

ეთერ პასიაშვილი

კონკა

7

მოსცავლის ციგნი

გრიფმინიჭებულია საქართველოს განათლების,  
მეცნიერების, კულტურისა და სპორტის სამინის-  
ტროს მიერ 2019 წელს

2019

# ეთერ ბასიაშვილი

## ფიზიკა 7

კომპიუტერული უზრუნველყოფა - გიორგი ბასიაშვილი  
რედაქტორი - თამარ ბასიაშვილი

(C) ეთერ ბასიაშვილი

საავტორო უფლება დაცულია

ISBN 978-9941-8-1475-4

მის. თბილისი, ჩუბინაშვილის 21  
ტელ.: (+995) 599265770  
(+995) 599510569  
ელ. ფოსტა: basiashvilieter@gmail.com  
ვებ გვერდი: <http://www.basiashvili.ge/>

# სარჩევი

შესავალი..... 6

## I თავი

ფიზიკა ბუნების შემსწავლელი ერთ-ერთი ძირითადი მეცნიერებაა

|  |    |
|--|----|
| 1.1. ფიზიკური მოვლენები.....                           | 8  |
| 1.2. ფიზიკური სხეული. ცდა და დაკვირვება.....           | 11 |
| 1.3. ფიზიკური სიდიდეები. ფიზიკურ სიდიდეთა გაზომვა..... | 12 |
| 1.4. საზომი ხელსაწყოები .....                          | 16 |

## II თავი

ნივთიერების აგებულება და მისი ფიზიკური თვისებები

|  |    |
|--|----|
| 2.1. ნივთიერების აგებულება.....  | 22 |
| 2.2. მოლექულები და ატომები.....  | 24 |
| 2.3. დიფუზია.....  | 26 |
| 2.4. მმოლექულათა ურთიერთქმედება.....   | 30 |
| 2.5. ნივთიერების მოლექულური აგებულება სხვადასხვა აგრეგატულ<br>მდგომარეობაში..... | 32 |
| 2.6 ნივთიერების თვისებები სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში... <td>34</td>      | 34 |
| 2.7. სხეულის მასა.....   | 36 |
| 2.8. ნივთიერების სიმკვრივე.....  | 40 |

## III თავი

თანაბარი მოძრაობა

|  |    |
|--|----|
| 3.1. მექანიკური მოძრაობა ათვლის სხეული.....      | 48 |
| 3.2. ნივთიერი წერტილი. მოძრაობის ტრაექტორია..... | 49 |
| 3.3. წრფივი თანაბარი მოძრაობა.....               | 52 |
| 3.4. მმოძრაობის გრაფიკული წარმოდგენა.....        | 57 |
| 3.5. არათანაბარი მოძრაობა.....                   | 61 |
| 3.6. სკალარული და ვექტორული სიდიდეები.....       | 65 |

## **IV თავი**

### **ძალა**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 4.1. ინერცია .....                    | 71 |
| 4.2. ძალა.....                        | 74 |
| 4.3. დრეკადობის ძალა.....             | 77 |
| 4.4. დინამომეტრი.....                 | 81 |
| 4.5. სიმძიმის ძალა. სხეულის წონა..... | 83 |
| 4.6. ხახუნის ძალა.....                | 86 |
| 4.7. მშრალი და სველი ხახუნი.....      | 88 |

## **V თავი**

### **წნევა**

|  |            |
|--|------------|
| 5.1. წნევა.....  | 95         |
| 5.2. წნევის გადაცემა მყარი სხეულის, სითხისა და აირის მიერ..... | 98         |
| 5.3. პასკალის კანონი.....                                      | 100        |
| 5.4. ჰიდრავლიკური მანქანა.....                                 | 102        |
| 5.5. სიმძიმის ძალით გამოწვეული სითხის ან აირის წნევა.....      | 104        |
| 5.6. ზიარჭურჭელი.....  | 108        |
| 5.7. ტმოსფერული წნევა.....                                     | 111        |
| 5.8. ტორიჩელის ცდა.....  | 113        |
| 5.9. სითხისა და აირის მოქმედება მასში ჩაშვებულ სხეულზე.....    | 116        |
| 5.10. ცურვის პირობები. გემების ცურვა.....                      | 119        |
| <b>პასუხები.....</b>   | <b>125</b> |
| <b>დანართი.....</b>  | <b>135</b> |

# რუპროპები

თემა



უკასული პითხვებს, ამოსენი ამოცანები



შეაძლეთ შეიტყობინოთ



ამოცანათა ამოსენის ნიმუში

ეძსვით მიზანის სამუშაო



დაიცავი უსაფრთხოების წესები!

## შესავალი

ჩვენ ირგვლივ თვალუწვდენელი სამყაროა. მზე და ვარსკვლავები, მთვარე და დედამინა, ზღვები და ოკეანეები, მცენარეები და ცხოველები — ყველაფერი ეს ბუნებას შეადგენს.

არსებობისათვის ხანგრძლივი ბრძოლის პროცესში ადამიანს გაუჩნდა ბუნების შესწავლის მოთხოვნილება.

ბუნების შესახებ ცოდნა საუკუნეების განმავლობაში გროვდებოდა. უძველესი დროიდან ადამიანი აკვირდებოდა პლანეტების მოძრაობას, ვარსკვლავთა მდებარეობას, ადგენდა კალენდარს.

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების განვითარებით ადამიანმა შექმნა თანამედროვე ტექნიკა უდიდესი შესაძლებლობებით.

ფიზიკა ერთ-ერთი ძირითადი საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაა. იგი ადამიანს ეხმარება ბუნების შეცნობაში და აძლევს პრაქტიკული მოღვაწეობისათვის აუცილებელ ცოდნას.

### რჩევები მოსწავლეებს

სახელმძღვანელო უზრუნველყოფს არა მარტო ცოდნის შეძენას, არამედ გარკვეული უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბებასა და განვითარებას. შეეცადე, გაიგო მოცემული მასალის არსი და ისწავლო ამ მასალის გადმოცემა შენი სიტყვებით. გააზრებული სწავლა ცოდნის შეძენის აუცილებელი პირობაა.

შეეცადე, პასუხი გასცე პარაგრაფის ბოლოს დასმულ შეკითხვებს, ამოხსნა მოცანები და ჩატარო ექსპერიმენტული სამუშაოები, რაც ხელს შეუწყობს კვლევა-ძიებითი უნარ-ჩვევების განვითარებას. ეს დაგეხმარება უკეთ შეიცნო ბუნება, ადვილად უპასუხო მრავალ შეკითხვას.

თქვენთვის სასურველი ინფორმაცია შეიძლება მოიძიოთ ინტერნეტით.

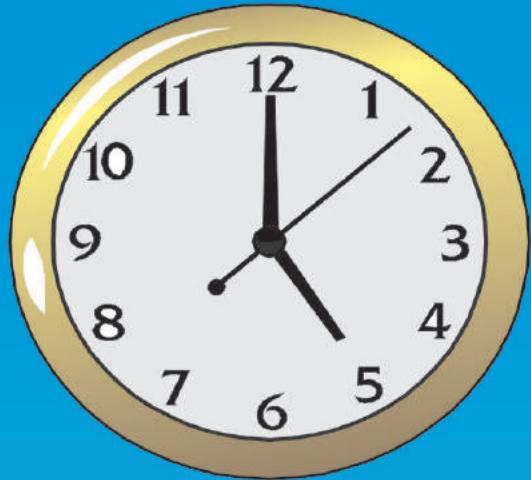
სასურველია, ზოგიერთი ამოცანა და ექსპერიმენტული სამუშაო შეასრულო თანაკლასელებთან ერთად, დააკვირდე, აღრიცხო მონაცემები, შეადგინო ცხრილები, გრაფიკები, დიაგრამები, გამოთქვა მოსაზრებები, განაზოგადო მიღებული მონაცემები და ივარაუდო მოსალოდნელი შედეგები, გააკეთო პრეზენტაციები.

სახელმძღვანელოში მოცემულია რუბრიკები, რომლებიც გარკვეულ დახმარებას გაგინევს წიგნზე მუშაობისას.

ექსპერიმენტული სამუშაოების ჩატარებისას აუცილებელია უსაფრთხოების წესების დაცვა.

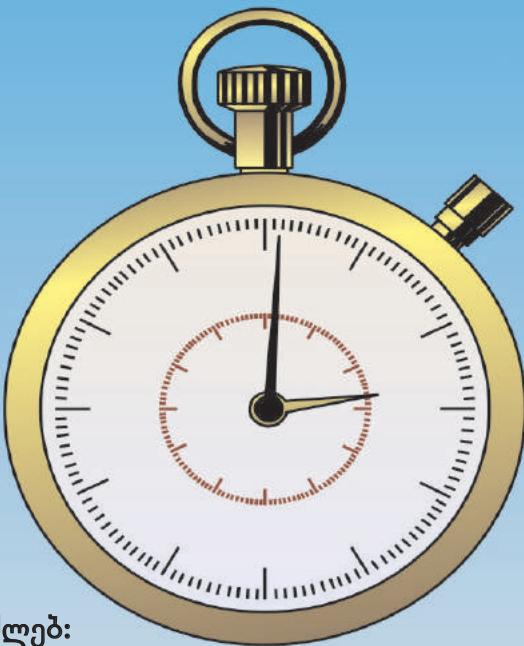
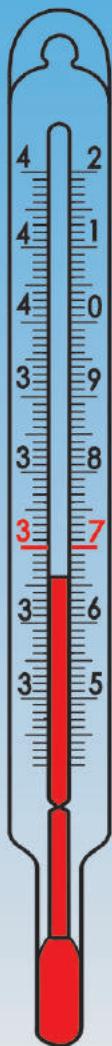
**რომ გახდე წარმატებული, უნდა განავითარო შენი უნარები: შეძლო მიზნის განსაზღვრა, დროის დაგეგმვა და სასწავლო მასალის ათვისება.**

# | თავი



## ფიზიკა – მაცნეორება გულების შესახებ

ფიზიკა გულების შესხვავლი ერთ-ერთი ძირითადი  
მაცნეორება



ამ თავის შესწავლის შემდეგ შენ შეძლებ:

- მოვლენებზე დაკვირვებას;
- მარტივი ექსპერიმენტების ჩატარებას;
- ფიზიკურ სიდიდეთა გაზომვას;
- ერთი და იმავე სიდიდის სხვადასხვა ერთეულში გამოსახვას;
- სხვადასხვა საზომი ხელსაწყოს გამოყენებას.

## 1.1.

### ფიზიკური მოვლენები



1.1 გზის ჩასვლა

**მოვლენა.** ბუნებაში მუდმივად მიმდინარეობს ცვლილებები: თენდება და ღამდება (სურ. 1.1), იცვლება ჰაერის ტემპერატურა, მოდის თოვლი და წვიმა, მოძრაობები ადამიანები და ცხოველები, იზრდება მცენარეები, გადაადგილდება ტრანსპორტი.

**ბუნებაში მიმდინარე ყოველგვარ ცვლილებას მოვლენას უწოდებენ.**

მოვლენები მრავალფეროვანია. მათი შესწავლისას ადამიანმა დაადგინა, რომ ბუნებაში ნებისმიერი მოვლენა მიმდინარეობს კანონზომიერად. ეს ნიშნავს, რომ არსებობს მოვლენის მიზეზი და შედეგი. მაგალითად, წელიწადის დროების ცვლილება გამოწვეულია დედამიწის ბრუნვით მზის ირგვლივ, დღე-ღამის მონაცვლეობა კი — დედამიწის ბრუნვით საკუთარი ლერძის ირგვლივ.

წყლის გაყინვა და ყინულის დნობა მოვლენებია (სურ. 1.2).



1.2 წყლის გაყინვა



ყინულის დნობა

- შენი აზრით, რა არის ამ მოვლენების მიზეზი?
- რა არის ამ მოვლენების შედეგი?
- გაიხსენე შენთვის ცნობილი მოვლენები. შეეცადე, დაადგინო ამ მოვლენათა მიზეზები და აღწერო შედეგები.

ცხადია, ბუნების მოვლენების შესწავლის მიზანი არა მხოლოდ მისი გამოწვევი მიზეზების დადგენაა. ბუნების შეცნობას, მასში მიმდინარე პროცესების ახსნას უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ეს შესაძლებელს ხდის გავითვალისწინოთ ის შედეგები, რომლებიც შეიძლება მოჰყვეს ამა თუ იმ მოვლენას. მაგალითად, როდესაც წინასწარ ცნობილია ვულკანური ამოფრქვევის ან გრიგალის შესახებ, ადამიანები შეძლებისდაგვარად ცდილობენ ამ მოვლენებისაგან თავის დაცვას (სურ. 1.3).

საუკუნეების განმავლობაში ადამიანი სწავლობდა ბუნების მოვლენებს, რათა ისინი გამოეყენებინა პრაქტიკული საქმიანობისათვის.



1.3 გულუანის ამოფრქვევა



1.4 ქლვა

**სამყარო ერთიანია.** ბუნების მცოდნეობის განვითარებაში უდიდესი და მსახურება აქვთ ბერძენ მეცნიერებას. მათ განაზოგადეს დაგროვილი ცოდნა და ძვ. წ. აღ.-მდე VI საუკუნეში შექმნეს მეცნიერება ნატურფილოსოფია.

მოგვიანებით დაიწყო ნატურფილოსოფიდან ცალკეულ მეცნიერებათა გამოყოფა. ასე წარმოიშვა საბუნების მეტყველო მეცნიერებები: ფიზიკა, ასტრონომია, ქიმია, ბიოლოგია, გეოგრაფია. საბუნების მეტყველო მეცნიერებების განვითარებაში განსაკუთრებული წვლილი აქვს ბერძენ მეცნიერს, არისტოტელეს, რომელიც ცხოვრობდა და მოღვაწეობდა ძვ. წ. აღ. IV საუკუნეში. არისტოტელემ თავის ნაშრომებში პირველმა გამოიყენა სიტყვა „ფიზიკა“ („ფიზის“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს ბუნებას).

თითოეულ საბუნების მეტყველო მეცნიერებას ბუნების შესწავლის განსხვავებული მიზანი და მეთოდი აქვს.

ფიზიკა შეისწავლის ისეთ მოვლენებს, რომელთა დროსაც ნივთიერება ქიმიურად არ იცვლება.

ქიმია შეისწავლის მოვლენებს, რომლის დროსაც ერთი სახის ნივთიერება გარდაიქმნება მეორე სახისად.

ბიოლოგია შეისწავლის ცოცხალ ბუნებაში მიმდინარე პროცესებს.

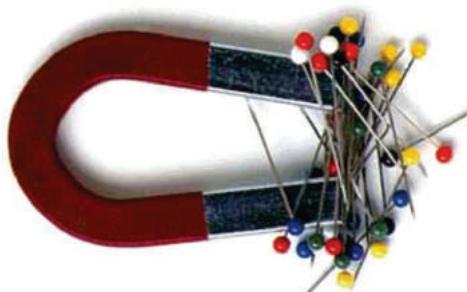
ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებს შორის მკვეთრი ზღვარი არ არსებობს. მაგალითად, ჭექა-ქუჩილის დროს ისმის ძლიერი ხმაური — ეს ბერითი მოვლენაა. ცაზე ჩნდება ელვა — ეს სინათლის და ელექტრული მოვლენებია (სურ. 1.4.). ხშირად, წვიმის შემდეგ, ცაზე ჩნდება ცისარტყელა. ეს ოპტიკური მოვლენაა.



მექანიკური მოვლენა



ულექტრული, სინათლის, სითბური მოვლენები



მაგნიტური მოვლენა

ბგერით, სინათლის, ელექტრულ და ოპტიკურ მოვლენებს შეისწავლის ფიზიკა.

ჭექა-ქუხილის დროს ურთიერთქმედებენ ატმოსფეროში არსებული ნივთიერებები — ეს ქიმიური მოვლენაა.

წვიმა იწვევს ბიოლოგიური პროცესების დაჩქარებას: მცენარის ფესვები შეიწოვს დიდი რაოდენობით წყალს და მასში გახსნილ ნივთიერებებს, რაც ხელს უწყობს მცენარის ზრდა-განვითარებას.

დედამიწის უმეტეს ნაწილში გაზაფხული იცვლება ზაფხულით, შემოდგომა — ზამთრით, დღე იცვლება ლამით და ლამე — დღით. შესაბამისად, იცვლება ცოცხალი ორგანიზმების აქტივობა — ძლიერდება ან სუსტდება მათში მიმდინარე პროცესები.

ამგვარად, ფიზიკური მოვლენები გავლენას ახდენენ ცოცხალ ორგანიზმებზე.

**ფიზიკური მოვლენებია:** მექანიკური, ელექტრული, მაგნიტური, ოპტიკური, სითბური, ატომური (სურ. 1.5).

**რას შეისწავლის ფიზიკა?** ფიზიკის ძირითადი ამოცანაა, აღწეროს ბუნების მოვლენები, დაადგინოს ამ მოვლენების მიზეზები, აღმოაჩინოს მათი დამაკავშირებელი კანონები.

გარდა ამისა, ფიზიკა შეისწავლის სხეულთა თვისებებს, რადგან, ხშირ შემთხვევაში, ამ თვისებათა გათვალისწინება ძალიან მნიშვნელოვანია. მაგალითად, მშენებლობისას აუცილებელია სხვადასხვა თვისების სამშენებლო მასალების შერჩევა. მასალების თვისებებს ითვალისწინებენ ელექტროგაყვანილობისას, სითბური და ბგერითი იზოლაციისათვის და სხვ.

კვლევის ფიზიკური მეთოდები ფართოდ გამოიყენება მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა სფეროში. ფიზიკის ცოდნის გარეშე შეუძლებელია მედიცინის, ენერგეტიკის, მშენებლობის, ტრანსპორტის, კავშირგაბმულობის, რადიოტექნიკის, კოსმონავტიკის, ასტრონომიისა და სხვა მრავალი დარგის განვითარება.

**ფიზიკა შეისწავლის ფიზიკურ მოვლენებსა და სხეულთა ფიზიკურ თვისებებს.**



### უასუხე კითხვებს, ამოსსენი ამოცანები

1. დააკვირდი შენ ირგვლივ მიმდინარე მოვლენებს და შეეცადე, აღწერო ისინი. შესაძლებელია თუ არა, ზემოქმედება იქონიო ამ მოვლენებზე?

2. ნებისმიერი ფიზიკური მოვლენა დაკავშირებულია სხვა მოვლენასთან. მაგალითად, დენის გავლისას ლითონის სპირალი თბება, გათბობისას სპირალის სიგრძე იზრდება, ძლიერი გახურებისას შეიძლება ნათებაც მივიღოთ.

შენი აზრით, განხილულ მაგალითში რომელ ფიზიკურ მოვლენებზეა ლაპარაკი? რატომ არის ეს მოვლენები ფიზიკური? თითოეულ შემთხვევაში დაასახელე მოვლენის მიზეზი და შედეგი, გაანალიზე პასუხი და გამოიტანე დასკვნა.

## 1.2.

### ფიზიკური სხეული. ცდა და დაპვირვება

**ფიზიკური სხეული.** რა არის ფიზიკური სხეული და რისგან შედგება იგი?

ყოველდღიურ ცხოვრებაში სიტყვა „სხეულის“ ქვეშ გულისხმობენ ადამიანის ან ცხოველის სხეულს. ფიზიკაში კი ნებისმიერ საგანს ფიზიკური სხეული ან, უბრალოდ, სხეული ჰქვია.

ფიზიკურ სხეულს წარმოადგენს წყლის წვეთი და თოვლის ფიფქი, კოსმოსური ხომალდი და თავად დედამინა. ადამიანის სხეულიც ფიზიკური სხეულია.

მყარ სხეულს აქვს ფორმა და მოცულობა.

ნებისმიერი სხეული შედგება ნივთიერებისაგან. ნივთიერებაა: ჰაერი, წყალი, მინა, რკინა, ალუმინი, სპილენძი და ა.შ.

მაგალითად, მინის ჭიქა სხეულია, მინა კი — ნივთიერება, რომლისგანაც დამზადებულია ჭიქა.

- დაასახელე სხეულები და ნივთიერებები, რომლებისგანაც ეს სხეულები შედგება.

ყველაფერი, რაც რეალურად არსებობს სამყაროში, **მატერიაა. „მატერია“ ლათინური სიტყვაა და ნიშნავს ნივთიერებას. ჩვენ ირგვლივ სხეულები და ნივთიერებები, რომლებისგანაც ეს სხეულები შედგება, მატერიალურია.**

**ცდა და დაკვირვება.** როგორ ვიღებთ ცოდნას ბუნების მოვლენების შესახებ?

ფიზიკური მოვლენების შესწავლისას თავდაპირველად მეცნიერები გამოთქვამენ ვარაუდს — ჰიპოთეზას მოვლენის მიზეზების, მისი მიმდინარეობისა და მოსალოდნელი შედეგების შესახებ, რაც მოწმდება დაკვირვებით.

მოვლენაზე დაკვირვება შესაძლებელია **ცდის ანუ ექსპერიმენტის** საშუალებით.

მაგალითად, სხეულის რხევითი მოძრაობის შესასწავლად აკვირდებიან ძაფზე ან ზამბარაზე დაკიდებული ბურთულის მოძრაობას, გამოთქვამენ ვარაუდს, ადგენენ ამ მოძრაობის მიზეზებს და ა.შ.

ექსპერიმენტი ბუნების კვლევის უმნიშვნელოვანესი მეთოდია. ექსპერიმენტის საშუალებით შესაძლებელია ბუნებრივ მოვლენებს დავაკვირდეთ ლაბორატორიულ პირობებში.

ზოგიერთ მოვლენაზე დაკვირვება შესაძლებელია მხოლოდ ბუნებრივ პირობებში, ადამიანის ჩარევის გარეშე. ასეთი მოვლენებია: მზის დაბნელება, ზღვის ღელვა და სხვ.

- შენი აზრით, კიდევ რომელია ასეთი მოვლენები?

ფიზიკა არა მხოლოდ იკვლევს მოვლენებს, არამედ ადგენს ფიზიკურ კანონებს.

**ფიზიკური კანონებით უკავშირდება ერთმანეთს ფიზიკური მოვლენები.**

**ფიზიკის კანონი მათემატიკურად გამოისახება ფორმულით.**

ფიზიკის კანონებზეა დაფუძნებული ტექნიკურ მოწყობილობათა მუშაობა: გემთმშენებლობა და თვითვმფრინავმშენებლობა, სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალების შექმნა და განვითარება, კოსმოსური კვლევები და სხვ.

ფიზიკის კანონები უნივერსალურია და გამოიყენება სხვა მეცნიერებებში. გეოგრაფიაში ფიზიკის კანონებით ხსნიან ამინდის შესაძლო ცვლილებას,

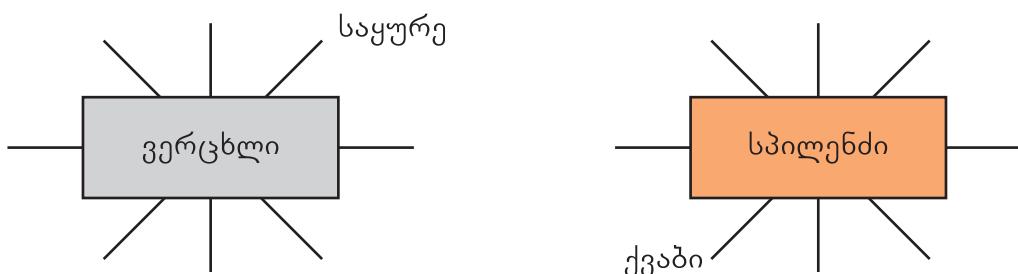
ქარის მიმართულებას; ქიმიაში — ნივთიერების აღნაგობას; ბიოლოგიაში — სისხლის მიმოქცევას, გულის მუშაობას, სახსრების მოძრაობას და ა.შ.

**ფიზიკური სხეული შედგება ნივთიერებისაგან.**  
**ყველაფერი, რაც რეალურად არსებობს სამყაროში, მატერიაა.**



### უასუხე კითხვებს, ამონსენი ამოცანები

1. ნივთიერებაა თუ სხეული: მზე, დედამიწა, შენობა, წყალი, ფინჯანი, სპირტი, ზეთი, სპილენძი, ვერცხლი, კოვზი, დანა, მარილი, ლურსმანი?
2. ჩამოთვალე სხეულები, რომლებიც შედგება ვერცხლისგან, სპილენძისგან, მინისგან, ყინულისგან. პასუხი წარმოადგინე სქემის სახით (სურ. 1.6).



1.12

3. რა ნივთიერებისგან შეიძლება შედგებოდეს სხეულები: ჭიქა, დანა, ჩან-გალი, კარადა, მაგიდა?
4. მატერიალურია თუ არა აზრი, ფიქრი? პასუხი დაასაბუთე.

## 1.3.

### ფიზიკური სიდიდეები. ფიზიკურ სიდიდეთა გაზომვა

**ფიზიკური სიდიდეები.** ფიზიკურ მოვლენებსა და სხეულთა თვისებებს რა-ოდენობრივად ახასიათებენ ფიზიკური სიდიდეებით. მაგალითად, სხვადასხვა ავტომობილის მოძრაობაზე დაკვირვებისას შეიძლება დავასკვნათ, რომ ერთ-სა და იმავე დროის შუალედში დიდი სიჩქარით მოძრავი ავტომობილი მეტ მან-ძილს გადის.

დრო, მანძილი და სიჩქარე ფიზიკური სიდიდეებია.

**ყველა ფიზიკური სიდიდე იზომება.**

**ფიზიკური სიდიდის მნიშვნელობა.** რისთვის არის საჭირო ფიზიკურ სი-დიდეთა გაზომვა? მოვლენის შესასწავლად აუცილებელია ამ მოვლენის დამ-ახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეების მნიშვნელობათა ცოდნა, ამისათვის საჭიროა სიდიდეთა გამოთვლა ან გაზომვა.

**ფიზიკური სიდიდის გაზომვა ნიშნავს მის შედარებას ისეთივე სიდიდეს-თან, რომელიც მიღებულია ერთეულის ტოლად.**

**ფიზიკური სიდიდის მნიშვნელობა არის ამ სიდიდის რიცხვითი მნიშვნელო-ბა და ერთეული.**

ვთქვათ, გაზომვის შედეგად მივიღეთ, რომ ოთახის სიგანე 6მ-ა (სურ. 1.7). ამ გამოსახულებაში „6“ არის ოთახის სიგანის რიცხვითი მნიშვნელობა, „მ“ კი

— სიგრძის ერთეული (მეტრი).

ნებისმიერ ფიზიკურ სიდიდეს აქვს **საზომი ერთეული**.

ფიზიკური სიდიდე შეიძლება იყოს დამოუკიდებული და დამოუკიდებელი. დამოუკიდებული სიდიდეა რიცვლებასხვა სიდიდეების ცვლილებისას, დამოუკიდებული კი — იცვლება. მაგალითად, ფიზიკური სიდიდის რიცხვითი მნიშვნელობა დამოუკიდებულია საზომი ერთეულის შერჩევაზე. მაგალითად, ოთახის სიგრძე — 6მ — დეციმეტრებით გამოსახული იქნება 60დმ, სანტიმეტრებით — 600სმ, კილომეტრებით კი — 0,006კმ.



1.7

6მ ოთახის სიგანე.

„6“ — სიგანის რიცხვითი მნიშვნელობა,

„მ“ — სიგრძის ერთეული

**ფიზიკური სიდიდეთა გაზომვა.** მრავალ ქვეყანაში მიღებულია საერთაშორისო ერთეულთა სისტემა SI (სურ. 1.8).

### საერთაშორისო ერთეულთა სისტემა SI

| სიდიდე | სიდიდის აღნიშვნა | საზომი ერთეული | ერთეულის შემოკლებული აღნიშვნა |
|--------|------------------|----------------|-------------------------------|
| სიგრძე | $S, \ell$        | მეტრი          | მ                             |
| დრო    | $t$              | წამი           | წ                             |
| მასა   | $m$              | კილოგრამი      | კგ                            |

1.8

SI სისტემაში ძირითადი ერთეულებია: სიგრძის ერთეული — 1 მეტრი, დროის ერთეული — 1 წამი, მასის ერთეული — 1 კილოგრამი.

ეს ერთეულები, შესაბამისად, სიგრძის, დროის და მასის ეტალონებია. **ეტალონი** არის ნიმუში, რომლის საშუალებით შესაძლებელია ფიზიკური სიდიდის გაზომვა დიდი სიზუსტით. მაგალითად, თუ სხეულის სიგრძე 3მ-ია, ეს ნიშნავს, რომ სხეული 3-ჯერ გრძელია სიგრძის ეტალონზე — 1მ-ზე.

პრაქტიკაში გამოიყენებენ უფრო დიდ ან უფრო მცირე ერთეულებს. ერთი ერთეულიდან მეორეზე გადასასვლელად შემუშავებულია ათჯერადი თავსართების სისტემა.

ცხრილში მოცემულია ათჯერადი თავსართები და მათი კავშირი ძირითად ერთეულებთან (სურ. 1.9).

