოთ, სინათლის გავრცელების სიჩქარეზე უნდა გავყოთ იმ ადგილებს შორის მანძილი, რომლებშიაც შემთხვევები მოხდა. მეორე მხრივ, როცა ჩვენ მოსკოვ-ვლადივოსტოკის ექსპრესიდან წერილების გაგზავნის საკითხს ვიხილავდით, დავინახეთ, რომ თვით ადგილი სივრცეში — ასევე საკმაოდ ფარდობითი ცნება!

აღრმ და გვიან

წარმოვიდგინოთ, რომ ჩვენს მატარებელში, რომელშიაც ნათურა ინთება და რომელსაც აინშტაინის მატარებელს ვუწოდებთ, გაფუქდა ავტომატური კარების მექანიზმი და მატარებელში მყოფმა ადამიანებმა შეამჩნიეს, რომ წინა კარი 15 წამით ადრე გაიღო, ვიდრე უკანა. ბაქანზე მყოფი ადამიანები კი დაინახავენ, რომ პირიქით, უკანა კარები გაიღო $40 - 15 = 25$ წამით ადრე. ამგვარად, ის რაც ერთი ლაბორატორიისათვის მოხდა ადრე, მეორესათვის შეიძლება მოხდეს გვიან.

თუმცა მყისვე იბადება აზრი, რომ ცნებების „ადრე“ და „გვიანის“ ასეთ ფარდობითობას მაინც უნდა გააჩნდეს თავისი ზღვარი. ალბათ, ასევე ძნელია იმის დაშვება, რომ ბავშვი დაიბადა დედაზე ადრე (ნებისმიერი ლაბორატორიის თვალთახედვით).

მზეზე წარმოიშვა ლაქა. რვა წუთის შემდეგ ამ ლაქას დაინახავს ასტრონომი, რომელიც მზეს ტელესკოპით აკვირდება. ყველაფერი, რასაც ამის შემდეგ გააკეთებს ასტრონომი, აბსოლუტურად უფრო გვიანი იქნება, ვიდრე მზეზე ლაქის გაჩენა, — გვიან იქნება ყველა ლაბორატორიის თვალთახედვით, საიდანაც კი აკვირდებიან მზის ლაქას და ას-

ტრონომს. პირიქით, ის, რაც ასტრონომს შეემთხვა მზეზე ლაქის გაჩენამდე რვა წუთით ადრე (ისე, რომ ამ შემთხვევის შესახებ სინათლის სივნიალი მზემდე ლაქის წარმოშობამდე მისულიყო) მოხდა აბსოლუტურად ადრე.

თუკი, მაგალითად, ასტრონომმა გაიკეთა სათვალე და ეს მოხდა ამ ორ ზღვარს შორის არსებულ მომენტში, მაშინ დროითი თანაფარდობა ლაქის წარმოშობასა და ასტრონომის მიერ სათვალის გაკეთებას შორის, უკვე არ იქნება აბსოლუტური.

ჩვენ ასტრონომისა და ლაქის მიმართ შეგვიძლია ისე ვიმოძრაოთ, რომ საკუთარ სიჩქარესა და მიმართულებაზე დამოკიდებულებით ვხედავდეთ ასტრონომის მიერ სათვალის გაკეთებას ლაქის გაჩენამდე, ლაქის გაჩენის შემდეგ ან ლაქის გაჩენასთან ერთად.

ამგვარად, ფარდობითობის პრინციპი გვიჩვენებს, რომ შემთხვევებს შორის დროითი თანაფარდობა შეიძლება სამი სახისა იყოს: აბსოლუტურად ადრე; აბსოლუტურად გვიან და „არც ადრე და არც გვიან“. უფრო სწორად, ადრე ან გვიან, იმისდა მიხედვით, რომელი ლაბორატორიიდან ვაკვირდებით ამ შემთხვევებს.

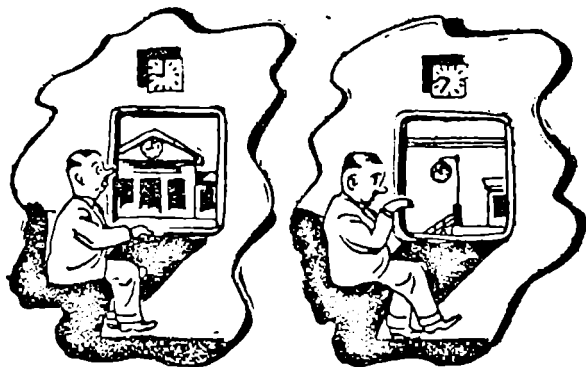
საათები და სახსრავები ჰირვეულთა

იხვ მსდებით მატარებელში

ჩვენს წინ ძალზე გრძელი რკინიგზაა, რომელზედაც მოძრაობს აინშტაინის მატარებელი. ერთმანეთისაგან 864 000 000 კილომეტრის დაშორებით მდებარეობს ორი სადგური. აინშტაინის მატარებელს, წამში, 240 000 კილომეტრი სიჩქარით მოძრაობისას, ამ მანძილის დასაფარავად დასჭირდებოდა ერთი საათი.

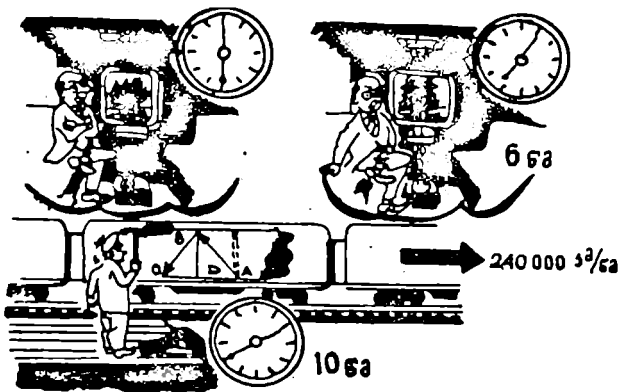
ორივე სადგურში დადგმულია საათები. პირველ სადგურზე ვაკონში ჯდება მგზავრი და მატარებლის გასვლის წინ თავის საათს სადგურის საათზე ასწორებს. მეორე სადგურზე მისვლიას იგი გაოცებული ამჩნევს, რომ მისი საათი ჩამორჩა. სახელოსნოში მგზავრი დააწმუნებს, რომ მისი საათი სრულ წესრიგშია.

რაშია საქმე?



ნახ. 13

ამის გასარკვევად, წარმოვიდგინოთ, რომ მგზავრი ვაკონის იატაკზე დადგმული ფარნიდან სინათლის სხივს ჰერისაკენ მიმართავს. ჰერზე მიმავრებული სარკიდან არეკლილი სინათლის სხივი უკანვე გრუნდება ფარნის ნათურისკენ. სხივის მიერ განვლილი გზა, რომელსაც



ნახ. 14

ვაგონში მყოფი მგზავრი აკვირდება, ნაჩვენებია მე-40 გვერდზე ნახატის ზედა ნაწილში.

სულ სხვაგვარად გამოიყურება ეს გზა ბაქანზე მყოფი დამკვირვებლისათვის. იმ დროის განმავლობაში, მანამ სხივი ნათურიდან სარკემდე მიაღწევს, მატარებლის მოძრაობის გამო თვითონ გადაადგილდება სარკე. ასევე სხივის უკან დაბრუნებამდე იმავე მანძილით გადაადგილდება ნათურაც.

ჩვენ ვხედავთ, რომ ბაქანზე მყოფი დამკვირვებლისათვის. სინათლემ ბევრად მეტი გზა გაიარა, ვიდრე მატარებელში მყოფი დამკვირვებლის თვალთახედვით. მეორე მხრივ, ჩვენ ვიცით, რომ სინათლის სიჩქარე არის აბსოლუტური სიდიდე და იგი ერთნაირია როგორც მატარებელში მყოფი მგზავრებისათვის, ასევე იმათთვის, ვინც ბაქანზე იმყოფებიან. ყოველივე ეს გვაიძულებს გავაკეთოთ დასკვნა: სინათლის სხივის გაგზავნასა და დაბრუნებას შორის უფრო დიდი დრო იწარჩება სადგურზე, ვიდრე მატარებელში.

დროის ფარდობის გამოთვლა არ არის ძნელი.

დაეუშვათ, ბაქანზე მყოფმა დამკვირვებელმა დაადგინა, რომ სინათლის გაგზავნასა და დაბრუნებას შორის გავიდა 10 წამი. ამ 10 წამის განმავლობაში სინათლის სხივმა გაიარებინა $300\,000 \times 10 = 3\,000\,000$ კილომეტრი. აქედან გამოდის, რომ ABC ტოლფერდა სამკუთხედის AB და BC გვერდები ცალ-ცალკე 1 500 000 კილომეტრის ტოლია.

როგორც ჩანს AC გვერდი არის ის გზა, რომელიც მატარებელმა 10 წამში გაიარა, ე. ი. $240\,000 \times 10 = 2\,400\,000$ კილომეტრს.

ახლა ადვილია ვაგონის სიმაღლის გაზომვა, რომელიც ABC სამკუთხედის BD სიმაღლეს წარმოადგენს.

მართკუთხა სამკუთხედში ჰიპოტენუზის კვადრატი (AB)² კათეტების კვადრატების (AD და BD) ჯამის ტოლია. ტოლობიდან, $AB^2 = AD^2 + BD^2$, მივიღებთ: ვაგონის სიმაღლე $BD = \sqrt{AB^2 - AD^2} = \sqrt{1\,500\,000^2 - 1\,200\,000^2} = 900\,000$ კილომეტრს. ეს ძალზედ სოლიდური სიმაღლეა, თუმცა გასაოცარი არაფერია აინშტაინის მატარებლის ასტრონომიული ზომების შემთხვევაში.

გზა, რომელსაც სხივი გაივლის იატაკიდან ჰერამედ და უკან, მგზავრის თვალთახედვით, ცხადია, გაორკეცებული სიმაღლის ტოლია, ე. ი. $2 \times 900\,000 = 1\,800\,000$ კილომეტრს. ამ გზის გასავლელად სინათლის

დასჭირდება $\frac{1\,800\,000}{300\,000} = 6$ წამი.

საათვაი სისხმვატარალ ჩამორჩევიან

მაშასადამე, მაშინ როცა სადგურის საათით 10 წამი გავიდა, მატარებლის საათის ისარი მხოლოდ 6 წამით გადაადგილდა. ე. ი. მოძრაობის დაწყებიდან მატარებელი სადგურის საათის მიხედვით თუ მოვიდა ერთ საათში, მგზავრის საათის მიხედვით გასულა მხოლოდ $60 \times \frac{6}{10} = 36$ წუთი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მგზავრის საათი სადგურის საათს ყოველ ერთ საათში 24 წუთით ჩამორჩება.

ძნელი არ არის იმის მიხვედრა, რომ საათი მით უფრო მეტად ჩამორჩება, რაც უფრო მეტი იქნება მატარებლის სიჩქარე.

მართლაც, რაც უფრო ახლოა მატარებლის სიჩქარე სინათლის სიჩქარესთან, მით უფრო ახლოა მატარებლის განვლილი გზის გამომხატველი AD კათეტი, იმავე დროში, სინათლის მიერ განვლილი გზის გამომხატველ AB ჰიპოტენუზასთან. ამის შესაბამისად მცირდება BD კათეტის ფარდობა ჰიპოტენუზასთან. სწორედ ეს ფარდობა წარმოადგენს კიდევ მატარებელში გასული დროის ფარდობას სადგურზე გასულ დროსთან. მატარებლის სიჩქარის მიახლოებით სინათლის სიჩქარესთან, ჩვენ შეგვიძლია მივადწიოთ იმას, რომ სადგურის დროით

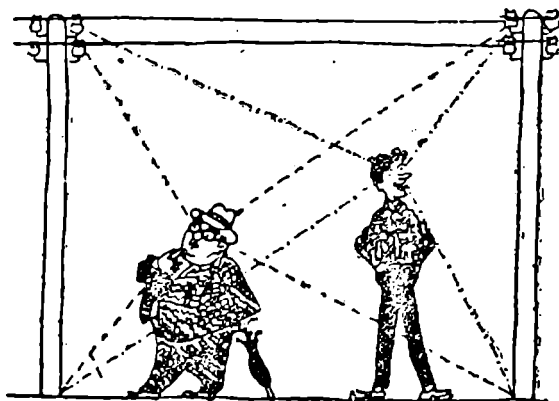
გაუღო ყოველ საათზე მატარებელში ძალზე მცირე დრო გავიდეს. ასე მაგალითად, მატარებლის ისეთი სიჩქარის დროს, რომელიც სინათლის სიჩქარის 0,9999-ის ტოლია, სადგურის დროის ყოველ საათზე მატარებელში გავა მხოლოდ ერთი წუთი.

ამგვარად, ყოველი მოძრაობა საათი ჩამორჩება უძრავ საათს. ხომ არ ეწინააღმდეგება ეს შედეგი მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპს, რომელსაც ჩვენ ვემყარებით?

ხომ არ ნიშნავს ეს იმას, რომ ის საათები, რომლებსაც ყველა სხვა საათზე უფრო სწრაფი სვლა გააჩნიათ, აბსოლუტურად უძრავ მდგომარეობაში იმყოფებიან?

არა, იმიტომ, რომ მატარებლისა და სადგურის საათების შედარება არატოლფასოვან პირობებში ხდება, ამასთან გვექონდა არა ორი, არამედ სამი საათი! მგზავრი თავის საათს ადარებდა სხვადასხვა სადგურზე არაებულ ორ სხვადასხვა საათთან. და პირიქით, თუკი საათები იქნებოდა მოთავსებული მატარებლის წინა და უკანა ვაგონებში, მაშინ ერთ-ერთ სადგურზე მყოფი დამკვირვებელი სადგურზე არსებული საათისა და მის თვალწინ მოძრაობა მატარებლის ფანჯრებში დანახული საათის ჩვენებების შედარებით შეამჩნევდა, რომ სადგურის საათი სისტემატურად ჩამორჩება.

მაგრამ მოცემულ შემთხვევაში -- სადგურის მიმართ მატარებლის



ნახ. 15

თანაბარი და წრფივი გადაადგილების დროს — ჩვენ ხომ სამართლიანად შეგვიძლია ჩავთვალოთ მატარებელი უძრავად, სადგური კი მოძრავად. მათში მიმდინარე ბუნების კანონები კი ერთნაირი უნდა იყოს.

საკუთარი საათის მიმართ ყოველი უძრავი დამკვირვებელი დანახავს, რომ მის მიმართ მოძრავი ყველა სხვა საათი აჩქარებულია და წინ გარბის, მით უფრო სწრაფად, რაც უფრო მატულობს მათი მოძრაობის სიჩქარე.

ეს მდგომარეობა სრულიად ანალოგიურია იმისა, რომ ტელეგრაფის ორ ბოძთან მდგარი დამკვირვებლებიდან ერთ-ერთი დაიწყებს იმის მტკიცებას, რომ მისი ბოძი უფრო დიდი კუთხით ჩანს.

დროის მანქანა

ახლა წარმოვიდგინოთ, რომ აინშტაინის მატარებელი მაგისტრალზე კი არ მოძრაობს, არამედ წრიული რკინიგზის ხაზზე და გარკვეული დროის შემდეგ ისევ ბრუნდება საწყის სადგურში. ამ დროს, როგორც უკვე დავინახეთ, მგზავრმა შეამჩნია, რომ მისი საათი ჩამორჩება და მით უფრო მეტად, რაც უფრო მეტია მატარებლის მოძრაობის სიჩქარე. წრიული რკინიგზის ხაზზე აინშტაინის მატარებლის სიჩქარის ზრდით, შეიძლება ისეთ მდგომარეობას მივალწყოთ, რომ იმ დროის განმავლობაში, როცა მგზავრისათვის მხოლოდ და მხოლოდ ერთი დღე გაივლის, სადგურის უფროსისათვის მრავალი წელი გავა. წრიული რკინიგზის ხაზზე ერთი დღის შემდეგ საწყის სადგურში (თავისი საათის მიხედვით!) დაბრუნებული, ჩვენი მგზავრი შეიტყობს, რომ მისი მშობლები და ნაცნობები უკვე დიდი ხანია რაც გარდაცულიან.

ორ სადგურს შორის მოგზაურობისაგან განსხვავებით, როცა მგზავრი თავის საათს სხვადასხვა საათის მიხედვით ამოწმებს, აქ, წრიული მარშრუტის შემთხვევაში, დარდება არა სამი, არამედ ორი საათის — მატარებლისა და გასვლის სადგურის საათების ჩვენება.

ხომ არ არის აქ წინააღმდეგობა ფარდობითობის პრინციპთან? შეიძლება თუ არა ჩაითვალოს, რომ მგზავრი უძრავ მდგომარეობაშია და სადგური ბრუნავს წრეხაზზე აინშტაინის მატარებლის სიჩქარით? აკი, ჭაშინ იმ დასკვნამდე მივიდოდით, რომ, როცა სადგურზე მყოფი ადამიანისათვის გავიდოდა ერთი დღე, მატარებელში მყოფი მგზავრებისათვის გავიდოდა მრავალი წელი. თუმცა, ასეთი მსჯელობა მაინც არასწორი იქნებოდა, და აი რატომ.

თავის დროზე ჩვენ გავარკვეეთ, რომ უძრავად შეიძლება ჩაითვალოს მხოლოდ ისეთი სხეული, რომელზედაც არ მოქმედებს არაერთ-ერთი ძალა. მართალია, არსებობს არა ერთი, არამედ „უძრაობის“ უსას-

რულოდ დიდი რიცხვი და ორ უძრავ სხეულს, როგორც ცნობილია, შეუძლია ერთმანეთის მიმართ იმოძრაოს თანაბრად და წრფივად. მაგრამ აინშტაინის მატარებელში (რომელიც წრიულ გზაზე მოძრაობს) მოთავსებულ საათებზე, აშკარად მოქმედებს ცენტრიდანული ძალა და ამიტომ არავითარ შემთხვევაში არ შეგვიძლია ჩავთვალოთ ისინი უძრავად. მოცემულ შემთხვევაში სადგურის უძრავ საათებსა და აინშტაინის მატარებელში მოთავსებულ საათების ჩვენებებს შორის განსხვავება აბსოლუტური სიდიდეა.

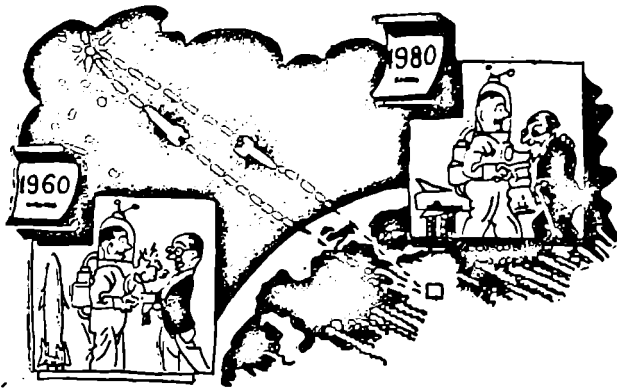
თუ ორი ადამიანი, რომელთა საათებიც ერთსა და იმავე დროს აჩვენებენ, დაშორდა და რაღაც დროის შემდეგ კვლავ შეხვდა ერთმანეთს, მაშინ მათ შორის მეტ დროს იმის საათი უჩვენებს, ვინც უძრავ მდგომარეობაში იმყოფებოდა, ანდა მოძრაობდა თანაბრად და წრფივად, ე. ი. ის საათი, რომელზედაც არავითარი ძალა არ მოქმედებდა.

წრიული რკინიგზის ხაზზე, სინათლის სიჩქარესთან მიახლოებული სიჩქარით მგზავრობა იმის პრინციპულ შესაძლებლობას გვაძლევს, რომ ოდნავ მაინც განვსახიეროთ უელსის „დროის მანქანა“: საწყის სადგურზე დაბრუნებით, ჩვენ აღმოვაჩინთ, რომ მოვხვდით მყოფადში. დროის ამ მანქანით მყოფადში გამგზავრება შეგვიძლია, წარსულში დაბრუნება კი არა. და სწორედ ეს არის განსხვავება უელსის მანქანასთან შედარებით.

ამაო იმაზე ოცნებაც კი, რომ მეცნიერების შემდგომი განვითარება მოგვცემს წარსულში მოგზაურობის შესაძლებლობას. თუ არა და, უაზრო სიტუაციების დაჭერების იმედიც გვექნებოდა. მართლაც, წარსულში გამგზავრებით, შეიძლებოდა იმ ადამიანის უაზრო მდგომარეობაში აღმოვჩენილიყავით, რომლის მშობლებიც ჭერ კიდევ არ მოვლენილან ამ ქვეყნად. მყოფადში მგზავრობა კი მხოლოდ მოჩვენებითი წინააღმდეგობებითაა მოცული.

