განათლების, მეცნიერებისა და
ახალგაზრდობის სამინისტრო

ფიზიკა 7

მოსწავლის წიგნი

პირველი ნაწილი



ქეთევან ტატიშვილი თემურ შენგელია ოთარ ღონღაძე
ზურაბ ბერია გიორგი ლომიძე

ფიზიკა 7

მოსწავლის წიგნი
პირველი ნაწილი

სახელმძღვანელო შექმნილია
საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტროს მიერ

საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო
თბილისი
2026

ფიზიკა
VII კლასი, I ნაწილი
მოსწავლის წიგნი

საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო
პირველი გამოცემა, თბილისი, 2026 წ.

ავტორები:
ქეთევან ტატიშვილი
თემურ შენგელია
თანაავტორები:
ოთარ ღონღაძე
ზურაბ ბერია

ავტორთა ჯგუფის ხელმძღვანელი: გიორგი ლომიძე

სამეცნიერო რეცენზენტი: ნიკოლოზ ჩხაიძე
ფსიქოლოგი-მეთოდისტი: ნუცა საღარაძე
რედაქტორი: დარეჯან ინჯგია
ილუსტრატორი: ნინო ხვინგია
დამკაბადონებელი: ლია მოსეშვილი
ყდის დიზაინერი: ნინო ხვინგია

სახელმძღვანელო განკუთვნილია მეშვიდე კლასის მოსწავლეებისთვის და შექმნილია ეროვნული სასწავლო გეგმის მოთხოვნების შესაბამისად.
სახელმძღვანელოში გამოყენებულია ციფრული ლიცენზირებული პლატფორმებიდან შეძენილი/მოპოვებული ფოტოილუსტრაციები. ასევე, ცალკეული ფოტოილუსტრაციები შექმნილია/დამუშავებულია ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით.
ფოტოების – 1.2, 1.7.4, 1.7.8, 1.7.9, საავტორო უფლებები ეკუთვნის სსიპ – საქართველოს ეროვნულ მუზეუმს.
ფოტო გარეკანზე აკადემიკოს ელგუჯა მეძმარიაშვილის პირადი არქივიდანაა.

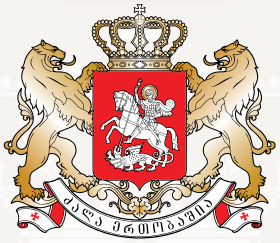
სახელმძღვანელოს კომპლექტის შემადგენლობა:
მოსწავლის წიგნი I და II ნაწილები;
მასწავლებლის წიგნი I და II ნაწილები.

განათლების, მეცნიერებისა და
ახალგაზრდობის სამინისტრო

© საქართველოს განათლების, მეცნიერებისა და ახალგაზრდობის სამინისტრო
ISBN ISBN 978-9941-8-8923-3

საქართველოს სახელმწიფო სიმბოლოები - დროშა, გერბი და ჰიმნი





თავისუფლება

ჩემი ხატია სამშობლო,
სახატე მთელი ქვეყანა,
განათებული მთა-ბარი,
წილნაყარია ღმერთთანა.
თავისუფლება დღეს ჩვენი
მომავალს უმღერს დიდებას,
ცისკრის ვარსკვლავი ამოდის
და ორ ზღვას შუა ბრწყინდება,
დიდება თავისუფლებას,
თავისუფლებას დიდება.

მოუსმინეთ ჰიმნს

ლექსი დავით მაღრაძისა
მუსიკა ზაქარია ფალიაშვილისა
ჰიმნად დაამუშავა იოსებ კეკელიძემ

პირობითი ნიშნების განმარტება

რუბრიკაში გადმოცემულია პარაგრაფის მოკლე შინაარსი და მიღებული ცოდნის გამოყენების შესაძლებლობები.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

აქტივობა, რომელიც უნდა განხორციელდეს საგაკვეთილო პროცესში: ამოცანების ამოხსნა, ექსპერიმენტების ჩატარება, კითხვებზე პასუხის გაცემა და ა.შ.



საკლასო აქტივობა

რუბრიკაში მოცემულია შეკითხვები, რომლებზეც პასუხის გაცემას პარაგრაფის გააზრება სჭირდება.



უპასუხეთ კითხვებს

რუბრიკაში მოცემულია დებულებების სახით ჩამოყალიბებული, პარაგრაფის შინაარსიდან გამომდინარე, დასკვნები.



რა ვისწავლეთ

პარაგრაფის შინაარსთან დაკავშირებული დამატებითი ინფორმაცია, რომელიც ისტორიული ან ცხოვრებისეული ფაქტების გადმოსაცემად გამოიყენება.



ეს საინტერესოა

პარაგრაფის შინაარსთან დაკავშირებული დამატებითი ინფორმაცია, რომელიც მიღებული ცოდნის გასაღრმავებლად გამოიყენება.



კიდევ რა შეიძლება ვიცოდეთ

განხილული საკითხის შესაბამისი ამოცანების ამოხსნის ნიმუშები.



როგორ იხსნება ამოცანები

ამოცანები, საშინაო ექსპერიმენტები, შეკითხვები, ტესტები და სხვა სავარჯიშოები, რომლებზეც მოსწავლეებმა დამოუკიდებლად უნდა იმუშაონ.



საშინაო აქტივობა

ტერმინები, რომლებიც პირველად შეგვხვდა და, პარაგრაფის შინაარსიდან გამომდინარე, საკვანძო სიტყვებია.

ახალი ტერმინები

ამოცანები, რომელთა ამოხსნას საკითხების მეტად გააზრება და სხვადასხვა ცოდნის ერთმანეთთან დაკავშირება სჭირდება.

* ვარსკვლავით მონიშნული ამოცანები

უსაფრთხოების ნიშნების განმარტება

ფიზიკა ექსპერიმენტული მეცნიერებაა. მის შესწავლაში დიდ როლს ექსპერიმენტი ასრულებს.

გახსოვდეთ: უსაფრთხოება უპირველესია! ცდების ჩატარებისას ყურადღება მიაქციეთ გამაფრთხილებელ ნიშნებს და გამოიყენეთ საჭირო აღჭურვილობა. უსაფრთხოების ზომების დაცვა თავიდან აგარიდებთ გარკვეულ უსიამოვნებებს, რომლებიც ექსპერიმენტულ კვლევებს ზოგჯერ თან ახლავს.

გამაფრთხილებელი ნიშნები


მსხვრევადი ჭურჭელი


ცხელი ზედაპირი


ფრთხილად ელექტრობასთან


საჭიროა განსაკუთრებული სიფრთხილე

ექსპერიმენტის ჩატარებისას საჭირო აღჭურვილობა და რჩევები


წინსაფარი


ნიღაბი


ხელთათმანები


სათვალე


გააღეთ ფანჯარა, გაანიავეთ ოთახი.


ფიზბოტი

ყურადღება! ყველა დავალება შეასრულეთ რვეულში.

სარჩევი

ფიზიკა – საბუნებისმეტყველო მეცნიერება 10

1. ფიზიკა – ბუნების შემსწავლელი მეცნიერება 11
   1.1. ფიზიკური სხეული. ნივთიერება 11
   1.2. ფიზიკური მოვლენა 12
   1.3. რას შეისწავლის ფიზიკა 12
   1.4. ფიზიკის კავშირი სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებთან 14

2. ფიზიკა – ექსპერიმენტული მეცნიერება 18
   2.1. დაკვირვება. ჰიპოთეზა. ექსპერიმენტი 19
   2.2. ფიზიკური სიდიდეები და მათი გაზომვა 20

3. ლაბორატორიული სამუშაო № 1
   ფიზიკური სიდიდეების გაზომვა 25
   3.1. ხელსაწყოს დანაყოფის ფასის განსაზღვრა 25
   3.2. გაზომვის ცდომილება 27

თემა I. ნივთიერების აგებულება და თვისებები 36

1.1. ნივთიერების აგებულება 37
   1.1.1. ნივთიერების აგებულება 38
   1.1.2. მოლეკულა. ატომი 39
   1.1.3. მოლეკულებისა და ატომების ზომები 40

1.2. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობა 44
   1.2.1. ბროუნის მოძრაობა 44
   1.2.2. დიფუზია 45
   1.2.3. დიფუზია ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში 46

1.3. ლაბორატორიული სამუშაო № 2
   რაზეა დამოკიდებული დიფუზიის სისწრაფე 51

1.4. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედება 56
   1.4.1. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედება 56
   1.4.2. რატომ ინარჩუნებს სხეული მთლიანობას? 57

1.5. ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობები 62
   1.5.1. ნივთიერების სამი მდგომარეობა 62
   1.5.2. აირი 67

1.5.3. სითხე 67
1.5.4. მყარი სხეული 68

1.6. ლაბორატორიული სამუშაო № 3
რაზეა დამოკიდებული ნივთიერება „მძიმეა“ თუ „მსუბუქი“? 75
1.6.1. მასა და მოცულობა 75

1.7. ნივთიერების სიმკვრივე 80
1.7.1. სიმკვრივე 81
1.7.2. სიმკვრივის ერთეული 82
1.7.3. რაზეა დამოკიდებული ნივთიერების სიმკვრივე? 83

თემა II. მექანიკური მოვლენები 89
თავი I. თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობა 89

2.1. მექანიკური მოძრაობა 90
2.1.1. მექანიკური მოძრაობა 90
2.1.2. მოძრაობის ფარდობითობა 92
2.1.3. მოძრაობის სახეები 92
2.1.4. ნივთიერი წერტილი 93
2.1.5. მოძრაობის ტრაექტორია 93
2.1.6. გავლილი მანძილი 95

2.2. თანაბარი მოძრაობა. თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე 99
2.2.1. თანაბარი მოძრაობა 99
2.2.2. თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე 102

2.3. არათანაბარი მოძრაობა. საშუალო სიჩქარე 109
2.3.1. არათანაბარი მოძრაობა 109
2.3.2. საშუალო სიჩქარე 110

2.4. მოძრაობის ფარდობითობა 117
2.4.1 სიჩქარეთა შეკრება 118

დამატებითი ამოცანები 128

საგნობრივი საძიებელი 131

პასუხები 132

გამარჯობა!

სანამ ფიზიკასა და იმ წიგნზე ვისაუბრებთ, რომლის პირველი ფურცელი უკვე გადაშალეთ...

წარმოიდგინეთ: ჩვეულებრივი ჭიქა, რომელიც ჩვეულებრივი წყლითაა სავსე. ერთი შეხედვით, მასში არაფერია განსაკუთრებული, მაგრამ ეს მხოლოდ ერთი შეხედვით! მოდით, ამ ჭიქას მეცნიერის თვალით შევხედოთ – თვალით, რომელსაც შეუძლია გაცილებით შორს გაიხედოს, ღრმად ჩაიხედოს და დაინახოს იმაზე მეტი, ვიდრე ჩვენ შეგვიძლია.

აღმოვაჩენთ, რომ ეს ერთი ჭიქა, მშვიდი და გამჭვირვალე სითხით სავსე, უხილავსა და ბობოქარ სამყაროს იტევს, სამყაროს, რომელშიც ბუნების არაერთი საიდუმლო იმალება:

იქ უთვალავი პაწაწინა ნაწილაკია, რომელიც განუწყვეტლივ მოძრაობს და წამითაც არ ჩერდება;

წყალი ორთქლდება და ჰაერს ერევა;

იყინება და შემდეგ დნება;

სინათლეს ირეკლავს და თუ სულს შევუბერავთ, მის ზედაპირზე ტალღები გაჩნდება. და თავად ჭიქა? ისიც ხომ საიდუმლოს ინახავს – როგორ იქცა ცეცხლის წყალობით ჩვეულებრივი ქვიშა გამჭვირვალე მინად, მინა კი – ჭიქად...



დიახ, იმისთვის, რომ, ერთი შეხედვით ჩვეულებრივ საგნებში, მთელი სამყარო დავინახოთ, ყურადღებით უნდა დავაკვირდეთ და შეკითხვები დავსვათ. ეს სახელმძღვანელო სწორედ ამას გვასწავლის: სამყაროს დანახვას, დაკვირვებას, კითხვების დასმასა და ახლებურად ფიქრს იმაზე, რაც აქამდე „ჩვეულებრივი“ გვეგონა.

აი, სწორედ აქ იწყება ფიზიკა.

ახლა ფიზიკაზეც ვისაუბროთ...

ფიზიკა მეცნიერებაა, რომელიც ბუნებაში მიმდინარე მოვლენებს შეისწავლის და ცდილობს ახსნას ისინი:

როგორ მოძრაობს ადამიანი, ცხოველი?

როგორ დაფრინავს ჩიტი (ნუთუ ამას რაიმე მიზეზი აქვს?)?

რატომ ვარდება ხიდან მოწყვეტილი ვაშლი მიწაზე?

როგორ ჩნდება ელვა?

როგორ დაფრინავს თვითმფრინავი?

რატომ არ იძირება წყალში უზარმაზარი გემი (მონეტა რომ იძირება?)?

რატომ არის ცა, ჩვეულებრივ, ცისფერი და მზის ჩასვლის დროს – წითელი?



რატომ ციმციმებენ ვარსკვლავები?

შეიძლება თუ არა წარსულის დანახვა?

სწორედ ასეთ შეკითხვებზე სცემს პასუხს ფიზიკა და, ამასთან, ფიქრს, დაკვირვებასა და კითხვების დასმას გვასწავლის.

ფიზიკა იმასაც გვასწავლის, რომ **შეცდომის დაშვების არ უნდა გვეშინოდეს!** პირიქით, მეცნიერების ისტორიას არაერთი შემთხვევა ახსოვს, რომ დიდი აღმოჩენა სწორედ მაშინ დაიწყო, როდესაც შეცდომა დაუშვეს.

ამიტომ ნუ შეგეშინდებათ შეცდომების დაშვებისა და განსხვავებული აზრის გამოთქმის.

იფიქრეთ თამამად, დასვით შეკითხვები, ბევრჯერ სცადეთ და გაბედულად იმოქმედეთ!

ეცადეთ, დაშვებული შეცდომები თქვენს ახალ შესაძლებლობად აქციოთ.

ფიზიკით და მის გარეშე...

ფიზიკითა და მის გარეშე სამყარო ერთნაირი არ არის.

ფიზიკა შესაძლებლობას გვაძლევს, ავხსნათ „სასწაულები“ და მათ უკან ბუნების კანონები დავინახოთ.

ფიზიკა გვეხმარება, უკეთ გავიგოთ სამყაროს „ქცევა“, გავიმარტივოთ ცხოვრება და უსაფრთხო გავხადოთ ჩვენი და სხვების ყოფა.

დაბოლოს... იქნებ სულაც ახალი აღმოჩენის, ახალი გამოგონების შემოქმედნიც გახდეთ, ვინ იცის?

შთაბეჭდილებებით სავსე და წარმატებულ მოგზაურობას გისურვებთ ფიზიკის სამყაროში!



ფიზიკა – საბუნებისმეტყველო მეცნიერება

ამ თავში თქვენ გაეცნობით:

- რა არის ფიზიკური მოვლენები და როგორ ამოვიცნოთ ისინი ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში;
- რატომ ვსწავლობთ ფიზიკას და როგორ გვეხმარება ის სამყაროს შეცნობაში;
- რა აკავშირებს ფიზიკას სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებთან;
- როგორ ფიქრობენ და მუშაობენ მეცნიერები, რა ეტაპებისგან შედგება სამეცნიერო კვლევა;
- რატომ „დაუპირისპირდა“ გალილეო გალილეი არისტოტელეს და როგორ დამთავრდა იდეების „ბრძოლა“, რომელმაც ფიზიკა შეცვალა;
- რატომ არის ექსპერიმენტი ფიზიკის მთავარი იარაღი;
- რა არის ფიზიკური სიდიდეები და როგორ აღწერს ისინი სამყაროს;
- როგორ შეძლო ისააკ ნიუტონმა ყალბი მონეტების აღმოჩენა უბრალო სახაზავის დახმარებით;
- რა არის ფიზიკური სიდიდის ერთეულები და რატომ არის მნიშვნელოვანი, რომ მთელ მსოფლიოში მეცნიერებს საერთო „ენა“ – ერთეულთა საერთაშორისო სისტემა (SI) ჰქონდეთ.



1. ფიზიკა – ბუნების შემსწავლელი მეცნიერება

„ფიზიკა“ („ფიუსის“) ბერძნულად „ბუნებას“ ნიშნავს. ეს ტერმინი პირველად ძვ. წ. IV საუკუნეში ბერძენმა სწავლულმა არისტოტელემ გამოიყენა. **ფიზიკა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაა,** ანუ მეცნიერება, რომელიც ბუნებას შეისწავლის.

თქვენ იცით, რომ ბუნებაში მიმდინარე ყოველგვარ ცვლილებას **ბუნებრივი მოვლენა** ჰქვია. უამრავი ბუნებრივი მოვლენიდან ფიზიკა მხოლოდ მათ ნაწილს – **ფიზიკურ მოვლენებს** – შეისწავლის. თქვენთვის ნაცნობი ფიზიკური მოვლენებია:

- **მექანიკური მოვლენები,** მაგალითად, ავტომობილის, ადამიანის მოძრაობა, ჩანჩქერის წყლის ვარდნა;
- **ელექტრული მოვლენები,** მაგალითად, გაელვება, ელექტრული დენი;
- **ოპტიკური მოვლენები,** მაგალითად, სინათლის არეკვლა სარკიდან, ცისარტყელას წარმოქმნა;
- **მაგნიტური მოვლენები,** მაგალითად, კომპასის ისრის „ქცევა“, მაგნიტის მიერ რკინის სხეულების მიზიდვა;
- **სითბური მოვლენები,** მაგალითად, წყლის დუღილი, აორთქლება, დნობა, ნამის წარმოქმნა;
- **აკუსტიკური მოვლენები,** მაგალითად, ბგერის გავრცელება, ექო, ჭექა-ქუხილი.

რა ნიშნით გამოირჩევა ფიზიკური მოვლენები ყველა სხვა მოვლენისგან?

ამ კითხვაზე პასუხის გაცემას პარაგრაფის გაცნობის შემდეგ შეძლებთ.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაიგებთ:** რას შეისწავლის ფიზიკა და რა არის ფიზიკური მოვლენა;
- **შეძლებთ:** ფიზიკური მოვლენების ამოცნობას და ზოგიერთი მათგანის ახსნას.

მოცემული თავის დამატებითი ელექტრონული რესურსები იხილეთ QR-კოდზე:

1.1. ფიზიკური სხეული. ნივთიერება

ფიზიკური მოვლენების შესწავლისას ფიზიკაში სპეციალური ტერმინები გამოიყენება. მაგალითად, ფიზიკაში **ფიზიკური სხეული** (ან უბრალოდ, სხეული) ჰქვია არა მარტო ადამიანისა და ცხოველის სხეულს, არამედ ნებისმიერ საგანს, მაგალითად, ავტომობილს, წყლის წვეთს, ბურთს, ქვიშის მარცვალს, პლანეტას და ა.შ.

ფიზიკური სხეულია ყველაფერი, რასაც ფორმა და მოცულობა აქვს, ხოლო იმას, რისგანაც ფიზიკური სხეული შედგება, **ნივთიერებას** უწოდებენ. მაგალითად, ოქრო ნივთიერებაა, ოქროს თასი კი ფიზიკური







სურ. 1.1. ფიზიკური მოვლენები

სხეულია (სურ. 1.2); რკინის ლურსმანი ფიზიკური სხეულია, რკინა კი – ნივთიერება. წყალი ნივთიერებაა, მაგრამ წყლის გარკვეული რაოდენობა, მაგალითად, ჭურჭელში ჩასხმული წყალი ან წყლის წვეთი ფიზიკური სხეულია.

თქვენთვის კარგად ცნობილი ნივთიერებებია: ჟანგბადი, ნახშირორჟანგი, სპილენძი, ალუმინი, ვერცხლი, წყალი, შაქარი, მარილი, სპირტი. ზოგიერთ შემთხვევაში ვხვდებით რამდენიმე ნივთიერების ნარევს. მაგალითად, ჰაერი აზოტის, ჟანგბადის, ნახშირორჟანგის, არგონისა და სხვა ნივთიერებათა ნარევია.



სურ.1.2. თრიალეთის ოქროს თასი. ძვ. წ. II საუკუნე

1.2. ფიზიკური მოვლენა

ბუნების მოვლენას, რომლის დროსაც იცვლება სხეულის ფორმა, ზომა, აგრეგატული მდგომარეობა, ადგილმდებარეობა, მოძრაობის სიჩქარე, თუმცა სხეულის შემადგენელი ნივთიერება არ იცვლება**, ფიზიკური მოვლენა** ჰქვია (იხ. გვ. 13). არსებობს ფიზიკური მოვლენები, რომლებშიც ნივთიერება გარდაიქმნება, მაგრამ ამ საკითხს მომდევნო კლასებში განვიხილავთ.

ფიზიკური მოვლენებისგან განსხვავებით, **ქიმიურ მოვლენებში ნივთიერება გარდაიქმნება** – ახალი ნივთიერება წარმოიქმნება. შესაძლებელია, გამოიყოს ნალექი და აირი, შეიცვალოს ნივთიერების სუნი, ფერი და ა.შ.

ყინულის დნობა ფიზიკური მოვლენაა. ამ დროს ნივთიერება (წყალი) არ იცვლება, იცვლება მხოლოდ ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობა (სურ. 1.3 ა). რკინის დაჟანგვა კი ქიმიური მოვლენაა, რადგან ახალი ნივთიერება (რკინის ჟანგი) წარმოიქმნება (სურ. 1.3 ბ).

ა)



ბ)



სურ. 1.3

1.3. რას შეისწავლის ფიზიკა

ყოველ ფიზიკურ მოვლენას აქვს მიზეზი, რომელიც მას იწვევს. ამასთან, ფიზიკური მოვლენების მიმდინარეობა გარკვეულ კანონებს ემორჩილება.

ფიზიკის მთავარი ამოცანა სწორედ ფიზიკური მოვლენების კანონზომიერებათა აღმოჩენა, შესწავლა და ახსნაა. ფიზიკის კანონებით აიხსნება, მაგალითად, რატომ მოდის წვიმა, თოვლი; რატომ ჩნდება პოლარული ციალი; რატომ მონაცვლეობს დღე და ღამე; როგორ წარმოიქმნება ელვა, ჭექა-ქუხილი და მრავალი სხვა.

ახალი ტერმინები:

ფიზიკური მოვლენა;

ფიზიკური სხეული;

ნივთიერება;

ფიზიკური თვისებები.



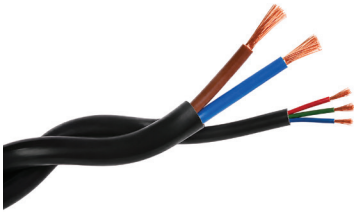




ფიზიკური მოვლენების გარდა, ფიზიკა ნივთიერებების ფიზიკურ თვისებებსაც შეისწავლის. მაგალითად, ზოგი ნივთიერება კარგი ელექტროგამტარია, ზოგი კი – იზოლატორი, დენს არ ატარებს, ზოგიერთი მათგანი სწრაფად ორთქლდება, ზოგი სითბოს დიდხანს ინარჩუნებს, ზოგიც ხმაურისაგან გვიცავს და ა.შ. ნივთიერებათა თვისებების ცოდნა საშუალებას გვაძლევს, ისინი სწორად გამოვიყენოთ და ცალკეულ შემთხვევებში თავიდან ავიცილოთ საფრთხეები. მაგალითად, ცნობილია, რომ წყალი გაყინვისას ფართოვდება, ამიტომ მინის ჭურჭელში წყლის გაყინვისას შეიძლება ჭურჭელი გასკდეს (სურ. 1.4). დენის გამტარებს საიზოლაციო ფენით ფარავენ (სურ. 1.5), რათა „დენის დარტყმისგან“ დავიცვათ თავი და ა.შ.



სურ. 1.4



სურ. 1.5

1.4. ფიზიკის კავშირი სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებთან

ბუნებაში მიმდინარე მოვლენებს სხვადასხვა მეცნიერება სწავლობს – მათ **საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებს** უწოდებენ. ასეთებია: **ფიზიკა, ქიმია, ბიოლოგია, გეოგრაფია, ასტრონომია, გეოლოგია** და სხვა. ფიზიკას მათ შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს, რადგან **ფიზიკის კანონები უნივერსალურია – მათ სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებიც იყენებენ**. მაგალითად, ფიზიკის კანონებით აიხსნება:

- გეოგრაფიაში – მდინარეების დინება და ქარის წარმოქმნა;
- ასტრონომიაში – ვარსკვლავთა ნათება და პლანეტების მოძრაობა;
- ბიოლოგიაში – მოძრაობის, სმენის, მხედველობისა და სუნთქვის პროცესები;
- ქიმიაში – მოვლენების უმრავლესობა. ეს ქიმიასა და ფიზიკას შორის განსაკუთრებულად მჭიდრო კავშირზე მიუთითებს.

ფიზიკის გარეშე წამოუდგენელია თანამედროვე ტექნიკა და ყოფა-ცხოვრება. სწორედ ფიზიკის კანონების ცოდნით მიაღწია ადამიანმა მეცნიერებასა და ტექნიკაში უდიდეს პროგრესს (სურ. 1.6): შექმნა ინტერნეტი (ა), უახლესი კომპიუტერული მოწყობილობები, მობილური კავშირი, სამედიცინო საკვლევი აპარატურა (ბ), საჰაერო და კოსმოსური ხომალდები (გ), ხელოვნური ინტელექტი და მრავალი სხვა თანამედროვე სისტემა თუ მოწყობილობა.

ა)



ბ)



გ)



სურ. 1.6



ქირურგი ოპერაციას რობოტის დახმარებით ატარებს



ვირტუალური რეალობის სათვალე

უპასუხეთ კითხვებს

1. რას შეისწავლის ფიზიკა?
2. რა არის ფიზიკური სხეული? დაასახელეთ მაგალითები.
3. რა არის ნივთიერება? დაასახელეთ თქვენთვის ცნობილი ნივთიერებები.
4. რას ეწოდება ბუნებრივი მოვლენა?
5. რა დამახასიათებელი ნიშნები აქვს ფიზიკურ მოვლენებს? ქიმიურ მოვლენებს? დაასახელეთ მათი მაგალითები.

რა ვისწავლეთ

- **ფიზიკა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაა;**
- **ფიზიკური სხეულია ყველაფერი, რასაც ფორმა და მოცულობა აქვს;**
- **ფიზიკური სხეული შედგება ნივთიერებისაგან;**
- **ბუნებაში მიმდინარე ნებისმიერ ცვლილებას, ნივთიერების ცვლილების გარეშე, ფიზიკური მოვლენა ეწოდება;**
- **ფიზიკური მოვლენების გარდა, ფიზიკა ნივთიერების ფიზიკურ თვისებებსაც შეისწავლის;**
- **ფიზიკის მთავარი ამოცანა ფიზიკური მოვლენების კანონზომიერებების აღმოჩენა, შესწავლა და ახსნაა;**
- **ფიზიკის კანონები უნივერსალურია – ყველა საბუნებისმეტყველო მეცნიერება იყენებს.**

ეს საინტერესოა

„ფილოსოფია“ ნიშნავს „სიბრძნის სიყვარულს“ და ანტიკურ ხანაში ის ადამიანისათვის ხელმისაწვდომი ცოდნისა და განათლების ყველა სფეროს მოიცავდა. ძველი ბერძენი ფილოსოფოსები ცდილობდნენ აეხსნათ, როგორ არის მოწყობილი სამყარო და რა კანონებს ემორჩილება ბუნებაში მიმდინარე მოვლენები.

მოგვიანებით, როცა ადამიანებმა ბუნების შესახებ მეტი ცოდნა დააგროვეს, ფილოსოფიას სხვადასხვა მიმართულება გამოეყო, რომლებიც ერთნაირი ნიშნით დაჯგუფებულ მოვლენებს შეისწავლიდა. შედეგად, ჩამოყალიბდა დამოუკიდებელი მეცნიერებები: ფიზიკა, ბიოლოგია, ქიმია, ასტრონომია და გეოგრაფია.

არისტოტელე იმ დროის ერთ-ერთი ყველაზე ღრმად მოაზროვნე და გავლენიანი ფილოსოფოსი იყო. იგი იკვლევდა თითქმის ყველაფერს: ბუნებრივ მოვლენებს, ადამიანის აზროვნებას, პოლიტიკას, ლოგიკასა და ხელოვნებას. ამიტომ არისტოტელეს ხშირად უნივერსალურ მოაზროვნედ მიიჩნევენ.

ისტორიაში განსაკუთრებული ადგილი უკავია იმ ფაქტსაც, რომ არისტოტელე მომავალი მეფისა და სახელგანთქმული მხედართმთავარ ალექსანდრე



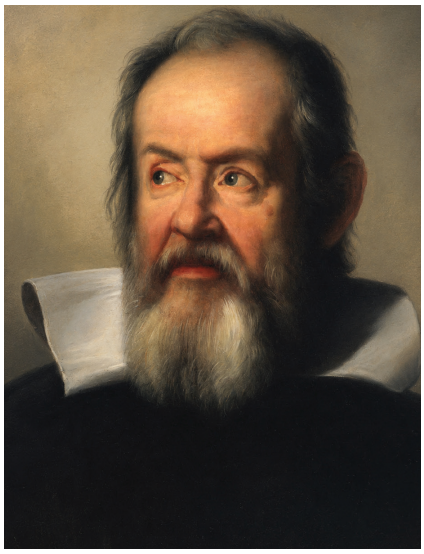
სურ. 1.7. არისტოტელე
(ძვ. წ. IV საუკუნე)

მაკედონელის მასწავლებელი იყო. ალექსანდრე მაკედონელი დიდ პატივს სცემდა თავის მოძღვარს და ამბობდა, რომ სიცოცხლე მამამ აჩუქა, ხოლო ყველაფერი, რაც კი სიცოცხლეს აზრს აძლევს, არისტოტელემ ასწავლა.

საუკუნეების განმავლობაში არისტოტელეს შეხედულებები უცილობელ ჭეშმარიტებად ითვლებოდა და მის იდეებს არა მხოლოდ სამეცნიერო წრეები, არამედ ეკლესიაც აღიარებდა. მისი მოსაზრებების საწინააღმდეგო აზრის გამოთქმა კი ხშირად სახიფათოც იყო. იმ დროს ამბობდნენ, რომ „სწავლულმა არისტოტელეს მოძღვრება ზეპირად უნდა იცოდეს. მისი გაგება აუცილებელი არა არის, მაგრამ მასში დაეჭვება მკრეხელობაა.“

მხოლოდ XVII საუკუნეში დაიწყო ბუნების მოვლენების ახლებურად შესწავლა. იტალიელმა მეცნიერმა **გალილეო გალილეიმ** მეცნიერებაში სრულიად ახალი მიდგომა დანერგა. იგი მიიჩნევდა, რომ ბუნების კანონების შესასწავლად მხოლოდ მოვლენის აღწერა და მსჯელობა საკმარისი არ იყო – აუცილებელი იყო დაკვირვება, გაზომვა და ექსპერიმენტი. სხვადასხვა მოსაზრების სისწორეს გალილეო სწორედ ცდებით ამოწმებდა.

ამ მიდგომამ მეცნიერება განვითარების სრულიად ახალ ეტაპზე გადაიყვანა. ექსპერიმენტისა და დაკვირვების მნიშვნელობამ საფუძველი ჩაუყარა სამეცნიერო მეთოდის ჩამოყალიბებას და თანამედროვე ფიზიკას, როგორც ექსპერიმენტულ მეცნიერებას.



სურ. 1.8. გალილეო გალილეი (1564–1642 წწ.)

საშინაო აქტივობა

ქვემოთ ჩამოთვლილი სიტყვებიდან რომელი აღნიშნავს ფიზიკურ მოვლენას, რომელი – ფიზიკურ სხეულს და რომელი – ნივთიერებას? პასუხი წარმოადგინეთ ცხრილის სახით.

თვითმფრინავი, ოქრო, წვიმა, კალამი, ფაიფური, რკინა, მთვარე, მაგიდა, მეხი, პლანეტა, ჭიქა, დუღილი, ვერტმფრენი, ქარი, ნისლი, ვერცხლისწყალი, რკინის ჯოხი, დანა, ვერცხლი, ნამის წარმოქმნა, ცისარტყელა, ქაღალდი, რვეული, თოვლის ფანტელი, წყალი, ჭიქაში ჩასხმული წყალი, წვიმის წვეთის ვარდნა, მთვარის მოძრაობა.

ფიზიკური მოვლენა	ფიზიკური სხეული	ნივთიერება

გააანალიზეთ შევსებული ცხრილი და:

ა) მოძებნეთ შესაძლო კავშირები დასახელებულ ფიზიკურ სხეულებსა და ნივთიერებებს შორის;

ბ) ჩამოაყალიბეთ ზოგადი წესი, რა განსხვავებაა ფიზიკურ სხეულსა და ნივთიერებას შორის.

2. ფიზიკა – ექსპერიმენტული მეცნიერება

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაეცნობით:** ფიზიკური მოვლენის კვლევის ეტაპებს, ფიზიკური სიდიდეების ერთეულთა საერთაშორისო სისტემას;
- **შეძლებთ:** სწორად დაგეგმოთ კვლევა, დააკავშიროთ ერთი და იმავე ფიზიკური სიდიდის განსხვავებული ერთეულები ერთმანეთთან.

ძველი დროის უდიდესი მოაზროვნე **არისტოტელე** ამტკიცებდა, რომ ერთსა და იმავე სიმაღლიდან მძიმე სხეული უფრო სწრაფად ჩამოვარდება, ვიდრე მსუბუქი.

არისტოტელეს უდიდესი ავტორიტეტის გამო მისი ყველა მოსაზრება ჭეშმარიტებად იყო აღიარებული. გარდა ამისა, ადამიანთა ყოველდღიური გამოცდილებაც მის მოსაზრებას ადასტურებდა და, შესაბამისად, დიდი ხნის განმავლობაში არავის გასჩენია სურვილი, არისტოტელეს ნათქვამისთვის ეჭვით შეეხედა.

მე-17 საუკუნეში კი დიდი იტალიელი მეცნიერი **გალილეო გალილეი** ლოგიკური მსჯელობით იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ **სხეულთა ვარდნის დროზე მნიშვნელოვან გავლენას ჰაერი ახდენს და უჰაერო სივრცეში სხეულთა ვარდნის დრო მათ სიმძიმეზე დამოკიდებული არ იქნება.** გალილეო გალილეი სვამდა კითხვას:

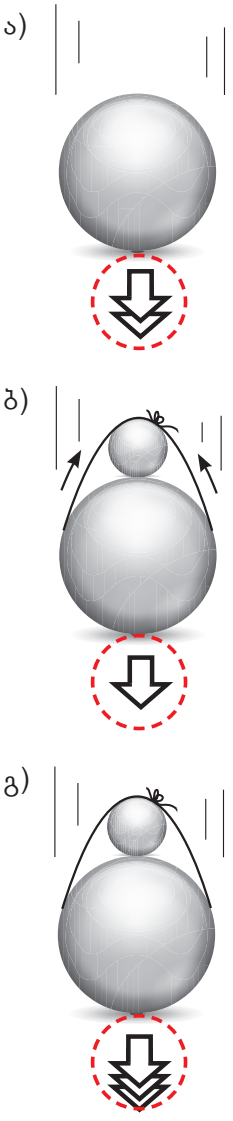
– რა ხდება მაშინ, როცა ორი სხეული, მსუბუქი და მძიმე, ერთად შეკრული ვარდება?

გალილეი ასე მსჯელობდა:

- ვთქვათ, არისტოტელე მართალია და მძიმე სხეული უფრო სწრაფად ვარდება, ვიდრე მსუბუქი (სურ. 2.1 ა). მაშინ მსუბუქმა სხეულმა მძიმე სხეულის მოძრაობა უნდა **შეანელოს, თუკი მათ ერთად შევკრავთ.** შესაბამისად, ერთად შეკრული ორი ასეთი სხეული **უფრო ნელა დაეშვება, ვიდრე ცალკე აღებული მძიმე სხეული** (სურ. 2.1 ბ).
- მეორე მხრივ, თუ მძიმე სხეული უფრო სწრაფად ვარდება, ვიდრე მსუბუქი, მაშინ ერთად შეკრული ორი ასეთი სხეული კიდევ **უფრო სწრაფად დაეშვება, ვიდრე ცალკე აღებული მძიმე სხეული** (სურ. 2.1 გ).

გამოდის, რომ მძიმე სხეულის ვარდნა ერთსა და იმავე დროს კიდეც ნელდება და კიდეც ჩქარდება, რაც შეუძლებელია. გამოსავალი მხოლოდ ერთია: უნდა ვივარაუდოთ, რომ სხეულების ვარდნის დრო მათ სიმძიმეზე დამოკიდებული არ არის – დაასკვნა გალილეიმ და გამოთქვა ვარაუდი, რომ **თუ ჰაერი სხეულთა ვარდნაზე გავლენას არ მოახდენდა, ერთსა და იმავე სიმაღლიდან მძიმე და მსუბუქი სხეული ერთდროულად ჩამოვარდებოდა!**

იმ დროს შეუძლებელი იყო ცდის ისე ჩატარება, რომ ჰაერს ვარდნილ სხეულზე გავლენა არ მოეხდინა, ამიტომ გალილეი შეეცადა, რომ ეს გავლენა

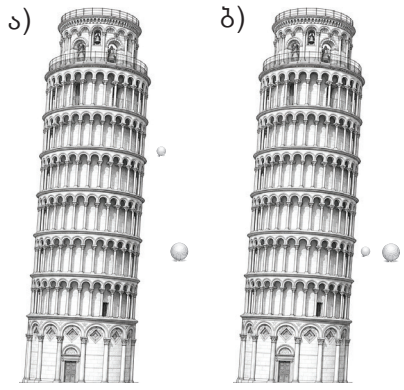


სურ. 2.1

შეძლებისდაგვარად შეემცირებინა. მან ცდისთვის სხვადასხვა მასის, მაგრამ ისეთი ფორმისა და ზომის სხეულები შეარჩია, რომელთა ვარდნაზეც ჰაერის გავლენა უმნიშვნელო იქნებოდა.

ლეგენდის თანახმად, გალილეიმ პიზის დახრილი კოშკიდან 80 კგ-იანი და 200 გ-იანი ბირთვები ერთდროულად ჩამოაგდო. მან დაინახა, რომ ორივე ბირთვი დედამიწაზე ერთდროულად დაეცა (სურ. 2.2 ბ).

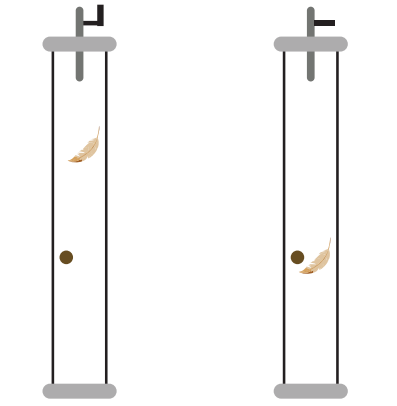
ექსპერიმენტის შედეგმა გალილეის ვარაუდი დაადასტურა: **მიზეზი იმისა, რომ მსუბუქი სხეული უფრო ნელა ვარდება, ვიდრე მძიმე, არის ჰაერის გავლენა.**



არისტოტელეს აზრით — გალილეოს აზრით

სურ. 2.2

უჰაერო სივრცეში სხეულთა ვარდნაზე ცდით დაკვირვება პირველად გენიალურმა ინგლისელმა ფიზიკოსმა **ისააკ ნიუტონმა** შეძლო: მან მინის გრძელ მილში მონეტა და ბუმბული მოათავსა (სურ. 2.3), მილიდან ჰაერი ამოტუმბა და მილი გადმოაბრუნა... მონეტა და ბუმბული მილის ფსკერზე ერთდროულად დაეშვა!


ვარდნა ჰაერში — ვარდნა უჰაერო სივრცეში

სურ. 2.3

ფიზიკის ისტორიაში გალილეო გალილეი მიზანმიმართული ექსპერიმენტის ერთ-ერთ პირველ ავტორად ითვლება და სწორედ ამიტომ ის **ექსპერიმენტული ფიზიკის** ფუძემდებლადაა მიჩნეული.

როგორ შეისწავლიან ფიზიკურ მოვლენებს? რა მნიშვნელობა აქვს ექსპერიმენტს მოვლენის კვლევისას?

ამ კითხვებზე პასუხს პარაგრაფში იპოვით.

2.1. დაკვირვება. ჰიპოთეზა. ექსპერიმენტი


სურ. 2.4

მეცნიერები უცნობი მოვლენის შესწავლას ხშირად **დაკვირვებით** იწყებენ (სურ. 2.4), შემდეგ გამოთქვამენ **ვარაუდს – ჰიპოთეზას,** რომლის საფუძველზეც ცდილობენ, მოვლენის გამომწვევი მიზეზი ახსნან და მისი შედეგები წინასწარ განსაზღვრონ. თუმცა, როგორც წესი, მხოლოდ დაკვირვება საკმარისი არ არის, ამიტომ მეცნიერები **ცდას, ექსპერიმენტს** ატარებენ და მოვლენას ლაბორატორიაში, ხელოვნურად შექმნილ პირობებში, იკვლევენ (სურ. 2.5).

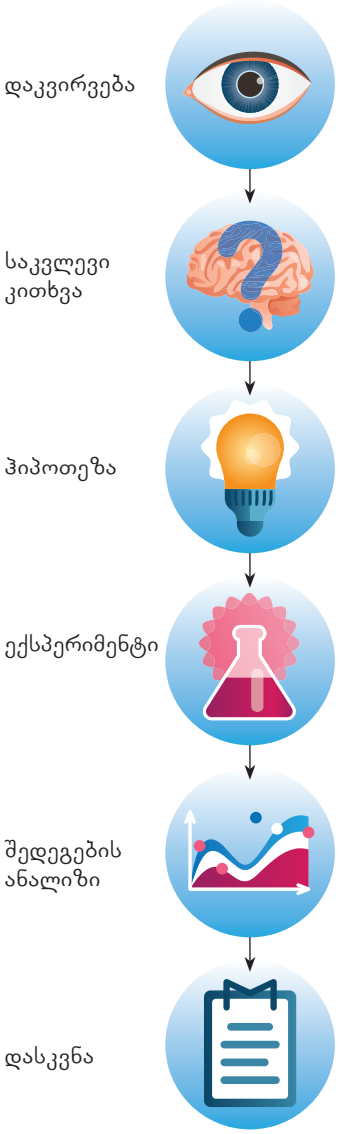

სურ. 2.5

მაგალითად, ბუნებაში შეიძლება დავაკვირდეთ ჭექა-ქუხილს და შევამჩნევთ, რომ ჯერ ელვას ვხედავთ, ხოლო ქუხილი რამდენიმე წამის დაგვიანებით გვესმის, მიუხედავად იმისა, რომ ელვა და ქუხილი ერთდროულად წარმოიქმნება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ სინათლე და ბგერა სხვადასხვა სიჩქარით ვრცელდება.

ლაბორატორიაში ამ მოვლენას ექსპერიმენტულად იკვლევენ: სპეციალური მოწყობილობებით არა მარტო ხელოვნურ ელვას – ნაპერწკალს ქმნიან, არამედ სინათლისა და ბგერის გავრცელების სიჩქარესაც ადგენენ.

ფიზიკას ექსპერიმენტულ მეცნიერებას უწოდებენ, რადგან დაკვირვების საფუძველზე გამოთქმული ჰიპოთეზის ჭეშმარიტებას მეცნიერები აუცილებლად ექსპერიმენტით ამოწმებენ: თუ ჰიპოთეზის ჭეშმარიტება ექსპერიმენტით დადასტურდა, ეს ახალ აღმოჩენაზე მიუთითებს, ხოლო თუ არ დადასტურდა, მაშინ კვლევა თავიდან იწყება (სურ. 2.6). მეცნიერების ისტორიაში მრავალი შემთხვევაა, როდესაც საუკუნეების განმავლობაში აღიარებული შეხედულება ექსპერიმენტმა არ დაადასტურა (მაგალითად ისე, როგორც არისტოტელეს მოსაზრება).

კვლევის ეტაპები



სურ. 2.6

2.2. ფიზიკური სიდიდეები და მათი გაზომვა

რას ნიშნავს – შევისწავლოთ სხეული ან მოვლენა? იმისათვის, რომ ჩვენი გარემომცველი სხეულები ან მოვლენები შევისწავლოთ, ისინი გარკვეული ნიშან-თვისებებით უნდა დავახასიათოთ.

მაგალითად, ადამიანზე შეიძლება ვთქვათ, რომ ის კეთილია, მოსიყვარულეა, მამაცია, შრომისმოყვარეა, მძიმეა, მსუბუქია, მაღალია, დაბალია, სწრაფია, ნელია და ა.შ. ჩამოთვლილთაგან ზოგიერთი თვისება შეგვიძლია **რაოდენობრივად აღვწეროთ,** ანუ რიცხვებით გავზომოთ. მაგალითად, ასე: ადამიანის სიმაღლეა 170 სმ. ის, რომ ადამიანი კეთილია, მოსიყვარულეა, მამაცია – რიცხვებით არ იზომება, მაგრამ ამ თვისებების სიტყვიერი აღწერა, ანუ ადამიანის **თვისებრივად დახასიათება** შეგვიძლია.

მოვლენის შესწავლა თითქმის ყოველთვის გაზომვებთანაა დაკავშირებული: **ყველაფერი, რისი გაზომვაც შესაძლებელია, ფიზიკური სიდიდეა.** მაგალითად, ფიზიკური სიდიდეებია: მანძილი, დრო, მასა, ფართობი, მოცულობა, ტემპერატურა და სხვა.

ფიზიკურ სიდიდეს აქვს რიცხვითი მნიშვნელობა და ერთეული (სურ. 2.7).

ფიზიკური სიდიდის გაზომვისას მას ადარებენ ისეთივე სიდიდეს, რომელიც ერთეულის ტოლადაა მიჩნეული.

მაგალითად, თუ სხეულის მასაა 15კგ, ეს ნიშნავს, რომ მასის ერთეულად აღებულია 1 კილოგრამი (კგ)



რიცხვითი მნიშვნელობა ერთეული

სურ. 2.7

და მოცემული სხეულის მასა 15-ჯერ აღემატება ერთეულს. 15 არის სხეულის მასის რიცხვითი მნიშვნელობა.

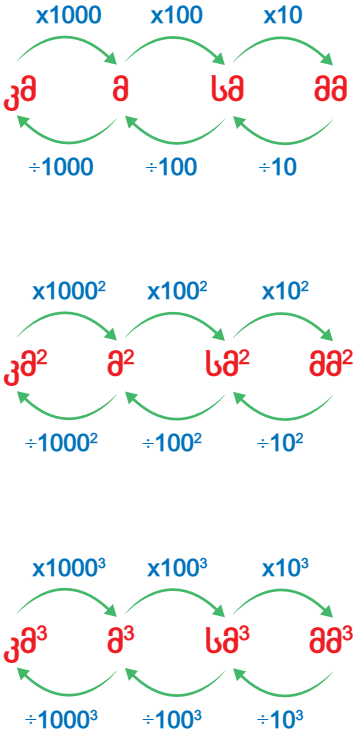
ცხადია, **ფიზიკური სიდიდის რიცხვითი მნიშვნელობა არჩეულ ერთეულზეა დამოკიდებული.** მაგალითად, თუ მასის ერთეულად 1 გრამს (გ-ს) ავირჩევთ, მაშინ იგივე 15 კგ სხეულის მასა 15000 გრამის ტოლი იქნება.

ისტორიულად, სხვადასხვა ქვეყანაში, განსხვავებული ზომა-წონის ერთეულებს იყენებდნენ, რაც გარკვეულ გაუგებრობებს იწვევდა. სწორედ ამიტომ 1960 წელს ზომა-წონის XI კონფერენციაზე შემოიღეს **ერთეულთა საერთაშორისო სისტემა – SI** (Système International).

SI-ში ფიზიკურ სიდიდეთა ერთეულები მკაცრად განისაზღვრა. კერძოდ, **SI-ში:**

სიგრძის ერთეულია 1 მეტრი (მ);
დროის ერთეულია 1 წამი (წმ);
მასის ერთეულია 1 კილოგრამი (კგ).

პრაქტიკაში გამოყენებული სხვა ერთეულები, მაგალითად, 1 გრამი, 1 სანტიმეტრი, 1 საათი, **SI-ს ერთეულები არ არის.** ამოცანების ამოხსნისას მეტწილად SI-ს ერთეულებს გამოვიყენებთ, ამიტომ ხშირად მოგვიწევს სხვადასხვა ერთეულის გადაყვანა SI-ს ერთეულებში. ამ გადაყვანაში 2.8 სურათზე გამოსახული სქემები და 2.1 ცხრილის მონაცემები დაგეხმარებათ.



სურ. 2.8. კავშირი სხვადასხვა ერთეულებს შორის

ახალი ტერმინები:

ჰიპოთეზა;
ექსპერიმენტი;
ფიზიკური სიდიდე;
ერთეულთა სისტემა.

ცხრილი 2.1. ფიზიკურ სიდიდეთა SI-ის ერთეულები

ფიზიკური სიდიდე	SI-ის ერთეული	აღნიშვნა	ერთეულები, რომლებიც SI-ს არ ეკუთვნის
სიგრძე	1 მეტრი	1 მ	1 კმ = 1000 მ; 1 დმ = 0,1 მ; 1 სმ = 0,01 მ; 1 მმ = 0,001 მ
ფართობი	1 კვ. მეტრი	1 $მ^2$	1 ჰექტარი (ჰა) = 10 000 $მ^2$; 1 არი = 100 $მ^2$; 1 $სმ^2$ = 0, 0001 $მ^2$
მოცულობა	1 კუბ. მეტრი	1 $მ^3$	1 ლიტრი (ლ) = 1 $დმ^3$ = 0,001 $მ^3$; 1 მლ = 0,001 ლ = 1 $სმ^3$
დრო	1 წამი	1 წმ	1 წთ = 60 წმ; 1 საათი (სთ) = 60 წთ = 3600 წმ
მასა	1 კილოგრამი	1 კგ	1 ტონა = 1000 კგ; 1 ცენტნერი (ც) = 100 კგ; 1 გრამი (გ) = 0,001 კგ

SI-ს ძირითადი ერთეულების გარდა, ხშირად მათზე 10-ჯერ, 100-ჯერ, 1000-ჯერ და ა.შ. მეტ ან ნაკლებ ერთეულებს იყენებენ. მათ სპეციალური თავსართებით აღნიშნავენ (იხ. ცხრილი 2.2).

ცხრილი 2.2. მეტრული სისტემის თავსართები

დასახელება	აღნიშვნა	მამრავლი	**დასახელება**	აღნიშვნა	მამრავლი
მეგა	მგ	1000000	**დეცი**	დ	0,1
კილო	კ	1000	**სანტი**	ს	0,01
ჰექტო	ჰ	100	**მილი**	მ	0,001
დეკა	დკ	10	**მიკრო**	მკ	0,000001

საკლასო აქტივობა

ჩაატარეთ ცდა:

1. აიღეთ პლასტმასის ორი ზუსტად ერთნაირი ბოთლი. ერთ მათგანში წყალი ნახევრამდე ჩაასხით, მეორე კი გაავსეთ.
2. დაიჭირეთ ბოთლები სხვადასხვა ხელში დაახლოებით 1 მ სიმაღლეზე.

გამოთქვით ვარაუდი: თუ ორივე ბოთლს ხელს ერთდროულად გაუშვებთ, რომელი მათგანი დაეცემა იატაკზე უფრო სწრაფად?

შეამოწმეთ თქვენი ვარაუდი: ორივე ბოთლს ხელი ერთდროულად გაუშვით.

გამოიტანეთ დასკვნა: არის თუ არა ვარდნის დრო დამოკიდებული სხეულის სიმძიმეზე? ჭეშმარიტი იყო თუ არა გალილეის მოსაზრება?

რას „ურჩევდით“ არისტოტელეს იმისათვის, რომ საკუთარი მოსაზრება შეემოწმებინა?