„კილო“ ნიშნავს ათასს, შესაბამისად, ერთი კილომეტრი ტოლია ათასი მეტრისა:

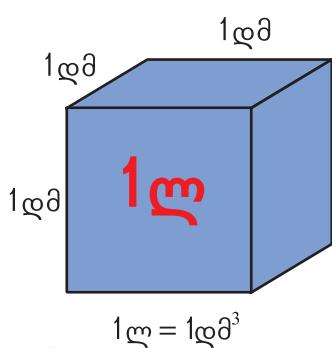
$$1\text{კმ}=1000\text{მ}.$$

„მილი“ ნიშნავს მეათასედს, ამიტომ ერთი მილიმეტრი არის მეტრის მეათასედი ნაწილი:

## ათასერადი თავსართები

| დასახელება | აღნიშვნა | დამოკიდებულება ძირითად<br>ერთეულთან |
|------------|----------|-------------------------------------|
| ტერა       | ტ        | $1000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$     |
| გიგა       | გ        | $1000\ 000\ 000 = 10^9$             |
| მეგა       | მგ       | $1000\ 000 = 10^6$                  |
| კილო       | კ        | $1000 = 10^3$                       |
| ჰექტო      | ჰ        | $100 = 10^2$                        |
| დეკა       | დკ       | $10 = 10^1$                         |
| დეცი       | დ        | $0,1 = 10^{-1}$                     |
| სანტი      | ს        | $0,01 = 10^{-2}$                    |
| მილი       | მ        | $0,001 = 10^{-3}$                   |
| მიკრო      | მკ       | $0,000\ 001 = 10^{-6}$              |
| ნანო       | ნ        | $0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$         |
| პიკო       | პკ       | $0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$   |

1.9



$$1\text{მ} = 0,001\text{მ}.$$

ზოგჯერ მოსახერხებელია სისტემგარეშე ერთეულის გამოყენება. მაგალითად, ხშირად მოცულობას ზომავენ ლიტრებით — 1ლ, ან მილილიტრებით — 1მლ (სურ. 1.10):

$$1\text{ლ} = 0,001\text{მ}^3.$$

$$1\text{მლ} = 0,000001\text{მ}^3.$$

1.10

### ეძსავრიმენტული სამუშაო

#### I. ოთახის პერიმეტრის, ფართობისა და მოცულობის გამოთვლა

- გაზომე შენი ითახის სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე;
- გაზომვის შედეგები წარმოადგინე ცხრილის სახით;
- ცხრილის მონაცემებით გამოთვალე ითახის პერიმეტრი, ფართობი და მოცულობა;
- აღწერე, როგორ ჩატარებ გამოთვლებს;
- სიდიდეები წარმოადგინე სხვადასხვა ერთეულებით;
- ცხრილში წარმოდგენილი სიდიდეებიდან რომელია დამოუკიდებელი და რომელი - დამოკიდებული?

#### II. სახელმძღვანელოს ფურცლის სისქის განსაზღვრა სახაზავის გამოყენებით

- შენი ვარაუდით, რა სისქე ექნება სახელმძღვანელოს ფურცელს?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმე ექსპერიმენტით.
- აღწერე სამუშაოს ჩატარების თანმიმდევრობა;

- შეადგინე ცხრილი და მასში შეიტანე გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები;
- განსაზღვრე დამოუკიდებელი და დამოკიდებული სიდიდეები.

### ამოცანათა ამოხსნის ზოგადი მითითება

ამოცანის ამოხსნისას სასურველია გარკვეული თანმიმდევრობის დაცვა:

- ამოცანის ამოხსნა დაიწყე ამოცანის ყურადღებით წაკითხვით;
- წარმოიდგინე ის ფიზიკური მოვლენა, რომლის შესახებ ლაპარაკია ამოცანის პირობაში;
- თუ ამოცანა მოითხოვს გამოთვლების ჩატარებას, განსაზღვრე, რა სი-დიდებია ცნობილი და რა — უცნობი. დაადგინე მოცემულ შემთხვევა-მი რომელი მონაცემები ან გარემოებებია მნიშვნელოვანი და რომლის უგულებელყოფაა შესაძლებელი;
- შეადგინე ამოხსნის გეგმა. დაადგინე, რა გზით შეიძლება უცნობი სიდიდის პოვნა;
- მოცემული სიდიდეები ჩამოწერე ერთ სვეტში. სასურველია, სიდიდეები გამოსახო **SI** სისტემის ერთეულებით. ამოცანის პირობიდან გამომდინარე, ზოგჯერ, უმჯობესია სიდიდეების გამოსახვა სხვა ერთეულებით. მაგალითად, სიჩქარის — კმ/სთ-ით, მოცულობის — ლ-ით და ა.შ. აუცილებელია, ფორმულაში შემავალი სიდიდეები გამოსახო ერთნაირი ერთეულებით. თუ სიჩქარე მოცემულია კმ/სთ-ით, მაშინ მანძილი უნდა გამოსახო კილომეტრებით, დრო კი — საათებით;
- მოცემულობის ჩანერისას ყურადღება მიაქციე სიდიდეთა ინდექსებს. მაგალითად, თუ სიჩქარეს აღნიშნავ ინდექსით „1“, — უ, მაშინ ამ სხეულის მიერ გავლილი მანძილიც აღნიშნე იმავე ინდექსით — **S<sub>1</sub>**-ით;
- ხშირად ამოცანის პირობაშიარ არის მოცემული ამოხსნისათვის საჭირო ყველა სიდიდე, რომლებიც მუდმივია ან ცხრილებითაა მოცემული (მაგ-ალითად, ნივთიერების სიმკვრივე). ამ სიდიდეთა მნიშვნელობები შეიძლება ჩანერო მოცემულობათა სვეტში;
- ამოცანის ამოხსნა გამარტივდება, თუ შეადგენ შესაბამის ნახაზს, დიაგრამას, სქემას ან ნახატს;
- სასურველია, ამოცანის ამოხსნა ზოგადი სახით;
- შეამოწმე ამოცანის პასუხის სისწორე — იგი უნდა იყოს რეალური. მაგ-ალითად, არ შეიძლება ავტომობილის სიჩქარე იყოს 100 კმ/წმ;
- სასურველია, ამოცანა ამოხსნა სხვა ხერხითაც.



#### შაასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. დედამიწიდან მზემდე მანძილი 150000000 კმ-ია. გამოსახე ეს მანძილი მეტრებში, სანტიმეტრებში და მილიმეტრებში.
2. გამოთვალე კვადრატის ფართობი კვადრატულ მეტრებში, თუ მისი გვერდის სიგრძე 8 სმ-ია.
3. სხეულის ვარდნის დრო 2 წთ-ია. გამოსახე ეს დრო წამებში.
4. რამდენი წუთი და რამდენი წამია ერთ დღე-ლამეში?
5. აღნერე, როგორ გამოთვლი არასწორი ფორმის ფირფიტის ფართობს მილიმეტრიანი ქაღალდის გამოყენებით.
6. რამდენი ჰექტარია (ჰა) 1 კმ<sup>2</sup>-ში, თუ ცნობილია, რომ 1 ჰა არის იმ კვადრატის ფართობი, რომლის გვერდის სიგრძეა 100 მ?
7. გამოთვალე 40000 მმ<sup>3</sup> სითხის მოცულობა ლიტრებში.

## 1.4.

### საზომი ხელსაწყოები

უმრავლეს შემთხვევაში ცდებისა და დაკვირვებების ჩატარება დაკავშირებულია გაზომვებთან. ფიზიკურ სიდიდეთა გასაზომად იყენებენ **საზომ ხელსაწყოებს**.

- რომელი ხელსაწყოებია წარმოდგენილი 1.11 სურათზე?
- რომელი ფიზიკური სიდიდეების გაზომვაა შესაძლებელი ამ ხელსაწყოებით?



1.11

საზომ ხელსაწყოთა უმრავლესობას აქვს სკალა, რომელზეც მითითებულია გასაზომი სიდიდის ერთეული.

ნებისმიერ ხელსაწყოს სკალას აქვს **გაზომვის ზღვარი** — ფიზიკური სიდიდის უდიდესი მნიშვნელობა, რომლის გაზომვაც შესაძლებელია ამ ხელსაწყოთი.

გაზომვის ზღვარი დგინდება სკალაზე კიდურა შტრიხების შესაბამისი ციფრების საშუალებით. მაგალითად, თერმომეტრით შესაძლებელია ტემპერატურის გაზომვა  $35^{\circ}\text{C}$ -დან  $42^{\circ}\text{C}$ -მდე (სურ. 1.11), სახაზავით — სიგრძის გაზომვა 0-დან 15სმ-მდე (სურ. 1.12).



1.12

სკალაზე შტრიხებს შორის არის დანაყოფები. თითოეულ დანაყოფს შეესაბამება გარკვეული რიცხვი, თუმცა რიცხვი ყველა დანაყოფს არ აწერია.

ხელსაწყოს სკალაზე უმცირესი დანაყოფის მნიშვნელობას უწოდებენ **დანაყოფის ფასს**. დანაყოფის ფასი რომ განვსაზღვროთ, სკალაზე აღნიშნული ნებისმიერი ორი სიდიდის სხვაობა უნდა გავყოთ მათ შორის დანაყოფების რიცხვზე.

მაგალითად, სახაზავზე (სურ. 1.20) 1სმ და 2სმ-ის შესაბამის შტრიხებს შორის ინტერვალი დაყოფილია 5 ტოლ ნაწილად, ამიტომ დანაყოფის ფასი იქნება:

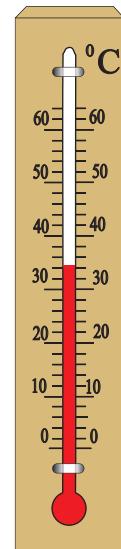
$$(2\text{სმ}-1\text{სმ}):5=0,2\text{სმ}.$$

თუ ცნობილია სკალაზე დანაყოფების რიცხვი და დანაყოფის ფასი, დავადგენთ გასაზომი სიდიდის მნიშვნელობას.

განვსაზღვროთ თერმომეტრის ჩვენება (სურ. 1.13). ტემპერატურა ალინიშნება  $t$  ასოთი, ტემპერატურის ერთეული კი —  $^{\circ}\text{C}$ -ით (გრადუსი ცელსიუსი). სითხის სვეტის სიგრძე ორი დანაყოფით მეტია რიცხვით აღნიშნული დანაყოფიდან ( $30^{\circ}\text{C}$ ). თერმომეტრის დანაყოფის ფასია  $2^{\circ}\text{C}$ , ამიტომ თერმომეტრის ჩვენება იქნება:

$$30^{\circ}\text{C} + 2 \cdot 2^{\circ}\text{C} = 34^{\circ}\text{C}.$$

გაზომვების ჩატარებისას გარდაუვალია ცდომილება, ამიტომ უნდა ვიცოდეთ და გავითვალისწინოთ როგორი სიზუსტითაა ჩატარებული გამოთვლები. ცდომილების აღნიშვნაა  $\Delta$  („დელტა“). უმრავლეს ხელსაწყოთა ცდომილება შეადგენს დანაყოფის ფასის ნახევარს. განხილულ შემთხვევაში ცდომილება  $1^{\circ}\text{C}$ -ის ტოლია, ამიტომ თერმომეტრის ჩვენება იქნება



1.13

თერმომეტრის  
დანაყოფის  
ფასია  $2^{\circ}\text{C}$

$$t = (34 \pm 1)^{\circ}\text{C} \text{ ან } 33^{\circ}\text{C} \leq t \leq 35^{\circ}\text{C}.$$

ეს ნიშნავს, რომ ტემპერატურის ზუსტი მნიშვნელობა მოთავსებულია  $33^{\circ}\text{C}$ -სა და  $35^{\circ}\text{C}$ -ს შორის.

რაც უფრო მცირეა დანაყოფის ფასი, მით მეტია გაზომვის სიზუსტე.

ფიზიკის განვითარებასთან ერთად საზომი ხელსაწყოები უფრო რთული და სრულყოფილი ხდება.



### უპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. ჩამოთვალე შენთვის ცნობილი საზომი ხელსაწყოები. რა ხელსაწყოები გაქვს სახლში. რა სიდიდეების გასაზომად იყენებ მათ?

2. განსაზღვრე სახაზავის დანაყოფის ფასი და მისი საშუალებით გაზომე ძლის სიგრძე (სურ. 1.14).



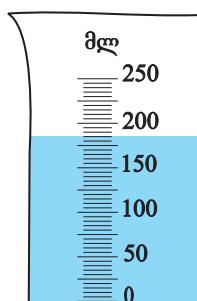
1.14

3. მენზურა სითხის მოცულობის გასაზომი ხელსაწყოა. დააკვირდი 1.15 სურათს და დაადგინე მენზურის გაზომვის ზღვარი და დანაყოფის ფასი.

4. ასანთის ლერების გამოყენებით განსაზღვრე ერთი ლერის სისქის მიახლოებითი მნიშვნელობა. აღნერე სამუშაოს თანმიმდევრობა. გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები წარმოადგინე ცხრილის საშუალებით.

5. გაზომენიგნის, რვეულის, ფანქრის სიგრძე და გაზომვის შედეგები ჩანერე ცდომილების გათვალისწინებით.

6. ჩამოწერე შენთვის ცნობილი ფიზიკური სიდიდეები, შესაბამისი საზომი ერთეულები და ხელსაწყოები, რომლთა



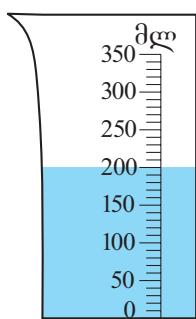
1.15 მენზურა

საშუალებით შესაძლებელია ამ სიდიდეების გაზომვა. პასუხები წარმოადგინე ცხრილის სახით.

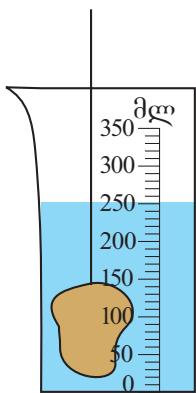
### ექსარიგინტული სამუშაო

#### მყარი სხეულის მოცულობის გაზომვა

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, მენზურა, მყარი სხეული, ძაფი, ჭურჭელი წყლით.



1.16



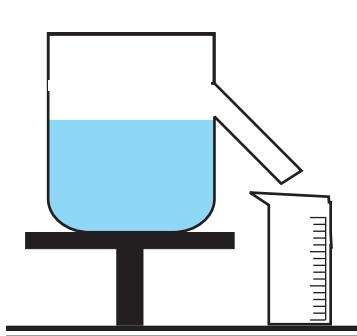
1.17

- გაზომვის დაწყებამდე გაარკვიე მენზურის გაზომვის ზღვარი და დანაყოფის ფასი.
- შეარჩიე ისეთი სხეული, რომელიც თავისუფლად მოთავსდება მენზურაში.
- სხეულზე დაამაგრე ძაფი, რომ გაადგილდეს მისი წყალში ჩაშვება და წყლიდან ამოღება.
- მენზურაში ჩაასხი იმდენი წყალი, რომ ჩაშვებისას სხეული წყლით დაიფაროს.
- გაითვალისწინე, რომ სხეულის ჩაშვების შემდეგ წყლის დონემ არ გადააჭარბოს მენზურის გაზომვის ზღვარს.
- ჩანიშნე წყლის მოცულობა სხეულის ჩაშვებამდე (სურ. 1.16) და ჩაშვების შემდეგ (სურ. 1.17).

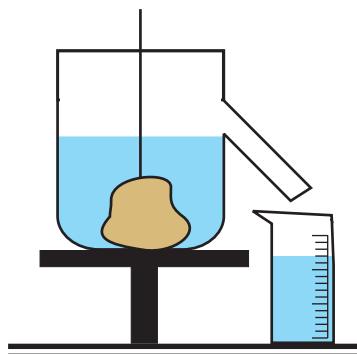
- როგორ გამოთვლი სხეულის მოცულობას მენზურაში წყლის დონეების მიხედვით? აღწერე სამუშაოს თანმიმდევრობა.
- შეცვალე მენზურაში წყლის რაოდენობა და ცდა გაიმეორე 3-ჯერ. სამივე შემთხვევაში გამოთვალე სხეულის მოცულობა  $V_1$ ,  $V_2$  და  $V_3$ . გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები წარმოადგინე ცხრილის სახით. სხეულის მოცულობის საშუალო მნიშვნელობა გამოთვალე ფორმულით:

$$V_{\text{საშ}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

- 1.18 სურათის მიხედვით აღწერე ექსპერიმენტის ჩატარების ეტაპები.



1.18





### I. დაასრულე წინადადება:

1. დრო ფიზიკური სიდიდეა, რადგან ...
2. სუნი არ არის ფიზიკური სიდიდე, რადგან ...
3. სახაზავის სკალაზე კიდურა შტრიხები შესაბამება 0-სა და 100სმ-ს. ეს ნიშნავს, რომ სახაზავის გაზომვის ზღვარია ...
4. თერმომეტრის სკალაზე  $20^{\circ}\text{C}$ -ისა და  $21^{\circ}\text{C}$ -ის შესაბამის შტრიხებს შორის ინტერვალი დაყოფილია 10 ტოლ ნაწილად, ამიტომ თერმომეტრის დანაყოფის ფასია ...
5. ფიზიკური სიდიდის გაზომვა ნიშნავს ...

### II. მართებულია თუ არა მტკიცება:

1. მოძრაობა ფიზიკური მოვლენაა.
  - ა) დიახ;
  - ბ) არა.
2. მოცულობა ფიზიკური სიდიდეა, რადგან იგი იზომება.
  - ა) დიახ;
  - ბ) არა.
3. საათი ფიზიკური სიდიდეა.
  - ა) დიახ;
  - ბ) არა.

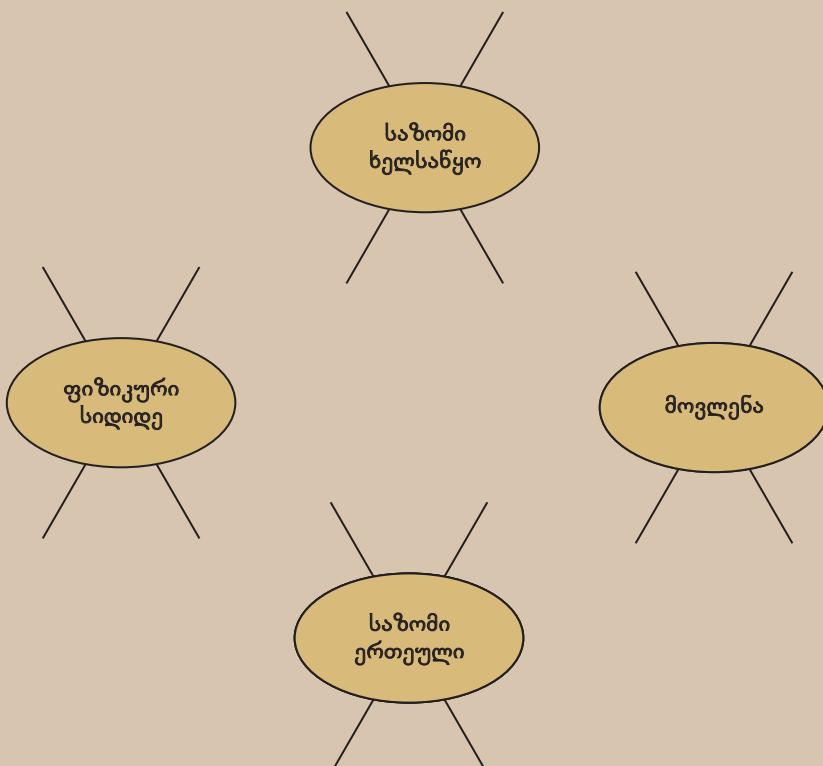
### III. რომელია სწორი პასუხი?

1. თუ რვეულის ფურცლის სიგრძეა  $20\text{სმ}$ , სიგანე —  $15\text{სმ}$ , მაშინ რვეულის ფურცლის ფართობი იქნება:
  - ა)  $30\text{სმ}^2$ ;
  - ბ)  $0,3\text{მ}^2$ ;
  - გ)  $300\text{სმ}^2$ .
2. თუ ოთახის სიგრძე, სიგანე და სიმაღლეა, შესაბამისად,  $5\text{მ}$ ,  $4\text{მ}$  და  $3\text{მ}$ , მაშინ მისი მოცულობა იქნება:
  - ა)  $60\text{მ}^3$ ;
  - ბ)  $20\text{მ}^3$ ;
  - გ)  $15\text{მ}^3$ .
3. თუ კვადრატის გვერდის სიგრძე  $3\text{სმ}$ -ია, მაშინ მისი ფართობი და პერიმეტრი, შესაბამისად, ტოლია ...
  - ა)  $9\text{სმ}^2$ ,  $6\text{სმ}$ ;
  - ბ)  $6\text{სმ}^2$ ,  $9\text{სმ}$ ;
  - გ)  $9\text{სმ}^2$ ,  $12\text{სმ}$ .
4.  $4\text{სმ}$  პერიმეტრის მქონე კვადრატის ფართობია
  - ა)  $4\text{სმ}^2$ ;
  - ბ)  $1\text{სმ}^2$ ;
  - გ)  $2\text{სმ}^2$ .

5. 36სმ<sup>2</sup> ფართობის კვადრატის პერიმეტრია  
ა) 12სმ; ბ) 24სმ; გ) 36სმ.
6. თუ კუბის გვერდის სიგრძე 3სმ-ია, მაშინ კუბის მოცულობა იქნება  
ა) 9სმ<sup>3</sup>; ბ) 27სმ<sup>3</sup>; გ) 12სმ<sup>3</sup>.
7. 8ლ მოცულობის კუბის წიბოს სიგრძეა  
ა) 20სმ; ბ) 0,2დმ; გ) 2დმ.
8. თუ კუბის სრული ზედაპირის ფართობი 6სმ<sup>2</sup>-ია, მაშინ კუბის გვერდის სიგრძეა  
ა) 1სმ; ბ) 2სმ; გ) 4სმ.
9. 4ჰა ფართობის კვადრატის გვერდის სიგრძეა  
ა) 200მ; ბ) 400მ; გ) 20მ.
10. 1სთ-ში არის ...  
ა) 60წმ; ბ) 3600წმ; გ) 600წმ.

#### IV. უპასუხე კითხვებს:

1. ნივთიერებაა თუ სხეული: წიგნი, ფანქარი, ალუმინი, სპილენძი, კოვზი, ზამბარა, ჭიქა, მინა, ყინული, ზეთი, ნავთი?
2. საკუთარი ღერძის ირგვლივ მთვარე ერთ სრულ ბრუნს ასრულებს 27,3 დღე-ღამეში. გამოსახე ეს დრო საათებით და წუთებით.
3. ჩამოთვლილთაგან რომელია ფიზიკური სიდიდე, რომელი — საზომი ერთეული, რომელი — საზომი ხელსაწყო და რომელი — მოვლენა: დრო, წამი, სიჩქარე, ლიტრი, ბრუნვა, ფართობი, სხეულის ვარდნა, აორთქლება, ტონა, მანძილი, თერმომეტრი, სასწორი, წამმზომი, დნობა, მენზურა, კილომეტრი? პასუხი წარმოადგინე სქემის სახით:



# II თავი

## ნივთიერების აგებულება და მისი ფიზიკური თვისებები

ამ თავის შესწავლის შემდეგ შენ შეძლებ:

- აგრეგატული მდგომარეობის დაკავშირებას ნივთიერების ატომურ-მოლეკულურ აგებულებასთან;
- ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილების პირობების დადგენას და სიმკვრივის განსაზღვრას ექსპერიმენტულად;
- დიფუზიის მოვლენის სადემონსტრაციო მოდელის შექმნას და პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრას.

## 2.1.

### ნივთიერების აგებულება

- შენ უკვე იცი, რომ სხეული შედგება ნივთიერებისაგან. გავარკვიოთ, რისგან შედგება ნივთიერება.

ვარაუდი ნივთიერების აგებულების შესახებ გამოითქვა ძვ. წ. V საუკუნეში. ბერძენი სწავლული **დემოკრიტე** თვლიდა, რომ ნებისმიერი ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისაგან. ეს იდეა სამეცნიერო თეორიად ჩამოყალიბდა 23 საუკუნის შემდეგ. XIX საუკუნეში დადგინდა, თუ რას ნარმოადგენენ ეს ნაწილაკები.

ნივთიერების შედგენილობის ცოდნით შესაძლებელია წინასწარ განვსაზღვროთ, თუ როგორ წარიმართება ესა თუ ის მოვლენა, როგორ შეიძლება მისი დაჩქარება ან შენელება. გარდა ამისა, შესაძლებელია სხეულთა თვისებების ახსნა და საჭირო თვისებების მქონე ნივთიერების მიღება. ეს ნივთიერებებია: სხვადასხვა შენადნობი, პლასტმასები, ხელოვნური კაუჩუკი, კაპრონი და სხვ. ეს მასალები ფართოდ გამოიყენება ყოფა-ცხოვრებაში, ტექნიკაში, მედიცინაში.

მრავალი მოვლენა და ცდა საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ ნივთიერების შედგენილობის შესახებ. მაგალითად, სუნის გავრცელება, სითხის გაცხელება და გაციება, სითხის გაყინვა და მყარი სხეულის დნობა, სითხის აორთქლება, სითხის გაფართოება და შეკუმშვა, საღებავის გახსნა წყალში და სხვ.



2.1

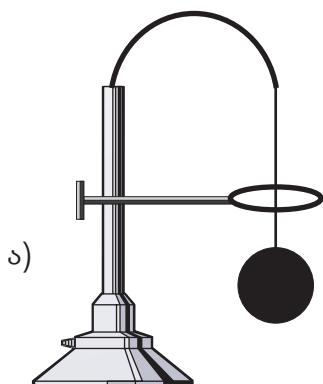
- დააკვირდი მოვლენებს:

1. შეკუმშერეზინის ბუშტი (სურ. 2.1);  
შეიცვალა თუ არა ბუშტის ფორმა და მასში მოთავსებული ჰაერის მოცულობა?

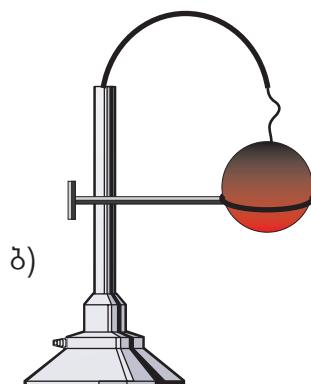
2. ცივი ფოლადის ბურთულა თავისუფლად გადის რგოლში (სურ. 2.2,ა). 2.2,ბ სურათზე ნაჩვენებია იგივე ბურთულა გახურების შემდეგ; ახსენი დამზერილი მოვლენა.

რა მოხდება, თუ ბურთულას კვლავ გავაციებთ?

- როგორ ფიქრობ, რა არის ბუშტისა და ფოლადის ბურთულის მოცულობის ცვლილების მიზეზი?



2.2

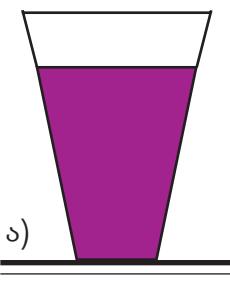


**ნივთიერების შედგენილობის გამოკვლევა**

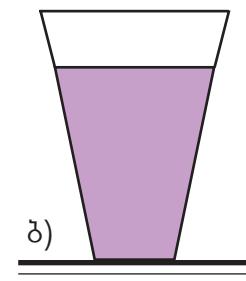
**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანჯარი, პიპეტი, მინის ან ხის ლერო, ორი ჭიქა, საღებავის ფხვნილი, წყალი, კოლბა, შტატივი, სპირტქურა, ჩაიდანი და ქურა.

I.

- თითოეულ ჭიქაში ჩასხი წყალი;
- ერთ ჭიქაში ჩაყარე მცირე რაოდენობის საღებავის ფხვნილი და მოურიე (სურ. 2.3, ა). რას ამჩნევ?
- შეღებილი წყლის მცირე რაოდენობა პიპეტის საშუალებით გადაიტანე მეორე ჭიქაში და კვლავ მოურიე (სურ. 2.3, ბ);
- დააკვირდი ჭიქებში წყლის ფერს;
- რომელ ჭიქაშია წყალი უფრო ბაცი?
- შენი აზრით, რა არის ამის მიზეზი?
- ნარმოიდგინე, რომ წყლისა და საღებავის ნაწილაკები სხვადასხვა ფერის მცირე ზომის ბურთულებია და შეეცადე, შეასრულო ნახატი, რომელიც ასახავს ჭიქებში ნაწილაკების განაწილებას;
- გააანალიზე სამუშაო და გამოთქვი მოსაზრება ნივთიერების შედგენილობის შესახებ.

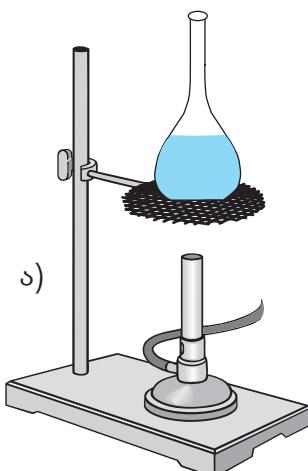


2.3

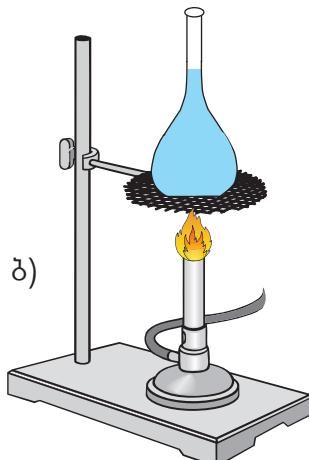


II. !

- კოლბაში ჩასხი ცივი წყალი და გააცხელე (სურ. 2.4. ა,ბ);
- შეიცვალა თუ არა წყლის მოცულობა?
- დააკვირდი მოვლენას და ახსენი ამ მოვლენის მიზეზი;



ა)



ბ)

2.4

- წარმოიდგინე კოლბაში წყლის ნაწილაკების ურთიერთგანლაგება გაცხელებამდე და გაცხელების შემდეგ, შეეცადე, შეასრულო შესაბამისი ნახატი;
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.



**2.5** მაგნიტი იზიდავს  
რეინის სავნებს

ფიზიკაში არა მარტო აკვირდებიან და აღნერენ მოვლენებს, არამედ ცდილობენ გაარკვიონ, რატომ ხდება ასე და არა სხვაგვარად. მაგალითად, იკვლევენ, რატომ ორთქლდება სითხე), რატომ დნება ყინული, რატომ იკუმშება აირი ადვილად, სითხე და მყარი სხეული კი — ძნელად, რატომ იზიდავს მაგნიტი რკინის საგნებს (სურ. 2.5) და ა.შ.

მსგავსი მოვლენების ახსნა ძნელი არ არის, თუ ვიცით ნივთიერების შედგენილობა.

ამ მოვლენების მიზეზი ის არის, რომ ნივთიერება შედგება უმცირესი

ნაწილაკებისაგან, რომელთა შორის შუალედებია. მაგალითად, სხეულის მოცულობის ცვლილების მიზეზია მისი შემადგენელი ნაწილაკების დაახლოება ან დაშორება — როდესაც ნაწილაკები ერთმანეთს უახლოვდება, სხეული იკუმშება; როდესაც ნაწილაკები ერთმანეთს შორდება, სხეული ფართოვდება.