გზავრობა პარაკვლავისაჲ

ცაზე ზოგი ისეთი ვარსკვლავია, რომელიც ჩვენგან სხივის 40 წლის საველ მანძილზეა დაშორებული. რამდენადაც ჩვენ უკვე ვიცით, რომ სინათლის სიჩქარეზე მეტი სიჩქარით მოძრაობა შეუძლებელია, ამდენად დასაშვებია დავასკვნათ: ამ ვარსკვლავამდე მიღწევა 40 წელზე ნაკლებ დროში შეუძლებელია. თუმცა ასეთი დასკვნა მცდარია, რამდე-



ნახ. 16

ნადაც იგი არ ითვალისწინებს სიჩქარესთან დაკავშირებულ დროის ცვლილებას.

დავუშვათ, რომ ვარსკვლავისკენ მივფრინავთ აინშტაინის რაკეტით, რომლის სიჩქარეა 240 000 კილომეტრი წამში. დედამიწის მკვიდრთათვის ჩვენ ვარსკვლავს მივალწევთ:

$$300\,000 \times 40 - \frac{240\,000}{240\,000} \quad 50 \text{ წლის შემდეგ.}$$

ჩვენთვის კი, რომლებიც აინშტაინის რაკეტით მივფრინავთ, ფრენის ზემოთ აღნიშნული სიჩქარისას ეს დრო შემცირდება თანაფარდობით 10 : 6. აქედან გამომდინარე, ჩვენ ვარსკვლავს მივალწევთ არა

$$50 \text{ წლის შემდეგ, არამედ } \frac{6}{10} \times 50 = 30 \text{ წლის შემდეგ.}$$

აინშტაინის რაკეტის სიჩქარის ზრდით და სინათლის სიჩქარესთან მისი მიახლოებით, შეიძლება იმ დროის, რამდენითაც გნებავთ შემცირება, რომელიც დასჭირდებათ მგზავრებს ასე დაშორებულ ვარსკვლავამდე მისაღწევად. თეორიულად საკმაოდ სწრაფი ფრენის პრობებში შესაძლებელი იქნებოდა ვარსკვლავამდე მიღწევა და დედამიწაზე უკან დაბრუნება თუნდაც ერთ წუთში! მაგრამ სულ ერთია, ამასობაში, დედამიწაზე მაინც გავა 80 წელი.

შეიძლება მოგვეჩვენოს, რომ გვეძლევა შესაძლებლობა გავახანგრძლივოთ ადამიანის სიცოცხლე. შეიძლება, მაგრამ სხვა ადამიანების თვალთახედვით, რადგან ადამიანის დაბერებას „თავისი“ დრო აქვს, თანაც, სამწუხაროდ, ეს პერსპექტივები რიგიანად განხილვისას „საპნის ბუშტს“ ჰგავს.

დავიწყით იქიდან, რომ ადამიანის ორგანიზმი ვერ ეგუება ხანგრძლივი აჩქარების ისეთ პირობებს, რომლებიც მნიშვნელოვნად აჭარბებს დედამიწის სიმძიმის ძალის აჩქარებას. ამიტომ, სინათლის სიჩქარემდე გასაქანებლად, ძალზე დიდი დროა საჭირო. გამოთვლები ადასტურებს, რომ თუ ჩვენ ვიმოგზაურებთ ნახევარი წლის განმავლობაში და აჩქარება დედამიწის სიმძიმის ძალის აჩქარების ტოლი იქნება, დროში მხოლოდ და მხოლოდ თვენახევარს მოვიგებთ. თუ გავაგრძელებთ ასეთ მოგზაურობას. მაშინ დროში მოგება სწრაფად დაიწყებს მატებას. რაკეტით ერთი წლის განმავლობაში ფრენისას, დამატებით ვიგებთ წელიწადნახევარს, ორი წლის მოგზაურობა მოგვცემს 28 წელიწადს, ხოლო სამი წლის განმავლობაში რაკეტაში ყოფნისას დედამიწაზე გავა 360 წელი!

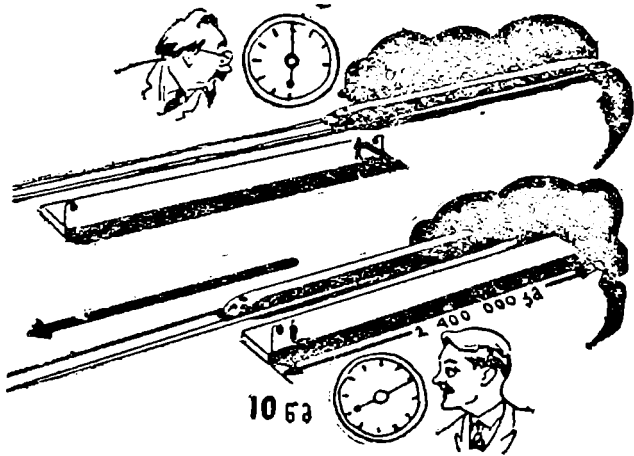
ციფრები, თითქოსდა, საკმაოდ სანუგეშოა.

გაცილებით ცუდად დგას საქმე ენერჯის ხარჯვის თვალსაზრისით. მოძრავი რაკეტის ენერჯია, რომლის წონა ძალზე ზომიერია — 1 ტონაა, წამში 260 000 კილომეტრი სიჩქარით ფრენისას (ასეთი სიჩქარე აუცილებელია დროის „გაორკეცების“ მიზნით, ე. ი. იმისათვის, რომ რაკეტაში მგზავრობის ყოველი წლის განმავლობაში დედამიწაზე გავიდეს ორი წელი) 250 000 000 000 000 კილოვატ საათის ტოლია. მთელს დედამიწაზე ამდენი ენერჯის გამომუშავებას მრავალი წელი სჭირდება.

ჩვენ გამოვთვალეთ რაკეტის ენერჯია მხოლოდ ფრენის პროცესში. მხედველობაში არ მიგვიღია ის ფაქტი, რომ წინასწარ საჭიროა საფრენი აპარატის აჩქარება 260 000 კმ/წმ სიჩქარემდე! მგზავრობის დამთავრებისას კი რაკეტის დამუხრუჭება ისე, რომ შეიძლებოდეს მისი უსაფრთხოდ დაჯდომა. რა რაოდენობის ენერჯია დაიხარჯება ამაზე?

მაშინაც კი, თუ ჩვენს განკარგულებაში იქნებოდა ისეთი საწვავი, რომელიც რეაქტიული ძრავიდან ნაკადის სახით ყველა შესაძლო სიჩქარეზე უფრო სწრაფად — სინათლის სიჩქარით გამოედინებოდა. მაშინაც კი ეს ენერჯია 200-ჯერ უფრო მეტი უნდა ყოფილიყო ენერჯიის იმ რაოდენობაზე, რაც ჩვენს მიერ უკვე იყო ზემოთ აღნიშნული, ე. ი. ჩვენ მოგვიხდებოდა იმდენი ენერჯიის დახარჯვა, რასაც აწარმოებს კაცობრიობა რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში, სინამდვილეში კი რაკეტის ძრავიდან ნაკადის გამოტყორცნის სიჩქარე ათეულ ათასჯერ ნაკლებია სინათლის სიჩქარესთან შედარებით. ეს გარემოება ენერჯიის დანახარჯზე ჩვენს მიერ გონებაში ნაეარაუდევ ფრენაზე წარმოუდგენლად ზრდის.

მაშასადამე, როგორც უკვე დავრწმუნდით, დრო ჩამოგდებულია თავისი აბსოლუტური ცნების კვარცხლბეკიდან, მას აქვს ფარდობითი აზრი, რომელიც მოითხოვს იმ ლაბორატორიების ზუსტად მითითებას, რომლებშიც გამოთვლები ხდება.

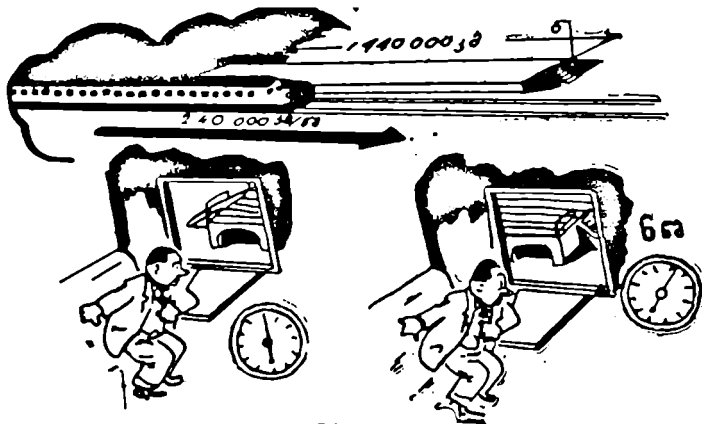


ნახ. 17

ახლა ყურადღება მივაპყროთ სივრცეს. ჩვენ ჯერ კიდევ მაიკელსონის ცდის აღწერამდე დავადგინეთ სივრცის ფარდობითობა. სივრცის ამ ფარდობითობის მიუხედავად, საგნების ზომებს ჩვენ მაინც მივაწერდით აბსოლუტურ ხასიათს, ე. ი. ვთვლიდით, რომ ისინი ამ საგნების თვისებებს წარმოადგენენ და არ არიან დამოკიდებულნი იმაზე, თუ რომელ ლაბორატორიაში ხდება მათზე დაკვირვება. მაგრამ, ფარდობითობის თეორია გვაიძულებს უარი ვთქვათ ამ მტკიცებაზედაც. იგი, ისევე როგორც წარმოდგენა აბსოლუტური დროის შესახებ, მხოლოდ და მხოლოდ ცრურწმენაა და წარმოიშვა იმიტომ, რომ ყოველთვის საქმე გვაქვს ისეთ სიჩქარეებთან, რომლებიც სინათლის სიჩქარესთან შედარებით ძალზე მცირეა.

წარმოვიდგინოთ, რომ აინშტაინის მატარებელი მიქროს სადგურის ბაქნის გვერდით, ბაქნის სიგრძე კი 2 400 000 კილომეტრია.

დაეთანხმებიან კი ამ მტკიცებას აინშტაინის მატარებლის მგზავრები?



ნახ. 18

ბაქანს, ერთი ბოლოდან მეორემდე, მატარებელი, სადგურის საათის ჩვენებით, გაივლის $\frac{2400000}{240000} = 10$ წამში, მაგრამ მგზავრებს აქვთ თავიანთი საათები, რომელთა მიხედვითაც მატარებლის მოძრაობა, ბაქანის ერთი ბოლოდან მეორემდე, ნაკლებ დროს დაიკერს. როგორც ჩვენთვის უკვე ცნობილია, ეს დრო მხოლოდ 6 წამის ტოლი იქნება. აქედან გამომდინარე მგზავრებს სრული უფლება აქვთ დაასკვნან, რომ ბაქანის სიგრძე 2 400 000 კილომეტრი კი არა, არამედ $240000 \times 6 = 1\,440\,000$ კილომეტრია.

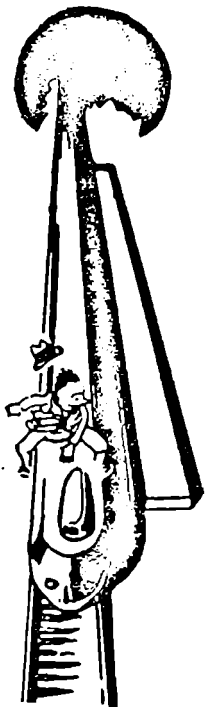
ჩვენ ვხედავთ, რომ ბაქანის სიგრძე, მის მიმართ უძრავი ლაბორატორიის თვალთახედვით უფრო მეტია, ვიდრე იმ ლაბორატორიის თვალთახედვით რომლის მიმართაც ეს ბაქანი მოძრაობს. ყოველი მოძრავი სხეული თავისი მოძრაობის მიმართულებით მოკლდება.

მაგრამ ეს შემოკლება სრულიადაც არ წარმოადგენს მოძრაობის აბსოლუტურობის ნიშანს: საკმარისია მოვთავსდეთ სხეულის მიმართ უძრავ ლაბორატორიაში, რომ სხეული კვლავ დაგრძელდეს. მგზავრები სრულიად ანალოგიურად დაინახავენ, რომ ბაქანი შემოკლდა, ბაქანზე მყოფ ადამიანებს კი მოეჩვენებათ, რომ აინშტაინის მატარებელი დამოკლდა (თანაფარდობით 6 : 10).

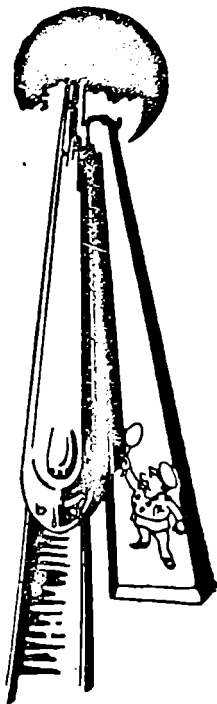
და ეს არ იქნება მცდარი მხედველობითი აღქმა: ამასვე გვიჩვენებს ნებისმიერი ხელსაწყო, რომლითაც კი შეიძლება სხეულის სიგრძის გაზომვა.

სხეულების დამოკლების აღმოჩენასთან დაკავშირებით, ახლა უნდა შემოვიტანოთ შესწორება აინშტაინის მატარებელში კარების გაღება დროის თაობაზე არსებულ ჩვენს მსჯელობებში (გვერდი 31). სწორედ მაშინ, როცა ჩვენ კარების გაღების მომენტს ვანგარიშობდით. ბაქანზე მყოფი დამკვირვებლების თვალთახედვით ვთვლიდით, რომ მოძრავ მატარებლის სიგრძე იგივე იქნება, რაც უძრავისა. მაგრამ, ბაქანზე მყოფი დამკვირვებლების თვალთახედვით მატარებლის სიგრძე შემცირდა. ამის შესაბამისად, კარების გაღებებს შორის დროის შუალედი, სადგურის საათის მიხედვით იქნება არა 40, არამედ $10^6 \times 40 = 24$ წამი.

49-ე გვერდზე ნახატები გამოასახავენ აინშტაინის მატარებელსა და ბაქანს, როგორც იგი წარმოუდგებათ სადგურზე და მატარებელში.



ნახ. 19



ნახ. 20

მყოფ დამკვირვებლებს. ჩვენ ვხედავთ, რომ მარჯვენა ნახატზე ბაქანი უფრო გრძელია, ვიდრე მატარებელი, მარცხენაზე კი პირიქით — მატარებლის სიგრძე ბაქნის სიგრძეზე მეტია.

ამ ნახატებიდან რომელი შეესაბამება სინამდვილეს?

ეს კითხვა ისევე უაზროა, როგორც მე-6 გვერდზე დასმული კითხვა მწყემსისა და ძროხის შესახებ.

ერთი და მეორეც — ერთი და იგივე სინამდვილის ამსახველი სურათებია, მხოლოდ სხვადასხვა თვალთახედვით „ფოტოგრაფირებული“.

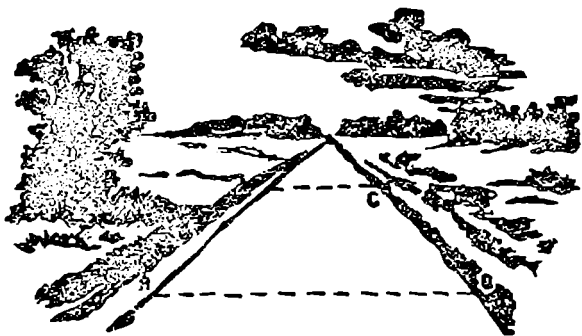
სიჩქარეები პირველ კონკრეტულად

რკინიგზის ლიანდაგის მიმართ როგორი სიჩქარე ექნება მგზავრს, თუ იგი მიემართება მატარებლის მოთავე ვაგონისაკენ (მატარებელში) და მისი სიჩქარეა 5 კმ/სთ, მატარებლის სიჩქარე კი 50 კმ/სთ? ნათელია, რომ ლიანდაგის მიმართ ადამიანის სიჩქარეა $50 + 5 = 55$ კმ/სთ. ეს შესაძლებელია სიჩქარეების შეკრების კანონს ემყარება და ამ კანონის სისწორეში ექვი არავის ეპარება. მართლაც, ერთ საათში მატარებელი გაივლის 50 კილომეტრს, ადამიანი კი მატარებელში — კიდევ 5 კილომეტრს. ჯამში გამოდის 55 კილომეტრი, რაზედაც უკვე გვქონდა საუბარი.

სრულიად გასაგებია, რომ სამყაროში ზღვრული სიჩქარის არსებობა სიჩქარეების შეკრების კანონს ართმევს თავის გამოყენების უნივერსალობას დიდი და მცირე სიჩქარეების მიმართ. მართლაც, თუკი მგზავრი აინშტაინის მატარებელში 100 000 კმ/წმ სიჩქარით მოძრაობს, მაშინ მისი სიჩქარე რკინიგზის ლიანდაგის მიმართ შეუძლებელია $240\ 000 + 100\ 000 = 340\ 000$ კმ/წმ ტოლი იყოს, რამდენადაც ეს სიჩქარე მეტია სინათლის გავრცელების სიჩქარეზე და, მაშასადამე შეუძლებელია არსებობდეს ბუნებაში.

ამგვარად, სიჩქარეების შეკრების კანონი, რასაც ჩვენ ყოველდღიურ ცხოვრებაში ვიყენებთ, არ აღმოჩნდა ზუსტი. იგი მხოლოდ სინათლის გავრცელების სიჩქარეზე ნაკლები სიჩქარეებისათვის არის სამართლიანი.

მკითხველი, რომელიც უკვე დაეჩვია ფარდობითობის თეორიაში არსებულ ყოველგვარ პარადოქსებს, ადვილად გაიგებს მიუღებლობის შიზენებს თითქოსდა იმ ნათელი მსჯელობის მიმართ, რომლის დახმარებითაც სულ ახლახანს გამოვიყენეთ სიჩქარეთა შეკრების კანონი.



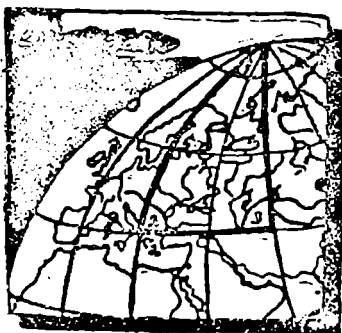
ნახ. 21

ნები. ჩვენ ხომ სწორედ ამისათვის შევკრიბეთ ლიანდაგზე მატარებლისა და მატარებელში მგზავრის მიერ ერთ საათში გავლილი მანძილები. ფარდობითობის თეორია კი გვიჩვენებს, რომ ამ მანძილების შეკრება არ შეიძლება. ეს ისეთივე უაზრობა იქნებოდა, როგორც სურათზე გამოსახული ველის ფართობის გამოსაანგარიშებლად AB და BC მონაკვეთების ერთმანეთზე ვადამრავლება და იმის დაეიწყება, რომ ეს უკანასკნელი, სიღრმეში ხედვის გამო, ნახაზზე დამახინჯებულია. ამას გარდა, საღვურის მიმართ მგზავრის სიჩქარის განსაზღვრის მიზნით, ჩვენ უნდა გავიგოთ მის მიერ ერთ საათში განვლილი გზა საღვურის დროით, მაშინ როცა მატარებელში მგზავრის სიჩქარის განსაზღვრისათვის ესარგებლობდით მატარებლის დროით, რაც, როგორც უკვე ცნობილია, ერთი და იგივე არ არის.

ყოველივე ამას იქამდე მივყავართ, რომ სიჩქარეები, რომელთაგან ერთ-ერთი მაინც ედრება სინათლის სიჩქარეს, სრულიად სხვაგვარად ჩამდება, ვიდრე ამას ჩვენ დავეჩივით. სიჩქარეების ეს პარადოქსალური დაჯამება შეიძლება დავინახოთ ცდით. მაგალითად, როცა ჩვენ ვაკვირდებით სინათლის გავრცელებას მოძრავ წყალში (რახედაც ზემოთ ვისაუბრეთ). ის მდგომარეობა, რომ მოძრავ წყალში სინათლის გავრცელების სიჩქარე არ უდრის უძრავ წყალში სინათლის გავრცელებისა და წყლის მოძრაობის სიჩქარეთა ჯამს, და რომ იგი ამ ჯამზე ნაკლებია. ფარდობითობის თეორიის პირდაპირ შედეგს წარმოადგენს.