უპასუხეთ კითხვებს

1. როგორ შეისწავლიან ფიზიკურ მოვლენებს?
2. რა როლი ეკისრება ექსპერიმენტს ფიზიკური მოვლენების შესწავლისას?
3. რა დაამტკიცა პიზის ცნობილი ექსპერიმენტით გალილეო გალილეიმ?
4. თუ ექსპერიმენტმა ჰიპოთეზის ჭეშმარიტება არ დაამტკიცა, რას ნიშნავს ეს?
5. რატომ გახდა საჭირო ერთეულთა საერთაშორისო სისტემის შემოღება?

რა ვისწავლეთ

- **ფიზიკური მოვლენის შესწავლის ძირითადი ეტაპებია: დაკვირვება, ჰიპოთეზის ჩამოყალიბება და ექსპერიმენტი;**
- **ჰიპოთეზის ჭეშმარიტება აუცილებლად ექსპერიმენტით მოწმდება;**
- **ფიზიკა ექსპერიმენტული მეცნიერებაა;**
- **ფიზიკური სიდიდეა ყველაფერი, რისი გაზომვაც შესაძლებელია;**
- **ფიზიკურ სიდიდეს აქვს რიცხვითი მნიშვნელობა და ერთეული;**
- **1 მეტრი, 1 წამი და 1 კილოგრამი ერთეულთა საერთაშორისო სისტემის (SI-ს) ერთეულებია.**

გავზომოთ ფიზიკური სიდიდე ნიშნავს, რომ შევადაროთ ის მის მსგავს ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ეტალონადაა მიჩნეული. მაგალითად, ჯოხის სიგრძე 2 მ-ია, ნიშნავს, რომ ის სიგრძის ეტალონს – 1 მ-ს, 2-ჯერ აღემატება.

ეტალონი ფიზიკური სიდიდის ერთეულის ზუსტი ნიმუშია.

სიგრძის ეტალონი

1799 წელს დაამზადეს პლატინის ღერო, რომლის განივკვეთს „X“ის ფორმა აქვს (სურ. 2.9). სიგრძის ეტალონად მიჩნეული 1 მეტრი განისაზღვრა, როგორც მანძილი ღეროზე ამოტვიფრულ ორ წვრილ ხაზს შორის. სიგრძის ეტალონი საფრანგეთის ეროვნულ არქივშია დაცული და მას **„არქივის მეტრი“** ჰქვია. არქივის მეტრზე ამოტვიფრულია წარწერა: „ყველა დროისთვის, ყველა ხალხისთვის“.



სურ. 2.9

ეს დევიზი წინასწარმეტყველური აღმოჩნდა: მეტრული სისტემა მსოფლიოს ყველა ცივილიზებულმა ქვეყანამ აღიარა.

1983 წლიდან მიჩნეულია, რომ **1 მეტრი** არის მანძილი, რომელსაც სინათლე 1/299 792 458 წამის განმავლობაში გადის ვაკუუმში (მეტრის ამგვარი განმარტება უფრო ზუსტია იმის გამო, რომ ფიზიკურ სხეულს – პლატინის ღეროს არ უკავშირდება: ღეროს სიგრძე გარემოს გავლენით მცირედ, მაგრამ მაინც იცვლება).

მასის ეტალონი

XIX საუკუნის დასაწყისში საფრანგეთში მეტრთან ერთად შემოიღეს **მასისა და მოცულობის საზომი** ერთეულებიც – კილოგრამი და ლიტრი.

1 ლიტრი არის მოცულობა, რომელიც აქვს 10 სმ წიბოს მქონე კუბს. თავდაპირველად მიიჩნიეს, რომ **1 ლიტრი წყლის მასა 4 °C ტემპერატურაზე 1 კილოგრამს უდრის.**

შემდგომში მასის ერთეულის, კილოგრამის, ეტალონი დამზადდა. ის პლატინა-ირიდიუმის შენადნობისგან დამზადებული ცილინდრია, რომლის სიმაღლე და დიამეტრი 39 მმ-ის ტოლია (სურ. 2.10). მასის ეტალონი საფრანგეთში, ქალაქ სევრში, წონისა და ზომის საერთაშორისო ბიუროში ინახება.



სურ. 2.10

1. ჩაატარეთ ცდები:

ცდა I

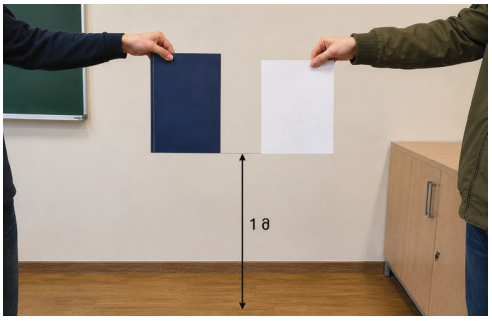
- აიღეთ სქელი რვეული და ცალკე ფურცელი, რომლის ზომა რვეულის ზომაზე ოდნავ ნაკლებია. დაახლოებით 1 მ სიმაღლეზე ჰორიზონტალურად დაიჭირეთ ერთი ხელით რვეული, მეორეთი კი – ფურცელი;
- ერთდროულად გაუშვით ხელი ორივე მათგანს. რომელი დაეცა იატაკზე უფრო სწრაფად? შედეგი ჩაიწერეთ;
- შემდეგ რვეული და ფურცელი სხვადასხვა ხელით ჰორიზონტალურად ისე დაიჭირეთ, რომ ფურცელი რვეულის ზევით, მასთან ძალიან ახლოს იყოს მოთავსებული და ცდა გაიმეორეთ. შეადარეთ მათი ვარდნის დროები, დააფიქსირეთ მიღებული შედეგი და ახსენით ის;
- გააანალიზეთ, რამ განაპირობა პირველ და მეორე შემთხვევაში ცდის განსხვავებული შედეგები?

ცდა II

- ორი ერთნაირი ფურცლიდან ერთ-ერთი დაჭმუჭნეთ და ქაღალდის „ბურთად“ აქციეთ. ცხადია, ფორმის მიუხედავად ორივე სხეულის სიმძიმე ერთნაირია.
- **გამოთქვით ვარაუდი:** რა მოხდება თუ გაშლილ ფურცელსა და ქაღალდის ბურთს ერთნაირ სიმაღლეზე აწევთ და ხელს ერთდროულად გაუშვებთ? რომელი დაეცემა იატაკზე უფრო სწრაფად?
- **გამოიტანეთ დასკვნა:** არის თუ არა ვარდნის დრო დამოკიდებული სიმძიმეზე?
- დააკავშირეთ ჩატარებული ცდის შედეგი არისტოტელეს და გალილეის მოსაზრებებთან.

ცდა III

- აიღეთ სქელყდიანი რვეული და თაბახის ფურცელი;
- დაიჭირეთ ვერტიკალურად ერთი ხელით რვეული, მეორეთი – ფურცელი (სურ. 2.11);
- ასწიეთ ორივე მათგანი იატაკიდან დაახლოებით 1 მ სიმაღლეზე;
- **გამოთქვით ვარაუდი:** რომელი უფრო სწრაფად დაეცემა იატაკზე, თუ ორივე მათგანს ხელს ერთდროულად გაუშვებთ?



სურ. 2.11

შეადარეთ ერთმანეთს სამივე ცდაში მიღებული შედეგები. დაუპირისპირეთ ეს შედეგები არისტოტელეს მოსაზრებას და დააკავშირეთ ისინი გალილეის იდეასთან.

2. ჩაატარეთ გალილეოსა და ნიუტონის ცდები ვირტუალურ ლაბორატორიაში:

3. გაიგეთ მეტი: ნახეთ ვიდეო და დააკვირდით სხეულთა ვარდნას უჰაერო სივრცეში.

3. ლაბორატორიული სამუშაო № 1 ფიზიკური სიდიდეების გაზომვა

მე-17 საუკუნის ბოლოს ინგლისში ფულად მიმოქცევაში ძირითადად ვერცხლის მონეტებს იყენებდნენ. მონეტის ღირებულება მასში შემავალი ვერცხლის რაოდენობით განისაზღვრებოდა. ზოგი ადამიანი ცდუნებას ვერ უძლებდა და მონეტების ზედაპირიდან ვერცხლს შეუმჩნევლად ფხეკდა, შემდეგ კი მონეტას ისევ მიმოქცევაში აბრუნებდა. შედეგად, მონეტები თანდათან თხელდებოდა, კარგავდა მასას და ხალხი მის ღირებულებას აღარ ენდობოდა.

1696 წელს სამეფო ზარაფხანის ზედამხედველად გამოჩენილი მეცნიერი და ყველა დროის ერთ-ერთი უდიდესი ფიზიკოსი – **ისააკ ნიუტონი** დაინიშნა (სურ. 3.1). მთავრობის გადაწყვეტილებით, მიმოქცევიდან დაზიანებული მონეტები უნდა ამოეღოთ და ახლად მოჭრილი მონეტებით თანდათან ჩაენაცვლებინათ.

ნიუტონმა გადაწყვიტა შეემოწმებინა ისეთი მონეტების სისქე, რომლებსაც გარეგნულად დაზიანება არ ეტყობოდა. ცხადია, თითოეული მონეტის სისქის ცალ-ცალკე გაზომვა დიდ დროსა და შრომას მოითხოვდა, ამასთან, ერთი მონეტის სისქის მცირე ცვლილება უშუალო გაზომვისას შეუმჩნეველი დარჩებოდა. სწორედ ამიტომ ნიუტონმა უფრო პრაქტიკული ხერხი გამოიყენა: რამდენიმე მონეტა ერთმანეთზე ერთ სვეტად დაალაგა და მათი საერთო სიმაღლე გაზომა. მიღებული შედეგი მონეტების რაოდენობაზე გაყო და ასე განსაზღვრა ერთი მონეტის საშუალო სისქე. ამ მეთოდს **„მწკრივის მეთოდს“** უწოდებენ – მას მცირე სიდიდეების გაზომვისას იყენებენ. ახლა კი გავეცნოთ, როგორ ზომავენ ზოგიერთ ფიზიკურ სიდიდეს (სიგრძეს, მოცულობას).

რა უნდა ვიცოდეთ საზომი ხელსაწყოების გამოყენებისას? სწორედ ამ შეკითხვაზე მიიღებთ პასუხს პარაგრაფის გაცნობისას.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაეცნობით:** საზომ ხელსაწყოებს, დანაყოფის ფასის გამოთვლის ხერხსა და გაზომვის სხვადასხვა მეთოდს;
- **შეძლებთ:** გაზომვების ჩატარებას, გაზომვის სიზუსტისა და ცდომილების შეფასებას.



სურ. 3.1. ისააკ ნიუტონი (1643–1727)

3.1. ხელსაწყოს დანაყოფის ფასის განსაზღვრა

ფიზიკური მოვლენის ექსპერიმენტული კვლევისას თითქმის ყოველთვის საჭიროა **ფიზიკური სიდიდეების გაზომვა.** ფიზიკურ სიდიდეებს

სპეციალური **გამზომი ხელსაწყოებით** ზომავენ (სურ. 3.2). მაგალითად, დროის შუალედის გასაზომად წამმზომს (ა, ბ) ან საათს იყენებენ, სიგრძის გასაზომად – საზომ ლენტს (გ) ან სახაზავს, ტემპერატურას თერმომეტრით ზომავენ (დ, ე), მოცულობას – მენზურით, მასას კი – სასწორით (ვ).

ფიზიკური სიდიდეების გასაზომად ორი სახის გამზომი ხელსაწყო გამოიყენება: **ციფრული** (სურ. 3.2 ბ, დ, ე, ვ), რომელიც გაზომვის შედეგს ეკრანზე აჩვენებს და **სკალიანი** (სურ. 3.2. ა, გ), რომელზეც გაზომვის შედეგი დანაყოფებით აითვლება.

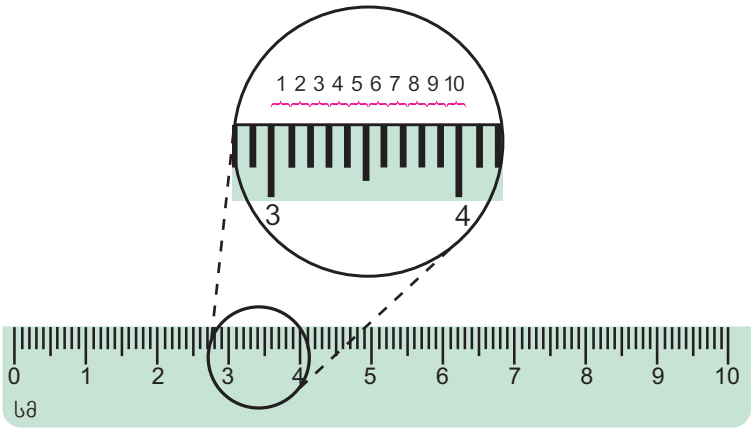
ყოველ გამზომ ხელსაწყოზე მითითებულია გასაზომი ფიზიკური სიდიდის ერთეული. ხელსაწყოს სკალა დაყოფილია დიდი და პატარა ხაზებით (შტრიხებით), რომელთაგან ზოგს რიცხვითი მნიშვნელობა აწერია (სურ. 3.3).



სურ. 3.3

ორი **უახლოესი ხაზის** (შტრიხის) შესაბამის მნიშვნელობებს შორის სხვაობას ხელსაწყოს **დანაყოფის ფასი** ჰქვია. **დანაყოფის ფასი გვიჩვენებს გამზომი ხელსაწყოს თითოეული დანაყოფის შესაბამის რიცხვით მნიშვნელობას.** თუ დანაყოფის ფასი ვიცით, შეგვიძლია გავზომოთ შესაბამისი ფიზიკური სიდიდე.

როგორ ვიპოვოთ ხელსაწყოს დანაყოფის ფასი? განვიხილოთ, ხელსაწყოს, მაგალითად, სახაზავის სკალა (სურ. 3.4):



სურ. 3.4

ა)



ბ)



გ)



დ)



ე)



ვ)



სურ. 3.2

1. მოვძებნოთ სკალაზე ორი უახლოესი ხაზი, რომელთაც რიცხვები აწერია, მაგალითად, 3 და 4;

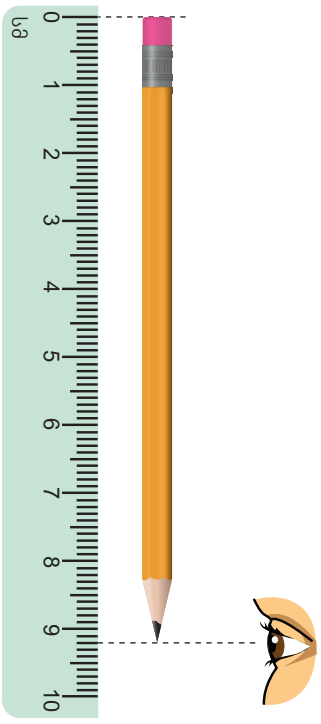
2. დავთვალოთ არჩეულ უახლოეს ორ რიცხვს შორის **დანაყოფების** (შუალედების და არა ხაზების) რაოდენობა. ამ შემთხვევაში დანაყოფების რაოდენობა არის 10;

3. ვიპოვოთ სხვაობა შერჩეულ დიდსა და მცირე რიცხვს შორის: 4 სმ – 3 სმ = 1 სმ, ანუ 10 დანაყოფს 1 სმ შეესაბამება;

4. მიღებული სხვაობა გავყოთ დანაყოფების რაოდენობაზე: $\frac{1\text{ სმ}}{10} = 0{,}1\text{ სმ}$.

5. გაყოფის შედეგად მიღებული რიცხვი არის **ხელსაწყოს დანაყოფის ფასი:** ჩვენს მაგალითში **სახაზავის დანაყოფის ფასი არის 0,1 სმ,** ანუ 1 **მილიმეტრი.**

მას შემდეგ, რაც ხელსაწყოს დანაყოფის ფასს გამოვთვლით, შეგვიძლია ხელსაწყოთი ფიზიკური სიდიდეც გავზომოთ. მაგალითად, სურათ 3.5-ზე გამოსახული ფანქრის სიგრძეა 9,2 სმ, ანუ 92 მმ.



სურ. 3.5

3.2. გაზომვის ცდომილება

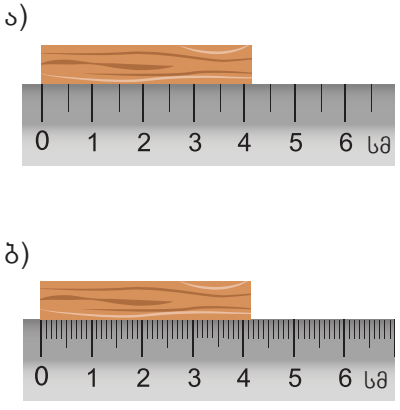
ფიზიკური სიდიდის აბსოლუტურად ზუსტად გაზომვა შეუძლებელია. გაზომვების ზედმიწევნით სწორად ჩატარების შემთხვევაშიც კი, გაზომვის სიზუსტე მაინც ხელსაწყოს დანაყოფის ფასით განისაზღვრება. მართლაც, დააკვირდით სურათ 3.6-ზე გამოსახულ ხის ძელს. ძელის სიგრძე იმ სახაზავით გაზომვისას, რომლის დანაყოფის ფასი:

- დიდია, არის 4 სმ-ზე ცოტათი მეტი. თუმცა, რამდენით მეტია, არ ჩანს (სურ. 3.6. ა);
- მცირეა, არის 4,1 სმ-ზე მეტი და 4,2 სმ-ზე ნაკლები. თუმცა, ზუსტად რამდენია სიგრძე, ამ შემთხვევაშიც ვერ დავადგენთ (სურ. 3.6. ბ).

ა) შემთხვევაში ძელის სიგრძე დაახლოებით 4 სმ-ია, ბ) შემთხვევაში კი – დაახლოებით 4,1 სმ (რადგან ძელის ბოლო ამ დანაყოფთან უფრო ახლოსაა).

ბ) შემთხვევაში ძელის სიგრძის გაზომვა უფრო ზუსტად მოვახერხეთ, ვიდრე ა) შემთხვევაში. ბ) შემთხვევაში სახაზავის დანაყოფის ფასია 0,1 სმ, ა) შემთხვევაში კი – 0,5 სმ. შესაბამისად, **გაზომვის სიზუსტე მით მეტია, რაც ნაკლებია ხელსაწყოს დანაყოფის ფასი.**

ხელსაწყოებით გაზომილი ფიზიკური სიდიდის მნიშვნელობა ყოველთვის მიახლოებითია, რადგან



სურ. 3.6

გაზომვები ყოველთვის შეიცავს უზუსტობას. ფიზიკაში გაზომვისას დაშვებულ უზუსტობას **გაზომვის ცდომილება** ეწოდება.

გაზომვისას ცდომილება შეიძლება სხვადასხვა მიზეზით იყოს გამოწვეული. მაგალითად, ხელსაწყოს არასწორი გამოყენებით, არაზუსტი გაზომვით, გასაზომი სიდიდის ცვლილებით და ა.შ. სასკოლო ლაბორატორიული სამუშაოების დროს მხოლოდ **ანათვალის ცდომილებას** გავითვალისწინებთ. **ანათვალის ცდომილება დანაყოფის ფასის ნახევრის ტოლია.** მაგალითად, სურ. 3.6 ბ-ზე გამოსახული სახაზავის დანაყოფის ფასია 0,1 სმ. შესაბამისად, ამ სახაზავით ჩატარებული გაზომვისას ანათვალის ცდომილება 0,05 სმ-ის ტოლი იქნება. ანათვალის ცდომილების გათვალისწინებით ძელის სიგრძე (ℓ) ასე ჩაიწერება:

$$\ell = (4{,}1 \pm 0{,}05)\ \text{სმ}.$$

ეს ჩანაწერი ნიშნავს, რომ ძელის სიგრძის ნამდვილი მნიშვნელობა ℓ, შემდეგ საზღვრებშია მოთავსებული:

$$(4{,}1 - 0{,}05)\ \text{სმ} \le \ell \le (4{,}1 + 0{,}05)\ \text{სმ}.$$

ფიზიკური სიდიდის უდიდეს/უმცირეს მნიშვნელობას, რომლის გაზომვაც შესაძლებელია მოცემული ხელსაწყოთი, ხელსაწყოს **გაზომვის ზედა/ქვედა ზღვარი** ეწოდება.

3.1. ცხრილში მოცემულია სურათ 3.7-ზე გამოსახული თერმომეტრის გაზომვის ქვედა და ზედა ზღვარი.

ცხრილი 3.1.

თერმომეტრი	დანაყოფის ფასი, ^{0}C	გაზომვის ქვედა ზღვარი, ^{0}C	გაზომვის ზედა ზღვარი, ^{0}C
იხ. სურ. 3.7	0,1 ^{0}C	34,1 ^{0}C	42 ^{0}C



სურ. 3.7

ახალი ტერმინები:

ფიზიკური სიდიდის ერთეული;
ხელსაწყოს სკალა;
ხელსაწყოს დანაყოფის ფასი;
გაზომვის ცდომილება;
გაზომვის ზღვარი;
პირდაპირი გაზომვა;
არაპირდაპირი გაზომვა.

საკლასო აქტივობა

ლაბორატორიული სამუშაო № 1

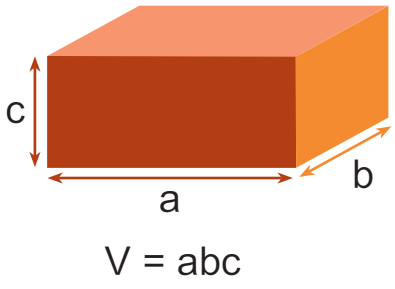
სამუშაოს მიზანი: მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმის სხეულის მოცულობის განსაზღვრა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმის სხეული, სახაზავი ან საზომი ლენტი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაადგინეთ სახაზავის (საზომი ლენტის) დანაყოფის ფასი;

2. გაზომეთ პარალელეპიპედის (სურ. 3.8):
   სიგრძე (a), სიგანე (b), სიმაღლე (c);
3. გამოიყენეთ მართკუთხა პარალელეპიპედის მოცულობის გამოსათვლელი ფორმულა და გამოთვალეთ პარალელეპიპედის მოცულობა (V) ფორმულით: $V = a \cdot b \cdot c$;
4. გადაიხაზეთ რვეულში 3.2 ცხრილი და შეიტანეთ მასში გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები.



სურ. 3.8

ცხრილი 3.2.

სიგრძე, a, სმ	სიგანე, b, სმ	სიმაღლე, c, სმ	მოცულობა, V, სმ^3

გაზომვის ისეთ ხერხს, როდესაც საძიებელი ფიზიკური სიდიდე უშუალოდ ხელსაწყოთი იზომება, **პირდაპირი გაზომვა** ეწოდება, ხოლო, როდესაც სიდიდე ფორმულით გამოითვლება, **არაპირდაპირი გაზომვა** ჰქვია.

№1 სამუშაოში მართკუთხა პარალელეპიპედის სიგრძეს, სიგანესა და სიმაღლეს პირდაპირი გაზომვით ვპოულობთ, ხოლო მოცულობას – არაპირდაპირი გაზომვით.

მოცულობის განსაზღვრა შესაძლებელია პირდაპირი გაზომვითაც – მენზურის დახმარებით. ეს ხერხი ძალიან მოსახერხებელია და პირველად, ლეგენდის თანახმად, იგი ბერძენმა სწავლულმა არქიმედემ გამოიყენა. მან შეამჩნია, რომ **წყალში ჩაძირული სხეულის მოცულობა მის მიერ გამოდევნილი წყლის მოცულობის ტოლია.**

ლაბორატორიული სამუშაო № 2



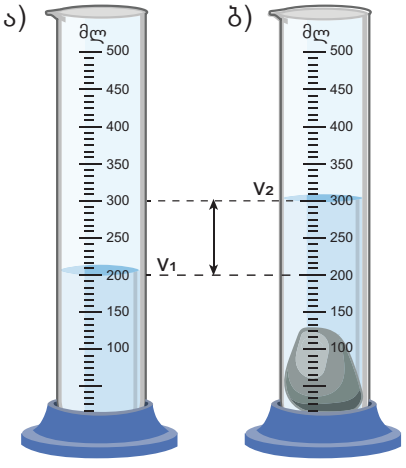
სამუშაოს მიზანი: სხეულის მოცულობის განსაზღვრა მენზურით.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მენზურა (ცილინდრული ფორმის ჭურჭელი, რომელიც მასში ჩასხმული სითხის მოცულობას სკალაზე გვიჩვენებს), ნებისმიერი სხეული, რომელიც მენზურაში თავსდება (მაგალითად, ჭანჭიკი, ქვა, გასაღები), ძაფი.

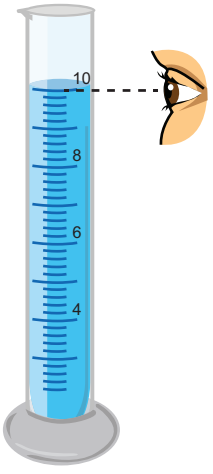
სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაადგინეთ მენზურის დანაყოფის ფასი;
2. ჩაასხით მენზურაში წყალი დაახლოებით ნახევრამდე და გაზომეთ მენზურაში ჩასხმული წყლის მოცულობა (V_1) (სურ. 3.9 ა);

მითითება: დააკვირდით სურ. 3.10-ს. წყლის დონე მენზურის კედლებთან აწეულია. ანათვალის ასაღებად თვალი წყლის დონეს გაუსწორეთ და ანათვალი წყლის ზედაპირის შუა ნაწილის მიხედვით აიღეთ.



სურ. 3.9



სურ. 3.10

3. გამოაბით ძაფი სხეულს (ქვას), ჩაუშვით მენზურაში და ჩაძირეთ წყალში;
4. აიღეთ ანათვალი მენზურაზე (V_2), რომელიც წყლისა და მასში ჩაძირული სხეულის (ქვის) მოცულობების ჯამის ტოლია (სურ. 3.9 ბ);
5. გამოთვალეთ სხეულის მოცულობა: $V_{სხ} = V_2 - V_1$;
6. გადაიხაზეთ რვეულში 3.3 ცხრილი და შეიტანეთ მასში გაზომვებისა და გამოთვლის შედეგები.

ცხრილი 3.3.

წყლის მოცულობა მენზურაში:		სხეულის მოცულობა, $V_{სხ}$, $სმ^3$
სხეულის ჩაშვებამდე, V_1, სმ	სხეულის ჩაშვების შემდეგ, V_2, $სმ^3$	

დამოუკიდებელი სამუშაო:
განსაზღვრეთ № 1 სამუშაოში გამოყენებული მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმის სხეულის მოცულობა პირდაპირი გზით – მენზურის დახმარებით და შეადარეთ არაპირდაპირი გაზომვის შედეგს.
გაითვალისწინეთ: პარალელეპიპედი, შეიძლება, მენზურაში არ ჩაეტიოს. ასეთ შემთხვევაში:
1. გაავსეთ წყლით პირამდე სხვა ჭურჭელი (მაგალითად, მინის ქილა) და ცარიელ ღრმა თეფშზე დადგით;
2. ჩაძირეთ მასში პარალელეპიპედი მთლიანად და თეფშზე გადმოღვრილი წყალი ჩაასხით ცარიელ მენზურაში (შეძლებისდაგვარად ეცადეთ, რომ გადმოღვრილი წყლის სრული რაოდენობა შეინარჩუნოთ);
3. განსაზღვრეთ მენზურაში ჩასხმული წყლის მოცულობა – ის პარალელეპიპედის მოცულობის ტოლია.

სხეულთა მოცულობის გაზომვის რა მეთოდები ისწავლეთ? რაში შეიძლება ამ ცოდნის გამოყენება?

უპასუხეთ კითხვებს

1. რა სახის გამზომი ხელსაწყოები არსებობს? რა განსხვავებაა მათ შორის?
2. რა დაკვირვებები და გამოთვლები უნდა ჩაატაროთ ხელსაწყოს დანაყოფის ფასის დასადგენად?
3. როგორ უნდა გავიგოთ ჩანაწერი – სხეულის ტემპერატურაა $(15 \pm 0,5)^0C$?

რა ვისწავლეთ

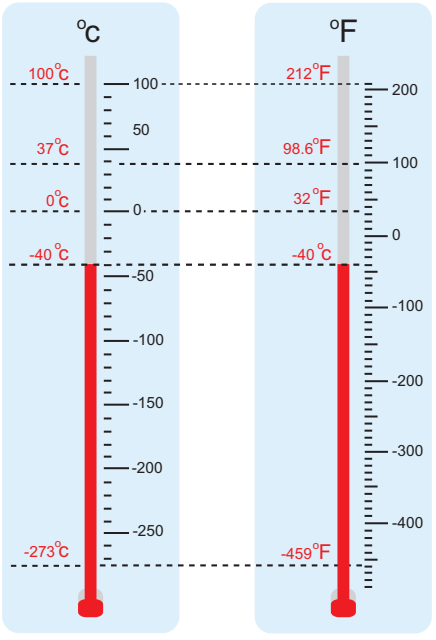
- **ფიზიკურ სიდიდეების გასაზომად სპეციალურ გამზომ ხელსაწყოებს იყენებენ;**
- **ხელსაწყოს გაზომვის ზღვარი არის ფიზიკური სიდიდის უდიდესი და უმცირესი მნიშვნელობები, რომლებიც შეიძლება ამ ხელსაწყოთი გავზომოთ;**
- **სკალიანი გამზომი ხელსაწყოს ორი უახლოესი ხაზის (შტრიხის) შესაბამის მნიშვნელობებს შორის სხვაობას ხელსაწყოს დანაყოფის ფასი ეწოდება;**
- **რაც ნაკლებია ხელსაწყოს დანაყოფის ფასი, მით მეტია მისი გაზომვის სიზუსტე;**
- **გაზომვისას დაშვებულ უზუსტობას გაზომვის ცდომილება ეწოდება;**
- **ანათვალის ცდომილება დანაყოფის ფასის ნახევრის ტოლია.**

ცელსიუსი და ფარენჰაიტი

ცელსიუსის თერმომეტრი 1742 წელს შვედმა მეცნიერმა ანდერს ცელსიუსმა შექმნა. ამ თერმომეტრის გარდა, აშშ-სა და დიდ ბრიტანეთში ტემპერატურის გასაზომად ტრადიციულად იყენებენ **ფარენჰაიტის თერმომეტრსაც**, რომელიც 1714 წელს გერმანელმა ფიზიკოსმა დანიელ ფარენჰაიტმა შემოიღო.

ცელსიუსისა (t_C) და ფარენჰაიტის (t_F) ტემპერატურებს შორის არსებობს ასეთი კავშირი (სურ. 3.11):

$$t_F = \frac{9}{5}t_C + 32, \text{ ანუ } 0°C \rightarrow 32°F; \qquad t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32).$$



ცელსიუსის თერმომეტრი ფარენჰაიტის თერმომეტრი

სურ. 3.11

ფარდობითი ცდომილება

გაზომვის ცდომილება შეიძლება იყოს **მნიშვნელოვანი** ან **უმნიშვნელო**. ეს დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად დიდია ან პატარაა ცდომილებასთან შედარებით ის ფიზიკური სიდიდე, რომელსაც ვზომავთ.

მაგალითად, წარმოიდგინეთ, რომ ფიზიკის წიგნის სიგრძეს ვზომავთ სახაზავით, რომლის დანაყოფის ფასი 1 მმ-ის ტოლია. შესაბამისად, გაზომვის ცდომილება 0,5 მმ იქნება.

ცხადია, 0,5 მმ ცდომილება წიგნის სიგრძესთან (30 სმ-თან) შედარებით, უმნიშვნელოა. თუმცა, თუ იმავე სახაზავით ფანქრის დიამეტრის (5 მმ-ის) გაზომვას შეეცდებით, მაშინ 0,5 მმ არცთუ უმნიშვნელო ცდომილებაა.

ასე რომ, გაზომვის ცდომილებაზე მნიშვნელოვანი ე.წ. **ფარდობითი ცდომილებაა,** რომელიც გვიჩვენებს, რამდენად მნიშვნელოვანია ცდომილება გასაზომ სიდიდესთან შედარებით.

წიგნის სიგრძის (300 მმ-ის) გაზომვის ცდომილება წიგნის ნამდვილი სიგრძის 0,17 %-ს შეადგენს:

$$\frac{0{,}5\ \text{მმ}}{300\ \text{მმ}} \cdot 100\% = 0{,}17\%.$$

ასეთ შემთხვევაში გაზომვისას დაშვებული შეცდომა უმნიშვნელოა.

ფანქრის დიამეტრის (5 მმ-ის) გაზომვისას დაშვებული ცდომილება კი დიამეტრის 10%-ს შეადგენს: $\frac{0{,}5\ \text{მმ}}{5\ \text{მმ}} \cdot 100\% = 10\%,$

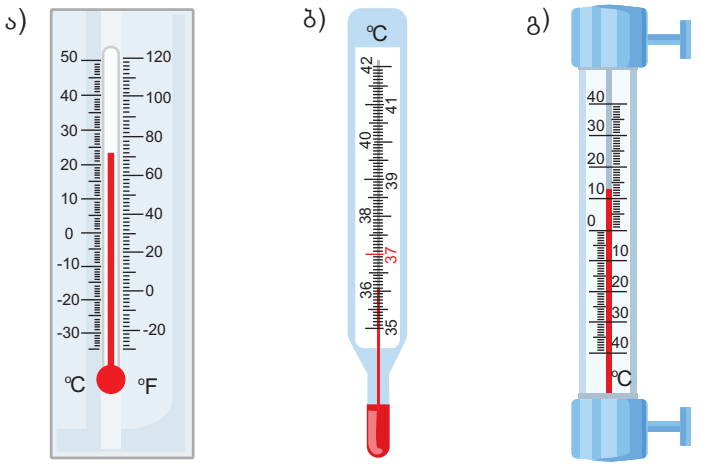
რაც საკმაოდ დიდი რიცხვია და გაზომვისას დაშვებულ მნიშვნელოვან უზუსტობაზე მიუთითებს.

დააკვირდით ვირტუალურ ლაბორატორიაში დამოკიდებულებას ცელსიუსისა და ფარენჰაიტის ტემპერატურებს შორის:

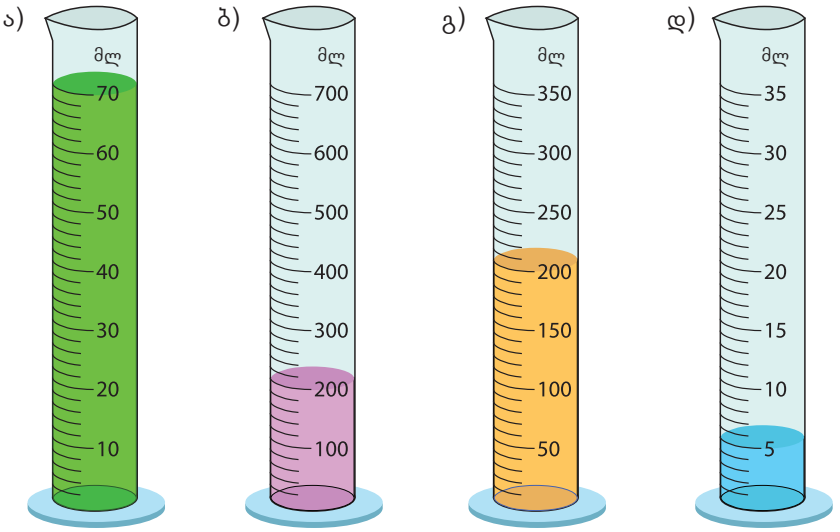
საშინაო აქტივობა

1. სურათებზე 3.12, 3.13 და 3.14 გამოსახულია გამზომი ხელსაწყოები. განსაზღვრეთ:
ა) თითოეული ხელსაწყოს (თერმომეტრების, მენზურებისა და სახაზავების) დანაყოფის ფასი (რომელი ხელსაწყოს გამოყენებისას დაგჭირდათ დანაყოფის ფასის დადგენა თქვენს პრაქტიკაში?);
ბ) ხელსაწყოს გაზომვის ზედა და ქვედა ზღვარი.

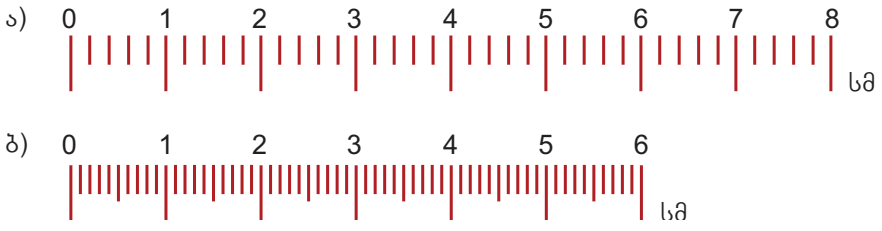
2. 3.12 და 3.13 სურათების მიხედვით განსაზღვრეთ გასაზომი ფიზიკური სიდიდის მნიშვნელობა (გაითვალისწინეთ ანათვალის ცდომილებაც);



სურ. 3.12. თერმომეტრები

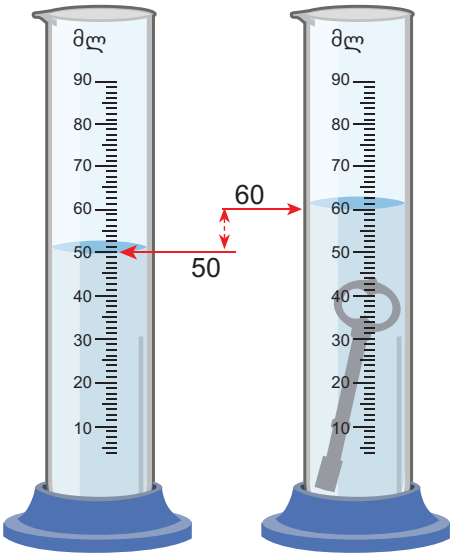


სურ. 3.13. მენზურები
(მასშტაბი დაცული არ არის)

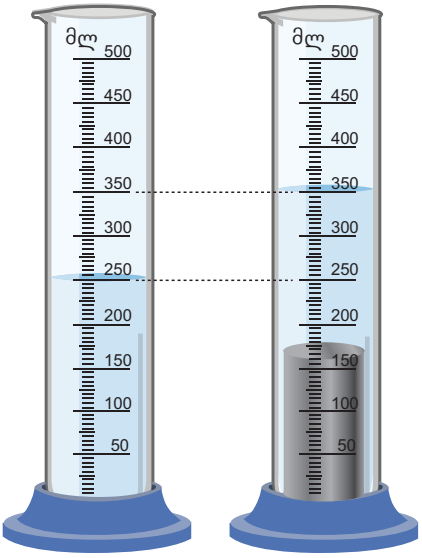


სურ. 3.14.
სახაზავების სკალა

3. განსაზღვრეთ მენზურაში ჩაშვებული სხეულის მოცულობა 3.15 და 3.16 სურათების მიხედვით.



სურ. 3.15



სურ. 3.16

4. პრაქტიკული სამუშაო

მცირე სხეულების ზომების (მაგალითად, მონეტის სისქის) დასადგენად სპეციალური ხელსაწყო – მიკრომეტრი გამოიყენება (სურ. 3.17). თუმცა, თუ ერთნაირი მონეტები დიდი რაოდენობით გვაქვს, მონეტის სისქის განსაზღვრა მწკრივის მეთოდით, ჩვეულებრივი სახაზავის დახმარებითაც შეიძლება.



სურ 3.17

სამუშაოს მიზანი: მონეტის სისქის განსაზღვრა მწკრივის მეთოდით.
სამუშაოსთვის საჭიროა: სახაზავი მილიმეტრიანი დანაყოფებით, 10-15 ცალი ერთნაირი მონეტა (მაგალითად, 20-თეთრიანები).

სამუშაოს მსვლელობა:
1. მოათავსეთ მონეტები ერთმანეთზე ვერტიკალურად, ერთ მწკრივად (სურ. 3.18);
2. გაზომეთ სახაზავით მილიმეტრის სიზუსტით მწკრივის h სიმაღლე;



სურ 3.18

3. გაყავით მწკრივის სიმაღლე მონეტების N რიცხვზე და გაიგებთ ერთი მონეტის d სისქის მიახლოებით მნიშვნელობას: $d = \frac{h}{N}$;

თქვენ იცით, რომ მცირე სხეულების ზომების დადგენის ამ მეთოდს **მწკრივის მეთოდს** უწოდებენ. სწორედ ეს მეთოდი გამოიყენა ნიუტონმა მონეტების სისქის გასაგებად.

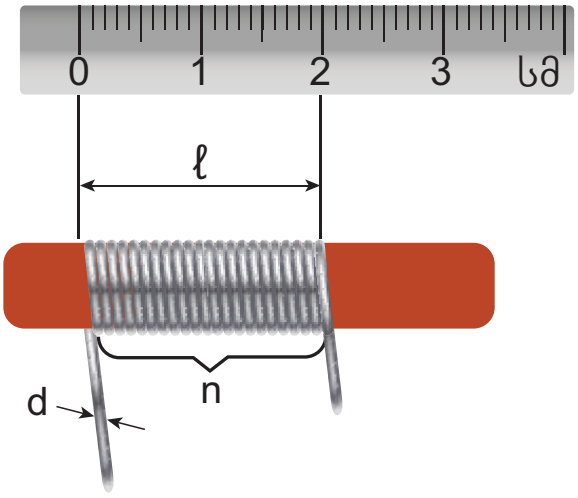
4. გადაიხაზეთ რვეულში 3.4 ცხრილი და შეიტანეთ მასში გაზომვებისა და გამოთვლის შედეგები.

ცხრილი 3.4.

მონეტების რაოდენობა, N	მწკრივის სიმაღლე, h, მმ	მონეტის სისქე (მმ) : $d = \frac{h}{N}$

5. დაგეგმეთ პრაქტიკული სამუშაო, გამოიყენეთ მწკრივის მეთოდი და განსაზღვრეთ:

1. მავთულის სისქე (სურ. 3.19);



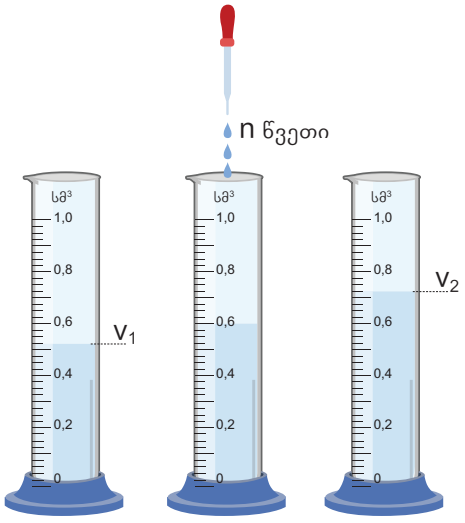
სურ. 3.19

2. თაბახის ფურცლის სისქე; **გაითვალისწინეთ:** გაქვთ მხოლოდ სახაზავი და ის მონაცემები, რომლებიც ფურცლების დასტის შეფუთვაზეა მითითებული (სურ. 3.20);



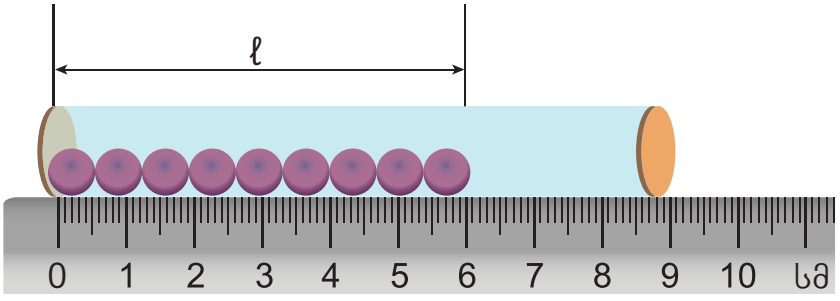
სურ. 3.20

3. იმ წვეთის მოცულობა, რომელიც პიპეტით წარმოიქმნება (სურ. 3.21);



სურ 3.21

4. მძივის მარცვლების დიამეტრი (სურ. 3.22).



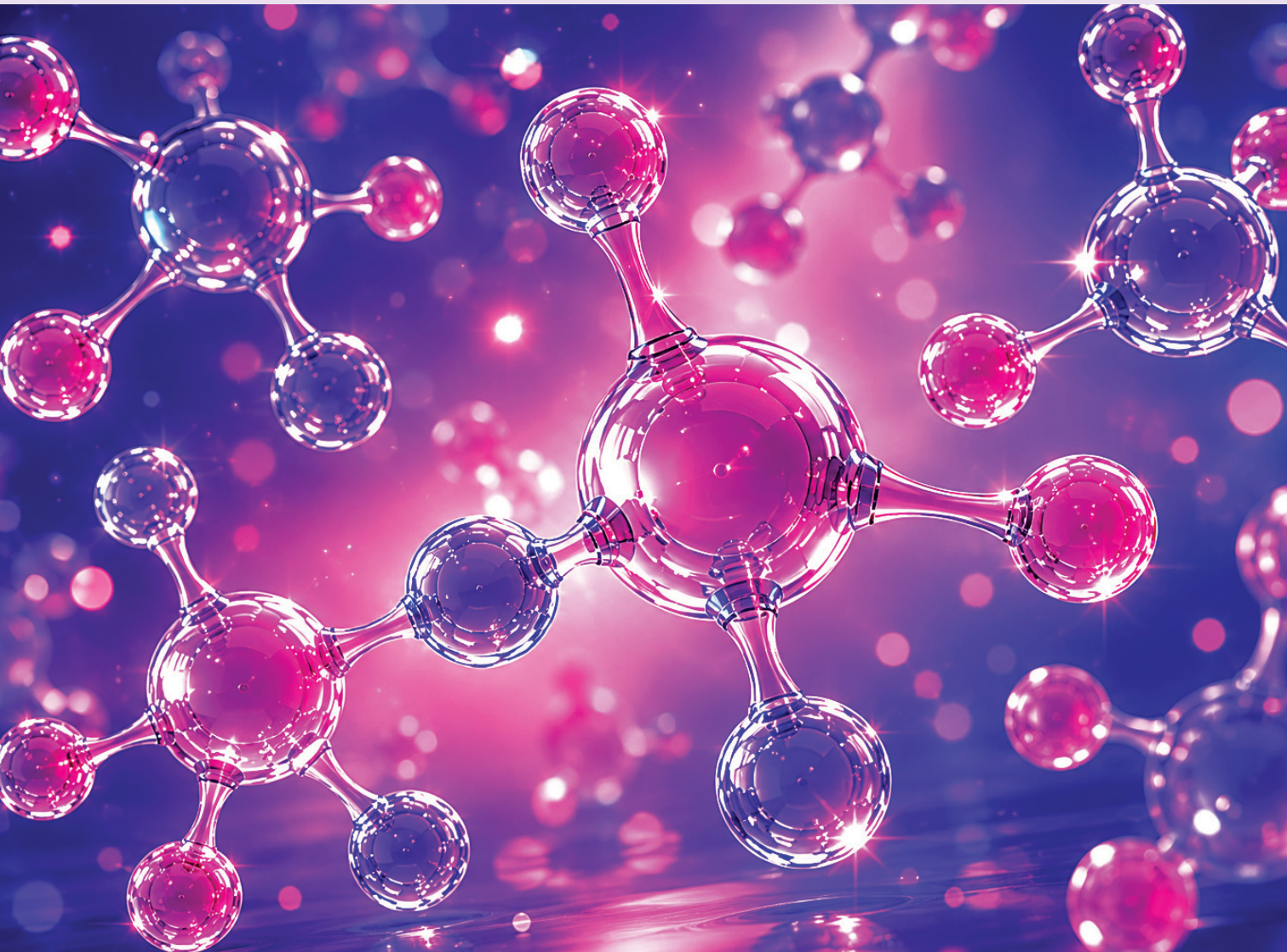
სურ 3.22

მოიფიქრეთ, კიდევ რის გასაზომად და შემთხვევაში შეიძლება გამოიყენოთ პრაქტიკაში მწკრივის მეთოდი?

თემა I. ნივთიერების აგებულება და თვისებები

ამ თემაში თქვენ გაეცნობით:

- რისგან შედგება ნივთიერება და რით აიხსნება მისი „მარცვლოვანი“ სტრუქტურა;
- როგორ ვრცელდება სუნი და რატომ არ შეიძლება გადატეხილი ცარცის გამთლიანება;
- რა განსხვავებაა ნივთიერების მყარ, თხევად და აირად მდგომარეობებს შორის;
- რომელია „მძიმე“ ნივთიერება და რომელი – „მსუბუქი“?
- რა არის სიმკვრივე და როგორ უნდა განსაზღვროთ ის;
- როგორ ამოხსნა არქიმედემ ოქროს გვირგვინის საიდუმლო და როგორ დაეხმარა მას ნივთიერების თვისებების ცოდნა.



1.1. ნივთიერების აგებულება

როგორია „საგანთა“ ბუნება? რისგან შედგება გარემომცველი სამყარო – ქვა, წყალი, ჰაერი, ჩვენი სხეულიც კი? ამ კითხვებზე პასუხს ჯერ კიდევ 25 საუკუნის წინ ეძებდნენ ბერძენი მოაზროვნეები, რომელთა შორის **დემოკრიტეც** (ძვ.წ. 460–370) იყო.

დემოკრიტეს აზრით, **სხეული მხოლოდ გვეჩვენება მთლიანი, სინამდვილეში მას „მარცვლოვანი“ აგებულება აქვს – უმცირესი ნაწილაკებისაგან შედგება.** ამ ჰიპოთეზით ხსნიდა ის წყლის აორთქლებას, სუნის გავრცელებას, საღებავით წყლის შეფერადებას და ა.შ.

წარმოიდგინეთ, რომ კენჭი შუაზე გატეხეთ, შემდეგ თითოეული ნატეხი ორად გაყავით, მიღებული ნაწილებიც გაანახევრეთ და ასე გააგრძელეთ...

შეიძლება თუ არა კენჭის დაყოფა უსასრულოდ? დემოკრიტე ფიქრობდა, რომ არა, რადგან, მისი აზრით, ბოლოს ისეთ უმცირეს ნაწილაკს მივიღებთ, რომლის გაყოფაც აღარ შეიძლება (სურ. 1.1.1). ამ უმცირეს ნაწილაკს დემოკრიტემ **ატომი** უწოდა („atomos“ ბერძნულად „განუყოფელს“ ნიშნავს).

ის მიიჩნევდა, რომ ატომები სამყაროს „სამშენებლო აგურებია“, რომლისგანაც ყველა სხეული შედგება.

დემოკრიტეს თეორია იმ დროისთვის მხოლოდ მოსაზრება იყო, რომელსაც ექსპერიმენტული მტკიცებულება არ ჰქონდა. გარდა ამისა, ცნობილი ფილოსოფოსი არისტოტელე დემოკრიტეს მოსაზრებას არ იზიარებდა. არისტოტელეს ავტორიტეტი კი განუზომლად დიდი იყო და, შესაბამისად, დემოკრიტეს შეხედულებამ ნივთიერების „მარცვლოვანი“ აგებულების შესახებ აღიარება ვერ მოიპოვა.

დემოკრიტეს იდეა ხელახლა XVI–XVII საუკუნეებში გამოჩნდა და მეცნიერების განვითარებას კიდევ ბევრი დრო დასჭირდა იმისათვის, რომ ის ექსპერიმენტულად დადასტურებულიყო.

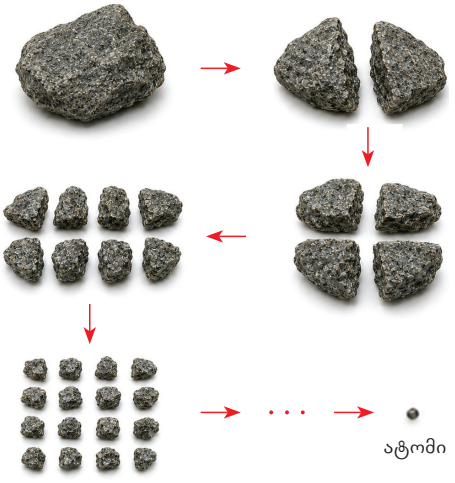
რისგან შედგება ნივთიერება?