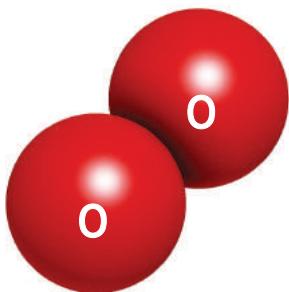
**ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისაგან, რომელთა შორის შუალედებია.**

## 2.2.

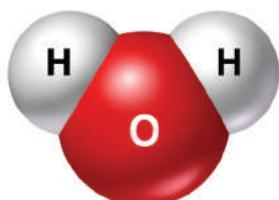
### მოლეკულები და ათომები

სხვადასხვა მოვლენაზე დაკვირვების შედეგად დავადგინეთ, რომ ნივთიერება შედგება ნაწილაკებისაგან. მე-20 საუკუნის დასაწყისში დადგინდა, რა არის ეს ნაწილაკები და რა თვისებები აქვს მათ.

უმცირეს ნაწილაკს, რომლისგანაც შედგება ნივთიერება, მოლეკულა უწოდეს („მოლეს“ ლათინური სიტყვაა და ნიშნავს მცირე მასას). მაგალითად, ჟანგბადის უმცირესი ნაწილაკი ჟანგბადის მოლეკულაა (სურ. 2.6), წყლის უმცირესი ნაწილაკი წყლის მოლეკულაა (სურ. 2.7) და ა.შ.



**2.6** ჟანგბადის მოლეკულა  $O_2$



**2.7** წყლის მოლეკულა  $H_2O$

მცირე ზომის მიუხედავად, ნებისმიერი ნივთიერების მოლეკულას შენარჩუნებული აქვს ამ ნივთიერების თვისებები.

მოლეკულებს რთული ფორმა და განსხვავებული ზომები აქვთ. სიმარტივისათვის თვლიან, რომ მოლეკულას აქვს სფეროს ფორმა, რომლის დიამეტრი მიღებულია მოლეკულის ზომად.

მოლეკულის ზომა ძალიან მცირეა, დაახლოებით  $0,00000001$  სმ. ამ რიცხვის წარმოდგენა შეიძლება შედარებით: მოლეკულა იმდენჯერ პატარა საშუალო ზომის ვაშლზე, რამდენჯერაც ვაშლი — დედამიწაზე.

მცირე ზომის გამო, ნებისმიერ სხეულში მოლეკულათა ძალიან დიდი რიცხვია.

მოლეკულა შედგება კიდევ უფრო მცირე ნაწილაკების — **ატომებისაგან.**

**ატომი არის ნივთიერების ქიმიურად განუყოფელი ნაწილაკი.**

ატომები აღინიშნება სპეციალური სიმბოლოებით. მაგალითად, წყალბადის ატომის აღნიშვნაა  $H$ , ჟანგბადის —  $O$  და ა.შ. ატომური აგებულებისაა.

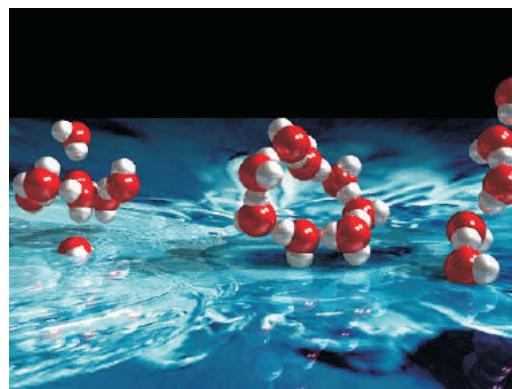
მოლეკულები ერთმანეთისაგან განსხვავდება მათი შემადგენელი ატომებით, ატომთა რაოდენობით და მათი ურთიერთგანლაგებით.

ნივთიერება შეიძლება შედგებოდეს ცალკეული ატომებისაგან. მაგალითად, ლითონები: ოქრო, ვერცხლი, სპილენი და ა.შ. ატომური აგებულებისაა.

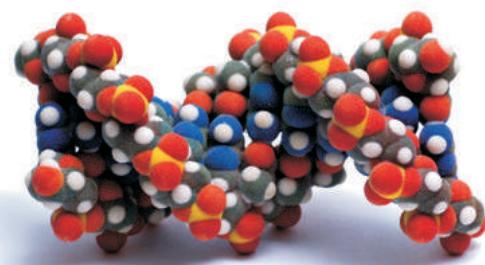
მოლეკულები აღინიშნება **ქიმიური ფორმულებით**. ჟანგბადის მოლეკულა შედგება ორი ატომი ჟანგბადისაგან, ამიტომ მისი აღნიშვნაა  $O_2$ , წყლის მოლეკულა შედგება ორი ატომი წყალბადისა და ერთი ატომი ჟანგბადისაგან, ამიტომ მისი ქიმიური ფორმულაა  $H_2O$  (სურ. 2.8).

არსებობს მოლეკულები, რომლებიც შედგება ერთი, ორი, სამი და ასეულ ათასობით ატომისაგან (სურ. 2.9).

ნივთიერების თვისებები განისაზღვრება არამხოლოდ მასში მოლეკულებისა და ატომების რაოდენობით, არამედ იმითაც, თუ როგორი კანონზომიერებითაა განლაგებული ეს ნაწილაკები ერთმანეთის მიმართ.



## 2.8 წყლის მოლეკულები



## 2.9

ზოგიერთი მოლეკულა შედგება უაბრავი ატომებისაგან

მოლეკულა არის ნივთიერების უმცირესი ნაწილაკი, რომელსაც აქვს ამ ნივთიერების ქიმიური თვისებები.  
ერთი და იმავე ნივთიერების მოლეკულები ერთნაირია.  
ატომი არის ნივთიერების ქიმიურად განუყოფელი ნაწილაკი.



### უაასუხე კითხვებს, ამონსერი ამოცანები

- მავთულის სიგრძე გახურებისას იზრდება, გაცივებისას კი — მცირდება. ახსენი ამ მოვლენის მიზეზი.
- რატომ არის მითითებული ტემპერატურა (ჩვეულებრივ,  $20^{\circ}\text{C}$ ) ზუსტ საზომ ხელსაწყოებზე?
- 0,003მმ<sup>3</sup> მოცულობის ზეთი წყლის ზედაპირზე განიღვარა თხელ ფენად და დაიკავა 300სმ<sup>2</sup> ფართობი. გამოთვალე მოლეკულის დიამეტრი. ჩათვალე, რომ ზეთის ფენის სისქე მისი მოლეკულის დიამეტრის ტოლია.
- 2.10. სურათზე მოცემულია სინჯარაში წყლის ფერის ცვლილება მასში საღებავის ჩაშვების შემდეგ. ახსენი დამზერილი მოვლენა.



2.10

## 2.3.

### დიფუზია



2.11 საღებავი იხს-ნება წყალში

- შენი აზრით, როგორ ხდება სუნის გავრცელება?
- რატომ იხსნება საღებავის ფხვნილი წყალში (სურ. 2.11)?
- რა არის სითხეების ერთმანეთში შერევის მიზეზი?

**დიფუზია აირებში.** თუ ოთახის ერთ კუთხეში დავასხამთ სუნამოს, მისი სუნი გავრცელდება მთელ ოთახში.

ამ მოვლენის ახსნა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დავუშვებთ, რომ ნივთიერების შემადგენელი მოლეკულები მოძრაობენ და მათ შორის შუალედებია, რომ ეს მოძრაობა უწყვეტი და ქაოსურია. სუნი არ ვრცელდება მყისიერად, რადგან სუნამოს აორთქლებული მოლეკულები, ჰაერის მოლეკულებთან შეჯახების გამო, მრავალჯერ იცვლიან მოძრაობის მიმართულებას და ქაოსურად გადაადგილდებიან.

სივრცეში.

კონტაქტში მყოფი ნივთიერებების თავისთავად ერთმანეთში შერევას დიფუზია ეწოდება. „დიფუზია“ ლათინური სიტყვაა და ნიშნავს გავრცელებას, გაუნვას.

ამგვარად, სუნის გავრცელების მიზეზი დიფუზიაა.

**დიფუზია სითხეებში.** ჩატარე ექსპერიმენტი:

- ჭურჭელში ჩასხი შაბიამნის ხსნარი (სურ. 2.12) და ზემოდან ფრთხილად დასხი წყალი. სითხეებს შორის წარმოიქმნება საზღვარი, რომელიც რამდენიმე დღეში გაქრება.
- რა შეიძლება იყოს ამ მოვლენის მიზეზი?

ცხადია, ქაოსური მოძრაობის გამო, საზღვართან მყოფი წყლის მოლეკულები გადადიან შაბიამნის მოლეკულებს შორის, შაბიამნის მოლეკულები კი — წყლის მოლეკულებს შორის. შედეგად ირლვევა საზღვარი სითხეებს შორის. ეს პროცესი გრძელდება საზღვრიდან სითხეების ღრმა ფენებისკენ. საზღვარი თანდათან ხდება ბუნდოვანი და გარკვეული დროის შემდეგ ქრება. ჭურჭელში მიიღება ერთგვაროვანი სითხე.

ამგვარად, სითხეებს შორის მიმდინარეობს დიფუზია.



2.12

**დიფუზია მყარ სხეულებში.** ცნობილია, რომ კარგად გაპრიალებული ოქროსა და ტყვიის ფირფიტები ერთმანეთს შეახეს დიდი წნევის ქვეშ. რამდენიმე წლის განმავლობაში ფირფიტების შეხების ადგილზე წარმოიქმნა 1მმ სისქის ნარევის ფენა.

- როგორ ახსნი ამ მოვლენას?

დიფუზიას ხდება აირებში, სითხეებსა და მყარ სხეულებში (სურ. 2.13).

დიფუზია მიმდინარეობს იმის გამო, რომ ერთი ნივთიერების მოლეკულები აღწევენ მეორე ნივთიერების მოლეკულებს შორის.

გავარკვიოთ დიფუზიის სიჩქარის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე.



2.13 დიფუზია მყარ სხეულებს  
შორის



! ესპერიმენტული საშუალებელი

**დიფუზიის სიჩქარის ტემპერატურაზე  
დამოკიდებულების შესწავლა**

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, ორი ჭიქა, ჩაის ფოთლის ფხვნილი, წყალი, ჩაიდანი და ქურა.

- აიღე ორი ჭიქა და ორივეში ჩაყარე ჩაის ფოთლის ფხვნილი;



2.14 ცივი ნყალი



ცხელი ნყალი

- ერთ ჭიქაში ჩაასხი ცივი ნყალი, მეორეში — ცხელი (სურ. 2.14 ა,ბ).
- დააკვირდი, რომელ ჭიქაში უფრო სწრაფად გამუქდება ნყალი?
- შენი აზრით, რა არის ამ მოვლენის მიზეზი?
- რა დასკვნის გამოტანა შეგიძლია — როგორ არის დამოკიდებული დიფუზიის სიჩქარე ტემპერატურაზე?

ტემპერატურის გაზრდით იზრდება მოლეკულათა სიჩქარე, ამიტომ **რაც მეტია ნივთიერებების ტემპერატურა, მით სწრაფად ხდება დიფუზია.**

ერთნაირ პირობებში დიფუზია აირებში მიმდინარეობს უფრო სწრაფად, ვიდრე სითხეებში, სითხეებში კი — უფრო სწრაფად, ვიდრე მყარ სხეულებში. ამის მიზეზი ამ ნივთიერებებში მოლეკულათა ურთიერთგანლაგება და მოძრაობის ხასიათია.

დიფუზიის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ:

**ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისაგან, რომელთა შორის შუალედებია.**

**ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები უწყვეტად და ქაოსურად მოძრაობენ.**

**დიფუზია სასარგებლოცაა და საზიანოც.** დიფუზიას დიდი მნიშვნელობა აქვს ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში, მრავალი მოვლენა და პროცესი დიფუზიის შედეგია.

დიფუზიის გამო ჰაერი წარმოადგენს აზოტის, ჟანგბადის, წყლის ორთქლისა და სხვა აირების ერთგვაროვან ნარევს. დიფუზია რომ არ ყოფილიყო, სიმძიმის ძალის გავლენით დედამინის ზედაპირთან აღმოჩნდებოდა მძიმე აირები, ზევით კი — შედარებით მსუბუქი აირები.

დიფუზიას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. დიფუზიის შედეგად ჟანგბადი ფილტვებიდან აღწევს სისხლში, სისხლიდან კი — ქსოვილში. ნიადაგში სხვადასხვა მარილის სხნარის დიფუზია განაპირობებს მცენარეთა ზრდა-განვითარებას. დიფუზიის წყალობით მწერები კილომეტრების დაშორებით გრძნობენ მცენარეთა არომატს და იღებენ ნექტარს; მტაცებლები სუნით აგნებენ მსხვერპლს.

დიფუზია განაპირობებს სხვადასხვა ხსნარის, წებოების, საღებავების მიღებას.

დიფუზიას ზიანის მოტანაც შეუძლია. მაგალითად, ქიმიური საწარმოებიდან გამოყოფილი მავნე აირები ერევა ჰაერს, რაც ჯანმრთელობისთვის საშიშია.

ცოცხალ ორგანიზმებში, ნიადაგში, მცენარეებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს კაბილარულ და ოსმოსურ მოვლენებს. ამ მოვლენებს შემდეგ კლასებში გავეცნობით.

ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისაგან, რომელთა შორის შუალედებია.

ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები უწყვეტად და ქაოსურად მოძრაობენ.

კონტაქტში მყოფი ნივთიერებების თავისთავად ერთმანეთში შერევას დიფუზია ეწოდება

დიფუზიის სიჩქარე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე.



### უპასუხო კითხვებს, ამონეტი ამოცანები

1. კოცონის ბოლი ზევით ასვლისას თანდათან უხილავი ხდება (სურ. 2.15). რა არის ამის მიზეზი?

2. ცნობილია, რომ ოთახის ტემპერატურაზე მოლეკულები მოძრაობები 400მ/წმ-დან 1200მ/წმ-მდე სიჩქარით, სუნამოს სუნი კი ვრცელდება გაცილებით ნაკლები სიჩქარით. როგორ ახსნი ამ მოვლენას?

3. რა გზით შეიძლება სითხეებში დიფუზიის დაჩქარება?

4. როგორ ხდება დამწნილება?

5. როგორ მოძრაობენ ჰაერში შეტივტივებული მტვრის ან ბოლის ნაწილაკები?

6. როგორ ახსნი მყარი ნივთიერების, მაგალითად, ნაფტალინის სუნის გავრცელებას?

7. წყლიან ჭიქაში ჩაუშვეს საღებავი (სურ. 2.16). აღნერე სურათზე წარმოდგენილი პროცესი.



2.15



2.16

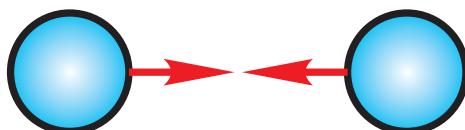
## 2.4.

### მოლეკულათა ურთიერთობები

- რატომ არ იშლება სხეულები ცალკეულ მოლეკულებად მიუხედავად იმისა, რომ მოლეკულებს შორის შუალედებია?
- რატომ გვიძნელდება მყარი სხეულის გაჭიმვა ან შეკუმშვა?
- შესაძლებელია თუ არა გადატეხილი ცარცის ნაჭრების შეერთება, პლასტილინის ნაჭრების შეერთება?

**მოლეკულათა ურთიერთობი ზოდვა.** ნებისმიერი სხეული შედგება უწყვეტად და ქაოსურად მოძრავი მოლეკულებისაგან, რომელთა შორის შუალედებია. მიუხედავად ამისა, სხეულები ინარჩუნებენ მთლიანობას.

სხეულის მოლეკულებს შორის არსებობს ურთიერთქმედება. თითოეული მოლეკულა მიზიდავს მეზობელ მოლეკულას და თავადაც მიეზიდება მას (სურ.2.17). მაგრამ მოლეკულებს შორის მიზიდვა მუღავნდება მაშინ, როდესაც მათ შორის მანძილები მცირეა, დაახლოებით მოლეკულის ზომისა. ასეთ მანძილებზე ცარცის ნატეხების მიახლოება ძნელია, ამიტომ მათი მოლეკულები პრაქტიკულად არ მიზიდება. პლასტილინის ნაჭრები კი შეიძლება დავაახლოოთ იმ მანძილებამდე, რომლებზეც მოლეკულებს შორის აღიძვრება მიზიდვის ძალები.



2.17 მოლეკულათა  
მიზიდვა

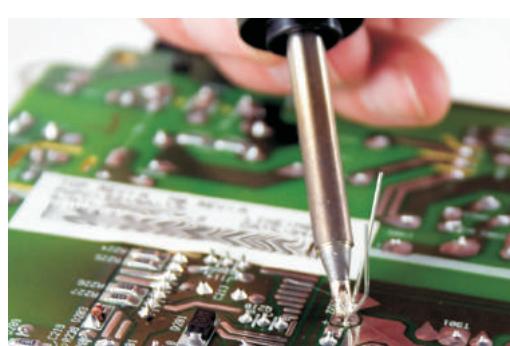
ხის ლეროს გადატეხის ან ძაფის გაწყვეტის დროს ლეროსა და ძაფის მოლეკულებს შორის დაიძლევა მიზიდულობა.

ცხადია, ცალკეულ მოლეკულებს შორის მიზიდვა უმნიშვნელოა. მოლეკულათა ურთიერთობიზიდვაზე დაკვირვება შესაძლებელია, როდესაც მათი რიცხვი ძალიან დიდია. მოლეკულათა ძლიერი ურთიერთობიზიდვის გამო, შეუძლებელია რკინის ლეროს ხელით გადატეხა.

მოლეკულათა ურთიერთობიზიდვას ეფუძნება ლითონების შედუღება (სურ. 4.18,ა), მირჩილვა (სურ. 2.18, ბ), დაწებება. გახურების შედეგად გამდნარი



ა) ლითონის შედუღება



ბ) ლითონის მირჩილვა

2.18

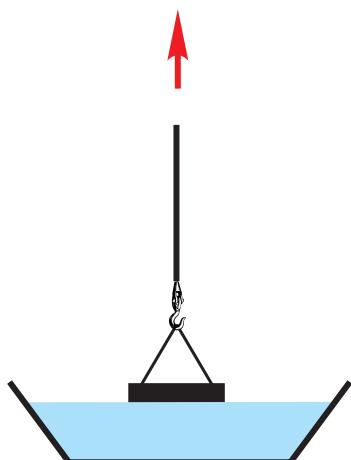
ლითონის მოლეკულები ერთმანეთს უახლოვდება და ურთიერთმიზიდება. დაწებებისას კი ზედაპირები გაგლუვდება — უსწორმასწორობების შევსება წებოს საშუალებით. ზედაპირისა და წებოს მოლეკულებს შორის მანძილები მცირეა, ამიტომ მათ შორის ალიძვრება მიზიდვის ძალები.

### ექსპრიმენტული სამუშაო

#### დაკვირვება მოლეკულათა ურთიერთმიზიდვაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანჯარი, ჭურჭელი წყლით, მინის ან ხის ფირფიტა, ზონარი.

- ჭურჭელში ჩაასხი წყალი;
- ზონარზე დაკიდე მინის ან ხის ფირფიტა და შეახე წყლის ზედაპირს (სურ. 2.19);
- ზონარის საშუალებით შეეცადე, ფირფიტა დააშორო წყალს;
- რას გრძნობ, თავისუფლად მოშორდა თუ არა ფირფიტა წყლის ზედაპირს?
- შენი აზრით, რა არის დამზერილი მოვლენის მიზეზი?
- ჩაატარე ექსპერიმენტის ანალიზი და გამოიტანე დასკვნა.



2.19



მოლეკულათა განზიდვა

2.20

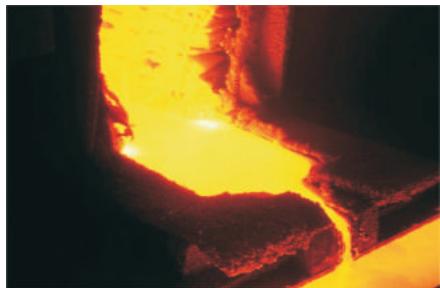
**მოლეკულათა ურთიერთგანზიდვა.** მოლეკულებს შორის მხოლოდ მიზიდვის ძალები რომ არსებობდეს, მაშინ მათ შორის შუალედები არ იქნებოდა, მიზიდვის გამო ისინი შეერთდებოდნენ. ეს არ ხდება, რადგან მოლეკულებს შორის არსებობს განზიდვის ძალებიც (სურ. 2.20). ამ ძალების გამო სხეულების შეკუმშვა თითქმის შეუძლებელია.

ნივთიერების შემადგენელი მოლეკულები ურთიერთქმედებენ — მიზიდებიან და განიზიდებიან.

## 2.5.

### ნივთიერების მოლეკულური აგებულება სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში

ნივთიერება შეიძლება იმყოფებოდეს სამ აგრეგატულ მდგომარეობაში: მყარში, თხევადსა და აირადში. („აგრეგო“ ლათინური სიტყვაა და ნიშნავს ვაერთებ, ვაკავშირებ). მაგალითად, ტემპერატურის შემცირებით წყალი შეიძლება გაიყინოს — თხევადი მდგომარეობიდან გადავიდეს მყარ მდგომარეობაში; ტემპერატურის გაზრდით კი აორთქლდეს — გადავიდეს აირად მდგომარეობაში.



2.21 ლითონის დნობა

გარკვეულ პირობებში ნივთიერება შეიძლება გადავიდეს ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში, რასაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს არა მარტო ბუნებაში, არამედ ტექნიკაშიც. მაგალითად, წყლის ორთქლად გადაქცევა გამოიყენება ელექტროსადგურის ორთქლის ტურბინებში. ლითონთან დნობით შესაძლებელია სხვადასხვა შენაღნობის მიღება (სურ. 2.21) და ა.შ.

#### გავარკვიოთ:

1. ნივთიერებათა გარდაქმნის დროს იცვლება თუ არა ნივთიერების ფიზიკური მახასიათებლები;
2. რა მსგავსება და განსხვავებაა ნივთიერების სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობას შორის.

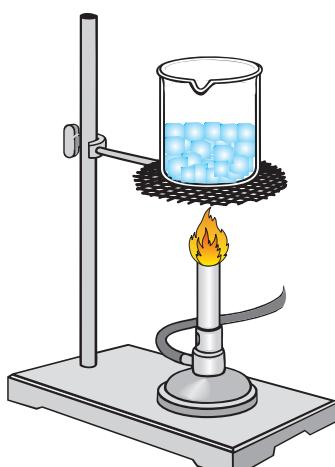
#### ექსაერიმენტული სამუშაო

##### დაკვირვება წყლის ფიზიკურ მახასიათებლებზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, ჭურჭელი, ქურა, ყინულის ნატეხები, ბოთლი, ჭიქა, წყალი, მაცივარი, სასწორი საწონებით.

I. !

- ყინულის ნატეხები ჩაყარე ჭურჭელში და ჭურჭელი დადგი ანთებულ ქურაზე (სურ. 2.22);
  - დააკვირდი ჭურჭელში მიმდინარე პროცესს და აღნერე იგი;
  - ნივთიერების როგორი მდგომარეობაა ყინული, წყალი, წყლის ორთქლი?
  - როგორ ფიქრობ, რა მსგავსება და განსხვავებაა მათ შორის?



2.22

II.

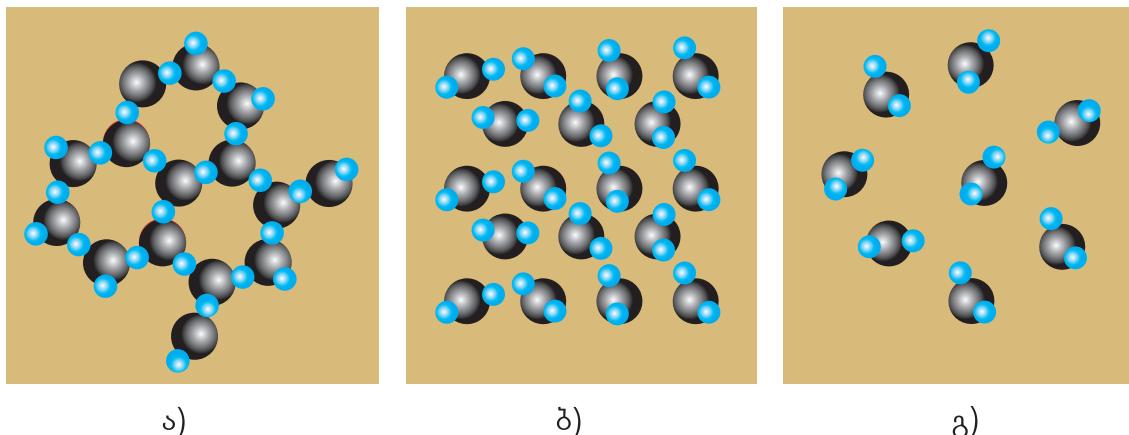
- ჩაასხი ბოთლში წყალი ისე, რომ არ გაავსო.
- წყლიანი ბოთლი ანონე;
- შემდეგ წყალი გაყინე და ბოთლი კვლავ ანონე;
- როგორ შეიცვალა წყლის მოცულობა გაყინვის შემდეგ?
- შეიცვალა თუ არა სასწორის ჩვენება წყლის გაყინვის შემდეგ?

- გააალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.

III.

- ჭურჭელში ჩაასხი წყალი;
- წყალში თანდათან ჩაუშვი გადმოპირქვავებული ჭიქა;
- დააკვირდი ჭიქაში ჰაერის მოცულობის ცვლილებას;
- ჭიქაზე ძლიერი დაწოლით სცადე ამ მოცულობის შემცირება;
- დაიკავებს თუ არა წყალი ჭიქის მთელ მოცულობას?
- გააალიზე მოვლენა და გამოიტანე დასკვნა.

ერთი და იგივე ნივთიერება შეიძლება იყოს სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში. ყინული, წყალი და წყლის ორთქლი ერთი და იმავე ნივთიერების (წყლის) სხვადასხვა აგრეგატული მდგომარეობაა. მათი მოლეკულები ერთნაირია, თვისებები კი — განსხვავებული. მათ შორის განსხვავება განპირობებულია მოლეკულათა ურთიერთგანლაგებით და მოძრაობის ხასიათით (სურ. 2.23).



**2.23** ყინულის (ა), წყლის (ბ) და წყლის ორთქლის (გ) მოლეკულათა ურთიერთგანლაგება

სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში ერთი და იმავე ნივთიერების მოლეკულათა ურთიერთგანლაგება და მოძრაობა განსხვავებულია.



უასუხე კითხვებს, ამოსსენი ამოცანები

1. შეიძლება თუ არა იმის დამტკიცება, რომ ჭურჭელში მოთავსებული სითხის მოცულობა ტოლია სითხის შემადგენელი ცალკეული მოლეკულების მოცულობათა ჯამისა? პასუხი დაასაბუთე.

2. შესაძლებელია თუ არა უანგბადის გადაყვანა აირადიდან თხევად მდგომარეობაში? გამოთქვი ვარაუდი და შეეცადე მის დასაბუთებას.

## 2.6.

# ნივთიერების თვისებები სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში

გავარკვიოთ ნივთიერებათა თვისებები მყარ, თხევად და აირად მდგომარეობაში. ავხსნათ, რა განაპირობებს თვისებებს შორის მსგავსებას და განსხვავებას.

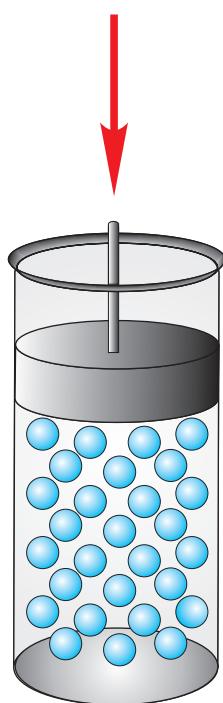
### ნივთიერების აირადი მდგომარეობა.

- შესაძლებელია თუ არა, ჭურჭელი ნახევრამდე გავავსოთ ჰაერით?
- შესაძლებელია თუ არა ჰაერის შეკუმშვა?

### ექსპერიმენტული სამუშაო

#### დაკვირვება ჰაერის კუმშვაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, ცილინდრული ჭურჭელი მჭიდროდ მორგებული დგუშით.



2.24

- ჭურჭელში მოთავსებულ ჰაერზე იმოქმედე დგუშით (სურ. 2.24). რა მოუვა ჰაერს?
- შეწყვიტე დგუშზე მოქმედება. რა მიმართულებით ამოძრავდება იგი?
- როგორ შეიცვლება ჭურჭელში მოთავსებული ჰაერის მოცულობა, თუ ჭურჭელს მოვხსნით დგუშს?
- შენი აზრით, რა არის ამ მოვლენის მიზეზი?
- სურათზე სქემატურად გამოსახულია ცილინდრში მოლეკულათა ურთიერთგანლაგება დგუშის ამოძრავებამდე;
- გამოსახე მოლეკულათა ურთიერთგანლაგება დგუშის გადაადგილების შემდეგ;
- გააანალიზე მოვლენა და გამოიტანე დასკვნა.

აირი შეიძლება ისე შეკუმშოთ, რომ მისი მოცულობა რამდენჯერმე შემცირდეს. ეს იმაზე მიუთითებს, რომ აირის მოლეკულები ერთმანეთისაგან დაშორებულია დიდი მანძილებით. ეს მანძილები გაცილებით მეტია აირის მოლეკულათა ზომებზე, ამიტომ მოლეკულებს შორის მიზიდულობა უმნიშვნელოა. ამის გამო შეუძლებელია ჭურჭლის ნახევრის შევსება აირით. რადგან აირის მოლეკულები მოძრაობენ ქაოსურად და თითქმის არ იზიდავენ ერთმანეთს, ამიტომ სწრაფად ავსებენ ჭურჭლის მთელ მოცულობას.

აირს არ აქვს ფორმა და მოცულობა, იგი მთლიანად იყავებს მისთვის დათმობილ მოცულობას.

### ნივთიერების მყარი მდგომარეობა.

- შეეცადე, შეკუმშო ან გაჭიმო მყარი სხეული (მაგალითად, ხის ლერო);
- რა დასკვნას გამოიტან — ადვილია თუ არა მყარი სხეულის ფორმის შეცვლა?

მყარ სხეულში მოლეკულებსა და ატომებს შორის ძლიერი ურთიერთქმედებაა. ისინი განლაგებულია გარკვეული კანონზომიერებით განსაზღვრულ

წერტილებში. ამ წერტილების მიმართ მოლეკულები და ატომები ასრულებენ მცირე რხევით მოძრაობებს. მყარ სხეულში მოლეკულები და ატომები არ გადაადგილდებიან, ამიტომ მყარი სხეული ინარჩუნებს საკუთარ ფორმას და მოცულობას.