განსაკუთრებული თავისებურებებით ჩამდება სიჩქარეები იმ შემთხვევაში, როცა ერთი მათგანი ზუსტად უდრის 300 000 კმ/წმ-ს. ამ სიჩქარეს, როგორც ცნობილია გააჩნია უცვლელად დარჩენის

$$\angle 1 + \angle 2 + \angle 3 = 180^\circ$$



ნახ. 22

თვისებები იმისდა მოუხედავად, თუ როგორ მოძრაობს ლაბორატორიები, რომლებშიც მასზე დაკვირვებას ვახდენთ. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, რა სიჩქარეც არ უნდა მიეუმატოთ 300 000 კმ/წმ, ჩვენ ისევ იმავე 300 000 კმ/წმ სიჩქარეს მივიღებთ.

სიჩქარეთა შეკრების ჩვეულებრივი წესის გამოუყენებლობას შეიძლება შევადაროთ მარტივი ანალოგია.

როგორც ცნობილია, ბრტყელ სამკუთხედში (მარცხენა ნახატი) კუთხეების ჯამი ორი მართი კუთხის ჯამს ტოლია, მაგრამ წარმოვიდგინოთ დედამიწის ზედაპირზე დახაზული სამკუთხედი (მარჯვენა ნახატი), დედამიწის სფეროსებრი ფორმის გამო ასეთი სამკუთხედის კუთხეების ჯამი უკვე ორი მართი კუთხის ჯამზე მეტია. ეს განსხვავება შესამჩნევი ზდება მხოლოდ მაშინ, როცა სამკუთხედის ზომები დედამიწის ზომების შესატყვისია.

მსგავსად იმისა, რომ დედამიწის მცირე ფართობების გასაზომად შესაძლებელია გამოვიყენოთ პლანიმეტრიის წესები, ასევე მცირე სიჩქარეების შეკრებისას შეიძლება გამოვიყენოთ მათი შეკრების ჩვეულებრივი წესები.

მუშაობა ცვლის მასას

მ ა ს ა

დაეუშვათ, გვსურს რომელიღაც უძრავი სხეული რაღაც გარკვეული სიჩქარით ავაზოძრაოთ. ამისათვის საჭიროა ამ სხეულზე ვი-
მოქმედოთ რაღაცა ძალით. მოძრაობას თუ არ უშლის ხელს გარეშე
ძალები, როგორცაა ხახუნის ძალა, სხეული ამოძრავდება და
ვადადგილდება სულ უფრო და უფრო მზარდი სიჩქარით. იმისათ-
ვის რომ სხეულმა ჩვენთვის საჭირო სიჩქარის მნიშვნელობას მიაღ-
წიოს, საჭიროა გარკვეული დრო. ამასთან აღმოჩნდება, რომ
სხვადასხვა სხეულისათვის სასურველი სიჩქარის მისანიჭებლად მო-
ცემული ძალის მოქმედების შემთხვევაში სხვადასხვა დრო იქნება
საჭირო.

ხახუნის უგულუბელსაყოფად, წარმოვიდგინოთ, რომ მსოფ-
ლიოს სივრცეში არის ორი. სიდიდით სრულიად ერთნაირი სფე-
როსებრი სხეული — ტყვიისა და ხის. მოვეჩაჩოთ ორივე სფერო
ერთნაირი ძალით მანამ, სანამ არ შეიძენენ ისინი. მაგალითად. სა-
ათში ათ კილომეტრ სიჩქარეს.

ცხადია, ამ შედეგის მისაღწევად. ხის სფეროსთან შედარებით
ტყვიისაზე უფრო დიდი ხნის განმავლობაში მოგვიწევს ძალის მო-
ღება. ამ მდგომარეობის დაბახათებობას ამბობენ, რომ ტყვიის
სფეროს გააჩნია უფრო მეტი მასა. ვიდრე ხისას. რამდენადაც მუ-
მივი ძალის მოქმედების დროს სიჩქარე დროის პროპორციულად
იზრდება, მასის ზომად იღებენ იმ დროის ფარდობას, რომელიც
საჭიროა მოცემული სიჩქარის მისაღწევად. უძრავობის მდგომარე-
ობიდან, თვით ამ სიჩქარემდე. მასა ამ ფარდობის პროპორციუ-
ლია, თანაც პროპორციულობის კოეფიციენტი დამოკიდებულია იმ
ძალაზე, რომელიც მოძრაობას იწვევს.

მასა წარმოადგენს ყოველი სხეულის ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან თვისებას. ჩვენ მივეჩვიეთ იმ აზრს, რომ სხეულის მასა ყოველთვის უცვლელი რჩება. კერძოდ, იგი დამოკიდებული არ არის სიჩქარეზე. ასეთი დასკვნა იმ პირველსაწყისი მტკიცებებიდან გამომდინარეობს, რომ მუდმივი ძალის მოქმედებით სიჩქარე იზრდება და ამ ძალის მოქმედების დროის პირდაპირპროპორციულია.

ეს მტკიცება სიჩქარეების შეკრების ჩვეულებრივ წესს ემყარება. მაგრამ ჩვენ სულ ახლანდის დაეამტკიცეთ, რომ ეს წესი ყველა შემთხვევისათვის არ გამოიძეება.

რას ვაკეთებთ ჩვენ იმისათვის, რომ მივიღოთ სიჩქარის მნიშვნელობა ძალის მოქმედების მეორე წამის ბოლოს? სიჩქარეების შეკრების ჩვეულებრივი წესის მიხედვით ვკრებთ სიჩქარეებს, რომლებიც ჰქონდა სხეულს პირველი წამის დასასრულს, და რომელიც მან შეიძინა მეორე წამის განმავლობაში.

მაგრამ, ასე შეიძლება ვიმოქმედოთ მხოლოდ მანამ, სანამ შეძენილი სიჩქარეები სინათლის სიჩქარეს არ გაუთანაბრდება. ამ შემთხვევაში უკვე აღარ შეიძლება ძველი წესის გამოყენება. ფარდობითობის თეორიის მხედველობაში მიღებით სიჩქარეების შეკრებისას, ჩვენ ყოველთვის მივიღებთ იმაზე რამდენადმე ნაკლებ შედეგს, ვიდრე ძველი წესის გამოყენებისას, რომელიც ახლა უკვე უვარგისი შეიქნა. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ მიღწეული სიჩქარის დიდი მნიშვნელობისას აგი უკვე ძალის მოქმედების პროპორციულად კი არ გაიზრდება, არამედ უფრო ნაკლებად. ეს გასაგებიცაა. რამდენადაც არსებობს ზღვრული სიჩქარე.

სხეულის სიჩქარის სინათლის სიჩქარესთან მიაწლოების მიხედვით უცვლელი ძალის შემთხვევაში, იგი სულ უფრო ნელა და ნელა იზრდება, ასე რომ ზღვრულ სიჩქარეს ვერასოდეს ვერ გადააჭარბებს.

სანამ შეუაძლებელი იყო იმის მტკიცება, რომ სხეულის სიჩქარე ძალის მოქმედების დროის პროპორციულად იზრდება, შეიძლება მასა სხეულის სიჩქარისაგან დამოუკიდებლად ჩაგვეთვალა მაგრამ, როცა სხეულის სიჩქარე სინათლის სიჩქარის თანაბარდება, პროპორციულობა დროსა და სხეულის სიჩქარეს შორის ქრება და მასა უკვე დამოკიდებული აღმოჩნდება სიჩქარეზე. რა

დენადაც აჩქარების დრო უსაზღვროდ იზრდება, სიჩქარე კი ვერ გადააქარბებს არსებულ ზღვარს, ჩვენ ვხედავთ, რომ მასა იზრდება სიჩქარესთან ერთად და ლებულობს უსასრულო მნიშვნელობას, მაშინ, როცა სხეულის სიჩქარე სინათლის სიჩქარეს უტოლდება.

გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ მოძრაობის დროს სხეულის მასა იზრდება იმდენჯერ, რამდენჯერაც მცირდება მისი სიგრძე. ამგვარად 240 000 კმ/წმ სიჩქარით მოძრაეი აინშტაინის მატარებლის მასა $\frac{10}{6}$ -ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე უძრავი მატარებლის მასა.

სრულიად ბუნებრივია, რომ, როცა საქმე გვაქვს სინათლის სიჩქარეზე ნაკლებ ჩვეულებრივ სიჩქარეებთან შეიძლება უგულვებელყოთ მასის ცვლილება ისევე, როგორც უგულვებელყოფთ სხეულის ზომების დამოკიდებულებას მისივე სიჩქარისაგან ან ორ შემთხვევას შორის დროის შუალედის დამოკიდებულებას იმ სიჩქარეებისაგან, რა სიჩქარეებითაც მოძრაობენ ამ შემთხვევების დამკვირვებლები.

ფარდობითობის თეორიიდან გამომდინარე მასის დამოკიდებულება სიჩქარეზე შეიძლება უშუალოდ შემოწმდეს ცდით, თუ დავაკვირდებით ჩქარი ელექტრონების მოძრაობას.

თანამედროვე ექსპერიმენტულ პირობებში სინათლეს სიჩქარეს ბიხლოებულზე სიჩქარით მოძრაეი ელექტრონი ჩვეულებრივი მოცუნნა და არაეითარ იშვიათობას არ წარმოადგენს. სპეციალურ ამაჩქარებლებში ელექტრონები ისეთ სიჩქარეებამდე აღწევენ, რომლებიც სინათლის სიჩქარეს წაშში მხოლოდ 30 კილომეტრით თუ ჩამორჩებიან.

ამგვარად, თანამედროვე ფიზიკას შეუძლია ერთმანეთს შეადაროს უდიდესი სიჩქარით მოძრაეი ელექტრონებისა და უძრავი ელექტრონების მასა. ცდების შედეგებმა მთლიანად დაადატურეს ფარდობითობის პრინციპიდან გამომდინარე მასის დამოკიდებულება სიჩქარეზე.

რა ღირს ერთი გრაში სინათლე?

სხეულის მასის ნამატი მასზე წარმოებულ მუშაობასთან მკიდროდ არის დაკავშირებული: იგი სხეულის მოძრაობაში მოსაყვანად საჭირო მუშაობის პროპორციულია. ამასთან აუცილებელი

არ არის, რომ მუშაობა სხეულის მხოლოდ ამოძრავებაზე დაიხარ-
გოს. სხეულზე დახარჯული ნებისმიერი მუშაობა, სხეულის ენერ-
გიის ნებისმიერად გაზრდა მის მასასაც ზრდის. ამიტომ აქვს უფრო
მეტი მასა გამობარ სხეულს, ვიდრე ცივს, შეკუმშულ ზამბარას
ვიდრე თავისუფალს. თუმცა ენერგიისა და მასის ცვლილებას შო-
რის არსებული მარგი კმედების კოეფიციენტი უმნიშვნელოა:
სხეულის მასა ერთი გრამით რომ გავზარდოთ, საჭიროა გადავცეთ
მას 25 მილიონი კილოვატსაათი ენერგია.

აი რატომაა. ჩვეულებრივ პირობებში ყველაზე ზუსტი გაზომ-
ვების დროსაც კი სხეულის მასის ცვლილება უჩადურესად უმნიშ-
ვნელო და შეუმჩნეველი. ასე მაგალითად, ნულიდან დუდილის
ტემპერატურამდე ერთი ტონა წყლის გათბობა მის მასას გაზრდის
რაახლოებით გრამის ხუთი მემილიონედი ნაწილით.

თუ დახურულ საცეცხლეში დავევავთ ერთ ტონა ნახშირს, მასში
გაცეცხვების შემდეგ საწვავ პროდუქტებს ექნებათ გრამის მხოლოდ
სამი მეათასედი ნაწილით ნაკლები მასა, ვიდრე ნახშირსა და ქანგ-
ბადს. რომელთაგანაც ისინი წარმოიშვა. მასის ეს დანაკარგი ნახ-
შირის წვის შედეგად გამოყოფილმა სითბომ წარიტაცა.

თუმცა თანამედროვე ფიზიკამ იცის ისეთი მოვლენებიც, რომ-
ლებშიც სხეულის მასის ცვლილება შესამჩნევ არის ასრულებს.
ასეთი მოვლენები წარმოიშობა ატომის ბირთვების შეჯახების
დროს. როცა ერთი სახის ბირთვებიდან წარმოიქმნება მეორე. ასე
მაგალითად. ლითიუმის ატომის ბირთვის წყალბადის ატომის ბირთ-
ვთან შეჯახებისას, წარმოიშობა ჰელიუმის ორი ატომი და ამ დროს

მასა თავისი სიდიდის $\frac{1}{400}$ ნაწილით იცვლება.

ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ, რომ სხეულის მასის ერთი გრამით გაზრ-
დისათვის საჭიროა გადავცეთ მას 25 მილიონი კილოვატსაათი
ენერგია. აქედან გამოდის, რომ ერთი გრამი ლითიუმისა და
წყალბადის ნარევის ჰელიუმად გარდაქმნისას 400-ჯერ ნაკლებ
ენერგია გამოიყოფა: $\frac{25\ 000\ 000}{400} = 60\ 000$ კილოვატსაათი.

ახლა ვუპასუხოთ ასეთ კითხვას: ბუნებაში ცნობილი ნივთიე-
რებიდან რომელია ყველაზე უფრო ძვირად ღირებული (თუ წო-
ნის მიხედვით შევაფასებთ)? აღიარებულა, რომ ასეთ ნივთიერე-
ბათა რიცხვს ეკუთვნის რადიუმი, რომლის ერთი გრამი, როგორც

საზღვარგარეთის ლიტერატურაშია მითითებული, სულ ახლახანს დაახლოებით 25 000 მანეთი ღირდა.

გამოვიანგარიშოთ მაინც, როგორია სინათლის ღირებულება...

ელექტრონათურებში ენერჯის მხოლოდ $\frac{1}{20}$ ნაწილი აღიქვება ხილული სინათლის სახით. ამიტომ ერთი გრამი სინათლე შეესაბამება მუშაობის იმ რაოდენობას, რომელიც ოცჯერ მეტია 25 000 000 კილოვატსაათზე. ე. ი. 500 მილიონი კილოვატსაათის ტოლია. ეს, თუ კილოვატსაათს კაპიკის თუნდაც მხოლოდ მეთაფი ნაწილით შევაფასებთ, 500 000 მანეთს შეადგენს. ერთი გრამი სინათლე ოცჯერ უფრო ძვირია, ვიდრე ერთი გრამი რადიუმი.

შ ე ლ მ გ ე ბ ი

ამგვარად, მკაცრი და დამაჭერებელი ცდები გვაიძულებენ ეცნოთ ფარდობითობის თეორიის სამართლიანობა. რომელიც გარემომცველ სამყაროს გასაოცარ თვიაებებს ხსნის... თვიაებებს, რომლებიც ჩვენი ყურადღების მიღმა რჩება პირველადი. უფრო სწორად რომ ვთქვათ. ზერელე შესწავლის დროს.

ჩვენ დავინახეთ. როგორი ღრმა, ძირეული ცვლილებები შემოაქვს ფარდობითობის თეორიას კაცობრიობის მიერ საუკუნეების მანძილზე ყოველდღიური ცხოვრებას ცდების საფუძველზე შექმნილ ძირითად ცნებებსა და წარმოდგენებში.

ხომ არ წარმოადგენს ეს ჩვეული წარმოდგენების მოლიანად გაკოტრებას?

ეს იმას ხომ არ ნიშნავს. რომ მთელი ფიზიკა, რომელიც ფარდობითობის პრინციპის აღმოჩენამდე იყო შექმნილი, ევარჯისი და გადასაგდება ძველი ქალამნის მსგავსად, რომელმაც თავის დროზე კარგი სამსახური გავეციწა და ახლა არავის აღარ სჭირდება?

საქმე ამგვარად რომ ყოფილიყო. მეცნიერული კვლევა უსარგებლო იქნებოდა. ვერალოდეს დავრწმუნდებოდით იმაში, რომ შომაველში არ წარმოიშობა ახალი მოძღვრება, რომელიც მთლიანად უარყოფს ძველს.

მაგალითისათვის წარმოვიდგინოთ მგზავრი, რომელიც აიხშტაინის მატარებლით კი არ მოგზაურობს. არამედ ჩვეულებრივი. თუნ-

დაც სწრაფი მატარებლით და ცდილობს შეიტანოს შესწორება ფარდობითობის თეორიაში იმის შიშით, რომ მისი საათი ჩამორჩება სადღურის საათებს. ამგვარ მგზავრს სიცილს დავაყრიდით. მართლაც, თუკი არაფერს ვიტყვით იმაზე, რომ ეს შესწორება წამის რაღაც მიკროსკოპულ ნაწილს შეადგენს, თავისთავად მატარებლის რყევა ყველაზე კარგ საათზედაც კი გაცილებით უფრო დიდ, გაზღვენას იქონიებს.

ინეინერ-ქიმიკოსი, რომელიც ექვობს, რჩება თუ არა წყლის მასა მუდმივი, აშკარად კვუაზე გადამცდარია. სამაგიეროდ ფიზიკოსი, რომელიც ატომის ბირთვების შეჯახებას აკვირდება და არ ითვალისწინებს მასის ცვლილებას ბირთვული გარდაქმნების პროცესში, უმეტრებისათვის ლაბორატორიიდანაა გასაძევებელი.

კონსტრუქტორები აპროექტებენ და დააპროექტებენ კიდეც თავიანთ ძრავებს ძველი ფიზიკის კანონების გამოყენებით, რამდენადაც შესწორებას ფარდობითობის თეორიის მიხედვით გაცილებით ნაკლები გავლენა აქვს მათ მანქანებზე, ვიდრე მანქანის მქნევაარზე მჯდარ მიკრობს. ფიზიკოსი კი, რომელიც ჩქარ ელექტრონებს აკვირდება, ვალდებულია ითვალისწინოს ელექტრონის მასის ცვლილება სიჩქარეზე დამოკიდებულებით.

ამგვარად, ფარდობითობის თეორია კი არ უარყოფს, არამედ მხოლოდ აღრმავებს ძველი მეცნიერებით შექმნილ ცნებებსა და წარმოდგენებს და განსაზღვრავს იმ ფარგლებს, რომლებშიც შეიძლება ძველი ცნებების გამოყენება ისე, რომ არასწორ შედეგებამდე არ მივიდეთ. ბუნების ყველა კანონი, რაც ფარდობითობის თეორიის შექმნამდე აღმოჩენილი იყო ფიზიკოსების მიერ, უარყოფილი კი არ წდება, არამედ უფრო ნათლად გამოისახება მათი გამოყენების საზღვრები.

თანაფარდობა იმ ფიზიკას, რომელიც ითვალისწინებს ფარდობითობის თეორიას და რომელსაც რელატივისტურს უწოდებენ, და ძველ ფიზიკას შორის, რომელიც კლასიკურად იწოდება, დაახლოებით ისეთივეა. როგორც თანაფარდობა უმაღლეს გეოდეზიასა (ითვალისწინებს დედამიწის სფერულობას) და უმაღლეს გეოდეზიას შორის (უგულებელყოფს ამ სფერულობას). უმაღლესი გეოდეზია უნდა გამოდიოდეს ვერტიკალის ცნების ფარდობითობიდან, რელატივისტური ფიზიკა უნდა ითვალისწინებდეს სხეულის ზომებისა და ორ შემთხვევას შორის არსებული დროის შუალედის ფარ-

დობითობას — კლასიკური ფიზიკის საპირისპიროდ. რომელიმე-
საც ეს ფარდობითობა არ არსებობს.

მსგავსად, იმისა, როგორც უმაღლესი კეთილხიზა უმდაბლესის
განვითარებას წარმოადგენს, რელატივისტური ფიზიკა კლასიკური
ფიზიკის განვითარება და ვაფართოვება.

ჩვენ შეგვიძლია სფერული გეომეტრიის ფორმულებიდან —
აფეროს ზედაპირის გეომეტრიიდან გადავდეთ კლასიკური
ფორმულებზე — სიბრტყის გეომეტრიაზე. თუ ჩავთვლით, რომ დე-
დამიწის რადიუსი უსასრულოდ დიდია, მაშინ დედამიწა წარმოად-
გება უსასრულო სიბრტყედ და არა სფეროდ. ვერტიკალი მაილდეს,
აბსოლუტურ მნიშვნელობას, სამკუთხედის კუთხეთა ჯამი ზუს-
ტად ორი მართი კუთხის ჯამის ტოლი გახდება.

მსგავსი გადასვლა შესაძლებელია რელატივისტური ფიზიკაშიც.
თუკი ჩავთვლით რომ სინათლის სიჩქარე უსასრულოდ დიდია, რომ
სინათლე მყისიერად ვრცელდება.

სინამდვილეში, სინათლე თუ მყისიერად ვრცელდება, მაშინ,
როგორც უკვე დავინახეთ, ერთდროულობის პრობლემა აბსოლუ-
ტური ხდება. შემთხვევებს შორის არ-
სებული დროის შუალედი და სხეულ-
თა ზომები იძენენ აბსოლუტურ აზრს
იმ ლაბორატორიებზე, დამოუკიდებ-
ლად, საიდანაც მათზე დაკვირვება
ხდება. მაშასადამე შეიძლება შეეინარ-
ჩუნოთ ყველა კლასიკური წარმოდგე-
ნა, თუკი სინათლის სიჩქარეს უსაარუ-
ლოდ ჩავთვლით.