ამ კითხვაზე პასუხის გაცემას პარაგრაფის გაცნობის შემდეგ შეძლებთ.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაეცნობით:** ნივთიერების აგებულების შესახებ თეორიის ძირითად დებულებებს, ნივთიერების შემადგენელ ნაწილაკებს;
- **შეძლებთ:** ახსნათ ზოგიერთი ფიზიკური მოვლენა, ნივთიერების ფიზიკური თვისებები და შეაფასოთ მოსალოდნელი საფრთხეები.

მოცემული თავის დამატებითი ელექტრონული რესურსები იხილეთ QR-კოდზე:



სურ. 1.1.1

1.1.1. ნივთიერების აგებულება

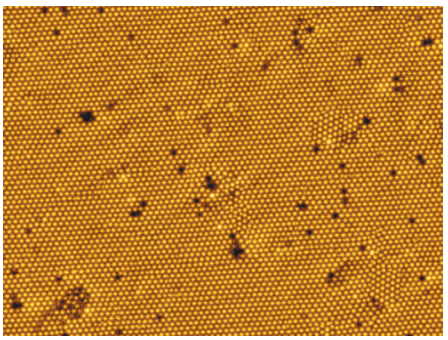
თანამედროვე მეცნიერებაში ნივთიერების აგებულების შესახებ ცოდნა ექსპერიმენტულად დადასტურებულ სამ ძირითად დებულებას ეყრდნობა:

1. ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან, რომელთა შორის შუალედებია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნივთიერება (მყარი, თხევადი, აირადი) მთლიანი არ არის. მას „მარცვლოვანი“ აგებულება აქვს (1.1..2);

2. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები განუწყვეტლივ მოძრაობენ;

3. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ (ერთმანეთზე მოქმედებენ);

სწორედ ამ დებულებებით აიხსნება თქვენთვის ცნობილი უამრავი მოვლენა. მაგალითად,



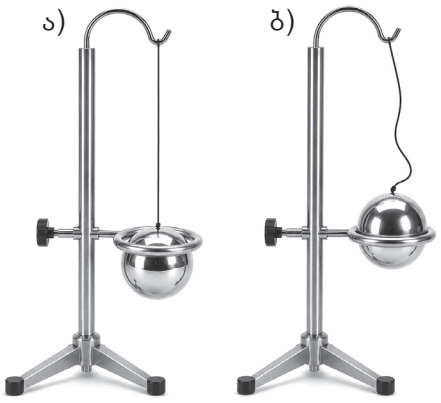
სურ.1.1.2

- **ჭურჭელში წყლის მთლიანად შეფერადება, როდესაც მასში საღებავის მცირე რაოდენობას მოვათავსებთ**: საღებავი შემადგენელ ნაწილაკებად დაიშლება და მთელ მოცულობაში წყლის ნაწილაკებს შორის გადანაწილდება (სურ. 1.1.3);



სურ.1.1.3

- **ლითონის სხეულის** (მაგალითად, ბირთვის) **მოცულობის ცვლილება, როდესაც მის ტემპერატურას ვცვლით:** თუ ლითონის ბირთვს, რომელიც თავისუფლად გადის რგოლში (სურ. 1.1.4 ა), გავახურებთ – რგოლში აღარ გაეტევა (სურ. 1.1.4 ბ). ტემპერატურის მომატებისას ბირთვის შემადგენელ ნაწილაკებს შორის შუალედები იზრდება, ისინი ერთმანეთს შორდება და ბირთვი ფართოვდება. ტემპერატურის შემცირებისას კი პირიქით – შუალედები მცირდება, ნაწილაკები ერთმანეთს უახლოვდება და სხეულის მოცულობა იკლებს – გაცივებული ბირთვი კვლავ თავისუფლად გაეტევა რგოლში.



სურ. 1.1.4

ნივთიერების აგებულების ცოდნა გვეხმარება, არა მარტო ავხსნათ მრავალი ფიზიკური მოვლენა, არამედ ვიწინასწარმეტყველოთ კიდეც, თუ როგორ წარიმართება იგი და, ხშირ შემთხვევაში, თავიდან ავიცილოთ საფრთხე. მაგალითად, რკინიგზის ლიანდაგების დაგებისას რელსებს შორის შუალედებს ტოვებენ (სურ. 1.1.5 ა), რადგან იციან, რომ ზაფ-

ა)



ბ)

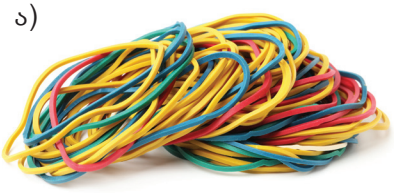


სურ. 1.1.5

ხულში, ტემპერატურის მომატებისას, ფოლადის რელსების სიგრძე გაიზრდება, ერთმანეთს მიაწვება და, შედეგად, რელსები გაიღუნება (სურ. 1.1.5 ბ).

ნივთიერების აგებულების შესახებ ცოდნა საშუალებას გვაძლევს, ავხსნათ ნივთიერებათა თვისებებიც, გამოვიყენოთ ისინი ჩვენს სასარგებლოდ და ასევე, შევქმნათ სრულიად ახალი ნივთიერებებიც. მეცნიერების მიერ ხელოვნურადაა შექმნილი უამრავი მასალა, რომელთაც ფართოდ გამოიყენებენ მედიცინაში, ტექნიკასა და ყოფა-ცხოვრებაში. ასეთია, მაგალითად (სურ. 1.1.6): რეზინი (ა), პლასტმასა (ბ), აკრილი (გ), სილიკონი (დ), ცეცხლგამძლე მასალები (ე) და მრავალი სხვა. დღეისათვის აქტუალურია ე.წ. „ნანომასალები“, მაგალითად, გრაფენი – ძალიან მსუბუქი და, ამავდროულად, ძალიან მტკიცე მასალა.

ა)



ბ)



გ)



დ)



ე)

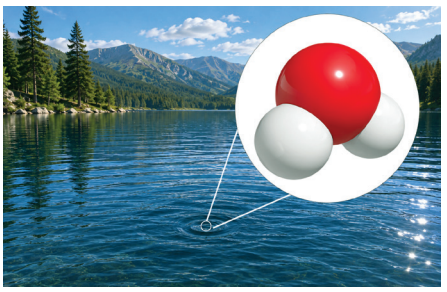


სურ. 1.1.6

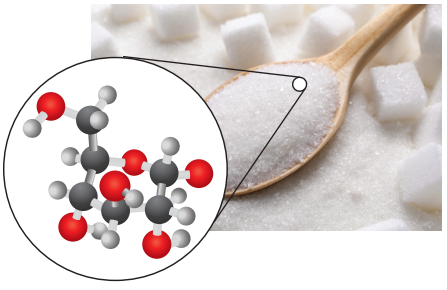
1.1.2. მოლეკულა. ატომი

ნივთიერების შემადგენელი უმცირესი ნაწილაკებია: მოლეკულები და ატომები. ეს ნიშნავს, რომ ზოგიერთი ნივთიერება მოლეკულებისგან შედგება (მაგალითად, წყალი), ზოგი – ატომებისგან (მაგალითად, გრაფიტი).

ნივთიერების შემადგენელ უმცირეს ნაწილაკს, რომელიც ამ ნივთიერების ქიმიურ თვისებებს განაპირობებს, მოლეკულა ჰქვია. მაგალითად, წყლის შემადგენელი უმცირესი ნაწილაკია წყლის მოლეკულა (სურ. 1.1.7), რომელიც წყლის ქიმიურ თვისებებს განაპირობებს. სწორედ მისი „დამსახურებაა“, რომ წყალი უსუნო და უფეროა. შაქრის შემადგენელი უმცირესი ნაწილაკი კი შაქრის მოლეკულაა (სურ. 1.1.8), რომელსაც შაქრის დამახასიათებელი ქიმიური თვისებები აქვს. მაგალითად, შაქარი ტკბილია, რადგან სიტკბოს შეგრძნებას მისი შემადგენელი მოლეკულები იწვევს.



სურ. 1.1.7

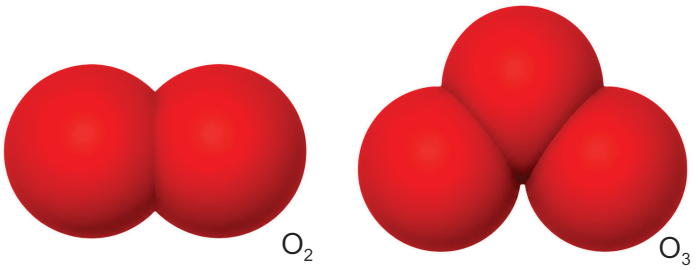


სურ. 1.1.8

ერთი და იმავე ნივთიერების მოლეკულები ერთნაირია, იმის მიუხედავად, რომელ აგრეგატულ

მდგომარეობაშია ის, ან როგორ არის მიღებული. მაგალითად, წყლის მოლეკულა სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში (ყინულში, წყალში, წყლის ორთქლში) ერთნაირია და ზუსტად ისეთივეა, როგორიცაა წვიმისა და წყაროს წყლის ან მცენარის წვენის გამოხდით მიღებული წყლის მოლეკულა.

მოლეკულა ატომებისგან შედგება. ბუნებაში 94 სახის ატომი გვხვდება. მათი სხვადასხვანაირი კომბინაციის შედეგად უამრავი განსხვავებული მოლეკულა არსებობს (სწორედ ისე, როგორც ანბანის ასოები ქმნის ათეულ ათასობით განსხვავებულ სიტყვას). **მოლეკულები ერთმანეთისგან არა მარტო შემადგენელი ატომებით, არამედ მათი რიცხვითაც და განლაგებითაც განსხვავდება.** მაგალითად, ჟანგბადის მოლეკულა ჟანგბადის ორი ატომისგან შედგება, ოზონის მოლეკულა კი – ჟანგბადის სამი ატომისაგან (სურ. 1.1.9), ამიტომაც ოზონი და ჟანგბადი განსხვავებული ნივთიერებებია.



ჟანგბადი ოზონი

სურ. 1.1.9

ზოგიერთი მოლეკულის აგებულება ძალიან მარტივია, ზოგისა – საკმაოდ რთული. მოლეკულის შემადგენლობაში შეიძლება იყოს ორი, სამი და მეტი ატომი. მაგალითად, წყლის მოლეკულა სამი ატომისგან (წყალბადის ორი და ჟანგბადის ერთი ატომისგან) შედგება (სურ. 1.1.7), ცილის მოლეკულაში კი ასეულ ათასობით ატომია (სურ. 1.1.10).

ნივთიერების შემადგენელ მოლეკულებსა და ატომებს დაწვრილებით ქიმიაში შეისწავლით.



სურ. 1.1.10

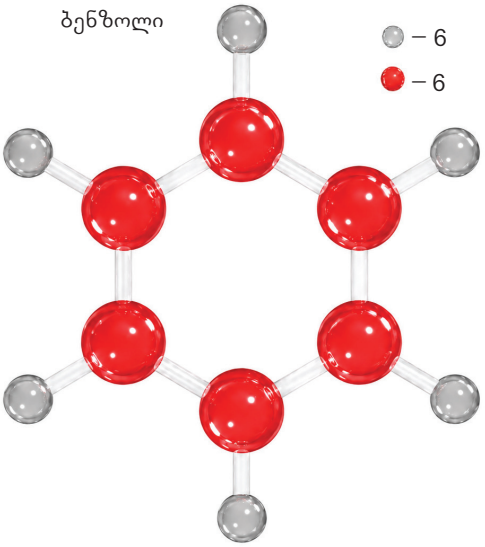
1.1.3. მოლეკულებისა და ატომების ზომები

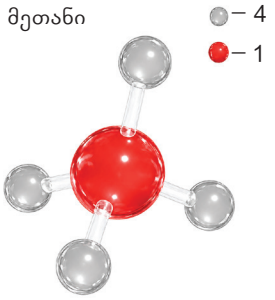
მოლეკულებისა და ატომების ზომები იმდენად მცირეა, რომ მათზე დაკვირვება შეუიარაღებელი თვალით შეუძლებელია. სწორედ ეს იყო ერთ-ერთი მიზეზი, რის გამოც დემოკრიტეს იდეამ დიდი ხნის განმავლობაში აღიარება ვერ მოიპოვა.

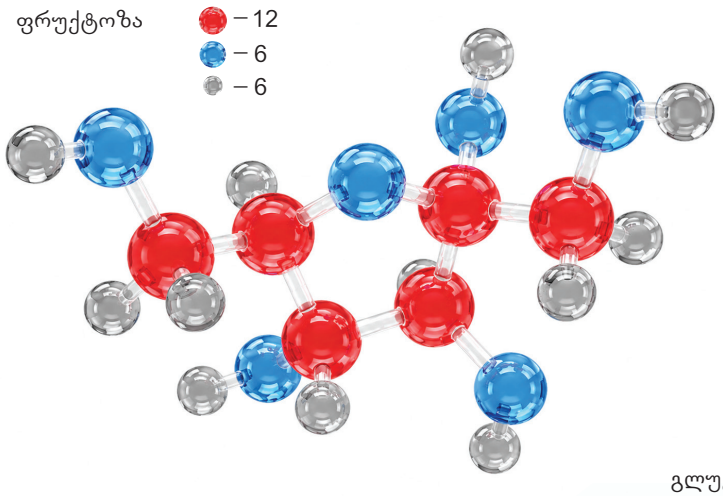
ახალი ტერმინები:

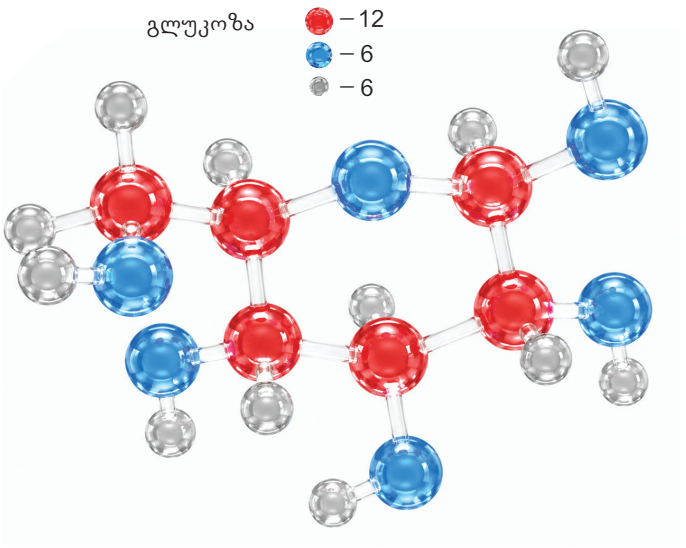
ატომი;

მოლეკულა.









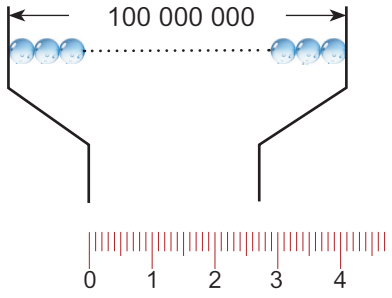
მოლეკულები ერთმანეთისგან არა მარტო შემადგენელი ატომებით, არამედ მათი რაოდენობითაც და განლაგებითაც განსხვავდება. მაგალითად: ბენზოლისა და მეთანის მოლეკულები ერთნაირი ატომებისგან შედგება, მაგრამ მათი რაოდენობა და განლაგება განსხვავებულია.

ფრუქტოზისა და გლუკოზის მოლეკულები ერთნაირი ატომებისგან შედგება, მათი ატომების რაოდენობაც ერთნაირია, მაგრამ განლაგება – განსხვავებული.

მოლეკულებსა და ატომებზე დაკვირვება შესაძლებელი გახადა თანამედროვე მიკროსკოპებმა, რომელთა დახმარებით არა მხოლოდ დაკვირვება შეგვიძლია მათზე, არამედ, შესაძლებელია ცალკეული ატომების გადაადგილებაც კი.

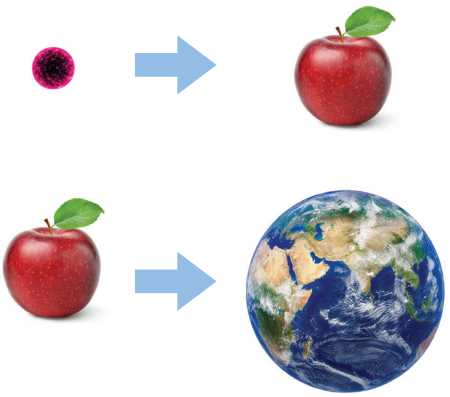
მოლეკულებისა და ატომების ზომების უკეთ წარმოსადგენად ხშირად ასეთ შედარებებს იყენებენ:

• წარმოიდგინე, რომ წყლის მოლეკულა პატარა ბურთულაა. თუ წყლის 100 000 000 (ასი მილიონი!) მოლეკულას ერთ რიგად დავალაგებთ, ამ რიგის სიგრძე დაახლოებით 3 სმ იქნება (სურ. 1.1.11).



სურ. 1.1.11

• თუ ატომის ზომა ისე გაიზრდება, რომ ის ვაშლისხელა გახდება, მაშინ ვაშლის ზომა დედამიწისას გაუტოლდება (სურ. 1.1.12).


სურ. 1.1.12

თავისი მცირე ზომებიდან გამომდინარე, **მოლეკულების რაოდენობა ნებისმიერ სხეულში (თუნდაც ძალიან მცირე ზომისაში) წარმოუდგენლად დიდია.** მაგალითად, ცნობილია, რომ თუ პატარა ბურთს, რომელშიც სულ რაღაც 3 გ ჰაერი ეტევა, ისეთ ნახვრეტს გავუკეთებთ, რომ მისგან 1 წმ-ში მილიონი მოლეკულა გამოდიოდეს, ჰაერის ყველა მოლეკულის გამოსვლას 2 მილიარდი წელი დასჭირდება!

საკლასო აქტივობა

ჩამოთვლილთაგან რომელია მართებული წინადადებები:

1. გათბობისას სხეულის გაფართოება მოლეკულების ზომის გაზრდითაა გამოწვეული;
2. გაცივებისას სხეულის მოცულობის კლება მოლეკულებს შორის მანძილების შემცირებითაა გამოწვეული;
3. წყლის ორთქლის მოლეკულა ყინულის მოლეკულასთან შედარებით უფრო მსუბუქია;
4. მოლეკულა შესაძლებელია სხვადასხვა ატომისგან შედგებოდეს;
5. მოლეკულა უმცირესი ნაწილაკია, რომელიც ნივთიერების ქიმიურ თვისებებს განაპირობებს.

უპასუხეთ კითხვებს

1. გაიხსენეთ მოვლენები ან ცდების შედეგები, რომლებიც ადასტურებს, რომ
   ა) ნივთიერება უმცირესი ნაწილაკებისგან შედგება;
   ბ) ნივთიერების შემადგენელ უმცირეს ნაწილაკებს შორის შუალედებია.
2. რა არის მოლეკულა? რა შეიძლება ითქვას მოლეკულების ზომების შესახებ? რატომ ვერ ვხედავთ მათ?
3. რა არის ატომი?

4. არის თუ არა დამოკიდებული ნივთიერების თვისებები მოლეკულების შემადგენელი ატომების რაოდენობაზე? მათ განლაგებაზე სივრცეში? დაასახელეთ შესაბამისი მაგალითები.
5. შეიძლება თუ არა, რომ სხვადასხვა ნივთიერება ერთი და იმავე მოლეკულებისგან შედგებოდეს? პასუხი დაასაბუთეთ.

რა ვისწავლეთ

- **ნივთიერების შემადგენელი უმცირესი ნაწილაკებია: მოლეკულები და ატომები;**
- **ნივთიერების შემადგენელ უმცირეს ნაწილაკს, რომელიც ამ ნივთიერების ქიმიურ თვისებებს განაპირობებს, მოლეკულა ჰქვია;**
- **მოლეკულა ატომებისგან შედგება;**
- **მოლეკულები ერთმანეთისგან შემადგენელი ატომებით, მათი რიცხვითა და განლაგებით განსხვავდება;**
- **მოლეკულებისა და ატომების ზომები ძალიან მცირეა.**

საშინაო აქტივობა

დააკვირდით სითხის გაფართოებას:

სითხეები გათბობისას ფართოვდება, რაც თერმომეტრის მუშაობის პრინციპია. ამის სადემონსტრაციოდ ჩაატარეთ ცდა:

ცდისთვის საჭიროა: მინის პატარა ბოთლი, წყალი (თვალსაჩინოებისთვის შეგიძლიათ შეღებოთ), წვრილი გამჭვირვალე საწრუპი ჩხირი, პლასტილინი, ჭურჭელი ცხელი წყლისთვის.

1. აავსეთ ბოთლი წყლით პირამდე;
2. ჩაუშვით საწრუპი ჩხირი ბოთლში ისე, რომ ბოთლის ძირს არ ეხებოდეს, ხოლო საწრუპის ნახევარი ბოთლიდან იყოს ამოშვერილი (სურ.1.1.13);
3. დაგმანეთ ბოთლის ყელი პლასტილინით მჭიდროდ. მოათავსეთ ბოთლი ცხელ წყალში.

დააკვირდით: როგორ იცვლება წყლის დონე საწრუპ ჩხირში?

- იმსჯელეთ ამ მოვლენის გამომწვევ მიზეზზე და შეეცადეთ ახსნათ ცდის შედეგი.
- რომელი საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოს მოქმედების პრინციპს გაგონებთ თქვენი ექსპერიმენტის შედეგი'?



სურ. 1.1.13

გაიგეთ მეტი. ნახეთ ვიდეო და იმოგზაურეთ მოლეკულებისა და ატომების სამყაროში:

1.2. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობა

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაიგებთ:** რა არის ბროუნის მოძრაობა, დიფუზიის მოვლენა;
- **შეძლებთ შეაფასოთ:** დიფუზიის სისწრაფე სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში, დიფუზიის სასარგებლო და სახიფათო გავლენა ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.
- **გამოიყენებთ:** დიფუზიის ცოდნას მოსალოდნელი საფრთხეების თავიდან ასაცილებლად.

1827 წელს შოტლანდიელი ბოტანიკოსი **რობერტ ბროუნი** (1773–1858 წწ.) მიკროსკოპით აკვირდებოდა მცენარის მტვრის ნაწილაკებს, რომლებიც წყალში იყო შეტივტივებული. ხანგრძლივი დაკვირვების შედეგად მან უცნაური მოვლენა შენიშნა: მტვრის ნაწილაკები ქაოსურად (უწესრიგოდ) და განუწყვეტლივ მოძრაობდა.

ბროუნი დაეჭვდა, მტვრის ნაწილაკები ცოცხალი ორგანიზმები ხომ არ იყო და გადაწყვიტა, იგივე ცდა გამხმარი ფოთლების ნამცეცებზე ჩაეტარებინა. შედეგი დაუჯერებელი იყო: გამხმარი ნამცეცებიც ქაოსურად და განუწყვეტლივ მოძრაობდა.

ბროუნმა ამ მოვლენის ახსნა ვერ შეძლო, თუმცა ისტორიაში შევიდა, როგორც მანამდე უცნობი მოვლენის აღმომჩენი.

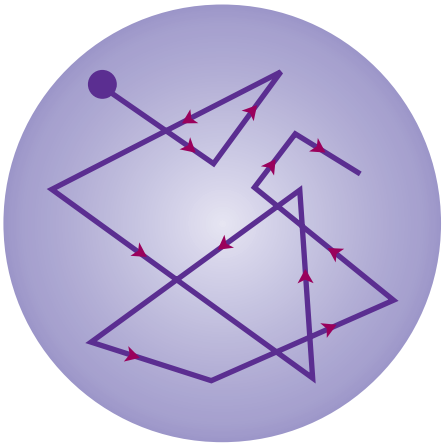
შემდგომში, სითხეში (ან აირში) შეტივტივებული ნაწილაკების ქაოსურ მოძრაობას **ბროუნის მოძრაობა** უწოდეს, ხოლო თვით ნაწილაკებს – **ბროუნის ნაწილაკები**.

როგორ აიხსნება ბროუნის მოძრაობა? რა ამოძრავებს ბროუნის ნაწილაკებს? ამ კითხვებზე პასუხის გაცემას პარაგრაფის გაცნობის შემდეგ შეძლებთ.

1.2.1. ბროუნის მოძრაობა

ბროუნის მოძრაობის სრულყოფილი ახსნა მხოლოდ XX საუკუნის დასაწყისში, იმ თეორიით გახდა შესაძლებელი, რომელიც ეყრდნობა ნივთიერების „მარცვლოვანი“ (დისკრეტული) აგებულების იდეას: **ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისაგან, რომლებიც განუწყვეტლივ და ქაოსურად მოძრაობენ.**

სითხის (ან აირის) ქაოსურად მოძრავი მოლეკულები ყოველი მხრიდან სხვადასხვა სიძლიერით ეჯახება მასში შეტივტივებულ დიდი ზომის ბროუნის ნაწილაკს (მაგ., მტვრის ნაწილაკს), რაც იწვევს მის მოძრაობას (სურ. 1.2.1). მოლეკულების ზომების სიმცირის გამო, ბროუნი მიკროსკოპში თავად მოლეკულებს ვერ ხედავდა, თუმცა მათი მოძრაობის შედეგად მტვრის ნაწილაკის მოძრაობა თვალსაჩინო იყო.



სურ. 1.2.1.

დააკვირდით ბროუნის მოძრაობას **ვირტუალურ ლაბორატორიაში:**

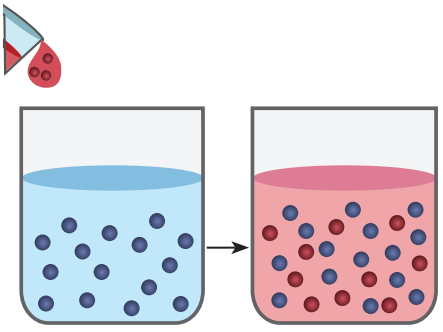
ის ფაქტი, რომ ბროუნის ნაწილაკები უწესრიგოდ მოძრაობს და მათი მოძრაობა არასდროს წყდება, მიანიშნებს იმაზე, რომ სითხის (აირის) მოლეკულები ქაოსურად და განუწყვეტლივ მოძრაობს. **ბროუნის მოძრაობა ერთ-ერთი მტკიცებულებაა იმისა, რომ ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან, რომლებიც განუწყვეტლივ და ქაოსურად მოძრაობს.**

დააკვირდით დიფუზიის მოვლენას **ვირტუალურ ლაბორატორიაში**:



1.2.2. დიფუზია

კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი დადასტურება იმისა, რომ ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან, რომელთა შორის შუალედებია და ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები ქაოსურად, განუწყვეტლივ მოძრაობს, არის **დიფუზია – მოვლენა, რომლის დროსაც ნივთიერებები ერთმანეთს თავისთავად შეერევა:** ერთი ნივთიერების ნაწილაკები მეორე ნივთიერების ნაწილაკებს შორის შუალედებში შეაღწევს და მათ შორის გადანაწილდება. შედეგად, ნივთიერებები ერთმანეთს თავისთავად, გარედან ჩარევის გარეშე, შეერევა (სურ. 1.2.2).



სურ. 1.2.2

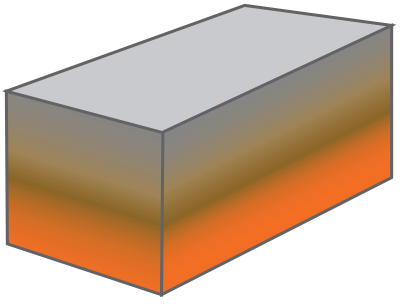
სუნის გავრცელება და საღებავით წყლის შეფერვა დიფუზიის ყველაზე ცნობილი მაგალითებია: სურნელოვანი ნივთიერების მოლეკულები ჰაერის მოლეკულებს შეერევა, საღებავის მოლეკულები კი – წყლისას და ყველა მიმართულებით გავრცელდება (სურ. 1.2.3).



სურ. 1.2.3

დიფუზია მიმდინარეობს როგორც აირებსა და სითხეებში, ისე მყარ სხეულებში, თუმცა, სითხეებისა და აირებისაგან განსხვავებით, მყარ სხეულებში დიფუზია ძალიან ნელა – ზოგჯერ რამდენიმე წლის განმავლობაშიც მიმდინარეობს.

1876 წელს ინგლისში ჩაატარეს ცდა: ტყვიისა და ოქროს ფირფიტები წინასწარ ზედმიწევნით კარგად გააპრიალეს. ტყვიის ფირფიტა ოქროსაზე მოათავსეს, ზემოდან მძიმე ტვირთი დაადეს და ამ მდგომარეობაში, ოთახის ტემპერატურაზე (20 ^{0}C-ზე), თითქმის 5 წლის განმავლობაში დატოვეს. ექსპერიმენტის დასასრულს აღმოჩნდა, რომ დიფუზიის შედეგად ოქროსა და ტყვიის ნაწილაკები ერთმანეთს შეერია და იქ, სადაც ფირფიტები ერთმანეთს ეხებოდა, მხოლოდ 1 მმ სისქის შერეული ფენა გაჩნდა (სურ. 1.2.4).



სურ. 1.2.4

1.2.3. დიფუზია ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში

დიფუზიას განსაკუთრებული როლი აკისრია ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან პროცესებში: დიფუზიის შედეგად ჟანგბადი ფილტვებიდან სისხლში გადადის და ორგანოებს სისხლით მიეწოდება, ხოლო ნახშირორჟანგი სისხლიდან ფილტვებში დიფუზიით გადადის და გარეთ გამოიდევნება.

დიფუზიის „დამსახურებაა“, რომ მწერები მცენარეთა არომატს შორ მანძილზე გრძნობენ, ცხოველები ნადავლს სუნით პოულობენ (სურ. 1.2.5).



სურ.1.2.5

დიფუზიას დიდი მნიშვნელობა აქვს მრეწველობაშიც. მაგალითად, ლითონების შედუღების პროცესში ატომების ურთიერთშეღწევა სწორედ დიფუზიით ხდება.

ჰაერი აირების ნარევია. მის შემადგენლობაში სხვადასხვა აირი შედის: აზოტი (78%), ჟანგბადი (21%), ნახშირორჟანგი (0,03%), არგონი და სხვ. ამ აირების მოლეკულები სხვადასხვა სიმძიმისაა, მაგრამ დიფუზიის გამო, აირები ფენებად არ იყოფა. შედეგად, ატმოსფერული ჰაერის შემადგენლობა დედამიწის ზედაპირთან ერთგვაროვანია, რაც მნიშვნელოვანია სიცოცხლისთვის.



სურ. 1.2.6

დიფუზიას ზიანის მოტანაც შეუძლია. დიფუზიის გზით, შესაძლოა, გარემოში სიცოცხლისთვის საშიში ნივთიერებები გავრცელდეს. მაგალითად, თუ საცხოვრებელ სახლში ბუნებრივი აირი გაჟონავს, სწორედ დიფუზიაა აირის მთელ სახლში გავრცელების მიზეზი. ამ საფრთხის თავიდან აცილების მიზნით, სახლებში ბუნებრივი აირის გაჟონვის აღმომჩენ მოწყობილობებს – დეტექტორებს ამონტაჟებენ (სურ. 1.2.6).

ახალი ტერმინები:

ბროუნის მოძრაობა;

დიფუზია.

საკლასო აქტივობა

კითხვები დისკუსიისთვის:

1. თუ შეგიმჩნევიათ, გამოცდილი დიასახლისი არასოდეს გარეცხავს სხვადასხვა ფერის ტანსაცმელს ერთად. მეტიც, სველ, მუქი ფერის ქსოვილს თეთრ ქსოვილთან ერთად არასოდეს მოათავსებს. როგორ ფიქრობთ, რატომ?
2. მდინარეების, ტბებისა და ზღვის წყალში ყოველთვისაა ჰაერის გარკვეული რაოდენობა, რომელიც წყლის ბინადართა სიცოცხლისთვის აუცილებელია. თქვენი აზრით, როგორ ხვდება ჰაერის მოლეკულები წყალში? რა მოვლენა უდევს საფუძვლად ამ ფაქტს?
3. ცნობილია, რომ აირის მოლეკულები ძალიან დიდი სიჩქარით მოძრაობს: 1 წმ-ში რამდენიმე ასეულ მეტრს გადის (რაც დაახლოებით ტყვიის სიჩქარეს უტოლდება).

ამის გათვალისწინებით სუნამოს სუნი ოთახის ყველა კუთხეში მყისიერად უნდა იგრძნოთ.

დააწვეთეთ სუნამო ოთახის ერთ კუთხეში და შეაფასეთ, დაახლოებით რა დროში იგრძენით სუნი ოთახის მოპირდაპირე კუთხეში? როგორ ფიქრობთ, რატომ გავრცელდა სუნი შედარებით ნელა?

უპასუხეთ კითხვებს

1. რა არის ბროუნის მოძრაობა და რით აიხსნება ეს მოვლენა?
2. როგორ აიხსნება სუნის გავრცელება? ხსნარის შეფერვა?
3. რა არის დიფუზია და რას ადასტურებს ის?
4. რა მნიშვნელობა აქვს დიფუზიას ცოცხალი ორგანიზმებისთვის?
5. გაიხსენე მაგალითები ყოფა-ცხოვრებიდან, როცა დიფუზიას ზიანი მოაქვს.

რა ვისწავლეთ

- **სითხეში (ან აირში) შეტივტივებული ნაწილაკების ქაოსურ მოძრაობას ბროუნის მოძრაობა ჰქვია, ხოლო თვით ნაწილაკებს – ბროუნის ნაწილაკები;**
- **დიფუზია არის მოვლენა, რომლის დროსაც ნივთიერებები ერთმანეთს თავისთავად შეერევა;**
- **ბროუნის მოძრაობა და დიფუზია მტკიცებულებაა იმისა, რომ ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან, რომლებიც განუწყვეტლივ და ქაოსურად მოძრაობენ;**
- **დიფუზია მიმდინარეობს როგორც აირებსა და სითხეებში, ისე მყარ სხეულებში, თუმცა, სითხეებისა და აირებისაგან განსხვავებით, მყარ სხეულებში დიფუზია ძალიან ნელა მიმდინარეობს.**

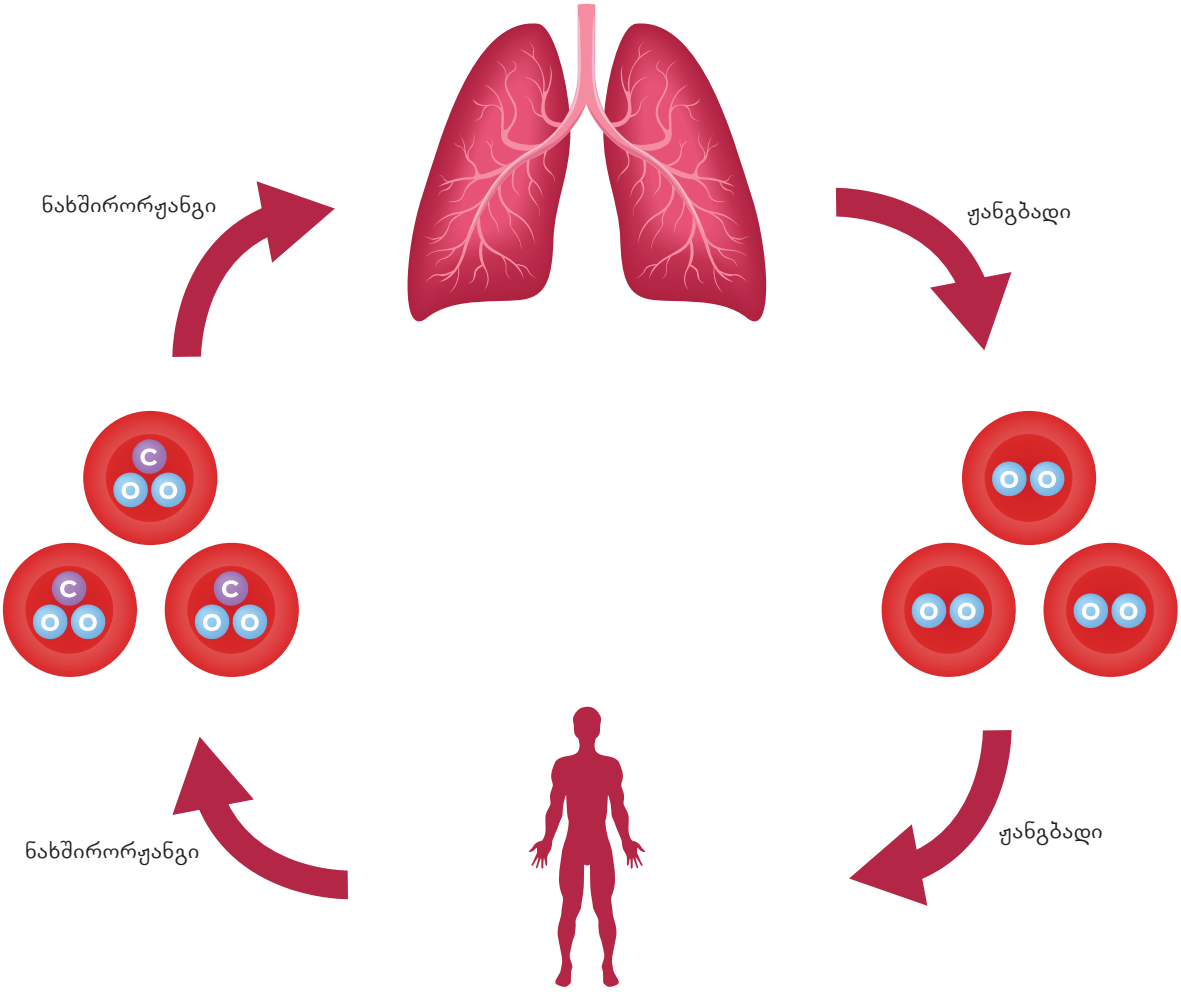
ეს საინტერესოა

დაიცავით უსაფრთხოება!

ბუნებრივი აირი მომწამვლელი და ფეთქებადი ნივთიერებაა, რომელსაც სუნი არ აქვს. თუ შენობაში ბუნებრივი აირის მილი დაზიანდა ან აირის მომხმარებელი მოწყობილობა მწყობრიდან გამოვიდა, შესაძლებელია აირი შენობაში დაგროვდეს. დაგროვილი ბუნებრივი აირი კი ძალიან საშიშია, რადგან პატარა ნაპერწკალიც კი საკმარისია იმისათვის, რომ ის აფეთქდეს.

ბუნებრივ აირს სუნის მისაცემად მცირე რაოდენობით სუნიან ნივთიერებას – **ოდორანტს** ურევენ, რათა შენობაში აირის შეუმჩნევლად დაგროვება თავიდან აიცილონ.

დიფუზიის წყალობით, რამდენიმე გრამი ოდორანტი საკმარისია იმისათვის, რომ ათასობით კუბურ მეტრ აირს სპეციფიკური სუნი მიეცეს.



ჟანგბადი ფილტვებიდან სისხლში დიფუზიით გადადის და ორგანოებს სისხლით მიეწოდება.
ნახშირორჟანგი სისხლიდან ფილტვებში ასევე დიფუზიით გადადის და გარეთ გამოიდევნება.

ფიქრობთ, რომ ოთახში ბუნებრივი აირის სუნია?



შეჩერდით
რასაც უნდა აკეთებდეთ!

დატოვეთ
დაუყოვნებლივ ტერიტორია!

დარეკეთ
112-ზე!

და მაინც... თუ ოთახში ბუნებრივი აირის სუნი იგრძენით:

- დაუყოვნებლივ დარეკეთ ნომერზე **112;**
- შენობის გასანიავებლად გააღეთ ფანჯრები და კარები;
- **არ ჩართოთ / არ გამორთოთ** შუქი, ელექტრო-ხელსაწყოები ან სანთებელა;
- დატოვეთ შენობა და დაელოდეთ სპეცია-ლისტებს.

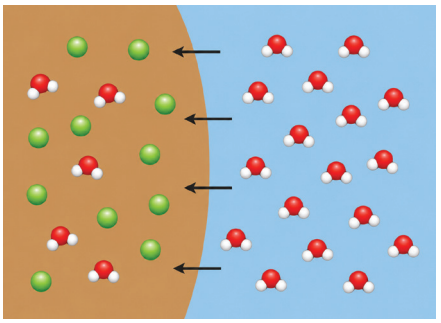
ოსმოსი

ოსმოსი დიფუზიის ერთ-ერთი სახეა: წყლის (ან სხვა გამხსნელის) მოლეკულები თავისით გადაად-გილდება იქით, სადაც უფრო მაღალია ნივთიერების (მაგალითად, მარილის ან შაქრის) კონცენტრაცია (ერთეულ მოცულობაში ნაწილაკების რაოდენობა).

უჯრედის ნახევრადგამტარი მემბრანა ბარიერია, რომელიც წყლის მოლეკულებს ატარებს, მაგრამ მასში გახსნილი ნივთიერების (მარილის ან შაქრის) დიდ მოლეკულებს – არა. მაგალითად, თუ ჭურ-ჭელში მოთავსებულ ქიშმიშის მარცვლებს წყალს დაასხამთ, რამდენიმე საათში წყლის ნაწილი ჭურ-ჭლიდან ქიშმიშის შიგნით გადაინაცვლებს, რის შე-დეგადაც ქიშმიში გაიბერება (სურ. 1.2.7). ეს ყველა-ფერი ოსმოსის შედეგია: ქიშმიშის კანი – უჯრედის მემბრანა წყლის მცირე ზომის მოლეკულებს უფრო მეტი რაოდენობით ატარებს გარედან ქიშმიშის შიგ-ნით (ვიდრე პირიქით), სადაც წყლის ნაკლები შემ-ცველობაა. შაქრის დიდ მოლეკულებს კი შიგნიდან გარეთ მემბრანა არ ატარებს (სურ. 1.2.8).



სურ. 1.2.7



სურ. 1.2.8

საშინაო აქტივობა

1. ჩაატარეთ ცდა და დააკვირდით უძრავ წყალში მელნის წვეთის „აფეთქებას“:

ცდისთვის საჭიროა: სუფთა ჭიქა, წყალი, მელანი (ან საკონდიტრო თხევადი საღებავი).

ცდის მსვლელობა:

- დადგით წყლიანი ჭიქა მაგიდაზე. დაელოდეთ რამდენიმე წუთი იმისათვის, რომ წყალი სრულად „დამშვიდდეს“ და დააწვეთეთ ფრთხილად წყლის ზედაპირზე ერთი წვეთი მელანი;
- **დააკვირდით:** მელანი წყალში სხვადასხვა მიმართულებით გავრცელდება მიუხე-დავად იმისა, რომ წყალი უძრავია. წვეთი ფორმას სრულიად უწესრიგოდ შეიცვლის და ისეთი შთაბეჭდილება შეიქმნება, თითქოს მელანი წყალში „აფეთქდა“.
- გადაიღეთ ცდის მიმდინარეობისას ფოტოები ეტაპობრივად და იმსჯელეთ მოვ-ლენის გამომწვევ მიზეზებზე.

2. შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა. აირჩიეთ სწორი პასუხი:

1. ბროუნის მოძრაობა არის
ა) იმ სითხის (აირის) მოლეკულების მოძრაობა, რომელშიც შეტივტივებულია ბროუნის ნაწილაკი;
ბ) სითხის ან აირის მოლეკულების მოძრაობის შედეგი;
გ) დიფუზია.

2. რატომ ვრცელდება სუნამოს სუნი მთელ ოთახში, თუ მას ოთახის მხოლოდ ერთ კუთხეში გავაფრქვევთ?
ა) სუნამოს მოლეკულები მოძრაობენ და მთელ ოთახში ჰაერის მოლეკულებს შორის გადანაწილდებიან;
ბ) სუნამო ჰაერზე მსუბუქი ნივთიერებაა და ოთახში ჰაერის ზედა ფენაში მოექცევა;
გ) სუნამოს არომატული მოლეკულები არომატს ჰაერის მოლეკულებსაც გადასდებენ.

3. ერთ ჭურჭელში ორი სხვადასხვა აირი შეუშვეს. რომელ მოვლენას შეუწყობს ხელს დიფუზია?
ა) მსუბუქი აირი ჭურჭლის ქვედა ნაწილში დაიკავებს ადგილს, ხოლო მძიმე აირი – ზედა ნაწილში;
ბ) მძიმე აირი ჭურჭლის ქვედა ნაწილში დაიკავებს ადგილს, ხოლო მსუბუქი აირი – ზედა ნაწილში;
გ) აირები ერთმანეთს შეერევა და ჭურჭელში ერთგვაროვანი ნარევი მიიღება.

4. **დიფუზიის გამომწვევი მიზეზი არის**
ა) მხოლოდ მოლეკულების ქაოსური, განუწყვეტელი მოძრაობა;
ბ) მხოლოდ შუალედების არსებობა მოლეკულებს შორის;
გ) მოლეკულებს შორის შუალედების არსებობა და მოლეკულების ქაოსური, განუწყვეტელი მოძრაობა.

5. **ჩამოთვლილთაგან, რომელი მოვლენაა დიფუზიის მაგალითი?**
ა) თბილ წყალში თაფლის გახსნა მორევის გარეშე;
ბ) თბილ წყალში თაფლის გახსნა კოვზით მორევისას;
გ) თაფლიანი თბილი წყლის აორთქლება.

გაიგეთ მეტი: ა) ბროუნის მოძრაობაზე; ბ) ოსმოსზე:

ა)

ბ)

1.3. ლაბორატორიული სამუშაო № 2
რაზეა დამოკიდებული დიფუზიის სისწრაფე

ყოველდღიური გამოცდილება მოწმობს, რომ მარილი და შაქარი ცხელ წყალში უფრო სწრაფად იხსნება, ვიდრე ცივში. სუნი სიცხეში უფრო სწრაფად ვრცელდება, ვიდრე ცივ ამინდში.

რაზეა დამოკიდებული დიფუზიის სისწრაფე? ცხადია, ამ კითხვაზე პასუხის გაცემა თქვენს ცოდნასა და გამოცდილებაზე დაყრდნობით არ გაგიჭირდებათ, თუმცა ჩავატაროთ ცდები და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების მიხედვით გამოვიტანოთ დასკვნები:

ერთნაირი ტემპერატურის პირობებში, სად უფრო სწრაფად მიმდინარეობს დიფუზია, აირებსა თუ სითხეებში? როგორ არის დამოკიდებული დიფუზიის სისწრაფე ტემპერატურაზე?

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **დააკვირდებით და შეაფასებთ:** დიფუზიის სისწრაფის დამოკიდებულებას ნივთიერების აგრეგატულ მდგომარეობასა და ტემპერატურაზე;
- **შეძლებთ:** სწორად დაგეგმოთ დიფუზიასთან დაკავშირებული პრაქტიკული მოქმედებები და გაითვალისწინოთ გარე ფაქტორები, რომლებიც მის სისწრაფეზე გავლენას ახდენს.

საკლასო აქტივობა

სამუშაო № 1

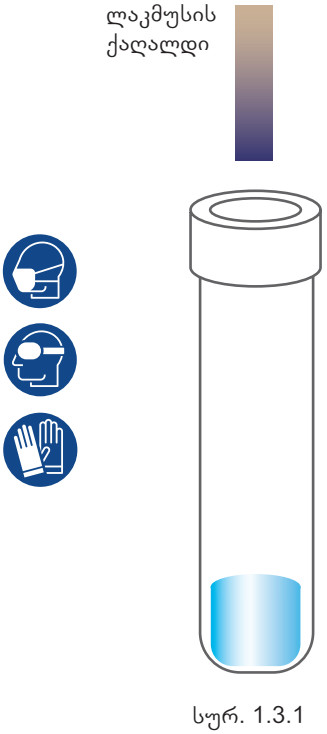
სამუშაოს მიზანი: დავაკვირდეთ დიფუზიას აირებში და შევაფასოთ მისი მიმდინარეობის სისწრაფე.

სამუშაოსთვის საჭიროა: სინჯარა საცობით, ამიაკის წყალხსნარი (ნიშადურის სპირტი), ლაკმუსის ქაღალდი, ბამბა, პიპეტი, წამმზომი.

სამუშაოს შესრულების ეტაპები:

1. დააწვეთეთ ლაკმუსის ქაღალდს ნიშადურის სპირტი და დარწმუნდით, რომ ლაკმუსის ქაღალდი ლურჯად შეფერადდება;
2. მოათავსეთ სინჯარის ფსკერზე ნიშადურის სპირტით გაჟღენთილი ბამბა ან ჩაასხით მასში სპირტი მცირე რაოდენობით;
3. ჩაკიდეთ სინჯარაში ლაკმუსის მშრალი ქაღალდი ისე, რომ სპირტიან ბამბას (ან სპირტის ზედაპირს) არ ეხებოდეს და სინჯარას საცობი მჭიდროდ მოარგეთ (სურ. 1.3.1);

ცდის შედეგი: ლაკმუსის ქაღალდი ლურჯად შეფერადდება მიუხედავად იმისა, რომ ის ნიშადურის სპირტს უშუალოდ არ ეხება.



სურ. 1.3.1

4. იმსჯელეთ ჯგუფში ცდის შედეგზე, ახსენით ის და შეაფასეთ, რა დრო დასჭირდა ცდის შედეგის მიღებას, ანუ დიფუზიას აირებში.

სამუშაო № 2



სამუშაოს მიზანი: დავაკვირდეთ დიფუზიას სითხეებში და შევაფასოთ მისი მიმდინარეობის სისწრაფე.

სამუშაოსთვის საჭიროა: მინის ორი ჭიქა (200 მლ), გრძელი ძაბრი, გამოხდილი წყალი, შაბიამნის ფხვნილი, პატარა (ჩაის) ერთჯერადი კოვზი.

სამუშაოს შესრულების ეტაპები:

1. ჩაასხით ერთ ჭიქაში 150 მლ წყალი და გახსენით მასში 2-3 კოვზი შაბიამანი. უნდა მიიღოთ მუქი ლურჯი ხსნარი;
2. შეავსეთ მეორე ჭიქა სუფთა წყლით ნახევრამდე. ჩაუშვით მასში ფრთხილად ძაბრი ისე, რომ მისი ბოლო ჭიქის ფსკერს ეხებოდეს;
3. ჩაასხით შაბიამნის ხსნარი ძაბრში ფრთხილად ისე, რომ სითხე ძაბრის კედელს მიუყვებოდეს და ჭიქის ფსკერზე ნელა ჩაედინებოდეს;
4. ამოიღეთ ძაბრი ჭიქიდან ასევე ძალიან ფრთხილად, ოღონდ მანამდე ძაბრში სუფთა წყალი ჩაასხით, რათა მასში დარჩენილი ლურჯი სითხე ჩაირეცხოს;



სურ. 1.3.2

ცდის შედეგი: შაბიამნის წყალხსნარი ფსკერთან აღმოჩნდება, წყალი კი – ზემოდან მოექცევა მას (სურ. 1.3.2). წყალი და შაბიამნის წყალხსნარი ერთმანეთს არ შეერევა და მათ შორის მკვეთრი საზღვარი გაჩნდება (სურ. 1.3.3).

5. ჭურჭელი, რომელშიც ფენებად განლაგდა ორი სითხე, ისეთ ადგილზე დადგით, რომ არ გაინძრეს და მომდევნო გაკვეთილზე დააკვირდით, როგორ შეიცვალა სითხეებს შორის საზღვრის სიმკვეთრე.



სურ. 1.3.3

№ 1-2 სამუშაოს შედეგების მიხედვით გამოიტანეთ დასკვნა: ერთნაირი ტემპერატურის პირობებში (მაგალითად, ოთახის ტემპერატურაზე) სად უფრო სწრაფად მიმდინარეობს დიფუზია: აირებში თუ სითხეებში?