### ნივთიერების თხევადი მდგომარეობა.

- ბოთლიდან წყალი გადასხი ქილაში;
- შეიცვალა თუ არა წყლის ფორმა? მოცულობა?
- რა დასკვნას გააკეთებ?

თავისი თვისებებით სითხეს შუალედური მდგომარეობა უკავია აირსა და მყარ სხეულს შორის. სითხის თვისებები აიხსნება იმით, რომ მის მოლეკულებს შორის მანძილი მცირეა, ამიტომ მოლეკულათა შორის ურთიერთმიზიდვა მნიშვნელოვანია. შესაბამისად, მოლეკულები არ შორდება ერთმანეთს და სითხე ინარჩუნებს მოცულობას. თუმცა მოლეკულებს შორის ურთიერთმიზიდვა იმდენად ძლიერი არ არის, რომ სითხემ შეინარჩუნოს ფორმა.

სითხე ინარჩუნებს მოცულობას, მაგრამ არ აქვს საკუთარი ფორმა — სითხე იღებს იმ ჭურჭლის ფორმას, რომელშიც მოვათავსებთ.

სითხის ამ თვისებას ითვალისწინებენ, როდესაც გამდნარი მინისგან ამზადებენ სხვადასხვა დანიშნულების ჭურჭელს.

**ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისაგან — მოლეკულებისა და ატომებისაგან, რომელთა შორის შუალედებია.**

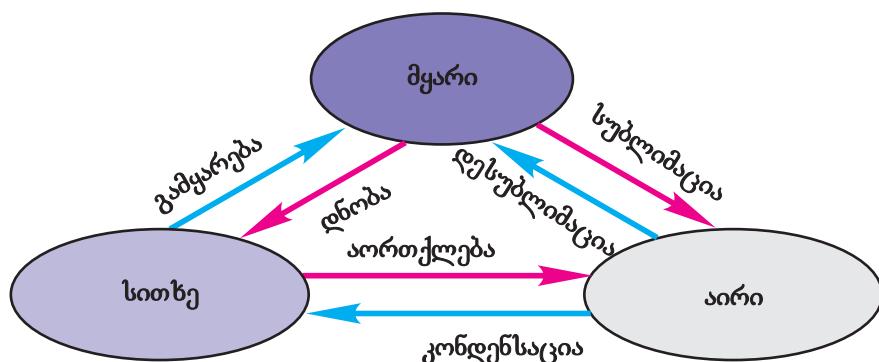
**ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები უწყვეტად და ქაოსურად მოძრაობენ.**

**ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ.**



### უასუე კითხვებს, ამონენი ამოცანები

1. 2.25 სურათზე მოცემულია ნივთიერებათა გადასვლა ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში. სქემის მიხედვით განმარტე: რა არის აორთქლება და კონდენსაცია, დნობა და გამყარება, სუბლიმაცია და დესუბლიმაცია? რას გვიჩვენებს წითელი და ლურჯი ისრები?



2.25

2. თერმომეტრში ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლე გაიზარდა. შეიცვალა თუ არა ვერცხლისწყლის მოლეკულათა რიცხვი? თითოეული მოლეკულის მოცულობა?

3. წყალში მუდამ არის გახსნილი ჰაერი. რა განაპირობებს ჰაერის თანაბარ განაწილებას წყლის მთელ მოცულობაში?

4. მოლეკულათა ურთიერთქმედების საფუძველზე ახსენი, რატომ ვწერთ საკლასო დაფაზე ცარცით და არა თეთრი მარმარილოს ნატეხით?

## 2.7.

### სხეულის მასა

- დააკვირდი ბილიარდის ბურთებს და აღწერე, როგორ იცვლება თითოეული ბურთულის სიჩქარე ურთიერთშეჯახებისას.

სხეულის სიჩქარის შეცვლის მიზეზი მასზე სხვა სხეულის მოქმედებაა. თუ ბურთულას შეეჯახა მეორე ბურთულა, მაშინ შეიცვლება ორივე ბურთულის სიჩქარე. ეს ნიშნავს, რომ ბურთულები ერთმანეთზე მოქმედებენ — **ურთიერთქმედებენ**.

ნებისმიერ შემთხვევაში, როდესაც ერთი სხეული მოქმედებს მეორეზე, მეორეც მოქმედებს პირველზე.

**ორი სხეულის ურთიერთქმედების შედეგად იცვლება ორივე სხეულის სიჩქარე.**

- შენი აზრით, სხვადასხვა სხეულის ურთიერთქმედებისას ერთნაირად შეიცვლება თუ არა მათი სიჩქარე?

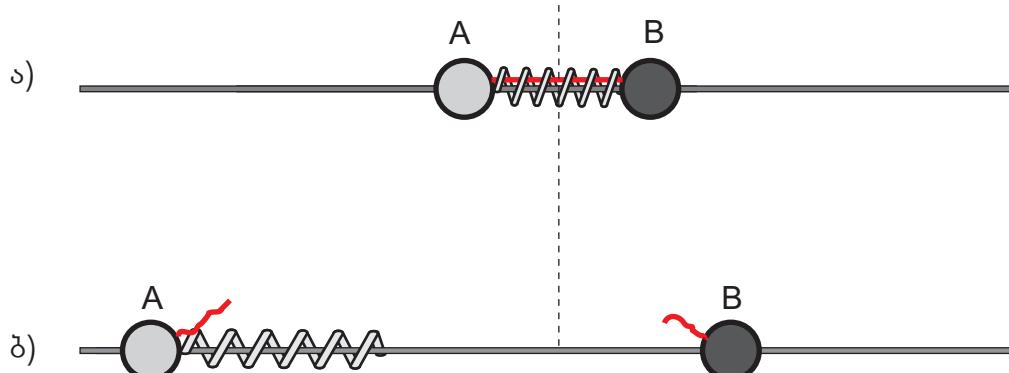
#### ექსაერიგენტული სამუშაო

##### დაკვირვება სხეულთა ურთიერთქმედებაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, ღერო, ფოლადისა და ალუმინის კაუჭიანი ბურთულები, რომლებიც თავისუფლად სრიალებენ ღეროს გასწვრივ, ზამბარა, ძაფი, ასანთი.

- ბურთულებს შორის მოათავსე ზამბარა და ბურთულები გადააბი ძაფით ისე, რომ ზამბარა შეიკუმშოს (სურ. 2.26, ა);
- გაჭერი ძაფი და დააკვირდი ბურთულებს;
- რა მიმართულებით ამოძრავდებიან ბურთულები?
- რომელი ბურთულა უფრო მეტ მანძილს გაივლის (სურ. 2.26, ბ)?
- რომელი ბურთულა შეიძენს მეტ სიჩქარეს ძაფის გაწყვეტისას?
- გააანალიზე მოვლენა და გამოიტანე დასკვნა.

**მასა.** სხეულის სიჩქარის შესაცვლელად საჭიროა გარკვეული დრო. ორი სხეულის ურთიერთქმედებისას იმ სხეულის სიჩქარის ცვლილებას სჭირდება მეტი დრო, რომლის მასაც მეტია. მაგალითად, სატვირთო ავტომობილის მასა



2.26 ა — ალუმინის ბურთულა, ბ — ფოლადის ბურთულა.  
ზამბარის გაჭიმვისას ბურთულები შეიძენენ სხვადასხვა სიჩქარეს

მეტია ვიდრე მსუბუქისა, ამიტომ სატვირთო ავტომობილის სიჩქარის ცვლილებას მეტი დრო სჭირდება, ვიდრე მსუბუქისას.

მასა სკალარული სიდიდეა. იგი აღინიშნება მ-ით.

მასა აქვს ნებისმიერ სხეულს: მზეს, დედამიწას, ადამიანს, ჰაერს, მტვრის ნაწილაკს და ა.შ.

ზოგიერთი მოვლენის დროს იცვლება სხეულის სხვადასხვა მახასიათებელი, მაგრამ მასა არ იცვლება. მაგალითად, მყარი სხეულის გადნობისას იცვლება სხეულის მოცულობა, მასა კი უცვლელი რჩება.

### სხეულთა მასების შედარება.

სხეულთა მასების შედარება შესაძლებელია მათი ურთიერთქმედებით, რის შედეგადაც იცვლება თითოეული სხეულის სიჩქარე.

თუ ორი სხეულის ურთიერთქმედებისას ამ სხეულების სიჩქარეთა ცვლილება ერთნაირია, მაშინ მათი მასები ტოლია. თუ სიჩქარეთა ცვლილება სხვადასხვაა, სხეულთა მასებიც განსხვავებულია.

- ფოლადისა და ალუმინის ბურთულებზე ჩატარებულ ექსპერიმენტში ორივე ბურთულა ერთნაირი რომ ყოფილიყო, როგორი იქნებოდა მათი სიჩქარის ცვლილება?

განხილულ ცდაში ურთიერთქმედების შედეგად ფოლადის უძრავმა ბურთულამ შეიძინა ნაკლები სიჩქარე, ე.ი. მისი სიჩქარის ცვლილება მცირეა, ვიდრე ალუმინის ბურთულასი. ეს ნიშნავს, რომ ფოლადის ბურთულის მასა მეტია ალუმინისაზე.

ამგვარად, ორი სხეულის ურთიერთქმედებისას, იმ სხეულის სიჩქარის ცვლილებაა მცირე, რომლის მასაც მეტია და, პირიქით, იმ სხეულის სიჩქარის ცვლილებაა მეტი, რომლის მასაც ნაკლებია.

თუ ურთიერთქმედ სხეულთა მასებს აღვნიშნავთ  $m_1$  და  $m_2$ -ით, სიჩქარეთა ცვლილებებს კი —  $\Delta m_1$  და  $\Delta m_2$ -ით, მაშინ

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta m_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

**მასის ერთეული.** სხეულის მასის გასაზომად იგი უნდა შევადაროთ იმ სხეულის მასას, რომელიც მიღებულია ერთეულის ტოლად.

SI სისტემაში მასის ერთეულია კილოგრამი (1კგ).

პრაქტიკაში გამოიყენება სხვა ერთეულებიც: 1ტონა (1ტ), 1ცენტნერი (1ც), 1გრამი (1გ), 1მილიგრამი (1მგ) და ა.შ.

$$1\text{ტ}=1000\text{კგ}; \quad 1\text{ც}=100\text{კგ}; \\ 1\text{გ}=0,001\text{კგ}; \quad 1\text{მგ}=0,000001\text{კგ}.$$

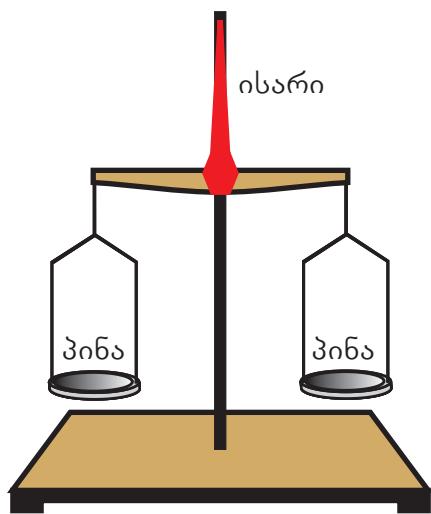
### მასის ეტალონი.

საერთაშორისო შეთანხმებით მასის ეტალონად მიღებულია პლატინისა და ირიდიუმის შენადნობისაგან დამზადებული ცილინდრის მასა — 1კგ. ამ ცილინდრის სიმაღლე და დიამეტრი 39მმ-ია.

მასის ეტალონი ინახება საფრანგეთში, ქ. სევრში (სურ. 2.27), ამ ეტალონისაგან დამზადებული ზუსტი ასლები კი — მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში.



2.27 მასის ეტალონი  
1კგ

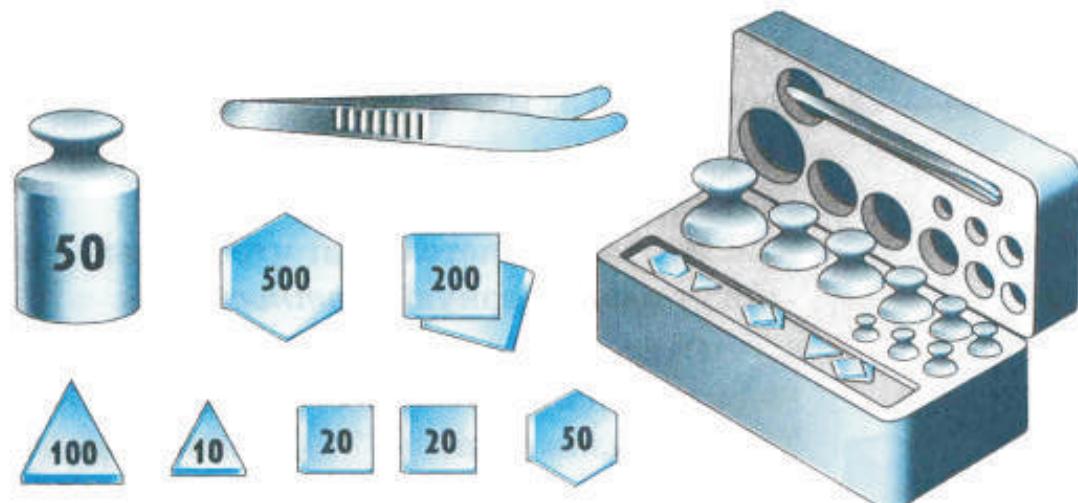


**2.28 ბურკეტიანი სასწორი**

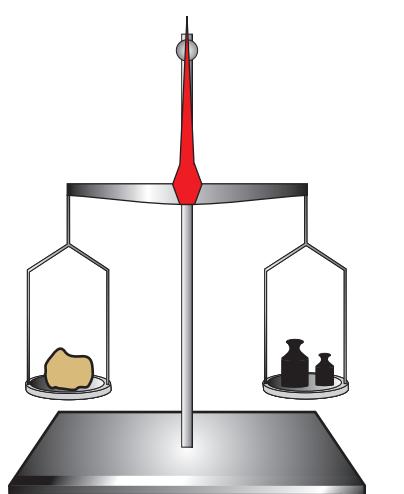
**სხეულის მასის განსაზღვრა აწონით.** მასის განსაზღვრის მრავალი მეთოდი არსებობს. პრაქტიკულად მოხერხებულია სხეულის მასის განსაზღვრა აწონით. აწონა ხდება სასწორის საშუალებით.

- როგორ განისაზღვრება სხეულის მასა სასწორით?
- რა სახის სასწორებს იცნობ?

უმარტივეს სასწორს წარმოადგენს ბერკეტიანი სასწორი (სურ. 2.28). მისი ძირითადი ნაწილია ბერკეტი, რომლის შუაში დამაგრებულია ისარი, ბოლოებში კი — პინები. ბერკეტს შეუძლია შემობრუნება ღერძის ირგვლივ. აწონისას გამოიყენება საწონები. საწონების ლაბორატორიული ნაკრები ნაჩვენებია 2.29 სურათზე.



**2.29 საწონების ნაკრები**



**2.30 სხეულის მასა საწონების  
მასათა ჯამის ტოლია**

აწონისას ერთმანეთს ვადარებთ უცნობი და ცნობილი სხეულების მასებს. ასაწონ სხეულს ვდებთ ერთ პინაზე, საწონებს — მეორეზე. ცხადია, საწონების მასები ცნობილია. საწონების საშუალებით სასწორი უნდა გავაწონასწოროთ (სურ. 2.30). ამ შემთხვევაში სხეულის მასა საწონების მასათა ჯამის ტოლია.

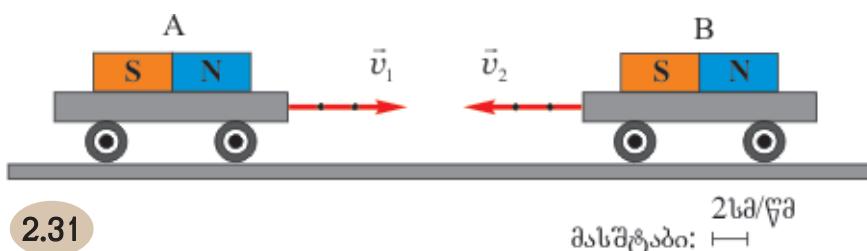
თანამედროვე სასწორები მრავალფეროვანია. არსებობს სასკოლო, სამედიცინო, ელექტრონული და სხვა სახის სასწორები.

თუ ორი სხეულის ურთიერთქმედებისას ამ სხეულების სიჩქარეთა ცვლილება ერთნაირია, მაშინ მათი მასები ტოლია. თუ სიჩქარეთა ცვლილება სხვა-დასხვაა, სხეულთა მასებიც განსხვავებულია.



### უასუხე კითხვებს, ამოსები ამოცანები

- ნაპირზე გადმოხტომა მძიმე ნავიდან უფრო ადვილია თუ მსუბუქიდან? პა-სუხი დაასაბუთე.
- გამოსახეთ კილოგრამებში სხეულთა მასები: 4ტ; 0,3ტ; 10ტ; 0,05ტ; 250გ; 20გ; 40მგ.
- 1ტ მასის უძრავი ტივიდან  $1,5\text{მ}/\text{წ}$  სიჩქარით ნაპირზე გადმოხტა 46კგ მა-სის ბიჭი. რა სიჩქარეს შეიძენს ტივი?
- ორი ურიკის ურთიერთქმედებისას მათი სიჩქარები შეიცვალა  $20\text{სმ}/\text{წმ-ით}$  და  $60\text{სმ}/\text{წმ-ით}$ . რას უდრის პატარა ურიკის მასა, თუ დიდის —  $600\text{გ}$ -ია?
- ურიკებზე მოათავსეს მაგნიტები, რის გამოც ისინი ამოძრავდნენ ურთ-იერთშემხვედრი მიმართულებით (სურ. 2.31). ისარგებლეთ მასშტაბით და განსაზ-ღვრეთ ურიკების სიჩქარეები. გამოთვალეთ A ურიკის მასა, თუ B-ს მასა  $200\text{გ}$ -ია.



2.31

- სხეულის აწონისას სასწორის ერთ პინაზე მოათავსეს სხეული, მეორეზე კი — საწონები. განსაზღვრე სხეულის მასა, თუ სასწორის წონასწორობისას პინაზე აღმოჩნდა საწონები:  $20\text{გ}$ ,  $10\text{გ}$ ,  $2\text{გ}$ ,  $100\text{მგ}$  და  $20\text{მგ}$ .

- ლაბორატორიული სასწორის საწონების ნაკრებში უმცირესი საწონის მასა  $10\text{მგ}$ -ია, ანალიზური სასწორის საწონების ნაკრებში კი —  $0,0001\text{მგ}$ . რომ-ელი სასწორით აწონისას მივიღებთ მასის უფრო ზუსტ მნიშვნელობას? პა-სუხი დაასაბუთე.

- დაკვირდი სხვადასხვა სასწორის სკალას. გაარკვიე მათი დანაყოფის ფასი და დაადგინე, რა მასის სხეულის აწონაა შესაძლებელი თითოეული სას-წორით.

**დაგეგმე და ჩატარე ექსპერიმენტი,** რომლის საშუალებით შეძლებ მცირე ზომის ბურთულის მასის განსაზღვრას. სამუშაო რვეულში ჩატარე ექსპერიმენტის ჩატარების თანმიმდევრობა. მონაცემები წარმოადგინე ცხრილის სახით.

**მითითება:** ექსპერიმენტის ჩასატარებლად გამოიყენე მცირე ზომის რამ-დენიმე ერთნაირი ბურთულა.

## 2.8.

### ნივთიერების სიმპვოზიუმი

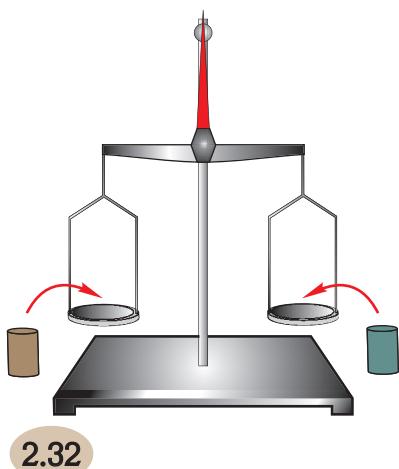
- შენი აზრით, რაზე იქნება დამოკიდებული სხეულის მასა?
- ერთნაირი იქნება თუ არა ერთი და იმავე მოცულობის ფოლადისა და ალუმინის ბურთულების მასები?
- შესაძლებელია თუ არა, სხვადასხვა მოცულობის სხეულთა მასები ტოლი იყოს?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმე ექსპერიმენტით.

#### ექსპერიმენტული სამუშაო

##### I. ერთნაირი მოცულობის სხეულთა მასების შედარება

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, სხეულთა ნაკრები, სასწორი.

**მითითება:** სამუშაოს დაწყებამდე სასწორი გააწონასწორე.

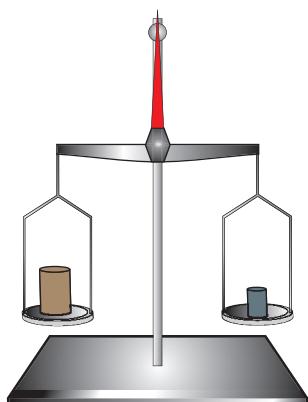


- სასწორის პინებზე მოათავსე სხვადასხვა ნივთიერებისაგან დამზადებული ტოლი მოცულობის სხეულები (სურ. 2.32);
- არის თუ არა სასწორი გაწონასწორებული?
- შენი აზრით, რა შეიძლება იყოს დამზერილი მოვლენის მიზეზი?

**მითითება:** ცდა შეიძლება ჩაატარო სითხეების (მაგალითად, წყლისა და ზეთის) გამოყენებით.

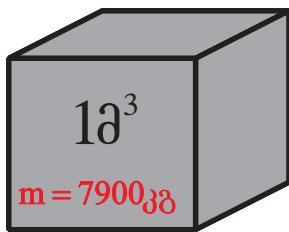
##### II. სხვადასხვა მოცულობის სხეულთა მასების შედარება

- სასწორის პინებზე მოათავსე სხვადასხვა მოცულობის სხეულები. სხეულები ისე შეარჩიე, რომ სასწორი იყოს განონასწორებული (სურ. 2.33).
- რა შეიძლება იყოს სასწორის წონასწორობის მიზეზი?
- გააანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.



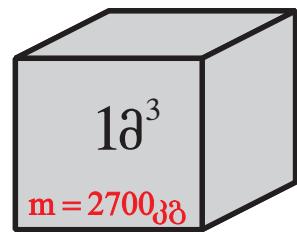
**სიმულიკი.** სხეულის მასა დამოკიდებულია არა მარტო მის ზომებზე, არამედ იმაზეც, თუ რა ნივთიერებისაგან შედგება იგი. ამიტომ ტოლი მოცულობისა და სხვადასხვა ნივთიერებისაგან დამზადებულ სხეულებს სხვადასხვა მასა აქვთ.

მაგალითად,  $1\text{m}^3$  მოცულობის ფოლადის სხეულის მასა  $7900\text{კგ}$ -ია, იმავე მოცულობის ალუმინის სხეულის მასა კი —  $2700\text{კგ}$  (სურ. 2.34).



ფოლადის სხეული

2.34



ალუმინის სხეული

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რას უდრის ერთეული მოცულობის ( $1\text{dm}^3$ ) ნივთიერების მასა, ამ ნივთიერების სიმკვრივე ენოდება.

თუ ცნობილია სხეულის მასა და მოცულობა, შეიძლება განვსაზღვროთ მისი სიმკვრივე.

ნივთიერების სიმკვრივე ტოლია ამ ნივთიერებისაგან დამზადებული სხეულის მასის შეფარდებისა მის მოცულობასთან:

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

სიმკვრივის გამოსათვლელი ფორმულის მისაღებად ამ გამოსახულებაში ჩავსვათ სიდიდეთა ასოითი აღნიშვნები. მასის აღნიშვნაა  $m$ , მოცულობის —  $V$ , სიმკვრივის —  $\rho$  („რო“), შესაბამისად, სიმკვრივის გამოსათვლელ ფორმულას ექნება სახე:

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

იგულისხმება, რომ მოცემული ნივთიერებისაგან დამზადებული სხეული მასიურია (არ აქვს სილრუე) და ერთგვაროვანია (არ შეიცავს სხვა ნივთიერების მინარევს).

**სიმკვრივის ერთეული.** სიმკვრივის ფორმულიდან დავადგინოთ სიმკვრივის ერთეული:

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

SI სისტემაში მასის ერთეულია  $1\text{kg}$ , მოცულობის —  $1\text{m}^3$ , ამიტომ სიმკვრივის ერთეული იქნება  $1\text{kg/m}^3$ :

$$1\text{kg/m}^3 = \frac{1\text{kg}}{1\text{m}^3}$$

$1\text{kg/m}^3$  არის  $1\text{m}^3$  მოცულობის ერთგვაროვანი ნივთიერების სიმკვრივე, რომლის მასა  $1\text{kg}$ -ია.

ხშირად პრაქტიკაში გამოიყენებენ სიმკვრივის ერთეულს  $1\text{g/cm}^3$ -ს.

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{\frac{1}{1000} \text{kg}}{\frac{1}{1000000} \text{m}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

დანართში მოცემულია ნივთიერებათა სიმკვრივეების ცხრილები.

**სხეულის მასისა და მოცულობის განსაზღვრა.** თუ ცნობილია სხეულის სიმკვრივე და მოცულობა, შეიძლება განვსაზღვროთ მისი მასა ანონის გარეშე. სიმკვრივის გამოსათვლელი ფორმულიდან:

$$m = \rho V$$

მასის ამგვარ განსაზღვრას დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს. მაგალითად, თუ ცნობილია საჭირო მასალების სიმკვრივე და მოცულობა, წინასწარ შესაძლებელია მანქანა-დანადგარებისა და შენობა-ნაგებობების მასათა განსაზღვრა.

თუ ცნობილია სხეულის მასა და სიმკვრივე, შესაძლებელია მისი მოცულობის განსაზღვრა:

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

გეომეტრიული ფორმის სხეულების მოცულობის გამოთვლა ძნელი არ არის.

**ლუგენდა არქიმედეს შესახებ.** არასწორი ფორმის სხეულის მოცულობა შეიძლება გამოვთვალოთ მეთოდით, რომელიც აღმოაჩინა ბერძენმა მეცნიერმა არქიმედემ, III საუკუნეში ჩვ. წ. აღ.-მდე.

ლუგენდის მიხედვით, მეფემ ოქრომჭედელს მისცა გარკვეული მასის ოქრო და დაავალა მისგან გვირგვინის დამზადება. რამდენიმე დღის შემდეგ მეფეს მიართვეს გვირგვინი, რომლის მასა ტოლი იყო ოქროს სხმულის მასისა. მიუხედავად ამისა, მეფეს ეჭვი შეეპარა ოქრომჭედლის პატიოსნებაში და არქიმედეს დაავალა გაერკვია, შეიცავდა თუ არა გვირგვინი მინარევს.

არქიმედე დიდხანს ფიქრობდა ამ საკითხზე. ერთხელ, წყლით სავსე აბაზანაში ჩაწოლისას, მოიფიქრა, რომ აბაზანიდან გადმოღვრილი წყლის მოცულობა ტოლი იყო სხეულის მოცულობისა. აღმოჩენით აღტაცებულმა იყვირა: „ევრიკა“ (აღმოვაჩინე)

არქიმედემ წყლით სავსე ჭურჭელში ჩაუშვა ოქროს სხმული, რომლის მასა ტოლი იყო გვირგვინის მასისა. გაზომა გადმოღვრილი წყლის მოცულობა, რომელიც, ცხადია, ტოლი იყო ოქროს სხმულის მოცულობისა. ჭურჭელი კვლავ შეავსო წყლით და ჩაუშვა გვირგვინი. ამჯერად გადმოღვრილი წყლის მოცულობა მეტი აღმოჩნდა. ე.ი. გვირგვინის მოცულობა მეტი იყო ოქროს სხმულის მოცულობაზე. ეს კი იმას ნიშნავდა, რომ გვირგვინის სიმკვრივე ნაკლები იყო ოქროს სიმკვრივეზე, ე.ი. გვირგვინი შეიცავდა მინარევს.

ამ მეთოდით შესაძლებელია განვსაზღვროთ ნებისმიერი სხეულის მოცულობა.

არქიმედეს ამ აღმოჩენას უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა მეცნიერების განვითარებისათვის.

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ტოლია მოცემული ნივთიერებისაგან დამზადებული სხეულის მასის შეფარდებისა მის მოცულობასთან, ამ ნივთიერების სიმკვრივე ეწოდება.