სინათლის სასრული სიჩქარისა და
სივრცისა და დროზე ძველი წარმოდ-
გენების შენარჩუნებას შეთანხმების
ყოველი ცდა კი იმ ადამიანის უაზრო
მდგომარეობაში გვაყენებს, რომელმაც
იციის, რომ დედამიწა სფერულია. მაგ-
რამ დარწმუნებულია, რომ იმ ქალაქის
ვერტიკალი, სადაც თვითონ ცხოვრობს, აბსოლუტურია და კმ-ს
თავისი საცხოვრებელი ადგილიდან შორს წასვლა, ვაითუ არ და-
გორდეს სამყაროს სივრცეში.



ნახ. 21

ბოლო სიტყვაობა

მოგონების ფარსლავი ლ. დ. ლანდაუს

ამ ჩანაწერებში არ მინდა შევეხო ლ. დ. ლანდაუს სამეცნიერო შრომებს. თანამედროვე თეორიული ფიზიკა გაუგებარია არასპეციალისტებისათვის, ამი მეცნიერების პოპულარიზება — განსაკუთრებული ტალანტია, რაც ყველას არ გააჩნია. მე არც ჩემს თავს ვთვლი ასეთ ტალანტად. მიუხედავად იმისა, რომ ლევ დავითის ძესთან ერთად დავწერე წიგნი „რას წარმოადგენს ფარდობითობის თეორია“.

მახსენდება, რასაც თვითონ ლანდაუ ამბობდა ხუმრობით ამ წიგნზე: „ორი თაღლითი არწმუნებს მესამეს, რომ მას ორშაურად შეუძლია გაიგოს, რას წარმოადგენს ფარდობითობის თეორია“.

არაფიზიკოსისათვის ლანდაუს მეცნიერულ შემოქმედებაზე წარმოდგენის შექმნა მოკლე ჩანაწერებით — შეუძლებელია! ასევე ვერ გვეტყვის მის შესახებ რაიმე არსებითს ის პოპულარული ლეგენდა, რომელიც ლანდაუს „ნანთლებსა და კოვბოკაში“ გვიხატავს. იმიტომ, რომ (ვისარგებლებ შესაფერისი ტერმინით) ლანდაუს სიმბოლის ცენტრი მის პარადოქსალურ გამონათქვამებში კი არ არის. რომლებიც მას ანეკდოტების გმირად აქცევენ. არამედ იმაშია, რომ იგი იყო მსოფლიო მასშტაბის უდიდესი მეცნიერ-ფიზიკოსი და საბჭოთა ფიზიკოსების თვალსაჩინო სკოლის შემქმნელი.

ლენინგრადის უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკის სამკითხველო დარბაზში დგას თერამეტი წლის ბიჭი. შავი თმის კულულები მალალ. ლამაზ. შუბლზე ჩამოშლია. მან ეს-ესაა მიიღო „Annalen der Physik“-ის სუენააკნელი ნომერი. მასში აღმოაჩინა „შრედინგერის პირველი სტატია კვანტური მექანიკის საკითხებზე „დაკვანტვა როგორც საკუთარი მნიშვნელობის პრობლემა“. ბიჭს წარმოდგენაც არა აქვს, რომ სწორედ ახლად ამობრწყინდა მისი ვარსკვლავი, რომ ეს მომენტი განაზღვრავს მთელს მის მომავალს.

მისთვის ყველაფერი როდი იყო გასაგები. წაკითხულ სტატიაში (როგორც შემდგომში იხსენებდა, იმ დროს მას მთლად ნათლად არ ჰქონდა წარმოდგენილი, რა არის ვარიაციული აღრიცხვა, მიუხედავად იმისა, რომ ამოხსნილი ჰქონდა ყველა მაგალითი ვერი

შიფის დიფერენციალური და ინტეგრალური აღრიცხვის ამოცანათა კრებულიდან).

მიუხედავად ამისა, მაინც „გააგდებინა ძირი“ ამ სტატიას, რომელმაც, როგორც შემდეგში აღიარებდა. მასზე ისეთივე გასაოცარი შთაბეჭდილება მოახდინა, როგორც ფარდობითობის თეორიასთან პირველმა გაცნობამ.

შრედინგერის პირველ სტატიას მეორე მოჰყვა. სულ მალე ყმაწვილი იგებს, რომ შრედინგერის ტალღური მექანიკის პარალელურად ჰეტინგენში ვითარდება მატრიცული მექანიკა, რომელიც სხვა იდეებს ემყარებოდა და ერთი შეხედვით ისე ჩანდა, რომ ძირფესვიანად განსხვავდებოდა შრედინგერის იდეებისაგან.

საბოლოოდ საკითხი ნათელი ხდება მაშინ, როცა ყმაწვილი ეცნობა შრედინგერის სტატიას ორივე — ტალღური და მატრიცული — მექანიკის ეკვილენტობაზე. და მაშინ იგი ხვდება, რომ იპოვა თავისი გზა ცხოვრებაში.

ჩვეულებრივად, მომავალი სწავლული მისგან არჩეულ მეცნიერებას ითვისებს სხვა მეცნიერისგან — მასზე უფროსისა და გამოცდილისაგან — თავისი მასწავლებლისაგან, ლანდაუს არ შეეძლო ვინმესაგან ესწავლა კვანტური მექანიკა. არა იმიტომ, რომ არ იყო კარგი მასწავლებლები, არამედ იმიტომ, რომ თვით კვანტური მექანიკა ჭერ კიდევ არ არსებობდა მაშინ. ყველაფერს თვითონ უნდა ჩასწავლომოდა. იმ დროის შთაბეჭდილებებმა შეაძულა მას ტრადიციული ხატი მეცნიერისა, რომელიც კიბის საფეხურზე დგას საკუთარი ბიბლიოთეკის ზედა თაროსთან. ლანდაუ ამბობდა: „სქელი წიგნებიდან შეუძლებელია ვაიგო რაიმე ახალი. სქელი წიგნბო სასაფლაოებია, სადაც წარსულის იდეებია დამარხული“.

თავისებური განსაწვლის პერიოდში ლანდაუმ გამოიმუშავა მეთოდი, რომელიც მთელი სიცოცხლის განმავლობაში შეინარჩუნა. იგი აუარებელ მეცნიერულ ეურნალს „შთანთქავდა“, მაგრამ ყოველ სტატიაში ეცნობოდა მხოლოდ დასმულ ამოხსნას, შუაში რაც იყო, არ კითხულობდა და შემდეგ სტატიის ბოლოში ამოწმებდა მიღებულ შედეგებს. ამტკიცებდა: „ჩემთვის მნიშვნელოვანია ავტორისაგან გავიგო რას აკეთებს, ხოლო როგორ გაკეთდეს, ეს მე თვითონ უკეთ ვიცი“.

დაახლოებით 1936 წელს ზარკოვში დაიწყო ლანდაუს სკოლის ჩამოყალიბება.

ვაძოხხდნენ პირველი მოწაფეები. შექმნილი სკოლის თავისებურება იყო, რომ ღანდაუს მოწაფეები იყვნენ მიიღვე თანატოლები, ან. მასზე მხოლოდ რამდენიმე წლით უმცროსები. მოსწავლეები ერთმანეთს და მასწავლებელსაც „შენობით“ მიმართავდნენ. მათი შეკრებები, თავისი ხასიათით, გავდა საკუთარ საჯიკლომო შრომებზე მომუშავე ნიჭიერ სტუდენტთა თავშეყრას და არა მთელ მსოფლიოში ცნობილი მეცნიერის სემინარს.

მოწაფეები ძალიან მშობრად ეკამათებოდნენ მასწავლებელს. ზოგჯერ ღანდაუ მოთმინებით უარყოფდა თავის რომელიღაც თავგამოდებული ოპონენტის აზრს, ზოგჯერ კი კამათს ამთავრებდა კითხვით: „ვინ ვის ასწავლის, შენ მე თუ მე შენ? ჩემი საქმე არ არის შეცდომები ვეძებო შენს მსჯელობებში. უკეთესი იქნება თუ მჩვენებ შეცდომებს ჩემს მსჯელობებში“.

ფიზიკოსთა მომავალი სკოლა დამაჩერებლად ვითარდებოდა. ფეხზე დგებოდა. ღანდაუსკენ მიისწრაფოდა სჩვადანახვა ნიჭიან და გემოვნების ბევრი ახალგაზრდა. აუცილებელი იყო მათგან ისეთების შერჩევა, რომლებიც შეძლებდნენ გამხდარიყვნენ თეორეტკოს-პროფესიონალები.

ღანდაუ მიიხვედა, რომ თეორიულ ფიზიკაში მუშაობა წინასწარი ღრმა და საფუძვლიანი მომზადების გარეშე უაზრობაა. მაგრამ, მისი აზრით, ფიზიკის შესწავლა უპირველეს ყოვლისა, ნიშნავს იმას, რომ შეგეძლოს აარჩიო, რისი შესწავლა ღირს და რისი არა.

„ადამიანის სიცოცხლე. — ამბობდა ღანდაუ, — ძალზე ხანმოკლეა ამისათვის. რომ უიმედო პრობლემებს მოჰკიდო ხელი; მენსივრება შეზღუდულია და რაც უფრო მეტი მეცნიერული ნაგავი იქნება შენს თავში, მით ნაკლები ადგილი დარჩება დიდი აზრებისათვის“ (იგი ამაჲ ღიმილით ამბობდა).

მოწაფეების ვიწრო წრეში ხდებოდა იმ მასალის შერჩევა მექანიკაში, ელექტროდინამიკაში, ფართობითობის თეორიაში, სტატისტიკურ ფიზიკაში და კვანტურ მექანიკაში, რაც აუცილებელია იცოდეს ადამიანმა, რომელიც ცდილობს ნაყოფიერად იმუშაოს თეორიული ფიზიკის დარგში.

ასე წარმოიშვა თეორმინიმუმი. თეორმინიმუმში ჩათელები თვითონ ღანდაუმ მიიღო ყველა პირველი მოწაფისაგან. ამის შემდეგ

კი თვითონ ისინი იღებდნენ ჩათვლებს იმათგან, ვინაც ლანდაუს სკოლაში სურდა შესვლა.

დღეს უკვე სახელოვან მრავალ მეცნიერს მთელი სიცოცხლს მანძილზე ახსოვს, როგორ აბარებდნენ ისინი აღნიშნულ გამოც-
ლებს.

რას წარმოადგენდა თეორმინიმუმი თავისთავად?

ეს იყო თეორიული ფიზიკის ზედმიწევნით კარგად მოფიქრებუ-
ლი და მოკლედ შედგენილი პროგრამა, რომელშიც დაწვრილებით
იყო მითითებული ლიტერატურა — წიგნები, პარაგრაფები ამ წიგ-
ნებიდან და საკუთრალიო სტატეიები.

როცა ლანდაუმ იგრძნო, რომ გამოჩენილი პედაგოგის ნიკი
და უნარი გააჩნდა (აქ, მე მგონია, მას ტოლი არ ჰყავდა), როცა
მისი სკოლა უკვე სათანადო ავტორიტეტს იხვეჭდა მეცნიერულ სამ-
ყაროში, ამასთან ჩვენი ქვეყნის საზღვრებს გარეთაც, დაიბადა აზ-
რი, რომ შექმნილიყო თეორიული ფიზიკის ერთიანი კურსი, რომ-
ლის დახმარებითაც შესაძლებელი იქნებოდა არა მარტო თეორმინი-
მუმის, არამედ თანამედროვე თეორიული ფიზიკის უფრო ღრმად
შესწავლაც.

როცა ლანდაუს მიერ ჩაფიქრებული თეორიულ ფიზიკის კურს-
ზე ვლაპარაკობთ, უსათუოდ უნდა აღვნიშნოთ ის მნიშვნელოვანი
წვლილი, რომელიც შეიტანა ამ ჩანაფიქრის განხორციელებაში
ე. მ. ლიფშიცმა — ლანდაუს ერთ-ერთმა პირველმა მოწაფემ. რა
თქმა უნდა, ყველა დაგვეთანხმება. რომ ევგენი მიხეილის ძის გა-
რეშე ანეთი კურსი ვერ იხილავდა დღის სინათლეს. მან ამ კურსს
მრავალი ახალი მეცნიერული იდეა შეჰმატა. იგი თავდადებულად
მუშაობდა და ცდილობდა გადმოცემებში სიცხადე და სიზუსტე
შეეტანა.

სამწუხაროდ, ეს შესანიშნავი ნაშრომი ვერ დასრულდა ლანდა-
უს სიცოცხლეში, მაგრამ მისი მოწაფეები ე. მ. ლიფშიცის მეთა-
ურობით ღირსეულად აგრძელებენ მასწავლებლის საქმეს. იგრძ-
ნობა ლანდაუს გემოვნება, იდეები და ხელი. ექვი არ არის, რომ
კურსი წარმატებით დამთავრდება.

ლანდაუს სკოლის მეცნიერულ ცხოვრებასა და პედაგოგიურ
პრაქტიკაში უდიდეს როლს თამაშობდა ლანდაუს მიერ შექმნილი
სემინარი.

ხუთშაბათობით, 11 საათისათვის, ფიზიკური პრობლემების ინსტიტუტში იკრიბებოდნენ გამოჩენილი ფიზიკოსები მოსკოვის ყველა ინსტიტუტიდან. სემინარზე შესვლა თავისუფალი იყო.

პირველ რიგში სხდებოდნენ ლანდაუ და მისი უახლოესი თანამშრომლები. სწორედ ისინი იყვნენ უმთავრესად დისკუსიის უშუალო მონაწილენი. სხვა რიგებში მსხდომნი კი უსმენდნენ მათ.

მომხსენებლებსა და მოხსენებების სავარაუდო თემებს (როგორც წესი, ისინი მეცნიერულ ჟურნალებში გამოქვეყნებულ სტატიებს ეძღვნებოდა) თვითონ ლანდაუ ამტკიცებდა. ყოველი მომხსენებელი ვალდებული იყო სტატიაში დასმული ამოცანა ისე ჩამოეყალიბებინა, როგორც ამას განსახილველი შრომის ავტორი იძლეოდა და ამასთან მოეტანა ავტორის მიერ მიღებული შედეგები. ლანდაუ განსაკუთრებით აფასებდა მომხსენებელს, რომელიც ამოცანის გადაწყვეტის ავტორისეულისგან განსხვავებულ, ახალ მეთოდს წარმოადგენდა.

„ზოგადად, დასმული საკითხის ჩამოყალიბებისა და საბოლოო შედეგის გადმოცემის შემდეგ, ლანდაუ ერთხანს დაფიქრდებოდა და აცხადებდა, „ეს სტატია — სრული პათოლოგიაა, მასზე დროის დაკარგვა არა ღირს“. და მოხსენება უმოწყალოდ იხსნებოდა დღის, წესრიგიდან.

სემინარს ორგვარც ნიზანი ჰქონდა. პირველი — სასწაელო: იგი აჩვენებდა ახალგაზრდებს, დამწყებ ფიზიკოსებს ლოგიკურად ისე უნაკლო ფორმით ჩამოეყალიბებინათ თავიანთი აზრები, როგორც ეს ლანდაუს აკმაყოფილებდა (რაც თავისთავად არ იყო ადვილი); მეორე — მეცნიერული: სემინარი საშუალებას აძლევდა ლანდაუსა და მის თანამშრომლებს გაეგოთ, რა იდეებს შეიცავდა მეცნიერული ჟურნალების უკანასკნელი გამოცემები, თანაც ამ იდეებს საკმაოდ დამუშავებული სახით იღებდნენ.

ამეთი სისტემისაგან ყველაზე მეტ სარგებლობას თვითონ ლანდაუ იღებდა.

საზღვარგარეთ თავისი პირველი მიქცელების დღეები ლანდაუმ კოპენჰაგენში ბორთან, ციურხისში პაულისთან და კემბრიჯში რეზერფორდთან გაატარა.

მე იგი 1929 წლის მიწურულს თეორიული ფიზიკის კოლოკვიუმზე ბერლინში გამაცნო პავლე სიგიზმუნდის ძე ერენფესტმა.

ლანდაუმ დანაწიებით მითხრა: „ისევე როგორც ყველა კარგი

ქალიშვილი უკვე დანაწილებული და გათხოვილია, ასევე ყველა კარგი ამოცანა უკვე ამოხსნილია. და ალბათ ძნელად თუ ვიპოვი რაიმე ღირებულს დარჩენილ ამოცანათა შორისო“.

მაგრამ მაინც იპოვა.

1930 წლის იანვარში ციურისში პაულისთან ყოფნისას, ლანდაუმ აღმოაჩინა, როგორც თვითონ თქვა. კარგ ამოცანათა შორის უკანასკნელი: ელექტრონების კვანძური მოძრაობა მუდმივ მაგნიტურ ველში. მან ეს ამოცანა გაზაფხულზე ამოხსნა კემბრიჯში რეზერფორდთან ყოფნის დროს. ამგვარად, ფინიკის ისტორიაში პაულის პარამაგნეტიზმის გვერდით გამოჩნდა ლანდაუს დიამაგნეტიზმი.

ეს იღბლიანი აღმოჩენა იყო, რადგან ბორის ცენტრალურ და სერტაციამში მკაცრად იყო ნაჩვენები. რომ საკითხის კლასიკური განხილვა არ იძლევა ელექტრონების წვლილს ლითონთა დიამაგნეტიზმში. ამ შრომით ლანდაუ დამკვიდრდა ქარიშხლებსა და შეტევის ეპოქის მშლავრ ფიზიკოსთა შორის და მეცნიერთა თაყობის საკუთარი კლასიფიკაციის მეორე კლასის მეცნიერის სახელი მიაკუთვნა საკუთარ თავს. პირველი კლასი ამ კლასიფიკაციით ეკავათ ბორს, შნელინგერს, პაიზენბერგს, დირაკს და (შემდგომში) ფერმის. აინშტაინს იგი უმაღლეს კლასს (სანახევროდ) მიაკუთვნებდა.

პაულისთან შეხვედრამ ლანდაუზე უდიდესი შთაბეჭდილება მოახდინა. მანსენდება, რომ ერთხელ მოსკოვში ლანდაუმ პაულისთან შეკამათება მოინდომა, მაგრამ პაულიმ უთხრა: „ოი, არა ლანდაუ, თვითონვე დაფიქრდით“.

მეტად უჩვეულო სურათი იყო.

ამბობენ, ახალგაზრდობის წლებში ლანდაუ ჭირვეული ხასიათისა იყო. მისი მსჯელობების კატეგორიულობა (ლამარაკია არა ფიზიკაზე) წინასწარ განზრახულ ახარებულებას ესაზღვრებოდა.

მისი ეს თვისებები ახალგაზრდა მათემატიკის მაგონებდა, როცა იგი ჯერ კიდევ ყვითელ კოფტაში გამოწყობილი დადიოდა და თავის შემთხვევით მსმენელებს საკუთარ თავზე და მნიშვნელობაზე გამოხატვებით ანციფტებდა.

მსგავსება უცილობლად გვაიძულებს ზოგადი ახსნა ვეძიოთ. ვფიქრობ, საქმე აქ იმას ეხება, რომ საკუთარი „მე“ს ამგვარად გამოვლენა ახასიათებს გენიოსს, რომელიც მისთვის შესაფერად გილს იმკვიდრებს.

როცა მაიაკოვსკიმ საერთო აღიარებას მიიღწია, იგი უფრო რბილი. შემწყნარებელი და კეთილი გახდა.

იგივე გზა გაიარა ლანდაუმ, როცა მან საყოველთაო აღიარება მოიპოვა — სამშობლოშიც და ში. ფარგლებს გარეთაც — ჭირვეულობა მიატოვა. ბედნიერი ვარ, რომ ჩემთვის მძიმე წლებში საკუთრივ განვიცადე მთელი სისრულით ადამიანებისადმი ლანდაუს კეთილი დამოკიდებულება. ძველი მეგობრებისა და ამხანაგებისადმი მისი სიყვარული.

ჩემი აზრით. თეორიული ფიზიკის დარგში მომუშავე მეცნიერები, მუსიკოსთა მსგავსად. შეიძლება დავყოთ კომპოზიტორებად და შემსრულებლებად. იშვიათად არის წარმოდგენილი შემოქმედების ეს ორი მიმართულება ერთ მუსიკოსში.

ფიზიკოს-კომპოზიტორი. ახალი თეორიის შემქმნელი, ერთგვარ რიპკზე უნდა წავიდეს და უარი თქვას მწყობრ სისტემაზე, რომელიც ჩვეული ტრადიციული ლოგიკის ჩარჩოებშია მოქცეული.