სამუშაო № 3

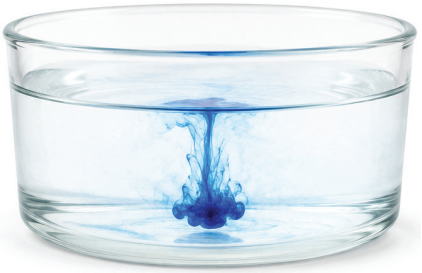


სამუშაოს მიზანი: დავაკვირდეთ, როგორ არის დამოკიდებული დიფუზიის **სისწრაფე** ტემპერატურაზე.

სამუშაოსთვის საჭიროა: 3 ცალი ცეცხლგამძლე მინის ერთნაირი ჭურჭელი, მადუღარა, მენზურა, წყალი, წყლის თერმომეტრი, საკვებისთვის განკუთვნილი თხევადი საღებავი, პიპეტი, ციფრული საათი.

სამუშაოს შესრულების ეტაპები:

1. განსაზღვრეთ მენზურისა და თერმომეტრის დანაყოფის ფასი;
2. ჩაასხით მენზურის დახმარებით 100 მლ წყალი თითოეულ ჭურჭელში: ერთში – ცივი წყალი, მეორეში – ოთახის ტემპერატურის წყალი, ხოლო მესამეში – ცხელი წყალი (სურ. 1.3.4);
3. გაზომეთ თითოეულ ჭურჭელში წყლის ტემპერატურა;
4. ჩაასხით სამივე ჭურჭელში ერთნაირი რაოდენობის თხევადი საღებავი პიპეტის დახმარებით და ჩაინიშნეთ თითოეული ქილის შემთხვევაში ცდის დაწყების დრო;
5. დააკვირდით, რა დრო დასჭირდა თითოეულ ჭურჭელში წყლის მთლიანად შეფერვას;
6. შეიტანეთ გაზომვისა და დაკვირვების შედეგები 1.3.1 ცხრილში.



ცივი წყალი



ოთახის ტემპერატურის წყალი



ცხელი წყალი

სურ. 1.3.4

ცხრილი 1.3.1

	წყლის მოცულობა	ტემპერატურა	ცდის დაწყების დრო	ცდის დამთავრების დრო	დრო, რომელიც ხსნარის მთლიანად შეფერვას დასჭირდა
ცივი წყალი					
ოთახის ტემპერატურის წყალი					
ცხელი წყალი					
დასკვნა:					

7. ააგეთ სვეტოვანი დიაგრამა, რომელიც გვიჩვენებს, თუ როგორ არის დამოკიდებული წყლის მთლიანად შეფერვის დრო მის ტემპერატურაზე;

8. ჩატარებული მე-3 სამუშაოს შედეგების მიხედვით **გამოიტანეთ დასკვნა,** თუ როგორ არის დამოკიდებული დიფუზიის მიმდინარეობის სისწრაფე ტემპერატურაზე.

მაშ ასე, დიფუზია ხდება როგორც აირებსა და სითხეებში, ისე მყარ სხეულებში, თუმცა ყველაზე სწრაფად ის აირებში მიმდინარეობს, სითხეებში კი – შედარებით ნელა. მყარ სხეულებში დიფუზიას ძალიან დიდი დრო სჭირდება, თუმცა ამ შემთხვევებში **დიფუზიის სისწრაფეს სხეულების მჭიდრო კონტაქტითა და მაღალი ტემპერატურის გამოყენებით ზრდიან, მაგალითად, თანამედროვე ტექნოლოგიურ პროცესებში, მეტალურგიაში, საიუველირო ნაკეთობების დამზადებისას.**

დიფუზიის მიმდინარეობის **სისწრაფე** ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იმატებს, რაც იმაზე მიანიშნებს, რომ **ტემპერატურის მატება ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსური მოძრაობის სისწრაფის გაზრდას იწვევს.**

ახალი ტერმინი:

დიფუზიის სისწრაფე.

ჩაატარეთ კვლევა ვირტუალურ ლაბორატორიაში. დააკვირდი დიფუზიის სისწრაფის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე:

უპასუხეთ კითხვებს

1. ერთნაირი ტემპერატურის პირობებში სად უფრო სწრაფად მიმდინარეობს დიფუზია:
   ა) აირსა თუ სითხეში?
   ბ) სითხესა თუ მყარ სხეულში? დაასახელე მაგალითები.
2. როგორ არის დამოკიდებული დიფუზიის სისწრაფე ტემპერატურაზე?
3. რატომ ტკბება მორევის გარეშე შაქრით უფრო სწრაფად ცხელი ჩაი, ვიდრე ცივი?

რა ვისწავლეთ

- **დიფუზიის სისწრაფე აგრეგატულ მდგომარეობაზეა დამოკიდებული: ის ყველაზე სწრაფად აირებში მიმდინარეობს, სითხეებში კი – შედარებით ნელა. მყარ სხეულებში დიფუზიას ძალიან დიდი დრო სჭირდება;**
- **დიფუზიის სისწრაფე ტემპერატურაზეა დამოკიდებული: რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს ნივთიერებათა შერევა;**
- **ტემპერატურის მატება ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსური მოძრაობის სისწრაფის გაზრდას იწვევს.**

საშინაო აქტივობა

1. ჩაატარეთ კვლევა

კვლევისთვის საჭიროა: ორი მრგვალი, გადაშლილი თეფში (სასურველია თეთრი ფერის); ფერადი დრაჟეები, წყალი, ყინული.

კვლევის ეტაპები:

1. დაალაგეთ ფერადი დრაჟეები წრიულად ორივე თეფშის კიდეზე;
2. დაასხით ერთი თეფშის ფსკერზე ყინულიანი წყალი, ხოლო მეორე თეფშზე – ოთახის ტემპერატურის წყალი;

დააკვირდით და ჩაინიშნეთ, რა დროის შემდეგ გაჩნდება წყალში ფერადი ზოლები იმ თეფშზე (სურ. 1.3.5), რომელზეც: ა) ცივი წყალია დასხმული; ბ) თბილი წყალია დასხმული.



სურ. 1.3.5

დააკვირდით: რომელ შემთხვევაში იზრდება დიფუზიური ზოლის სიგრძე უფრო სწრაფად: ცივ თუ ოთახის ტემპერატურის წყალში? ახსენით, რატომ?

გამოიტანეთ დასკვნა: როგორ არის დიფუზიის სისწრაფე ტემპერატურაზე დამოკიდებული?

3. კვლევის ცალკეულ ეტაპზე გადაიღეთ ფოტოები და კვლევის შედეგები გაუზიარეთ თანაკლასელებს.

მოიფიქრეთ, კიდევ რა ექსპერიმენტით შეიძლება დიფუზიის სისწრაფეზე დაკვირვება. აღწერეთ ექსპერიმენტის მსვლელობის ეტაპები.

2. შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა. აირჩიეთ სწორი პასუხი:

1. **თუ სითხის ტემპერატურა გაიზრდება, მაშინ მასში შეტივტივებული ბროუნის ნაწილაკების მოძრაობის სისწრაფე:**
   ა) გაიზრდება;
   ბ) შემცირდება;
   გ) არ შეიცვლება, რადგან ტემპერატურა გავლენას არ ახდენს ბროუნის ნაწილაკების მოძრაობაზე.
2. **თუ სხეულის ტემპერატურა გაიზარდა, ეს იმას ნიშნავს, რომ სხეულის შემადგენელი მოლეკულების:**
   ა) ტემპერატურა გაიზარდა;
   ბ) მოძრაობის სისწრაფე გაიზარდა;
   გ) მოძრაობის სისწრაფე შემცირდა.
3. **რით განსხვავდება ერთმანეთისგან ცივი და ცხელი წყლის მოლეკულები?**
   ა) შემადგენლობით;
   ბ) მოძრაობის სისწრაფით;
   გ) სიმძიმით.

1.4. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედება

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **შეისწავლით:** ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედების ხასიათს;
- **ახსნით:** როგორ ინარჩუნებს სხეული მთლიანობას, ნივთიერების ფიზიკურ თვისებებს;
- **შეძლებთ:** გამოიყენოთ მიღებული ცოდნა ნივთების შეკეთების, მასალების დამუშავებისა და სხვა ტექნიკური სამუშაოს შესრულებისას.

სცადეთ ლითონის ღეროს გადატეხა, ფოლადის ბურთულას ან წყლით სავსე პლასტმასის ბოთლის შეკუმშვა – ამისთვის საკმაოდ დიდი ძალისხმევა დაგჭირდებათ. არადა, ერთი შეხედვით, ეს ძნელი არ უნდა იყოს, რადგან **მყარი და თხევადი სხეული მთლიანი არ არის – ის შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან, რომელთა შორის შუალედებია.**

როგორ ინარჩუნებს სხეული მთლიანობას? რატომ არ იშლება ის ცალკეულ შემადგენელ ნაწილაკებად? ამ კითხვაზე პასუხის გაცემას მას შემდეგ შეძლებთ, რაც პარაგრაფს გაეცნობით.

1.4.1. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედება

განვიხილოთ, როგორ „იქცევიან“ ბურთულები, რომლებიც ერთმანეთთან ზამბარებითაა დაკავშირებული (სურ. 1.4.1):

თუ შევეცდებით, რომ ბურთულები ერთმანეთს დავაშოროთ – ზამბარები გაჭიმვას შეეწინააღმდეგება და ეცდება, რომ ბურთულები თავის პირვანდელ მდებარეობას დაუბრუნოს.

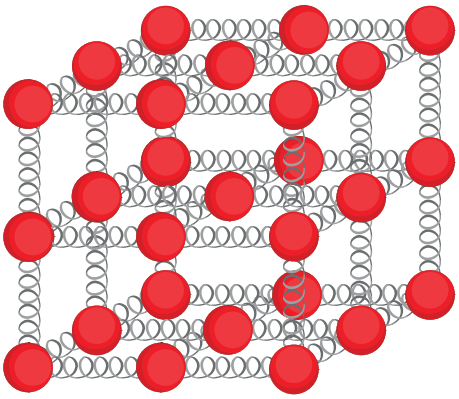
თუ ბურთულებს ერთმანეთს მივუახლოებთ, ზამბარები ამჯერად შეკუმშვას გაუწევს წინააღმდეგობას და ბურთულებს კვლავ თავის ადგილებზე დააბრუნებს.

სხეულის გაჭიმვის ან შეკუმშვის დროს მისი შემადგენელი ნაწილაკების „ქცევა“ ძალიან ჰგავს ზამბარებით დაკავშირებული ბურთულების „ქცევას“.

თუ ბურთულებისა და ნაწილაკების „ქცევას“ შორის პარალელს გავავლებთ, გასაგები გახდება, რატომ „გვეწინააღმდეგება“ სხეული, როცა მის გაჭიმვას, გატეხას ან შეკუმშვას ვცდილობთ, ანუ როცა ვცდილობთ სხეულის შემადგენელ ნაწილაკებს შორის შუალედები გავზარდოთ ან შევამციროთ.

მაგალითად: თუ რეზინის საშლელს მცირედ გავჭიმავთ, მის მოლეკულებს შორის მანძილი გაიზრდება. ამ დროს მოლეკულებს შორის თავს იჩენს მიზიდვის ძალა (სურ. 1.4.2 ა), რომელიც „ცდილობს“, საშლელს საწყისი ფორმა და ზომა დაუბრუნოს.

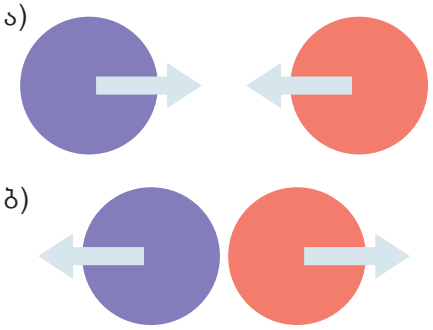
თუ საშლელს შევკუმშავთ, მისი მოლეკულები ერთმანეთს მიუახლოვდება. მოლეკულებს შორის ამ-



სურ. 1.4.1

ჯერად განზიდვის ძალები იჩენს თავს (სურ. 1.4.2 ბ), რომელიც ცდილობს, საშლელს საწყისი ფორმა და ზომა დაუბრუნოს.

განხილული მაგალითებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ: **ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ – მიიზიდებიან და განიზიდებიან.**



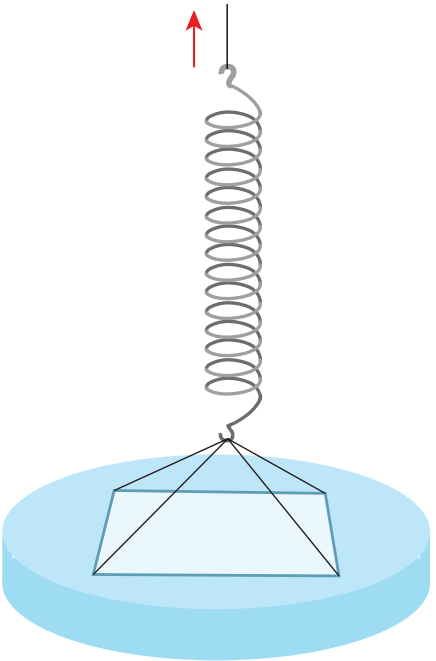
სურ. 1.4.2

1.4.2. რატომ ინარჩუნებს სხეული მთლიანობას?

სწორედ ნაწილაკების ურთიერთმიზიდვაა მიზეზი იმისა, რომ სხეული შემადგენელ ნაწილაკებად არ იშლება და მთლიანობას ინარჩუნებს. თუმცა, თუ ცარცს ორ ნაწილად გადავტეხავთ, მის მთლიანობას ნატეხების ერთმანეთზე მიჭერით ვეღარ აღვადგენთ, რადგან **სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთმიზიდვა შესამჩნევია მხოლოდ მაშინ, როდესაც მათ შორის დაშორება დაახლოებით ნაწილაკების ზომისაა.** ასეთ მანძილებზე კი ცარცის ნატეხების მიახლოება შეუძლებელია, რადგან ნატეხების ზედაპირის უსწორმასწორობის გამო ნაწილაკების უმეტესობა ერთმანეთს ისეთ მანძილზე ვერ უახლოვდება, რომ მათ შორის მიზიდულობა აღიძრას.

მაშინაც კი, თუ ნაწილაკებს შორის მანძილი სანტიმეტრის მემილიონედია, ის მაინც ბევრად მეტია იმ მანძილზე, რომელზეც ნაწილაკებს შორის მიზიდვა შესამჩნევია.

ზოგ შემთხვევაში კარგად გაპრიალებული და გლუვი სხეულების ერთმანეთზე მიჭერა ან სულაც შეხება საკმარისია, რომ მათ შემადგენელ ნაწილაკებს შორის მიზიდვა აღიძრას – ნაწილაკების უმრავლესობა ისეთ მანძილზე უახლოვდება ერთმანეთს, რომ ისინი საგრძნობლად ურთიერთმიიზიდებიან. მაგალითად, თუ ბრტყელ სარკეს წყლის ზედაპირზე ისე მოათავსებთ, რომ წყალს სარკის მთლიანი ზედაპირი ეხებოდეს (სურ. 1.4.3), წყლის ზედაპირიდან სარკის მოშორება გაძნელდება.


სურ. 1.4.3

რბილი მასალის (მაგალითად, პლასტილინის) ან გახურების შედეგად დარბილებული მყარი სხეულის ნაწილები შესაძლებელია რომ ერთმანეთს იმ მანძილზე მივუახლოოთ, რომელზეც მნიშვნელოვანი მიზიდულობა იჩენს თავს. სწორედ ამას ემყარება, მაგალითად, მინის ნატეხების ერთმანეთზე მიწებება მათი ცეცხლზე დარბილების შედეგად (სურ. 1.4.4).

ნაწილაკების ერთმანეთთან ურთიერთმიზიდვის თვალსაჩინო მაგალითია **ლითონების მირჩილვაც:**

სპილენძის ორი მავთულის გადაბმის ადგილას გამდნარ კალას აწვეთებენ (სურ. 1.4.5). თხევადი კალის შემადგენელი ნაწილაკები იმდენად უახლოვდება სპილენძის ნაწილაკებს, რომ მათ შორის მიზიდულობის ძალები აღიძვრება და კალის გაცივების შემდეგ, მავთულები ერთმანეთს მტკიცედ უკავშირდება.

რა როლს ასრულებს წებო სხეულის ნატეხების შეწებებისას? გადატეხილი ზედაპირის უსწორმასწორობები წებოთი ივსება. წებოს მოლეკულები კი მიიზიდავს როგორც ერთმანეთს, ისე შესაწებებელი ზედაპირების მოლეკულებს და გაშრობის შემდეგ ნატეხები მიწებებული რჩება – სხეულის მთლიანობა აღდგება.

ახალი ტერმინები:

ურთიერთქმედება;

მირჩილვა;

ჰიდროფობული ნივთიერება;

კაპილარი.



სურ. 1.4.4



სურ. 1.4.5

უპასუხეთ კითხვებს

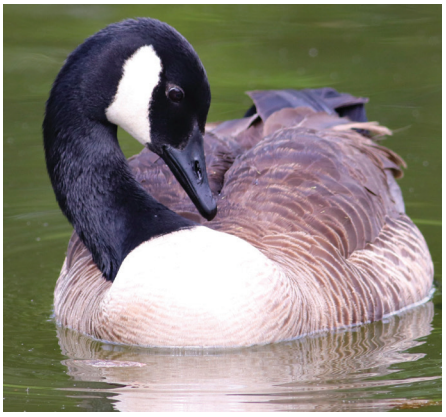
1. როგორ ინარჩუნებს სხეული მთლიანობას? რატომ არ იშლება ის ცალკეულ შემადგენელ ნაწილაკებად?
2. როდის არის შესამჩნევი სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთმიზიდვა?
3. რა მოვლენები ადასტურებს, რომ სხეულის შემადგენელი ნაწილაკები არა მარტო მიიზიდავენ, არამედ განიზიდავენ კიდეც ერთმანეთს?
4. გატეხილ ფაიფურის ჭიქას ნატეხების ერთმანეთზე მიჭერით ვერ გავამთელებთ. რატომ? რა ფუნქციას ასრულებს წებო ორი სხეულის შეწებებისას?
5. პლასტილინის ორი ნაჭერი ერთმანეთს მარტივად უერთდება. რატომ?
6. შესაწებებელი სხეულების ზედაპირებს წინასწარ ზედმიწევნით ასუფთავებენ, რადგან მტვერი ან ცხიმი მოაშორონ. რატომ?

რა ვისწავლეთ

- **ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ: მიიზიდებიან და განიზიდებიან;**
- **მიზეზი იმისა, რომ სხეული შემადგენელ ნაწილაკებად არ იშლება და მთლიანობას ინარჩუნებს, ნაწილაკების ურთიერთმიზიდვაა;**
- **სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთმიზიდვა მხოლოდ მაშინაა შესამჩნევი, როცა მათ შორის მანძილი დაახლოებით ნაწილაკების ზომისაა.**

1. დასველება

იცით, თუ არა, რატომ არ სველდება წყალში ბატი, იხვი, გედი? წყლის ფრინველებს ბუნებამ სიცივისგან თავდაცვის საინტერესო საშუალება უბოძა: სპეციალური ჯირკვლის მიერ გამოყოფილ ცხიმს ისინი ბუმბულზე ნისკარტით ისვამენ (სურ. 1.4.6), რის გამოც ბუმბული არ სველდება და ნესტი ბუმბულის ქვეშ, ღინღლამდე ვერ აღწევს. სწორედ მშრალი ღინღლი იცავს მათ ყინულოვან წყალში სიცივისგან. თუმცა, წყალში ნავთობის მოხვედრა მათთვის საბედისწეროა – ნავთობი დამცავ ცხიმს შლის, რის შედეგადაც ფრინველი სველდება, მისი სხეული სითბოს კარგავს და შესაძლოა, გაიყინოს კიდეც.



სურ. 1.4.6

დასველების მოვლენა სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთმიზიდულობით აიხსნება: სითხის მოლეკულები მიიზიდება როგორც ერთმანეთისკენ, ისე იმ სხეულის მოლეკულებისკენ, რომელსაც ეხება:

- თუ სითხის მოლეკულები ერთმანეთისკენ უფრო სუსტად მიიზიდება, ვიდრე სხეულის მოლეკულებისკენ, მაშინ სითხე სხეულს **ასველებს** (სურ. 1.4.7 ა);
- თუ სითხის მოლეკულები ერთმანეთისკენ უფრო ძლიერად მიიზიდება, ვიდრე სხეულის მოლეკულებისკენ, მაშინ სითხე სხეულს **არ ასველებს** (სურ. 1.4.7 ბ).

ა)



ბ)



სურ. 1.4.7

დასველებას მრეწველობასა და ყოფა-ცხოვრებაში მნიშვნელოვანი როლი აკისრია: დასველება საჭიროა რეცხვისას, შეღებვისას, გალაქვისას და ა.შ.

დასველების მოვლენას ეფუძნება ლითონების მირჩილვა: კალით კარგად მიერჩილება სპილენძი, თითბერი, რადგან გამდნარი კალა ამ ლითონებს ასველებს, მაგრამ ალუმინს არ ასველებს. შესაბამისად, ალუმინის ნაკეთობების მირჩილვისთვის კალის მაგივრად სხვა, სპეციალურ სარჩილავს იყენებენ.

ზოგიერთ შემთხვევაში აუცილებელია სხეულის დასველების თავიდან აცილება. ასეთ დროს სხეულის ზედაპირს **ჰიდროფობული ნივთიერებით** ფარავენ. სიტყვა „ჰიდრო“ ბერძნულად წყალს ნიშნავს, „ფობია“ კი – შიშს. შესაბამისად, ჰიდროფობული ნივთიერება სიტყვასიტყვით „წყლის მოშიშს“ ნიშნავს – ეს არის ნივთიერება, რომელიც წყალს არ იკარებს და არ სველდება.

ალბათ, გინახავთ **ჰიდროფობული ქვიშა**, რომელსაც სახალისო ექსპერიმენტებში ხშირად იყენებენ (სურ. 1.4.8): ქვიშა არ დასველდება იმ შემთხვევაშიც, თუ მას წყალში ჩავყრით, რადგან მისი მარცვლები დაფარულია ჰიდროფობული ნივთიერებით, რომელიც წყალს არ იკარებს.

უდაბნოში ჰიდროფობული ქვიშით ნიადაგის ზედაპირს ფარავენ, რათა შეამცირონ ნიადაგიდან წყლის აორთქლება და, შესაბამისად, ნიადაგის გამოშრობა. ჰიდროფობული მასალები წყალგაუმტარი ტანსაცმლის, ფეხსაცმლის, ქოლგებისა და კარვების დასამზადებლადაც გამოიყენება, რათა ნივთები და ადამიანები დასველებისგან დაიცვას.



სურ. 1.4.8

2. კაპილარული მოვლენები

თუ ქაღალდისგან ყვავილებს გამოჭრით, დაკეცავთ მათ და წყლიან თეფშზე მოათავსებთ – ყვავილები თქვენ თვალწინ სწრაფად გაიშლება (სურ. 1.4.9);



სურ. 1.4.9

თუ ბამბის ქსოვილის ნაჭრის ერთ ბოლოს შეფერილ წყლიან ჭიქაში მოათავსებთ, ხოლო მეორე ბოლოს – ცარიელ ჭიქაში, დაინახავთ, როგორ გაიჟღინთება ქსოვილი ფერადი სითხით და სითხე ერთი ჭიქიდან მეორეში გადავა (სურ. 1.4.10).

ბამბის ფთილა სწრაფად იჟღინთება წყლით, სამზარეულოს ღრუბელი სველი ზედაპირიდან კარგად იწოვს სითხეს, სველ ხელებს ნატურალური ქსოვილისგან დამზადებული პირსახოცი კარგად ამშრალებს და ა.შ. უამრავი მაგალითი შეიძლება გავიხსენოთ, რომელიც უკავშირდება ზოგიერთი სხეულის მიერ წყლის შეწოვის უნარს. ეს **კაპილარული მოვლენებია,** რომელიც **მოლეკულების ურთიერთმიზიდულობით აიხსნება.**



სურ. 1.4.10

„capillaris“ ლათინური სიტყვაა და „თმას“ ნიშნავს. აქედან გამომდინარე, ძალიან წვრილ მილებს, რომელთა დიამეტრი 1 მმ-ს არ აღემატება, **კაპილარები** ჰქვია. ყველა მასალა, რომელიც წყალს კარგად იწოვს, კაპილარებითაა სავსე.

კაპილარებში სითხე მაღლა იწევს, თუ ის კაპილარის კედლებს ასველებს (მაგ., მინის წვრილ მილებში წყალი მაღლა იწევს), ამასთან, დამსველებელი სითხე მით უფრო მაღლა ადის კაპილარში, რაც უფრო წვრილია ის.

ბუნებაში კაპილარები ერთგვარი უხილავი მილებია, რომლებიც ყველგან გვხვდება: მცენარის ფესვებში, ხის მერქანში, ქსოვილსა თუ ტყავში. წყალი ან სხვა რომელიმე მათი დამსველებელი სითხე, კა-

პილარებით „შეიწოვება“ და სხეულში ყველა მიმართულებით გადაადგილდება.

კაპილარული მოვლენების შედეგად ნიადაგის სიღრმიდან წყალი ზედაპირზე ამოდის, საიდანაც ის ორთქლდება. ამიტომ ნიადაგს ხშირად აფხვიერებენ (სურ. 1.4.11), რათა კაპილარები დაირღვეს და ნიადაგის გამოშრობა თავიდან აიცილონ.

კაპილარული მოვლენები პრობლემებს ხშირად მშენებლებსაც უქმნის: საშენი მასალები (ბეტონი, აგური) კაპილარებითაა დაქსელილი, რის გამოც ისინი შენობის საძირკვლიდან წყალს შეიწოვს. იმისათვის, რომ კედლების დანესტიანება თავიდან აიცილონ, შენობის საძირკველს ჰიდროსაიზოლაციო ფენით ფარავენ.



სურ. 1.4.11

საშინაო აქტივობა

1. ჩაატარეთ ცდები:

ცდა 1.

1. დაასველეთ წყლით თაბახის ორი ფურცელი და ერთი მათგანი მეორეზე დაადეთ;
2. სცადეთ ფურცლები ერთმანეთის მიმართ გადააადგილოთ. ადვილად გამოგივიდათ? ახსენით ცდის შედეგი.

ცდა 2. 

1. გაჭერით საპონი შუაზე ისე, რომ მიღებულ ნაჭრებს სწორი ზედაპირი ჰქონდეს;
2. მიაჭირეთ საპნის ნაჭერი მშრალი თეფშის ფსკერს და ფრთხილად ასწიეთ ზევით. აჰყვა თუ არა თეფში საპონს?
3. დაასველეთ თეფში და სველი თეფშის ფსკერს მიაჭირეთ საპნის ნაჭერი. კვლავ ასწიეთ ზევით. აჰყვა თუ არა, თეფში საპონს ამჯერად? ახსენით ცდის შედეგები.

ცდა 3. „სველი მინის ეფექტი“  

ცდისთვის საჭიროა: მინის (ან გლუვი პლასტმასის) ორი პატარა ფირფიტა, წყალი, ჭურჭლის სარეცხი ჟელე.

ცდის მსვლელობა:

1. დაადეთ ერთმანეთს მშრალი მინის ორი ფირფიტა. სცადეთ მათი დაშორება ისე, რომ ფირფიტები ერთმანეთის მიმართ არ გაასრიალოთ: ერთი ფირფიტა მეორის ზედაპირიდან ვერტიკალურად ზევით ასწიეთ – ფირფიტები ადვილად დასცილდება ერთმანეთს;
2. დაასველეთ წყლით ერთ-ერთი ფირფიტა და ზემოდან მეორე ფირფიტა დაადეთ. სცადეთ კვლავ ფირფიტების დაცილება აღწერილი წესით. რა შეამჩნიეთ? გამართივდა თუ გართულდა ფირფიტების დაცილება?
3. გაიმეორეთ ცდა ჭურჭლის სარეცხი ჟელეს გამოყენებითაც. ახსენით ცდის შედეგი.

გააანალიზეთ ცდების შედეგები და დაფიქრდით, რა გასწავლათ ცდების შედეგებმა? დააკავშირეთ ერთმანეთთან ცდების შედეგები და იმსჯელეთ, რაში შეიძლება გამოიყენოთ მიღებული ცოდნა?

1.5. ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობები

ჩვეულებრივ, ლითონები (ალუმინი, რკინა, სპილენძი და სხვა) ოთახის ტემპერატურაზე მყარ მდგომარეობაშია. მაღალ ტემპერატურაზე ისინი დნება და თხევად მდგომარეობაში გადადის. თუმცა, არსებობს ლითონი, რომელიც ოთახის ტემპერატურაზეც კი თხევად მდგომარეობაშია. ეს ლითონი, თქვენთვის კარგად ცნობილი, ვერცხლისწყალია – ვერცხლისფერი სითხე (სურ. 1.5.1), რომელსაც თერმომეტრში იყენებენ.

ნახშირორჟანგი აირია, რომელიც −78,5°C ტემპერატურაზე უკვე მყარ მდგომარეობაშია – მას „მშრალ ყინულსაც“ უწოდებენ (სურ. 1.5.2).

აზოტიც აირია, თუმცა −195,75°C ტემპერატურაზე ის თხევად მდგომარეობაში გადადის (სურ. 1.5.3).

თხევად მდგომარეობაში, შესაძლოა, „ქვაც“ არსებობდეს. დედამიწის სიღრმეში გავარვარებული თხევადი მაგმის ნელი გაცივების შედეგად გრანიტი წარმოიქმნება, ხოლო ზედაპირზე ამოფრქვეული ლავის სწრაფი გაცივებისა და გამყარების შედეგად – ბაზალტი. სწორედ გრანიტი და ბაზალტია ის ქანები, რასაც ჩვენ ყოველდღიურად „ქვას“ ვუწოდებთ.

შეიძლება თუ არა, რომ ნებისმიერი ნივთიერება სამივე – მყარ, თხევად და აირად მდგომარეობაში არსებობდეს? რა განაპირობებს აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებას? ამ კითხვებზე პასუხის გაცემას პარაგრაფის გაცნობის შემდეგ შეძლებთ, მანამდე კი წინა წლებში ნასწავლი გავიხსენოთ.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაეცნობით:** ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობისა და ურთიერთქმედების ხასიათს სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში;
- **შეძლებთ:** ახსნათ, რატომ და როგორ იცვლება ნივთიერების ფიზიკური თვისებები აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებისას, განსაზღვროთ მოსალოდნელი საფრთხეები და ხშირ შემთხვევაში თავიდან აიცილოთ კიდეც.



სურ. 1.5.1



სურ. 1.5.2



სურ. 1.5.3

1.5.1. ნივთიერების სამი მდგომარეობა

ნივთიერებათა „სამყარო“ საინტერესო და მრავალფეროვანია. თითოეული ნივთიერება უნიკალური თვისებებით გამოირჩევა, თუმცა, მიუხედავად განსხვავებისა, გარკვეულ პირობებში, ნებისმიერი ნივთიერება შეიძლება მყარ, თხევად და აირად მდგომარეობაში იმყოფებოდეს.

გაიხსენეთ: ნივთიერების მყარი მდგომარეობიდან თხევადში გადასვლას **დნობა** ჰქვია, ხოლო თხევადი მდგომარეობიდან მყარში გადასვლას – **გამყარება** (სურ. 1.5.4).

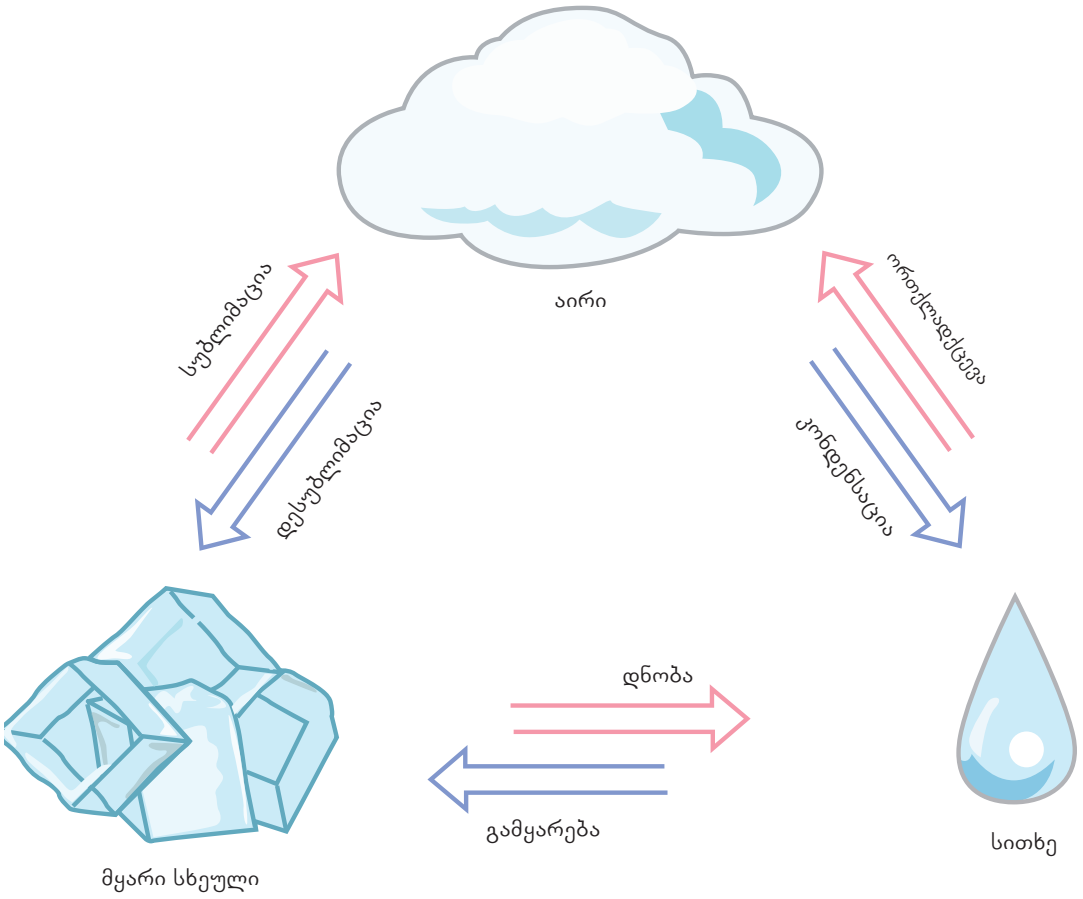
ნივთიერების თხევადი მდგომარეობიდან აირადში გადასვლა **ორთქლადქცევაა**, ხოლო აირადი მდგომარეობიდან თხევადში გადასვლა – **კონდენსაცია**.



დედამიწის ზედაპირზე ამოფრქვეული ლავა „თხევადი ქვაა“, რომლის სწრაფი გაცივებისა და გამყარების შედეგად წარმოიქმნება ბაზალტი, რასაც ჩვენ ყოველდღიურად „ქვას“ ვუწოდებთ.



არსებობს ნივთიერების მეოთხე აგრეგატული მდგომარეობაც – პლაზმა. სწორედ პლაზმურ მდგომარეობაშია ნივთიერება მზისა და სხვა ვარსკვლავების შემადგენლობაში.



სურ. 1.5.4

მოვლენას, რომლის დროსაც ნივთიერება მყარი მდგომარეობიდან პირდაპირ აირადში ისე გადადის, რომ თხევად მდგომარეობას გამოტოვებს, **სუბლიმაცია** ეწოდება. მაგალითად, იოდის კრისტალები და ნაფთალინი ისე ორთქლდება, რომ თხევად მდგომარეობაში არ გადადის (სურ. 1.5.5).

თქვენ იცით, რომ **ნივთიერების მყარ, თხევად და აირად მდგომარეობას აგრეგატული მდგომარეობა ჰქვია. ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილება ფიზიკური მოვლენაა**, რომლის დროსაც თავად ნივთიერება (ანუ მისი შემადგენელი ნაწილაკები) არ იცვლება, მაგრამ იცვლება ნივთიერების (სხეულის) ფიზიკური თვისებები.

გაიხსენეთ თქვენთვის კარგად ცნობილი **ნივთიერება – წყალი,** რომელიც დედამიწაზე, ბუნებაში, ყველაზე ხშირად გვხვდება სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში: თხევად მდგომარეობაში – წყალია, მყარ მდგომარეობაში – ყინული და აირად მდგომარეობაში – წყლის ორთქლი.



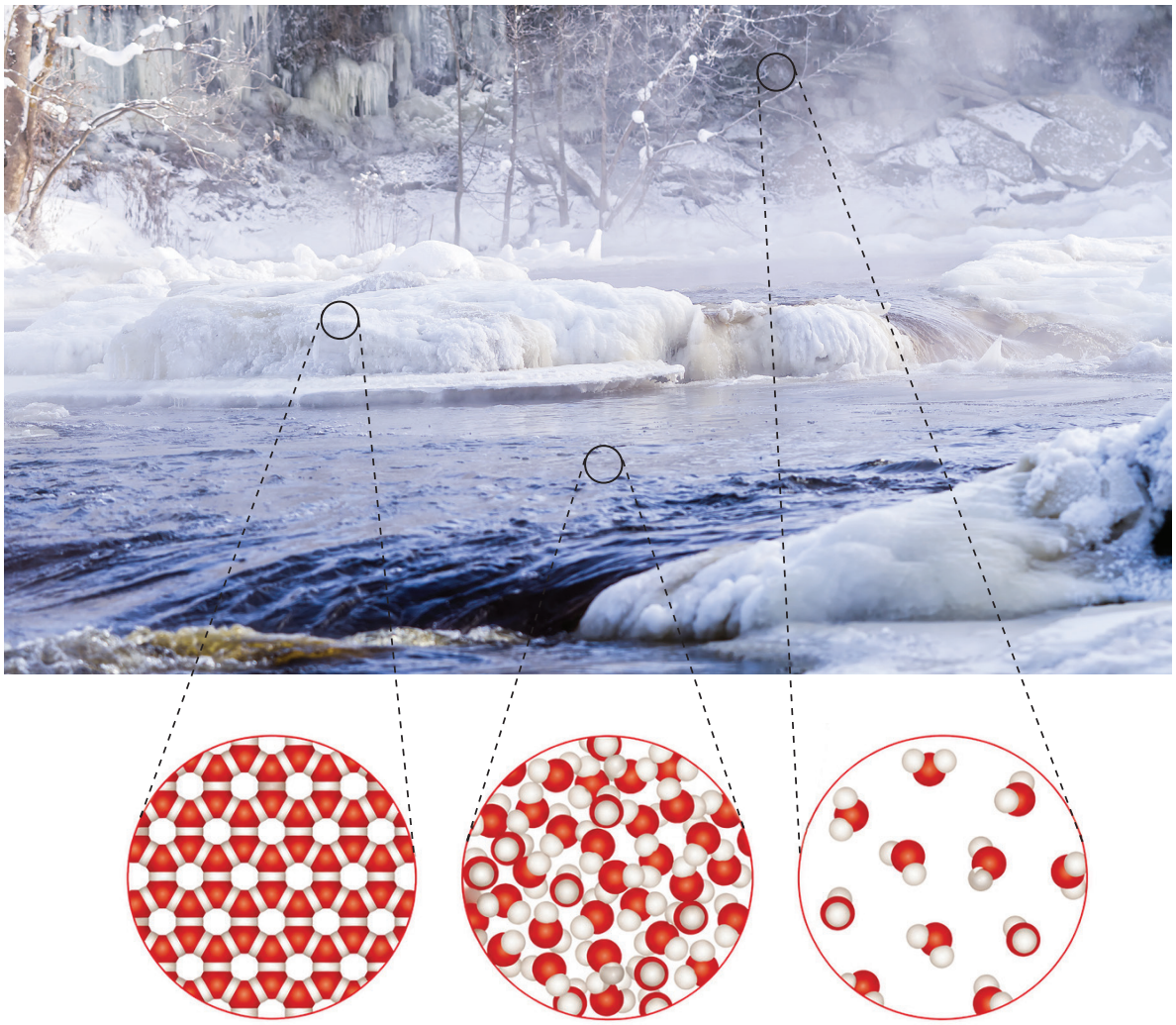
სურ. 1.5.5. იოდის სუბლიმაცია







ყინულის ულამაზესი „მაქმანები“ ფანჯრის მინებზე და თრთვილი ფოთოლზე წყლის ორთქლის **დესუბლიმაციის** შედეგია. დესუბლიმაცია არის მოვლენა, რომლის დროსაც ნივთიერება აირადი მდგომარეობიდან პირდაპირ მყარში გადადის ისე, რომ სითხედ არ გადაიქცევა. წყლის ორთქლის დესუბლიმაციის შედეგია თოვლის ფიფქის წარმოქმნაც.



სურ. 1.5.6

წყალი სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში ერთნაირი მოლეკულებისგან – წყლის მოლეკულებისგან შედგება (სურ. 1.5.6), მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ყოველდღიური გამოცდილებიდან იცით, რომ:

- წყლით სავსე ბოთლის შეკუმშვა შეუძლებელია, თუმცა, თუ ბოთლს წყლის ორთქლით გაავსებთ, შეკუმშვა არ გაგიჭირდებათ;
- წყალი იმ ჭურჭლის ფორმას იღებს, რომელშიც ჩავასხამთ, ყინული კი ფორმას არ იცვლის.

რა იცვლება აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებისას? რატომ აქვს განსხვავებული ფიზიკური თვისებები ერთსა და იმავე ნივთიერებას სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში? ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად განვიხილოთ ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედებისა და მათი მოძრაობის ხასიათი სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში.

ახალი ტერმინები:

დნობა;

გამყარება;

ორთქლადქცევა;

კონდენსაცია;

სუბლიმაცია;

დესუბლიმაცია;

კრისტალური სხეული;

ამორფული სხეული.

1.5.2. აირი

ბევრი ნივთიერება აირად მდგომარეობაში გამჭვირვალე და უფეროა, მაგალითად, ჰაერი, ბუნებრივი აირი, ჰელიუმი. აირის თვისებების გამოსაკვლევად აუცილებელი არ არის, რომ მას ფერი ჰქონდეს და ვხედავდეთ. მაგალითად, ჰაერს ვერ ვხედავთ, მაგრამ მას შევიგრძნობთ ავტომობილით მოძრაობისას ან როდესაც ქარი უბერავს.

აირის თვისებებზე დაკვირვება მარტივი ცდებით შეგიძლიათ: აავსეთ ერთჯერადი შპრიცი (ნემსის გარეშე) ჰაერით, ანუ აწიეთ დგუში ბოლომდე (სურ. 1.5.7 ა).

თუ შპრიცის ღია ბოლოს თითს დააჭერთ და შეეცდებით, რომ დგუში მისკენ გადააადგილოთ, ბოლომდე დგუშის დაწევას ვერ შეძლებთ (სურ.1.5.7 ბ): შპრიცში არსებული ჰაერის შეკუმშვა თავდაპირველად ადვილია, თუმცა შემდეგ ძნელდება.

რით აიხსნება ის, რომ აირის შეკუმშვა ადვილია? საქმე ისაა, რომ აირად მდგომარეობაში მოლეკულები ერთმანეთისგან მათ ზომებთან შედარებით ძალიან დიდი მანძილებითაა დაშორებული (სურ. 1.5.8). ამის გამო მოლეკულები თითქმის არ ურთიერთქმედებენ. **აირი შეიძლება ისე შევკუმშოთ, რომ მისი მოცულობა თავდაპირველზე ბევრად ნაკლები გახდეს.**

აირის მოლეკულები ერთმანეთთან ან კედელთან „შეჯახებამდე“ წრფივად მოძრაობენ. მოლეკულები ქაოსურად, ყველა მიმართულებით თავისუფლად გადაადგილდებიან და აირისთვის განკუთვნილ ჭურჭელს მთლიანად ავსებენ. სწორედ აირის აგებულების ეს თავისებურება განაპირობებს მის თვისებებს: **აირი ფორმასა და მოცულობას ვერ ინარჩუნებს, ის მთლიანად ავსებს მისთვის დათმობილ მოცულობას და აირის შეკუმშვა ადვილია.**

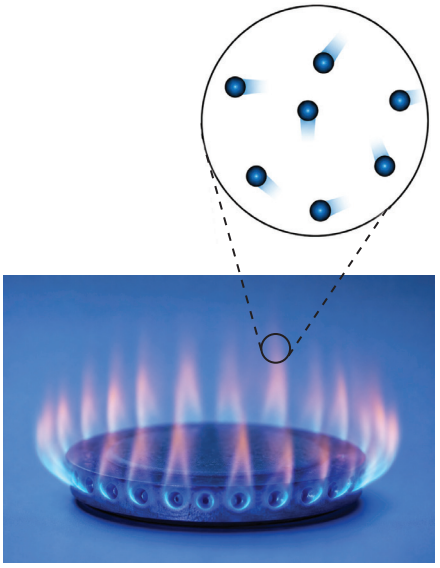
ა)



ბ)



სურ. 1.5.7



სურ. 1.5.8

1.5.3. სითხე

თუ ამჯერად ერთჯერად შპრიცს (ნემსის გარეშე) წყლით აავსებთ, შპრიცის ღია ბოლოს თითს დააჭერთ და შეეცდებით, რომ წყალი შეკუმშოთ, თქვენი ცდა წარუმატებელი იქნება – წყლის შეკუმშვას ვერ შეძლებთ. წყლის ფორმის ცვლილება კი მარტივად შეგიძლიათ: უბრალოდ, წყალი განსხვავებულ ჭურჭელში გადაასხით. **წყალი მოცულობას ინარჩუნებს, თუმცა, ფორმას – ვერა.**

დააკვირდით ვირტუალურ ლაბორატორიაში, როგორ იცვლება აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებისას ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების განლაგება და მოძრაობის ხასიათი:

რით აიხსნება სითხის ეს თვისებები? სითხის მოლეკულები ერთმანეთთან მჭიდროდაა განლაგებული – ყოველ ორ მოლეკულას შორის შუალედი თვით მოლეკულის ზომაზე ნაკლებია (სურ. 1.5.9). ასეთ მანძილებზე მოლეკულებს შორის მიზიდვა და განზიდვა უკვე მნიშვნელოვანია. სითხის მოლეკულების მიახლოება ძლიერი განზიდვის გამო, თითქმის შეუძლებელია. სწორედ ამით აიხსნება ის, რომ **სითხე პრაქტიკულად უკუმშველია, ის მოცულობას ინარჩუნებს.**



სურ. 1.5.9

სითხის მოლეკულებს შორის მიზიდულობა მნიშვნელოვანია, თუმცა საკმარისი არ არის იმისათვის, რომ სითხემ ფორმა შეინარჩუნოს. აირის მოლეკულებთან შედარებით, სითხის მოლეკულების მოძრაობა საკმაოდ შეზღუდულია, თუმცა გარკვეული „თავისუფლება“ მაინც ახასიათებს: ისინი განსაზღვრული მდებარეობების მახლობლად ირხევიან, ხშირად სხვა ადგილას გადახტებიან ხოლმე და რხევას ახალ ადგილას აგრძელებენ. შემდეგ ისევ ტოვებენ ადგილს და სხვა ადგილზე გადადიან და ა.შ. გათავისუფლებულ ადგილს კი სითხის სხვა მოლეკულა იკავებს. სწორედ სითხის მოლეკულების მოძრაობის ასეთი თავისებურებით აიხსნება ის, რომ **სითხე ფორმას ვერ ინარჩუნებს, დენადია და ადვილად შხეფდება.** საკუთარი ბურთულისებრი ფორმა მხოლოდ სითხის პატარა წვეთებს აქვს. ასეთი წვეთების ნახვა შესაძლებელია, მაგალითად, ფოთოლზე ნამის წარმოქმნისას (სურ. 1.5.10).



სურ. 1.5.10

1.5.4. მყარი სხეული

ჩვეულებრივ პირობებში **მყარი სხეული ფორმასა და მოცულობას ინარჩუნებს** – ძნელია მისი გაჭიმვა, შეკუმშვა, გაღუნვა, გაწყვეტა და ა.შ. რით აიხსნება მყარი სხეულის ეს თვისებები? მყარი სხეულის შემადგენელი ნაწილაკები სივრცეში მკაცრად განსაზღვრულ ადგილებზეა განლაგებული (სურ. 1.5.11) და ოდნავ ირხევიან ამ მდებარეობების მახლობლად. ნაწილაკებს შორის მიზიდულობა იმდენად დიდია, რომ თითოეული ნაწილაკი მეზობელი ნაწილაკების „ტყვეობაშია“ და მათ გარემოცვას თავს იშვიათად აღწევს. სწორედ ამით აიხსნება ის, რომ **მყარი სხეული მოცულობასა და ფორმას ინარჩუნებს.**



სურ. 1.5.11

თუ სუფრის მარილს ან შაქარს ლუპით დააკვირდებით, შეამჩნევთ, რომ მათ პაწაწინა ნაწილაკებს







წყალი არის ნივთიერება, რომელიც დედამიწაზე, ბუნებრივ პირობებში,
ყველაზე ხშირად გვხვდება სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში და მას სამივე
მდგომარეობაში განსხვავებული სახელი ჰქვია: წყალი, ყინული და წყლის ორთქლი.

სიმეტრიული ფორმა და ბრტყელი წახნაგები აქვს. ეს შემთხვევითი არ არის: მყარ სხეულთა უმეტესობის (ყინულის, მარილის, ლითონების) შემადგენელი ნაწილაკები ერთმანეთის მიმართ მკაცრად განსაზღვრული წესითაა განლაგებული. მათი განლაგება სივრცეში გეომეტრიული ფიგურების მსგავს სტრუქტურებს ქმნის. ასეთ მყარ სხეულებს **კრისტალური სხეულები** ეწოდება (სურ. 1.5.12).

თუმცა, ყველა მყარი სხეული ასეთი „მოწესრიგებული“ არ არის: არსებობს **ამორფული მყარი სხეულებიც**, რომელთა შემადგენელი ნაწილაკები მკაცრი წესრიგით განლაგებული არ არის (სურ. 1.5.13). ასეთებია, მაგალითად: სანთელი (პარაფინი), მინა, პლასტმასა, რეზინი, ქარვა, კაუჩუკი და ა.შ.

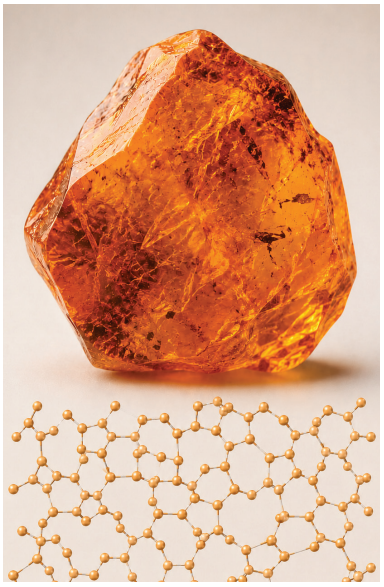
ამორფული სხეული ტემპერატურის მომატებისას თანდათან რბილდება და ისე გადადის თხევად მდგომარეობაში, განსხვავებით კრისტალური სხეულისაგან, რომელიც მკაცრად განსაზღვრულ ტემპერატურაზე დნება. დაბალ ტემპერატურებზე ამორფული სხეული, კრისტალური სხეულის მსგავსად, ფორმასა და მოცულობას ინარჩუნებს.

ამრიგად, ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლისას ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები არ იცვლება. იცვლება მხოლოდ ნაწილაკების ურთიერთქმედებისა და მოძრაობის ხასიათი, რაც განსაზღვრავს ნივთიერების ფიზიკურ თვისებებს.

სწორედ ნაწილაკების ურთიერთქმედებისა და მოძრაობის ხასიათი განსაზღვრავს დიფუზიის სისწრაფეს. გაიხსენეთ: დიფუზია მიმდინარეობს როგორც აირებსა და სითხეებში, ისე მყარ სხეულებში, თუმცა, ყველაზე სწრაფად ის აირებში მიმდინარეობს, რაც აირების შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობის გაცილებით „თავისუფალი“ ხასიათით აიხსნება.