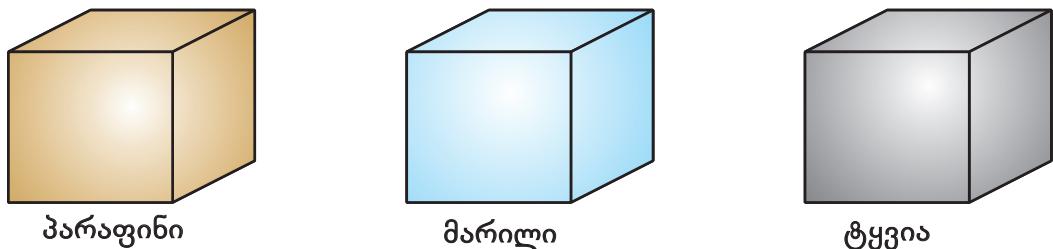
$$\rho = \frac{m}{V}$$



### უასუხე კითხვებს, ამონსერი ამოცანები

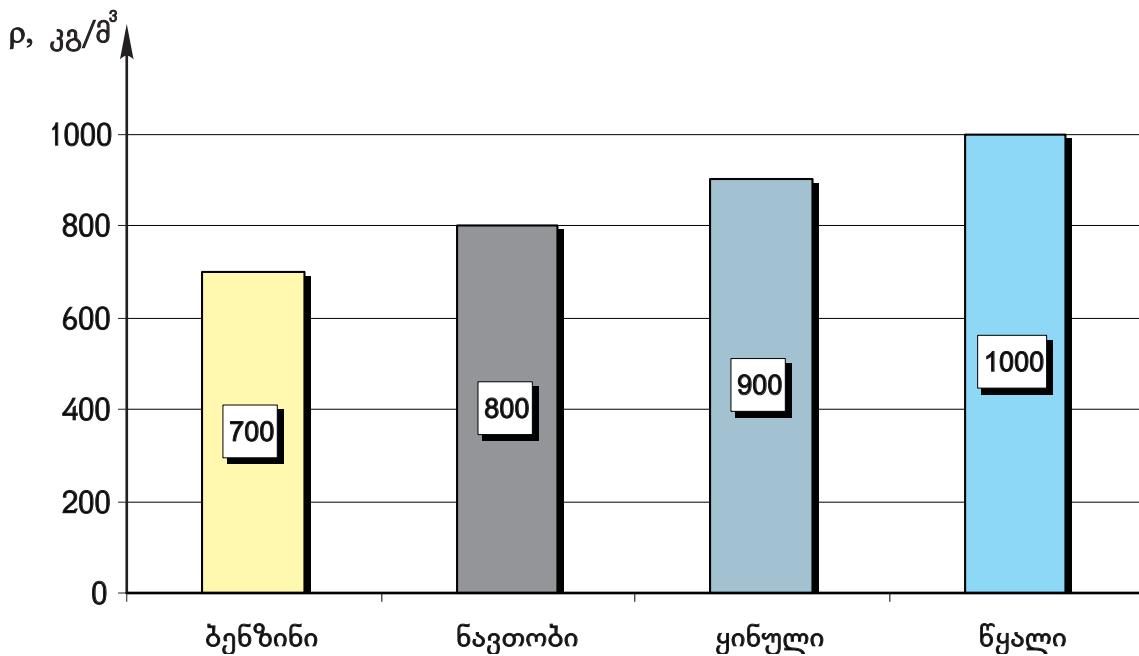
1. 10ლ სითხის მასა 7კგ-ია. რა სიმკვრივე აქვს სითხეს?
2. გამოთვალე მასიური ფოლადის დეტალის მოცულობა, თუ მისი მასა 790გ-ია.
3. გამოთვალე 1ლ სპირტის მასა.
4. როდის უფრო მეტად აინევს ჭურჭელში წყლის დონე: როდესაც მასში ჩავაგდებთ 1კგ ალუმინის თუ 1კგ სპილენძის მასიურ სხეულს? პასუხი დაასაბუთე.

5. 2.35 სურათზე მოცემულია სხვადასხვა ნივთიერების კუბის ფორმის სხეულები, რომელთა წიბოები ერთნაირია და ტოლია 10სმ-ის. გამოთვალე სხეულთა მასები.



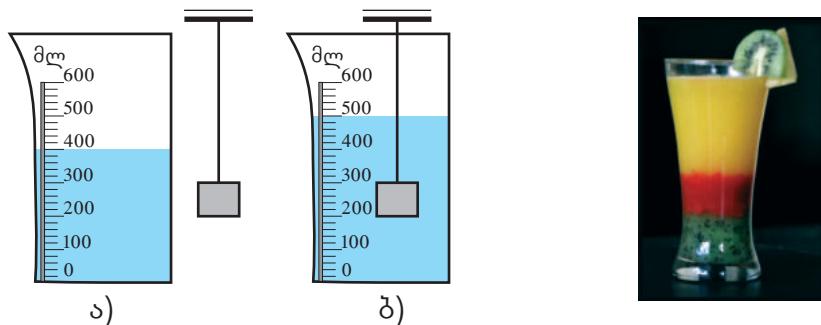
**2.35**

6. რა კავშირია ნივთიერების აგებულებასა და მის სიმკვრივეს შორის?
7. ნივთიერების სიმკვრივე დამოკიდებულია თუ არა ამ ნივთიერებისაგან დამზადებული სხეულის მასასა და მოცულობაზე?
8. 2.36 სურათზე წარმოდგენილია სხვადასხვა ნივთიერების სიმკვრივეთა დიაგრამა. ისარგებლე ნივთიერებათა სიმკვრივეების ცხრილით და ააგე მსგავსი დიაგრამა სხვა ნივთიერებისათვის.



**2.36 სიმკვრივეთა დიაგრამა**

9. რა მასა აქვს ალუმინის ძელს (სურ. 2.37)?
10. როგორ დავამზადოთ მრავალშრიანი კოქტეილი (სურ. 2.38)?



**2.37**

**2.38**

**ექსპერიმენტული დავალება.** სახაზავისა და სასწორის გამოყენებით განსაზღვრე მართვული ძელის სიმკვრივე. დაადგინე რა ნივთიერებისგან არის დამზადებული ძელი.



### ამოცანათა ამოსენის ნიმუში

#### ამოცანა

120სმ<sup>3</sup> მოცულობის რკინის სფეროს მასა 790გ-ია. აქვს თუ არა სფეროს სიღრუე?

#### ამოხსნა

I. იმის გასარკვევად, აქვს თუ არა სფეროს სიღრუე, გამოვთვალოთ მოცემული მასის რკინის სფეროს მოცულობა. თუ მოცულობა აღმოჩნდა 120სმ<sup>3</sup>, მაშინ დავასკვნით, რომ სფერო მასიურია — სიღრუე არ აქვს. ხოლო, თუ მოცულობა აღმოჩნდა 120სმ<sup>3</sup>-ზე ნაკლები, მაშინ სფეროს აქვს სიღრუე.

გამოვთვალოთ სფეროს მოცულობა:

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

სადაც  $m=790\text{g}$  სფეროს მასაა,  $\rho=7,9\text{g}/\text{სმ}^3$  — რკინის სიმკვრივე.

მოცულობის გამოსათვლელ ფორმულაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩას-მით მივიღებთ:

$$V = \frac{790\text{g}}{7,9\text{g}/\text{სმ}^3} = 100\text{სმ}^3.$$

ამგვარად, სფერო მასიური რომ ყოფილიყო, მისი მოცულობა იქნებოდა 100სმ<sup>3</sup>.

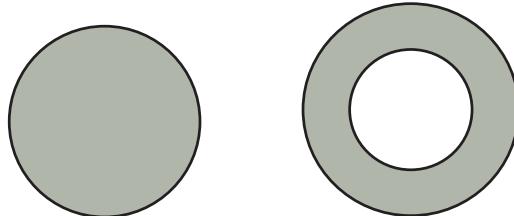
100სმ<sup>3</sup> < 120სმ<sup>3</sup>, ე.ი. სფეროს აქვს სიღრუე (სურ. 2.39).

II. ცხადია, იმავე შედეგს მივიღებთ, თუ გამოვითვლით 120სმ<sup>3</sup> მოცულობის რკინის სფეროს მასას:

$$m = \rho V = 7,9\text{g}/\text{სმ}^3 \cdot 120\text{სმ}^3 = 948\text{g}.$$

ამგვარად, სფერო მასიური რომ ყოფილიყო, მისი მასა იქნებოდა 948გ, სინამდვილეში ნაკლებია — 790გ. რადგან 790გ < 948გ, ამიტომ სფეროს აქვს სიღრუე.

**პასუხი:** სფეროს აქვს სიღრუე.



$$100\text{სმ}^3 < 120\text{სმ}^3$$

2.39



## I. დაასრულე წინადადება:

1. სხეულთა მოცულობის ცვლილების მიზეზია ...
2. დიფუზიის მიზეზია ...
3. დიფუზიის სიჩქარე დამოკიდებულია ...
4. სხეულები არ იშლებიან ცალკეულ მოლეკულებად, რადგან ...
5. თუ ნივთიერებას არ აქვს ფორმა და მოცულობა, მაშინ იგი ... მდგომარეობაშია;
6. თუ ნივთიერებას აქვს საკუთარი ფორმა და მოცულობა, მაშინ იგი ... მდგომარეობაშია.

## II. რომელია სწორი პასუხი?

1. ერთი და იმავე ნივთიერების მოლეკულები
  - ა) სხვადასხვა ზომისაა;
  - ბ) სხვადასხვა მოცულობისაა;
  - გ) ერთნაირია.
2. მოლეკულა არის ნივთიერების უმცირესი ნაწილაკი,
  - ა) რომელიც ქიმიურად განუყოფელია;
  - ბ) რომელსაც აქვს ამ ნივთიერების ქიმიური თვისებები;
  - გ) რომელიც არ იშლება შემადგენელ ნაწილებად.
3. ნივთიერება გვეჩვენება მთლიანი, რადგან
  - ა) მოლეკულები ერთმანეთთან მჭიდროდაა განლაგებული;
  - ბ) მასში მოლეკულათა რიცხვი ძალიან დიდია, ზომები კი — იმდენად მცირე, რომ შეუიარაღებელი თვალით მათი დანახვა შეუძლებელია;
  - გ) მოლეკულებს შორის მანძილები დიდია.
4. დიფუზია მიმდინარეობს იმის გამო, რომ
  - ა) ერთი ნივთიერების ქაოსურად მოძრავი მოლეკულები აღწევენ მეორე ნივთიერების მოლეკულებს შორის;
  - ბ) მოლეკულებს შორის არსებობს მიზიდვის ძალები;
  - გ) მოლეკულებს შორის არსებობს განზიდვის ძალები.
5. სხეულის ტემპერატურის გაზრდით არ იცვლება
  - ა) მოლეკულათა მოძრაობის სიჩქარე;
  - ბ) მოლეკულებს შორის შუალედები;
  - გ) მოლეკულების ზომები.
6. ტემპერატურის გაზრდით
  - ა) დიფუზიის სიჩქარე მცირდება;
  - ბ) დიფუზიის სიჩქარე იზრდება;
  - გ) დიფუზიის სიჩქარე არ იცვლება.
7. ნივთიერების ნაწილაკებს შორის მოქმედებს
  - ა) მხოლოდ მიზიდვის ძალები;
  - ბ) მხოლოდ განზიდვის ძალები;
  - გ) მიზიდვისა და განზიდვის ძალები.
8. ოთახის ტემპერატურაზე რომელ ნივთიერებას — წყალს, ვერცხლისწყალს, ხეს, ჰაერს, რკინას — არ აქვს საკუთარი ფორმა და მოცულობა?
  - ა) წყალს;
  - ბ) ვერცხლისწყალს;
  - გ) ჰაერს.

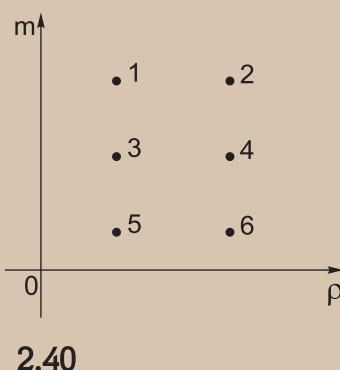
9. როგორ შეიცვლება სხეულის მოცულობა გათბობისას?

- ა) არ შეიცვლება;
- ბ) გაიზრდება;
- გ) შემცირდება.

10. ბალონში მოთავსებული აირით შეიძლება გავავსოთ რამდენიმე ასეთი ბალონი, რადგან

- ა) აირის მოლეკულები ურთიერთმიზიდება;
- ბ) აირის მოლეკულები ურთიერთგანიზიდება;
- გ) აირის მოლეკულები მოძრაობები ქაოსურად და პრაქტიკულად არ ურთიერთქმედებენ, ამიტომ აირი მთლიანად იკავებს მისთვის დათმობილ მოცულობას.

11. როგორ შეიცვლება წყლის მოლეკულებს შორის მანძილი მისი აორთქლებისას?



- ა) შემცირდება;

- ბ) გაიზრდება;

- გ) არ შეიცვლება.

12. ერთნაირია თუ არა ცხელი და ცივი წყლის მოლეკულები?

- ა) ერთნაირია;

- ბ) სხვადასხვანაირია;

- გ) ცხელი წყლის მოლეკულები დიდი ზომისაა.

13. 2.40 სურათზე მოცემულია სხეულის მასასა და სიმკვრივეს შორის დამოკიდებულების დიაგრამა. რომელი წერტილი შეესაბამება მაქსიმალურ მოცულობას?

- ა) 1; ბ) 2; გ) 5.

**III. უპასუხე კითხვებს.**  $m_1$  და  $m_2$  მასების სხეულთა ურთიერთქმედებისას მათი სიჩქარეთა მოდულები შეიცვალა შესაბამისად  $\Delta v_1$  და  $\Delta v_2$ -ით:

1. როგორ შეიცვლება მეორე სხეულის სიჩქარე, თუ პირველის სიჩქარე შეიცვალა  $0,2\text{მ}/\text{წმ}$ -ით? სხეულთა მასები ტოლია;

2. შეადარე სხეულთა მასები, თუ პირველი სხეულის სიჩქარე შეიცვალა  $2\text{მ}/\text{წმ}$ -ით, მეორის —  $5\text{მ}/\text{წმ}$ -ით;

3. როგორ შეიცვლება პირველი სხეულის სიჩქარე, თუ მეორის სიჩქარე შეიცვალა  $4\text{მ}/\text{წმ}$ -ით? პირველი სხეულის მასა  $2\text{-ჯერ}$  მეტია მეორის მასაზე.

**IV. ცხრილის გამოყენებით შეადგინე მარტივი წინადადება:**

დიფუზია არის

ფიზიკური სხეული

მოცულობა არის

ნივთიერება

ვეცხლისწყალი არის

ფიზიკური მოვლენა

ვეცხლისწყლის წვეთი არის

ფიზიკური სიდიდე

# III თავი

## თანაბარი მოძრაობა

ამ თავის შესწავლის შემდეგ შენ შეძლებ:

- სხეულის მოძრაობის დამახასიათებელ პარამეტრებზე მსჯელობას;
- ნრფივი თანაბარი მოძრაობის შესწავლას მოდელის საშუალებით; პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრას;
- სხეულთა სიჩქარის როლის შეფასებას ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში;
- სხეულთა მოძრაობის სახეების ცოდნის დაკავშირებას სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან.



### 3.1.

## მექანიკური მოძრაობა ათვლის სხეული

შენ უკვე იცი, რომ მოვლენა ბუნებაში მიმდინარე ცვლილებაა.

- შენი აზრით, რა იცვლება სხეულის მოძრაობისას?
- როდის არის სხეული მოძრავი? უძრავი?
- შესაძლებელია თუ არა, რომ შენობა იყოს მოძრავი?

**მექანიკური მოძრაობა.** ფიზიკურ მოვლენათა შორის მექანიკური მოძრაობა ყველაზე გავრცელებულია. ჩვენ ხშირად ვაკვირდებით სხვადასხვა სხეულის მოძრაობას.

როდესაც ავტომობილი შენობას ჩაუქროლებს, ვამბობთ, რომ ის მოძრაობს. შენობის შესახებ ვამტკიცებთ, რომ უძრავია.

სწორია თუ არა ჩვენი მტკიცება? როგორ დავადგინოთ მოძრაობს თუ არა სხეული?

ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად ჯერ გავარკვიოთ რა არის მექანიკური მოძრაობა.

**ათვლის სხეული.** ყოველდღიური დაკვირვებებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ სხეულის მოძრაობისას იცვლება მისი მდებარეობა რომელიმე სხვა სხეულის მიმართ.

**სხეულს, რომლის მიმართაც განიხილება სხვა სხეულების მოძრაობა, ათვლის სხეული ეწოდება.**

**მექანიკური მოძრაობა არის დროის განმავლობაში სხეულის მდებარეობის ცვლილება სივრცეში ათვლის სხეულის მიმართ.**

როდესაც სხეულის მდებარეობა იცვლება ათვლის სხეულის მიმართ, მაშინ სხეული მოძრაობს, როდესაც არ იცვლება — უძრავია.

მაგალითად, განხილულ შემთხვევაში, თუ ათვლის სხეულად ჩავთვლით დედამინას, მაშინ ავტომობილი მოძრავია, რადგან მისი მდებარეობა იცვლება დედამინის მიმართ. შენობა უძრავია, რადგან მისი მდებარეობა არ იცვლება დედამინის მიმართ.

- ახლა ათვლის სხეულად ჩათვალე ავტომობილის მძლოლი.
- მძლოლის მიმართ ავტომობილი და შენობა უძრავია თუ მოძრავი? პასუხი დაასაბუთე.

ათვლის სხეული შეიძლება იყოს ნებისმიერი სხეული, მაგრამ ჩვენ ვირჩევთ იმას, რომელიც მოსახერხებელია კონკრეტულ შემთხვევაში. მაგალითად, ავტომობოლელი თავისი ავტომობილის მოძრაობას განიხილავს სხვა ავტომობილების მიმართ. კროსის დროს დისტანციაზე მორბენალი თავის მოძრაობას განიხილავს მოწინააღმდეგის მიმართ.

უმრავლეს შემთხვევაში ათვლის სხეულად მიიჩნევენ დედამინას.

ათვლის სხეული პირობითად ითვლება უძრავად.

**სხეულს, რომლის მიმართაც განიხილება სხვა სხეულების მოძრაობა, ათვლის სხეული ეწოდება.**

**მექანიკური მოძრაობა არის დროის განმავლობაში სხეულის მდებარეობის ცვლილება სივრცეში ათვლის სხეულის მიმართ.**

უძრაობა და მოძრაობა ფარდობითი ცნებებია. ეს ნიშნავს, რომ ერთი და იგივე სხეული შეიძლება მოძრაობდეს ერთი ათვლის სხეულის მიმართ და იმავდროულად უძრავი იყოს მეორის მიმართ, ამიტომ ათვლის სხეულის მითითების გარეშე არ შეიძლება სხეულის მოძრაობის ან უძრაობის განხილვა.



### უასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. დაასახელე ათვლის სხეულები, რომელთა მიმართ წიგნი: ა) უძრავია, ბ) მოძრაობს (სურ. 3.1). პასუხი დაასაბუთე.

2. ჩამოთვალე დედამიწის მიმართ უძრავი და მოძრავი სხეულები.

3. რომელი ათვლის სხეულის მიმართ არის უძრავი მდინარეში მოძრავი ტივი (სურ. 3.2)? დაასაბუთე შენი პასუხის სისწორე.



3.1



3.2

4. ორი ავტომობილი ისე მოძრაობს გზატკეცილზე, რომ გარკვეული დროის შუალედში მათ შორის მანძილი არ იცვლება. ამ დროის შუალედში რომელი ათვლის სხეულის მიმართ იქნება თითოეული ავტომობილი უძრავი და რომლის მიმართ — მოძრავი?

5. რომელი მგზავრი მოძრაობს: ის, რომელიც მოძრავ ავტობუსშია, თუ ის, რომელიც გაჩერებაზე ელოდება ავტობუსს? ათვლის სხეულად ჩათვალეთ: ა) დედამიწა, ბ) მოძრავი ავტობუსი.

6. ზოგჯერ, როდესაც მთვარეს თხელი ღრუბელი ფარავს, გვეჩვენება, რომ იგი სწრაფად მოძრაობს. ახსენით ამ მოვლენის მიზეზი.

7. ავტობუსი მოძრაობს ალმოსავლეთის მიმართულებით. რა მიმართულებით მიფრინავს ვერტმფრენი, თუ მფრინავს ეჩვენება, რომ ავტობუსი: ა) უძრავია, ბ) მოძრაობს დასავლეთის მიმართულებით?

## 3.2.

### ნივთიერი ჟერტილი. მოძრაობის ტრაექტორია

#### ნივთიერი ზერტილი

- როგორ ფიქრობ, სხეულის მოძრაობის ან უძრაობის განხილვისას, არის თუ არა აუცილებელი სხეულის ზომების გათვალისწინება?
- აქვს თუ არა მნიშვნელობა თვითმფრინავის ზომებს, თუ გვაინტერესებს რა დროში ჩაფრინდება იგი თბილისიდან ბათუმში?

მოძრაობის განხილვისას, ზოგ შემთხვევაში, სხეულის ზომებისა და ფორმის გათვალისწინება აუცილებელია, ზოგჯერ კი სხეულის ზომასა და ფორმას შეიძლება ყურადღება არ მივაქციოთ.

**სხეულს, რომლის ზომები მოცემულ პირობებში შეიძლება უგულებელვყოთ, ნივთიერი (მატერიალური) წერტილი ენოდება.**

გამონათქვამი „მოცემულ პირობებში“ იმაზე მიუთითებს, რომ ერთი და იგივე სხეული ერთ შემთხვევაში შეიძლება ჩავთვალოთ ნივთიერ წერტილად, მეორე შემთხვევაში კი — არა.

განხილულ მაგალითში თვითმფრინავი წარმოადგენს ნივთიერ წერტილს, რადგან თბილისიდან ბათუმამდე მანძილთან შედარებით თვითმფრინავის ზომა შეიძლება უგულებელვყოთ. მაგრამ აეროდრომზე თვითმფრინავის ზომებს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, ამიტომ ამ შემთხვევაში მას ვერ ჩავთვლით ნივთიერ წერტილად.

ამგვარად, სხეული მაშინ ჩაითვლება ნივთიერ წერტილად, როდესაც მისი ზომები გაცილებით ნაკლებია განსახილველ მანძილებთან შედარებით.

ნივთიერ წერტილს აქვს მასა და სხეულის ყველა თვისება, გარდა ზომისა.

ნივთიერი წერტილი განსხვავდება გეომეტრიული წერტილისაგან, რომელსაც არ აქვს არც ზომები და არც ფიზიკური თვისებები.

სინამდვილეში ნივთიერი წერტილი ბუნებაში არ არსებობს. ნივთიერი წერტილის ცნება შემოტანილია მხოლოდ იმიტომ, რომ შესაძლებელი გახდეს მრავალი საკითხის მარტივად გადაწყვეტა.

ხშირ შემთხვევაში, როდესაც ვლაპარაკობთ სხეულის მოძრაობაზე, ვგულისხმობთ ნივთიერი წერტილის მოძრაობას.

**მოძრაობის ტრაექტორია.** ფანქრით წერისას ქაღალდზე რჩება ფანქრის წვერის კვალი (სურ.3.3). ავტომობილის მოძრაობისას თოვლიან გზაზე რჩება ავტომობილის საბურავების კვალი (სურ.3.4). მოთხილამურე სრიალისას ტოვებს თხილამურების კვალს (სურ.3.5)



3.3 ფანქრის წვერის ტრაექტორია



3.4 ავტომობილის ტრაექტორია



3.5 მოთხილამურის ტრაექტორია

მოძრაობის ტრაექტორია არის წირი, რომლის გასწვრივაც მოძრაობს სხეული.

ტრაექტორია შეიძლება იყოს წრფე ან მრუდე წირი.

ტრაექტორიის ფორმაზე შეიძლება ვიმსჯელოთ იმ ხილული კვალით, რომელსაც ტოვებს მოძრავი სხეული.

განხილულ მაგალითებში ფანქრის წვერის, ავტომობილის, მოთხილამურის ტრაექტორიები ხილულია.

ტრაექტორია ყოველთვის არ არის ხილული. მაგალითად, გასროლილი ბურთის ტრაექტორია უხილავია, იგი ჩვენ მიერ წარმოდგენილი წირია.

ისე, როგორც სხეულის მოძრაობა და უძრაობა, ტრაექტორიაც დამოკიდებულია ათვლის სხეულის შერჩევაზე — სხვადასხვა ათვლის სხეულის მიმართ ტრაექტორია შეიძლება იყოს განსხვავებული.

მაგალითად, უქარო ამინდში უძრავი ავტომობილის ფანჯარაზე წვიმის წვეთი ტოვებს ვერტიკალურ კვალს, ე.ი. უძრავი ავტომობილის მიმართ წვეთის ტრაექტორია ვერტიკალური წირია.

- როგორი იქნება წვეთის ტრაექტორია მოძრავი ავტომობილის ფანჯარაზე?
- დახატე წვეთის მოძრაობის ტრაექტორია მოძრავი და უძრავი ავტომობილის ფანჯარაზე.

**ტრაექტორიის ფორმის მიხედვით მოძრაობა შეიძლება იყოს წრფივი და მრუდნირული.**

სხეულთა მოძრაობის ტრაექტორიები ერთმანეთისაგან განსხვავდება არა მარტო ფორმით, არამედ სიგრძითაც.

**ტრაექტორიის ნაწილის სიგრძეს, რომელსაც სხეული გადის გარკვეული დროის გარკვეულ შუალედში, ამ დროის შუალედში გავლილი მანძილი ეწოდება.**

გავლილი მანძილი ფიზიკური სიდიდეა და იზომება სიგრძის ერთეულებით (მილიმეტრი, სანტიმეტრი, მეტრი, კილომეტრი და სხვ.).

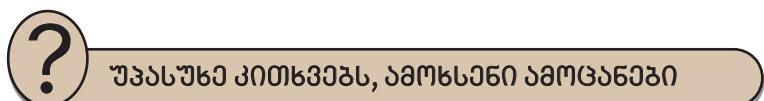
- დაუშვათ, დედამინის მიმართ მატარებელმა გაიარა 100კმ. რა მანძილს გაივლის მატარებლში მჯდომი მგზავრი დედამინის მიმართ? მატარებლის მიმართ? სხეულის მიერ გავლილი მანძილი დამოკიდებულია თუ არა ათვლის სხეულის შერჩევაზე.

სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია და გავლილი მანძილი ფარდობითია.

სხეულს, რომლის ზომები მოცემულ პირობებში შეიძლება უგულებელვყოთ, ნივთიერი წერტილი ეწოდება.

მოძრაობის ტრაექტორია არის ნამდვილი ან წარმოსახვითი წირი, რომლის გასწვრივაც მოძრაობს სხეული.

სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია და გავლილი მანძილი ფარდობითია.



1. შეიძლება თუ არა დედამინა ჩავთვალოთ ნივთიერ წერტილად, როდესაც გვაინტერესებს მისი ბრუნვა: а) საკუთარი ღერძის ირგვლივ, ბ) მზის ირგვლივ? პასუხი დაასაბუთეთ.

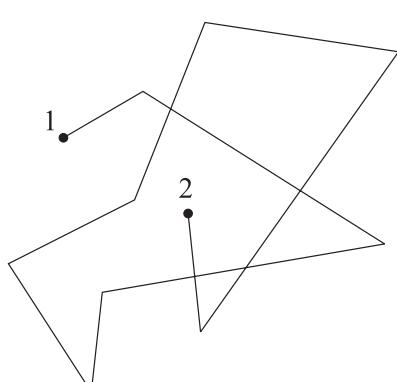
2. დააკვირდი საათის ისრების მოძრაობას (სურ. 3.6) და დახაზე მათი სხვადასხვა წერტილის მოძრაობის ტრაექტორია?

3. დაასახელე წრფივი და მრუდნირული მოძრაობის მაგალითები.

4. აირის მოლეკულის მოძრაობის ტრაექტორია ტეხილი წირია (სურ. 3.7). ნახატის გამოყენებით როგორ განსაზღვრავ მოლეკულის მიერ გავლილ მანძილს, თუ იგი გადავიდა 1-დან 2 მდგომარეობაში?



3.6

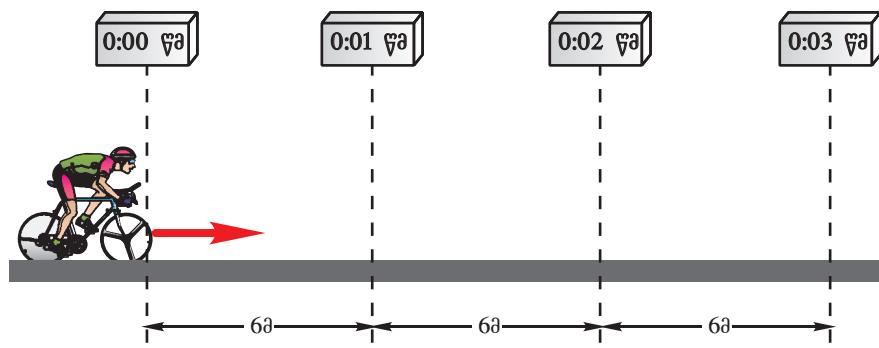


3.7

### 3.3.

### ნოზივი თანაბარი მოძრაობა

- 3.8 სურათზე მოცემულია წამმზომის ჩვენება ველოსიპედის ტრაექტორიის სხვადასხვა წერტილში. დააკვირდი ველოსიპედის მოძრაობას და შეეცადე, აღწერო ეს მოძრაობა.



3.8

მექანიკური მოძრაობის უმარტივესი სახეა წრფივი თანაბარი მოძრაობა. მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ტოლ მანძილებს გადის და მოძრაობის ტრაექტორია წარმოადგენს წრფეს, წრფივი თანაბარი მოძრაობა ენოდება.

შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ წრფივად და თანაბრად მოძრაობს ავტომობილი ან მატარებელი გზის ცალკეულ უბანზე, პარაშუტისტი — ვარდნისას, როდესაც გახსნილია პარაშუტი.

უნდა აღინიშნოს, რომ იშვიათია მოძრაობა, როდესაც სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ტოლ მანძილებს გადის. მაგალითად, თუ ადამიანი ყოველ წუთში გადის 20მ-ს, ეს არ ნიშნავს იმას, რომ იგი ყოველ ნახევარ წუთში გაივლის 10მ-ს, ან ყოველ მეოთხედ წუთში — 5მ-ს.

#### თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე.

- როდესაც ძალიან გეჩეარება, რომელი ტრანსპორტით არჩევ მგზავრობას?
- როგორ დაასაბუთებ შენი არჩევანის სისწორეს?

სხვადასხვა სხეული სხვადასხვა სისწრაფით მოძრაობს.

მოძრაობის სისწრაფის დამახასიათებელ ფიზიკურ სიდიდეს სიჩქარე ენოდება.

წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე ტოლია გავლილი მანძილის შეფარდებისა მი დროის შუალედთან, რომლის განმავლობაშიც სხეულმა ეს მანძილი გაიარა:

$$\text{სიჩქარე} = \frac{\text{გავლილი მანძილი}}{\text{დროის შუალედი}}$$

სიჩქარის აღნიშვნაა  $s$ , მანძილის —  $S$ , დროის —  $t$ , ამიტომ სიჩქარის გამოსათვლელ ფორმულას ექნება სახე:

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

წრფივი თანაბარი მოძრაობისას დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში გავ-

ლილი მანძილები ტოლია, ამიტომ **თანაბარი** მოძრაობის **სიჩქარე** მუდმივი **სიდიდეა**.

I. დააკვირდი 3.8 სურათს.

- რა სიჩქარით მოძრაობს ველოსიპედი მოძრაობის პირველ, ორ და სამ წამში;
- მონაცემები წარმოადგინე ცხრილის სახით;
- გააანალიზე ცხრილი — შეადარე ველოსიპედის სიჩქარე პირველ, ორ და სამ წამში;
- გამოიტანე დასკვნა: იცვლება თუ არა ველოსიპედის სიჩქარე დროის ამ შუალედში? როგორ მოძრაობს ველოსიპედი?