ერთი შეხედვით. ჩვეულ ლოგიკას ეწინააღმდეგება აინშტაინის მტკიცება, რომ სინათლის სიჩქარე ათვლის ყველა სისტემაში ერთნაირია, ანდა ბორის მტკიცება, რომ ელექტრონი გამოასხივებს ერთი ორბიტიდან მეორეზე გადასვლის მომენტში და არ გამოასხივებს ერთ ორბიტაზე მოიარაობის დროს.

თუმცა, საჭიროა შევნიშნოთ, რომ მეცნიერული შემოქმედების „უმაღლეს დონეზე“ მეცნიერ-კომპოზიტორს და მეცნიერ-შემსრულებელს შორის ზღვარი მნიშვნელოვნად იშლება და ხანდახან ქრება კიდევ.

ლანდაუს ბედმა არაგუნა გასაოცარი ძალის ლოგიკური მანქანა. რაც მას საშუალებას აძლევდა მყისვე შეემჩნია თავისი კოლეგების შრომებში არსებული წინააღმდეგობანი და ხარვეზები და უკუეგლო ისინი როგორც „პათოლოგიურნი“, მაგრამ მისი გონების ეს თვისება ზოგჯერ თვით მასვე ეღობებოდა წინ, რამდენადაც იგი საკუთარ თავსაც არ აძლევდა უფლებას, რომ თავისი რკინისებური ლოგიკიდან გადაეხვია.

ამიტომაც ითვლებოდა იგი მსოფლიოში ერთ-ერთ საუკეთესო შემსრულებლად. მას შეეძლო ნებისმიერი ამოცანის ამოხსნა, თუკი ეს ამოცანა საერთოდ ექვემდებარებოდა ამოხსნას. და ამ დროს, შემოქმედებითი ლოგიკის ძალით, იგი ზოგჯერ კომპოზიტორად გარდაიქმნებოდა, რამეთუ „საკუთარი მუსიკის“ გარეშე ამოხსნა შეუძლებელი იყო.

მინც რატომ სარგებლობდა ლანდაუ ასეთი სიყვარულითა და დაფასებით მთელს მეცნიერულ სამყაროში?

ვფიქრობ, აქ საქმე უპრიველეს ყოვლისა, ისაა, რომ მეცნიერების სფეროში დაკავებულ ადამიანებს უმალლესი ზომით ახასიათებთ უანგარიშო, ყოველგვარი შურიანობისაგან თავისუფალი აღფრთოვანების განცდა ნამდვილი ტალანტის წინაშე.

გვანცვიფრებდა ლანდაუს მეცნიერული პატიოსნება. იგი არასოდეს არ აჩვენებდა თავს ისე, თითქოს მისთვის საკითხი გასაგები იყო, რათა თავი დაეღწია საკუთარი დიდების სიმაღლიდან ნასროლი სიტყვით.

უდიდეს შთაბეჭდილებას ახდენდა ლანდაუს ცოდნის უნივერსალობა. მაშინ როცა თეორიულ ფიზიკაში სულ უფრო იჩენდა თავს სპეციალიზაციისაგან საშიში გადახრა (საქმე იქამდე მივიდა, რომ დღეს ელემენტარული ნაწილაკების სპეციალისტები ვერ უგებენ ველის კვანტური თეორიის სპეციალისტებს!). ლანდაუ თავს დამაჩყრებლად გრანობდა თეორიული ფიზიკის სრულიად სხვადასხვა და ერთმანეთისაგან შორს გამოჩნულ ნაწილებში.

იგი არ ბერდებოდა; ფიზიკური ცოდნის მოცულობის ზრდასთან ერთად იზრდებოდა და ვითარდებოდა მისი ტალანტი.

მართალია, ახლო ამხანაგები ამჩნევდნენ, რომ იგი ზოგჯერ თავს არიდებდა შეკითხვას და ამბობდა: „ეს მე არ მაინტერესებს“, მაგრამ მალე ნათელი ხდებოდა, რომ იგი არ ივიწყებდა ამ შეკითხვებს: რამდენიმე დაფაზე ერთდროულად მოთამაშე მოკაღრაკის შესავსად, მისი გონება ერთდროულად რამდენიმე სხვადასხვა პრობლემაზე აზროვნებდა. თუკი საკითხი მნიშვნელოვანი იყო ლანდაუ რაღაც დროის შემდეგ თითქოსდა შემთხვევით იძლეოდა პასუხს: „სხათა შორის, შენ მეკითხებოდის ამისა და ამის შესახებ.. ჰოდა...“ შემდეგ კი იწყებოდა დაწვრილებითი ახსნა.

ვფიქრობ, რომ საჭიროა დაიწეროს ლანდაუს რამდენიმე ბიოგრაფია.

უპირველეს ყოვლისა — მეცნიერული ბიოგრაფია. ამ როლს მნიშვნელოვანწილად ასრულებს ე. მ. ლიფშიცის სტატია, რომელიც ლანდაუს შრომების კრებულის ორტომეულს დაერთვის. სასურველი იქნებოდა ევგენი მიხეილის ძეს გამოენახა დრო და მნიშვნელოვნად გაეფართოებინა იგი.

ლანდაუს შრომების კრებულს უნდა დაერთოს ვრცელი, დაწვ-

რილებითი სქოლიოები, რომ სტუდენტებს შეეძლოთ ამ სტატე-
ებით სარგებლობა და არ ჩათვალონ ისინი წარსული ეპოქის რე-
ლიკვიებად.

პროფესორი ი. ბ. რუმერ

ლანღაუს სოცხალი სიბავა

ცამეტი წელი გვაშორებს იმ ტრაგიკული შემთხვევიდან, რომელ-
მაც შეწყვიტა ლევ დავითის ძე ლანდაუს ბრწყინვალე შემოქმე-
დება. ახლა უკვე იმათგან, ვინც თეორიულ ფიზიკას თავის სასო-
ცოცხლო საქმედ ირჩევს, ვერავინ ვერ დაილოცავს გზას იმ ადამიანისაგან, ვისი კარიც მუდამ ღია იყო ყველასათვის, ვისაც კი მისი რჩევა ესაქიროებოდა მეცნიერულ სარბიელზე. წარსულში რჩება, ლეგენდებით იმოსება ამ არაჩვეულებრივი ადამიანის სახე. იმათ ყველაზე ნათელ მოგონებებსაც კი, ვისაც ჰქონდა ბედნიერება მის ახლობლებსა და მეგობრებს შორის ყოფილიყო, არ შეუძლია სრულად გადმოგვეცეა მისი პიროვნების თავისებურება, ბრწყინვალეობა და მიმზიდველობა.

ყოველ მოგონებას გააჩნია რაღაც იმ პიროვნებისეული, ვინც იგონებს და მხოლოდ უშუალოდ ნათქვამი, სხვის მიერ დაუმახინჩველი სიტყვა გამოხატავს ადამიანის სულის თვისებებს.

გარდაცვალების შემდეგ ადამიანი ცოცხალ სიტყვას მისი წერილები გვაგონებენ. მაგრამ წერილებს ლევ დავითის ძე დიდი გაქირვებით და ძალზე იშვიათად წერდა. მას საერთოდ უჭირდა თავისი აზრების ქაღალდზე გადატანა (მაგალითად, როდესაც შესთავაზეს პოპულარული სტატია დაეწერა, მან უპასუხა: „თქვენ შეიძლება გავგონილი გქონდეთ, რომ მე სრულებით არ გამაჩნია წერის ნიჭი, და ყველაფერი, რაც კი დამიწერია, მხოლოდ თანაავტორებთან ერთად“). მას უძნელდებოდა სტატიის დაწერა მაშინაც კი, როცა თვითონ მისი საკუთარი (თანაავტორის გარეშე!) სამეცნიერო შრომის შინაარსი იყო გადმოსაცემი და ყველა ასეთ სტატიას მრავალი წლის მანძილზე სხვები უწერდნენ. სწრაფვა გამოთქმების ლაკონურობისა და სიზუსტის დაცვისადმი აიძულებდა მას ისე დიდხანს ეძებნა ყოველი ფრაზა, რომ საბოლოოდ ნებისმიერ წერით სამუშაოზე დახარჯული შრომა — იქნებოდა იგი მეცნიერული სტატია თუ პირადი წერილი — მტანჯველი ზღბებოდა მისთვის.

მით უფრო აღსანიშნავი და დამახასიათებელია მისი პასუხი:-

მკვლევების მაღალი გრძნობა. ლევ დავითის ძე ყოველთვის პასუხობდა წერილებზე მათ (თუმცა ზოგჯერ დაგვიანებით). ვინც რჩევისა და დახმარებისათვის მიმართავდა („გიპასუხებთ დაგვიანებით, თუმცა არა პრინციპული მიზეზით. არამედ, მხოლოდ იმისთან დაკავშირებით, რომ მე შეძნელება წერილების წერა და ამიტომ ძალიან დიდხანს ვემზადები“; და ისევე: „მაპატიეთ დაგვიანებით, რაც ეპისტოლარული ხელოვნებისადმი ჩემ უკიდურეს ანტიპათიურ დამოკიდებულებასთან არის დაკავშირებული“.).

ფიზიკური პრობლემების ინსტიტუტის სამდივნოში იგი მრავალი წლის მანძილზე უშუალოდ კარნახობდა ამ წერილებს მემანქანებს.

ამ დროს იგი ოთახში მიმოდინდა და ყოველ ფრაზაზე გულდასმით ფიქრობდა. ნინა დიმიტრის ასულ ლოშკარევას, რომელიც ინსტიტუტის რეფერენტად მუშაობდა დიდი ხნის მანძილზე, უნდა ეუბოდოდეთ, რომ შემოინახა იმ წერილების ასლები — მიუხედავად იმისა, რომ ისინი „პირადი“ იყო და არა „სამსახურებრივი“.

ბევრი დაწერილა იმაზე, რომ ლანდაუ იყო არა მარტო გენიალური ფიზიკოსი, არამედ მოწოდებით მასწავლებელიც. ერთ პიროვნებაში ამ ორი თვისების ასეთ მასშტაბებში გაერთიანება ძალიან იშვიათად გვხვდება მეცნიერების ისტორიაში, ამ გავებით მართებული იქნება ლანდაუს შედარება მისივე მასწავლებელთან — დიდ ნილს ბორთან, თუმცა მათ ემოციურ სახესა და ხასიათის თვისებებში ძალზე ცოტა რამ იყო საერთო — ბორის უკიდურესად რბილი ხასიათი არ ჰგავდა ლანდაუს ექსპანსიურობასა და სიჭიუტეს. მათთვის საერთო რაღაც უფრო ღრმა რამ იყო: აბსოლუტური უკომპრომისობა მეცნიერებაში და ადამიანებისადმი კეთილგანწყობა, დახმარებისათვის მზადყოფნა იმათ მიმართ, ვინც ეძებდა გზას მეცნიერებაში, სხვებს ტალანტისა და მეცნიერული წარმატებებისადმი სიხარულის გრძნობის გამოვლენა.

ლევ დავითის ძის მიმოწერაში მნიშვნელოვანი ადგილი ახალგაზრდებისადმი პასუხებს ეჭირა, რომლებიც მას კითხვებით მიმართავდნენ იმის შესახებ, თუ რა და როგორ ემსახურათ. ეს პასუხები არა მარტო გვიხატავენ ლევ დავითის ძის სულიერ თვისებებს, არამედ მათში იგი სისტემატურად გამოთქვამდა თავის შეხედულებებს მომავალი ფიზიკოსების სწავლების საკითხებზე: ეს შეხედულებები საინტერესო იქნება ახალგაზრდა მეცნიერთა ახალი თაობებისათვისაც.

ქეხხის ერთ-ერთი უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებლის სტუ-
დენტი წერს ლევ დავითის ძეს, რომ იგი დიდა მოწადინებით შრო-
მობს ფიზიკის კათედრის ლაბორატორიაში, ჰათა დამოუკიდებ-
ლად შეისწავლოს მათემატიკა და ფიზიკა, მაგრამ იბნევა სიმრავ-
ლეთა წინაშე და არ იცის, რა უნდა შეისწავლოს. „მე ჭერ კიდევ
გზის დასაწყისში ვარ, ცუდად ვხედავ შეცნიერებაში ჰიმაველ
გზას, ძალიანა გთხოვთ დამეხმაროთ და გაარკვიოთ, როგორ ავიღო
წორი მიმართულება. თქვენთვის ასეთი დახმარების გაწევა იოლია.
მე ბევრს შემძენდა, თუ დამიწერდით გეგმას, თავისებურ
პროგრამას — რა ვისწავლო და როგორი თანამიმდევრობით“. ლევ
დავითის ძე პასუხობს:

ძვირფასო ამხ ბ.!

თქვენ, როგორც ჩანს, სერიოზულად გაინტერესებთ ფიზიკა. დიდა სერ-
კილი მაქვს დაგეხმაროთ, ძალიან კარგია, როცა გესმით, მეცნიერულ მუშაობი-
სთვის ბევრი რამ უნდა ისწავლოთ. რაც შეეხება იმას, თუ რა უნდა ის-
წავლოთ, ეს არსებითად. თქვენს მომავალ გეგმებზეა დამოკიდებული. საქმე
ისაა, რომ თანამედროვე ფიზიკა ორ ნაწილადაა წარმოდგენილი —
თეორიულ და ექსპერიმენტულ ფიზიკად. თეორეტიკოსები კალმით წერენ
ფორმულებს ქალაღზე, ექსპერიმენტატორები კი ბელსაწყობით მუშაობენ
ლაბორატორიებში. ბუნებრივია, რომ ამ ორი კატეგორიისათვის სხვადასხვა
განათლებაა აუცილებელი. ნათელია, რომ თეორეტიკოსთა თეორიული განათლება
უნდა იყოს უფრო სრული და ღრმა, თუმცა, რა თქმა უნდა, ექსპერიმენტატო-
რებმაც უნდა იცოდნენ საკმაოდ ბევრი რამ.

ამიტომ, მოიფიქრეთ ეს საკითხი და მომწერეთ თქვენი გადაწყვეტილება.
მაშინ მე დიდა სიამოვნებით გამოგიგზავნით შესაფერის პროგრამებს, რომელ-
თა შესწავლის შემდეგ, როგორც მე მეჩვენება, საკმაოდ მომზადებული შეიღ-
ვებით საქმესკ.

საუკეთესო სურვილებით თქვენი
ლ. ლანდაუ

მუშა ლ. წერს ლევ დავითის ძეს: „ერთი კვირის შემდეგ მიემ-
გზავრები მოსკოვიდან და თქვენი უსაზღვრო მადლობელი ვიქნები,
თუ გამონახავთ ღროს და მომცემთ რამდენიმე რჩევას რა და რო-
გორ უნდა ვისწავლო, რომ, ფიზიკოს-თეორეტიკოსი ვავხდე და
ღირს თუ არა ამისკენ ლტოლვა... ჩემი ცოდნის დონე შეესაბამება
მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკა-მათემატიკის ფა-
კულტეტის დაახლოებით სამ კურსს, მაგრამ მე უკვე 25 წლისა
ვარ, თანაც მუშა.

გი წერს იმ პრობლემებზე. რომელთა გადაწყვეტასაც ცდილობდა, წერს, თუ როგორ გაუძნელდა ფიზიკური თეორიის საფუძვლებს გაგება და როგორ ცდილობდა თავი დაეღწია ამ სიძნელეებისაგან; ეუბნება აგრეთვე, რომ ცუდად ითვისებს უცხო ენებს.

„ძალიან გთხოვთ, ლევ დავითის ძეე მომწეროთ, შემოძლია თუ არა ვიქონიო ფიზიკოსად გახდომის იმედი. და თუ შემოძლია, მაშინ თქვენი განთქმული პროგრამისა და იმ რჩევის გარდა, რომელსაც მომცემთ, გთხოვთ შემატყობინოთ, ჩვეულებრივ რა ვადებშია შესაძლებელი თქვენი პროგრამის შესრულება, რომ შევძლო ერთხელ კიდევ შევაფასო ჩემი შესაძლებლობა. ლევ დავითის ძეე! ვიცი რა ძვირფასია თქვენთვის დრო, ამიტომ უდიდეს პატივად ჩავთვლიდი, თუკი მიპასუხებთ“.

ლევ დავითის ძეე წერს:

პატივცემულო ამხ. ლ. !

ვეცდები ეუპასუხო თქვენს კითხვებს.

რა თქმა უნდა, წინასწარ ძნელია იმის თქმა, თუ როგორია თქვენი ნიჭი თეორიული ფიზიკის დარგში. იგი დმერთებზე არაა დამოკიდებული და თუ ნამდვილად გსურთ, ეფიქრობ, რომ წარმატებით შეგიძლიათ იმუშაოთ თეორიული ფიზიკის დარგში. დიდად მნიშვნელოვანია ის, რომ ეს სამუშაო უშუალო ინტერესს წარმოადგენს თქვენთვის. პატივმოყვარეობას არ შეიქძლია შეცვალოს რეალური ინტერესი.

ნათელია, რომ უპირველეს ყოვლისა როგორც საჭიროა ისე უნდა აითვისოთ თეორიული ფიზიკის ტექნიკა. თავისთავად ეს არც ისე ძნელია, მით უფრო, რომ თქვენ გაქვთ მათემატიკური განათლება, მათემატიკური ცოდნა კი ჩვენი მეცნიერების საფუძველია. 25 წელი არც ისე ბევრია (მე სოჭერ მეტი ხნისა ვარ, მაგრამ თავის მინებებას არ ვაპირებ), ხოლო მცშის საქმიანობას, რასაკვირველია, არ შეეძლო თქვენი შეცვლა. ნუ ეცდებით რაიმე პრობლემის გადაწყვეტას. უბრალოდ, საჭიროა მუშაობა, პრობლემის გადაწყვეტა კი თავისთავად მოდის. რა თქმა უნდა, მძიმე ეკონომიურ პირობებს შეუძლია ხელი შეგიშალოს, რადგან მშვიდ კუჭზე ანდა ძლიერ დაღლილ მდგომარეობაში მუშაობა არ არის ადვილი. სამწუხაროდ უცხო ენები აუცილებელია. უნდა გახსოვდეთ, რომ მისი შეხწყალისათვის, უპირველად, განსაკუთრებული ნიჭი არ არის საჭირო, რამდენადაც ინგლისურ ენას. ფლობენ ძალზე უნიჭო ინგლისელებიც. თქვენ სწორ დასკვნამდე მიხვედით; რომ საფუძვლებზე ფიქრი ნაალებად არის საჭირო. მთავარი, რაც უნდა აითვისოთ — ეს არის მუშაობის ტექნიკა, ხოლო წვრილმანებში გარკვევას თავისთავად შეძლებთ შემდგომში.

ბოლოს შემოძლია გითხრათ, რომ თეორეტიკოსი თქვენ გახდებით, თუ გაქვთ მუშაობის ნამდვილი ინტერესი და უნარი. პროგრამას ვეებ ამ წერილში. რაც შეეხება დროს, იგი დიდად არის დამოკიდებული სხვა საქმეებით თქვენს დატვირთვაზე, და იმაზე — მოცემულ მომენტში რეალურად რა იცით. პომერანჩუკმა, რო-

მელმაც თითქმის ყველაფერი იცოდა, პრაქტიკულად. ამას ორნახევარი თვე მოანდომა. სხვებისათვის რამდენიმე წელია საჭირო, ისიც მაშინ, თუ აქვთ ცოდნის გარკვეული მარაგი.

საუკეთესო სურვილებით თქვენი
ლ ა ნ დ ა უ

ერთ-ერთი უმაღლესი სასწაელებლის სტუდენტიც წერს, რომ გატაცებულია თეორიული ფიზიკით და ჩივის უამრავ წიგნსა და სტატიას ვედები, მაგრამ უშედეგოდ, ისინი ჩემთვის ჯერ კიდევ გაუგებარიაო. ერთხელ მოვედი კიდევ თქვენს სემინარზე ფიზიკური პრობლემების ინსტიტუტში (ამ სემინარზე დასწრება ყველა მსურველისათვის თავისუფალი იყო), მაგრამ ვერაფერი გავიგე. თქვენთან მოსვლას კი ვერ ვებედავდიო. და აი, ლევ დავითის ძის პასუხი:

ძვირფასო აშხ. რ.!

თუ სერიოზულად ხართ დაინტერესებული თეორიული ფიზიკით, სიხარულით დაგეხმარებოთ ხელი მოჰკიდოთ ამ მომხიბლავ, როგორც მე მგონია, მეცნიერებას.