სურ. 1.5.12



სურ. 1.5.13

საკლასო აქტივობა

კითხვები დისკუსიისთვის:

1. რომელ აგრეგატულ მდგომარეობაშია ნივთიერება, თუ ცნობილია, რომ ის:
ა) ინარჩუნებს ფორმასა და მოცულობას?
ბ) ვერ ინარჩუნებს ფორმასა და ინარჩუნებს მოცულობას?
გ) ვერ ინარჩუნებს ვერც ფორმასა და ვერც მოცულობას?
2. რა საერთო თვისება აქვს აირებსა და სითხეებს? სითხეებსა და მყარ სხეულებს?

3. დაასახელეთ ნივთიერება, რომლის სახელწოდებაც მისი აგრეგატული მდგომარეობის შეცვლისას იცვლება?

4. წარმოიდგინეთ, რომ აირის მოლეკულას ბურთულას ფორმა აქვს. შეძლებთ თუ არა აირის მოცულობის განსაზღვრას, თუ გეცოდინებათ აირში მოლეკულების რაოდენობა და თითოეული მოლეკულის მოცულობა? რატომ?

5. დაფიქრდით, შეგიძლიათ თუ არა ჭიქის ნახევრად გავსება ჰაერით? რატომ?

6. რა კავშირია ნივთიერებაში დიფუზიის სისწრაფესა და მის აგრეგატულ მდგომარეობას შორის?

7. ახსენით, რატომ მიმდინარეობს ერთნაირი ტემპერატურის პირობებში დიფუზია უფრო სწრაფად სითხეებში, ვიდრე მყარ სხეულებში.

8. ჟანგბადი, რომლის მოცულობაა 0,5 ლ, გადაიტანეს ორლიტრიან ჭურჭელში. რისი ტოლია ჟანგბადის მოცულობა ამჟამად?

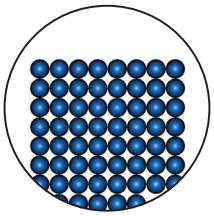
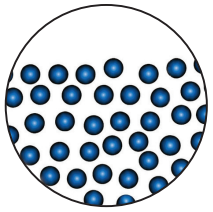
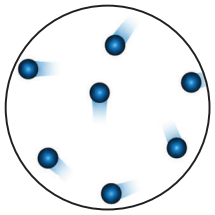
9. წყალი, რომლის მოცულობაა 0,5 ლ, გადაიტანეს ორლიტრიან ჭურჭელში. რისი ტოლია წყლის მოცულობა ამჟამად?

უპასუხეთ კითხვებს

1. რა ჰქვია მოვლენას, როდესაც ნივთიერება გადადის:
   ა) მყარიდან თხევად მდგომარეობაში?
   ბ) თხევადიდან მყარ მდგომარეობაში?
   გ) თხევადიდან აირად მდგომარეობაში?
   დ) აირადიდან თხევად მდგომარეობაში?
2. ცხელი შხაპის მიღებისას აბაზანის სარკეზე წყლის წვეთები ჩნდება. რა ჰქვია ამ მოვლენას?
3. შესაძლებელია თუ არა მყარი სხეული პირდაპირ, თხევადი მდგომარეობის გამოტოვებით, აირად იქცეს? მოიყვანეთ მაგალითი.
4. რა ჰქვია მოვლენას, როდესაც წყლის ორთქლი პირდაპირ ყინულის კრისტალებად (თრთვილად) იქცევა?
5. რომელ მოვლენებს უკავშირდება მყარი სხეულის (მაგალითად, მყარი საპნის, ნაფთალინის) სუნის გავრცელება?
6. რა განსაზღვრავს ნივთიერების აგრეგატულ მდგომარეობას?
7. რით აიხსნება აირის თვისებები? დაახასიათეთ აირის მოლეკულების მოძრაობა და ურთიერთქმედება.
8. ინარჩუნებს თუ არა სითხე მოცულობას? ფორმას? რით აიხსნება სითხის თვისებები? დაახასიათეთ სითხის მოლეკულების მოძრაობა და ურთიერთქმედება.
9. ინარჩუნებს თუ არა მყარი სხეული მოცულობას? ფორმას? რით აიხსნება მყარი სხეულის თვისებები? დაახასიათეთ მყარი სხეულის მოლეკულების მოძრაობა და ურთიერთქმედება.
10. როგორ სხეულებს ჰქვიათ კრისტალური სხეულები? ამორფული სხეულები? მოიყვანეთ თქვენთვის ცნობილი კრისტალური და ამორფული სხეულების მაგალითები.

რა ვისწავლეთ

- **ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლისას:**
  ა) არ იცვლება შემადგენელი ნაწილაკები;
  ბ) იცვლება ნაწილაკების ურთიერთქმედებისა და მოძრაობის ხასიათი.
- **ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლისას იცვლება ნივთიერების ფიზიკური თვისებები:**

აგრეგატული მდგომარეობა	**მყარი**	**თხევადი**	**აირადი**
აგრეგატული მდგომარეობის მახასიათებელი			
ინარჩუნებს თუ არა სხეული ფორმას?	დიახ	არა	არა
ინარჩუნებს თუ არა სხეული მოცულობას?	დიახ	დიახ	არა
ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედება	ძლიერი	ძლიერი	სუსტი
ნაწილაკების მოძრაობის ხასიათი	ირხევიან გარკვეული მდებარეობის მახლობლად	ირხევიან გარკვეული მდებარეობის მახლობლად და ხშირად „ნახტომით“ იცვლიან მდებარეობას	მოძრაობენ თავისუფლად, წრფივად ჭურჭლის კედელთან, ან ერთმანეთთან „შეჯახებამდე“.

ეს საინტერესოა

1. იცით თუ არა, რომ თეთრი ღრუბელი, რომელიც წყლის დუღილისას ჩნდება, ორთქლი არ არის, ის კონდენსაციის შედეგია – წყლის პაწაწინა წვეთების ერთობლიობაა (სურ. 1.5.14). წყლის ორთქლი უშუალოდ წყლის ზედაპირთან ჩნდება და უხილავია, არ ჩანს.



სურ. 1.5.14

2. 1660 წელს ფლორენციაში ჩატარდა ექსპერიმენტი: წყალი ჩაასხეს ტყვიის სქელკედლიან სფეროში და იგი ჰერმეტულად დახურეს. შემდეგ სფეროს მძიმე ურო დაარტყეს, რათა წყალი შეეკუმშათ, მაგრამ წყალი არ შეიკუმშა და სფეროდან გაჟონა. წყალი თითქმის უკუმშველ სითხედ ითვლება, თუმ-

ცა, რეალურად, ის ძალიან მცირედ, მაგრამ მაინც იკუმშება. ასეა, მაგალითად, ოკეანეებსა და ზღვებში დიდ სიღრმეზე.

3. თუ ბანანს თხევად აზოტში მოვათავსებთ, იგი იმდენად გამყარდება, რომ მისი გამოყენებით შესაძლებელი იქნება ლურსმნის ჩაჭედებაც კი (სურ. 1.5.15)



სურ. 1.5.15

4. თხევადია და თან მყარი?!

იცით თუ არა, რომ არსებობს სითხე, რომლის ზედაპირზე სწრაფად გარბენა შესაძლებელია. ის ავლენს როგორც სითხის, ისე მყარი სხეულის თვისებებს, რაც დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორი სისწრაფით ზემოქმედებთ მასზე. მეცნიერები ასეთ სითხეს **არანიუტონურ სითხეს** უწოდებენ. მისი მომზადება თქვენც შეგიძლიათ:



- აიღეთ ერთი სავსე ჭიქა კარტოფილის სახამებელი და დაახლოებით ნახევარი ჭიქა წყალი. აურიეთ ისე, რომ ერთგვაროვანი მასა მიიღოთ;
- ჩაყავით თითი მასაში ძალიან ნელა და დააკვირდით – მასა ისე მოიქცევა, როგორც ბლანტი სითხე;
- ახლა სწრაფად ჩაჰკარით თითი მასაში – ის ისე დაგხვდებათ, როგორც მყარი სხეული; თუ მასას ხელისგულებს შორის მოაქცევთ და შეეცდებით გუნდის (ბურთის) გაკეთებას, აუცილებლად გამოგივათ, რადგან სწრაფი ზემოქმედებისას მასა მყარი სხეულივით იქცევა (სურ. 1.5.16);
- თუ მასას ხელის გულზე უბრალოდ დაიდებთ, ის სითხესავით დაიწყებს დინებას (სურ. 1.5.17).



სურ. 1.5.16



სურ. 1.5.17

თქვენ მიერ მომზადებული მასა აგრეგატულ მდგომარეობას არ იცვლის – მისი ფიზიკური თვისებები დამოკიდებულია მასზე ზემოქმედების სიჩქარეზე: თუ სწრაფად იმოქმედებთ, ის მყარი სხეულივით მოიქცევა, ხოლო თუ ნელა – სითხის თვისებებს გამოავლენს.

5. 2000 წელს მექსიკაში, ჩიხუახუას შტატში, 300 მ სიღრმეზე მეშახტეებმა სელენიტის (გამჭვირვალე თაბაშირის) უზარმაზარი კრისტალებით სავსე გამოქვაბული მაშინ აღმოაჩინეს, როდესაც გამოქვაბულიდან გრუნტის წყალი ამოაშრეს (სურ. 1.5.18). აღმოჩნდა, რომ გრუნტის წყალში ისეთი ნივთიერებები იყო გახსნილი, რომლებიც თაბაშირის კრისტალის წარმოქმნას უწყობს ხელს. მუდმივი ტემპერატურის პირობებში (დაახლოებით



სურ. 1.5.18

50-60°C-ზე) კი წყლის ნელა და თანაბრად აორთქლებამ კრისტალების ზრდა გამოიწვია: ზოგიერთი კრისტალის სიმაღლე 15 მ-ს, ხოლო დიამეტრი – 1,5 მ-ს აღწევს და თითოეული მათგანი 55 ტონაზე მეტს იწონის.

კრისტალი შეიძლება წარმოიქმნას:

- **ხსნარიდან წყლის აორთქლებით** – ასე წარმოიქმნება მაგალითად, სელენიტის (თაბაშირის), მარილის, შაქარყინულის კრისტალები;
- **სითხის გაყინვით** – მაგალითად, წყლის გაყინვის შედეგად მიიღება ყინული;
- **ორთქლის გაყინვით** – მაგალითად, თოვლის ფიფქი, ჭირხლი (ყინულის „მაქმანები“) ფანჯრის მინაზე, თრთვილი ბალახზე წყლის ორთქლის გაყინვის შედეგად წარმოიქმნება.



სურ. 1.5.19

6. გაიგეთ მეტი: ნახე ვიდეო, როგორ ზრდიან შაქრის კრისტალებს და თავადაც სცადეთ (სურ. 1.15.19).

საშინაო აქტივობა

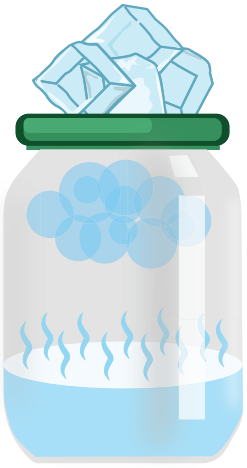
ჩაატარეთ ცდა: „ხელოვნური თოვლი“ ქილაში

ცდისთვის საჭიროა: მინის ქილა ლითონის თავსახურით, ცხელი წყალი, ყინულის ნატეხები.



ცდის ეტაპები:

1. ჩაასხით ქილაში ცოტაოდენი ცხელი წყალი, რომ ორთქლი წარმოიქმნას;
2. დააფარეთ ქილას ლითონის თავსახური;
3. მოათავსეთ თავსახურზე ყინულის ნატეხები (სურ.1.5.20);
4. ჩაატარეთ ცდა რამდენჯერმე და ცვალეთ თავსახურზე მოთავსებული ყინულის რაოდენობა.



სურ. 1.5.20

დააკვირდით:

- გაჩნდება თუ არა წყლის წვეთები ქილის შიგნით, ლითონის ცივ თავსახურზე?
- გადაიქცევა თუ არა ორთქლი პირდაპირ ყინულის „ნემსებად“, თრთვილად?

აღწერეთ პროცესი, რომელიც ქილაში მიმდინარეობს. იმსჯელეთ, რა მოვლენების დაკვირვება შეძელით ცდის მსვლელობისას და წარადგინეთ თქვენი დაკვირვების შედეგები კლასის წინაშე.

1.6. ლაბორატორიული სამუშაო №3 რაზეა დამოკიდებული ნივთიერება „მძიმეა“ თუ „მსუბუქი“?

დედამიწაზე ერთ-ერთი ყველაზე მსუბუქი მყარი მასალა გრაფენის აეროგელია, რომელსაც მხატვრულად „გაყინულ კვამლსაც“ უწოდებენ. აეროგელი ფოროვანი მასალაა (შეიცავს უამრავ სიცარიელეს) და იმდენად მსუბუქია, რომ მისი შეკავება მცენარის მტვრიანებსაც კი შეუძლია (სურ. 1.6.1).

გრაფენის აეროგელი 8-ჯერ უფრო მსუბუქია, ვიდრე ჰაერი, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ის საოცრად მტკიცეა და თავის სიმძიმეზე 1000-ჯერ მეტ დატვირთვას უძლებს.

დედამიწაზე ყველაზე მძიმე ბუნებრივი ნივთიერება ოსმიუმია (სურ. 1.6.2) – ლითონი, რომელიც 22,6-ჯერ უფრო მძიმეა, ვიდრე წყალი, 3-ჯერ უფრო მძიმე, ვიდრე რკინა და დაახლოებით 2-ჯერ უფრო მძიმე, ვიდრე ტყვია.

რას გულისხმობენ, როდესაც ამბობენ, რომ ერთი ნივთიერება „მძიმეა“, მეორე კი – „მსუბუქი“? რით განსხვავდება „მძიმე“ ნივთიერება „მსუბუქისგან“?

ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად, რამდენიმე ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულება მოგვიწევს.

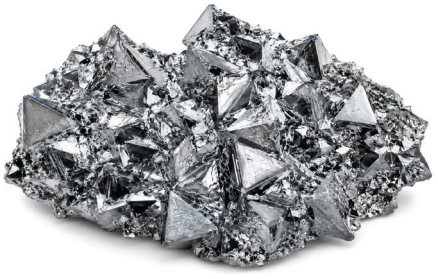
რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაიგებთ:** რა იგულისხმება როცა ვამბობთ, რომ ზოგი ნივთიერება „მძიმეა“, ზოგი კი – „მსუბუქი“;
- **შეძლებთ:** ექსპერიმენტულად დაადგინოთ, რა კავშირია ნივთიერების მასასა და მის მოცულობას შორის.





სურ. 1.6.1



სურ. 1.6.2. ოსმიუმის კრისტალი

1.6.1. მასა და მოცულობა

ალბათ, გსმენიათ გამოთქმა: „ტყვიასავით მძიმე“ და „ბამბასავით მსუბუქი“. გიფიქრიათ, რას გულისხმობენ, როცა ამგვარ შედარებებს იყენებენ? ბამბაც ხომ შეიძლება ძალიან მძიმე იყოს? წარმოიდგინეთ ბამბის უზარმაზარი გროვა, როგორ გგონიათ, მსუბუქი იქნება იგი?

ცხადია, იმის შესაფასებლად, ნივთიერება „მძიმეა“ თუ „მსუბუქი“, **მხოლოდ მასა** ან **მხოლოდ მოცულობა** ვერ დაგვეხმარება: მაგალითად, ბამბის მასა ან მოცულობა შეიძლება იყოს უფრო დიდი, ვიდრე ტყვიისა, მაგრამ ეს არ ნიშნავს, რომ ბამბა უფრო „მძიმე“ „ნივთიერებაა“, ვიდრე ტყვია.

გავიხსენოთ და დავაზუსტოთ, რა არის **სხეულის მასა** და **სხეულის მოცულობა**, რას გვიჩვენებს თითოეული მათგანი.

მასა სხეულში ნივთიერების რაოდენობით განისაზღვრება, მოცულობა კი გვიჩვენებს, თუ სივრცის რა ნაწილს იკავებს სხეული.

მოცულობის განსაზღვრის მეთოდებს წინა გაკვეთილებზე გაეცანით. ასევე იცით, რომ მასის გასაზომად **სასწორს** იყენებენ. სასწორის მუშაობის პრინციპი დედამიწის მიერ სხეულების მიზიდულობის მოვლენას ეფუძნება. მასის გაზომვას სასწორით **აწონა** ჰქვია. აწონა უძველესი მეთოდია. სასწორის გამოსახულება ეგვიპტის პირამიდებზეც კი არის ნაპოვნი, რომელთა ასაკი ოთხი ათას წელზე მეტია. სასწორი რამდენიმე სახისაა (სურ. 1.6.3): ბერკეტიანი (ა), ზამბარიანი (ბ), ელექტრონული (გ).

ახალი ტერმინები:

სასწორი;

აწონა;

ბერკეტი;

ერთეულოვანი მოცულობის მასა.

ა)



ბ)



გ)



სურ. 1.6.3

საკლასო აქტივობა

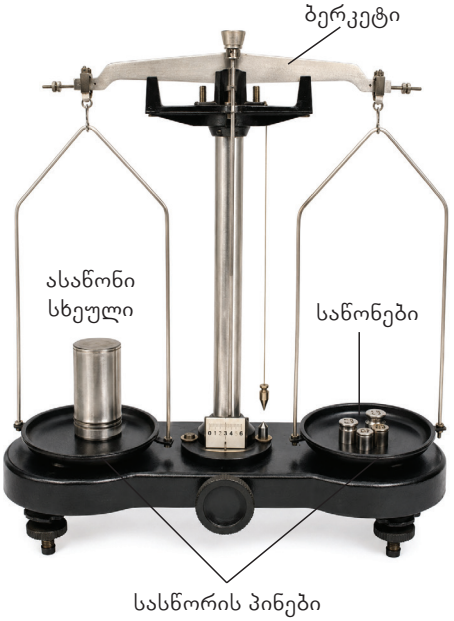
სამუშაო № 1

სამუშაოს მიზანი: ბერკეტიანი სასწორის გაცნობა და მისი საშუალებით სხეულის მასის გაზომვა.
სამუშაოსთვის საჭიროა: ბერკეტიანი სასწორი (სურ. 1.6.4), საწონების ნაკრები, ასაწონი სხეულები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაათვალიერეთ ბერკეტიანი სასწორი: მისი ძირითადი ნაწილია **ბერკეტი,** ანუ ღერო, რომელსაც თავისუფლად შეუძლია ბრუნვა ღერძის გარშემო. ბერკეტის ბოლოებზე სასწორის პინებია (თეფშებია) დაკიდებული. როდესაც პინებზე ერთნაირი მასის სხეულებია მოთავსებული, სასწორი გაწონასწორებულია;
2. აწონის დაწყებამდე გააწონასწორეთ სასწორი ქაღალდის პატარა ნაკუწების დახმარებით;
3. დაიჭირეთ ერთ-ერთი პინა ხელით და ასაწონი სხეული მასზე ფრთხილად მოათავსეთ;
4. დადეთ მეორე პინაზე ისეთი მასის საწონი (საწონები), რომ სასწორის წონასწორობა აღდგეს (სურ. 1.6.4).

გაითვალისწინეთ: ასაწონი სხეულის მასა საწონების მასათა ჯამის ტოლია.



სურ. 1.6.4

როგორ მოვიქცეთ თუ სითხის აწონა გვინდა?

1. აწონეთ ჯერ ცარიელი ჭურჭელი. დავუშვათ, რომ ცარიელი ჭურჭლის მასაა m_1;
2. გადმოდგით სასწორიდან ცარიელი ჭურჭელი, ჩაასხით სასურველი რაოდენობის სითხე და კვლავ აწონეთ. ჩაინიშნეთ ანათვალი: ვთქვათ, სითხისა და ჭურჭლის ჯამური მასაა m_2;
3. აწონის შედეგების გათვალისწინებით სითხის მასა (m) ასე გამოითვლება: $m = m_2 - m_1$.

სამუშაო № 2



სამუშაოს მიზანი: ერთნაირი მოცულობის სხვადასხვა სითხის მასების შედარება.
სამუშაოსთვის საჭირო რესურსები: ბერკეტიანი სასწორი, საწონების ნაკრები, ორი ერთნაირი მენზურა, წყალი, მცენარეული ზეთი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. გააწონასწორეთ ბერკეტიანი სასწორი;
2. ჩაასხით ერთ მენზურაში 100 სმ^3 მოცულობის ზეთი, ხოლო მეორეში – იმავე მოცულობის წყალი. მოათავსეთ მენზურები სასწორის სხვადასხვა პინაზე;
3. შეადარეთ ზეთისა და წყლის მასები.

დასკვნა: ზოგადად, განსხვავებული ნივთიერებების **ერთნაირი მოცულობის** მასები სხვადასხვაა.

ჩვენ მიერ ჩატარებული სამუშაოს შედეგების მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ წყალი უფრო „მძიმე“ ნივთიერებაა, ვიდრე ზეთი, რადგან აღმოჩნდა, რომ წყლის მასა უფრო მეტია, ვიდრე იმავე მოცულობის ზეთისა.

სამუშაო № 3



სამუშაოს მიზანი: გამოვიკვლიოთ, როგორ არის დამოკიდებული ნივთიერების (სხეულის) მასა მისსავე მოცულობაზე.
სამუშაოსთვის საჭირო რესურსები: ციფრული სასწორი (სურ.1.6.5), ორი ერთნაირი მენზურა, წყალი, მცენარეული ზეთი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. სამუშაო რვეულში წინასწარ გადახაზეთ 1.6.1 ცხრილი;
2. ჩაატარეთ საჭირო გაზომვები ცხრილის მოთხოვნების მიხედვით:
ა) ჩაასხით მითითებული მოცულობის სითხე მენზურაში;
ბ) აწონეთ ცალ-ცალკე ცარიელი მენზურა (m_1) და მენზურა სითხესთან ერთად (m_2);
გ) გამოთვალეთ სითხის მასა ($m = m_2 - m_1$);
დ) გამოთვალეთ თითოეულ შემთხვევაში მასის შეფარდება მოცულობასთან, ანუ 1 სმ^3 მოცულობის სითხის (ნივთიერების) მასა;
3. შეავსეთ 1.6.1 ცხრილი.



სურ. 1.6.5

ცხრილი 1.6.1.

ცდის №	მენზურაში		სასწორის დახმარებით გაზომეთ:		გამოთვალეთ:	
	ჩაასხით სითხე:	ჩასხმული სითხის მოცულობა, V (სმ)^3	ცარიელი მენზურის მასა, m_1 (გ)	სითხის მასა მენზურასთან ერთად, m_2 (გ)	სითხის მასა, $m = (m_2 - m_1)$ გ	1 სმ^3 მოცულობის სითხის მასა, $\frac{m}{v}$ (გ)
1	წყალი	100				
2	წყალი	200				
3	წყალი	300				
4	ზეთი	100				
5	ზეთი	200				
6	ზეთი	300				

კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ:

1. **სხვადასხვა ნივთიერების** (მაგალითად, წყლის და ზეთის) **მასის შეფარდება მოცულობასთან (ანუ, ერთეულოვანი მოცულობის მასა) განსხვავებული სიდიდეა;**

2. **ერთი და იმავე ნივთიერების** (მაგალითად, წყლის ან ზეთის) **მასის შეფარდება მოცულობასთან (ერთეულოვანი მოცულობის მასა) ერთი და იგივე სიდიდეა,** რაც იმას ნიშნავს, რომ ეს შეფარდება არც სხეულის მასაზეა დამოკიდებული და არც მის მოცულობაზე – ის მხოლოდ ნივთიერების გვარობაზეა (სახეობაზეა) დამოკიდებული;

3. თუ სხვადასხვა ნივთიერების მოცულობები ერთნაირია, დიდი მასა აქვს ნივთიერებას, რომლის 1 სმ^3 მოცულობის მასა მეტია. მაგალითად, 100 სმ^3 მოცულობის წყლის მასა უფრო მეტია, ვიდრე იმავე მოცულობის ზეთისა;

გაითვალისწინეთ: ანალოგიური შედეგები მიიღება, თუ ცდებში, სითხეების ნაცვლად, მყარ სხეულებს გამოიყენებ.

ამრიგად, კვლევის შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია პარაგრაფის დასაწყისში დასმულ შეკითხვასაც გავცეთ პასუხი: **ორი სხვადასხვა ნივთიერებიდან უფრო „მძიმეა“ ის, რომლის ერთეულოვანი მოცულობის მასა მეტია.**

რა ვისწავლეთ

- **მასა სხეულში ნივთიერების რაოდენობით განისაზღვრება, მოცულობა კი გვიჩვენებს, თუ სივრცის რა ნაწილს იკავებს სხეული;**
- **სხეულის მასის შეფარდება მის მოცულობასთან:**
  ა) განსხვავებული სიდიდეა სხვადასხვა ნივთიერებისთვის;
  ბ) ერთი და იგივე სიდიდეა ერთი და იმავე ნივთიერებისთვის, რაც იმას ნიშნავს, რომ ეს შეფარდება არც სხეულის მასაზეა დამოკიდებული და არც მის მოცულობაზე – ის მხოლოდ ნივთიერების გვარობაზეა დამოკიდებული.

ეს საინტერესოა

მსოფლიოში ხის რამდენიმე სახეობა არსებობს, რომლებსაც „რკინასავით“ მაგარი და მძიმე მერქნის გამო „რკინის ხეს“ უწოდებენ. მისი 1 $მ^3$ მოცულობის მერქანი დაახლოებით 1300-1400 კგ-ს იწონის, რაც თითქმის 2-ჯერ აღემატება იმავე მოცულობის მუხის ხის მასას, 3-ჯერ – ფიჭვისას და 13-ჯერ ბალსას მასას...

ბალსა არის ხე, რომელიც ცენტრალურ და სამხრეთ ამერიკის ტენიან ტროპიკულ ტყეებში იზრდება. მას ყველაზე მსუბუქი მერქანი აქვს. გამომშრალი ბალსა კორპზე დაახლოებით ორჯერ უფრო მსუბუქია. ცნობილია, რომ ბალსას ხის მოზრდილ მორს ზრდასრული ადამიანი თავისუფლად ეწევა (სურ. 1.6.6). ბალსას მსუბუქსა და, ამავე დროს, გამძლე მერქანს ოდითგანვე ტივებისა და ნავების დასამზადებლად იყენებდნენ.



სურ. 1.6.6

საშინაო აქტივობა



ჩაატარე კვლევა.

კვლევის მიზანია: დავადგინოთ, როგორ იცვლება წყლის „სიმძიმე“ (მასა) მასში მარილის დამატებისას.

კვლევისთვის საჭიროა: მენზურა ან სამზარეულოს საზომი ჭიქა, 1-ლიტრიანი ქილა, სასწორი, სუფრის კოვზი, სუფრის მარილი, წყალი.

კვლევის ეტაპები:

1. ჩაასხით მენზურაში 100 მლ სუფთა წყალი და აწონეთ. ჩაიწერეთ მასა, m_1;
2. ლიტრიან ქილაში ჩაასხით სუფთა წყალი (დაახლოებით ნახევრამდე) და დაამატეთ 1 სუფრის კოვზი მარილი. მოურიეთ კოვზით მანამ, სანამ მარილი სრულად გაიხსნება. მიღებული ხსნარიდან მენზურაში გადაასხით 100 მლ და აწონეთ. ჩაიწერეთ მასის მნიშვნელობა, m_2;
3. მენზურიდან ხსნარი ისევ ქილაში ჩააბრუნეთ, დაამატეთ კიდევ 1 სუფრის კოვზი მარილი და კვლავ მოურიეთ სრულ გახსნამდე. კვლავ აწონეთ 100 მლ მარილხსნარი. ჩაიწერეთ მასის მნიშვნელობა, m_3;
4. გაიმეორეთ ეს პროცედურა იმდენჯერ, სანამ ქილაში მარილის გახსნა შესაძლებელი იქნება. ყოველ ჯერზე დაამატეთ 1 კოვზი მარილი და გაზომეთ 100 მლ ხსნარის მასა (m_4, m_5, m_6);
5. გაზომვის შედეგები შეიტანეთ ცხრილში.

ცდის №	მარილის რაოდენობა (ათვლილია სუფრის კოვზით)	100 მლ ხსნარის მასა,m (გ)

6. ცხრილის მონაცემების მიხედვით ააგეთ სვეტოვანი დიაგრამა, რომელიც გვიჩვენებს 100 მლ ხსნარის მასის დამოკიდებულებას მასში მარილის რაოდენობაზე;
7. გამოიტანეთ დასკვნა: როგორ იცვლება ხსნარის „სიმძიმე“ (მასა) მასში მარილის დამატებით?

1.7. ნივთიერების სიმკვრივე

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაეცნობით:** ნივთიერების ფიზიკურ მახასიათებელს – სიმკვრივეს;
- **იმსჯელებთ:** როგორაა დამოკიდებული სიმკვრივე აგრეგატულ მდგომარეობასა და ტემპერატურაზე;
- **შეძლებთ:** გამოთვალოთ ნივთიერების სიმკვრივე და დაადგინოთ უცნობი ნივთიერების გვარობა.

ამბობენ, რომ ძვ.წ. 250 წელს სირაკუზის მეფე ჰიერონმა ოსტატს ოქროს გვირგვინის გაკეთება დაავალა. წინდახედულმა მეფემ წინასწარ აწონა ოქრო და შემდეგ მზა გვირგვინის მასას შეადარა. რთული გეომეტრიული ფორმის მქონე გვირგვინი ზუსტად იმდენს იწონიდა, რამდენი ოქროც გადაეცა ოსტატს. მიუხედავად ამისა, მეფე ოსტატის კეთილსინდისიერებაში მაინც დაეჭვდა და სირაკუზელ სწავლულს – არქიმედეს, დაავალა შეემოწმებინა, ხომ არ იყო გვირგვინი იაფი ლითონების შენადნობისგან დამზადებული.

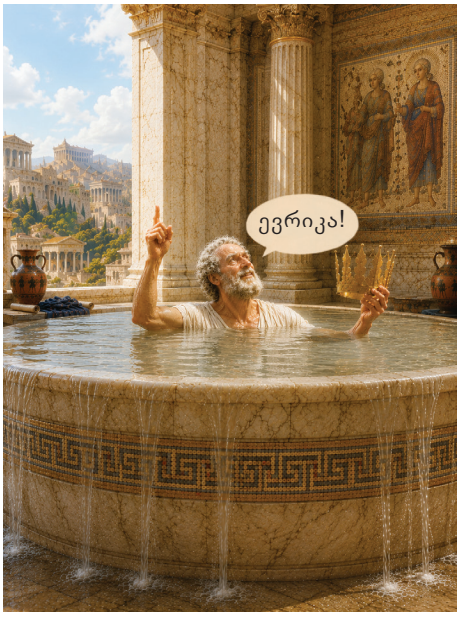
არქიმედეს დავალება ისე უნდა შეესრულებინა, რომ გვირგვინი არც კი გაეკაწრა. ის მიხვდა, რომ საჭირო იყო გვირგვინის სიმკვრივის გამოთვლა, რათა შემდეგ სუფთა ოქროს სიმკვრივისთვის შეედარებინა. ამისათვის გვირგვინის მასისა და მოცულობის ცოდნა იყო საჭირო. სწავლულს გვირგვინის მასის დადგენა არ გასჭირვებია, მაგრამ მისი მოცულობის პოვნა, რთული გეომეტრიული ფორმის გამო, შეუძლებლად ეჩვენებოდა.

ლეგენდის მიხედვით, რთულმა ამოცანამ არქიმედე ძლიერ დააღონა და გადაწყვიტა, რომ დასასვენებლად აბანოში წასულიყო. წყლით სავსე აუზში ჩასვლისას მოულოდნელად გენიალური იდეა დაებადა. არქიმედე მიხვდა, როგორ უნდა გადაეჭრა პრობლემა და სწორედ მაშინ წარმოთქვა ცნობილი სიტყვები: „ევრიკა! ევრიკა!“, რაც ნიშნავს „ვიპოვე! ვიპოვე!“.

არქიმედე მიხვდა, რომ როდესაც **სხეული წყლით სავსე ჭურჭელში იძირება, ჭურჭლიდან გადმოიღვრება წყალი, რომლის მოცულობაც ჩაძირული სხეულის მოცულობის ტოლია.**

გადმოცემის თანახმად, არქიმედემ დავალებას თავი წარმატებით გაართვა და ოქროს გვირგვინის საიდუმლო ამოხსნა. ამბობენ, მის მიერ განსაზღვრული სიმკვრივე სუფთა ოქროს სიმკვრივეს არ დაემთხვა, რაც მიუთითებდა იმაზე, რომ გვირგვინი მთლიანად ოქროსგან არ იყო დამზადებული. როგორ დასრულდა ეს ამბავი, ზუსტად ცნობილი არ არის, თუმცა არქიმედეს აღმოჩენა მეცნიერების ისტორიაში მნიშვნელოვან მიღწევად ითვლება.

რა არის ნივთიერების სიმკვრივე? როგორ გამოვიცნოთ ნივთიერება სიმკვრივის მიხედვით? ამ კითხვებზე პასუხის გაცემას პარაგრაფის გაცნობის შემდეგ შეძლებთ.



სურ. 1.7.1

1.7.1. სიმკვრივე

წინა გაკვეთილზე ჩატარებული ლაბორატორიული სამუშაოს შედეგების მიხედვით დავასკვენით, რომ **მოცემული ნივთიერებისაგან დამზადებული სხეულის მასის შეფარდება მის მოცულობასთან მუდმივი სიდიდეა და დამოკიდებული არ არის არც მასაზე და არც მოცულობაზე.** ეს შეფარდება მხოლოდ იმ ნივთიერების გვარობაზეა (სახეობაზეა) დამოკიდებული, რომლისგანაც სხეული შედგება და, შესაბამისად, მოცემული ნივთიერების მახასიათებლადაა მიჩნეული.

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც განისაზღვრება სხეულის მასის შეფარდებით მის მოცულობასთან, იმ ნივთიერების სიმკვრივე ეწოდება, რომლისგანაც სხეული შედგება:

$$\text{სიმკვრივე} = \frac{\text{მასა}}{\text{მოცულობა}}.$$

თუ გაითვალისწინებთ, რომ, ჩვეულებრივ, მასას m-ით აღნიშნავენ, მოცულობას – V-თი, ხოლო სიმკვრივეს – ρ-თი („რო“), მიიღებთ **ნივთიერების სიმკვრივის გამოსათვლელ ფორმულას:**

$$\rho = \frac{m}{V}. \qquad (1.7.1)$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ **ნივთიერების სიმკვრივე გვიჩვენებს, თუ რისი ტოლია ნივთიერების ერთეულოვანი მოცულობის** (მაგალითად, 1 სმ^3-ის, 1 მ^3-ის და ა.შ.) **მასა**.

თუ ცნობილია სხეულის მოცულობა და იმ ნივთიერების სიმკვრივე, რომლისგანაც სხეული შედგება, მაშინ 1.7.1 ფორმულის თანახმად, **სხეულის მასა** ასე გამოითვლება:

$$m = \rho \cdot V. \qquad (1.7.2)$$

სხეულის მასისა და მისი შემადგენელი ნივთიერების სიმკვრივის ცოდნა კი საშუალებას გვაძლევს, **სხეულის მოცულობა** შემდეგი ფორმულით გამოვთვალოთ:

$$V = \frac{m}{\rho}. \qquad (1.7.3)$$

1.7.2. სიმკვრივის ერთეული

გაითვალისწინეთ: უმეტეს შემთხვევაში ფიზიკური სიდიდის ერთეულს მისი ფორმულის დახმარებით ადგენენ. სიმკვრივის გამოსათვლელი 1.7.1 ფორმულით SI -ში სიმკვრივის ერთეულის დადგენა შეგვიძლია:

$$\text{სიმკვრივის ერთეული} = \frac{\text{მასის ერთეული}}{\text{მოცულობის ერთეული}}.$$

ეს ასე ჩაიწერება:

$$[\rho]_{SI} = \frac{[m]_{SI}}{[V]_{SI}} = \frac{1\ \text{კგ}}{1\ \text{მ}^3} = 1\frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}.$$

ამრიგად, **სიმკვრივის ერთეულად SI-ში მიღებულია 1 კგ/მ³ – ეს ისეთი ნივთიერების სიმკვრივეა, რომლის 1 მ³ მოცულობის მასა 1 კგ-ია.**

პრაქტიკაში ხშირად სიმკვრივის სხვა ერთეულიც, 1 გ/სმ³, გამოიყენება.

$$1\ \text{კგ/მ}^3 = 1000\ \text{გ/სმ}^3$$

$$1\ \text{გ/სმ}^3 = \frac{1}{1000}\ \text{კგ/მ}^3$$

მასა და მოცულობა სხეულის ფიზიკური მახასიათებლებია, ხოლო სიმკვრივე ნივთიერებას ახასიათებს. სიმკვრივის მიხედვით შეგვიძლია, ამოვიცნოთ ნივთიერება. 1.7.1 ცხრილში მოცემულია ნივთიერებათა სიმკვრივეები 20°C ტემპერატურისა და ნორმალური ატმოსფერული წნევის პირობებში (წნევას მომავალში შევისწავლით).

მყარი ნივთიერება **ცხრილი 1.7.1**

ნივთიერება	ρ, კგ/მ³	ρ, გ/სმ³	ნივთიერება	ρ, კგ/მ³	ρ, გ/სმ³
ყინული	900	0,9	ფოლადი, რკინა	7 800	7,8
აგური	1 800	1,8	სპილენძი	8 900	8,9
ალუმინი	2 700	2,7	ვერცხლი	10 500	10,5
თუჯი	7 000	7,0	ტყვია	11 300	11,3
თუთია	7 100	7,1	ოქრო	19 300	19,3

თხევადი ნივთიერება

ნივთიერება	ρ, კგ/მ³	ρ, გ/სმ³	ნივთიერება	ρ, კგ/მ³	ρ, გ/სმ³
ბენზინი	710	0,71	ზღვის წყალი	1030	1,03
ნავთი	800	0,8	რძე	1030	1,03
დიზელის საწვავი	800	0,8	გლიცერინი	1200	1,2
მზესუმზირის ზეთი	930	0,93	თაფლი	1350	1,35
სუფთა წყალი	1000	1	ვერცხლისწყალი	13 600	13,6

აირადი ნივთიერება

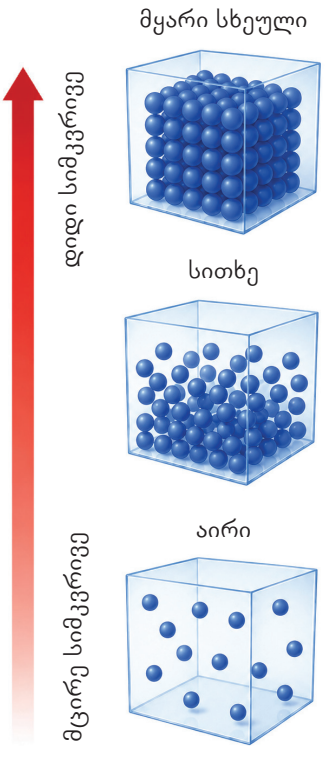
ნივთიერება	ρ, კგ/მ³	ρ, გ/სმ³	ნივთიერება	ρ, კგ/მ³	ρ, გ/სმ³
წყალბადი	0,09	0,00009	ბუნებრივი აირი	0,8	0,0008
ჰელიუმი	0,18	0,00018	ჰაერი	1,29	0,00129
წყლის ორთქლი	0,59	0,00059	ჟანგბადი	1,43	0,00143

1.7.3. რაზეა დამოკიდებული ნივთიერების სიმკვრივე?

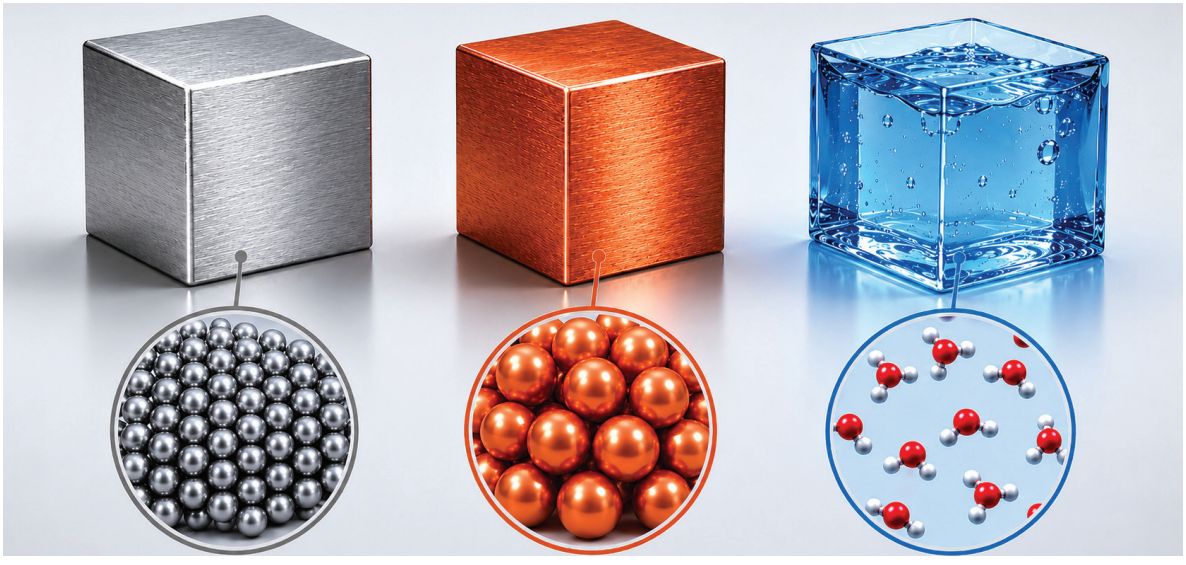
ერთი და იმავე ნივთიერების სიმკვრივე სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში განსხვავებულია. როგორც წესი, როცა ნივთიერება გადადის აირადი მდგომარეობიდან თხევადში ან თხევადიდან – მყარში, ნივთიერების სიმკვრივე იზრდება (სურ. 1.7.2). ასეთ დროს შემადგენელი ნაწილაკები არ იცვლება, მაგრამ იცვლება მათი ურთიერთგანლაგება: ნაწილაკები ერთმანეთს უახლოვდება და მათი სიმჭიდროვე იზრდება. ცხადია, იზრდება ერთეულოვან მოცულობაში ნივთიერების მასაც.

თუმცა ამ წესს გამონაკლისიც აქვს: მაგალითად, **წყლის (ასევე თუჯის, ბისმუტის) სიმკვრივე გამყარებისას მცირდება.** ამის მიზეზი ის არის, რომ ყინულის კრისტალის ფორმირებისას წყლის მოლეკულებს შორის საშუალო მანძილი იზრდება.

სხვადასხვა ნივთიერებისთვის სიმკვრივე (ანუ ერთეულოვანი მოცულობის მასა) განსხვავებულია, რაც მოცულობის ერთეულში შემადგენელი ნაწილაკების სხვადასხვა რაოდენობითა და, ასევე, ნაწილაკების განსხვავებული მასებითაა გამოწვეული (სურ. 1.7.3).



სურ. 1.7.2



სურ. 1.7.3

ნივთიერების სიმკვრივე დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზეც, რადგან სხეულთა ტემპერატურის ცვლილებისას მათი მოცულობაც იცვლება, ხოლო მასა უცვლელი რჩება.

ახალი ტერმინი:

სიმკვრივე.

საკლასო აქტივობა

ამოხსენით ამოცანები:

1. გაარკვიეთ, რა ნივთიერებისგანაა დამზადებული საყურე, რომლის მასაა 2,1 გ. ცნობილია, რომ წყლით სანახევროდ სავსე მენზურაში მისი ჩაშვების შემდეგ წყლის დონემ ორი დანაყოფით აიწია. დანაყოფის ფასი 0,1 სმ^3-ის ტოლია. მიიჩნიეთ, რომ საყურე მასიურია, ანუ მასში სიღრუე (სიცარიელე) არ არის.
2. ვანის ოქროს საყურეებიდან ერთის მასა 6,09 გ-ია, მეორესი კი – 6,05 გ (სურ. 1.7.4). გამოიკვლიეთ, მთლიანია (მასიურია) საყურეები, თუ სიღრუეა (სიცარიელეა) მათში. მიიჩნიეთ, რომ მათი მოცულობები, შესაბამისად, 0,6 სმ^3 და 0,5 სმ^3-ია.
3. განსაზღვრეთ, რა მოცულობის წყალი მიიღება 5 დმ^3 ყინულის დადნობის შედეგად.



სურ. 1.7.4. ვანის ოქროს საყურეები (ძვ. წ. IV საუკუნე).

უპასუხეთ კითხვებს

1. რას გვიჩვენებს ნივთიერების სიმკვრივე?
2. როგორ გამოითვლება ნივთიერების სიმკვრივე მასითა და მოცულობით?
3. როგორ განისაზღვრება სხეულის:
   ა) მასა სიმკვრივისა და მოცულობის საშუალებით?
   ბ) მოცულობა მასისა და სიმკვრივის საშუალებით?
4. რა არის სიმკვრივის ერთეული SI-ში და როგორ განისაზღვრება ის?
5. რა თანაფარდობა არსებობს სიმკვრივის სხვადასხვა ერთეულს შორის:
   1 გ/სმ^3 = ? კგ/მ^3; 1 კგ/მ^3 = ? გ/სმ^3.
6. რით არის გამოწვეული სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში ერთი და იმავე ნივთიერების (მაგალითად, წყლისა და ყინულის) სიმკვრივეთა შორის განსხვავება?
7. ერთსა და იმავე აგრეგატულ მდგომარეობაში სხვადასხვა ნივთიერებას სხვადასხვა სიმკვრივე აქვს. რით არის ეს გამოწვეული?
   ა) მოცულობის ერთეულში მოლეკულათა სხვადასხვა რაოდენობით;
   ბ) ნივთიერებათა მოლეკულების მასების სხვადასხვაობით;
   გ) ორივე ზემოხსენებული მიზეზით.
8. ცილინდრში, რომელსაც მჭიდროდ მორგებული დგუში აქვს, ჯერ შეუშვეს აირი, ხოლო შემდეგ შეკუმშეს (სურ. 1.7.5). როგორ ფიქრობთ, რა შეიცვალა ამ დროს?
   ა) აირის მოლეკულების მასა; ბ) აირის მასა;
   გ) აირის მოცულობა; დ) აირის სიმკვრივე.
   ახსენით, რამ გამოიწვია ეს ცვლილება.
9. რას ნიშნავს ჩანაწერი:
   ა) „ალუმინის სიმკვრივეა 2700 კგ/მ^3“;
   ბ) „თუჯის სიმკვრივეა 7 გ/სმ^3“.
10. გამოიყენეთ 1.7.1 ცხრილის მონაცემები და დაადგინეთ ნივთიერების გვარობა, თუ ცნობილია, რომ:
    ა) 1 სმ^3 მოცულობის ნივთიერების მასაა 1 გ;
    ბ) 1 მ^3 მოცულობის ნივთიერების მასაა 7 800 კგ.



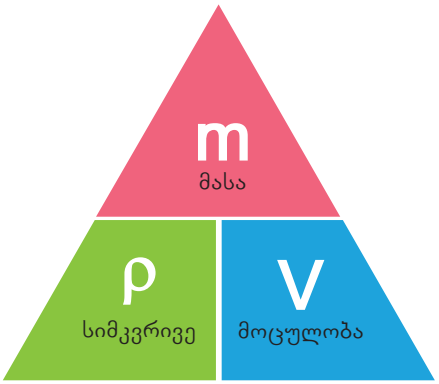
სურ. 1.7.5

კიდევ რა შეიძლება ვიცოდეთ

ფორმულების დამახსოვრება გაგიადვილდებათ, თუ ერთ სახალისო ხერხს მიმართავთ: ვთქვათ, გინდათ, რომ 1.7.1, 1.7.2 და 1.7.3 ფორმულები გაიხსენოთ.

- დააკვირდით 1.7.6 სურათზე გამოსახულ სამკუთხედს, რომელიც სამ ნაწილადაა გაყოფილი. თითოეულ ნაწილში ჩაწერილია ფიზიკური სიდიდის აღმნიშვნელი სიმბოლო: m მასაა, V – მოცულობა და ρ – სიმკვრივე.
- დააფარეთ სამკუთხედზე თითი იმ ფიზიკურ სიდიდეს, რომლის გამოთვლაც გჭირდებათ. დანარჩენი ორი სიმბოლოს განლაგება მის გამოსათვლელ ფორმულაზე მიგანიშნებთ.
  მაგალითად: თუ თითს დააფარებთ
  ა) m-ს, მაშინ ნახაზი „გიკარნახებთ“, რომ მასა ρ-სა და V-ს ნამრავლია (ეს ორი სიმბოლო ერთმანეთის გვერდითაა);
  ბ) ρ-ს, მაშინ ნახაზი „გიკარნახებთ“, რომ სიმკვრივე m-ისა და V-ს შეფარდების ტოლია (ანალოგიურად, იპოვით მოცულობასაც).

შენიშვნა: ფორმულების გახსენების ამგვარი ხერხი მომავალშიც, სხვა ფიზიკური სიდიდეების გამოთვლის დროსაც გამოგადგებათ.



$$m = \rho \cdot V$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

სურ. 1.7.6

როგორ იხსნება ამოცანები

ამოცანა 1

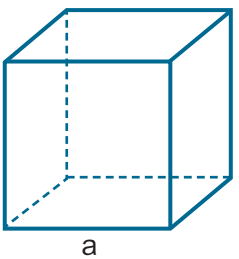
ყინულის კუბის წიბოს სიგრძე 2 სმ-ია, ხოლო მასა 5,85 გ. დაადგინეთ, აქვს თუ არა ყინულის კუბს შიგნით სიცარიელე (სიღრუე). თუ აქვს, იპოვეთ მისი მოცულობა. ყინულის სიმკვრივე 900 კგ/მ^3-ია.

ამოხსნა

იმისათვის, რომ გავიგოთ, აქვს თუ არა კუბს სიღრუე, კუბის მოცულობა უნდა შევადაროთ იმ მოცულობას, რომელიც, ზოგადად, მოცემული მასის ყინულს უკავია.

პირობის უკეთ გასააზრებლად, დავწეროთ ამოცანის მოცემულობა. აღვნიშნოთ:

- კუბის წიბოს სიგრძე a-თი (სურ. 1.7.7);
- კუბის მასა m-ით;
- ყინულის სიმკვრივე ρ-თი;
- კუბის მოცულობა V-თი;
- ყინულის მოცულობა $V_ყ$-თი;
- სიღრუის მოცულობა $V_{ღრუ}$-თი;



$$V = a^3$$

სურ. 1.7.7

მოც.: $a = 2$ სმ;
$m = 5{,}85$ გ;
$\rho = 900$ კგ/მ^3 $= 0,9$ გ/სმ^3.

უ.ვ.: აქვს თუ არა ყინულის კუბს სიღრუე?

- ვიპოვოთ კუბის მოცულობა, V:

$$V = a^3 = (2 \text{ სმ})^3 = 8 \text{ სმ}^3;$$

- ვიპოვოთ მოცულობა, რომელსაც კუბში არსებული $m = 5{,}85$ გ მასის ყინული იკავებს, $V_ყ$:

$$V_ყ = \frac{m}{\rho} = 6{,}5 \text{ სმ}^3;$$

- დავადგინოთ, არის თუ არა ყინულის კუბში სიღრუე:
როგორც ვხედავთ, კუბის მოცულობა (8 სმ^3) მეტია მასში არსებული ყინულის მოცულობაზე (6,5 სმ^3-ზე). ეს კი ნიშნავს, რომ კუბში სიცარიელე ანუ, სიღრუეა.
- გამოვთვალოთ კუბში არსებული სიღრუის მოცულობა:
ცხადია, სიღრუის მოცულობა $V_{ღრუ}$ ასე გამოითვლება:

$$V_{ღრუ} = V - V_ყ = 8 \text{ სმ}^3 - 6{,}5 \text{ სმ}^3 = 1{,}5 \text{ სმ}^3.$$

პასუხი: კუბს შიგნით აქვს სიღრუე, რომლის მოცულობაც არის 1,5 სმ^3.