II. რა სიჩქარე აქვს ველოსიპედს დედამიწის მიმართ?

- რა სიჩქარე აქვს ველოსიპედს ველოსიპედისტის მიმართ?
- არის თუ არა ველოსიპედის სიჩქარე განსხვავებული სხვადასხვა ათვლის სხეულის მიმართ?
- რა დასკვნას გამოიტან — არის თუ არა სიჩქარე ფარდობითი?

**სიჩქარის ერთეული.** ნებისმიერი ფიზიკური სიდიდის ერთეული შეიძლება დავადგინოთ მისი გამოსათვლელი ფორმულის გამოყენებით.

სიჩქარის გამოსათვლელი ფორმულიდან:

$$\text{სიჩქარის ერთეული} = \frac{\text{მანძილის ერთეული}}{\text{დროის ერთეული}}$$

SI სისტემაში მანძილის ერთეულია 1მ, დროის — 1ნმ, ამიტომ სიჩქარის ერთეული იქნება 1მ/ნმ:

$$1\text{m}/\text{nm} = \frac{1\text{m}}{1\text{nm}}$$

1მ/ნმ არის ისეთი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე, რომლის დროსაც სხეული 1ნმ-ში გადის 1მ მანძილს.

არსებობს სიჩქარის სხვა ერთეულებიც: 1კმ/სთ, 1კმ/ნმ, 1სმ/ნმ და ა.შ.

**გავლილი მანძილი.** სიჩქარის ფორმულიდან შეიძლება გამოვთვალოთ სხეულის მიერ გავლილი მანძილი:

$$S = vt$$

რადგან თანაბარი მოძრაობის დროს სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა, ამიტომ გავლილი მანძილი დროის პირდაპირპროპორციულია, ე.ი. რამდენჯერაც იზრდება მოძრაობის დრო, იმდენჯერ იზრდება გავლილი მანძილი.

მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ნებისმიერ ტოლ შუალედებში ტოლ მანძილებს გადის და მოძრაობის ტრაექტორია წარმოადგენს წრფეს, წრფივი თანაბარი მოძრაობა ენოდება.

თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე ტოლია გავლილი მანძილის შეფარდებისა იმ დროის შუალედთან, რომლის განმავლობაშიც სხეულმა ეს მანძილი გაიარა.

სიჩქარე ფარდობითი სიდიდეა.

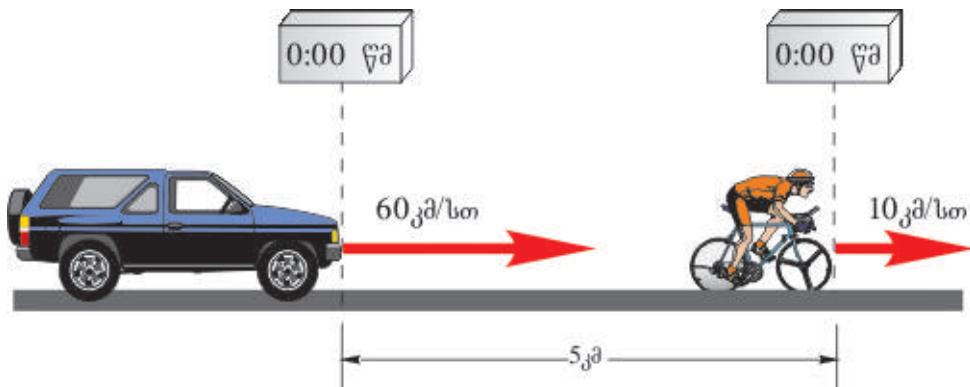
თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა.

SI სისტემაში სიჩქარის ერთეულია 1მ/ნმ.



### უასუხე კითხვებს, ამოსენი ამოცანები

1. გამოსახე **SI** სისტემის ერთეულებით სიჩქარეები: 18კმ/სთ, 36კმ/სთ, 90კმ/სთ.
2. გზატკეცილის წრფივ უბანზე 5ნთ-ის განმავლობაში ავტომობილის სპიდომეტრის ჩვენებაა 60კმ/სთ. როგორია ავტომობილის მოძრაობა და რა მანძილს გაივლის იგი ამ დროის შუალედში?
3. დედამიწიდან მზემდე მანძილი 150000000კმ-ია. სინათლის გავრცელების სიჩქარეა 300000კმ/წმ. რა დროში მოაღწევს სინათლე მზიდან დედამიწამდე?
4. თოფის გასროლის ხმა გასროლის ადგილიდან 1კმ-ის დაშორებით ადამიანმა გაიგონა 3წმ-ში. იმავე მანძილს წყალში ბგერა გადის 0,67წმ-ში. ამ მონაცემების მიხედვით გამოთვალე ბგერის გავრცელების სიჩქარე ჰაერსა და წყალში. შეადარე ეს სიჩქარეები და გამოიტანე დასკვნა.
5. დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრის სიჩქარეა 8კმ/წმ. დაასახელეთ ათვლის სხეული, რომლის მიმართ თანამგზავრის სიჩქარე იქნება ნულის ტოლი?
6. 3.9 სურათის მიხედვით შეადგინე და ამოხსენი ამოცანა.



**3.9**

მოამზადე თემა პრეზენტაციისათვის:  
„სიჩქარე ფარდობითია“



### ამოცანათა ამოსენის ნიმუში

#### ამოცანა

ჰაერში რადიოტალღების გავრცელების სიჩქარეა 300000კმ/წმ, ბგერის — 332გ/წმ. მიკროფონით მოლაპარაკე დიქტორის ხმას რომელი ადამიანი უფრო სწრაფად გაიგონებს: ის, რომელიც მისგან 50გ მანძილზეა, თუ ის, რომელიც დიქტორისაგან 600კმ-ის დაშორებით უსმენს რადიოს?

$$\begin{aligned} t_1 &= ? \quad t_2 = ? \\ \text{მოც.: } v_1 &= 300000\text{კმ/წმ}; \\ v_2 &= 332\text{გ/წმ}; \\ S_1 &= 600\text{კმ}; \\ S_2 &= 50\text{გ}. \end{aligned}$$

#### ამოხსნა

იმის გასარკვევად, თუ რომელი ადამიანი უფრო სწრაფად გაიგონებს დიქტორის ხმას, საჭიროა გამოვთვალოთ დროის შუალედები, რომლის განმავლობაშიც ხმამ მიაღწია თითოეულ მსმენელამდე. დროის შუალედი, რომლის განმავლობაშიც დიქ-

ტორის ხმა მიაღწევს რადიომსმენელამდეგ ტოლია:

$$t_1 = \frac{S_1}{v_1}$$

50მ-ით დაშორებული ადამიანი კი დიქტორის ხმას გაიგონებს დროის შუალედში::

$$t_2 = \frac{S_2}{v_2}$$

ამ ფორმულებში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$t_1 = \frac{600\text{მ}}{300000\text{მ/წ}} = 0,002\text{წ};$$

$$t_2 = \frac{50\text{მ}}{332\text{მ/წ}} = 0,15\text{წ}.$$

ამგვარად,  $t_1 < t_2$ , ე.ი. დიქტორის ხმას რადიომსმენელი გაიგონებს უფრო სწრაფად.

**პასუხი:** რადიომსმენელი.

### ამოცანა

წრფივ გზატკეცილზე ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით თანაბრად მოძრაობს ორი ავტომობილი. პირველის სიჩქარე 60კმ/სთ, მეორის — 40კმ/სთ. დროის საწყის მომენტში ავტომობილებს შორის მანძილი 100კმ-ია. ამ მომენტიდან რა დროის შემდეგ შეხვდებიან ავტომობილები ერთმანეთს? რა მანძილს გაივლის თითოეული მათგანი შეხვედრამდე?

**მითითება:** დროის საწყისი მომენტი და მოძრაობის დაწყების მომენტი ერთი და იგივე არ არის.

მოცემულ შემთხვევაში დროის საწყისი მომენტი არის დაკვირვების დაწყების მომენტი. ხშირ შემთხვევაში მოძრაობის დაწყების მომენტის განსაზღვრა შეუძლებელიც კია. მაგალითად, ვერ განვსაზღვრავთ დედამიწის ან მთვარის მოძრაობის დაწყების მომენტს.

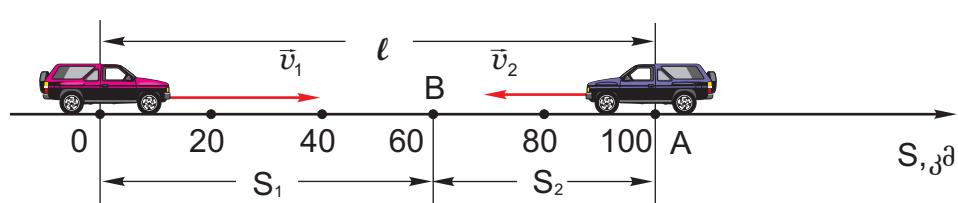
### ამოხსნა

$$\begin{aligned} t &= ? \\ S_1 &= ? \\ S_2 &= ? \end{aligned}$$

მოც.:  $v_1 = 60\text{კმ/სთ};$   
 $v_2 = 40\text{კმ/სთ};$   
 $\ell = 100\text{მ}.$

მოცემულ შემთხვევაში ავტომობილები შეიძლება ჩავთვალოთ ნივთიერ წერტილებად.

დაუუშვათ, დროის საწყის მომენტში პირველი ავტომობილი იმყოფებოდა O წერტილში, მეორე — A-ში და ისინი ერთმანეთს შეხვდნენ B წერტილში (სურ. 3.10).



3.10

დროის საწყისი მომენტიდან შეხვედრამდე ავტომობილების მოძრაობის დრო აღვნიშნოთ  $t$ -თი, პირველი ავტომობილის მიერ გავლილი მანძილი —  $S_1$ -ით, მეორის —  $S_2$ -ით, საწყის მომენტში ავტომობილებს შორის მანძილი —  $\ell$ -ით.

მაშინ,

$$S_1 = v_1 t$$

$$S_2 = v_2 t$$

$$\ell = S_2 + S_1$$

ამ ტოლობების შედარებით მივიღებთ:

$$\ell = v_1 t + v_2 t$$

ან

$$\ell = t(v_1 + v_2)$$

საიდანაც

$$t = \frac{\ell}{v_1 + v_2}$$

ამ ტოლობაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$t = \frac{100 \text{ მ}}{60 \text{ კმ/სთ} + 40 \text{ კმ/სთ}} = 1 \text{ სთ.}$$

დროის ეს მნიშვნელობა ჩავსვათ ავტომობილების მიერ გავლილი მანძილების გამოსათვლელ ფორმულაში, მივიღებთ:

$$S_1 = 60 \text{ კმ}$$

$$S_2 = 40 \text{ კმ}$$

ამგვარად, სხეულები ერთმანეთს შეხვდნენ საწყისი მომენტიდან 1 სთ-ის შემდეგ. შეხვედრამდე პირველმა ავტომობილმა გაიარა 60 კმ, მეორემ — 40 კმ.

**მითითება:** გამოთვლების ჩატარებისას შესაძლებელია ჩავწეროთ მხოლოდ ფიზიკურ სიდიდეთა რიცხვითი მნიშვნელობები, ერთეული კი მივუწეროთ გამოთვლების შედეგად მიღებულ სიდიდეს.

**პასუხი:**  $t = 1 \text{ სთ}; S_1 = 60 \text{ კმ}; S_2 = 40 \text{ კმ}.$

### 3.4.

## მოძრაობის გრაფიკი დარღვევები

**მოძრაობის გრაფიკი.** ფიზიკურ სიდიდეთა შორის კავშირი შესაძლებელია წარმოვადგინოთ არა მხოლოდ ფორმულის საშუალებით, არამედ გრაფიკულადაც.

**გრაფიკი არის ორ სიდიდეს შორის დამოკიდებულების ამსახველი წირი.** განვიხილოთ მექანიკური მოძრაობა გრაფიკების გამოყენებით.

ავაგოთ წრფივი თანაბარი მოძრაობისას გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. ამ გრაფიკს მოძრაობის გრაფიკს უწოდებენ. იგი გვიჩვენებს როგორ იცვლება გავლილი მანძილი დროის ცვლილებისას.

შენ უკვე იცი, რომ თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა, ამიტომ გავლილი მანძილი დროის პირდაპირპროპორციულია.

დავუშვათ, სხეული მოძრაობს თანაბრად  $2\text{f}/\text{მ}$  სიჩქარით, მაშინ ნებისმიერ დროის შუალედში სხეულის მიერ გავლილი მანძილი გამოითვლება ფორმულით:

$$S = 2t.$$

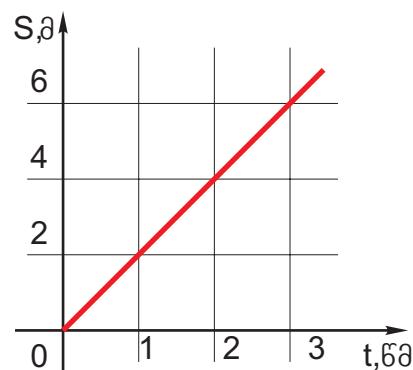
ამ ფორმულის მიხედვით გამოვთვალოთ სხეულის მიერ გავლილი მანძილი დროის სხვადასხვა მომენტისათვის.

დროის საწყის მომენტში  $t_0 = 0$ ,  $S_0 = 0$ , 1მ-ის შემდეგ  $t_1 = 1\text{მ}$ ;  $S_1 = 2\text{მ}$ ; 2მ-ის შემდეგ  $t_2 = 2\text{მ}$ ;  $S_2 = 4\text{მ}$  და ა.შ. ეს მონაცემები შევიტანოთ ცხრილში (სურ. 3.11).

განვიხილოთ კოორდინატთა სისტემა. ათვლის სხეულს დავუკავშიროთ კოორდინატთა სათავე, ჰორიზონტალურ ღერძზე გარკვეული მასშტაბით გადავზომოთ დროის შუალედები, ვერტიკალურზე — გავლილი მანძილის შესაბამისი მნიშვნელობები და ცხრილის მონაცემებით ავაგოთ მოძრაობის გრაფიკი. მივიღებთ კოორდინატთა სათავეში გამავალ წრფეს (სურ. 3.12).

|                |   |   |   |   |
|----------------|---|---|---|---|
| $t, \text{ მ}$ | 0 | 1 | 2 | 3 |
| $S, \text{ მ}$ | 0 | 2 | 4 | 6 |

3.11



3.12

ამგვარად, თანაბარი მოძრაობისას გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი კოორდინატთა სათავეში გამავალი წრფეა.

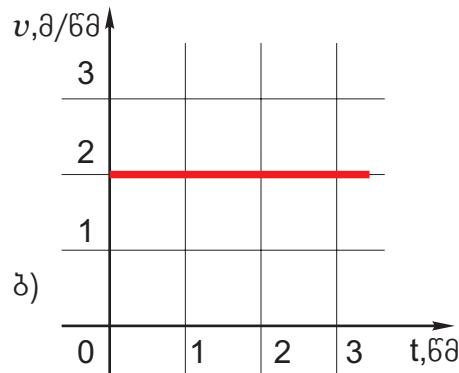
**სიჩქარის გრაფიკი.** ავაგოთ ამავე მოძრაობის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი, ანუ სიჩქარის გრაფიკი.

სიჩქარის გრაფიკი გვიჩვენებს როგორ იცვლება სხეულის სიჩქარე დროის

მიხედვით. რადგან თანაბარი მოძრაობისას სიჩქარე არ იცვლება, ეს ნიშნავს, რომ დროის ნებისმიერ მომენტში სიჩქარეს აქვს ერთი და იგივე მნიშვნელობა. განხილულ მაგალითში  $v=2\text{m/s}$  (სურ. 3.13, ა).

სიჩქარის გრაფიკის ასაგებად ჰორიზონტალურ ღერძზე გადავზომოთ დროის შუალედები, ვერტიკალურზე — სიჩქარის შესაბამისი მნიშვნელობები. ცხრილის მონაცემებით ავაგოთ სიჩქარის გრაფიკი. მივიღებთ დროთა ღერძის პარალელურ წრფეს (სურ. 3.13, ბ).

|    | $t, \text{s}$   | 0 | 1 | 2 | 3 |
|----|-----------------|---|---|---|---|
| ა) | $v, \text{m/s}$ | 2 | 2 | 2 | 2 |



### 3.13

- სიჩქარის გრაფიკის გამოყენებით გამოთვალე სხეულის მიერ 3წმ-ში გავლილი მანძილი;
- გამოთვალე სიჩქარის გრაფიკსა და დროთა ღერძს შორის მოთავსებული იმ მართკუთხედის ფართობი, რომელიც შეესაბამება  $t=3\text{m}$  დროის შუალედს;
- შეადარე 3წმ-ში გავლილი მანძილისა და მართკუთხედის ფართობის რიცხვითი მნიშვნელობები და გამოიტანე დასკვნა.

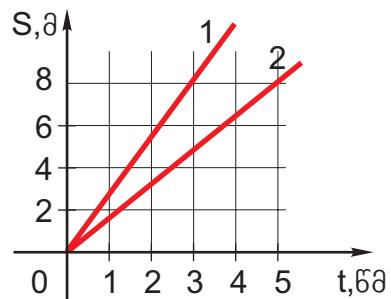
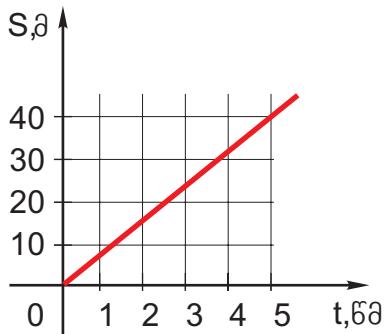
გრაფიკის მიხედვით დაადგენ, რომ დროის მოცემულ შუალედში სხეულის მიერ გავლილი მანძილი რიცხობრივად ტოლია სიჩქარის გრაფიკსა და დროთა ღერძს შორის მოთავსებული მართკუთხედის ფართობისა, რომელიც შეესაბამება მოცემულ დროის შუალედს.

თანაბარი მოძრაობისას გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი წარმოადგენს კოორდინატთა სათავეში გამავალ წრფეს.  
თანაბარი მოძრაობის სიჩქარის გრაფიკი დროთა ღერძის პარალელური წრფეა.

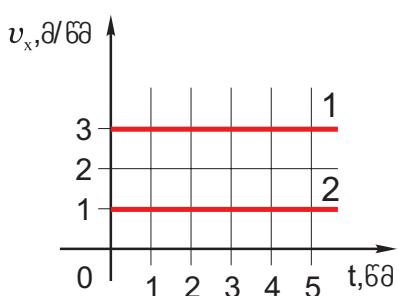


**უასუხე კითხვებს, ამონები ამოცანები**

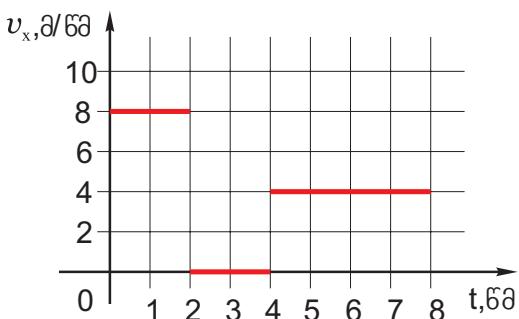
1. ავტომობილი მოძრაობს  $80 \text{ კმ/სთ}$  სიჩქარით. ააგე ავტომობილის მოძრაობის გრაფიკი. განსაზღვრე 2სთ-ში გავლილი მანძილი.



**3.14**



**3.16**



**3.17**

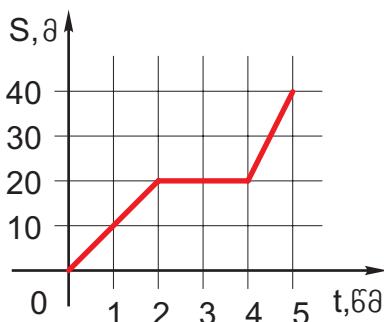
2. მოძრაობის გრაფიკის მიხედვით (სურ. 3.14.) განსაზღვრე: а) რა მანძილი გაიარა სხეულმა 5წმ-ში; ბ) რა სიჩქარით მოძრაობს სხეული.

3. 3.15 სურათზე მოცემულია ორი სხეულის მოძრაობის გრაფიკი. რომელი მათგანი მოძრაობს უფრო სწრაფად?

4. გრაფიკის მიხედვით შეადარე სხეულთა სიჩქარეები და მათ მიერ ერთი და იმავე დროის შუალედში გავლილი მანძილები (სურ. 3.16).

5. სიჩქარის გრაფიკის მიხედვით (სურ. 3.17) აღწერე სხეულის მოძრაობა და ააგე გავლილი მანძილის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

6. 3.18 სურათზე გამოსახული გრაფიკის მიხედვით აღწერე სხეულის მოძრაობა და ააგე ამ მოძრაობის სიჩქარის გრაფიკი.



**3.18**

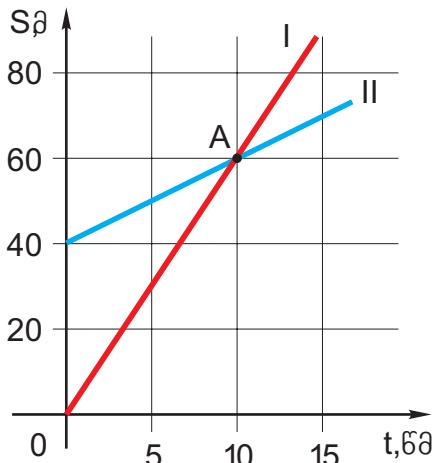


## ამოცანათა ამოცსის ნიმუში

### ამოცანა

მოძრაობის გრაფიკების მიხედვით დაახასიათე სხეულთა მოძრაობა (სურ. 3.19.). განსაზღვრე სხეულთა სიჩქარეები, მათ შორის მანძილი საწყის მომენტში, შეხვედრის დრო და ადგილი, თითოეულის მიერ შეხვედრამდე გავლილი მანძილი.

### ამოცსი



3.19

თითოეული სხეულის მოძრაობის გრაფიკი წარმოადგენს წრფეს. სხეულთა მოძრაობა თანაბარია. საწყის მომენტში I სხეული იმყოფება კოორდინატთა სათავეში, II სხეული კი — მისგან 40მ-ით დაშორებულ წერტილში. ე.ი. საწყის მომენტში სხეულებს შორის მანძილი  $\ell = 40\text{მ}$ .

გრაფიკის გადაკვეთის A წერტილის აბსცისა და ორდინატა გვიჩვენებს შეხვედრის დროს და ადგილს.

A წერტილის აბსცისა არის 10მ, ორდინატა კი — 60მ. ეს ნიშნავს, რომ სხეულები ერთმანეთს შეხვდნენ დაკვირვების დაწყებიდან 10მ-ის შემდეგ, შეხვედრის ადგილი კი ათვლის სხეულიდან დაშორებულია  $S = 60\text{მ}$ -ით.

სხეულთა სიჩქარის გამოსათვლელად

შევარჩიოთ ნებისმიერი დროის შუალედი, შემდეგ კი განვსაზღვროთ ამ შუალედში თითოეული სხეულის მიერ გავლილი მანძილი. მანძილის შეფარდებით დროის შუალედთან მივიღებთ სხეულის სიჩქარეს.

დროის შუალედად შევარჩიოთ დრო საწყისი მომენტიდან შეხვედრის მომენტამდე. ეს არის 10მ. ამ დროის განმავლობაში პირველი სხეულის მიერ გავლილი მანძილია  $S_1 = 60\text{მ}$ , მეორის  $S_2 = 60\text{მ} - 40\text{მ} = 20\text{მ}$ , ამიტომ მათი სიჩქარეები იქნება

$$v_1 = \frac{60\text{მ}}{10\text{წ}} = 6\text{მ/წ};$$

$$v_2 = \frac{20\text{მ}}{10\text{წ}} = 2\text{მ/წ}.$$

**პასუხი:** სხეულთა სიჩქარეებია  $v_1 = 6\text{მ/წ}$ ;  $v_2 = 2\text{მ/წ}$ ;

საწყის მომენტში სხეულებს შორის მანძილი  $\ell = 40\text{მ}$ ;

შეხვედრის დრო და ადგილია  $t = 10\text{წ}$ ;  $S = 60\text{მ}$ ;

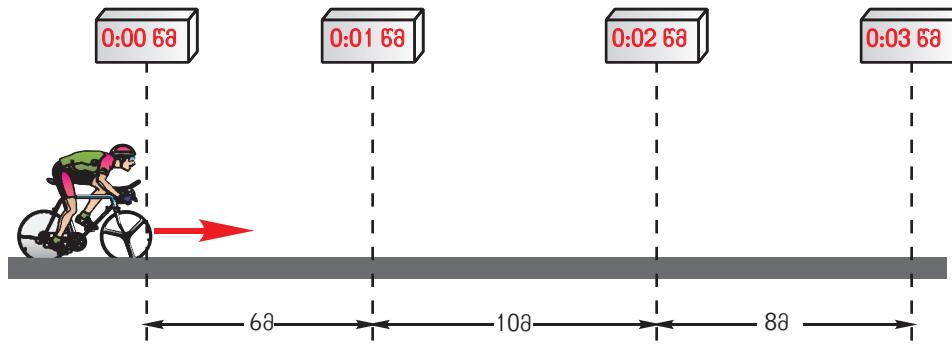
შეხვედრამდე თითოეული სხეულის მიერ გავლილი მანძილია:

$S_1 = 60\text{მ}$ ;  $S_2 = 20\text{მ}$ .

### 3.5.

### პრატინაპარი მოძრაობა

- დააკვირდი 3.20 სურათს და აღწერე ველოსიპედისტის მოძრაობა;
- შეადარე ველოსიპედისტის მიერყოველ მომდევნო წამში გავლილი მანძილები;



3.20

- რა სიჩქარით მოძრაობს ველოსიპედისტი?
- როგორ იცვლება: а) თვითმფრინავის სიჩქარე ასაფრენ ზოლზე, ჰაერში მოძრაობისას, აეროდრომზე დაშვებისას? ბ) მატარებლის სიჩქარე ერთი სადგურიდან მეორემდე მოძრაობისას?

ბუნებაში იშვიათად ვხვდებით სხეულთა თანაბარ მოძრაობას. მოძრაობათა უმრავლესობა არათანაბარია.

მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ტოლ შუალედებში სხვადასხვა მანძილს გადის, არათანაბარი მოძრაობა ეწოდება.

**საშუალო სიჩქარე.** არათანაბარი მოძრაობის დროს სიჩქარე არ არის მუდმივი სიდიდე. ამ მოძრაობას ახასიათებენ საშუალო სიჩქარით.

**არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე ტოლია დროის შუალედში სხეულის მიერ გავლილი მანძილის შეფარდებისა ამ დროის შუალედთან.**

თუ სხეულმა  $t$  დროის შუალედში გაიარა  $S$  მანძილი, მაშინ მოძრაობის საშუალო სიჩქარე

$$v_{\text{საშ}} = \frac{S}{t}.$$

თუ ცნობილია სხეულის საშუალო სიჩქარე, მაშინ  $t$  დროის შუალედში სხეულის მიერ გავლილი მანძილი იქნება:

$$S = v_{\text{საშ}} \cdot t.$$

საშუალო სიჩქარის მნიშვნელობა შეიძლება არ დაემთხვევს მოძრავი სხეულის სიჩქარეს ტრაექტორიის ცალკეულ უბანზე — იგი დამოკიდებულია დროის შუალედის შერჩევასა და ამ დროის შუალედში გავლილი მანძილის სიდიდეზე.

განვიხილოთ მაგალითი. დავუშვათ, ავტომობილმა 200კმ მანძილი გაიარა 4სთ-ში. ეს ნიშნავს, რომ მისი საშუალო სიჩქარეა 50კმ/სთ.

- შენი აზრით, ამ მონაცემების მიხედვით შესაძლებელია თუ არა, გამოთვალო სხეულის მიერ 2სთ-ში, 0,5სთ-ში ან 10ნთ-ში გავლილი მანძილი?
- შესაძლებელია თუ არა, რომ დროის ამ შუალედებში ავტომობილის საშუალო სიჩქარე არ შეესაბამებოდეს განხილულ მაგალითში მიღებულ მნიშვნელობას?
- შეეცადე, დაასაბუთო შენი ვარაუდის სისწორე.



**3.21** სპიდომეტრი გვიჩვენებს  
ავტომობილის მყის სიჩქარეს

მოძრავი ავტომობილის სპიდომეტრის ისარი გვიჩვენებს ავტომობილის სიჩქარეს დროის მოცემულ მომენტში (სურ. 3.21).

**მყისი სიჩქარე.** არათანაბარ მოძრაობას ახასიათებენ არა მხოლოდ საშუალო სიჩქარით.

- დააკვირდი ავტომობილის სპიდომეტრის ჩვენებას. როგორ იცვლება იგი ავტომობილის მოძრაობისას?

ტრაექტორიის ყოველ წერტილში ან დროის მოცემულ მომენტში სხეულის სიჩქარეს გარკვეული მნიშვნელობა აქვს. სიჩქარის ამ მნიშვნელობას მყის სიჩქარეს უწოდებენ.

სიჩქარეს დროის მოცემულ მომენტში ან ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში. მყისი სიჩქარე ეწოდება.

მოძრავი ავტომობილის სპიდომეტრის ისარი გვიჩვენებს ავტომობილის სიჩქარეს დროის მოცემულ მომენტში (სურ. 3.21).

მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული დროის ტოლ შუალედებში სხვადასხვა მანძილს გადის, არათანაბარი მოძრაობა ეწოდება.  
არათანაბარი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე ტოლია დროის შუალედში სხეულის მიერ გავლილი მანძილის შეფარდებისა ამ დროის შუალედთან.  
სიჩქარეს დროის მოცემულ მომენტში ან ტრაექტორიის მოცემულ წერტილში, მყისი სიჩქარე ეწოდება.

### ექსარიგენტული სამუშაო

#### საშუალო სიჩქარის გამოთვლა

გამოთვალე შენი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.

**მითითება:** ექსპერიმენტის ჩასატარებლად გაზომე ერთი ნაბიჯის სიგრძე და დრო, რომელიც საჭიროა  $50 - 100$  ნაბიჯის შესასრულებლად.