ბუნებრივია, რომ გაბნეულ უამრავი მასალა და არ იცით რით დაიწყოთ. ნათელია, რომ თეორიული სემინარი თქვენთვის ახლა სრულიად გაუგებარია და ჯერ კიდევ აღრუა მასზე დასწრება. გიგზავნით „თეორიული მინიმუმის“ პროგრამას, რომელიც (თუ გნებავთ) შეგიძლიათ ზამთარით მე ან ჩემს თანამშრომლებს ცალკეული ნაწილების მიხედვით.

საჭიროა დაიწყოთ მათემატიკით, რომელიც, როგორც თქვენთვის ცნობილია, ჩვენი მეცნიერების საფუძველს წარმოადგენს. მხედველობაში მიიღეთ, რომ მათემატიკის ცოდნა მხოლოდ თეორემების ცოდნას არ ნიშნავს. უნდა შეგეძლოთ რეალურად პრაქტიკულად მოახდინოთ ინტეგრირება, ამოხსნათ ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებები კვადრატურებით და ა. შ.

ჩემი ტელეფონები მითითებულია პროგრამაში. ჩემი ნუ შეგეშინდებათ — კბენია არა ვაქ.

წარმატებების სურვილებით თქვენი ლ. ლანდაუ.

კიდევ ერთი მიმართვა ლევ დავითის ძეს:

„ოდესღაც აინშტაინს უარი არ უთქვამს სტუდენტ ინფელდისათვის, რომ დახმარებოდა მას. ამიტომ მეც გაგებდე მოგმართოთ თქვენ იმ იმედით, რომ უარს არ მეტყვიოთ მცირე თხოვნაზე, ამჟამად რადიოტექნიკური ფაკულტეტის მეორე კურსის სტუდენტი ვარ. ძალიან მიყვარს თეორიული ფიზიკა. უეჭველია, ძალზე დაკავებული ბრძანდებით, მაგრამ თუ ჩემთვის რამდენიმე თავისუფალ წუთს გამონახავთ. დიდი მადლობელი ვიქნები. ჩემთვის აუცილებელია თეორიული ფიზიკის უმრავლესი დარგის ღრმა და მრავალმხრივი ცოდნა. აქედან გამომდინარე, უმაღლესი მათემატიკისაც... მაპატიეთ, რომ გა-

წუხებთ. მაგრამ ეს ჩემთვის მეტად მნიშვნელოვანია, და თუმცა შესაძლოა არც ისე ზრდილობიანად ვიქცევი, მაგრამ როცა ცხოვრებაში მძიმე გზით მიდიხარ, ზრდილობისათვის ყოველთვის არ რჩება ადგილი“.

ლევ დავითის ძემ ზუსტად ახალი წლის წინ უპასუხა:

ძვირფასო ამხ. კ.!

დიდი სიამოვნებით გწერთ პასუხს. ნამდვილად მართალი ბრძანდებით, როცა მიიჩნევთ, რომ თეორიულ ფიზიკაში მუშაობისათვის, უპირველეს ყოვლისა, გესაქიროებათ, დააგროვოთ გარკვეული ცოდნა ამ დარგში. დიდი სიამოვნებით დაგეხმარებოდა.

როგორც უკვე მიმხედარხართ თეორეტიკოსისათვის, პირველ რიგში. მათემატიკის ცოდნა აუცილებელი, ამასთან, არა ყოველგვარი მათემატიკური თეორემებისა. რითაც ანუ მლადარი არიან მათემატიკოსები, არამედ საჭიროა ცოდნა მათემატიკური ტექნიკისა, ე. ი. კონკრეტული მათემატიკური ამოცანების ამოხსნის ცოდნა.

მე შემოგთავაზებდით ასეთ სასწავლო პროგრამას: უპირველეს ყოვლისა, შეისწავლეთ (შესაძლებლობის კვალობაზე რაც შეიძლება სწრაფად) სწორად დიფერენცირება, ინტეგრირება, ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნა კვადრატურებში; შეისწავლეთ ვექტორული ახალიზი და ტენზორული ალგებრა (ე. ი. შეგეძლოთ ტენზორული ინდექსებით მოქმედება). სწავლის პროცესში მთავარი თქვენთვის სახელმძღვანელო კი არ უნდა იყოს, არამედ ამოცანების კრებული. სულერთია რომელიც იქნება, ამას მნიშვნელობა არა ქვს, ოღონდ მასში უნდა იყოს რაც შეიძლება ბევრი ამოცანა.

ამის შემდეგ დამირეკეთ ტელეფონით (სკოზს დილის საათებში 9⁰⁰-დან 10³⁰-მდე, როცა მე თითქმის ყოველთვის შინ ვიმყოფები, მაგრამ შეგიძლიათ ნებისმიერ სხვა დროსაც) და მოდით ჩემთან. გამოგცდით და მოგცემთ მეცადინეობის მომდევნო პროგრამას, თუ მთელ ამ პროგრამას ჩამაბარებთ (რაზედაც. თქვენი ცოდნისა და სიბეკითის მიუხედავად, დაჭკირდებით ერთი, ორი ან სამი წელი), ჩავთვლი, რომ თქვენ საყვებით მომზადებული ხართ მეცნიერული მუშაობისათვის და ვეცდები დაგეხმაროთ, თუკი ამ მიმართულებით მინდომებთ მუშაობას.

აი ეს არის კვლავური. გისურვებთ ბედნიერ ახალ წელს!

თქვენი ლანდაუ.

რამდენადაც მოსკოველებს ყოველთვის ჰქონდათ საშუალება უშუალოდ მიემართათ ლევ დავითის ძისათვის, ბუნებრივია, რომ მას წერილები უმთავრესად სხვა ქალაქებიდან მოსდიოდა. წერილებში ბევრნი სვამდნენ კითხვებს: შეიძლება თუ არა გახდეს ფიზიკოს-თეორეტიკოსი, თუ არასაპეციალურ ინსტიტუტში ან უნივერსიტეტში სწავლობ? ისინი დილემის წინაშე იდგნენ: გაეგრძელებინათ სწავლა თავიანთ უმაღლეს სასწავლებლებში, თუ თვითგანათლება მიეღოთ.

ერთ ასეთ დაქვემდებარულს, პედაგოგიური ინსტიტუტის სტუდენტს, ლევ დავითის ძემ უპასუხა:

მეჩვენება, რომ თქვენ ამოდ აყვებით თან დიღუბის წამსვე, ის რომ თვეწი დამთავრებთ პედაგოგიურ ინსტიტუტს, ყოველ შემთხვევაში, თქვენვე გამოადგებით, და სჯეკოა, რომ ინსტიტუტში სწავლამ ხელი შეგვშალო მუშაობაში. თუ გექნებათ სურვილი, შევიძლიათ თეორიული ფიზიკა დამოუკიდებლად შეისწავლოთ. აგი ხომ წიგნებსა და ქაღალდის გარდა, სხვის არაფერს ითხოვს.

სხვა პედაგოგიური ინსტიტუტის სტუდენტს, ანალოგიური მიზეზის გამო ლევ დავითის ძემ სწერდა:

თქვენ რომ გატაცებით ვსურთ ფიზიკაში მეცადინეობა, ძალაში ვარგია, რომ ვინაადაც ბიძის კრებს ვატყუებელი სიყვარული წარმატებულ პირველი საწინდარია. საბედსივრდ, თეორიული ფიზიკა ისეთი მეცნიერებაა, რომლიც შესასწავლად უნდა იქნას არ არის საჭირო უნივერსიტეტი. ამ წერაღობს ერთად გვგზავნით პროგრამას, რომლის შესწავლაც მოკლეში ცოდნას თეორიული ფიზიკის დარგში და სჯეკოა, რომლის აქტება შემდგომი დამოუკიდებელი მუშაობისათვის. ვითვალისწინებთ, რომ ვანსაკუთრებულნი მისწავლობა აქვს მათემატიკის ცოდნას. მათემატიკის ძირითადი გასყოფილებები მოთხებულა პროგრამის შესავალ ნაწილში.

თუ შეძლებთ და მოხდომებთ, ჩამოღოთ პოსკოეში და მე და ჩემს თანამშრომლებს წაგვტანოთ პროგრამის ნაწილები (მათემატიკასთან ერთად სულ ცხრად). თუ წარმატებით დაძლეეთ ამ ამოცანას, ვიმედოვნებ, რომ შექცდებთ და გეხმაროთ და მოგაწყობთ თეორიულ ფიზიკაში სამუშაოდ, მუხედავად იმისა, რომ თქვენ დამთავრებთ ტულის პედაგოგიურ ინსტიტუტს და არა მოსკოვის უნივერსიტეტს.

აი, არსებითად ყველაფერი. გულწრფელად გისურვებთ ყოველგვარ წარმატებებს. ვახსოვდეთ, რომ მეცნიერებაში ყველაზე უმთავრესია მუშაობა. ყველაფერი დახარხები შემდგომში მოვა.

მეცნიერებით გატაცებას, ენთუზიაზმს, რომლის უკან არავითარი გარეშე ზრახვები არ არსებობს, ლევ დავითის ძემ ყველაზე უფრო აფასებდა. ყოველივე ეს მას უღვიძებდა სიმპათიებსა და დახმარების სურვილს. მაგრამ მისი პასუხების ტონი ნაკლებ თანამგრძნობი ხდებოდა. თუკი მისდამი მიმართვაში ასეთ გატაცებას ვერ იგრძნობდა. ასე, მაგალითად, ერთ-ერთი ქალაქის უნივერსიტეტის კურსდამთავრებულებს, რომლებიც წერდნენ, რომ სურთ მუშაობა დაიწყონ ფიზიკური პრობლემების ინსტიტუტის თეორიულ განყოფილებაში, მაგრამ ამასთან დაკავშირებით მხოლოდ იმას აცნობებდნენ, რომ მათ მოსკოეში ჩაწერის საშუალება აქვთ, თუ არა ლევ დავითის ძემ წერდა:

სამწუხაროდ, არ შემოიძლია თქვენი დაიმედება. ჩვენ ვშიშობთ, არ მოვცუყუდეთ და ამიტომ ასპირანტებს მხოლოდ თეორიული ფიზიკის ე. წ. თეორმინიმების

ჩაბარების შემდეგ ვიყვანთ. გიგზავნით პროგრამას. ჩაბარება შეგიძლიათ ნებისმიერ დროს. თუ წარმატებით გაძვერებით პოტენციურ ბარიერში, მაშინ, ალბათ, შეიძლება თქვენი აყვანა მოსკოვში ჩაუწერადაც. რამდენადაც მეცნიერებათა აკადემია სხვა ქალაქებთან ჩამოსულ ასპირანტებს უზრუნველყოფს საერთო სასტუმროებით.

„თეორიული მინიმუმის“ პროგრამა, რომლის შესახებაც ლაპარაკია ამ წერილებში, პირველად ლანდაუმ შეადგინა ჯერ კიდევ ოცდაათიან წლებში, ხარკოვში. უკრაინის ფიზიკურ-ტექნიკურ ინსტიტუტში მუშაობის დროს, სადაც მის ირგვლივ უკვე იკრიბებოდნენ მისი მოწაფეები და სადაც უკვე ყალიბდებოდა თეორიული ფიზიკის მისი სკოლა. შემდგომში ეს პროგრამა სისტემატურად ახლდებოდა, თუმცა მის საფუძვლად აღებული პედაგოგიური პრინციპები უცვლელი რჩებოდა.

ლევ ღავითის ჭე ყოველგვარი ზერელობისა და დილეტანტიზმის მტერი იყო: დამოუკიდებელი მეცნიერული მუშაობის დაწყება მხოლოდ მეცნიერების საფუძვლების ყოველმხრივი შესწავლის შემდეგ შეიძლება. მისი ღრმა რწმენით თეორიული ფიზიკა წარმოადგენს ერთიანი მეთოდების მქონე ერთ მთლიან მეცნიერებას და იგი ყველასაგან, ვისაც კი მისი მოწაფეობა სურდა, მოითხოვდა წინასწარ დაუფლებოდნენ თეორიული ფიზიკის ყველა ნაწილის საფუძვლებს. ეს საფუძვლები განაწილებული იყო „თეორიული მინიმუმის“ შეიღ თანამიმდევრულ ნაწილში (მექანიკა, ველის თეორია, კვანტური მექანიკა, სტატისტიკური ფიზიკა, უწყვეტ ტანთა მექანიკა, მაკროსკოპიული ელექტროდინამიკა, რელატივისტური კვანტური თეორია).

თვით ლანდაუს სამეცნიერო მოღვაწეობის დამახასიათებელ თვისებას თავისი მასშტაბებით თითქმის უპრეცედენტო ფართო თვალთახედვა წარმოადგენდა, რაც მოიცავდა მთელ თეორიულ ფიზიკას — ჰიდროდინამიკიდან ველის კვანტურ თეორიამდე. ჩვენს საუკუნეში, როდესაც სულ უფრო ძლიერდებოდა ვიწრო სპეციალიზაცია, ასეთი მრავალმხრივობა გამონაკლისი ხდება; შესაძლოა, ლანდაუს სახით ფიზიკიდან წავიდა ერთ-ერთი უკანასკნელი უდიდესი უნივერსალი. ცხადია, იგი არავისგან არ მოითხოვდა ყოფილიყო ისეთივე უნივერსალი, როგორც თვითონ იყო, მაგრამ თეორიული ფიზიკის ყველა ნაწილის ცოდნას — ყოველ შემთხვევაში, თეორმინიმუმის მოცულობით — აუცილებლად მიიჩნევდა ყველა თეორეტიკოსისათვის, მიუხედავად მათი ვიწრო სპეციალიზაციისა. იგი კვლავ და კვლავ იმეორებდა:

თეორიული ფიზიკის შესწავლის თაობაზე თქვენს მიერ დასმულ კითხვებზე შემიძლია ვითხრათ მხოლოდ ის, რომ უნდა შეისწავლოთ მისი ყველა ძირითადი ნაწილი, ამასთან მათი შესწავლის თანამიმდევრობას მათივე ურთიერთკავშირი განახლდრავს. სწავლების მეთოდის თაობაზე შემიძლია გირჩიოთ მხოლოდ ის, რომ აუცილებელია თვითონვე შეასრულოთ ყველა გამოთვლა, და არ გადაუღო-
კოთ იგი თქვენს მიერ წაკითხული წიგნების ავტორებს.

საინტერესოა, რომ ამავე დროს ლევ დავითის ძე პრაქტიკულად შეუძლებლად თვლიდა ერთ პიროვნებაში სრულყოფილად ყოფილიყო შერწყმული ფიზიკაში თეორიული და ექსპერიმენტული საქმეაობი. სტუდენტთა ჯგუფს, რომლებიც გამოთქვამდნენ აზრს, რომ ნამდვილი ფიზიკოს-თეორეტიკოსი თავის თავში უნდა შეითავსებდეს ექსპერი-
მენტატორსაც. ლევ დავითის ძე სწერდა:

ისიხი. ვინც მიიხევენ, რომ ფიზიკოს-თეორეტიკოსი თავის თავში აერთიანებს ექსპერიმენტატორსაც. როგორც ჩანს, თეორეტიკოსებს ზედამიანებად წარმოიღ-
ვსენ. თეორიული და ექსპერიმენტული ფიზიკა ამჟამად ისე მკვეთრად განსხვავდებ-
და ერთმანეთისაგან, რომ პრაქტიკულად მათი ერთ პიროვნებაში გაერთიანება შე-
უძლებელია. უკანასკნელი ათეული წლების მანძილზე ერთადერთ გამოსავლიანს
წარმოადგენდა ფერმი. მაგრამ, თუ მის ვენიალობას გაითვალისწინებთ, მაშინ უნ-
და მივიჩნიოთ, რომ ეს გამოწყლისი მხოლოდ ადასტურებს საერთო წესს.

ფიზიკის სხვადასხვა დარგში რომ საქმიანობენ, თეორეტიკოსები და ექსპერი-
მენტატორები ერთმანეთს აესებენ და ურთიერთდაკავშირებულნი არიან, მაგრამ
ერთმანეთს არ ხელმძღვანელობენ.

თეორმინიმუმში ჩატარებული გამოცდები ყოველთვის იყო, თუ შე-
იძლება ასე ითქვას, ქმედითი. გამოცდაზე იმას კი არ მოითხოვდნენ,
რომ ამა თუ იმ თეორიული ფორმულის დასკვნები გამოგეტანა, არა-
მედ მოითხოვდნენ, რომ გამოგეჩინა საკუთარი ცოდნის გამოყენების
უნარი მოცემული კონკრეტული ამოცანის ამოსახსნელად. პირველ
ხანებში ლევ დავითის ძე თვითონ იბარებდა ყველა გამოცდას. შემ-
დგომში კი, როცა მსურველთა რიცხვმა საკმაოდ იმატა, ეს მოვალე-
ობა მის უახლოეს თანამშრომელთა შორისაც განაწილდა. მაგრამ
პირველი გამოცდის ჩატარებას, ყოველი ახალგაზრდის პირველ ვაც-
ნობას ლევ დავითის ძე ყოველთვის თვითონ ამჯობინებდა. ამ მიზ-
ნით მასთან შეხვედრა ყველას შეეძლო, ამისათვის კი საჭირო იყო
მასთან ტელეფონით დაკავშირება და სურვილის გამოთქმა.

რა თქმა უნდა იმათგან, ვინც იწყებდა თეორმინიმუმის შესწავლას,
ყველას არ ჰყოფნიდა ნიჭი და გულმოდგინება სწავლის დასამთავ-
რებლად; ბევრს გზიდან გადადგომა უხდებოდა. სულ ორმოცდასამი
გვარია აღნიშნული იმათ სიაში, ვინც 1934—1961 წლებში ბოლომდე
გაიარა ეს გამოცდა (ლევ დავითის ძე თვითონ აღგენდა ამ სიას).

შერჩევის ეფექტურობაზე შეიძლება მსჯელობა თუნდაც შემდეგი ფორმალური მონაცემებით; მათგან, ვინც გამოცდები ჩააბარა, ათი უკვე მეცნიერებათა აკადემიის წევრია, თექვსმეტი კი — მეცნიერებათა დოქტორი.

ზემოთ ნოყვანილი წერილებიდან ჩანს, თუ რა დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდა ლევ დავითის ძე მათემატიკური ტექნიკის ცოდნას. ცოდნის დონე ისეთი უნდა ყოფილიყო, რომ მათემატიკურ დაბრკოლებებს, რამდენადაც კი ეს შესაძლებელია არ უნდა ჩამოეშორებინათ თეორეტიკოსის ყურადღება ამოცანის ფიზიკური სიძნელეებისგან. უკიდურეს შემთხვევაში იქ მაინც, სადაც საქმე ეხება სტანდარტულ მათემატიკურ ხერხებს. ამის მიღწევა მხოლოდ საკმაო ვარჯიშის შედეგად არის შესაძლებელი. ამასთან, გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ფიზიკოსთა განათლების საუნევერსიტეტო პროგრამების არსებული სტილი ხშირად ვერ უზრუნველყოფს ასეთ ვარჯიშს. გამოცდილება გვიჩვენებს აგრეთვე, რომ მათემატიკის შესწავლა მას შემდეგ, რაც ფიზიკოსი უკვე დამოუკიდებელ კვლევით მუშაობას იწყებს, ძალზე მოსაწყენი ხდება მისთვის. ამიტომ, პირველი, რასაც ლევ დავითის ძე ყოველი გამოსაცდელისაგან ითხოვდა, იყო მათემატიკის „რაქტიკული“, გამოთვლითი ასპექტების ცოდნა. გამოსაცდელს მოეთხოვებოდა: ნებისმიერი განუსაზღვრელი ინტეგრალისა (ელემენტარული ფუნქციებით გამოსახული) და სტანდარტული ტიპის ნებისმიერი დიფერენციალური განტოლების ამოხსნა, ვექტორული ანალიზისა და ტენზორული ალგებრი. ცოდნა. მათემატიკის მეორე გამოცდაში შედიოდა კომპლექსური ცვლადი ფუნქციის თეორიის საფუძვლები (ნაშთთა თეორია, ლაპლასის მეთოდი). ამასთან, იგულისხმებოდა რომ ისეთი ნაწილები, როგორცაა ტენზორული ანალიზი. ჯგუფთა თეორია და ა. შ. შესწავლილი იქნებოდა თეორიული ფიზიკის იმ ნაწილებთან ერთად, სადაც ისინი გამოიყენება.