ამოცანა 2

თითბერი სპილენძისა და თუთიის შენადნობია. მას ოქროსფერი შეფერილობა აქვს და ხშირად დეკორატიული ნივთების, მუსიკალური ინსტრუმენტებისა და ჭურჭლის დასამზადებლად იყენებენ. თითბრისგანაა დამზადებული ვახტანგ VI-ის კუთვნილი ასტროლაბი (სურ. 1.7.8), რომელიც ასტრონომიული და გეოგრაფიული კვლევებისთვის გამოიყენებოდა. ხელსაწყო დამზადებულია ირანელი ოსტატის აბდულ-აზიმ უმცროსის მიერ 1712–1719 წლებში.

განსაზღვრეთ თითბრის სიმკვრივე, თუ ის 890 გ სპილენძისა და 400 სმ^3 თუთიის შენადნობია. ცნობილია, რომ სპილენძის სიმკვრივეა 8,9 გ/სმ^3, ხოლო თუთიისა – 7,1 გ/სმ^3. მიიჩნიეთ, რომ შენადნობის (თითბრის) მოცულობა სპილენძისა და თუთიის მოცულობათა ჯამის ტოლია.



სურ. 1.7.8. ვახტანგ VI-ის ასტროლაბი.

ამოხსნა

თითბრის სიმკვრივის საპოვნელად საჭიროა ვიცოდეთ მთლიანი შენადნობის მასა და მისი სრული მოცულობა.

პირობის უკეთ გასააზრებლად, დავწეროთ ამოცანის მოცემულობა. აღვნიშნოთ:

- სპილენძის მასა m_1-ით; სპილენძის სიმკვრივე ρ_1-ით;
- თუთიის მოცულობა V_2-ით; თუთიის სიმკვრივე: ρ_2-ით;
- თითბრის სიმკვრივე: ρ-თი;

მოც.: $m_1 = 890$ გ,
$\rho_1 = 8{,}9$ გ/სმ³;
$V_2 = 400$ სმ³;
$\rho_2 = 7{,}1$ გ/სმ³.

უ.ვ.: ρ

- ვიპოვოთ სპილენძის მოცულობა, V_1:
  სპილენძის მოცულობა მისი მასისა და სიმკვრივის დახმარებით, ასე გამოითვლება:
  $$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} = 100 \text{ სმ}^3;$$
- ვიპოვოთ თუთიის მასა, m_2:
  თუთიის მასა მისი მოცულობისა და სიმკვრივის მიხედვით ასე გამოითვლება:
  $$m_2 = \rho_2 \cdot V_2 = 2840 \text{ გ};$$
- ვიპოვოთ თითბრის მასა, m:
  $$m = m_1 + m_2 = 3730 \text{ გ};$$
- ვიპოვოთ თითბრის მოცულობა, V:
  ამოცანის პირობის თანახმად, შენადნობის მოცულობა სპილენძისა და თუთიის მოცულობათა ჯამის ტოლია:
  $$V = V_1 + V_2 = 500 \text{ სმ}^3;$$
- გამოვთვალოთ შენადნობის (თითბრის) სიმკვრივე, ρ:
  $$\rho = \frac{m}{V} = 7{,}46 \text{ გ/სმ}^3.$$

პასუხი: თითბრის სიმკვრივეა 7,46 გ/სმ³.

საშინაო აქტივობა

1. ამოხსენით ამოცანები:

1. დაალაგეთ ზრდის მიხედვით სიმკვრივეები: 2,1 გ/სმ³; 1500 კგ/მ³; 900 გ/დმ³.
2. როგორ იცვლება რკინის სხეულის სიმკვრივე მისი ტემპერატურის გაზრდისას? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. შეიცვლება თუ არა წყლის სიმკვრივე, თუ მას 1-ლიტრიანი ქილიდან 3-ლიტრიან ქილაში გადავასხამთ? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. იპოვეთ ალუმინის სიმკვრივე, თუ ცნობილია, რომ მისგან დამზადებული 2 დმ³ მოცულობის სხეულის მასა 5,4 კგ-ია.
5. რა ნივთიერებისგანაა დამზადებული 178 გ მასის სამაჯური, თუ მის დასამზადებლად 20 სმ³ მოცულობის ნივთიერება გამოიყენეს.
6. იპოვეთ, რა მოცულობა აქვს 6 კგ მასის ნივთიერებას, რომლის სიმკვრივე 1,2 გ/სმ³-ია.
7. 480 გ მასის ნავთის მოცულობაა მეტი, თუ 495 გ მზესუმზირის ზეთის? რამდენით მეტია ერთი მათგანი მეორეზე?
8. 40 კგ მასის წყალი ჩაასხეს კუბის ფორმის აკვარიუმში. რა სიმაღლე ექნება წყალს აკვარიუმში, თუ კუბის წიბოს სიგრძე 50 სმ-ია.
9. სამშენებლო აგურის ზომები 250 მმ x 60 მმ x 65 მმ-ია და მას სიღრუე არ აქვს. იპოვეთ აგურის მასა, თუ ცნობილია, რომ მისი სიმკვრივე 1800 კგ/ მ³-ის ტოლია.

10. მენზურაში 150 მლ წყალი ასხია. როდესაც მასში ფოლადის 15 ერთნაირი ბურთულა მოათავსეს, წყლის დონე მენზურაში 210 მლ ნიშნულზე დადგა. იპოვეთ ერთი ბურთულას მასა.
11. დაადგინეთ, აქვს თუ არა 200 სმ^3 მოცულობის ალუმინის სხეულს სიღრუე, თუ მისი მასა 500 გ-ია.
12. გამოთვალეთ, რა მოცულობის სიღრუე აქვს 40 სმ^3 მოცულობის ვერცხლის ნაკეთობას, თუ მისი მასა 273 გ-ია.
13. ცარიელი ჭიქის მასა 120 გ-ია. როდესაც ჭიქა პირამდე გაავსეს წყლით, ჭიქის მასა 320 გ გახდა, ხოლო როდესაც იგივე ჭიქა უცნობი სითხით პირამდე გაავსეს – გახდა 280 გ. იპოვეთ უცნობი სითხის სიმკვრივე.
14*. 1,2 გ/სმ^3 სიმკვრივისა და 2 ლ მოცულობის სითხეს შეურიეს 1500 კგ/მ^3 სიმკვრივის 3 ლ მოცულობის სითხე. მიიჩნიეთ, რომ ნარევის მოცულობა სითხეების მოცულობათა ჯამის ტოლია და გამოთვალეთ ნარევის სიმკვრივე.
15*. ნედლი სოკოს მასის 80 % წყალია, გამომშრალში კი მასის 50 %-ია წყალი. რამდენჯერ შეიცვალა სოკოს სიმკვრივე გამოშრობისას, თუ ამ დროს მისი მოცულობა 4-ჯერ შემცირდა?

2. როგორ ამოხსნა არქიმედემ ოქროს გვირგვინის საიდუმლო?

წარმოიდგინეთ, რომ ხელოვნების ძველი ნიმუშების ექსპერტი ხართ და გევალებათ დაადგინოთ, ნამდვილად ოქროსგანაა დამზადებული, თუ არა ვანში აღმოჩენილი დიადემა (სურ. 1.7.9). ასეთ შემთხვევაში თქვენ წინაშე ის ამოცანა დგას, რომელიც არქიმედემ მეფის დავალების შესასრულებლად გადაჭრა.

1. დაგეგმეთ სამუშაო, რომელიც, სავარაუდოდ, არქიმედემ ჩაატარა იმ მიზნით, რომ გვირგვინის სიმკვრივე ეპოვა. გაითვალისწინეთ, რომ არქიმედეს მხოლოდ სასწორი ჰქონდა და აღმოაჩინა ხერხი, თუ როგორ უნდა ეპოვა არასწორი გეომეტრიული ფორმის მქონე სხეულის მოცულობა.
2. აღწერეთ, სამუშაოს შესრულების ეტაპები: როგორ გაიგო არქიმედემ გვირგვინის სიმკვრივე? სუფთა ოქროს სიმკვრივე?
3. ვთქვათ, არქიმედემ გამოთვალა სუფთა ოქროს სიმკვრივე (ρ) და იმ ნივთიერების სიმკვრივე (ρ_1), რომლისგანაც გვირგვინი იყო დამზადებული.
4. არქიმედემ შეადარა ერთმანეთს ρ და ρ_1. რა დასკვნებს გამოიტანდა ის, თუ აღმოაჩენდა, რომ: ა) $\rho_1 = \rho$; ბ) $\rho_1 < \rho$; გ) $\rho_1 > \rho$.



სურ. 1.7.9. ვანის ოქროს დიადემა. ძვ.წ. IV ს.



სურ. 1.7.10

3. დაგეგმეთ პრაქტიკული სამუშაო, როგორ იპოვით:

1. ქვის სიმკვრივეს;
2. სარეცხის საპნის სიმკვრივეს (შეარჩიეთ საპონი, რომელსაც მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმა აქვს);
3*. A4 ფორმატის თაბახის ფურცლის: ა) სიმკვრივეს; ბ) მასას; გ) დასტის მასას.

გაითვალისწინეთ: გაქვთ მხოლოდ სახაზავი და ის მონაცემები, რომლებიც ფურცლების დასტის შეფუთვაზეა მითითებული (სურ. 1.7.10). **შეადარეთ ერთმანეთს** თქვენი და თანაკლასელების მიერ აღწერილი ექსპერიმენტები და სავარაუდო შედეგები.

თემა II. მექანიკური მოვლენები

თავი I. თანაბარი და არათანაბარი მოძრაობა

ამ თავში თქვენ გაეცნობით:

- რა არის მექანიკური მოძრაობა და რა შემთხვევაში ვამბობთ, რომ „სხეული მოძრაობს“;
- ათვლის სხეულს და რატომ არის ის აუცილებელი მოძრაობის აღწერისთვის;
- მოძრაობის ფარდობითობის პრინციპს და აღმოაჩენთ, რომ აბსოლუტურად უძრავი სხეული არ არსებობს;
- თანაბარ და არათანაბარ მოძრაობას და მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეს – სიჩქარეს;
- სიჩქარეთა შეკრების წესს და მის მნიშვნელობას ყოველდღიურ ყოფა-ცხოვრებაში.



2.1. მექანიკური მოძრაობა

„ყველაფერი მიედინება, ყველაფერი იცვლება“ – თქვა ჯერ კიდევ 25 საუკუნის წინ ბერძენმა ფილოსოფოსმა ჰერაკლიტემ. მართლაც, თითოეულ თქვენგანს შეუმჩნევია, რომ ჩვენ გარშემო არსებული სამყარო მუდმივად იცვლება: წყალი ორთქლდება, ყინული დნება, ცოცხალი ორგანიზმები იზრდება და ვითარდება, მიმდინარეობს ნივთიერებათა გარდაქმნა, მოძრაობს პლანეტები, ვარსკვლავები და ა.შ. **გარემომცველი სამყაროს დამახასიათებელი თვისება მისი განუწყვეტელი ცვალებადობაა.**

ბუნებაში მიმდინარე უამრავი მოვლენიდან თქვენთვის განსაკუთრებით ნაცნობია **მოძრაობა**. ჩვენ ყოველდღიურად ვხედავთ, როგორ მოძრაობს ავტომობილი, თვითმფრინავი, ღრუბლები, ხის ტოტები ქარიან ამინდში, მდინარეში წყალი (სურ. 2.1.1) და ა.შ.

და მაინც, რა არის მოძრაობა? რა შემთხვევაში ვამბობთ, რომ სხეული მოძრაობს?

ამ კითხვებზე პასუხის გაცემას პარაგრაფის გაცნობის შემდეგ შეძლებთ.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაეცნობით:** მექანიკურ მოძრაობას, მოძრაობისა და უძრაობის ფარდობითობას, ტრაექტორიას, გავლილ მანძილს;
- **შეძლებთ:** განასხვაოთ მოძრაობის სახეები, იმსჯელოთ ამოცანის პირობებზე, რომელშიც შეიძლება, სხეული ნივთიერ წერტილად მივიჩნიოთ.

მოცემული თავის დამატებითი ელექტრონული რესურსები იხილეთ QR-კოდზე:

2.1.1. მექანიკური მოძრაობა

ჩვეულებრივ, როდესაც სხეულის მოძრაობაზე ვსაუბრობთ, ვგულისხმობთ სხეულის მდებარეობის ცვლილებას დედამიწის ზედაპირის მიმართ ან იმ სხეულების მიმართ, რომლებიც დედამიწის მიმართ უძრავია. მაგალითად, ავტომობილის მოძრაობისას მივიჩნევთ, რომ მისი მდებარეობა იცვლება გზის, შენობის ან განათების ბოძის მიმართ. მდინარის წყლის მოძრაობაში (დინებაში) ვგულისხმობთ წყლის მდებარეობის ცვლილებას ნაპირის ან ხიდის მიმართ, ღრუბლის მოძრაობაში კი – მისი მდებარეობის ცვლილებას დედამიწის მიმართ. ფიზიკაში მოძრავად ითვლება სხეული, თუ მისი მდებარეობა იცვლება ნებისმიერი სხვა სხეულის მიმართ და ამ მოვლენას, არა უბრალოდ მოძრაობას, არამედ **მექანიკურ მოძრაობას** უწოდებენ.







სურ. 2.1.1

მოვლენას, რომლის დროსაც სხეულის მდებარეობა სივრცეში სხვა სხეულის (სხეულების) მიმართ იცვლება, მექანიკური მოძრაობა ჰქვია.

სხეულს, რომლის მიმართაც განიხილება მოცემული სხეულის მოძრაობა, **ათვლის სხეული** ეწოდება.





მექანიკური მოძრაობა

2.1.2. მოძრაობის ფარდობითობა

წარმოიდგინეთ, რომ ავტომობილით მგზავრობს ორი ადამიანი: მძღოლი და მგზავრი (სურ. 2.1.2). მგზავრი მძღოლის გვერდით ზის და მის მიმართ მდებარეობას არ იცვლის, ანუ მგზავრი მძღოლის მიმართ უძრავია.



სურ. 2.1.2

თუმცა იგივე მგზავრი გაჩერებაზე მდგომი ადამიანის მიმართ მდებარეობას იცვლის და, შესაბამისად, მის მიმართ მოძრავია. ე.ი. იმის მიხედვით, თუ რომელ სხეულს ავირჩევთ ათვლის სხეულად (მძღოლს თუ გაჩერებაზე მდგომ ადამიანს), ერთი და იგივე სხეული (მგზავრი) შეიძლება მოძრავიც იყოს და უძრავიც. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ **მოძრაობა და უძრაობა ფარდობითია**: **მოცემული სხეული ერთსა და იმავე დროს შეიძლება მოძრაობდეს ერთი ათვლის სხეულის მიმართ, ხოლო მეორის მიმართ უძრავი იყოს.**





სურ. 2.1.3

თუ მოცემული სხეული ერთი ათვლის სხეულის მიმართ უძრავია, აუცილებლად ვიპოვით ათვლის სხვა სხეულს, რომლის მიმართაც ის მოძრავი იქნება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ **აბსოლუტურად უძრავი სხეული არ არსებობს**. მაგალითად: სკოლის შენობა უძრავია დედამიწის მიმართ, მაგრამ მზის მიმართ დედამიწასთან ერთად მოძრაობს.

2.1.3. მოძრაობის სახეები

მექანიკური მოძრაობა შეიძლება იყოს ბრუნვითი და გადატანითი.

ბრუნვითი მოძრაობა ისეთი მოძრაობაა, რომლის დროსაც სხეული გარკვეული ღერძის გარშემო ბრუნავს. ამ ღერძს **ბრუნვის ღერძი** ჰქვია.

ბრუნვითი მოძრაობისას სხეულის წერტილები მოძრაობს წრეწირებზე, რომელთა ცენტრები ბრუნვის ღერძზე მდებარეობს.

ბრუნვის ღერძი შეიძლება იყოს რეალური ან წარმოსახვითი: მაგალითად, რეალური ღერძის გარშემო ბრუნავს ავტომობილისა და ველოსიპედის ბორბლები, თვითმფრინავისა და გემის ხრახნები (სურ. 2.1.3), გლობუსი და ა. შ. წარმოსახვითი ღერძის გარშემო ბრუნავს, მაგალითად, დედამიწა, ასევე მოციგურავე ადგილზე ბრუნვისას (სურ. 2.1.4).



სურ. 2.1.4

გადატანითი მოძრაობა ისეთი მოძრაობაა, რომლის დროსაც სხეულის ყველა წერტილი ერთნაირად მოძრაობს. გადატანითი მოძრაობის დროს სხეულის

ნებისმიერ ორ წერტილზე გავლებული წრფე თავისი თავის პარალელური რჩება. მაგალითად, გადატანით მოძრაობას ასრულებს (სურ. 2.1.5): ა) საბაგიროს კაბინა, ბ) ტვირთი, რომელიც ამწეს ააქვს და ა.შ.

სხეულის გადატანითი მოძრაობისას საკმარისია მისი ერთი რომელიმე წერტილის მოძრაობის აღწერა, რადგან ასეთ შემთხვევაში სხეულის წერტილების მოძრაობა ერთმანეთისაგან არ განსხვავდება.

2.1.4. ნივთიერი წერტილი

ზოგჯერ, სხეულის მოძრაობის შესწავლისას, შესაძლებელია, რომ მისი ზომები არ გავითვალისწინოთ და სხეული წერტილად მივიჩნიოთ. მაგალითად, დედამიწა შეიძლება წერტილად მივიჩნიოთ, როდესაც აღვწერთ მის მოძრაობას მზის გარშემო.

დედამიწის დღეღამური ბრუნვის აღწერისას მას წერტილად ვერ მივიჩნევთ, რადგან ამ შემთხვევაში დედამიწის სხვადასხვა წერტილის მოძრაობები მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისგან.

სხეულის გადატანითი მოძრაობის შემთხვევაშიც, მიუხედავად იმისა, რომ მისი ყველა წერტილი ერთნაირად მოძრაობს, სხეულის ზომების გათვალისწინება ზოგჯერ აუცილებელია. მაგალითად, როდესაც გვაინტერესებს, რა დროში გადაივლის მატარებელი ხიდს, რომლის სიგრძე მატარებლის სიგრძეზე ბევრად მეტი არ არის, მატარებელს წერტილად ვერ მივიჩნევთ.

სხეულს, რომლის ზომა ამოცანის მოცემულ პირობებში შეიძლება უგულებელვყოთ, ნივთიერი წერტილი ეწოდება.

ა)



ბ)



სურ. 2.1.5

2.1.5. მოძრაობის ტრაექტორია

მოძრაობისას სხეული (ნივთიერი წერტილი) შემოწერს გარკვეულ წირს, რომელსაც სხეულის (ნივთიერი წერტილის) **მოძრაობის ტრაექტორია** ეწოდება.

ტრაექტორია შეიძლება იყოს ხილულიც და უხილავიც. ხილულია იმ სხეულის ტრაექტორია, რომელიც მოძრაობისას კვალს ტოვებს. მაგალითად, კვალს ტოვებს მოთხილამურე თოვლზე, ავტომობილი მკვეთრი დამუხრუჭებისას, ზოგჯერ თვითმფრინავიც ცაზე და სხვა (სურ. 2.1.6). უხილავია, მაგალითად, გასროლილი ისრისა და მოფარფატე ფოთლის მოძრაობის ტრაექტორიები.



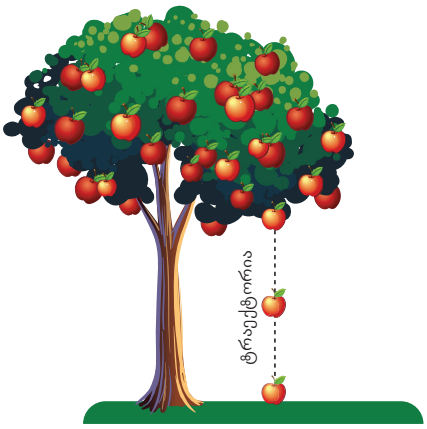




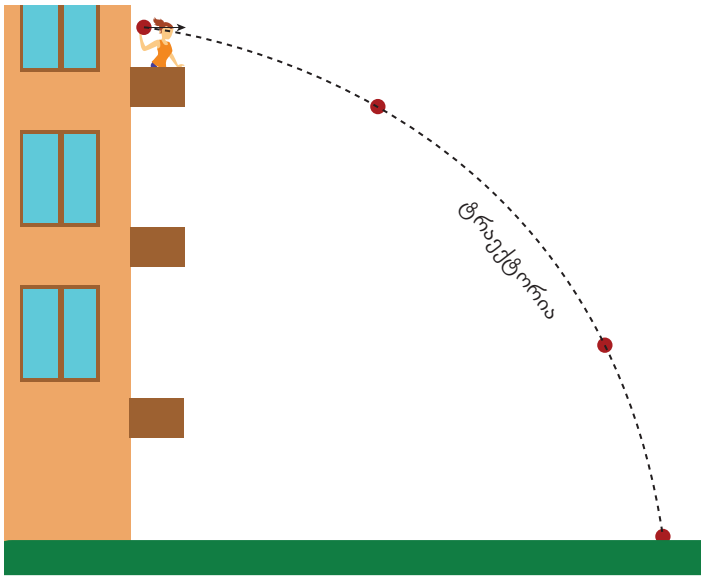
სურ. 2.1.6

ფორმის მიხედვით **ტრაექტორია შეიძლება იყოს წრფივი ან მრუდწირული.** მაგალითად: უქარო ამინდში ხის ტოტიდან მოწყვეტილი ვაშლის მოძრაობის

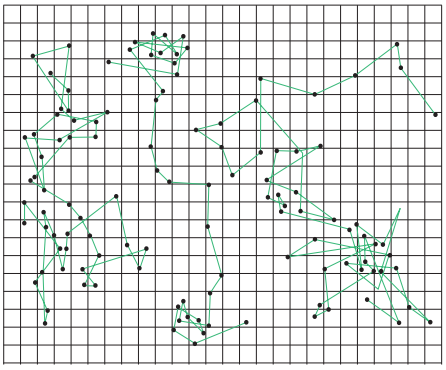
ტრაექტორია წრფეა (სურ. 2.1.7), ჰორიზონტალურად გასროლილი ბურთის – მრუდი წირი (სურ. 2.1.8), ბროუნის ნაწილაკის მოძრაობისა კი – ტეხილი (სურ. 2.1.9).



სურ. 2.1.7



სურ. 2.1.8

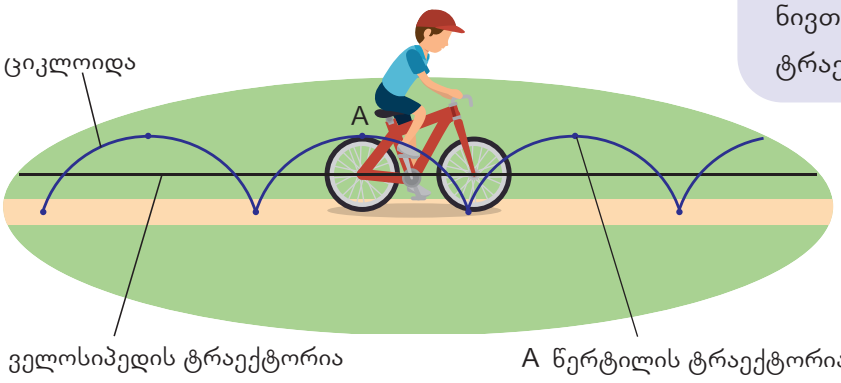


სურ. 2.1.9. ბროუნის ნაწილაკის მოძრაობის ტრაექტორიები, რომლებიც 1906 წელს ფრანგმა მეცნიერმა ჟან პერენმა აღწერა

ტრაექტორია ფარდობითია – მისი ფორმა ათვლის სხეულის არჩევაზეა დამოკიდებული. მაგალითად, მოძრავი ველოსიპედის ბორბლის რომელიმე კიდურა წერტილის ტრაექტორია ველოსიპედისტის მიმართ წრეწირია, ხოლო დედამიწის მიმართ – ციკლოიდა (სურ. 2.1.10).

ახალი ტერმინები:

მექანიკური მოძრაობა;
ათვლის სხეული;
მოძრაობის ფარდობითობა;
ბრუნვითი მოძრაობა;
გადატანითი მოძრაობა;
ნივთიერი წერტილი;
ტრაექტორია.



სურ. 2.1.10

2.1.6. გავლილი მანძილი

სხეულთა მოძრაობის ტრაექტორიები ერთმანეთისგან გარდა ფორმისა, სიგრძითაც განსხვავდება.

სხეულის მიერ მოძრაობისას აღწერილი ტრაექტორიის სიგრძეს გავლილი მანძილი ეწოდება.

გავლილ მანძილს ℓ -ით, d-თი ან s-ით აღნიშნავენ.

მანძილის ერთეული SI-ში 1 მეტრია, თუმცა, ხშირად პრაქტიკაში სხვა ერთეულებსაც იყენებენ, მაგალითად: 1 სმ-ს, 1 მმ-ს, 1 კმ-ს და სხვა.

გავლილი მანძილი ფიზიკური სიდიდეა: ის შეიძლება გამზომი ხელსაწყოთი (სახაზავით, საზომი ლენტით) გაიზომოს ან ფორმულით გამოითვალოს.

ავტომობილის და ველოსიპედის გავლილ მანძილს **ოდომეტრით** ზომავენ (სურ. 2.1.11).

თუ სხეულმა ტრაექტორიის რაიმე უბანი რამდენჯერმე გაიარა, მაშინ გავლილი მანძილის საპოვნელად ამ უბნის სიგრძე მისი გავლის რაოდენობაზე უნდა გავამრავლოთ.



სურ. 2.1.11

დააკვირდით ტრაექტორიის ფარდობითობას **ვირტუალურ ლაბორატორიაში:**

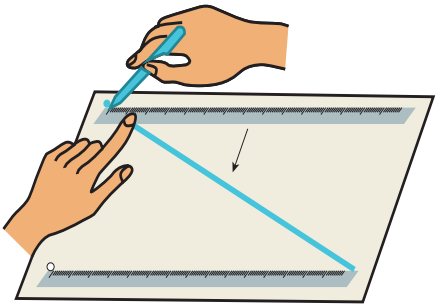
საკლასო აქტივობა

ჩაატარეთ ცდა და დააკვირდით ტრაექტორიის ფარდობითობას:

ცდისთვის საჭიროა: სახაზავი, ფანქარი, რვეულის ფურცელი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. დადეთ მაგიდაზე რვეულის ფურცელი და მის ერთ მხარეს, კიდის პარალელურად, სახაზავი მოათავსეთ;
2. ფანქარი სახაზავს გასწვრივ გააყოლეთ ისე, რომ იგი სახაზავს არ მოშორდეს და „იმავდროულად“ სახაზავი გაასრიალეთ ფურცლის მოპირდაპირე კიდისკენ ისე, როგორც სურათზეა ნაჩვენები (სურ. 2.1.13);
3. აღწერეთ, როგორია ფანქრის წვერის ტრაექტორია:
ა) ფურცლის მიმართ; ბ) სახაზავის მიმართ.
4. იმსჯელეთ ცდის შედეგზე და **გამოიტანეთ დასკვნა:** არის თუ არა დამოკიდებული ტრაექტორია ათვლის სხეულის არჩევაზე.



სურ. 2.1.13

- მოიფიქრეთ და აღწერეთ მსგავსი მაგალითები, როდესაც სხეულის ტრაექტორია სხვადასხვა ათვლის სხეულის მიმართ განსხვავებულია.
- დაგეგმეთ განსხვავებული ექსპერიმენტი ტრაექტორიის ფარდობითობაზე დასაკვირვებლად. აღწერეთ ექსპერიმენტის მსვლელობის ეტაპები.

უპასუხეთ კითხვებს

1. დაასახელეთ ათვლის სხეული (სხეულები), რომელთა მიმართაც უძრავია:
   ა) დედამიწა; ბ) მოძრავ ავტობუსში მჯდომი მგზავრი;
2. დაასახელეთ ათვლის სხეული (სხეულები), რომელთა მიმართაც მოძრავია:
   ა) დედამიწა; ბ) მოძრავ ავტობუსში მჯდომი მგზავრი;
3. რა სახისაა მატარებლის მოძრაობა? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. დაასახელეთ სატრანსპორტო საშუალება, რომელიც მუდმივად უცვლელი ტრაექტორიით მოძრაობს;
5. დაფიქრდი: შეიძლება თუ არა დედამიწა მივიჩნიოთ ნივთიერ წერტილად, როდესაც განვიხილავთ მის მოძრაობას:
   ა) მზის გარშემო წრიულ ორბიტაზე? ბ) საკუთარი ღერძის გარშემო?
6. შეიძლება თუ არა, თვითმფრინავი მივიჩნიოთ ნივთიერ წერტილად ანგარში შესვლისას? ერთი ქვეყნიდან მეორეში გადაფრენისას?
7. რა ფორმისაა მოძრავი ვაგონის თაროდან გადმოვარდნილი სხეულის ტრაექტორია ვაგონის მიმართ? დედამიწის მიმართ? რა დასკვნას გამოიტანდით ტრაექტორიის ფარდობითობის შესახებ?

რა ვისწავლეთ

- **სხეულის მექანიკური მოძრაობა ეწოდება მისი მდებარეობის ცვლილებას სივრცეში სხვა სხეულის (სხეულების) მიმართ;**
- **სხეულს, რომლის მიმართაც განიხილება სხვა სხეულის მოძრაობა, ათვლის სხეული ეწოდება;**
- **მოძრაობა და უძრაობა ფარდობითია;**
- **აბსოლუტურად უძრავი სხეული არ არსებობს;**
- **სხეულს, რომლის ზომა ამოცანის მოცემულ პირობებში შეიძლება უგულებელვყოთ, ნივთიერი წერტილი ეწოდება;**
- **წირს, რომელსაც სხეული მოძრაობისას აღწერს, ტრაექტორია ჰქვია;**
- **ტრაექტორიის სიგრძეს გავლილი მანძილი ეწოდება.**

ეს საინტერესოა

მოვლენები, რომლებშიც მოძრაობის ფარდობითობას ამოვიცნობთ, ჩვენს გარშემო უამრავია, მაგალითად:

1. ალბათ ხშირად შეგინიშნავთ, როგორ მოძრაობს მთვარე უღრუბლო, ვარსკვლავებით მოჭედილ ცაზე – საკმაოდ ნელა და თითქმის შეუმჩნევლად.

თუ ამ დროს ცაზე ფთილა ღრუბლები გამოჩნდება, რომლებიც მთვარეს სწრაფად ჩაუვლის, შეიძლება მოგეჩვენოთ, რომ მთვარე უფრო სწრაფად ამოძრავდა (სურ. 2.1.14). შესაძლოა, იფიქროთ კიდეც, რომ მან მოძრაობის მიმართულებაც შეიცვალა.



სურ. 2.1.14

საქმე ის არის, რომ სანამ ღრუბლები გამოჩნდებოდა, თქვენთვის ათვლის სხეული ვარსკვლავები იყო, რომელთა მიმართ მთვარის მოძრაობა ნელი ჩანდა – იგი მათ ფონზე თითქმის შეუმჩნევლად იცვლიდა მდებარეობას.

მას შემდეგ, რაც ცაზე ღრუბლები გამოჩნდა, ყურადღება მათზე გადაიტანეთ და სწორედ ისინი მიიჩნიეთ ათვლის სხეულად. მოძრავი ღრუბლების მიმართ მთვარის მოძრაობა კი სხვაგვარად აღიქმება: გეჩვენებათ, რომ მთვარე უფრო სწრაფად ამოძრავდა, ზოგჯერ კი თითქოს მოძრაობის მიმართულებაც შეიცვალა.

2. როდესაც მატარებლით მგზავრობისას შემხვედრი მატარებელი ჩაგივლით, გეგონებათ, რომ თქვენი მატარებლის სიჩქარე უცებ ძალიან გაიზარდა (სურ. 2.1.15). მას შემდეგ კი, რაც მეორე მატარებელი თქვენი ვაგონის ფანჯარას გასცდება, მოგეჩვენებათ, რომ თქვენი მატარებელი შენელდა.



სურ. 2.1.15

რატომ ხდება ასე? შემხვედრი მატარებლის ჩავლისას ათვლის სხეულად მას მიიჩნევთ. მის მიმართ კი, მართლაც, უფრო სწრაფად მოძრაობთ, ვიდრე დედამიწის მიმართ. შემხვედრი მატარებლის ჩავლის შემდეგ კი ათვლის სხეული თქვენთვის ისევ დედამიწაა, რომლის მიმართაც უფრო ნელა მოძრაობს თქვენი მატარებელი და სწორედ ამიტომ მოგეჩვენებათ, რომ ის შენელდა.

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა: მოძებნეთ სწორი პასუხი

1. მოცემული სხეულის მდებარეობის ცვლილებას სხვა სხეულების მიმართ ჰქვია:
ა) მოძრაობის ფარდობითობა; ბ) მექანიკური მოძრაობა;
გ) უძრაობის ფარდობითობა; დ) მექანიკური ცვლილება.

2. სხეული, რომლის მიმართაც განიხილება მოძრაობა, არის:
ა) ნივთიერი წერტილი; ბ) ათვლის სხეული;
გ) საწყისი წერტილი; დ) უძრავი სხეული.

3. გზაზე მოძრავი ავტომობილი უძრავია:
ა) გზის პირას მდგარი ხის მიმართ; ბ) ავტომობილის მძღოლის მიმართ;
გ) შემხვედრი მანქანის მიმართ; დ) დედამიწის მიმართ.

4. სხეულს, რომლის ზომები ამოცანის მოცემულ პირობებში შეიძლება უგულებელვყოთ, ეწოდება:
ა) მოძრავი წერტილი; ბ) ფიზიკური სხეული;
გ) ნივთიერი წერტილი; დ) ათვლის სხეული.

5. დედამიწა ნივთიერ წერტილად შეიძლება მივიჩნიოთ:
ა) როდესაც აღვწერთ დედამიწის დღეღამურ ბრუნვას;
ბ) როდესაც ვგეგმავთ მოგზაურობას ერთი კონტინენტიდან მეორეზე;
გ) როდესაც განვიხილავთ მის მოძრაობას მზის გარშემო ორბიტაზე;
დ) როდესაც ვითვლით დედამიწაზე წყლით დაფარული ზედაპირის ფართობს.

6. მატარებელს ნივთიერ წერტილად ვერ მივიჩნევთ, როდესაც
ა) ის თბილისიდან სოხუმში ჩადის და ვითვლით მის მიერ გავლილ მანძილს;
ბ) ის თბილისიდან სოხუმში ჩადის და ვითვლით მისი მოძრაობის დროს;
გ) ის მდინარის ხიდზე გადადის;
დ) მის მოძრაობას რუკაზე ნავიგაციით ვაკვირდებით.

7. მოძრაობის ფარდობითობა ნიშნავს, რომ:
ა) სხეული მოძრავია ნებისმიერი ათვლის სხეულის მიმართ;
ბ) სხეული უძრავია ნებისმიერი ათვლის სხეულის მიმართ;
გ) სხეული შეიძლება ერთდროულად იყოს უძრავიც და მოძრავიც ერთი და იმავე ათვლის სხეულის მიმართ;
დ) სხეული შეიძლება ერთდროულად უძრავიც იყოს და მოძრავიც სხვადასხვა ათვლის სხეულის მიმართ.

8. წირს, რომელსაც სხეული მოძრაობისას აღწერს, ეწოდება:
ა) მოძრაობის მონაკვეთი; ბ) გავლილი მანძილი;
გ) მოძრაობის ტრაექტორია; დ) გავლილი წირი.

2.2. თანაბარი მოძრაობა თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე

იცით თუ არა, რომ:

- ბუნებაში ყველაზე სწრაფად სინათლე ვრცელდება – ის ვაკუუმში ერთ წამში 300 000 კილომეტრს გადის;
- ბგერა ჰაერში ერთ წამში დაახლოებით 340 მეტრს გადის, წყალში კი – 4-5-ჯერ უფრო მეტს;
- ხმელეთის ყველაზე სწრაფ ცხოველად გეპარდია მიჩნეული, წყალში „რეკორდსმენი“ კი – იალქნიანი თევზია (იხ. გვ. 98);
- ყველაზე სწრაფი ადამიანი იამაიკელი მორბენალი უსეინ ბოლტია, რომელსაც „ადამიანი – ელვასაც“ უწოდებენ. 2009 წლის მსოფლიო ჩემპიონატზე მან 100 მეტრი 9,58 წამში გაირბინა.

ლოკოკინა, კუ და ზარმაცა ერთ-ერთ ყველაზე ნელა მოძრავ ცხოველებს განეკუთვნებიან.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ მაგალითებში მოძრაობები ერთმანეთისგან სისწრაფით განსხვავდება. მოძრაობის სისწრაფეს ახასიათებენ ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც **სიჩქარე** ჰქვია.

რა არის სიჩქარე? რას გვიჩვენებს ის? ამ კითხვებზე პასუხის გაცემას პარაგრაფის გაცნობის შემდეგ შეძლებთ.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაეცნობით:** თანაბარ მოძრაობას და მის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეს – სიჩქარეს;
- **შეძლებთ:** გამოთვალოთ თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე, სხეულის მიერ გავლილი მანძილი და მოძრაობის დრო.

2.2.1. თანაბარი მოძრაობა

განვიხილოთ მოძრაობის მაგალითი. ვთქვათ, გზაზე მოძრაობს ველოსიპედისტი (სურ. 2.2.1), რომელიც 100 მ მანძილის გავლას 20 წმ-ს ანდომებს.

როგორ გამოვთვალოთ მანძილი, რომელსაც ველოსიპედისტი გარკვეულ დროში, მაგალითად, 30 წამში, 10 წამში ან ნებისმიერ დროში გაივლის?

ბევრი თქვენგანი ასე უპასუხებს: თუ ველოსიპედისტი 20 წამში 100 მეტრს გადის, მაშინ 1 წმ-ში 5 მ-ს გაივლის და, შესაბამისად:

ა) 30 წამში 150 მეტრს გაივლის: $5\ მ \cdot 30 = 150\ მ$;

ბ) 10 წამში 50 მეტრს გაივლის: $5\ მ \cdot 10 = 50\ მ$.

ეს მსჯელობა იმ შემთხვევაშია სწორი, თუ მივიჩნევთ, რომ ველოსიპედისტი ყოველ 1 წმ-ში 5 მ-ს გადიოდა.

დროის ნებისმიერ შუალედში გავლილი მანძილის გამოთვლას კი იმ შემთხვევაში შევძლებთ, თუ გვეცოდინება, რომ ველოსიპედისტი დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ერთნაირ მანძილს გადის:



სურ. 2.2.1







ყველაზე სწრაფები: ჰაერში – შევარდენი, ხმელეთზე – გეპარდი, წყალში – აფროსანი თევზი.

ყოველ 1 წამში 5 მ-ს, ყოველ 0,5 წმ-ში 2,5 მ-ს და ა.შ. ასეთ შემთხვევაში ამბობენ, რომ ველოსიპედისტი **თანაბრად** მოძრაობს.

მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ერთნაირ მანძილს გადის, თანაბარი მოძრაობა ეწოდება.

რას ნიშნავს ფრაზა „დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში“? განვიხილოთ მაგალითი: გაჩერებიდან დაძრული ავტობუსი თანდათან მოუმატებს სისწრაფეს. შემდეგ, შესაძლოა, გზის გარკვეულ მონაკვეთზე თანაბრადაც იმოძრაოს. მომდევნო გაჩერებასთან მიახლოებისას კი ავტობუსი დაამუხრუჭებს და ბოლოს გაჩერდება. მოძრაობის მთელი დროის განმავლობაში შეიძლება არსებობდეს დროის ისეთი ტოლი შუალედები, რომლებშიც ავტობუსი ერთნაირ მანძილს გადის, თუმცა, ეს არ ნიშნავს, რომ ავტობუსი თანაბრად მოძრაობს. თანაბარი მოძრაობის აუცილებელი პირობაა, რომ სხეული ერთნაირ მანძილს გადიოდეს დროის ნებისმიერად არჩეულ ტოლ შუალედებში (და არა მხოლოდ დროის ერთ ან რამდენიმე ტოლ შუალედში). ამ მაგალითში ავტობუსის **მოძრაობა არათანაბარია,** რადგან არსებობს დროის ერთნაირი შუალედები, რომელშიც ის სხვადასხვა მანძილს გადის (მაგალითად, მოძრაობის დაწყებისას და დასრულებისას).

სხეული შეიძლება თანაბრად მოძრაობდეს, როგორც მრუდწირულ, ასევე წრფივ ტრაექტორიაზე. შეიძლება მივიჩნიოთ, რომ:

ა) მრუდწირზე თანაბრად მოძრაობს: ეკვატორის წერტილები დედამიწის ბრუნვის ღერძის გარშემო, კოსმოსური თანამგზავრი დედამიწის გარშემო (სურ. 2.2.2), „ეშმაკის ბორბლის“ კალათა (სურ. 2.2.3) და სხვა.

დააკვირდი ვირტუალურ ლაბორატორიაში, თანაბარ და არათანაბარ მოძრაობას:



სურ. 2.2.2



სურ. 2.2.3



სურ. 2.2.4

ბ) გზის გარკვეულ უბანზე წრფივად და თანაბრად მოძრაობს (სურ. 2.2.4): ესკალატორზე მდგომი მგზავრი, ლიფტი, მატარებელი, პარაშუტისტი უქარო ამინდში და სხვა.

თანაბარი მოძრაობა ბუნებასა და ყოველდღიურ ყოფა-ცხოვრებაში იშვიათად გვხვდება. უმეტეს შემთხვევაში სხეულები არათანაბრად მოძრაობენ.

2.2.2. თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე

ამჯერად განვიხილოთ ასეთი მაგალითი. ვთქვათ, გზაზე თანაბრად მოძრაობენ ველოსიპედისტი და ტურისტი, რომელიც ფეხით გადაადგილდება (სურ. 2.2.5): 100 მ მანძილის გავლას ველოსიპედისტი 20 წმ-ს ანდომებს, ტურისტი კი იმავე მანძილს 50 წამში გადის. რომელი მათგანი მოძრაობს უფრო სწრაფად? ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად გამოვთვალოთ მათ მიერ 1 წამში გავლილი მანძილები:

- ველოსიპედისტი 100 მ-ს 20 წმ-ში გადის, ე.ი. 1 წამში 20-ჯერ ნაკლებს გაივლის, ანუ 5 მ-ს;
- ტურისტი 100 მ-ს 50 წმ-ში გადის, ე.ი. 1 წამში 50-ჯერ ნაკლებს, ანუ 2 მ-ს გაივლის.

ასე რომ, ველოსიპედისტი 1 წამში 2,5-ჯერ უფრო მეტ მანძილს გადის, ვიდრე ტურისტი.

სწორედ დროის ერთეულში (1 წამში, 1 წუთში, 1 საათში და ა. შ.) გავლილი მანძილით ახასიათებენ



სურ. 2.2.5

მოძრაობის სისწრაფეს, რომელსაც ფიზიკაში **სიჩქარეს** უწოდებენ.

სიჩქარე ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც გვიჩვენებს, რა მანძილს გადის სხეული დროის ერთეულში.

ჩვენ მიერ განხილულ მაგალითში ველოსიპედისტის სიჩქარეა 5 მეტრი წამში, ხოლო ტურისტისა – 2 მეტრი წამში.

სხეულის თანაბარი მოძრაობისას გავლილი მანძილი დროის პროპორციულად იცვლება: რამდენჯერაც გაიზრდება (შემცირდება) მოძრაობის დრო, იმდენჯერ გაიზრდება (შემცირდება) გავლილი მანძილიც. შესაბამისად, **თანაბარი მოძრაობისას გავლილი მანძილის შეფარდება მოძრაობის დროსთან მუდმივი სიდიდეა**. მართლაც, თუ პარაგრაფის დასაწყისში მოყვანილ მაგალითში ველოსიპედისტის გავლილ მანძილებს შესაბამის დროებზე გავყოფთ, ერთსა და იმავე სიდიდეს მივიღებთ:

$$\frac{150\text{ მ}}{30\text{ წმ}} = \frac{100\text{ მ}}{20\text{ წმ}} = \frac{50\text{ მ}}{10\text{ წმ}} = 5\ \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}.$$

სწორედ ეს სიდიდეა ველოსიპედისტის **მოძრაობის სიჩქარე.** სიჩქარე $5\ \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$ გვიჩვენებს, რომ ველოსიპედისტი ყოველ წამში 5 მეტრ მანძილს გადის.

ამრიგად, **სხეულის თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე ტოლია გავლილი მანძილის შეფარდებისა იმ დროსთან, რომელშიც ეს მანძილი გაიარა:**

$$\text{სიჩქარე} = \frac{\text{გავლილი მანძილი}}{\text{დრო}}.$$

ჩვეულებრივ, მოძრაობის სიჩქარეს v ასოთი აღნიშნავენ, დროს – t-თი, გავლილ მანძილს კი – s-ით, ამიტომ სიჩქარის გამოსათვლელი ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

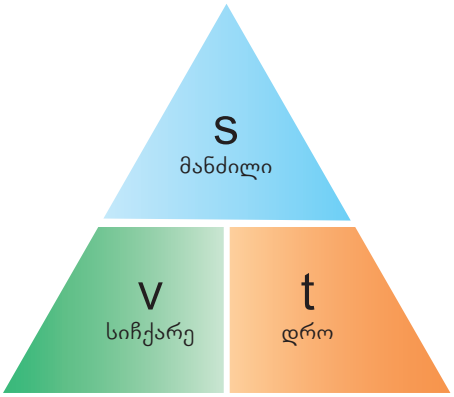
$$v = \frac{s}{t}. \qquad (2.2.1)$$

თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა, ის მანძილსა და დროზე დამოკიდებული არ არის.

გაიხსენეთ: SI-ში მანძილის ერთეულია 1 მეტრი, დროისა კი – 1 წამი, შესაბამისად, 2.2.1 ფორმულის თანახმად, **სიჩქარის ერთეული SI-ში 1 მ/წმ-ია.**

1 მ/წმ ისეთი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარეა, რომლის დროსაც სხეული 1 წამში 1 მეტრს გადის.

პრაქტიკაში სიჩქარის სხვა ერთეულებსაც იყენებენ. მაგალითად, მატარებლის, თვითმფრინავის, ავტომობილის სიჩქარეს კმ/სთ-ში ზომავენ, კოსმო-



$$v = \frac{s}{t}$$

$$t = \frac{s}{v}$$

$$s = v \cdot t$$

სურ. 2.2.6

ახალი ტერმინები:

თანაბარი მოძრაობა;

თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე;

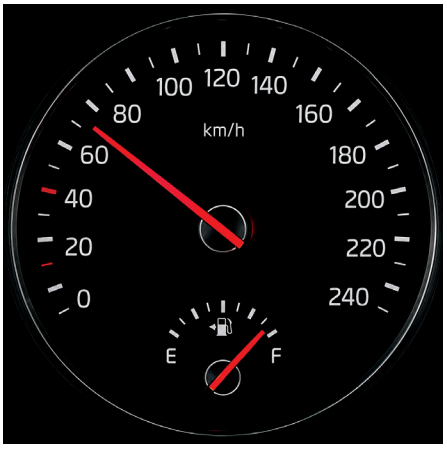
მყისი სიჩქარე.

სური ხომალდისას – კმ/წმ-ში, ლოკოკინას სიჩქარის გაზომვა კი სმ/წთ-შია მოსახერხებელი და ა.შ.

ცხადია, ერთი და იმავე სიჩქარის რიცხვითი მნიშვნელობა ერთეულის არჩევაზეა დამოკიდებული. მაგალითად:

$$90 \text{ კმ/სთ} = \frac{90 \cdot 1000 \text{ მ}}{3600 \text{ წმ}} = 25 \text{ მ/წმ}.$$

სიჩქარის გამზომი ერთ-ერთი ხელსაწყო **სპიდომეტრია** (სურ. 2.2.7). მისი მექანიზმი ავტომობილის თვლებთანაა დაკავშირებული და სიჩქარის იმ მნიშვნელობას გვიჩვენებს, რომლითაც ავტომობილი დროის მოცემულ მომენტში მოძრაობს. მას **მყის სიჩქარეს** უწოდებენ.



სურ. 2.2.7

რატომ არის სხეულის მოძრაობის სიჩქარის ცოდნა მნიშვნელოვანი? სხეულის თანაბარი მოძრაობის v სიჩქარით შეგვიძლია გამოვთვალოთ მის მიერ t დროში გავლილი მანძილი:

$$s = v \cdot t. \qquad (2.2.2)$$

მოძრაობის სიჩქარის ცოდნა საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ გარკვეული მანძილის გასავლელად საჭირო დრო:

$$t = \frac{s}{v}. \qquad (2.2.3)$$

საკლასო აქტივობა

ამოხსენით ამოცანები:

1. თბილისსა და ოზურგეთს შორის მანძილი დაახლოებით 270 კილომეტრია. თანაბრად მოძრავმა ავტომობილმა ის 3 საათში დაფარა. გამოთვალეთ ავტომობილის სიჩქარე და გამოსახეთ ის: ა) კმ/სთ-ით; ბ) მ/წმ-ით.
2. დედამიწიდან მზემდე მანძილი 150 მილიონი კმ-ია. გამოთვალეთ, რა დროში მოაღწევს სინათლის სხივი მზიდან დედამიწამდე, თუ მისი გავრცელების სიჩქარე 300000000 მ/წმ-ია.

უპასუხეთ კითხვებს

1. რას ნიშნავს გამონათქვამი: „ესკალატორი მოძრაობს თანაბრად, 0,5 მ/წმ სიჩქარით“?
2. როგორ შეიცვლება თანაბრად მოძრავი ავტომობილის მიერ გავლილი მანძილი, თუ მოძრაობის დრო 2-ჯერ შემცირდა? შეიცვლება თუ არა ამ დროს ავტომობილის სიჩქარე?
3. რატომ არის თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე მუდმივი სიდიდე?
4. როგორ შეიცვლება დრო, რომელიც თანაბრად მოძრავ ველოსიპედისტს მოცემული მანძილის გასავლელად სჭირდება, თუ მისი სიჩქარე 3-ჯერ გაიზრდება?

რა ვისწავლეთ

- **თანაბარი ეწოდება ისეთ მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ერთნაირ მანძილებს გადის;**
- **სხეულის თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე ტოლია გავლილი მანძილის შეფარდებისა იმ დროსთან, რომელშიც სხეულმა ეს მანძილი გაიარა: $v = \frac{s}{t}$;**
- **მოძრაობის სიჩქარე გვიჩვენებს, რა მანძილს გადის სხეული დროის ერთეულში;**
- **SI-ში სიჩქარის ერთეულია 1 მ/წმ;**
- **თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა.**

კიდევ რა შეიძლება ვიცოდეთ

ალბათ, შეგიმჩნევიათ, რომ ელვა-ჭექის დროს ჯერ გაელვებას ვხედავთ (სურ. 2.2.8), ხოლო ქუხილის ხმა დაგვიანებით, გაელვებიდან გარკვეული დროის შემდეგ გვესმის. ელვა და ქუხილი ერთდროულად წარმოიქმნება, მაგრამ სინათლე დედამიწამდე თითქმის მყისიერად, გაელვებისთანავე აღწევს, ქუხილის ხმა კი რამდენიმე წამის დაგვიანებით. ამის მიზეზი სინათლისა და ბგერის გავრცელების სიჩქარეებს შორის განსხვავებაა: სინათლის სიჩქარე ჰაერში დაახლოებით 300 000 კმ/წმ-ია, ბგერისა კი – 340 მ/წმ (სინათლის სიჩქარეზე თითქმის 882 000-ჯერ ნაკლები).



სურ. 2.2.8

როგორ შეიძლება მიახლოებით გამოვთვალოთ, რამდენი კილომეტრით არის დაშორებული ჩვენგან ელვა-ჭექის ღრუბელი?

ბგერა ჰაერში 340 მ-ს გადის, ამიტომ 3 წამში ის დაახლოებით 1 კმ-ს გაივლის:

340 მ/წმ · 3 წმ = 1020 მ ≈ 1 კმ.