- დაგეგმე ექსპერიმენტი — დაადგინე სამუშაოს ჩატარების თანმიმდევრობა;
- შეარჩიე საჭირო ხელსაწყოები;
- მიიღე შენი მოძრაობის საშუალო სიჩქარის გამოსათვლელი ფორმულა, რისთვისაც შემოიტანე აღნიშვნები: ნაბიჯის სიგრძე — ლ; ნაბიჯების რაოდენობა — ნ; მოძრაობის დრო — ტ; საშუალო სიჩქარე — ვსაშ;
- გამოთვალე საშუალო სიჩქარე სხსვადასხვა რაოდენობის ნაბიჯების შემთხვევაში;
- გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები წარმოადგინე ცხრილის სახით;
- გააანალიზე ცხრილი;
- შეადარე შენი მოძრაობის საშუალო სიჩქარე თანაკლასელებისას;
- შენი აზრით, რაზეა დამოკიდებული ექსპერიმენტის შედეგების სიზუსტე?



უასუე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. ავტობუსმა  $120$ კმ მანძილი გაიარა  $2$ სთ-ში. ამასთან დროის პირველ ნახევარში გაიარა  $80$ კმ, მეორე ნახევარში კი —  $40$ კმ. როგორია ავტობუსის

მოძრაობა? გამოთვალე ავტობუსის საშუალო სიჩქარე: а) მოძრაობის მთელი დროის განმავლობაში; б) დროის პირველ ნახევარში; გ) დროის მეორე ნახევარში.

2. მოთხილამურე ეშვება 2კმ სიგრძის ფერდობზე  $40\text{კმ}/\text{სთ}$  სიჩქარით. გამოთვალე დაშვების დრო.

3. ველომრბოლელმა გარკვეული მანძილის გასავლელად საჭირო დროის ნახევარში იმოძრავა  $40\text{კმ}/\text{სთ}$  სიჩქარით, მეორე ნახევარში კი —  $60\text{კმ}/\text{სთ-ით}$ . გამოთვალე ველომრბოლელის საშუალო სიჩქარე.

4. ველომრბოლელმა გასავლელი გზის პირველი ნახევარი გაიარა  $40\text{კმ}/\text{სთ}$  სიჩქარით, მეორე ნახევარი კი —  $60\text{კმ}/\text{სთ}$  სიჩქარით. გამოთვალე ველომრბოლელის საშუალო სიჩქარე. შეადარე მიღებული პასუხი წინა ამოცანის პასუხს და გამოტანე დასკვნა: შესაძლებელია თუ არა, საშუალო სიჩქარე მთელ გზაზე ტოლი იყოს ცალკეულ უბანზე სიჩქარეთა საშუალო არითმეტიკულისა?

5. გრაფიკის მიხედვით (სურ. 3.22) დაახასიათე სხეულის მოძრაობა: а) განსაზღვრე როგორ მოძრაობს იგი დროის (ცალკეულ შუალედებში, ბ) გამოთვალე სხეულის მიერ გავლილი მანძილი და სიჩქარე ამ შუალედებში, გ) განსაზღვრე სხეულის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.

მონაცემები წარმოადგინე ცხრილის სახით. ცხრილის ანალიზის საფუძველზე დაასაბუთე, სხეულის საშუალო სიჩქარის ცოდნით რატომ არ შეიძლება მის მიერ დროის სხვადასხვა შუალედში გავლილი მანძილის განსაზღვრა.



### ამოცანათა ამოხსნის ნიმუში

#### ამოცანა

სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრე სხეულის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე (სურ. 3.23).

#### ამოხსნა

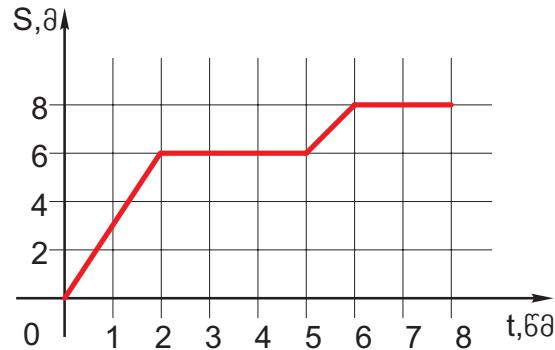
გრაფიკი გვიჩვენებს სხეულის სიჩქარის ცვლილებას  $10\text{მ}-ის$  განმავლობაში. პირველ სამ წამში სხეული მოძრაობს თანაბრად  $2\text{მ}/\text{წმ}$  სიჩქარით, შემდეგ ხუთ წამში სხეულის სიჩქარე ნულის ტოლია — იგი გაჩერებულია, ბოლო ორ წამში კი სხეული მოძრაობს თანაბრად  $4\text{მ}/\text{წმ}$  სიჩქარით. ე.ო.

$$t_1 = 3\text{წმ}; v_1 = 2\text{მ}/\text{წმ};$$

$$t_2 = 5\text{წმ}; v_2 = 0;$$

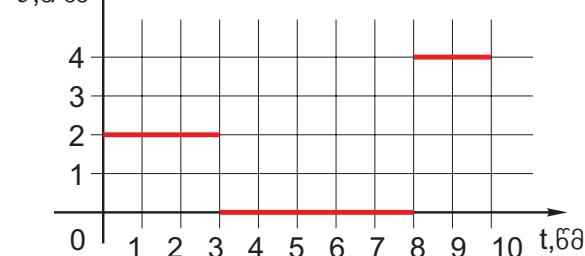
$$t_3 = 2\text{წმ}; v_3 = 4\text{მ}/\text{წმ}.$$

საშუალო სიჩქარე გამოითვლება ფორმულით:



3.22

#### ამოხსნა



3.23

$$v_{\text{საშ}} = \frac{S}{t},$$

სადაც  $S$  არის სხეულის მიერ 10ნმ-ში გავლილი მანძილი:

$$\begin{aligned} S &= S_1 + S_2 + S_3 \\ t &= t_1 + t_2 + t_3. \end{aligned}$$

$S_1, S_2$  და  $S_3$  არის სხეულის მიერ გავლილი მანძილები, შესაბამისად,  $t_1, t_2$  და  $t_3$  დროის შუალედებები, ამიტომ

$$S_1 = v_1 t_1;$$

$$S_2 = v_2 t_2;$$

$$S_3 = v_3 t_3.$$

ეს გამოსახულებები ჩავსვათ საშუალო სიჩქარის გამოსათვლელ ფორმულაში:

$$v_{\text{საშ}} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}.$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$v_{\text{საშ}} = 1,4 \text{მ/წმ.}$$

**პასუხი:** 1,4მ/წმ.

**შენიშვნა.** ზუსტად ასეთი მოძრაობა პრაქტიკულად ვერ განხორციელდება, რადგან გაჩერებისა და დაძვრის მომენტში სხეულის სიჩქარე იცვლება და მოძრაობა არ იქნება თანაბარი. განხილულ შემთხვევაში იგულისხმება, რომ სიჩქარე ძალიან სწრაფად იცვლება და ამიტომ ამ ცვლილებას არ ვითვალისწინებთ.

### ამოცანა

შეადარე წრფივი მოძრაობები, რომლებიც წარმოდგენილია ცხრილისა (სურ. 3.24) და გრაფიკის (სურ. 3.25) სახით. ჩათვალე, რომ დროის საწყის მომენტში სხეული იმყოფება ათვლის სათავეში.

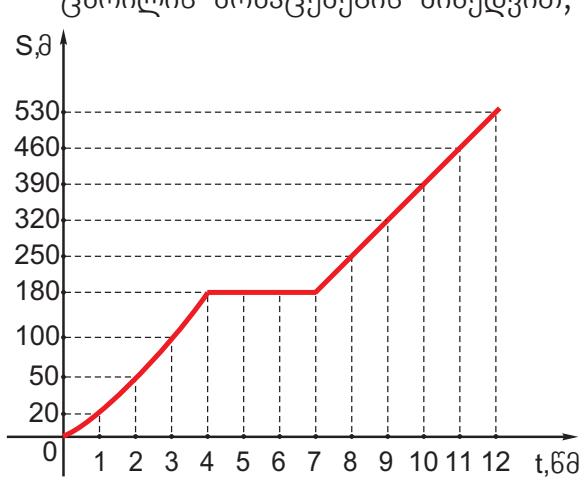
|                |   |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t, \text{წმ}$ | 0 | 1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
| $S, \text{მ}$  | 0 | 20 | 50 | 100 | 180 | 180 | 180 | 180 | 250 | 320 | 390 | 460 | 530 |

3.24

### ამოხსნა

მოძრაობა შეიძლება წარმოვადგინოთ სხვადასხვა სახით: ცხრილებით, გრაფიკებით, ანალიზურად.

ცხრილის მონაცემების მიხედვით, პირველ წამში სხეულმა გაიარა 20მ, მეორე წამში — 30მ (50მ—20მ), მესამე წამში — 50მ (100მ—50მ), მეოთხე წამში — 80მ (180მ—100მ), მეხუთე, მეექვსე და მეშვიდე წამებში — 0 (180მ—180მ), ე.ი. სხეული იყო გაჩერებული. მეშვიდე წამის შემდეგ სხეული ყოველ წამში გადიოდა 70მ-ს — მისი მოძრაობა იყო თანაბარი. 12წმ-ში სხეულმა გაიარა 530მ.



3.25

თუ შეადარებ ცხრილის მონაცემებსა და მოძრაობის გრაფიკს, დარწმუნდები, რომ ცხრილით და გრაფიკით წარმოდგენილია ერთი და იგივე მოძრაობა.

### 3.6.

### სკალარული და ვექტორული სიდიდეები

**გადაადგილება.** სხეულის მოძრაობისას დროის განმავლობაში იცვლება სხეულის მდებარეობა ათვლის სხეულის მიმართ. ეს ნიშნავს, რომ მოძრაობის შესასწავლად საჭიროა განვსაზღვროთ სხეულის მდებარეობა დროის ნებისმიერ მომენტში. ამისათვის საკმარისია თუ არა მხოლოდ გავლილი მანძილის ცოდნა?

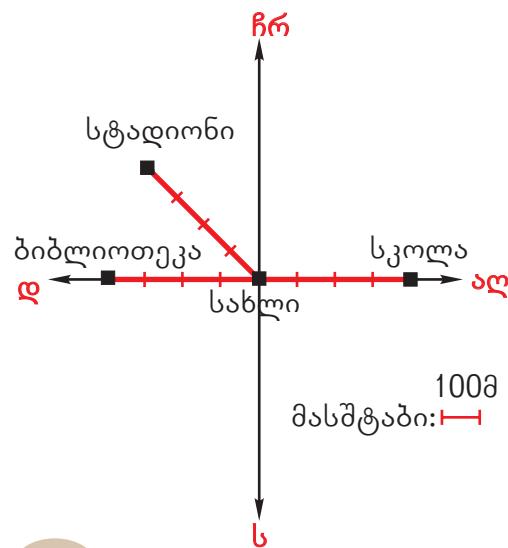
განვიხილოთ მაგალითი. დავუშვათ, ცნობილია, რომ სახლიდან გასვლის შემდეგ მოსწავლემ გაიარა 6ნთ-ში 400მ (სურ. 3.26). სად იქნება მოსწავლე ამ მანძილის გავლის შემდეგ?

- რა მანძილია: ა) სახლიდან სკოლა-  
ამდე, ბ) სახლიდან სტადიონამდე,  
გ) სახლიდან ბიბლიოთეკამდე?
- შეადარე ეს მანძილები და  
დაადგინე: მხოლოდ გავლილი  
მანძილის ცოდნით შეიძლება თუ  
არა განვსაზღვროთ სხეულის  
მდებარეობა ამ მანძილის გავ-  
ლის შემდეგ.

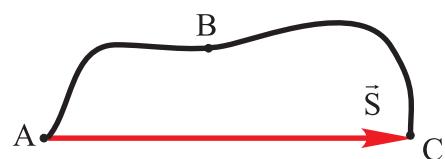
ცხადია, სახლიდან 400მ-ით დაშორებული უამრავი წერტილი არსებობს. მაგრამ, თუ მივუთითებთ მოძრაობის მიმართულებას, მაშინ სხეულის მდებარეობის განსაზღვრა ძნელი არ იქნება. მაგალითად, თუ სხეული მოძრაობს აღმოსავლეთის მიმართულებით, მაშინ 400მ-ის გავლის შემდეგ იგი იქნება სკოლაში, დასავლეთის მიმართულებით მოძრაობისას — ბიბლიოთეკაში, ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით მოძრაობისას კი — სტადიონზე.

წრფის მიმართულ მონაკვეთს, რომელიც სხეულის საწყის მდებარეობას აერთებს მის მომდევნო მდებარეობასთან, სხეულის გადაადგილება ეწოდება.

თუ სხეული მოძრაობს ABC წირის გასწვრივ, მისი გადაადგილება იქნება AC მიმართული მონაკვეთი (სურ. 3.27).



3.26



3.27

ABC ვავლილი მანძილია,  
AC — გადაადგილება

**ვექტორული სიდიდე.** ვექტორულია სიდიდე, რომელსაც აქვს რიცხვითი მნიშვნელობა, მიმართულება და მოდების წერტილი.

გადაადგილება და სიჩქარე ვექტორული სიდიდეებია, რადგან მათ აქვთ რიცხვითი მნიშვნელობა და მიმართულება.

ვექტორული სიდიდე გამოისახება წრფის მიმართული მონაკვეთით, რომლის სიგრძე განსაზღვრული მასშტაბით წარმოადგენს ფიზიკური სიდიდის რიცხვით მნიშვნელობას — ვექტორის მოდულს.

ვექტორული სიდიდის აღმნიშვნელ ასოს თავზე აქვს პატარა ისარი. გადაადგილების ვექტორის აღინიშვნაა  $\vec{S}$ , სიჩქარის —  $v$ .



**3.28 სიჩქარე 5მ/წმ-ია**

3.28 სურათზე გამოსახულია სიჩქარის ვექტორი, რომლის სიდიდე 5მ/წმ-ია. ვექტორის ისარი მიუთითებს სიჩქარის მიმართულებას.

**სკალარული სიდიდე.** მრავალ ფიზიკურ სიდიდეს არ აქვს მიმართულება, ისინი ხასიათდებიან მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობებით.

**სიდიდეს, რომელსაც აქვს მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობა, სკალარული სიდიდე ეწოდება.** დრო, გავლილი მანძილი, მასა და ტემპერატურა სკალარული სიდიდეებია.

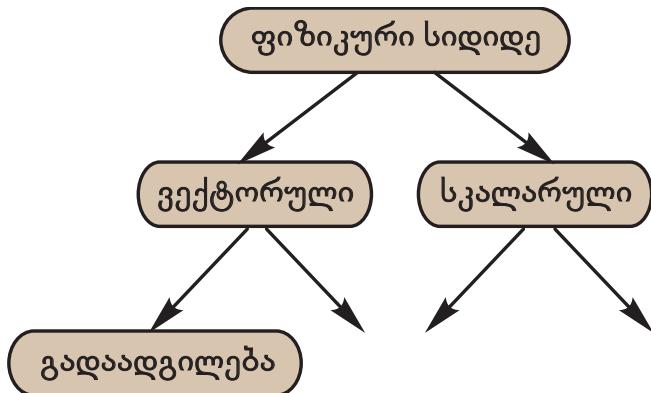
წრფის მიმართულ მონაკვეთს, რომელიც სხეულის საწყის მდებარეობას აერთებს მის მომდევნო მდებარეობასთან, სხეულის გადაადგილება ეწოდება. ვექტორულია სიდიდე, რომელსაც აქვს რიცხვითი მნიშვნელობა, მიმართულება და მოდების წერტილი.

სიდიდეს, რომელსაც აქვს მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობა, სკალარული სიდიდე ეწოდება.



### უპასუხე კითხვებს, ამონსენი ამოცანები

1. როგორ მოძრაობს სხეული, თუ მის მიერ გავლილი მანძილი გადაადგილების მოდულის ტოლია?
2. ვერტიკალურად ასროლილმა სხეულმა მიაღწია 4მ სიმაღლეს და დაბრუნდა საწყის მდებარეობაში. რას უდრის სხეულის მიერ გავლილი მანძილი და გადაადგილება?
3. ჰორიზონტისადმი გარკვეული კუთხით გასროლილმა სხეულმა მიაღწია 3მ სიმაღლეს და დაეცა გასროლის წერტილიდან 8მ მანძილზე. განსაზღვრე სხეულის გადაადგილების მოდული.
4. სხეული მოძრაობს 2მ რადიუსის წრენირზე. გამოთვალე სხეულის გადაადგილება ნახევარი ბრუნის შემდეგ. შესრულე ნახაზი.
5. რას უდრის საათის წუთების ისრის ბოლო წერტილის მიერ შესრულებული გადაადგილება ერთი სრული ბრუნის შემდეგ?
6. სპორტსმენმა 60მ რადიუსის სტადიონს 2-ჯერ შემოურბინა. რას უდრის სპორტსმენის გადაადგილება?



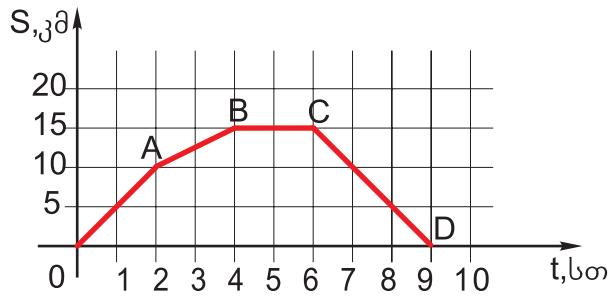
**3.29**

7. სპორტსმენმა 60მ რადიუსის სტადიონს 2,5-ჯერ შემოურბინა. რას უდრის სპორტსმენის გადაადგილება?

8. შენთვის ცნობილი რომელი ფიზიკური სიდიდეებია ვექტორული და რომელი — სკალარული? გააგრძელე სქემის შევსება (სურ. 3.29):

9. ტურისტმა აღმოსავლეთის მიმართულებით გაიარა 4კმ, შემდეგ ჩრდილოეთის მიმართულებით — 3კმ. ათვლის სათავედ ჩათვალე მოძრაობის დაწყების ადგილი და განსაზღვრე ტურისტის მიერ გავლილი მანძილი და გადაადგილება.

10. 3.30 სურათზე მოცემულია ტურისტული ჯგუფის მოძრაობის გრაფიკი. გრაფიკის მიხედვით დაახასიათე ეს მოძრაობა და განსაზღვრე: ა) ტურისტული ჯგუფის მიერ გავლილი მანძილი, ბ) მოძრაობისა და შესვენების დრო, გ) სიჩქარე მარშრუტის სხვადასხვა უბანზე, დ) საშუალო სიჩქარე მოგზაურობის მთელი დროის განმავლობაში.



3.30

**დაგეგმე ლაშქრობა** — საქართველოს გეოგრაფიული რუკის (სურ. 3.31) გამოყენებით კლასელებთან ერთად შეარჩიე შენთვის საინტერესო ლაშქრობის მარშრუტი. რუკაზე მითითებული მასშტაბის მიხედვით განსაზღვრე გასავლელი მანძილი. დაადგინე, დაგჭირდება თუ არა რაიმე სახის ტრანსპორტით მგზავრობა. ჩათვალე, რომ შენი მოძრაობის საშუალო სიჩქარეა 5კმ/სთ, გაითვალისწინე შესვენების დროც და ივარაუდე, რა დრო დასჭირდება ამ მარშრუტის გავლას.



3.31

- მონაცემები წარმოადგინე ცხრილის სახით.
- შეასრულე შესაბამისი ნახაზი.
- ააგელაშქრობისას გავლილი მანძილისა და სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების მიახლოებითი გრაფიკები.



**I. დაასრულე წინადადება:**

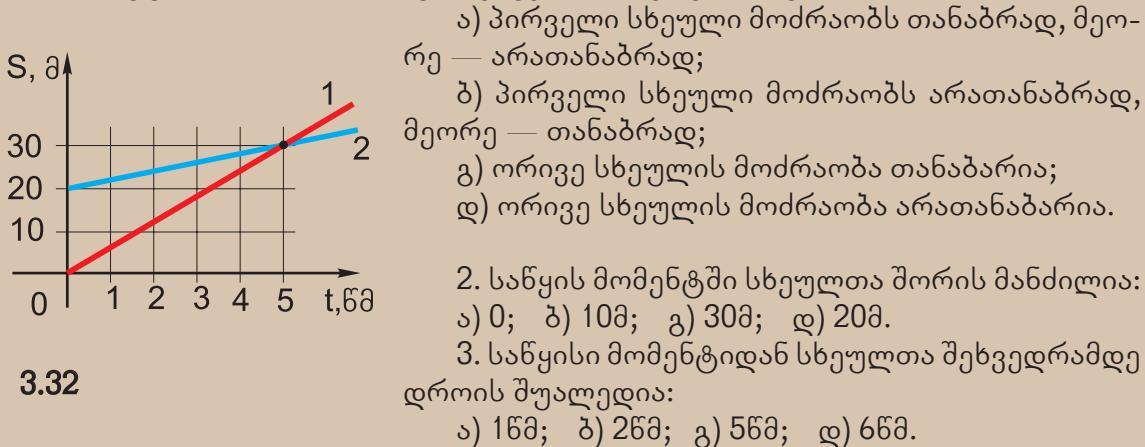
1. თვითმფრინავი შეიძლება ჩაითვალოს ნივთიერ წერტილად, როდესაც ...
2. უძრაობა და მოძრაობა ფარდობითია, რადგან ...
3. ნივთიერ წერტილს, გეომეტრიული წერტილისაგან განსხვავებით, აქვს ...
4. 100კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი ავტომობილი უძრავია ...
5. თანაბარი მოძრაობისას სხეულის მიერ გავლილი მანძილი დროის პირდაპირპროპორციულია. ეს ნიშნავს, რომ ...
6. თანაბარი მოძრაობის სიჩქარის გრაფიკი წარმოადგენს ...

**II. მართებულია თუ არა მტკიცება:**

1. 80კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი მატარებლის მიმართ შენობები მოძრაობს ამავე სიჩქარით მატარებლის მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით.
  - ა) დიახ;
  - ბ) არა.
2. ტრაექტორია ფარდობითია, გავლილი მანძილი კი — არა.
  - ა) დიახ;
  - ბ) არა.
3. 36კმ/სთ სიჩქარე მეტია, ვიდრე 10მ/წმ.
  - ა) დიახ;
  - ბ) არა.
4. ავტობუსმა ორ ქალაქს შორის მანძილი 105კმ გაიარა 1,5სთ-ში. ეს ნიშნავს, რომ ავტობუსის საშუალო სიჩქარეა 70კმ/სთ.
  - ა) დიახ;
  - ბ) არა.

**III. რომელია სწორი პასუხი?**

1. სხეულთა მოძრაობის გრაფიკების მიხედვით (სურ. 3.32):



3.32

4. სხეულთა სიჩქარეებია:

- ა)  $v_1 = 6\text{მ}/\text{წმ}$ ,  $v_2 = 4\text{მ}/\text{წმ}$ ;
- ბ)  $v_1 = 5\text{მ}/\text{წმ}$ ,  $v_2 = 4\text{მ}/\text{წმ}$ ;
- გ)  $v_1 = 6\text{მ}/\text{წმ}$ ,  $v_2 = 2\text{მ}/\text{წმ}$ ;
- დ)  $v_1 = 5\text{მ}/\text{წმ}$ ,  $v_2 = 2\text{მ}/\text{წმ}$ .

#### IV. უპასუხე კითხვებს:

1. მოძრავი მატარებლის მიმართ მოძრავია თუ უძრავი:

დედამინა, შენობები, ხეები, მატარებლის მგზავრები, მემანქანე, რკინიგზის ბაქანი?

2. გამოსახეთ სიჩქარეები კმ/სთ-ით:  
10მ/წმ, 5მ/წმ, 5სმ/წმ.

3. გამოსახეთ სიჩქარეები SI სისტემის ერთეულებით:  
18კმ/სთ, 54კმ/სთ, 72კმ/სთ.

4. ავტომობილი მოძრაობს თანაბრად 60კმ/სთ სიჩქარით.

- ა) რა დრო დასჭირდება ავტომობილს 180კმ-ის გასავლელად?
- ბ) რა მანძილს გაივლის იგი 10 წთ-ში?
- გ) ააგე ავტომობილის სიჩქარის გრაფიკი;
- დ) ააგე ავტომობილების მოძრაობის გრაფიკი.

5. ტურისტმა 7 კმ გაიარა 2სთ-ში. შეისვენა 30წთ და იმავე გზით დაბრუნდა უკან 1,5სთ-ში. გამოთვალე ტურისტის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე.

6. გაიხსენე შენობის ცნობილი ფიზიკური სიდიდეები, მათი საზომი ერთეულები, ამ სიდიდეთა გამოსათვლელი ფორმულები და მონაცემები წარმადგინე ცხრილის სახით.

# IV თავი

## ქალა



ამ თავის შესწავლის შემდეგ შენ შეძლებ:

- ბუნების სხვადასხვა ძალის მოქმედების შედეგებზე მსჯელობას;
- პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრას.



## 4.1.

### ინერცია

სხეულის მოძრაობის შესასწავლად საჭიროა ამ მოძრაობის გამომწვევი მიზეზების ცოდნა. მოძრაობა ხასიათდება სიჩქარით.

- როგორ შეიძლება სხეულის სიჩქარის შეცვლა? შესაძლებელია თუ არა, ეს ცვლილება მოხდეს თავისთავად?

ცხადია, სხეულის სიჩქარე თავისთავად არ იცვლება.

გაჩერებული სხეული რომ ავამოძრაოთ, მასზე უნდა ვიმოქმედოთ სხვა სხეულით. მაგალითად, ბილიარდის ბურთის ასამოძრავებლად მასზე უნდა ვიმოქმედოთ ბილიარდის ჯოხით.

მოძრავი სხეულის გაჩერებასაც იწვევს სხვა სხეულის მოქმედება. სხვა სხეულთან შეჯახებისას იცვლება ბურთულის მოძრაობის მიმართულებაც.

ამგვარად, სხეულის სიჩქარის შეცვლა შესაძლებელია მასზე სხვა სხეულის მოქმედებით.

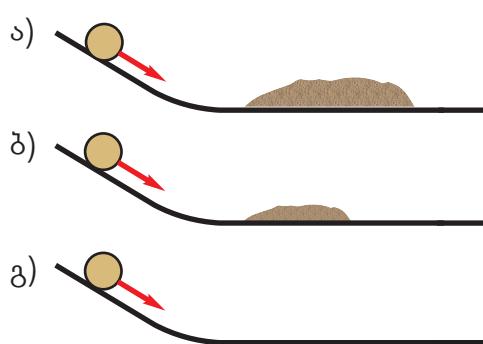
გავარკვიოთ, რა შემთხვევაში იმოძრავებს სხეული მუდმივი სიჩქარით.

#### ექსპერიმენტული სამუშაო

##### დაკვირვება სხეულის მოძრაობაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, დახრილი ღარი, ჰორიზონტალური ღარი, ბურთულა, ქვიშა.

- დახრილ ღართან შეაერთე ჰორიზონტალური ღარი;
- ჰორიზონტალურ ღარში ჩაყარე ქვიშა;
- დახრილ ღარში დააგორე ბურთულა;
- რა მოხდება ბურთულის ქვიშასთან შეჯახებისას (სურ. 4.1, ა)?
- შეამცირე ქვიშის რაოდენობა და გაიმეორე ცდა (სურ. 4.1, ბ). რას ამჩნევ — რომელ შემთხვევაში უფრო დიდხანს იმოძრავა ბურთულამ?
- შენი აზრით, რა არის ამის მიზეზი?
- იგივე ცდა ჩატარე ქვიშის გარეშე (სურ. 4.1, გ). როგორ შეიცვალა ბურთულის მოძრაობის დრო?
- ექსპერიმენტის ანალიზის საფუძველზე დაადგინე, რაზეა დამოკიდებული ბურთულის სიჩქარის ცვლილება. ცხადია, რაც უფრო შემცირდება ბურთულაზე სხვა სხეულის მოქმედება, მით დიდხანს იმოძრავებს იგი, ე.ი. მით ნაკლები იქნება ბურთულის სიჩქარის ცვლილება. შესაძლებელი რომ იყოს ყოველგვარი წინააღმდეგობის მოსპობა, ბურთულა იმოძრავებს მუდმივი სიჩქარით — წრფივად და თანაბრად.



4.1

ბერძენი ფილოსოფოსი და მეცნიერი **არისტოტელე** ამტკიცებდა, რომ გარე ზემოქმედების გარეშე სხეული შეიძლება იყოს მხოლოდ უძრავ მდგომარეობაში; სხეული მოძრაობს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მასზე მოქმედებს სხვა სხეული.

2000 წლის შემდეგ გალილეიმ დაამტკიცა, რომ არისტოტელეს აზრი მცდარია. ზემოქმედების გარეშე სხეული შეიძლება იყოს არა მხოლოდ უძრავ მდგომარეობაში, არამედ მოძრაობდეს წრფივად და თანაბრად.

**თუ სხეულზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, მაშინ იგი უძრავია ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად, ე.ი. მუდმივი სიჩქარით.**

ეს დასკვნა ცნობილია ინერციის კანონის სახელწოდებით. იგი ეკუთვნის იტალიელ მეცნიერს, **გალილეო გალილეის**.

გალილეიმ დაადგინა, რომ წრფივი თანაბარი მოძრაობა სხეულის ისეთივე ბუნებრივი მდგომარეობაა, როგორიც უძრაობა.



#### 4.2 მატარებელი მოძრაობს თანაბრად

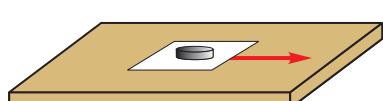
სხეულის თვისებას, შეინარჩუნოს უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობა, როდესაც მასზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, ინერცია ეწოდება. „ინერცია“ ლათინური სიტყვაა და ნიშნავს უძრაობას, უმოქმედობას. თუ სხეული მოძრაობს სხვა სხეულის მოქმედების გარეშე, მაშინ ამბობენ, რომ იგი მოძრაობს ინერციით. 4.2 სურათზე მოძრაობა წრფივი და თანაბარია — მატარებელი ინარჩუნებს სიჩქარეს, ამიტომ იგი მოძრაობს ინერციით.