ლევ დავითის ძის შეხედულება ფიზიკოსთა მათემატიკურ განათლებაზე ნათლად არის გამოთქმული მის პასუხში ერთ-ერთი ფიზიკური უმაღლესი სასწავლებლის თხოვნაზე. გამოეთქვა თავისი აზრი მათემატიკის პროგრამების თაობაზე. იგი მისთვის დამახასიათებელი პრინციპულობით ატარებს იმ აზრს, რომ ეს პროგრამები უნდა დგებოდეს ფიზიკური კათედრების მოთხოვნათა გათვალისწინებით — იმათი მოთხოვნით, ვინც ფიზიკაში მეცნიერული მუშაობის ყოველდღიური საკუთარი გამოცდილებით იცის, რა არის ამისათვის საჭირო. იგი წერდა:

სამწუხაროდ. თქვენს პროგრამებს ისეთივე ხალოვანებები აქვთ, როგორც ჩვეულებრივად გააჩნია მათემატიკის პროგრამებს, რომლებიც ფიზიკოსთათვის მათემატიკის შესწავლას დაქანსეულ დროს დანაკარგად აქცევენ. ფიზიკოსებისათვის მათემატიკის მთელი მნიშვნელობის მიუხედავად, ფიზიკოსებს, როგორც ცნობილია, გამოთვლითი ანალიტიკური მათემატიკა ესაქიროებათ; მათემატიკოსები კი, ჩემთვის გაურკვეველი მიზეზების გამო, სავალდებულო ასორტიმენტის სახით გეაძლევენ ლოგიკურ სეარჩიშობებს. ამ პროგრამის დასაწყისში ეს პირდაპირაა ხაზგასმული განსაკუთრებული შენიშვნის სახით. მეჩვენება, რომ დიდიხანია დადგა დრო ესწავლოთ ფიზიკოსებს ის, რასაც ისინი თვითონ თვლიან თავისთვის საჭიროდ და არ ვბრუნავდეთ მათი სულის გადასარჩენად მათი სურვილების საწინააღმდეგოდ. მე არ მინდა დისკუსია გავუმართო შეასაუქუნებობრივ სქოლასტიკურ აზრს, თითქოს უსარგებლო საგნების შესწავლით ადამიანები ლოგიკურ მსჯელობებს ეჩვენებინ.

კატეგორიულად მიმანია, რომ ფიზიკოსთა მიერ შესასწავლი მათემატიკიდან მთლიანად უნდა განიღვენოს არსებობის ყოველგვარი თეორემები, ძალზედ მკაცრი მტკიცებანი და ა. შ. ამიტომ, ცალკე არ შეეჩერდები თქვენი პროგრამის მრავალრიცხოვან პუნქტებზე, რომლებიც მკაცრად ეწინააღმდეგება ამ თვალსაზრისს. მხოლოდ ზოგიერთ დამატებით შენიშვნას გავაკეთებ.

პროგრამაში ვექტორული ანალიზი მოთავსებულია ჯერად ინტეგრალებს შორის, არაფერი მაქვს საწინააღმდეგო ასეთი შეხამებისა, თუმცა ვიმედოვნებ, რომ იგი ვექტორული ანალიზის ფორმულების ერთობ საჭირო ფორმალურად ცოდნის საზიანო არ იქნება.

პროგრამა მწკრივების შესახებ განსაკუთრებით გადატვირთულია ზედმეტი, უმაქნისი საკითხებით, რომლებშიაც იძირება ის მცირე, მაგრამ სასარგებლო ცნობები, რისი ცოდნაც ყოველად აუცილებელია მწკრივებისა და ფურიეს ინტეგრალის შესახებ.

ჩემი აზრით, ე. წ. მათემატიკური ფიზიკის კურსი შეიძლება იყოს ყოფილიყო ფაქულტატური. შეუძლებელია მოვთხოვოთ ფიზიკოს-ექსპერიმენტატორს ათვისოს ეს საკითხები.

ალბათობის თეორიის კურსის აუცილებლობა საეჭვოა. რადგან ფიზიკოსები კვანტური მექანიკისა და სტატისტიკური ფიზიკის კურსებში ისედაც აყალიბებენ იმას, რაც სჭირდებათ.

ამგვარად, ვთვლი, რომ მათემატიკის სწავლებას სერიოზული რეფორმა ესაჭიროება. ისინი, ვინც ხელს მოჰკიდებს ამ მნიშვნელოვან და ძნელ საქმეს, უკვე მომზადებულ ფიზიკოსთა და განსაკუთრებით მომავალი თაობის გულწრფელ მადლობას დაიმსახურებს.

ლევ დაეითის ძე მთელი სიცოცხლის მანძილზე ღრმად იყო დაინტერესებული პედაგოგიკის საკითხებით. იგი ოცნებობდა დაეწერა წიგნები ფიზიკაში ყველა დონეზე — სასკოლო სახელმძღვანელოებით დაწყებული და სპეციალისტებისათვის განკუთვნილი თეორიული ფიზიკის კურსით დამთავრებული. ფაქტიურად მის სიცოცხლეშივე დამ-

თავრდა „თეორიული ფიზიკის“¹ თითქმის ყველა ტომისა და „ზოგადი ფიზიკის კურსისა“ და „ფიზიკა ყველასათვის“ პირველი ტომების გამოცემა; უკვე მისი გარდაცვალების შემდეგ დაიწყო მისივე იდეების მიხედვით შედგენილი „თეორიული ფიზიკის მოკლე კურსის“ გამოცემა. მას განზრახული ჰქონდა აგრეთვე გამოეცა ფიზიკოსებისათვის მათემატიკის სახელმძღვანელოები, რომლებიც მისი შეხედულებების შესაბამისად იქნებოდა უშუალოდ საქმეში გამოსადეგი. შეასწავლიდა ფიზიკაში მათემატიკის პრაქტიკულად გამოყენებას.

ამ პროგრამის განხორციელება მან ვერ მოასწრო.

ასევე ვერ მოასწრო სასკოლო სახელმძღვანელოების შექმნა. მიუხედავად იმისა, რომ ყოველთვის ცოცხალ ინტერესს ამჟღავნებდა სკოლის მიმართ, დიდი სიამოვნებით გამოდიოდა მოსწავლეების წინაშე და პასუხობდა მათ წერილებს.

ქალაქ ტულის ერთ-ერთი სკოლის პიონერები წერდნენ ლევა დავითის ძეს:

„ჩვენ ვიცით, რომ თქვენ თავისუფალი დრო ცოტა გაქვთ. მაგრამ მაინც ვიმედოვნებთ, რომ გამონახავთ რამდენიმე თავისუფალ წუთს და გვიპასუხებთ. გვინდა ჩვეატაროთ შეკრება თემაზე: „განათლება — განძია, შრომა — მისი გასაღები“ რადგან ჩვენი სკოლის ყველა პიონერს, როდი ესმის, რად სჭირდება მათ განათლება. ამიტომ ბევრი მათგანი სისტემატურად კი არ ამზადებს გაკვეთილებს, არამედ მხოლოდ და მხოლოდ სამიანების მიღების მიზნით. ჩვენ ძალიან გვსურს მივიღოთ თქვენი წერილი, რამდენადაც თქვენი სიტყვები პიონერებისათვის ძალზედ დამაჯერებელი იქნება“.

ლევ დავითის ძე უპასუხებს:

ძვირფასო ყმაწვილებო!

ძალიან ძნელია ისეთ რამეებზე წერა, რაც ნათელია. თქვეს ხომ საუცხოოდ იცით, რომ დღეს ყველა პროფესიისათვის აუცილებელია განათლება. გაუნათლებელი ადამიანი ყოველთვის იქნება რაღაც მეორეხარისხოვანი.

ამ აზრით ძალიან შემაწუხა თქვენს წერილში დაშვებულმა ორთოგრაფიულმა შეცდომებმა. ეს იმის მაჩვენებელია, რომ თქვენც ყმაწვილებო, ცოტას კითხულობთ და უკვენი მშობლიური ენაც კი ვერ შეგითვისებიათ როგორც საჭიროა. ამიტომ იკითხეთ რაც შეიძ-

¹ დაწერილია ე. მ. ლიფშიტან თანაავტორობით; 1962 წელს ლენინური პრემია მიენიჭა. — რუს. გამოც. რედაქტორი შენიშვნა.

ლება მეტა — ეს ხომ ძალიან საინტერესოა — და გახსოვდეთ, რომ განათლებამ თქვენ სკოლისათვის კი არ გკირდებათ, არამედ თქვენთვისვე. რომ განათლების მიღებამ სულაც არ არის მოსაწყენი, პირიქით — საინტერესოა.

საუკეთესო სურვილებით ლ. ლანდაუ

ლევ დავითის ძე პასუხს სწერდა ისეთ ადამიანებსაც, სამწუხაროდ ჩვირ კიდევ მრავლად რომ არიან, რომლებიც შესაძლებლად მიიჩნევენ მეცნიერებაში გადატრიალების მოხდენას (მათ შორის ფარდობითობის თეორიის უარყოფასაც), მაშინ როცა არავითარი საამისო მონაცემი არ გააჩნიათ. ასეთ შემთხვევებში ლევ დავითის ძე საჭიროდ არ მიიჩნევდა მათდამი რაიმე თანაგრძნობის გამოხატვას და არც იმისი ერიდებოდა, რომ შეუფერადებლად გამოეთქვა თავისი გულისწყრომა. აი ზოგიერთი ასეთი პასუხი:

უნდა ვითხრათ, რომ თქვენი ხელნაწერი არანაირად არ არის საინტერესო. თანამედროვე ფიზიკა უზარმაზარი მეცნიერებაა, რომელიც უპირველეს ყოვლისა მრავალრიცხოვან ექსპერიმენტულ ფაქტებზეა დაფუძნებული. აშკარაა რომ თქვენ ამ მეცნიერებას თითქმის სრულებით არ იცნობთ და თქვენთვის ნაკლებად ცნობილი ფიზიკური მოვლენების ახსნას უშინაარსო ფრანგებით ცდილობთ. ცხადია, რომ ამით ვერაფერს მიაღწევ. თუ თქვენ სერიოზულად გაინტერესებთ ფიზიკა მაშინ აღმოჩენებით კი არ უნდა დაიწყოთ, არამედ, უპირველეს ყოვლისა, თუნდაც იდნავ მაინც შეისწავლოთ ეს საგანი.

თანამედროვე ფიზიკა — რთული და ძნელი მეცნიერებაა. მასში რომ რაიმეს გაკეთება შეძლოთ, ძალიან ბევრს ცოდნაა საჭირო. მით უფრო საჭიროა ცოდნა იმისათვის, რომ რაიმე ახალი იდეები წამოაყენოთ. თქვენი წერილიდან ნათელია, რომ თქვენი ცოდნა ფიზიკაში უკიდურესად შეზღუდულია. ის, რასაც თქვენ ახალი იდეებს უწოდებთ. უბრალოდ, ნაკლებად განათლებული ადამიანის ტიტინია და იმასა ჰგავს, თქვენთან რომ მოვიდეს ადამიანი, რომელსაც არააოღენ უნახავს ელექტრული მანქანები და დაიწყოს ახალი იდეების წამოყენება ამ დარგში. თუ თქვენ სერიოზულად ხართ დაინტერესებული ფიზიკით, მაშინ, უპირველეს ყოვლისა, შეისწავლეთ ეს მეცნიერება. ცოტა ხნის შემდეგ თვითონ გაგეცინებათ იმ სისულელის კითხვისას, რაც თქვენ მანქანაზე დაბუკდეთ.

მოსაზრებები, ოასაც თქვენ გამოთქვამთ, სამწუხაროდ, დიდზე დიდი უაზრობაა, ძნელიც კია ამის ახსნა, თუ რაში მდგომარეობს თქვენს წერილში დაშვებული შეცდომები. ღვთის გულისათვის, ვიდრე სამყაროს შესახებ იმსჯელებდეთ, სულ ელემენტარული ფიზიკური განათლება მაინც შეიძინეთ, თორემ ასე თქვენ თავს პირდაპირ სანაცოლო მდგომარეობაში აყენებო.

თქვენი ჩანაწერები შედგენილია გულუბრყვილო გამონათქვამებისაგან, რომლებიც არაფრით არ არის საინტერესო. ნათელია, რომ თუ თქვენ ამ მიმართულებით აპირებთ მუშაობას, დიდი შრომა დაგკირდებათ — უნდა გაეცნოთ საგანს. ალბათ არ შეუძლებთ ავტომანქანის საქვს, თუ შარტეა არ იცით. არც ფიზიკა არის ამაზე ადვილი.

ლევ დავითის ძე ლახდაუს წერილების ეს შოკლე ამოხაკრები მართებული იქნება დაემათავროთ კიდევ ერთი მისი გამონათქვამით ნამდვილი მეცნიერის მუშაობის სტიმულირების შესახებ. თავისი მუშაობის შედეგების აღიარება ასე თუ ისე მნიშვნელოვანია ყველა მეცნიერისათვის, იგი არსებითი იყო, რა თქმა უნდა, ლანდაუსთვისაც. მაგრამ მაინც უეჭველია, რომ თვითონ მისთვის მუშაობის შინაგანი სტიმული დიდებისაკენ ლტოლვა კი არ იყო, არამედ ბუნების შეცნობის უშრეტეი ცნობისმოყვარეობა, უშრეტეი წადილი. ამ მიზეზითვე კაცხადა იგი მხოლოდ „მნიშვნელოვან“ პრობლემებზე მუშაობის წადილს.

თქვენ მეკითხებით, რა აქეთთ იმ გაგებით, თუ თეორიული ფიზიკის რომელი ნაწილია უფრო მნიშვნელოვანი. უნდა გითხრათ, რომ საკითხის ასე დაყენება მე უაზროდ მიმაჩნია. ანეკდოტური კანდიერება უნდა გაგაჩნდეს, რომ შენი უკრადლების ღირსად მეცნიერების მხოლოდ „ყველაზე მნიშვნელოვანი“ საკითხები მიიჩნისო. ჩემი აზრით, ყოველი ფიზიკოსი უნდა ამუშაებდეს იმას, რაც მას ყველაზე უფრო აინტერესებს და მეცნიერულ მუშაობაში პატივმოყვარეობის მოსაზრებებიდან არ გამოდიოდეს. რასაკვირველია, საჭირო არ არის დაამუშაო ის საკითხები, რომლებიც უაზროა და ამდენად მოკლებულია მეცნიერულ ინტერესს.

არასოდეს არ უნდა მუშაობდე გარეშე მიზნებისათვის, დიდებისათვის, იმისათვის, რომ დიდი აღმოჩენა გააკეთო, — რადგან აქედან მაინც არ გამოვიდ არაფერი. ლევ დავითის ძე მუდამ და ყოველთვის იმეორებდა ამ უბრალო კეშმარიტებას.

საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის
წევრ-კორესპონდენტი ე. მ. ლიფშიცი

„თუაი მთელი მსოფლიოს მაცნეიარაი...“

ეს პატარა წერილი დაიწერა და გამოქვეყნდა 1962 წლის ივლისში. ჩემი სტუდენტობის წლებიდან ვიცნობდი ლევ დავითის ძე ლანდაუს, მრავალჯერ შევხვედრივარ მას ომის შემდეგ, და, შესაძლოა ამიტომ, მე, როგორც ლიტერატორს, წილად მხვდა სევდიანი იღბალი — ვყოფილიყავი ქვემოთ აღწერილი გასაოცარი შემთხვევების უშუალო მოწმე. ეს წერილი მკაცრად დოკუმენტურაა და ყველა იმ თვისებით ხასიათდება, რაც „ბრძოლის ველიდან“ ვადაცემულ საგაზეთო კორესპონდენციას გააჩნია. ამიტომ არ მინდა რაიმე ახალი შევიტანო ტექსტში, მინდა შევინარჩუნო მღელვარებისა და იმედების ის ატმოსფერო, რაც იმ ტრაგიკული დღეების დამახასიათებელი იყო.

... ეს მოხდა 1962 წლია დსაწყისში. კვირას, 7 იანვარს. დილით 11 საათსა და 30 წუთზე უბედურება დატრიალდა. დატრიალდა გზაზე, რომელიც ბირთვული ფიზიკის ქალაქში ცნობილ დუბნაში მიდის დამნაშავე არავინ იყო... საშინელი ამინდი იდგა. გზა მოყინული იყო... გზაზე გოგონა გადაბოდა, ავტობუსის გაჩერებაზე ეჩქარებოდა მსუბუქმა მანქანამ მკვეთრად დამუხრუჭვა, მოკურდა და შემხვედრი საბარგო მანქანის გზაზე აღმოჩნდა. დარტყმის თავიდან აცილება აღარაფერს შეეძლო. საბარგო გვერდში შეეჯახა მსუბუქ მანქანას. და დარტყმის მთელი ძალა მან განიცადა, ვინც უკან იჯდა, მარჯვენა მხარეს.

ეს იყო აკადემიკოსი ლანდაუ, ლევ დავითის ძე ლანდაუ, ანუ უბრალოდ — დაუ, როგორც მას ფიზიკოსთა წრეში ოცდაათ წელზე მეტი ხსნის განმავლობაში ეძახდნენ. კატასტროფა საერთოდ უაზრო და სასტიკია, მაგრამ იშვიათად არის ასე საზგასმით ტრაგიკული. ბრმა შემთხვევის მსხვერპლი გახდა ადამიანი, რომელიც მთელი სიცოცხლის მანძილზე ფართოდ გახელილი თვალებით უცქერდა ბუნების სამყაროს. უგონოდ იწვა ადამიანი, რომლის სიცოცხლეს ამ ქვეყნად გონიერების განსახიერებას წარმოადგენდა. „ლანდაუ. უგონოდ!“ — ეს შესიტყვება არაბუნებრივად ეღერდა.

„სასწრაფო დახმარების“ კარტამ იგი ახლომდებრე საავადმყოფოში მიიყვანა — მოსკოვის ტიმირიაზევის სახელობის რაიონის 50-ე საავადმყოფოში. ლიფტმა საკაცე შეექცეს სართულზე აიტანა — ექიმთა დახელოვნების ცენტრალური ინსტიტუტის ტრავმატოლოგიურ კლინიკაში. სხეულისაყენ, რომელსაც სიცოცხლის ნიშანწყალი აღარ ეტყობოდა, მორიგე ექიმი ლილია ივანეს ასული პანჩენკო დაიხარა. და ამ წუთიდან დაიწყო ჩვენი ექიმების გასაოცარი, შეგვიძლია გადაუქარბებლად ეთქვათ, გმირული ბრძოლა ლანდაუს გასაცოცხლებლად.

მაგრამ კვირა—არც ისე კარგი დღეა ადამიანის გასაცოცხლებლად. ისვენებენ ინსტიტუტები, ისვენებენ ისინი, რომელთა დაუყოვნებელ დახმარებასაც შეუძლია გადაარჩინოს ადამიანი. საბედნიეროდ, 7 იანვრის იმ კვირა დღეს ტრავმატოლოგიური კლინიკის ხელმძღვანელი პროფესორი ვალენტინ ალექსანდრეს ძე პოლიაკოვი მოსულიყო ერთი ავადმყოფის სანახავად, რომლისთვისაც წინა დღით გაუკეთებია ოპერაცია. იგი მორიგე ექიმის გამოძახებისთანავე მოვიდა. და დაიწყო პირველი შერკინება სიკვდილთან ამ უთანასწორო ბრძოლის

ველზე: შოკის საწინააღმდეგო ღონისძიებები და ყველა პროფილაქტიკური ზრატების შეყვანა.

ამასობაში კი საავადმყოფოდან ტელეფონის ზარმა უკვე აცხადებდა დააყენა ლანდაუს კოლეგები და მეგობრები სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკური პრობლემების ინსტიტუტიდან. აგარაკიდან მოსკოვში მანქანით მოიჩქაროდა პეტრე ლეონიდეს ძე კაპიცა. ეძებდნენ ლანდაუს უახლოეს მეგობარსა და მისი მრავალტომიანი „თეორიულ ფიზიკის“ თანაავტორს პროფესორ ევგენი მიხეილის ძე ლიფშიცს. სიკვდილთან ბრძოლაში ასე გაიხსნა მეორე ფრონტი.

იმათ მეთაურად, ვისაც ლანდაუ უნდა გადაერჩინა, დააყენეს ძედიციის მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილი წევრი, ცნობილი ნეკროპათოლოგი ნიკოლოზ ივანეს ძე გრაშჩენკოვი. დღის ოთხ საათზე შედგა პირველი კონსილიუმი სპეციალისტთა ტრიუმვირატისა, რომელიც ამიერიდან შეუცვლელი გახდა: გრაშჩენკოვსა და პოლიაკოვს შეუერთდა დიდი გამოცდილებრი მქონე ნეიროქირურგი პროფესორ გრიგოლ პაელეს ძე კორნიანსკი.