გაელვების მომენტიდან ქუხილის გაგონებამდე, მიახლოებით წამის ტოლი ინტერვალით, დაითვალეთ და დათვლის შედეგი 3-ზე გაყავით. მიიღებთ რიცხვს, რომელიც საკმარისი სიზუსტით გიჩვენებთ, რამდენი კილომეტრითაა დაშორებული ელვა-ჭექის ღრუბელი თქვენგან.

დააკვირდით ვირტუალურ ლაბორატორიაში სინათლისა და ბგერის სიჩქარეთა შორის განსხვავებას:

როგორ იხსნება ამოცანები

ამოცანა 1

თანაბრად მოძრავმა მოტოციკლმა 60 მეტრი 4 წამში გაიარა. რა დროს მოანდომებს ავტომობილი გზის 1,5 კილომეტრიანი მონაკვეთის გავლას, თუ ის მოტოციკლზე 2-ჯერ სწრაფად იმოძრავებს?

ამოხსნა:

მითითება: როგორც წესი, როდესაც ამოცანაში ორი სხეულის მოძრაობა განიხილება,

ერთი სხეულის მოძრაობის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეებს ინდექსად „1“-ს უწერენ, მეორე სხეულისას კი – „2“-ს.

აღვნიშნოთ გავლილი მანძილი, მოძრაობის დრო და სიჩქარე:
ა) მოტოციკლისტის, შესაბამისად, s_1-ით, t_1-ით და v_1-ით;
ბ) ავტომობილის, შესაბამისად, s_2-ით, t_2-ით და v_2-ით;

მოც.: $s_1 = 60$ მ;
$t_1 = 4$ წმ;
$s_2 = 1{,}5$კმ $= 1500$ მ;
$v_2 = 2v_1$.

უ.ვ.: t_2

- გამოვთვალოთ მოტოციკლის სიჩქარე: $v_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{60\text{ მ}}{4\text{ წმ}} = 15$ მ/წმ;
- ამოცანის პირობის თანახმად, ავტომობილის სიჩქარეა: $v_2 = 2v_1 = 30$ მ/წმ;
- დრო, რომელსაც ავტომობილი მოანდომებს 1,5 კმ-ის გავლას, ტოლი იქნება:

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{1500\text{ მ}}{30\text{ მ/წმ}} = 50\text{ წმ}.$$

პასუხი: ავტომობილი 1,5 კმ-ის გავლას 50 წმ-ს მოანდომებს.

ამოცანა 2

დამკვირვებლისკენ 72 კმ/სთ სიჩქარით წრფივად და თანაბრად მოძრავმა ავტომობილმა ხანმოკლე ხმოვანი სიგნალი გამოსცა. განსაზღვრეთ, რა მანძილზე იმყოფებოდა ავტომობილი დამკვირვებლისგან სიგნალის გამოცემისას, თუ მან დამკვირვებელს სიგნალის გაგონების შემდეგ 8 წმ-ში ჩაუარა. ცნობილია, რომ ბგერის გავრცელების სიჩქარე ჰაერში 340 მ/წმ-ია.

ამოხსნა:

აღვნიშნოთ:

- ბგერის სიჩქარე v_1-ით;
- ავტომობილის სიჩქარე v_2-ით;
- საწყისი მანძილი ავტომობილსა და დამკვირვებელს შორის s-ით;
- დრო, რომელსაც მოანდომებს დამკვირვებელთან მისვლას:
  ა) ბგერა, t_1-ით, ბ) ავტომობილი, t_2-ით.

მოც.: $v_1 = 340$ მ/წმ;
$v_2 = 72$ კმ/სთ $= 20$ მ/წმ;
$t = 8$ წმ.

უ.ვ.: s

- იმ დროის გამოსათვლელი ფორმულა, რომელსაც დამკვირვებელთან მისვლას ბგერა და ავტომობილი მოანდომებს, ასე ჩაიწერება:

ა) ბგერა, $t_1 = \frac{s}{v_1}$. (1) ბ) ავტომობილი, $t_2 = \frac{s}{v_2}$. (2)

- პირობის თანახმად, $t_2 - t_1 = 8$ წმ; (3)
- შევიტანოთ (1) და (2) გამოსახულება (3) ტოლობაში. მივიღებთ:

$$\frac{s}{v_1} - \frac{s}{v_2} = 8 \text{ წმ}; \quad \frac{s}{20} - \frac{s}{340} = 8 \text{ (წმ)}; \quad \frac{16\,s}{340} = 8 \text{ (წმ)}; \quad \text{აქედან, } s = 170 \text{ მ}.$$

პასუხი: $s = 170$ მ.

ამოცანა 3

8 მ სიგრძის სატვირთო ავტომობილმა განათების ბოძს 1 წმ-ში ჩაუარა. რა დროში გადაივლის ეს ავტომობილი 40 მ სიგრძის ხიდზე, თუ იმავე სიჩქარით იმოძრავებს?

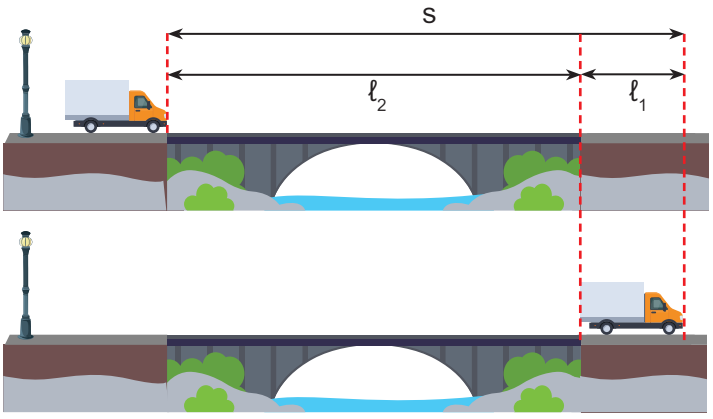
ამოხსნა:

აღვნიშნოთ:

- ავტომობილის სიგრძე ℓ_1-ით;
- ხიდის სიგრძე ℓ_2-ით;
- დრო, რომელშიც ავტომობილმა ბოძს ჩაუარა t_1-ით;
- დრო, რომელშიც ავტომობილმა ხიდი გადაიარა t_2-ით;

მოც.: $\ell_1 = 8$ მ;
$\ell_2 = 40$ მ;
$t_1 = 1$ წმ.

უ.ვ.: t_2



სურ. 2.2.9

- ჯერ დავადგინოთ, რა სიჩქარით მოძრაობდა ავტომობილი. რადგან ბოძის სისქე ავტომობილის სიგრძესთან შედარებით უმნიშვნელოა, ამიტომ ბოძთან ჩავლისას ავტომობილი მხოლოდ საკუთარი სიგრძის ტოლ მანძილს გადის. შესაბამისად, ავტომობილის სიჩქარე ტოლი იქნება: $v = \frac{\ell_1}{t_1} = 8$ მ/წმ;
- ხიდზე გადასავლელად ავტომობილმა უნდა გაიაროს მანძილი, რომელიც ხიდისა და ავტომობილის სიგრძეთა ჯამის ტოლია (სურ. 2.2.9):

$$s = \ell_1 + \ell_2 = 48 \text{ მ};$$

- დრო, რომელშიც ავტომობილი ხიდს გადაივლის ასე გამოითვლება:

$$t_2 = \frac{\ell_1 + \ell_2}{v} = 6 \text{ წმ}.$$

პასუხი: $t_2 = 6$ წმ.

ამოხსენით ამოცანები:

1. სკიდან გამოფრენის მომენტიდან, ერთმანეთის მომდევნო ნახევარწუთიან შუალედებში ფუტკარმა ტოლი, 250 მ მანძილები იფრინა. მართებულია თუ არა იმის მტკიცება, რომ ფუტკარი თანაბრად მოძრაობდა? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. რა მანძილს გაივლის 15 კმ/სთ სიჩქარით თანაბრად მოძრავი ველოსიპედისტი 4 საათში?
3. რა დროში გაივლის მოთხილამურე 400 მ-ს, თუ ის 18 კმ/სთ სიჩქარით თანაბრად იმოძრავებს?
4. ცნობილია, რომ გეპარდს დროის მცირე შუალედში შეუძლია 120 კმ/სთ სიჩქარით ირბინოს, შევარდენს დაშვებისას შეუძლია 100 მ/წმ სიჩქარე განავითაროს, ხოლო აფროსანი თევზი ყველაზე სწრაფად მოძრაობისას 1800 მ-ს გადის 1 წუთში. დაალაგეთ მათი სიჩქარეები ზრდადობის მიხედვით.
5. სახლიდან სკოლამდე მანძილი ანამ თანაბარი მოძრაობით 10 წუთში გაიარა. რა დრო დასჭირდება მას სკოლიდან სახლში იმავე გზით დასაბრუნებლად, თუ 2-ჯერ ნაკლები სიჩქარით ივლის?
6. დამკვირვებლიდან რა მანძილზე მოხდა გაელვება, თუ ჭექა-ქუხილის ხმამ მასთან გაელვებიდან 10 წმ-ში მიაღწია? მიიჩნიეთ, რომ ბგერის გავრცელების სიჩქარე ჰაერში 340 მ/წმ-ია, ხოლო სინათლეს დამკვირვებელი გაელვებისთანავე ხედავს.
7. გზატკეცილზე განათების ბოძებს შორის მანძილი 32 მ-ია. ამ მანძილს თანაბრად მოძრავი ავტომობილი 4 წამში გადის. რა დროს მოანდომებს იგივე ავტომობილი გზატკეცილის 200 მ სიგრძის დაზიანებული უბნის გავლას, თუ ის სიჩქარეს 2-ჯერ შეამცირებს?
8. გამოთვალეთ 300 მ სიგრძის თანაბრად მოძრავი მატარებლის სიჩქარე, თუ ის ბოძთან ჩავლას 15 წმ-ს ანდომებს.
9. 240 მ სიგრძისა და 72 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი მატარებელი გვირაბის გავლას 40 წმ-ს ანდომებს. რა სიგრძისაა გვირაბი?
10. 210 მ სიგრძისა და 90 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავმა მატარებელმა მეორე უძრავ მატარებელს 24 წმ-ში ჩაუარა. ამ მატარებლებიდან რომელია უფრო გრძელი და რამდენით?
11. ლიფტი პირველი სართულიდან მეხუთეზე 10 წამში ადის. რა დრო დასჭირდება მას მეორე სართულიდან მეთექვსმეტეზე ასასვლელად, თუ მივიჩნევთ, რომ ლიფტი თანაბრად მოძრაობს?

12*. მოტოციკლი 120 კმ/სთ სიჩქარით თანაბრად მოძრაობდა. მან სიჩქარე შეცვალა და ახლა ერთი კილომეტრის გავლას 10 წმ-ით მეტს ანდომებს, ვიდრე სიჩქარის შეცვლამდე. განსაზღვრეთ მოტოციკლის სიჩქარე ცვლილების შემდეგ.

13. მცხეთიდან ბორჯომამდე მანძილი დაახლოებით 120 კმ-ია. ამ ქალაქებიდან, ერთდროულად, ერთმანეთის შესახვედრად გამოვიდა: მცხეთიდან მოტოციკლისტი, ბორჯომიდან კი – ველოსიპედისტი, რომლის სიჩქარე მოტოციკლისტის სიჩქარეზე 4-ჯერ ნაკლებია. იპოვეთ მცხეთიდან რა მანძილზე შეხვდებიან ისინი ერთმანეთს.
14. თანაბრად მოძრავი ავტომობილი 60 კმ-ს 120 წუთში გადის. რა მუდმივი სიჩქარით უნდა იმოძრაოს მან, რომ 2-ჯერ მეტი მანძილი 2-ჯერ ნაკლებ დროში გაიაროს?

15*. ერთ მწკრივად მოწყობილი 40 მ სიგრძის ჯარისკაცთა კოლონა 4 მ/წმ სიჩქარით გარბის კედლისკენ. როდესაც ჯარისკაცი მიირბენს კედელთან, მას ხელს ადებს და შეუჩერებლად ბრუნდება უკან 5 მ/წმ სიჩქარით. რისი ტოლი იქნება ჯარისკაცთა კოლონის სიგრძე მას შემდეგ, რაც ყველა ჯარისკაცი უკან მობრუნდება?

2.3. არათანაბარი მოძრაობა საშუალო სიჩქარე

მგზავრობის დაგეგმვისას ხშირად ავტომობილის მძღოლი ითვლის დროს, რომელიც განსაზღვრული მანძილის გასავლელად სჭირდება. მან იცის, რომ თანაბრად ვერ იმოძრავებს, რადგან აუცილებლად მოუწევს სიჩქარის გაზრდა, შემცირება და დროის რაღაც მომენტში გაჩერებაც კი. იმ შემთხვევაში, თუ მოძრაობა თანაბარი არ არის, მგზავრობისთვის საჭირო დროის ზუსტად დადგენა შეუძლებელია, მაგრამ მისი მიახლოებით განსაზღვრა შესაძლებელია.

როგორ გამოვთვალოთ მგზავრობის დრო იმ შემთხვევაში, როდესაც მოძრაობა თანაბარი არ არის? ამ კითხვაზე პასუხს პარაგრაფში მოძებნით.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **შეისწავლით:** არათანაბარ მოძრაობას და მის მახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეს – საშუალო სიჩქარეს;
- **შეძლებთ:** გამოთვალოთ მოძრაობის საშუალო სიჩქარე; დაახლოებით რა დროს მოანდომებთ მგზავრობას, ან რა მანძილს გაივლით გარკვეულ დროში.

2.3.1. არათანაბარი მოძრაობა

შუქნიშნის წითელი ფერის დანახვისას ავტომობილის მძღოლი ამუხრუჭებს – სიჩქარეს ამცირებს და ჩერდება. გარკვეული დროის განმავლობაში ავტომობილი შუქნიშანთან დგას – მისი სიჩქარე ნულის ტოლია (სურ. 2.3.1). შუქნიშნის მწვანე ფერის ანთების შემდეგ კი მძღოლი მოძრაობას იწყებს და სიჩქარეს თანდათან უმატებს. გზის გარკვეულ მონაკვეთზე, შესაძლებელია, რომ ავტომობილმა თანაბრად იმოძრაოს, შემდეგ სიჩქარეს მოუმატოს ან



სურ. 2.3.1

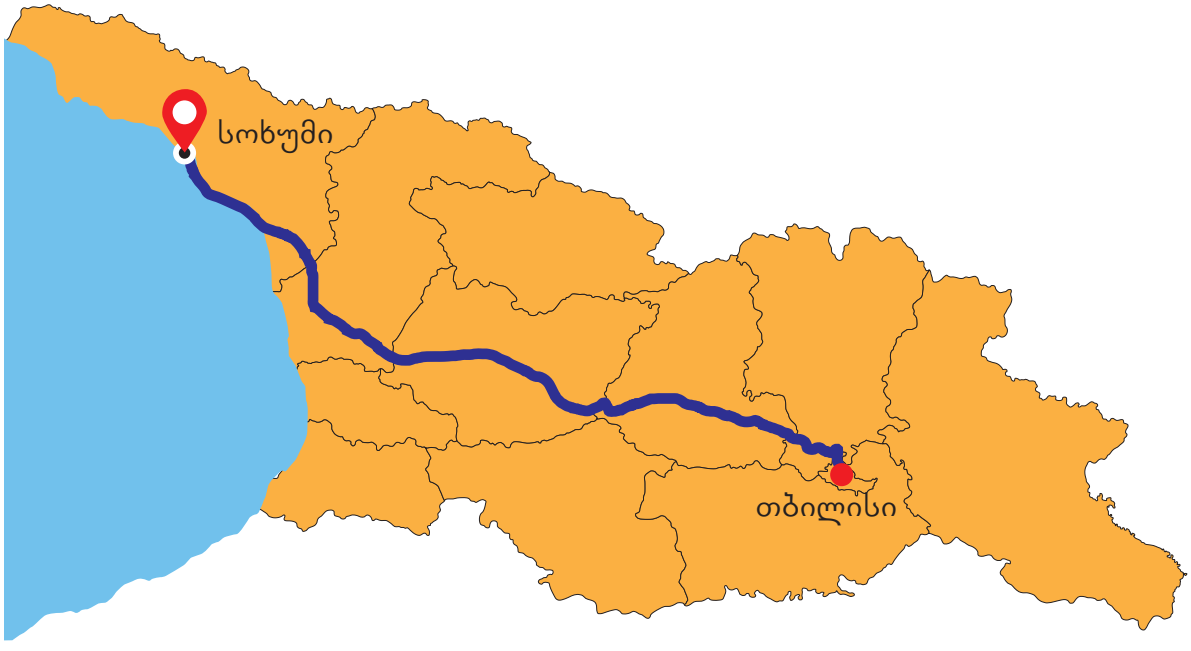
კვლავ დაამუხრუჭოს და ა.შ. ჩვეულებრივ, ავტომობილის სიჩქარე ტრაექტორიის უმეტეს უბანზე ცვალებადია.

მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეულის სიჩქარე იცვლება, არათანაბარი მოძრაობა ეწოდება. არათანაბარი მოძრაობისას სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ერთნაირ მანძილებს აღარ გადის.

ბუნებაში პრაქტიკულად ყველა მოძრაობა არათანაბარია. არათანაბრად მოძრაობს ადამიანი, ფრინველი, ცხოველი, ავტომობილი, მატარებელი, გემი, ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები და ა.შ.

2.3.2. საშუალო სიჩქარე

განვიხილოთ მაგალითი: მატარებელმა თბილისიდან სოხუმამდე 400 კმ მანძილი 5 სთ-ში გაიარა (სურ. 2.3.2). ცხადია, მატარებელი არათანაბრად მოძრაობდა – მისი სიჩქარე იცვლებოდა: ზოგ ადგილას შეჩერდა, გზის ზოგ უბანზე სწრაფად იარა, ზოგზე კი – ნელა. მიუხედავად ცვალებადი სიჩქარისა, ასეთ მოძრაობას მაინც ახასიათებენ გარკვეული სიჩქარით, რომელსაც **არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარეს** უწოდებენ.



სურ. 2.3.2

არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე დროის რაიმე შუალედში ეწოდება ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ტოლია დროის ამ შუალედში გავლილი მანძილის შეფარდებისა დროსთან:

$$v_{საშ} = \frac{s}{t}. \qquad (2.3.1)$$

ჩვენ მიერ განხილულ მაგალითში მატარებლის საშუალო სიჩქარე თბილისი-სოხუმის გზაზე 80 კმ/სთ-ის ტოლია, რადგან

$$v_{საშ} = \frac{s}{t} = \frac{400\ კმ}{5\ სთ} = 80 კმ/სთ.$$

რა არის საშუალო სიჩქარის ფიზიკური შინაარსი? $v_{საშ}$ = 80 კმ/სთ ნიშნავს, თუ თბილისი-სოხუმის მატარებელი 80 კმ/სთ სიჩქარით **თანაბრად იმოძრავებდა,** მაშინ ის 400 კმ-ს ისევ 5 სთ-ში გაივლიდა.

ამრიგად, **არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე ტოლია თანაბარი მოძრაობის იმ სიჩქარისა, რომლითაც სხეული იმავე დროში იმავე მანძილს გაივლის, რაც არათანაბარი მოძრაობისას გაიარა.**

განხილულ მაგალითში მატარებლის საშუალო სიჩქარე გზის სხვა უბანზე (მაგალითად, თბილისი – გორის მონაკვეთზე) შესაძლოა, რომ ისევ 80 კმ/სთ არ იყოს, რადგან მატარებელი არათანაბრად მოძრაობს.

საშუალო სიჩქარის მნიშვნელობის გამოყენება შესაძლებელია გზის მხოლოდ იმ უბნისა და დროის მხოლოდ იმ შუალედისთვის, რომლისთვისაც საშუალო სიჩქარეა გამოთვლილი.

მოძრავი სხეულის საშუალო სიჩქარით ($v_{საშ}$) გზის მოცემულ უბანზე შეგვიძლია გამოვთვალოთ:

ა) გზის ამ უბნის s სიგრძე:

$$s = v_{საშ} \cdot t, \qquad (2.3.2)$$

რომელშიც t გზის მოცემული უბნის გასავლელად საჭირო დროის შუალედია.

ბ) გზის მოცემული უბნის გასავლელად საჭირო t დრო:

$$t = \frac{s}{v_{საშ}}, \qquad (2.3.3)$$

რომელშიც s გზის მოცემული უბნის სიგრძეა.

თუ სხეულის მიერ გავლილი მთელი გზა შედგება s_1, s_2, s_3, ... სიგრძის ცალკეული უბნებისგან, რომელთა გასავლელად საჭირო დროის შუალედები, შესაბამისად, არის t_1, t_2, t_3 ..., მაშინ მოძრაობის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე გამოითვლება ფორმულით:

$$v_{საშ} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + \ldots}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots}. \qquad (2.3.4)$$

$$v_{საშ} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + \ldots}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots}$$

არათანაბარი მოძრაობის დასახასიათებლად ხშირად საშუალო სიჩქარის ცოდნა საკმარისი არ არის, აუცილებელია, შეგვეძლოს სიჩქარის განსაზღვრა დროის მოცემულ მომენტში, ტრაექტორიის მოცემული წერტილის გავლისას. მაგალითად, ავტოსაგზაო შემთხვევის გამომწვევი მიზეზის დასადგენად საინტერესო არ არის მთელ გზაზე ავტომანქანის საშუალო სიჩქარის ცოდნა. უფრო მნიშვნელოვანია სიჩქარის ცოდნა დროის იმ მომენტში და ტრაექტორიის იმ წერტილში, სადაც შემთხვევა მოხდა.

სიჩქარეს, ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში და დროის მოცემულ მომენტში მყისი სიჩქარე ჰქვია.

თანაბარი მოძრაობისას ტრაექტორიის ნებისმიერ წერტილში მყისი სიჩქარე ერთნაირია და მოძრაობის სიჩქარის ტოლია, არათანაბარი მოძრაობისას კი მყისი სიჩქარე მუდმივად იცვლება. სპიდომეტრი სწორედ ავტომობილის მყის სიჩქარეს გვიჩვენებს.

ახალი ტერმინები:

არათანაბარი მოძრაობა;

საშუალო სიჩქარე.

საკლასო აქტივობა:

ამოხსენით ამოცანები:

1. მთამსვლელთა ჯგუფმა გზის საწყისი 25 კმ 5 საათში გაიარა, მომდევნო 11-კილომეტრიანი უბანი კი – 3 საათში. იპოვეთ მთამსვლელთა საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.
2. თბილისის ავტოსადგურიდან გასულმა ავტობუსმა 1,5 საათში 80 კმ მანძილი გაიარა და გორის ავტოსადგურში შევიდა. 15 წთ-იანი შესვენების შემდეგ მან მოძრაობა გააგრძელა და ქუთაისამდე 150 კმ მანძილი 50 კმ/სთ სიჩქარით დაფარა. მას შემდეგ, რაც ქუთაისში 45 წუთი შეისვენა, ფოთამდე 100 კმ მანძილის გავლას 75 წთ მოანდომა. გამოთვალეთ ავტობუსის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე:
ა) თბილისიდან-გორამდე; ბ) ქუთაისიდან-ფოთამდე; გ) თბილისიდან-ფოთამდე.

უპასუხეთ კითხვებს

1. შეიძლება თუ არა, რომ ტრაექტორიის ერთ უბანზე გამოთვლილი საშუალო სიჩქარით სხვა უბნის ზუსტი სიგრძე გამოვთვალოთ?
2. რაში გვეხმარება მოძრაობის საშუალო სიჩქარის ცოდნა?
3. შეიძლება თუ არა, რომ საშუალო სიჩქარით დავადგინოთ, გადააჭარბა თუ არა ავტომობილმა დასაშვებ სიჩქარეს გზის მოცემულ უბანზე? ახსენით თქვენი პასუხი.
4. რისი ტოლია მყისი სიჩქარე 2.2.7 სურათზე გამოსახული სპიდომეტრის ჩვენების მიხედვით?

რა ვისწავლეთ

- **მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეულის სიჩქარე იცვლება, არათანაბარი მოძრაობა ეწოდება;**

- **მოძრაობის საშუალო სიჩქარე დროის მოცემულ შუალედში ეწოდება ამ შუალედში გავლილი მანძილის შეფარდებას დროსთან: $v_{საშ} = \frac{s}{t}$;**
- **მოძრაობის საშუალო სიჩქარე დროის გარკვეულ შუალედში ტოლია თანაბარი მოძრაობის იმ სიჩქარისა, რომლითაც სხეული იმავე დროში იმავე მანძილს გაივლის, რაც არათანაბარი მოძრაობისას გაიარა;**
- **სხეულის სიჩქარეს, ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში და დროის მოცემულ მომენტში, მყისი სიჩქარე ეწოდება.**

კიდევ რა შეიძლება ვიცოდეთ

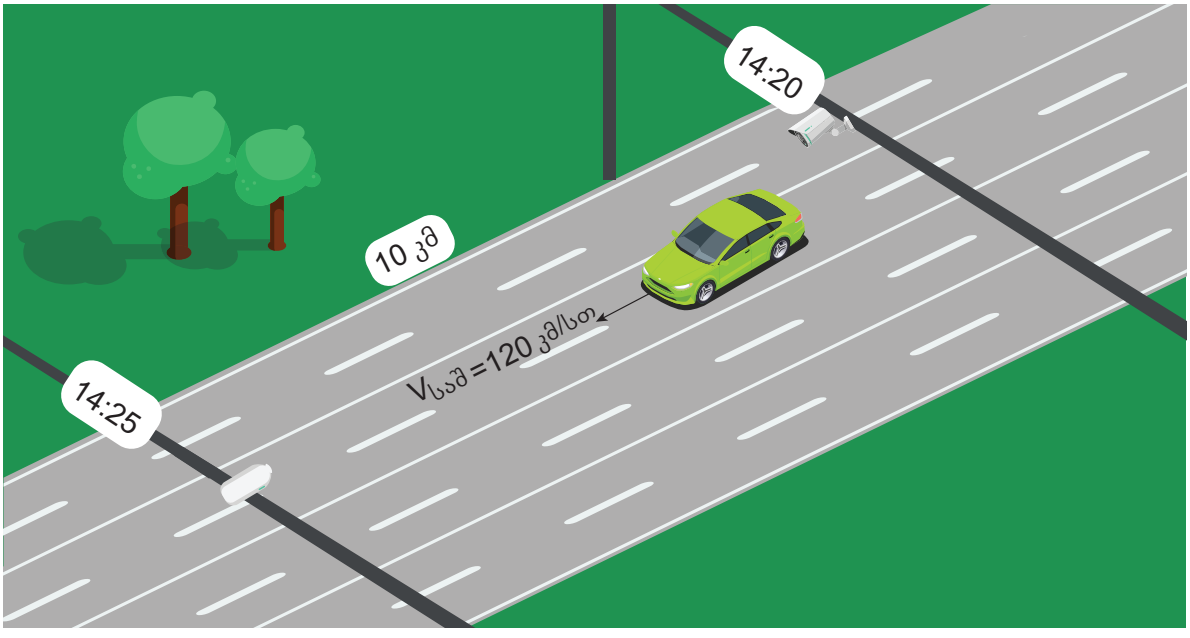
ალბათ, შეგიმჩნევიათ, ქუჩაში განთავსებულ საინფორმაციო დაფაზე წარწერა: „სექციური სიჩქარის ვიდეო კონტროლი“ (სურ. 2.3.3). ეს ნიშნავს, რომ გზის მოცემულ უბანზე ავტომობილის საშუალო სიჩქარეს განსაზღვრავენ და სიჩქარის დასაშვებ მნიშვნელობას ადარებენ. ცხადია, ეს გამოთვლები ავტომატურად, ელექტრონულად ხორციელდება. რა ეტაპებს მოიცავს პროცედურა?

1. გზის მოცემული უბნის დასაწყისში და ბოლოში განთავსებული ვიდეოკამერები დროის იმ მომენტებს აფიქსირებს, როდესაც ავტომობილი მოცემულ უბანზე შედის და მას ტოვებს (სურ. 2.3.4). ამ მონაცემების დახმარებით გამოითვლება t დრო, რომელშიც ავტომობილმა მოცემული უბანი გაიარა.

2. კამერებს შორის s მანძილი იყოფა t დროზე და, შედეგად, მიიღება ავტომობილის საშუალო სიჩქარე გზის მოცემულ უბანზე.



სურ. 2.3.3



სურ. 2.3.4

მაგალითად: ვთქვათ, ავტომობილმა გზის 10 კმ-იანი მონაკვეთის გავლა დაიწყო 14 საათსა და 20 წუთზე და 14 საათსა და 25 წუთზე დაამთავრა, ანუ მოცემული უბნის გავლას 5 წუთი მოანდომა. შესაბამისად, მოცემულ უბანზე ავტომობილის საშუალო სიჩქარე ტოლი იქნება:

$$v_{საშ} = \frac{s}{t} = \frac{10\ კმ}{(1/12)\ სთ} = 120\ კმ/სთ.$$

თუ, მაგალითად, გზის მოცემულ უბანზე სიჩქარის დასაშვები მაქსიმალური მნიშვნელობაა 110 კმ/სთ, მაშინ ამ უბანზე სიჩქარის საშუალო მნიშვნელობამ დასაშვებს გადააჭარბა. რაც იმას ნიშნავს, რომ გზის მოცემულ მონაკვეთზე მძღოლმა საგზაო წესები დაარღვია.

მნიშვნელოვანია, რომ მძღოლმა იცოდეს: უბნებზე, სადაც მსგავსი დაფებია განთავსებული, სიჩქარის კონტროლი მაშინაც კი მიმდინარეობს, როდესაც ავტომობილი ვიდეოკამერის თვალთახედვის ზონაში არ არის.

როგორ იხსნება ამოცანები

ამოცანა 1

მოძრავმა სხეულმა გზის საწყისი 100 მ-იანი უბანი 10 წმ-ში დაფარა, გზის მეორე უბანზე 15 წმ-ის განმავლობაში თანაბრად, 20 მ/წმ სიჩქარით მოძრაობდა, მესამე 400 მ-იანი უბანი კი 25 წმ-ში გაიარა. გამოთვალეთ სხეულის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.

ამოხსნა:

მოც.: $s_1 = 100$ მ; $t_1 = 10$ წმ;
$v_2 = 20$ მ/წმ; $t_2 = 15$ წმ;
$s_3 = 400$ მ; $t_3 = 25$ წმ.

უ.ვ.: $v_{საშ}$

- ამოცანის პირობის თანახმად, სხეულის მიერ მთელი გავლილი გზა სამი უბნისგან შედგება. ასეთ შემთხვევაში 2.3.4 ფორმულის დახმარებით საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე გამოითვლება ფორმულით:

$$v_{საშ} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3}. \quad (1)$$

  s_1, s_2 და s_3 გზის ცალკეული უბნების სიგრძეებია, t_1, t_2 და t_3 გზის ცალკეული უბნების გასავლელად საჭირო დროის შუალედები;
- რადგან სხეული მეორე უბანზე თანაბრად, v_2 სიჩქარით მოძრაობდა, შესაბამისად, მეორე უბნის s_2 სიგრძე ტოლი იქნება:

$$s_2 = v_2 \cdot t_2 = 20\ \frac{მ}{წმ} \cdot 15\ წმ = 300\ მ;$$

- შევიტანოთ (1) ფორმულაში ყველა სიდიდის მნიშვნელობა და გამოვთვალოთ სხეულის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე:

$$v_{საშ} = \frac{100\ მ + 300\ მ + 400\ მ}{10\ წმ + 15\ წმ + 25\ წმ} = 16\ მ/წმ.$$

პასუხი: სხეულის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე 16 მ/წმ-ია.

ამოცანა 2

სხეულმა მოძრაობის მთელი დროის პირველ, მეორე და მესამე მესამედებში, შესაბამისად, $v_1 = 14$ მ/წმ; $v_2 = 15$ მ/წმ და $v_3 = 16$ მ/წმ სიჩქარეებით თანაბრად იარა. დაადგინეთ სხეულის საშუალო სიჩქარე მოძრაობის მთელი დროის განმავლობაში.

ამოხსნა:

მოც.: $t_1 = t_2 = t_3 = \frac{t_{მთ}}{3} = t;$
$v_1 = 14$ მ/წმ;
$v_2 = 15$ მ/წმ;
$v_3 = 16$ მ/წმ.

უ.ვ.: $v_{საშ}$

- ამოცანის პირობის თანახმად, სხეულის მიერ მთელი გავლილი გზა სამი უბნისგან შედგება. თითოეული უბანი სხეულმა ერთნაირ (მთელი დროის მესამედში) t დროში გაიარა. 2.3.4 ფორმულის დახმარებით საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე ასე გამოითვლება:

$$v_{საშ} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3}. \qquad (1)$$

- იმის გათვალისწინებით, რომ: $t_1 + t_2 + t_3 = t_{მთ} = 3 \cdot t,$

$$s_1 = v_1 \cdot t_1 = v_1 \cdot t,$$
$$s_2 = v_2 \cdot t_2 = v_2 \cdot t,$$
$$s_3 = v_3 \cdot t_3 = v_3 \cdot t.$$

(1) ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$v_{საშ} = \frac{v_1 \cdot t + v_2 \cdot t + v_3 \cdot t}{3t}. \qquad (2)$$

- (2) ტოლობის გამარტივების შედეგად კი მივიღებთ:

$$v_{საშ} = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} = \frac{45\ მ/წმ}{3} = 15\ მ/წმ.$$

პასუხი: $v_{საშ} = 15$ მ/წმ.

ამოხსენით ამოცანები:

1. ბათუმის მატარებელმა 350 კმ სიგრძის გზა 5 საათში გაიარა. მართებულია თუ არა იმის მტკიცება, რომ მატარებელი თანაბრად, 70 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობდა? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. ავტომაგისტრალის 27 კმ-იან მონაკვეთზე საშუალო სიჩქარე 90 კმ/სთ-ს არ უნდა აღემატებოდეს. რა მინიმალურ დროში უნდა დაფაროს ავტომობილმა გზის ეს მონაკვეთი, რომ მისმა საშუალო სიჩქარემ დასაშვებ ზღვარს არ გადააჭარბოს?
3. რა მანძილზე გადაფრინდნენ იხვები 2 დღე-ღამეში, თუ ამ დროის განმავლობაში მათი საშუალო სიჩქარე 50 კმ/სთ-ის ტოლი იყო?
4. კალიების გუნდმა მიგრაციისას 5 დღეში 600 კმ დაფარა. რა საშუალო სიჩქარით უმოძრავია კალიების გუნდს ამ დროის განმავლობაში?
5. სკოლაში გაკვეთილები 8:30 სთ-ზე იწყება. რომელ საათზე უნდა გამოვიდეს გიორგი სახლიდან, რომ სკოლაში ზუსტად სწავლის დაწყებისას მივიდეს, თუ სახლიდან სკოლამდე გასავლელი მანძილი 480 მ-ია და ის ამ მანძილს 0,5 მ/წმ საშუალო სიჩქარით გადის?
6. ავტომობილმა გასავლელი გზის საწყისი 220 კმ 4 საათში გაიარა, შემდეგი 180 კმ-იანი გზა კი – 6 საათში. იპოვეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.
7. ავტომობილმა გასავლელი გზის საწყისი 120 კმ 3 საათში გაიარა, ხოლო მომდევნო 60 კმ თანაბრად, 30 კმ/სთ სიჩქარით დაფარა. გამოთვალეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.
8. ველოსიპედისტი 15 წუთის განმავლობაში მოძრაობდა 20 კმ/სთ სიჩქარით, მომდევნო 45 წუთი კი – 12 კმ/სთ-ით. გამოთვალეთ ველოსიპედისტის საშუალო სიჩქარე ამ 1 საათის განმავლობაში.
9. სხეულმა მოძრაობის დროის საწყის 10 წამში 200 მ გაიარა, მომდევნო 20 წამი ის უძრავი იყო, ხოლო შემდეგი 20 წმ-ის განმავლობაში 15 მ/წმ სიჩქარით თანაბრად მოძრაობდა. დაადგინეთ სხეულის საშუალო სიჩქარე ამ 50 წამის განმავლობაში.
10. ტურისტთა ჯგუფმა ლაშქრობის საწყისი ორი საათის განმავლობაში 7 კმ/სთ საშუალო სიჩქარით იარა, შემდეგი ორი საათის განმავლობაში კი – 5 კმ/სთ საშუალო სიჩქარით. გამოთვალეთ ტურისტების საშუალო სიჩქარე ამ ორი დღის განმავლობაში.
11*. კატარღამ მტკვარზე გარკვეული t დროის განმავლობაში 10 მ/წმ საშუალო სიჩქარით იარა. რა საშუალო სიჩქარით იმოძრავა მან მომდევნო t დროის განმავლობაში, თუ მთლიან 2t დროში კატარღის საშუალო სიჩქარე 12 მ/წმ-ის ტოლი იყო.
12*. ავტომობილმა თელავიდან გურჯაანამდე გასავლელი გზის პირველი ნახევარი თანაბრად, 20 კმ/სთ სიჩქარით გაიარა. რა სიჩქარით იმოძრავა ავტომობილმა გზის მეორე ნახევარზე თანაბრად, თუ საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე 24 კმ/სთ-ის ტოლია?
13*. ავტომობილმა ზუგდიდიდან მესტიამდე გასავლელი მანძილის პირველი ნახევარი 60 კმ/სთ სიჩქარით გაიარა. გზის მეორე ნახევრის გასავლელად საჭირო დროის ნახევარი თანაბრად 50 კმ/სთ სიჩქარით იმოძრავა, გზის ბოლო მონაკვეთი კი – 30 კმ/სთ სიჩქარით. იპოვეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.
14*. მატარებელი მთელი დროის 1/3-ის განმავლობაში მოძრაობდა თანაბრად, 60 კმ/სთ სიჩქარით, დანარჩენი დრო კი – 90 კმ/სთ-ით. იპოვეთ მატარებლის საშუალო სიჩქარე მთელ დროში.
15*. ტურისტმა მთელი გზის 1/4 ნაწილი 5 კმ/სთ სიჩქარით ფეხით გაიარა. შემდეგ, მთელი გზის 1/2 ნაწილი, 60 კმ/სთ სიჩქარით, კატერით იარა, ხოლო გზის ბოლო 1/4 ნაწილი კვლავ ფეხით – 6 კმ/სთ სიჩქარით გაიარა. იპოვეთ ტურისტის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.

2.4. მოძრაობის ფარდობითობა

ვისაც ნანახი გაქვთ ცნობილი ამერიკული ფილმი „სიჩქარე“, ალბათ, გახსოვთ ძალიან დაძაბული სცენა, როცა მგზავრები ერთი მოძრავი ავტობუსიდან მეორე ავტობუსში გადაჰყავთ. მიუხედავად იმისა, რომ მეორე ავტობუსს დედამიწის მიმართ საკმაოდ დიდი სიჩქარე აქვს, პირველი ავტობუსის მიმართ უძრაობას ინარჩუნებს – პირველის გვერდით, მის პარალელურად, ზუსტად იმავე სიჩქარითა და მიმართულებით მოძრაობს (სურ. 2.4.1). ამ შემთხვევაში მგზავრების უსაფრთხოდ გადაყვანის შესაძლებლობას ის მოვლენა იძლევა, რომელსაც თქვენ **მოძრაობის ფარდობითობის** სახელით იცნობთ.

რას ვისწავლით, რაში გამოვიყენებთ

- **გაეცნობით:** სიჩქარის ფარდობითობის მოვლენას და ფარდობითი სიჩქარის გამოთვლის წესებს;
- **შეძლებთ:** გამოთვალოთ სხეულის სიჩქარე, როგორც მოძრავი, ისე უძრავი ათვლის სხეულის მიმართ;

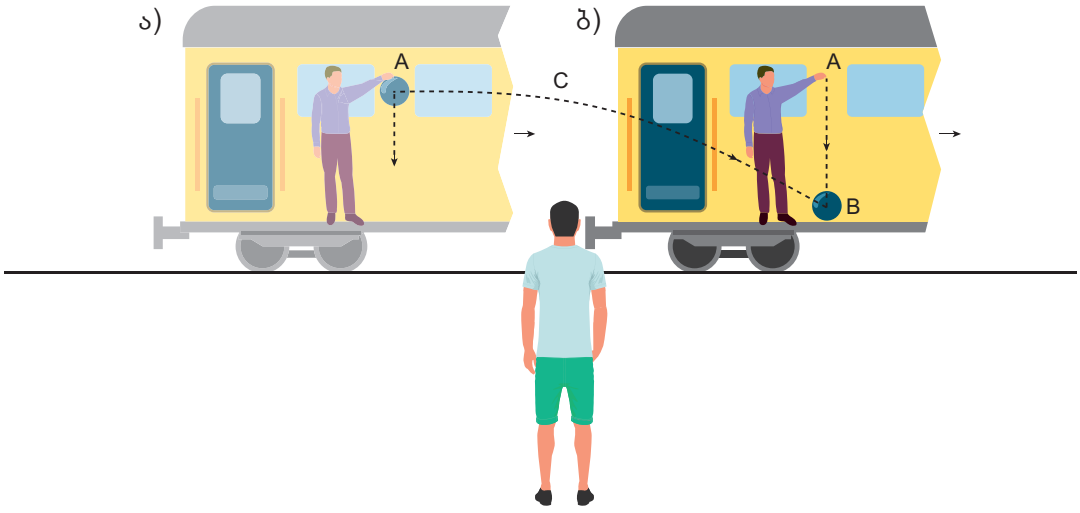


სურ. 2.4.1

ამ თავის პირველ პარაგრაფში თქვენ უკვე გაეცანით უძრაობისა და მოძრაობის ფარდობითობას: თუ მოცემული სხეული რომელიმე ათვლის სხეულის მიმართ უძრავია, ის შეიძლება ათვლის სხვა სხეულის მიმართ მოძრაობდეს. მაგალითად, მოძრავ მატარებელში მჯდომი მგზავრი უძრავია ვაგონისა და მასში მსხდომი სხვა მგზავრების მიმართ, მაგრამ დედამიწის მიმართ მოძრაობს.

სხვადასხვა ათვლის სხეულის მიმართ სხეულის ტრაექტორიაც განსხვავდება, რაც ასევე მოძრაობის ფარდობითობას ნიშნავს. წარმოიდგინეთ, რომ თანაბრად მოძრავ ვაგონში მყოფი დამკვირვებელი ხელიდან ბურთს უშვებს (სურ. 2.4.2). მის მიმართ ბურთის ტრაექტორია ვერტიკალური AB მონაკვეთია, ხოლო დედამიწაზე მყოფი დამკვირვებლისათვის ACB მრუდი წირი – ისეთივე ფორმის, როგორიც ჰორიზონტალურად გასროლილი ბურთის ტრაექტორიაა.

ცხადია, ტრაექტორიის მსგავსად, მოძრავი სხეულის მიერ გავლილი მანძილიც ათვლის სხვადასხვა სხეულის მიმართ განსხვავებულია. მაგალითად,



სურ. 2.4.2

მოძრავ ავტომობილში მყოფი მგზავრის მიერ გავლილი მანძილი ავტომობილის მიმართ ნულის ტოლია, მაგრამ დედამიწის მიმართ ნულისგან განსხვავებულია.

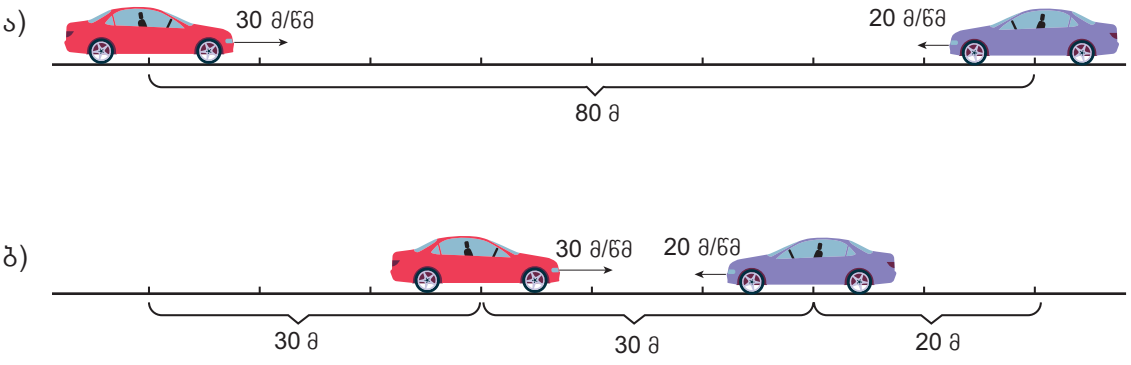
არის თუ არა სიჩქარე ფარდობითი? სიჩქარის ფარდობითობის არსის უკეთ გასაგებად რამდენიმე მარტივი მაგალითი განვიხილოთ.

2.4.1 სიჩქარეთა შეკრება

წარმოიდგინეთ, რომ ორი ავტომობილი ერთი წრფის გასწვრივ მოძრაობს. ამოცანის გასამარტივებლად, ისინი ნივთიერ წერტილებად მივიჩნიოთ.

ვთქვათ, ავტომობილები შემხვედრი მიმართულებით მოძრაობენ და დედამიწის მიმართ მათი სიჩქარეებია 30 მ/წმ და 20 მ/წმ.

დაკვირვების დაწყების მომენტში ავტომობილებს შორის მანძილი 80 მ-ია (სურ. 2.4.3 ა).



სურ. 2.4.3

1 წმ-ში პირველი ავტომობილი გაივლის 30 მ-ს, მეორე კი – 20 მ-ს. შესაბამისად, ავტომობილები 1 წამში ერთმანეთს 50 მ-ით მიუახლოვდება (სურ. 2.4.3 ბ), რაც იმას ნიშნავს, რომ ავტომობილები ერთმანეთის მიმართ 50 მ/წმ სიჩქარით მოძრაობენ. სწორედ ეს არის ავტომობილების ფარდობითი სიჩქარე, ანუ ერთი ავტომობილის სიჩქარე მეორე ავტომობილის მიმართ.

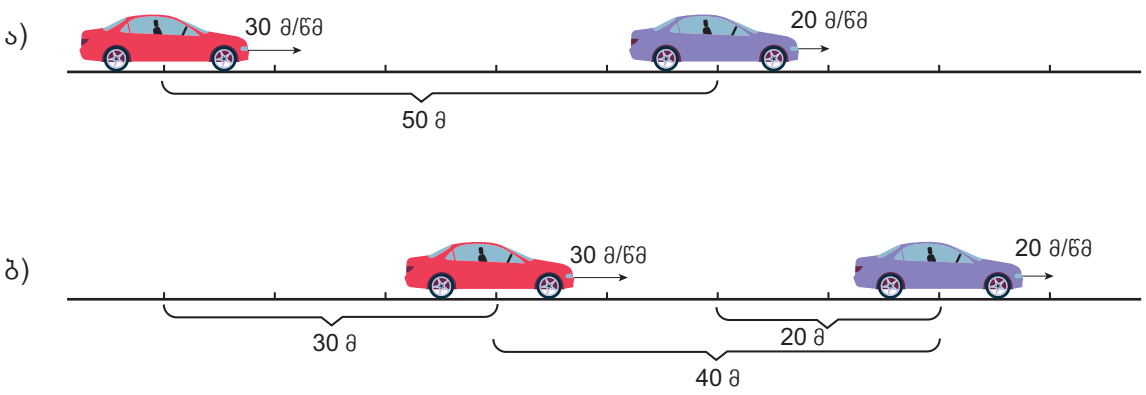
პირველი ავტომობილის მძღოლი იტყვის, რომ მეორე ავტომობილი მას 50 მ/წმ სიჩქარით უახლოვდება. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ თუ ათვლის სხეულად პირველ ავტომობილს მივიჩნევთ, მეორე ავტომობილის სიჩქარე პირველის მიმართ 50 მ/წმ-ია, მაშინ როდესაც დედამიწის მიმართ 20 მ/წმ-ის ტოლია (თუ ათვლის სხეულად მეორე ავტომობილს მივიჩნევთ, ანალოგიური მსჯელობით დავასკვნით, რომ პირველი ავტომობილის სიჩქარე მეორეს მიმართ ასევე 50 მ/წმ-ია, მაშინ როდესაც დედამიწის მიმართ 30 მ/წმ-ის ტოლია).

განხილული მაგალითიდან ჩანს, რომ **სხეულის სიჩქარის მნიშვნელობა ათვლის სხეულის შერჩევაზეა დამოკიდებული, ანუ სიჩქარე ფარდობითია.**

თუ ორი სხეული, რომელთა სიჩქარეები დედამიწის მიმართ v_1 და v_2-ია, ერთმანეთის შესახვედრად მოძრაობს, მაშინ ერთი სხეულის სიჩქარე მეორის მიმართ, ანუ ფარდობითი სიჩქარე, ასე გამოითვლება:

$$v_{\text{ფარდ}} = v_1 + v_2.$$

ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც ავტომობილები იმავე სიჩქარეებით ერთი მიმართულებით მოძრაობენ. დავუშვათ, დაკვირვების დაწყების მომენტში მათ შორის მანძილი 50 მ-ია და პირველი ავტომობილი მეორეს ეწევა (სურ. 2.4.4 ა).



სურ. 2.4.4

1 წამში პირველი ავტომობილი 30 მ-ით წაიწევს წინ, მეორე კი – 20 მ-ით. შედეგად, ავტომობილებს შორის მანძილი 10 მ-ით შემცირდება და 40 მ გახდება (სურ. 2.4.4 ბ). ეს ნიშნავს, რომ პირველი ავტომობილი მეორეს 10 მ/წმ სიჩქარით უახლოვდება.

თუ ორი სხეული, რომელთა სიჩქარეები დედამიწის მიმართ v_1 და v_2-ია, ერთი მიმართულებით მოძრაობენ, მაშინ ერთი სხეულის სიჩქარე მეორის მიმართ, ანუ ფარდობითი სიჩქარე, ასე გამოითვლება:

$$v_{\text{ფარდ}} = |v_1 - v_2|.$$

მოყვანილ მაგალითებში განვსაზღვრეთ სხეულთა ფარდობითი სიჩქარე ერთმანეთის მიმართ, როდესაც ცნობილია მათი სიჩქარეები დედამიწის მიმართ.

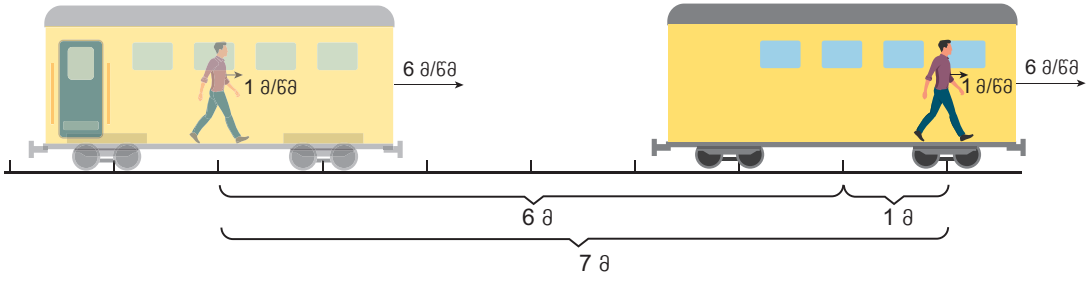
როგორ შეიძლება გამოვთვალოთ სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ, თუ ვიცით მისი სიჩქარე სხვა მოძრავი სხეულის (ათვლის სხეულის) მიმართ?

განვიხილოთ მაგალითი. ვთქვათ, მგზავრი იმყოფება მატარებელში, რომელიც 6 მ/წმ სიჩქარით მოძრაობს. დავუშვათ, მგზავრი ვაგონის მიმართ 1 მ/წმ სიჩქარით გადაადგილდება ვაგონის მოძრაობის მიმართულებით.

მატარებელი დედამიწის მიმართ 1 წამში 6 მეტრს გაივლის. მგზავრი კი 1 წმ-ში გაივლის:

ა) მატარებლის მიმართ 1 მეტრს;

ბ) დედამიწის მიმართ კი 7 მეტრს, რადგან მის მიერ მატარებლის მიმართ გავლილ მანძილს დაემატება მანძილი, რომელსაც მატარებელი გადის დედამიწის მიმართ: 6 მ +1 მ = 7 მ (სურ. 2.4.5).



სურ. 2.4.5

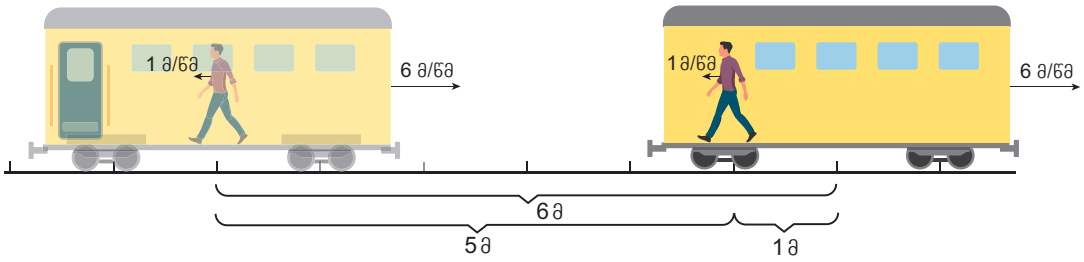
შესაბამისად, გამოდის, რომ მგზავრის სიჩქარე დედამიწის მიმართ ტოლია 7 მ/წმ-ის. ამ შემთხვევაში მატარებელი მოძრავი ათვლის სხეულია, მგზავრი კი – სხეული, რომელიც მის მიმართ მოძრაობს.

ახალი ტერმინები:
ფარდობითი სიჩქარე;
სიჩქარეთა შეკრება.

ამრიგად, **თუ v_1 სხეულის სიჩქარეა მოძრავი ათვლის სხეულის მიმართ, v_2 კი – მოძრავი ათვლის სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ და სხეულები ერთი მიმართულებით მოძრაობენ, მაშინ სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ ტოლია ორი სიჩქარის ჯამისა:**

$$v_{\text{დედ.მიმართ}} = v_1 + v_2.$$

ვთქვათ, ამჯერად მგზავრი მატარებლის საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობს. ასეთ შემთხვევაში დედამიწის მიმართ მგზავრი 1 წმ-ში 5 მ-ს გაივლის: 6 მ – 1 მ = 5 მ (სურ. 2.4.6). ანუ, მგზავრი დედამიწის მიმართ მატარებლის მოძრაობის მიმართულებით 5 მ/წმ სიჩქარით იმოძრავებს.



სურ. 2.4.6

თუ v_1 სხეულის სიჩქარეა მოძრავი ათვლის სხეულის მიმართ, v_2 კი – მოძრავი ათვლის სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ და ეს სხეულები ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით მოძრაობენ, მაშინ სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ ასე გამოითვლება:

$$v_{\text{დედ.მიმართ}} = |v_1 - v_2|.$$

საკლასო აქტივობა

ამოხსენით ამოცანები:

1. წრფივ მაგისტრალზე შემხვედრი მიმართულებით ორი საქალაქთაშორისო ავტობუსი თანაბრად, 72 კმ/სთ და 90 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობს. გამოთვალეთ მათი ფარდობითი სიჩქარე და მანძილი, რომელზეც ავტობუსები შეხვედრიდან 5 წთ-ში დაშორდებიან.
2. მუხლუხებიანი ტრაქტორი დედამიწის მიმართ 2 მ/წმ სიჩქარით მოძრაობს. რა სიჩქარით მოძრაობს მუხლუხის ზედა ნაწილი:
   ა) ტრაქტორის მიმართ?
   ბ) დედამიწის მიმართ?

უპასუხეთ კითხვებს

1. რატომ არის შემხვედრი მიმართულებით მოძრავი ავტომობილების შეჯახება ბევრად უფრო დამაზიანებელი, ვიდრე ერთი მიმართულებით მოძრავი ავტომობილების?
2. ტივი მიუყვება მდინარის დინებას. დაასახელეთ სხეული (სხეულები), რომელთა მიმართაც ტივი: ა) უძრავია; ბ) მოძრაობს.
3. ექსტრემალურ სიტუაციაში, თვითმფრინავს ცაშივე აწვდიან საწვავს მეორე თვითმფრინავიდან. როგორ ახერხებენ ამას პილოტები?
4. რა სიჩქარით და რომელი მიმართულებით უნდა იმოძრაოს მგზავრმა მოძრავი ესკალატორის მიმართ, რომ დედამიწის მიმართ უძრავი დარჩეს?
5. რატომ იზრდება ძრავიანი ნავის სიჩქარე დედამიწის მიმართ, როდესაც ნავის სიჩქარე წყლის მიმართ დინების მიმართულებას ემთხვევა?
6. შეადარეთ ნავისა და მდინარის დინების სიჩქარეები ერთმანეთს, თუ ნავი დედამიწის მიმართ დინების საწინააღმდეგოდ მოძრაობს.

რა ვისწავლეთ

- **სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია, გავლილი მანძილი და სიჩქარე ფარდობითია;**
- **თუ სხეულები ერთმანეთის შესახვედრად მოძრაობენ, მაშინ ერთი სხეულის სიჩქარე მეორის მიმართ ტოლია დედამიწის მიმართ მათი სიჩქარეების ჯამის: $v_{ფარდ} = v_1 + v_2$;**
- **თუ სხეულები ერთი მიმართულებით მოძრაობენ, მაშინ ერთი სხეულის სიჩქარე მეორის მიმართ ტოლია დედამიწის მიმართ მათი სიჩქარეების სხვაობის მოდულის: $v_{ფარდ} = |v_1 - v_2|$;**
- **თუ v_1 სხეულის სიჩქარეა მოძრავი ათვლის სხეულის მიმართ, v_2 კი – მოძრავი ათვლის სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ და სხეულები ერთი მიმართულებით მოძრაობენ, მაშინ სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ ტოლია ორი სიჩქარის ჯამისა: $v_{დედ.მიმართ} = v_1 + v_2$;**
- **თუ v_1 სხეულის სიჩქარეა მოძრავი ათვლის სხეულის მიმართ, v_2 კი – მოძრავი ათვლის სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ და სხეულები ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით მოძრაობენ, მაშინ სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართ ასე გამოითვლება: $v_{დედ.მიმართ} = |v_1 - v_2|$.**

ეს საინტერესოა:

1. ალბათ, გსმენიათ, რომ თვითმფრინავის საწვავის ავზის შევსებას მაშინაც ახერხებენ, როდესაც თვითმფრინავი მიფრინავს. ამისათვის საჭიროა, საწვავის მიმწოდებელი მეორე თვითმფრინავი პირველის მიმართ უძრავი იყოს. როგორ შეიძლება ორი თვითმფრინავი ჰაერში ერთმანეთის მიმართ არ მოძრაობდეს? თქვენ უკვე იცით, რომ ეს მაშინაა შესაძლებელი, თუ ორივე თვითმფრინავი დედამიწის მიმართ ერთი მიმართულებით და ერთნაირი



სურ. 2.4.7

სიჩქარით იმოძრავებს. ერთმანეთთან მიახლოების შემდეგ ორივე თვითმფრინავი მოძრაობას ერთნაირი სიჩქარით დაიწყებს და ერთმანეთის მიმართ უძრავი იქნება. ამ დროს თვითმფრინავის ავზებს ერთმანეთთან აკავშირებენ გრძელი მოქნილი მილით, რომლითაც საწვავი მიეწოდება (სურ. 2.4.7).

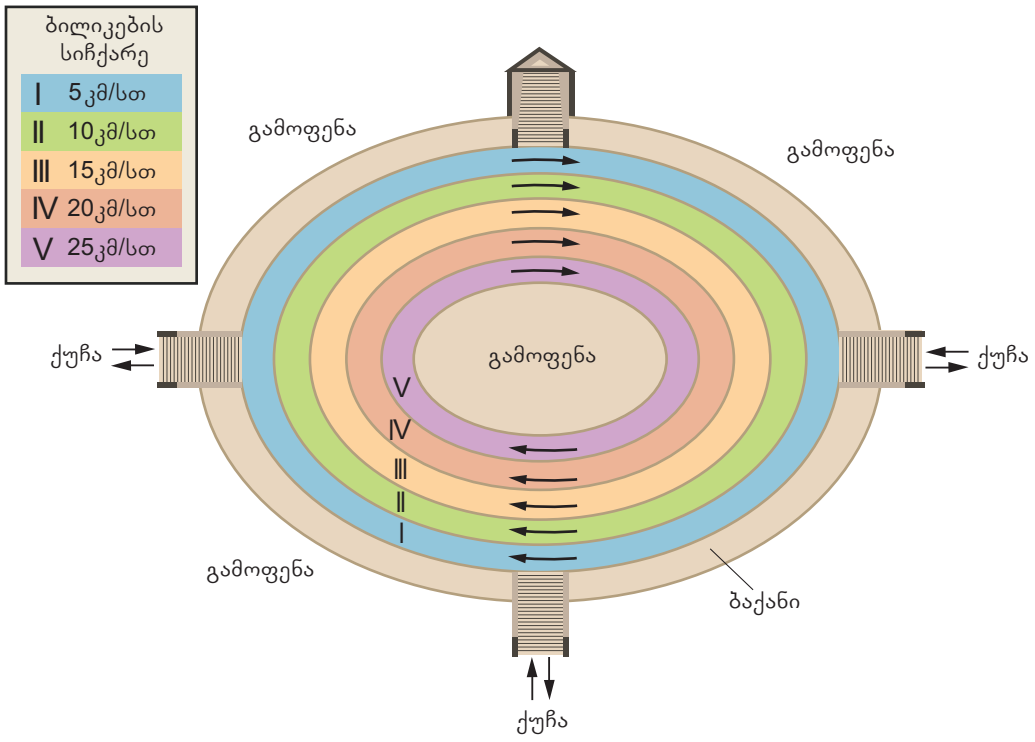
2. მოძრავი ბილიკები

მოძრავი ბილიკები (სურ. 2.4.8) პირველად 1893 წელს ჩიკაგოში, ხოლო შემდეგ – 1900 წელს პარიზის მსოფლიო გამოფენაზე გამოიყენეს.

ხუთი ბილიკი ამძრავი მექანიზმის საშუალებით დედამიწის მიმართ სხვადასხვა სიჩქარით მოძრაობს. ბილიკები წრიულად ან ოვალურად არის განლაგებული და ყველა ერთი და იმავე მიმართულებით მოძრაობს.

ყველაზე გარე, I ბილიკი, საკმაოდ ნელა – 5 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობს. ეს ფეხით მოსიარულისთვის ბუნებრივი სიჩქარეა, ამიტომ ნებისმიერ მსურველს შეუძლია ბაქნიდან (დედამიწიდან) ამ ბილიკზე მარტივად გადავიდეს.

II ბილიკი დედამიწის მიმართ 10 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობს. თუმცა მისი ფარდობითი სიჩქარე I-ის მიმართ ისევ 5 კმ/სთ-ია და I ბილიკიდან მასზე უსაფრთხოდ გადასვლა თავისუფლად შეიძლება.



სურ. 2.4.8

ანალოგიურად, III, IV და V ბილიკიც (მიუხედავად მათი საკმაოდ მაღალი სიჩქარისა) მეზობელი ბილიკის მიმართ 5 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობს. მგზავრს შეუძლია ეტაპობრივად – ერთი ბილიკიდან მეორეზე გადასვლით – უსაფრთხოდ მიაღწიოს ყველაზე სწრაფ, V ბილიკს.

საბოლოოდ, ყველაზე სწრაფი, შიდა V ბილიკი (რომლის სიჩქარე 25 კმ/სთ) უზრუნველყოფს მგზავრის სწრაფ გადაყვანას სასურველი მიმართულებით. დანიშნულების ადგილზე მისვლის შემდეგ კი მგზავრი იმავე პრინციპით – ეტაპობრივად, ბილიკიდან ბილიკზე გადასვლით, სიჩქარეს ამცირებს და ბაქანზე უსაფრთხოდ ბრუნდება.

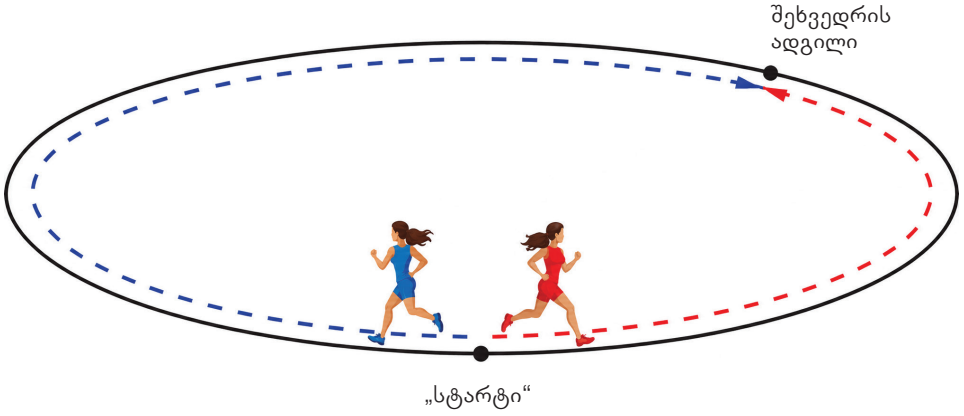
მოძრავი ბილიკების ეს სისტემა სიჩქარის ფარდობითობის თვალსაჩინო მაგალითია. მიუხედავად იმისა, რომ თითოეული ბილიკის სიჩქარე დედამიწის მიმართ თანდათან იზრდება, მეზობელ ბილიკებს შორის სიჩქარეთა სხვაობა 5 კმ/სთ-ია. სწორედ ეს უზრუნველყოფს მგზავრთა უსაფრთხო გადასვლას ერთი ბილიკიდან მეორეზე.

ნახეთ ვიდეო მოძრავ ბილიკებზე:

როგორ იხსნება ამოცანები

ამოცანა 1

წრიულ სარბენ ბილიკზე, რომლის სიგრძეა 240 მ, „სტარტის“ ნიშნულიდან ორი სპორტსმენი სირბილს ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით იწყებს (სურ. 2.4.9). რამდენ ხანში შეხვდებიან პირველად სპორტსმენები ერთმანეთს, თუ ერთი სპორტსმენის სიჩქარეა 8 მ/წმ და ის მეორის სიჩქარეს 2-ჯერ აღემატება? გამოთვალეთ პირველი სპორტსმენის მიერ შეხვედრამდე გავლილი მანძილი.



სურ. 2.4.9

ამოხსნა:

მოც.: $s = 240$ მ;

$v_1 = 8$ მ/წმ;

$v_2 = \frac{v_1}{2} = 4$ მ/წმ.

უ.ვ.: ა) t (შეხვედრის დრო);

ბ) s_1 (პირველი სპორტსმენის მიერ შეხვედრამდე გავლილი მანძილი).

- სპორტსმენები შემხვედრი მიმართულებით მოძრაობენ, ამიტომ მათ მიერ შეხვედრამდე გასავლელი მანძილების ჯამი შემცირდება სიჩქარით, რომელიც მათი სიჩქარეთა ჯამის ტოლია:

$$v = v_1 + v_2 = 12 \text{ მ/წმ}.$$

- t დრო, რომელშიც სპორტსმენები წრიული სარბენი ბილიკის მთლიან s სიგრძეს 12 მ/წმ სიჩქარით დაფარავენ და ერთმანეთს შეხვდებიან, ტოლი იქნება:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{240 \text{ მ}}{12 \text{ მ/წმ}} = 20 \text{ წმ}.$$

- პირველი სპორტსმენის მიერ შეხვედრამდე გავლილი მანძილი ასე გამოითვლება:

$$s_1 = v_1 \cdot t = 8 \text{ მ/წმ} \cdot 20 \text{ წმ} = 160 \text{ მ}.$$

პასუხი: $t = 20$ წმ; $s_1 = 160$ მ.

ამოცანა 2

მდინარე ბზიფის პირას მდებარე A და B პუნქტებს შორის მანძილი 420 მ-ია. ბზიფის დინების სიჩქარეა 2 მ/წმ, ხოლო ძრავიანი ნავის სიჩქარე ტბაზე (ანუ, ნავის საკუთარი სიჩქარე) 5 მ/წმ-ია. რა დრო დასჭირდება ნავს დინების მიმართულებით A პუნქტიდან B პუნქტში ჩასასვლელად? უკან დასაბრუნებლად? მიიჩნიეთ, რომ ნავის სიჩქარე წყლის მიმართ და მდინარის დინების სიჩქარე მუდმივია.

ამოხსნა:

მოც.: $v_ნ = 5$ მ/წმ;

$v_მ = 2$ მ/წმ;

$AB = s = 420$ მ.

უ.ვ.: ა) A-დან B-მდე მოძრაობის დრო, t_1;

ბ) B-დან A-მდე მოძრაობის დრო, t_2.

- ამოცანის პირობის თანახმად, A-დან B პუნქტში მისასვლელად ნავი მდინარეზე დინების მიმართულებით მოძრაობს. შესაბამისად:

ა) ნავის სიჩქარე დედამიწის მიმართ (v_1), ნავისა და დინების სიჩქარეების ჯამის ტოლია (მდინარე ნავს მოძრაობაში „ეხმარება“):

$$v_1 = v_ნ + v_მ = 7 \text{ მ/წმ};$$

ბ) დრო, რომელსაც ნავი დინების მიმართულებით ორ პუნქტს შორის მანძილის გავლას მოანდომებს, ტოლი იქნება:

$$t_1 = \frac{s}{v_1} = \frac{420\ მ}{7\ მ/წმ} = 60\ წმ;$$

- უკან დაბრუნებისას, B-დან A პუნქტში მისასვლელად ნავი მდინარეზე დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით იმოძრავებს. ასეთ შემთხვევაში:

ა) ნავის სიჩქარე დედამიწის მიმართ (v_2) ტოლია ნავისა და დინების სიჩქარეების სხვაობისა (მდინარე ნავის მოძრაობას „ეწინააღმდეგება“):

$$v_2 = v_ნ - v_მ = 3\ მ/წმ;$$

ბ) დრო, რომელსაც ნავი დინების საწინააღმდეგოდ ორ პუნქტს შორის მანძილის გავლას მოანდომებს, ასე გამოითვლება:

$$t_2 = \frac{s}{v_2} = \frac{420\ მ}{3\ მ/წმ} = 140\ წმ.$$

პასუხი: $t_1 = 60$ წმ; $t_2 = 140$ წმ.

საშინაო აქტივობა

ამოხსენით ამოცანები:

მითითება: თუ სპეციალური მითითება არ არის, მიიჩნიეთ, რომ ამოცანაში სხეულის სიჩქარე დედამიწის მიმართაა მოცემული.

1. წრფივ გზაზე ერთმანეთის შემხვედრი მიმართულებით მოძრაობს ორი ავტომობილი. ერთი ავტომობილის სიჩქარე 25 მ/წმ-ია. რა სიჩქარით მოძრაობს მეორე ავტომობილი, თუ ცნობილია, რომ ავტომობილების ფარდობითი სიჩქარე 45 მ/წმ-ის ტოლია.
2. ერთ წრფეზე ერთი და იმავე მიმართულებით მირბის ორი კურდღელი. რისი ტოლია მათი ფარდობითი სიჩქარე, თუ პირველი კურდღლის სიჩქარე 60 კმ/სთ-ია, რაც ორჯერ მეტია მეორე კურდღლის სიჩქარეზე.
3. ორი მატარებელი მოძრაობს პარალელურ რელსებზე ერთი მიმართულებით. ერთი მატარებლის სიჩქარე 60 კმ/სთ-ია, მეორისა კი – 80 კმ/სთ. რისი ტოლი იქნება მეორე მატარებლის სიჩქარე პირველი მატარებლის მიმართ?
4. პარალელურ რელსებზე შემხვედრი მიმართულებით მოძრაობს ორი მატარებელი, რომელთა სიჩქარეები 54 კმ/სთ და 36 კმ/სთ-ია. რა სიგრძისაა მეორე მატარებელი, თუ მან პირველ მატარებელში მჯდომ მგზავრს 8 წმ-ში ჩაუარა?
5. პარალელურ რელსებზე შემხვედრი მიმართულებით მოძრაობს 150 მ და 174 მ სიგრძის ორი მატარებელი, რომელთა სიჩქარეები, შესაბამისად, 5 მ/წმ-ის და 4 მ/წმ-ის ტოლია. რა დროში ჩაუვლიან ეს მატარებლები ერთმანეთს?
6. რისი ტოლია კატარღის სიჩქარე წყლის მიმართ, თუ დინების მიმართულებით ცურვისას კატარღის სიჩქარე დედამიწის მიმართ 9 მ/წმ-ის ტოლია, დინების სიჩქარე კი – 3 მ/წმ?
7. მდინარე რიონის დინების მიმართულებით კატარღის ცურვისას, მისი სიჩქარე ნაპირის მიმართ 10 მ/წმ-ია, ხოლო დინების საპირისპიროდ ცურვისას სიჩქარე ნაპირის მიმართ 6 მ/წმ -ია. იპოვეთ რიონის დინების სიჩქარე. მიიჩნიეთ, რომ კატარღის სიჩქარე წყლის მიმართ და დინების სიჩქარე არ იცვლება.

8. წრფივ მაგისტრალზე, შემხვედრი მიმართულებით მოძრაობს ორი მოტოციკლი, რომელთა სიჩქარეებია 70 კმ/სთ და 90 კმ/სთ. განსაზღვრეთ, შეხვედრიდან რა დროის შემდეგ იქნება მათ შორის მანძილი 40 კმ.
9. ავტოსადგურიდან გასული ავტობუსი მოძრაობს თანაბრად, 54 კმ/სთ სიჩქარით. ავტობუსის გასვლიდან 20 წთ-ის შემდეგ, მის კვალდაკვალ, 72 კმ/სთ სიჩქარით გაემგზავრა მსუბუქი ავტომობილი. მსუბუქი ავტომობილის მოძრაობის დაწყებიდან რა დროის შემდეგ დაეწევა ის ავტობუსს? ავტოსადგურიდან რა მანძილზე დაეწევა ის?
10. 27 მ სიგრძის მოძრავი ვაგონის ერთი ბოლოდან მეორეში მისვლას თანაბრად მოძრავმა მგზავრმა 45 წმ მოანდომა. იპოვეთ, რა მანძილი გაიარა ამ დროში მგზავრმა დედამიწის მიმართ, თუ ვაგონის სიჩქარე 12,4 მ/წმ-ია და მგზავრი ვაგონის მოძრაობის მიმართულებით გადაადგილდა.
11. მდინარის დინების მიმართულებით მცურავმა ძრავიანმა ნავმა 200 წმ-ში ნაპირის მიმართ 4 კმ გაიარა. რა დროს მოანდომებს ნავი იმავე მანძილის გავლას დინების საპირისპიროდ მოძრაობისას, თუ დინების სიჩქარეა 2 მ/წმ. მიიჩნიეთ, რომ ნავის სიჩქარე წყლის მიმართ და დინების სიჩქარე მუდმივია.
12. მეტროს ესკალატორს მასზე უძრავად მდგომი მგზავრი 40 წმ-ში აჰყავს, ხოლო გაჩერებულ ესკალატორზე მგზავრი 120 წმ-ში ადის. რა დროში ავა მოძრავი ესკალატორით მგზავრი, თუ ის ესკალატორზე იმავე მიმართულებით იმოძრავებს? მიიჩნიეთ, რომ ამ შემთხვევაში ესკალატორის სიჩქარე და მგზავრის სიჩქარე ესკალატორის მიმართ იგივეა, რაც პირველ და მეორე შემთხვევაში.
13*. ენგურზე, რომლის დინების სიჩქარეა 1,5 მ/წმ, დინების საპირისპირო მიმართულებით მიცურავს კატარღა. როდესაც კატარღამ წყლის მიმართ სიჩქარე 2-ჯერ გაზარდა, მისი სიჩქარე ნაპირის მიმართ 3-ჯერ გაიზარდა. იპოვეთ კატარღის თავხდაპირველი სიჩქარე, თუ ცნობილია, რომ ის ენგურის დინების სიჩქარეზე მეტია.
14*. პარალელურ რელსებზე ერთმანეთის საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობს ორი მატარებელი. პირველმა მატარებელმა მეორე მატარებელში მჯდომ მგზავრს 5 წმ-ში ჩაუარა, ხოლო მეორე მატარებელმა პირველში მჯდომ მგზავრს – 7 წმ-ში. გამოთვალეთ, რა დროში ჩაუვლიან მატარებლები ერთმანეთს.
15*. ძრავიანმა ნავმა მდინარის ნაპირზე არსებულ ორ პუნქტს შორის მანძილი, დინების მიმართულებით მოძრაობისას, 5 საათში დაფარა, საწინააღმდეგოდ მოძრაობისას კი – 7 საათში. გამოთვალეთ, რა დროს მოანდომებს ტივი იმავე პუნქტებს შორის მანძილის გავლას.
16*. **აზრობრივი ექსპერიმენტი:** ფიზიკოსები ხშირად აზრობრივ ექსპერიმენტს მიმართავენ – წარმოიდგენენ, თუ როგორ განვითარდებოდა მოვლენები ექსპერიმენტის რეალურად ჩატარებისას და ლოგიკური მსჯელობით მოსალოდნელ შედეგებს განსაზღვრავენ.

გამოიყენეთ აზრობრივი ექსპერიმენტი და აღწერეთ სავარაუდო შედეგები, თუ როგორ იცვლება მდინარის დინების მიმართულებით მცურავ გემზე მოძრავი მგზავრის სიჩქარე დედამიწის მიმართ, როდესაც:

ა) დინების სიჩქარე იზრდება; ბ) დინების სიჩქარე მცირდება.

განიხილეთ შემთხვევები, როდესაც მგზავრი გემბანზე მოძრაობს გემის მოძრაობის: ა) მიმართულებით; ბ) საპირისპიროდ.

მსჯელობისას მიიჩნიეთ, რომ მდინარის წყალი, გემი და მგზავრი განხილულ შემთხვევებში ერთი წრფის გასწვრივ მოძრაობს.

დამატებითი ამოცანები

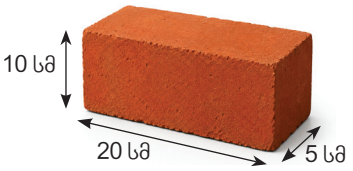
1.7

1. განსაზღვრეთ 7800 კგ/მ^3 სიმკვრივისა და 50 სმ^3 მოცულობის სხეულის მასა.
2. გამოთვალეთ ცარცის სიმკვრივე, თუ 20 სმ^3 მოცულობის ცარცის მასა 48 გ-ია. შედეგი ჩაწერეთ SI ერთეულებში.
3. გამოთვალეთ 2 დმ^3 მოცულობის ყინულის მასა.
4. რამდენი გრამით მეტია 1 დმ^3 ოქროს ზოდის მასა იმავე მოცულობის ვერცხლის ნაკეთობის მასაზე?
5. ვერცხლისწყალს, რომელიც 5 სმ^2 განივკვეთის ფართობის მქონე ცილინდრულ ჭურჭელში ასხია, 750 მმ სიმაღლე აქვს. განსაზღვრეთ ვერცხლისწყლის მასა.
6. 50 მ სიგრძისა და 1 მმ^2 განივკვეთის ფართობის მქონე სპილენძის მავთულის მასა 445 გ-ია. ამ მონაცემებით განსაზღვრეთ სპილენძის სიმკვრივე.
7. 540 გ ალუმინს უფრო მეტი მოცულობა აქვს, თუ 270 გ ყინულს?
8. გამოთვალეთ სპილენძის კუბის მასა, თუ მისი წიბოს სიგრძე 5 სმ-ია.
9. მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმის აკვარიუმი, რომლის ზომებია 80 სმ x 40 სმ x 50 სმ, პირამდეა სავსე წყლით. რა მასის წყალი ასხია აკვარიუმში?
10. რა მასა აქვს 2,5 სმ x 4 სმ x 2 სმ ზომების მქონე მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმის ალუმინის სხეულს?
11. 400 მლ მოცულობის მენზურა პირამდეა სავსე წყლით. მასში 1,47 კგ მასის ვერცხლის ნაკეთობის ჩაძირვის შემდეგ, მენზურიდან ზუსტად წყლის ნახევარი გადმოიღვარა. რა მოცულობის სიღრუე აქვს ნაკეთობას?
12. განსაზღვრეთ ტყვიის სიმკვრივე, თუ მისგან დამზადებულ 45,2 კგ მასისა და 5 დმ^3 მოცულობის სხეულს 1 დმ^3 მოცულობის სიღრუე აქვს.
13. კედელი 400 ცალი აგურისგანაა აშენებული. თითოეული აგურის სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე, შესაბამისად, 20 სმ, 10 სმ და 5 სმ-ია, აგურის სიმკვრივე კი – 2000 კგ/მ^3-ის ტოლია. გამოთვალეთ კედლის მთლიანი მასა, თუ აგურების ერთმანეთთან დამაკავშირებელი ხსნარის მასა 200 კგ-ის ტოლია.
14. ერთმანეთს შეურიეს ტოლი მასის მქონე 2ρ და 3ρ სიმკვრივის ორი სითხე. განსაზღვრეთ მიღებული ნარევის სიმკვრივე.
15. ერთმანეთს შეურიეს ერთნაირი მოცულობის მქონე 2ρ და 3ρ სიმკვრივის ორი სითხე. განსაზღვრეთ მიღებული ნარევის სიმკვრივე.
16. ერთმანეთს შეურიეს ρ და 4ρ სიმკვრივის ორი სითხე. მეორე სითხის მასა 2-ჯერ მეტია პირველი სითხის მასაზე. განსაზღვრეთ მიღებული ნარევის სიმკვრივე.
17. ერთმანეთს შეურიეს 4ρ და 6ρ სიმკვრივის ორი სითხე. რა სიმკვრივის სითხე მიიღება შერევის შედეგად, თუ პირველი სითხის მოცულობა 3-ჯერ მეტია მეორე სითხის მოცულობაზე?
18. სატვირთო ავტომობილი 100 კმ-ის გავლისას 20 კგ დიზელის საწვავს ხარჯავს. რამდენი კილომეტრის გავლა შეუძლია მას 210 ლ დიზელის საწვავით? დიზელის საწვავის სიმკვრივეა 800 კგ/მ^3. მიიჩნიეთ, რომ ორივე შემთხვევაში ყოველი კილომეტრის გავლისას ტოლი რაოდენობის საწვავი იხარჯება.
19. ერთ ჭურჭელში ასხია 3 მ^3 მოცულობისა და 2 გ/სმ^3 სიმკვრივის სითხე, მეორე ჭურჭელში კი 1000 კგ/მ^3 სიმკვრივის 2 ტ მასის სითხე. ეს სითხეები მთლიანად ჩაასხეს ერთ დიდ ავზში და მიიღეს ნარევი. მიიჩნიეთ, რომ ნარევის მოცულობა ტოლია სითხეების თავდაპირველი მოცულობების ჯამის და იპოვეთ:
    ა) პირველი სითხის მასა; ბ) მეორე სითხის მოცულობა;
    გ) ნარევის სიმკვრივე.

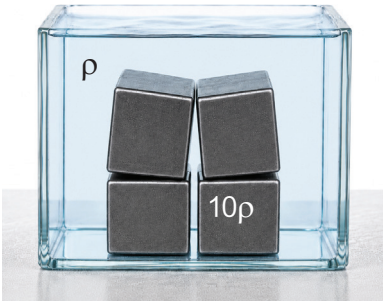
20. 10 სმ^2 განივკვეთის ფართობის მქონე ცილინდრულ ჭურჭელში ჩასხმულია ტოლი მასის ორი ისეთი სითხე, რომლებიც ერთმანეთს არ ერევა (სურ. 1). ჭურჭლის ფსკერთან არსებული ქვედა სითხის სიმკვრივე 2 გ/სმ^3-ის ტოლია, ზემოთ განთავსებულისა კი – 1 გ/სმ^3. ორივე სითხის საერთო სიმაღლე ჭურჭელში 12 სმ-ია. განსაზღვრეთ თითოეული სითხის სიმაღლე.
21. სატვირთო ავტომობილი 100 კმ-ის გავლისას ხარჯავს 16 კგ დიზელის საწვავს, რომლის სიმკვრივეა 800 კგ/მ^3. მიიჩნიეთ, რომ ყოველი კილომეტრის გავლისას ერთნაირი რაოდენობის საწვავი იხარჯება და იპოვეთ:
ა) რამდენ ლიტრ საწვავს ხარჯავს ავტომობილი 10 კმ მანძილის გავლისას?
ბ) რამდენი კილომეტრის გავლა შეუძლია ავტომობილს 150 ლ საწვავით?
22. სატვირთო ავტომობილს გადააქვს 5 სმ x 10 სმ x 20 სმ ზომების მქონე 3000 ცალი ერთნაირი აგური (სურ. 2). აგურის სიმკვრივეა 2000 კგ/მ^3. იპოვეთ სატვირთო ავტომობილზე მოთავსებული აგურების მასა.
23.* კუბის ფორმის ავზი (სურ. 3), რომლის წიბოს სიგრძე 30 სმ-ია, ბოლომდე სავსეა 1 გ/სმ^3 სიმკვრივის სითხით. ავზში ფრთხილად უშვებენ ოთხ ერთნაირ კუბს, რომელთა წიბოს სიგრძე სამჯერ ნაკლებია ავზის წიბოს სიგრძეზე, ხოლო სიმკვრივე ათჯერ მეტია სითხის სიმკვრივეზე. იპოვეთ:
ა) ავზიდან გადმოღვრილი სითხის მასა ყველა კუბის სითხეში ჩაშვების შემდეგ;
ბ) ავზში დარჩენილი სითხისა და მასში მოთავსებული კუბების საშუალო სიმკვრივე.



სურ. 1



სურ. 2



სურ. 3

2.2

24. რა მანძილს გაივლის 72 კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი ავტომობილი 1 წთ-ში?
25. წრიულ სარბენ ბილიკს ლუკამ 10 წუთში 5-ჯერ შემოურბინა. რისი ტოლია ბილიკის სიგრძე, თუ ლუკა, თანაბრად, 5 მ/წმ სიჩქარით დარბოდა?
26. ბაქანზე მდგომ დამკვირვებელს თანაბრად მოძრავი მატარებლის პირველმა ორმა ვაგონმა 5 წამში ჩაუარა, დანარჩენმა ვაგონებმა კი – 15 წამში. რამდენი ვაგონისგან შედგება მატარებელი?
27. ცხინვალიდან გორამდე მანძილი დაახლოებით 43 კმ-ია. რა დრო მოანდომა ავტომობილმა გორიდან ცხინვალში ჩასვლას, თუ ცნობილია, რომ ამ გზის 5 კმ-იან დაზიანებულ უბანზე ის 5 მ/წმ სიჩქარით მოძრაობდა, დანარჩენ დაუზიანებელ უბანზე კი – 20 მ/წმ სიჩქარით.

2.3

28. ავტომობილმა გზის საწყისი 600 მეტრი 20 წამში გაიარა, მომდევნო 1 კმ კი – 3 წუთში. განსაზღვრეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.
29. ავტომობილმა 2 სთ-ის განმავლობაში 40 კმ/სთ სიჩქარით თანაბრად იმოძრავა, შემდეგ 1 სთ გაჩერებული იყო, ხოლო მომდევნო 2 სთ-ის განმავლობაში კვლავ თანაბრად, 60კმ/სთ სიჩქარით იარა. რისი ტოლია ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე?

30. გასავლელი გზის ნახევარი ავტომობილმა 20 მ/წმ სიჩქარით, ხოლო გზის მეორე ნახევარი 30 მ/წმ სიჩქარით თანაბრად იარა. განსაზღვრეთ ავტომობილის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე.
31. 2 სთ-ის განმავლობაში მოტოციკლმა 60 კმ/სთ სიჩქარით იმოძრავა, შემდეგი 2 სთ-ის განმავლობაში ის გაჩერებული იყო, ხოლო მომდევნო 1 საათი, კვლავ თანაბრად, 80 კმ/სთ სიჩქარით იარა. რისი ტოლია მოტოციკლის საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე?
32. ველოსიპედისტმა S = 300 მ მანძილი v = 10 მ/წმ საშუალო სიჩქარით გაიარა. ამ გზის პირველი ნაწილი მან 5 მ/წმ სიჩქარით გაიარა, მეორე ნაწილი კი – 30 მ/წმ სიჩქარით. იპოვეთ გზის მეორე ნაწილზე ველოსიპედისტის მოძრაობის დრო.
33. მოტოციკლმა S = 400 მ მანძილი v = 20 მ/წმ საშუალო სიჩქარით გაიარა. ამ გზის პირველი ნაწილი მოტოციკლმა 10 მ/წმ სიჩქარით თანაბრად გაიარა, მეორე ნაწილი კი – 30 მ/წმ სიჩქარით. იპოვეთ გზის პირველი ნაწილის სიგრძე.

2.4

34. კურდღელი გარბის 18 კმ/სთ სიჩქარით, მწევარი მისდევს მას 36 კმ/სთ სიჩქარით. დროის საწყის მომენტში კურდღელი 30 მ-ით წინაა მწევარზე. კურდღლის საწყისი მდებარეობიდან რა მანძილზე დაეწევა მწევარი მას?
35. ნავმა მდინარის დინების მიმართულებით ცურვისას, 40 წმ-ში ნაპირის მიმართ 120 მ გაიარა, იგივე მანძილის გავლას დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით კი 60 წამი მოანდომა. იპოვეთ მდინარის დინების სიჩქარე, თუ ნავის სიჩქარე წყლის მიმართ ორივე შემთხვევაში ერთნაირია.
36*. ერთ რიგად მოწყობილი სპორტსმენები გარბიან v = 4 მ/წმ სიჩქარით. სპორტსმენების კოლონის სიგრძე L = 30 მ-ია. მათ შესახვედრად მორბის მწვრთნელი u = 2 მ/წმ სიჩქარით. ყოველი სპორტსმენი მწვრთნელთან შეხვედრისთანავე ბრუნდება და გამორბის უკან, იმავე 4 მ/წმ სიჩქარით. იპოვეთ:
ა) პირველი სპორტსმენის მობრუნებიდან რა დროის შემდეგ მობრუნდება ბოლო სპორტსმენი?
ბ) მობრუნების შემდეგ რა სიჩქარით შორდება პირველი სპორტსმენი მწვრთნელს?
გ) რისი ტოლი იქნება კოლონის სიგრძე, როდესაც ყველა სპორტსმენი მობრუნდება?
37. v სიჩქარით მოძრავ ესკალატორს მასზე უძრავად მდგომი გოგონა ქვევით 1 წუთში ჩაჰყავს. რა დროში ჩავა გოგონა ქვევით, თუ ის ესკალატორის მიმართ, ესკალატორის მოძრაობის მიმართულებით 0,2v სიჩქარით ივლის?
38. ავტომობილმა თანაბარი მოძრაობით მთელი გზის მესამედი 80 კმ/სთ სიჩქარით გაიარა, გზის დარჩენილი ნაწილი კი 40 კმ/სთ სიჩქარით. რა საშუალო სიჩქარით გაიარა ავტომობილმა მთელი გზა?
39. ერთი მატარებელი, რომლის სიგრძე120 მ-ია, მოძრაობს თანაბრად, 12 მ/წმ სიჩქარით. მას წამოეწია და გაასწრო პარალელურ რელსზე 20 მ/წმ სიჩქარით მოძრავმა მეორე მატარებელმა, რომლის სიგრძე 200 მ-ია. რა დროში ჩაუარა მეორე მატარებელმა პირველ მატარებელს?
40. კატერმა ცხინვალიდან ერგნეთისკენ ლიახვის დინების მიმართულებით 2,4 კმ გაიარა და მისვლისთანავე უკან, ისევ ცხინვალში გამობრუნდა. ლიახვის დინების სიჩქარე 1 მ/წმ-ია, კატერის სიჩქარე წყლის მიმართ კი – 5 მ/წმ. განსაზღვრეთ კატერის:
ა) ცხინვალიდან ერგნეთისკენ მდინარეზე მოძრაობის დრო;
ბ) უკან, ცხინვალისკენ მოძრაობის დრო;
გ) მთელ გზაზე მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.

საგნობრივი საძიებელი

ათვლის სხეული 90
ამორფული სხეული 70
არათანაბარი მოძრაობა 101, 110
არაპირდაპირი გაზომვა 29
ატომი 37, 39
აწონა 76
ბერკეტი 76
ბროუნის მოძრაობა 44
ბრუნვითი მოძრაობა 92
გადატანითი მოძრაობა 92
გავლილი მანძილი 95
გაზომვის ზღვარი 28
გაზომვის ცდომილება 28
გამყარება 62
დესუბლიმაცია 64, 65
დიფუზია 45
დიფუზიის სისწრაფე 45, 51, 52
დნობა 62
ერთეულთა სისტემა 21
ერთეულოვანი მოცულობის მასა 78
ექსპერიმენტი 19
თანაბარი მოძრაობა 101
თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე 103
კაპილარი 60
კონდენსაცია 62
კრისტალური სხეული 70
მექანიკური მოძრაობა 90
მირჩილვა 57
მოლეკულა 39, 40
მოძრაობის ფარდობითობა 92, 117
მყისი სიჩქარე 104, 112
ნივთიერება 11
ნივთიერი წერტილი 93
ორთქლადქცევა 62
ოსმოსი 49
პირდაპირი გაზომვა 29
სასწორი 76
საშუალო სიჩქარე 110
სიმკვრივე 81
სიჩქარეთა შეკრება 118
სუბლიმაცია 64
ტრაექტორია 93
ურთიერთქმედება 38, 57
ფარდობითი სიჩქარე 119
ფარდობითი ცდომილება 31
ფიზიკური თვისებები 14
ფიზიკური მოვლენა 11,12
ფიზიკური სიდიდე 20
ფიზიკური სიდიდის ერთეული 20, 26
ფიზიკური სხეული 11
ხელსაწყოს დანაყოფის ფასი 26
ჰიდროფობული ნივთიერება 59
ჰიპოთეზა 19

პასუხები

3. ლაბორატორიული სამუშაო N 1 – საშინაო აქტივობა

1. ა) სურ. 3.12. ა) 1^0C, 2^0F; ბ) 0,1^0C; გ) 1^0C.
სურ. 3.13. ა) 2 მლ; ბ) 20 მლ; გ) 10 მლ; დ) 1 მლ.
სურ. 3.14. ა) 0,2 სმ; ბ) 0,1 სმ.

ბ) სურ. 3.12. ა) −35^{0}C, +50^{0}C; −30^{0}F, +120^{0}F ბ) 35^{0}C, 42^{0}C; გ) −40^{0}C, +40^{0}C.
სურ. 3.13. ა) 0 მლ, 70 მლ; ბ) 0 მლ, 700 მლ; გ) 0 მლ, 350 მლ; დ) 0 მლ, 35 მლ.
სურ. 3.14. ა) 0 სმ, 8 სმ; ბ) 0 სმ, 6 სმ.

2. სურ. 3.12 . ა) (24^0 ± 0,5^0)C; (72^0 ± 1^0)F; ბ) (36,2^0 ± 0,05^0)C; გ) (13^0 ± 0,5^0)C.
სურ. 3.13. ა) (70 ± 1) მლ; ბ) (200 ± 10) მლ; გ) (200 ± 5) მლ; დ) (5 ± 0,5) მლ.

3. სურ. 3.15. 10 მლ. **სურ. 3.16.** 100 მლ.

1.2 საშინაო აქტივობა – შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა. აირჩიეთ სწორი პასუხი:

1. ბ); 2. ა); 3. გ); 4. გ); 5. ა).

1.3 საშინაო აქტივობა – შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა. აირჩიეთ სწორი პასუხი:

1. ა); **2.** ბ); **3.** ბ).

1.7 საშინაო აქტივობა – ამოხსენით ამოცანები

1) 900 გ/დმ^3, 1500 კგ/მ^3, 2,1 გ/სმ^3; 2) მცირდება; 3) არ შეიცვლება; 4) 2,7 გ/სმ^3; 5) სპილენძისაგან; 6) 5 დმ^3; 7) ნავთის მოცულობა მეტია 50 სმ^3-ით; 8) 16 სმ; 9) 1755 გ; 10) 31,2 გ; 11) აქვს; 12) 14 სმ^3; 13) 0,8 გ/სმ^3; 14) 1380 კგ/მ^3; 15) 1,6-ჯერ გაიზარდა.

2.1 საშინაო აქტივობა – შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა. აირჩიეთ სწორი პასუხი:

1. ბ); 2. ბ); 3. ბ); 4. გ); 5.) გ); 6. გ); 7. დ); 8. დ); 9. გ).

2.2 საშინაო აქტივობა – ამოხსენით ამოცანები

1) არ არის მართებული; 2) 60 კმ; 3) 80 წმ; 4) 1800 მ/წთ, 120 კმ/სთ, 100 მ/წმ; 5) 20 წთ; 6) 3400 მ; 7) 50 წმ; 8) 20 მ/წმ; 9) 560 მ; 10) უძრავი მატარებელი 180 მ-ით გრძელია მოძრავზე; 11) 35 წმ; 12) 90 კმ/სთ; 13) 96 კმ; 14) 120 კმ/სთ; 15) 50 მ.

2.3 საშინაო აქტივობა – ამოხსენით ამოცანები

1) არა; 2) 18 წთ; 3) 2400 კმ; 4) 5 კმ/სთ; 5) 8 სთ-სა და 14 წთ-ზე; 6) 40 კმ/სთ; 7) 36 კმ/სთ; 8) 14 კმ/სთ; 9) 10 მ/წმ; 10) 6 კმ/სთ; 11) 14 მ/წმ; 12) 30 კმ/სთ; 13) 48 კმ/სთ; 14) 80 კმ/სთ; 15) 10 კმ/სთ.

2.4 საშინაო აქტივობა – ამოხსენით ამოცანები

1) 20 მ/წმ; 2) 30 კმ/სთ; 3) 20 კმ/სთ; 4) 200 მ; 5) 36 წმ; 6) 6 მ/წმ; 7) 2 მ/წმ; 8) 15 წთ; 9) 1 სთ, 72 კმ; 10) 585 მ; 11) 250 წმ; 12) 30 წმ; 13) 3 მ/წმ; 14) 12 წმ; 15) 35 სთ.

დამატებითი ამოცანების პასუხები

1.7

1) 390 გ; 2) 2400 კგ/მ^3; 3) 1,8 კგ; 4) 8800 გ-ით; 5) 5,1 კგ; 6) 8,9 გ/სმ^3; 7) ყინულს; 8) 1,1125კგ; 9) 160 კგ; 10) 54 გ; 11) 60 სმ^3; 12) 11300 კგ/მ^3; 13) 1000 კგ; 14) 2,4ρ; 15) 2,5ρ; 16) 2ρ; 17) 4,5ρ; 18) 840 კმ; 19) ა) 6000 კგ, ბ) 2 მ^3, გ) 1600 კგ/მ^3; 20) 4 სმ, 8 სმ; 21) ა) 2 ლ, ბ) 750 კმ; 22) 6000 კგ; 23) ა) 4 კგ, ბ) 7/3 გ/სმ^3.

2.2

24) 1,2 კმ; 25) 600 მ; 26) 8 ვაგონი; 27) 48 წთ და 20 წმ.

2.3

28) 8 მ/წმ; 29) 40 კმ/სთ; 30) 24 მ/წმ; 31) 40 კმ/სთ; 32) 6 წმ; 33) 100 მ.

2.4

34) 30 მ; 35) 0,5 მ/წმ; 36) ა) 5 წმ, ბ) 2 მ/წმ, გ) 10 მ; 37) 50 წმ; 38) 48 კმ/სთ; 39) 40 წმ; 40) ა) 400 წმ, ბ) 600 წმ, გ) 4,8 მ/წმ.

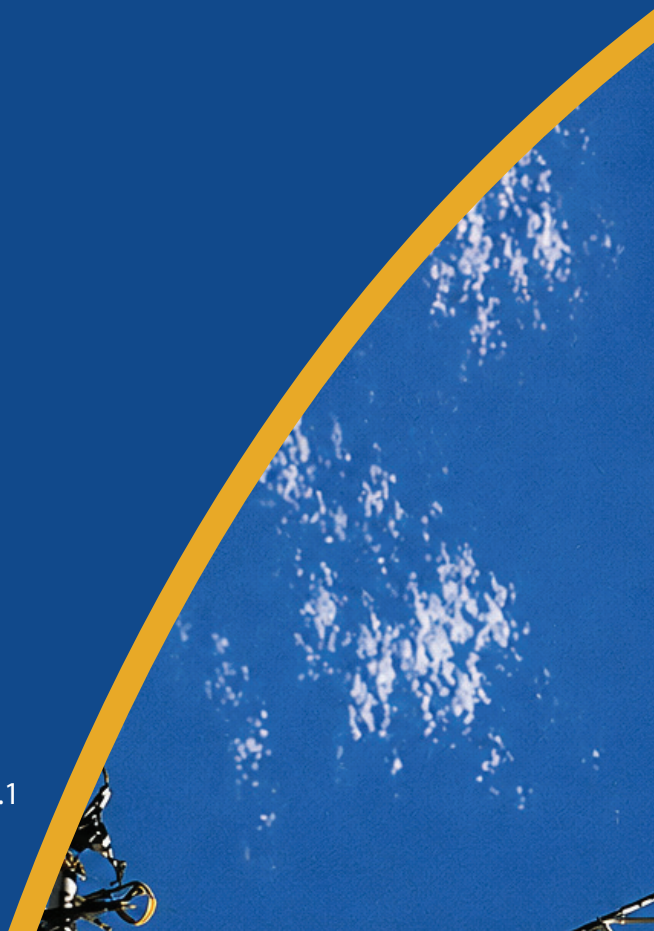
1999 წლის 23–28 ივლისს პირველი ქართული კოსმოსური ობიექტი — გასაშლელი რეფლექტორული ანტენა — ღია კოსმოსურ სივრცეში წარმატებით გამოიცადა. იგი ჯერ ორბიტულ სადგურზე გაიშალა, შემდეგ კი დამოუკიდებლად განაგრძო მოძრაობა დედამიწის გარშემო. ამ ექსპერიმენტმა დაამტკიცა, რომ შესაძლებელია დიდი ზომის ანტენის კოსმოსში დაკეცილი სახით გატანა, შემდეგ მისი გაშლა და წარმატებით გამოყენება. მსგავსი ანტენები აუცილებელია ინფორმაციის მიღება-გადაცემისთვის კოსმოსურ აპარატებს შორის, დედამიწის შესწავლისა და კოსმოსური კვლევებისთვის.

პირველი ქართული კოსმოსური ობიექტის გენერალური კონსტრუქტორია ქართველი მეცნიერი და ინჟინერი, აკადემიკოსი ელგუჯა მეძმარიაშვილი. მან მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა საქართველოში კოსმოსური საინჟინრო დარგის განვითარებაში და ჩამოაყალიბა კოსმოსური ტექნიკის სამეცნიერო სკოლა.

პირველი ქართული კოსმოსური ობიექტის წარმატებული გამოცდა მნიშვნელოვანი მოვლენაა დამოუკიდებელი საქართველოს ისტორიაში. ამ წარმატებამ მსოფლიოს დაანახა, რომ ქართველ მეცნიერებსა და ინჟინრებს შეუძლიათ თანამედროვე კოსმოსური ტექნიკის შექმნა და საერთაშორისო მნიშვნელობის სამეცნიერო პროექტებში მონაწილეობა.

23 ივლისი საქართველოში აღინიშნება, როგორც პირველი ქართული კოსმოსური ობიექტის დღე.

ფოტო ყდაზე: გასაშლელი რეფლექტორული ანტენა, გადაღებული ორბიტულ სადგურზე ასტრონავტების ინტერნაციონალური ეკიპაჟის წევრის, ფრანგი ასტრონავტის, ჟან-ჰიერ ენიერეს მიერ.



9 789941 889233

26.08.7.1.1