კონსილიუმმა შეუბრალებლად სასტიკი დიაგნოზი დასვა. იგი 12 პუნქტისაგან შედგებოდა. ამ პუნქტებიდან თითოეული შეიძლებოდა ყველაზე უარესი დიაგნოზის საფუძველი გამხდარიყო. საქმარისია იტყვას, რომ ექვს პუნქტში ჩამოთვლილი იყო 11 მოტეხილობა და მათ შორის — თავის ქალას ფუძისა და შვიდი ნეკნისა. ტყუილა კი არაა გააკეთა ერთმა თერაპევტმა დასკვნა: „დაზიანებები სიცოცხლესთან შეუთავსებელია“. შემდეგ კი, — დღე ერთი იყო და — გართულებ გართულებას ემატებოდა: სუნთქვის დარღვევა, გულ-სისხლძარღვთა მოქმედების დარღვევა, თირკმლის უკმარისობა, ფილტვების ტრავმატული ანთება, რომელიც ორმხრივ ბრონქო-პნევმონიაში გადაიზარდა. ექვს-ნაწლავების დამბლა... „ბევრი რამ მინახავს ჩემს ორწლიან პრაქტიკაში, მაგრამ ტრამვების ასე გართულებულ შემთხვევას არ შევხვედრივარ. ის, რომ დაუ საში კვირა ცოცხლობს, თავისთავად უკვე სასწაულია!“ — თქვა ნიკოლოზ ივანეს ძე გრაშჩენკოვმა 1 თებერვალს.

მე ვკითხვ: გვინერგავს თუ არა ეს სასწაული იმედებს? გრაშჩენკოვმაც, კორნიანსკიმაც, პოლიაკოვმაც და თერაპევტმაც, პროფესორმა ა. მ. დამირმაც პირდაპირ პასუხს თავი აარიდეს. მაგრამ ეს არ იყო პესიმიზმის ნიშანი, ეს იყო სიფრთხილე. შესაძლოა, რამდენადმე ცრუმორწმუნეობრივი სიფრთხილე გამაჩვენებულებისა, რომლებმაც იტოლდნენ, რომ მტერი ჯერ კიდევ არ იყო საბოლოოდ გატეხილი.

მაგრამ უკვე ჩანდა, რომ ისინი კეთილი ბოლოს იმედით ცოცხლობდნენ. სჯეროდათ ეს. და იცოდნენ: ამის სერიოზული საფუძველი გააჩნდათ. მდგომარეობა უაღრესად მძიმე იყო, მაგრამ ყოველდღიურ საავადმყოფო კომუნიკაციებში გაჩნდა სიტყვები, რომლებიც იანვარში არც ახსოვდა ვინმეს: „მოწესრიგდა“, „გაუმჯობესდა“, „აღდგენის გზაზეა“. თანდათანობით მოწესრიგდა პულსი და სისხლის წნევა, უკან იხევდა საშინელი გართულებანი, ზოგჯერ უცებ ჩნდებოდა გონებაზე მოსვლის რაღაც ნაპერწკალი...

უკვე შარტში სიცოცხლე ტრამვეებზე ძლიერი აღმოჩნდა. ცნობილი გახდა, რომ ლანდაუს ტვინის ლოკალური დაზიანება არ მიუღია, სასწაული სადღაა? სასწაული, ნამდვილად მოხდა. მოხდა და ხდებოდა ნახევარი წლის განმავლობაში ყოველდღე, ყოველდღე, ყოველ წამს. ეს არის ექიმების, მედიცინის დებისა და ტექნიკოსების უმაგალითო თავგანწირვის სასწაული.

— თქვენ არ უნდა დაივიწყოთ ნეიროქირურგი სერგეი ნიკოლოზის ძე ფედოროვი ბურდენკოს სახელობის ინსტიტუტიდან. იგი ფეხმოუცვლელად დაზრუნავდა დაუს. არც 50-ე საავადმყოფოს ექიმების კეთილად მოხსენიება დაგავიწყდეთ, მათ არ იცოდნენ რა იყო ძილი და დასვენება. საკადრისი მიუზღავით იმ ექიმებსაც, რომლებიც ამჟამად დაუს ხელოვნური სუნთქვის საქმეს განაგებენ. — ასე შეუბნებოდნენ ფიზიკოსები იანვარში, თებერვალში და მარტშიც. და უსათუოდ შემაჩხენებდნენ:

— არც მრავალრიცხოვანი კონსულტანტ-სპეციალისტები დაივიწყოთ! უსამართლო იქნებოდა, თუ თქვენ არაფერს იტყოდით ნეიროქირურგ ი. მ. ირგერეს შესახებ, რომელმაც კორნიანსკისთან ერთად გაუკეთა დაუს ოპერაცია ერთ-ერთ ყველაზე მძიმე დღეს, ასევე ჩეხი პროფესორის ზდენეკ კუნცის შესახებ, რომელიც მაშინ პრალიდან ჩამოფრინდა. გაიხსენეთ ნეიროქირურგ ბ. გ. ეგოროვისა და ნევროპათოლოგ მ. ი. რაპოპორტის კონსულტაციების შესახებაც. ან განაწიებდა არ ახსენოთ ნევროლოგიური ინსტიტუტის რესპირატორული ცენტრის მეთაური ლ. მ. პოპოვა! ანტიბიოტიკების მცოდნე ზ. ვ. ერმოლოვა! კარდიოლოგი ვ. გ. პოპოვი!

ზუსტად ასეთივე სიტყვებს ამბობდნენ ექიმებიც ფიზიკოსებზე და ასევე ჩამოთვლიდნენ წოდებებს, გვარებსა და ინიციალებს.

პირველივე დღიდან, დაიწყო მათი მართლაც გამირული ამხანაგური თანადგომა და ქირაობა. ჩინებულმა მეცნიერებმა, თუმცა მათ არაფერი გაეგებოდათ მედიცინაში, აკადემიკოსებმა, წევრ-კო-

რესპონდენტებმა, დოქტორებმა, კანდიდატებმა, ორმოცდაათობმეტი წლის ლანდაუს თანატოლებმაცა და მისმა მოწაფეებმაც და მისი მოწაფეების სრულიად ახალგაზრდა მოწაფეებმაც, ყველა მათგანმანებაყოფლობით იტვირთა კურიერების, მანქანის მძღოლების, შუამავლების, მომმარაგებლების, მდივნების, მორიგეების, დაბოლოს ბარგის მზიდველებისა და შავი მუშის როლი. სტიქიურად შექმნილი მათი შტაბი 50-ე საავადმყოფოს მთავარი ექიმის კაბინეტში მოთავსდა და იქცა დღითა და ღამით განუწყვეტლივ მოქმედ საორგანიზაციო ცენტრად, რომელიც მკურნალი ექიმების ყოველ მოთხოვნის უსათუოდ და უსწრაფესად შესრულებას უზრუნველყოფდა.

ამ ნებაყოფლობითი მაშველი თანამეგობრობის მონაწილე იყო 87 თეორეტიკოსი და ექსპერიმენტატორი. შეიქმნა ანბანზე დალაგებული ტელეფონებისა და მისამართების წიგნი, რომელშიც შეტანილი იყო უკლებლივ ყველა პიროვნება. და დაწესებულება, რომლებთანაც დაკავშირება შეიძლება ყოფილიყო საჭირო ნებისმიერ წუთს. წიგნში აღნიშნულია 223 ტელეფონის ნომერი! სხვა საავადმყოფოები, ავტობაზები, აეროდრომები, საბაჟოები, აფთიაქები, სამინისტროები, ექიმკონსულტანტების სავარაუდო ადგილსამყოფლები...

ყველაზე ტრაგიკულ დღეებში, როცა ეჩვენებოდათ, რომ „დაუკვდებოდა“, — ასეთი დღე კი სულ ცოტა ოთხი მაინც იყო. — საავადმყოფოს შეიდსართულიანი კორპუსის შესასვლელთან 8—10 მანქანა მორიგეობდა. მორიგეობის ურნალში ასეთი ჩანაწერებია:

„აღიღწა! ღამით კავშირი იქონიეთ რიაბოვთან“.

„ნებისმიერი განგაშის დროს პირველ რიგში გამოიძახეთ ფედოროვი!“.

„4.30 — ახალი კვერცხები!!!“

„იპოვეთ პოპოვა, სადაც არ უნდა იყოს!“

როცა ხელოვნური სუნჩქვის მანქანასე იყო ყველაფერი დამოკიდებული. ერთმა თეორეტიკოსმა წინადადება შედოიტანა სასწრაფოდ დაემზადებინათ ასეთი აპარატი ფიზიკური პრობლემების ინსტიტუტის სახელოსნოებში. ეს იყო გულუბრყვილო წინადადება, მაგრამ იგი საოცრად კარგად გამოხატავს სულიერ მოძრაობას. ფიზიკოსებმა პოლიომიელიტის შემსწავლელი ინსტიტუტიდან მოიტანეს მანქანა და ხელით შეიტანეს იგი პალატაში, სადაც ლანდაუ იჯდებოდა.

ყველაფრის მოყოლა შეუძლებელია, ვერც ამ მეორე ფრონტის ყველა გმირის გვარს ჩამოთვლი. ლანდაუს თითქმის ყველა მოწა-

ფე — აკადემიკოსებიდან ასპირანტებამდე — ამ ფრონტის მონაწილე უყო.

ეს იყო ფიზიკოსთა ნამდვილი ძმობა. „თუ დაუ გამოჯანსაღდა, ეს სანახევროდ თქვენი დამსახურება იქნებაო“, — ეუბნებოდა გრამჩენკოვი ფიზიკოსებს პირველი ოპტიმისტური კონსილიუმის შემდეგ. მოგვიანებით მან თქვა: „მთელი ჩემი ხანგრძლივი პრაქტიკის მანძილზე ასეთი ამხანაგობა არასოდეს მინახავსო!“

აკადემიკოსმა კაპიცამ როგორღაც შენიშნა:

— ყოველივე ეს მაგონებს კეთილშობილურ ფილმს, რომლისათვისაც ასეთი სახელწოდება უნდა მრგვეცა: „თუკი მთელი მსოფლიოს მეცნიერები...“

მას მხედველობაში ჰქონდა ის, რაზეც აქ ჯერ არაფერი გეოთქვამს, მაგრამ რომლის შესახებაც დუმილი შეუძლებელია. აქ ჩვენ კვლავ უნდა მივუბრუნდეთ ამბის დასაწყისს.

უბედურების დღე. პირველი კონსილიუმი. ტეინის შეშუპების საშიშროება. იყენებენ ყველა ჩვეულებრივ საშუალებას. მაგრამ ჩნდება — იდეა — გამოყენებულ იქნეს სპეციალური პრეპარატი, რომლის შოვნა შეიძლება ჩეხოსლოვაკიასა და ინგლისში.

კაპიცა დაუყოვნებლივ უგზავნის დეპუტებს ძველ მეგობრებს: ცნობილ ფიზიკოს ბლეკეტს — ლონდონში; სახელოვანი ლანჩევენის ასისტენტს, ფრანგ ბიკარს — პარიზში; ნილს ბორის ოჯახს — კოპენჰაგენში. კაპიცა პირადად ნილს ბორს არ უგზავნის დეპუტას, რათა სამწუხარო ცნობით არ შეაწუხოს სამოცდაჩვიდმეტი წლის მოხუცი — ლანდაუს მასწავლებელი. მაგრამ მეორე დღეს ბორისაგან მოდის მოკლე დეპუტა წამლის გამოგზავნის შესახებ. რადგან წამლის ზუსტი სახელწოდება არაფერია იცოდა, ბორის მიერ გამოგზავნილი წამალი მთლად ის არ გამოდგა, რაც საჭირო იყო. ბიკარმა კი პრალაში დაურეკა ნემეცს, რომელსაც იგი მეცნიერ მუშაკთა საერთაშორისო კავშირში მუშაობით იცნობდა. ნემეცი აკადემიკოს შორმს დაუკავშირდა და შორმმა საჭირო პრეპარატი გამოგზავნა. მაგრამ ამაზე აღარ დახმარება ინგლისიდან მოვიდა. მართალია, კაპიცას დეპუტამ ბლეკეტს ლონდონში ვერ ჩაუსწრო, მაგრამ დეპუტა იმ წამსვე გადაუგზავნეს ჯონ კოკროფტს, ინგლისის გამოჩენილ ატომისტს და მან დაუყოვნებლივ დაიწყო ზრუნვა წამლის საშოვრად. ამასობაში ევგენი ლიფშიცმა დაურეკა ოქსფორდში მეცნიერულ გამომცემელს მაქსველს — ჩვენს მეგობარს, რომელმაც ინგლისში გამოსცა ლანდაუსა და ლიფშიცის „თეორიული ფიზიკის“ მთელი მრავალტომეული. მაქ-

სველისა და კოკროფტის ერთობლივმა ღონისძიებამ ნაყოფი გამოიღო და მეორე დღეს ღონდონის აეროპორტში „ტუ—104“ ერთი საათით დააყოვნეს, რათა თან წამოეღო ამანათი მოსკოვში მოკლე მისამართით — „მისტერ ლანდაუს“.

მაქსველი იმ დღეებში თვითონ იმყოფებოდა მძიმე მდგომარეობაში: მისი შვილი ავტოავარიის შედეგად უკვე რამდენიმე დღე უგრძობლად იწვა. მან მწარე გამოცდილებით იცოდა, რომ ლანდაუს შემდგომში განსაკუთრებული ანტიბიოტიკებიც დასჭირდებოდა. მომდევნო დღეებში შერემეტიევოს აეროპორტში დაიწყო წამლებით სავსე ამანათების შემოსვლა ბელგიიდან, შეერთებული შტატებიდან და სხვა ქვეყნებიდან... პროფესორი იაკობ სმორდინსკი კურირად გადაიქცა 50-ე საავადმყოფოსა და შერემეტიევოს აეროპორტს შორის. ჩვენი თვითმფრინავების პილოტები ნამდვილად ამიანობას ავლენდნენ, რომლის შესახებაც აღფრთოვანებით მიყვებოდა აკადემიკოსი კაპიცა.

და, მაინც, იმ პირველ დღეს ლანდაუ სასიკვდილო შეშუპებისაგან იხსნა იმ პრეპარატის ამპულამ, რომელსაც მიაკვლია აკადემიკოსმა ვლადიმერ ალექსანდრეს ძე ენგელგარდტმა. მან და აკადემიკოსმა ნიკოლოზ ნიკოლოზის ძე სემიონოვმა ჯერ კიდევ კვირას, 7 იანვარს, სცადეს დაუყოვნებლივ მოეხდინათ პრეპარატის სინთეზირება, და სტერილიზაცია, მაგრამ, საბედნიეროდ, უფრო უბრალო გამოსავალი იქნა ნაპოვნი: ენგელგარდტის მოწაფეებმა ლენინგრადში მზა ამპულა აღმოაჩინეს. იგი ექიმების ხელში უფრო ადრე მოხვდა, ვიდრე მაქსველის მიერ გამოგზავნილი პრეპარატი.

ის, რაზედაც ზემოთ იყო ლაპარაკი, ეხება ამ ტრაგიკული და ლამაზი ეპოპეის ყველაზე მძიმე პირველ პერიოდს. შემდეგ ჩატარდა საერთაშორისო კონსულიუმი, რომელსაც სათავეში ედგა უხუცესი ნეიროქირურგი პენფილდი. იყო მეორე სამკურნალო დაწესებულებების — ბურდენკოს სახელობის ნეიროქირურგიის ინსტიტუტის ექიმებისა და მედიცინის დების უძილო მორიგეობა დღითა და ღამით. იყო და გრძელდება გამოჩანმართელების პერიოდი...

ახლა უკვე ძნელია იმის დადგენა, რომელ ბედნიერ დღეს დამკვიდრდა ექიმებისა და ფიზიკოსების ლექსიკონში დიდებული სიტყვა — იმედი. მნიშვნელოვანი და შესანიშნავია ის, რომ იგი აღსრულდა.

ამით მთავრდება ჩემი კორესპოდენცია. ახლა მას რამდენიმე სიტყვა უნდა დაემატოს.

დიახ, იმედი ასრულდა. ლანდაუს დაუბრუნდა სიცოცხლე. მან კიდევ ექვსი წელი იცოცხლა. მაგრამ მის მიერ გადატანილ კატასტროფას უკვალოდ არ ჩაუვლია. ფიზიკოს-თეორეტიკოსისა და თავისი სკოლის მეთაურის შემოქმედებით საქმიანობას იგი ვეღარ დაუბრუნდა. იმ მძიმე წლებში მისი ადრინდელი უდიდესი მიღწევები აღნიშნულ იქნა მისთვის ლენინისა და ნობელის პრემიების მინიჭებით.

მისი ხსოვნა ცოცხლობს და მუდამ იცოცხლებს.

დ. ს. დანიანი

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესამე	გამოცემის წინასიტყვაობა	7	8	9
თავი	პირველი. ფარდობითობა, რომელსაც შევეჩვიეთ ჩვენ			
	განა ყოველგვარ მტკიცებას გააჩნია აზრი?			5
	მარჯვენა და მარცხენა			6
	ახლა დღეა თუ ღამე?			5
	ვინ უფრო დიდია?			6
	ფარდობითი გვეჩვენება აბსოლუტურად			8
	აბსოლუტური ფარდობითი აღმოჩნდა			8
	„სალი აზრი“ გაპროტესტებას ცდილობს			9
თავი	მეორე. სივრცე ფარდობითია			
	ერთი და იგივე ადგილია თუ არა?			11
	სინამდვილეში როგორ მოძრაობს სხეული?			12
	განა ყველა თვალთახედვია ტოლფასი?			13
	უძრავობა ნაპოვინია.			14
	უძრავი ლაბორატორია			15
	მოძრაობს თუ არა მატარებელი?			16
	უძრავობა საბოლოოდ დიკარგა			17
	ინერციის კანონი			18
	სიჩქარეც ფარდობითია!			19
თავი	მესამე. სინათლის ტრაველია			
	სინათლე მყისიერად როდი ვრცელდება			20
	შეიძლება თუ არა სინათლის სიჩქარის შეცვლა?			20
	სინათლე და ბგერა			21
	მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპი თითქოს შეიწყა			22
	„მსოფლიო ეთერი“			23
	მძიმე მდგომარეობა იქმნება			25
	ცდამ უნდა გადაწყვიტოს			25
	ფარდობითობის პრინციპი ზეიმობს			26
	ვლის გავეყარე, ვლის შევეყარე			27
თავი	მეოთხე. დრო ფართობითი ყოფილა			
	არის თუ არა სინამდვილეში წინამდგეგობა?			29
	ესხდებით მატარებელში			30
	„სალი აზრი“ შერცხენილი აღმოჩნდა			31
	დროს სივრცის ბედია ეწია			32
	მეცნიერება ზეიმობს			34
	სიჩქარეს ზღვარი გააჩნია			35
	აღრე და გვიან			37
თავი	მეხუთე. საათები და ხახაზავები ვირვეულობენ			
	ისევე ესხდებით მატარებელში			39
	საათები სისტემატურად ჩამორჩებიან			41
	დროის მანქანა			43
	მგზავრობა ვარსკვლავისკენ			44

	საგნები მოკლდებიან	47.
	სიჩქარეები კირვეულობენ	50
თავი	შექვესე მუშაობა ცვლის მასას	
	მასა	53
	მასა იზრდება	54
	რა ღირს ერთი გრამი სინათლე?	55
	შედეგები	57
ბოლოსიტყვაობა		
	მოგონების ფურცლები ლ. დ. ლანდაუზე (ი. ბ. რუმერი).	60
	ლანდაუს ცოცხალი სიტყვა (ე. მ. ლიფშიცი)	68
	„თუკი მთელა მსოფლიოს შეცნიერები“ (დ. ს. დანინი)	81

რედაქტორი **ხ. ლეხანიძე**
მხატვარი **გ. ტუხაშვილი**
მხატვრული რედაქტორი **ლ. ლვინჯილია**
ტექნიკური რედაქტორი **ზ. გვიმრაძე**
კორექტორი **ზ. მსხილაძე**
გამომშვები **ნ. მანაგაძე**

ს. ბ. № 4361

ვადაეცა წარმოებას 19.06.85. ხელმოწერილია დასაბუქდად
23.11.85. საბუქდი ქალაქი № 1. 60X84¹/₁₆. გარნიტური
ვენა. ბუქდვის ხერხი მაღალი. პირობითი ნაბუქდი თაბახი
5,35. პირ. სალ.-გატ. 5,7. სააღრ.-საგამომც. თაბახი 4,46.
ტირაჟი 30.000 შუქვ. 4708

ფასი 20 კაპ.

გამომცემლობა „საბუქოთა საქართველო“
თბილისი, მარჯანიშვილის 5.

საქართველოს სსრ გამომცემლობათა, პოლიგრაფიისა და
წიგნის ვაჭრობის საქმეთა სახელმწიფო კომიტეტის
ქუთაისის პოლიგრაფიული საწარმოო გაერთიანება
ქ. ქუთაისი, ი. ჭავჭავაძის პროსპექტი, 33.

Кутаисское полиграфическое производственное объединение
Государственного комитета по делам издательства,
полиграфии и книжной торговли Грузинской ССР.
г. Кутаиси, пр. И. Чавчавадзе, 33.