ინერციის გამო სხეული ცდილობს შეინარჩუნოს სიჩქარე, ამიტომ სხეულის სიჩქარის მყისიერი შეცვლა შეუძლებელია. ინერციის გამო ავტომობილის უცბად გაჩერება შეუძლებელია. ეს უნდა გაითვალისწინონ როგორც მძლოლებმა, ისე ფეხით მოსიარულეებმა.

ინერცია გამოვლინდება ყოველთვის, როდესაც ავამოძრავებთ რაიმე სხეულს, ვუცვლით მოძრაობის მიმართულებას ან ვაჩერებთ მას.

### ეძღვით მოვლენაზე დაკვირვება ინერციის მოვლენაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, მონეტა, ფურცელი.



#### 4.3

- მაგიდაზე მოათავსე ფურცელი, ფურცელზე კი — მონეტა (სურ. 4.3);
- ფურცელი გამოსწიე სწრაფად. შეიცვალა თუ არა მონეტის მდებარეობა?
- ცდა გაიმეორე, მაგრამ ამჯერად ფურცელი გამოწიე ნელა;
- საგანი ფურცელთან ერთად ამოძრავდა თუ უძრავი დარჩა?

- ახსენი ამ მოვლენების მიზეზი;
- შენი მოსაზრებები შეადარე თანაკლასელებისას;
- ექსპერიმენტის თანმიმდევრობა და დასკვნები შეიტანე სამუშაო რვეულში.

ორი სხეულის ურთიერთქმედების შედეგად მათი სიჩქარე სხვადასხვანაირად იცვლება. დიდი მასის სხეულის სიჩქარე ნელა იცვლება — ის ნაკლებ ინერტულია, მცირე მასის სხეულის სიჩქარე კი სწრაფად იცვლება და ის მეტად ინერტულია.

მასა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ახასიათებს სხეულის ინერტულობას.

თუ სხეულზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, მაშინ იგი უძრავია ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად, ე.ი. მუდმივი სიჩქარით.

სხეულის თვისებას, შეინარჩუნოს სიჩქარე, როცა მასზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, ინერცია ეწოდება.



### უასუხე კითხვებს, ამოსსენი ამოცანები

1. დედამიწაზე შესაძლებელია თუ არა ისეთი პირობების შექმნა, რომ მოძრავ სხეულზე სხვა სხეულები არ მოქმედებდეს? პასუხი დაასაბუთე.

2. ჰორიზონტალურ გზაზე ძრავის გამორთვის შემდეგ ავტომობილის სიჩქარე თანდათან მცირდება. რა არის ამის მიზეზი?

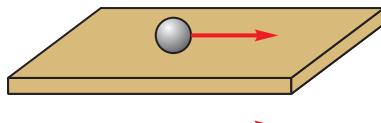
3. რა მიზნით ინთება ავტომობილის უკანა წითელი ნათურა, როდესაც მძლოლი ფეხს აჭერს სამუხრუჭე პედალს?

4. სველი ტანსაცმლის დაბერტყვისას რატომ გამოდის მისგან წყლის წვეთები?

5. ბურთი, რომელიც მოთავსებულია თანაბრად მოძრავი მატარებლის მაგიდაზე, ამოძრავდა მატარებლის მოძრაობის მიმართულებით. რა შეიცვალა მატარებლის მოძრაობაში (სურ. 4.4)?

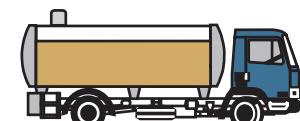
6. საით და რატომ გადაიხრება მგზავრი ავტობუსის დაძვრისას, მკვეთრი დამუხრუჭებისას, მარჯვნივ მოხვევისას, მარცხნივ მოხვევისას?

7. ცისტერნებში ბენზინის ზედაპირის მდებარეობის მიხედვით დაადგინე, როგორ მოძრაობს თითოეული ავტომობილი (სურ. 4.5, ა—გ). პასუხი დაასაბუთე.

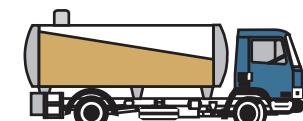


4.4

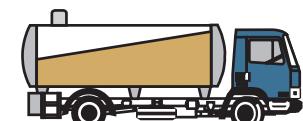
მატარებლის  
მოძრაობის  
მიმართულება



ა)



ბ)



გ)

4.5

## 4.2.

### ძალა

**ძალა ფიზიკური სიდიდეა.** ინერციის კანონის თანახმად, თუ სხეულზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, მაშინ მისი სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა, ე.ი. სხეული უძრავია ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად. სხეულის სიჩქარის შეცვლა შესაძლებელია მასზე სხვა სხეულის მოქმედებით. მაგალითად, ზღვის ტალღების მოქმედებით იცვლება მოცურავის სიჩქარე, ფეხის დარტყმით — ბურთის მოძრაობის სიჩქარე.

როდესაც სხეულზე მოქმედებს სხვა სხეული, ამბობენ, რომ სხეულზე მოქმედებს ძალა ან სხეულზე მოდებულია ძალა, ე.ი. **სხეულის სიჩქარე იცვლება მასზე ძალის მოქმედებით.**

როდესაც ერთი სხეული მოქმედებს მეორეზე, მეორეც მოქმედებს პირველზე, ე.ი. სხეულები ურთიერთებულებენ.

**ძალა სხეულთა ურთიერთებულების რაოდენობრივი ზომაა** — რაც უფრო დიდი ძალით ვიმოქმედებთ სხეულზე, მით მეტად შეიცვლება მისი სიჩქარე.

**ძალა ვექტორული სიდიდეა,** ამიტომ მისი მოქმედების შედეგი დამოკიდებულია როგორც რიცხვით მნიშვნელობაზე, ისე მიმართულებაზე.

ძალა აღინიშნება  $F$ -ით, მისი რიცხვითი მნიშვნელობა (მოდული) —  $F$ -ით (იმავე ასოთი ისრის გარეშე).

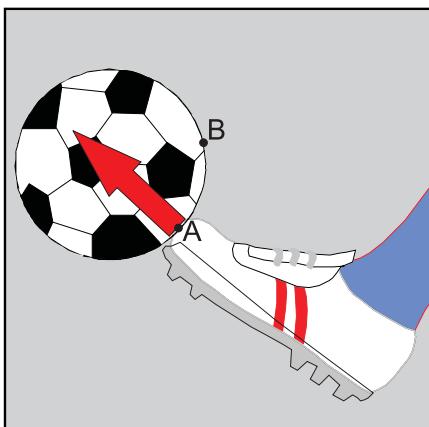
**SI სისტემაში ძალის ერთეულია 1ნიუტონი (1ნ).**

გარდა რიცხვითი მნიშვნელობისა და მიმართულებისა, ძალა ხასიათდება მოდების წერტილითაც.

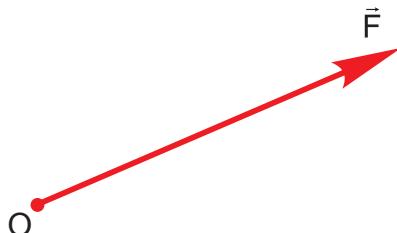
- როგორ იმოძრავებს ბურთი, თუ მასზე ვიმოქმედებთ  $A$  წერტილში (სურ. 4.6)?
- როგორ იმოძრავებს ბურთი, თუ ისეთივე ძალით ვიმოქმედებთ  $B$  წერტილში?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეგიძლია შეამოწმო ცდით.

**ძალის მოქმედების შედეგს განსაზღვრავს მისი მოდების წერტილიც.**

ძალას გამოსახავენ წრფის მიმართული მონაკვეთით, რომლის საწყისი წერტილი ემთხვევა ძალის მოდების წერტილს, მიმართულება კი — ძალის მოქმედების მიმართულებას (სურ. 4.7).



4.6 ძალის მოქმედების შედეგი დამკიდებულია ძალის მოდების წერტილზე.



4.7 ი ძალის მოდების წერტილია.

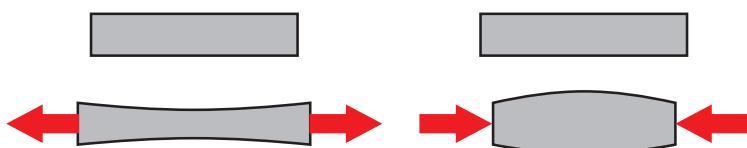
ძალა შეიძლება აღიძრას სხეულთა უშუალო შეხებით, მაგალითად, შეჯახებით (სურ. 4.8), გაჭიმვით (სურ. 4.9), შეკუმშვით (სურ. 4.10) და სხვ.

არსებობს ძალები, რომლებიც აღიძვრება სხეულთა შეხების გარეშე. მაგალითად, მიზიდვის ძალა იწვევს სხეულთა ვარდნას დედამინის ზედაპირზე, ხელოვნური თანამგზავრებისა და მთვარის მოძრაობას დედამინის ირგვლივ, პლანეტების მოძრაობას მზის ირგვლივ, რკინის ბურთულის მიზიდვას მაგნიტის მიერ და სხვ.

**ძალების შეურება.** უმრავლეს შემთხვევაში სხეულზე მოქმედებს არა ერთი, არამედ რამდენიმე ძალა. ასეთ შემთხვევებში სხეულზე მოქმედი ძალები შეიძლება შეცვალოთ ერთი ძალით — **ტოლქმედი ძალით.**



#### 4.8 შეჯახება



4.9 გაჭიმვა

4.10 შეუუძვა

ძალას, რომელიც სხეულზე ისეთივე მოქმედებას ახდენს, როგორსაც რამდენიმე ძალა ერთად, ამ ძალების ტოლქმედი ენოდება.

რამდენიმე ძალის ტოლქმედის პოვნას ამ ძალების შეკრება ენოდება, შესაკრებ ძალებს კი — **მდგრენელი ძალები.**

თუ სხეულზე მოქმედ  $\vec{F}_1$  და  $\vec{F}_2$  ძალებს ერთი და იგივე მიმართულება აქვთ (სურ. 4.11), მაშინ მათი ტოლქმედი მიმართულია იმავე მხარეს, მოდული კი ტოლია მათი მოდულების ჯამისა:

$$F = F_1 + F_2$$

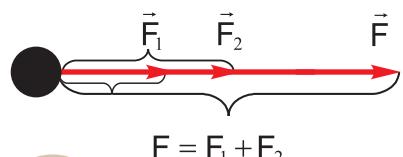
თუ სხეულზე მოქმედ ძალებს ურთიერთ-საპირისპირ მიმართულება აქვთ (სურ. 4.12), მაშინ მათი ტოლქმედი მიმართულია დიდი ძალის მხარეს, ტოლქმედის მოდული კი დიდი და მცირე ძალების მოდულების სხვაობის ტოლია:

$$F = F_1 - F_2$$

თუ სხეულზე მოქმედებს ტოლი და საპირისპიროდ მიმართული ძალები, მაშინ მათი ტოლქმედი ნულის ტოლია (სურ. 4.13):

$$F = 0$$

ასეთ ძალებს მაწონასწორებელი ძალები ენოდება.

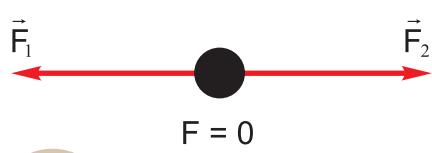


4.11



$$F = F_1 + F_2$$

4.12



$$F = 0$$

4.13

ძალა არის ფიზიკური სიდიდე, რომლითაც ხასიათდება ერთი სხეულის მოქმედება მეორეზე, რის შედეგადაც იცვლება სხეულის სიჩქარე.

ძალა ვექტორული სიდიდეა — მას აქვს რიცხვითი მნიშვნელობა, მიმართულება და მოდების წერტილი.

ძალას, რომელიც სხეულზე ისეთივე მოქმედებას ახდენს, როგორსაც რამდენიმე ძალა ერთად, ამ ძალების ტოლქმედი ეწოდება.

სხეულზე მოქმედ ძალებს, რომლებიც სიდიდით ტოლია და მიმართულებით საპირისპირო, მანონასწორებელი ძალები ეწოდება.



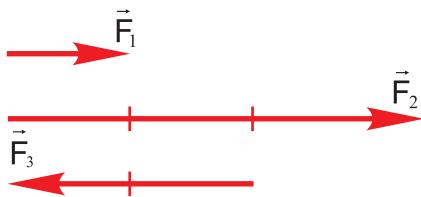
### უასუხე კითხვებს, ამოსენი ამოცანები

1.  $\vec{F}_1$  ძალის სიდიდე 26-ია (სურ. 4.14). რა სიდიდისაა  $\vec{F}_2$  და  $\vec{F}_3$  ძალები? გარდა სიდიდისა, კიდევ რით განსხვავდება ეს ძალები?

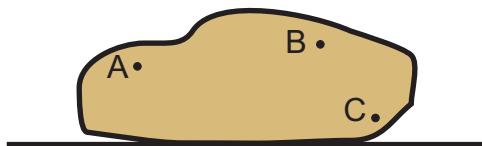
2. შეარჩიე მასშტაბი და ვექტორებით გამოსახე ერთნაირი მიმართულების პარალელური ძალები: 1006, 1506, და 2006.

3. გრაფიკულად გამოსახე ნებისმიერი მიმართულების ძალა, რომლის სიდიდე 56-ია. იმავე მასშტაბით გამოსახე 2,56 და 106 სიდიდის საპირისპიროდ მიმართული ძალები.

4. სხეულის A წერტილზე მოდებულია ჰორიზონტალურად მარცხნივ მიმართული 36 ძალა, B-ზე — ვერტიკალურად ზევით მიმართული 26 ძალა, C-ზე — ჰორიზონტალურად მარჯვნივ მიმართული 16 ძალა (სურ. 4.15). შეარჩიე მასშტაბი და გამოსახე ეს ძალები გრაფიკულად.



4.14



4.15

5. სხეულზე მოდებულია ერთი წრფის გასწვრივ მიმართული 46 და 76 ძალები. რას უდრის მათი ტოლქმედი, თუ ძალების მიმართულება: ა) თანხვდენილია, ბ) საპირისპიროა?

6. რა მიმართულება უნდა ჰქონდეს 36 და 56 ძალებს, რომ მათი ტოლქმედი იყოს: ა) 26, ბ) 86?

7. დაასახელე მაგალითები, როდესაც სხეულზე რამდენიმე ძალა მოქმედებს. შეასრულე ნახაზები და თითოეულ შემთხვევაში დაადგინე ძალთა ტოლქმედის მიმართულება.

## 4.3.

### დრეპადობის ძალა

- რა მოხდება, თუ რეზინის ბურთზე ვიმოქმედებთ გარკვეული ძალით?
- შეიცვლება თუ არა ბურთის ფორმა და ზომები?

**დეფორმაცია.** ძალის მოქმედებით შეიძლება შეიცვალოს არა მარტო სხეულის, არამედ მისი ცალკეული ნაწილების სიჩქარე. ამ შემთხვევაში ამბობენ, რომ სხეული დეფორმირდა.

**სხეულის ფორმისა და ზომების ცვლილებას დეფორმაცია ეწოდება.**

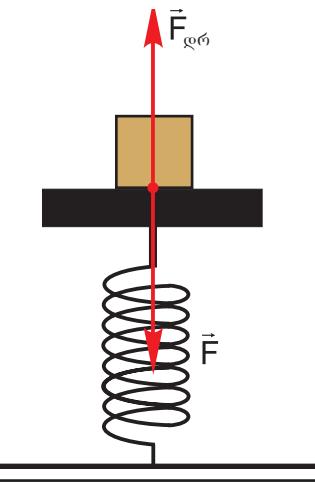
**დრეპადობის ძალა.** ყოველგვარი დეფორმაციის დროს აღიძვრება ძალა, რომელიც ცდილობს სხეულს დაუბრუნოს საწყისი მდგომარეობა.

სხეულის დეფორმაციის შედეგად აღძრულ ძალას **დრეპადობის ძალა ( $F_{დ}$ )** ეწოდება (სურ. 4.16).

სხეულის მოქმედებით ზამბარამ განიცადა დეფორმაცია, შედეგად აღიძრა ზამბარის დრეპადობის ძალა, რომელიც ცდილობს ზამბარას დაუბრუნოს საწყისი მდგომარეობა.

დრეპადობის ძალის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ზამბარა აღიდგენს ფორმას.

დრეპადობის ძალა აღიძვრება სხეულთა უშუალო კონტაქტის დროს.



4.16

$\vec{F}_{დ}$  დეფორმაციის გამომწვევი  
ძალაა,  $\vec{F}_{დ}$  —  
დრეპადობის  
ძალა

**დრეპადიდა პლასტიკური სხეულები.**

- გაჭიმე ფოლადის ზამბარა და გაუშვი ხელი;
- ძალის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ზამბარა დაუბრუნდა თუ არა საწყის მდგომარეობას?

სხეულს, რომელიც დეფორმაციის გამომწვევი ძალის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ აღიდგენს ფორმასა და ზომებს, დრეპადი სხეული ეწოდება.

ფოლადის ზამბარა დრეპადი სხეულია.

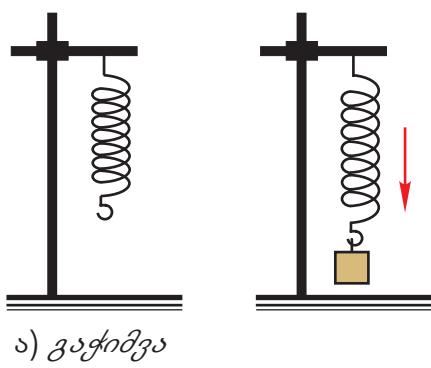
- პლასტილინის ნაჭერს დააჭირე თითო და შეწყვიტე მოქმედება;
- მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ პლასტილინი დაუბრუნდა თუ არა საწყის მდგომარეობას?

სხეულს, რომელიც დეფორმაციის გამომწვევი ძალის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ ვეღარ აღიდგენს ფორმასა და ზომებს, **პლასტიკური სხეული** ეწოდება. ასეთი სხეულებია სველი თიხა, პლასტილინის ნაჭერი და ა.შ. პლასტიკურობის გამო მათგან შეიძლება დავამზადოთ სხვადასხვა ფორმის საგნები.

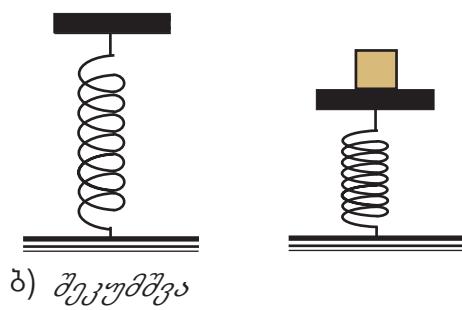
დეფორმაციის ქვეშ იგულისხმება გაჭიმვა, შეკუმშვა, ღუნვა, გრეხა (სურ. 4.17 ა-დ) და სხვ.

დრეპადობის ძალა წარმოიქმნება ურთიერთქმედი სხეულების შეხებისას და, ცხადია, დეფორმირდება ორივე სხეული.

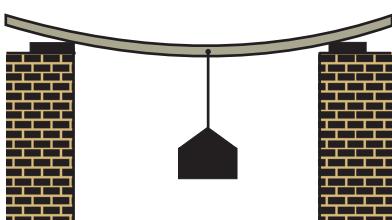
**დრეპადობის ძალის მიმართულება.** დრეპადობის ძალა მიმართულია დეფორმაციის გამომწვევი ძალის ( $F$ ) საპირისპიროდ (სურ. 4.16).



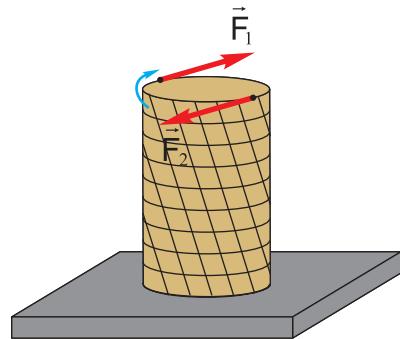
ა) გაჭიმვა



ბ) შეკუმშვა



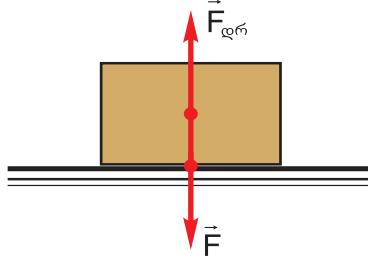
გ) ლუნა



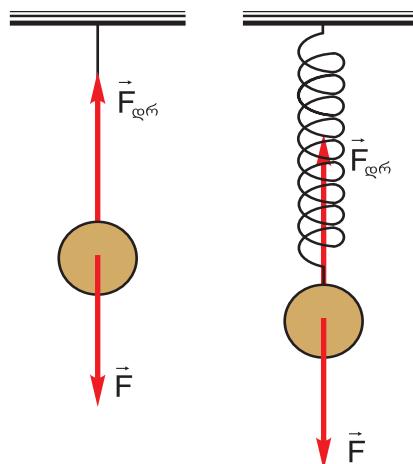
დ) კრება

#### 4.17

დრეკადობის ძალა შეხების ზედაპირის მართობულია (სურ. 4.18). თუ გაჭიმვის ან შეკუმშვის შედეგად დეფორმირდება ბაგირები ან ზამბარები, მაშინ დრეკადობის ძალა მიმართულია მათი ღერძების გასწვრივ (სურ. 4.19).



4.18 დრეკადობის ძალა  
შეხების ზედაპირის  
მართობულია



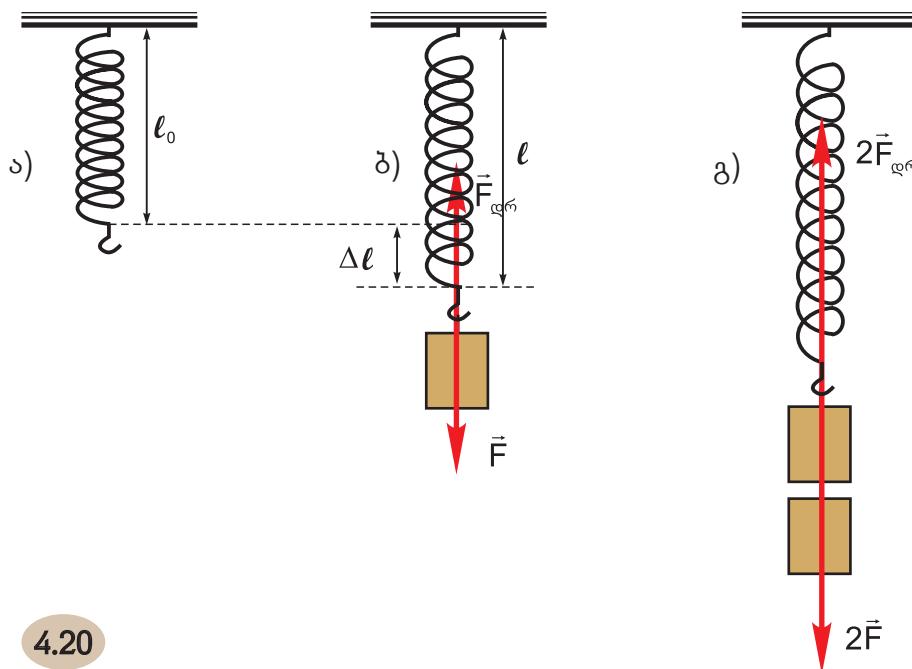
4.19 დრეკადობის ძალა  
მიმართულია ბა-  
გირის ან ზამბარის  
ღერძის გასწვრივ

## ექსარიგინული სამუშაო

**ზამბარაზე მოქმედ ძალასა და ზამბარის წაგრძელებას შორის  
კავშირის დადგენა**

**რესურსები.** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი,  
საკიდელზე დამაგრებული ზამბარა, ერთნაირი მასის ტვირთები, სახაზავი.

- გაზომე არადეფორმირებული ზამბარის სიგრძე  $\ell_0$  (სურ. 4.20, ა);
  - ზამბარაზე დაკიდე ერთი ტვირთი და გაზომე გაჭიმული ზამბარის სიგ-  
რძე  $\ell$  (სურ. 4.20, ბ);
  - გამოთვალე ზამბარის სიგრძის ცვლილება ფორმულით:
- $\Delta\ell = \ell - \ell_0$
- შემდეგ ზამბარაზე დაკიდე იმავე მასის მეორე ტვირთი (სურ. 4.20, გ);



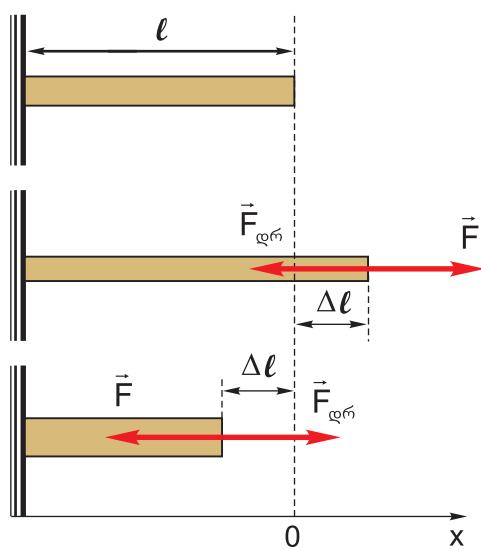
4.20

- კვლავ გაზომე ზამბარის სიგრძე და გამოთვალე სიგრძის ცვლილება;
- გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები წარმოადგინე ცხრილის სახ-  
ით;
- გააანალიზე ცხრილი და დაადგინე, როგორ იცვლება ზამბარის სიგრძე მასზე მოქმედი ძალის ცვლილები-  
სას;
- გააკეთე ექსპერიმენტის პრეზენ-  
ტაცია.

ცხადია, რაც მეტი ძალით ვიმოქ-  
მედებთ ზამბარაზე, მით მეტი იქნება ზამ-  
ბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა.

დრეკადობის ძალების შესწავლაში  
დიდი წვლილი შეიტანა ინგლისელმა მეც-  
ნიერმა, რობერტ ჰუკმა.

$\vec{F}$  ძალის მოქმედებით სხეული დე-  
ფორმირდება და მასში აღიძვრება სა-  
პირისპიროდ მიმართული იმავე სიდიდის  
დრეკადობის ძალა (სურ. 4.21).



4.21

ჰუკმა ცდების შედეგად დაადგინა, რომ მცირე დეფორმაციისას დეფორმირებულ სხეულში აღძრული დრეკადობის ძალა პროპორციულია სხეულის სიგრძის ცვლილებისა:

$$F_{\text{დ}} = -k \cdot \Delta\ell.$$

ეს კანონი ცნობილია ჰუკის კანონის სახელწოდებით. იგი მართებულია მხოლოდ დრეკადი დეფორმაციის შემთხვევაში.

ჰუკის კანონში  $\Delta\ell$  სხეულის სიგრძის ცვლილებაა,  $k$  — პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელსაც **სიხისტე** ეწოდება.

სიხისტე რიცხობრივად ტოლია დრეკადობის ძალისა, რომელიც აღიძვრება სხეულის სიგრძის ერთი ერთეულით ცვლილებისას.

სიხისტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია სხეულის ფორმაზე, ზომებსა და იმ მასალაზე, რომლისგანაც დამზადებულია ეს სხეული.

ფორმულაში „-“ მიუთითებს იმაზე, რომ დრეკადობის ძალა მიმართულია სხეულის სიგრძის ცვლილების საპირისპიროდ.

ჰუკის კანონიდან შეიძლება დავადგინოთ სიხისტის ერთეული.

$$\text{სიხისტის ერთეული} = \frac{\text{ძალის ერთეული}}{\text{მანძილის ერთეული}}$$

**SI სისტემაში სიხისტის ერთეულია 16/მ.**

სხეულის დეფორმაციის შედეგად აღძრულ ძალას დრეკადობის ძალა ეწოდება.

მცირე დეფორმაციისას დეფორმირებულ სხეულში აღძრული დრეკადობის ძალა პროპორციულია სხეულის სიგრძის ცვლილებისა:

$$F_{\text{დ}} = -k \cdot \Delta\ell.$$

დრეკადობის ძალა მიმართულია სხეულის სიგრძის ცვლილების საპირისპიროდ.



უასუე კითხვებს, ამონენი ამოცანები

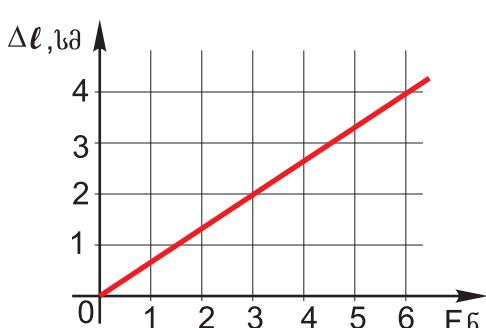
1. 4.17, ა-დ სურათის მიხედვით დაადგინე სხეულთა დეფორმაციის მიზე-ზები და აღწერე შედეგები თითოეულ შემთხვევაში.

2. 26 ძალის მოქმედებით ზამბარა 4სმ-ით წაგრძელდა. რა ძალით უნდა ვიმოქმედოთ ზამბარაზე, რომ იგი 6სმ-ით წაგრძელდეს?

3. 4.22 სურათზე მოცემული გრაფიკი გამოსახავს რეზინის ზონარის წაგრძელების დამოკიდებულებას მოქმედ ძალაზე. გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრე რა ძალის მოქმედებით წაგრძელდა ზონარი 4სმ-ით? რამდენი სანტიმეტრით წაგრძელდა ზონარი 3ნ ძალის მოქმედებით? განსაზღვრე ზონარის სიხისტე.

4. გამოთვალე იმ ზამბარის სიხისტე, რომელიც 4ნ ძალის მოქმედებისას წაგრძელდა 8სმ-ით.

5. ახსენი სპორტის სახეობის — ბატუტზე ხტომის მოვლენა.



4.22

## 4.4.

### დინამომეტრი

- შენ უკვე იცი, როგორ იზომება ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდე. გაიხსენე ეს სიდიდეები.

გავარკვიოთ როგორ შეიძლება ძალის გაზომვა?

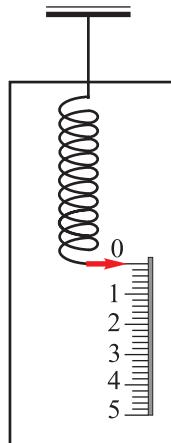
ძალის საზომ ხელსაწყოს წარმოადგენს დინამომეტრი. „დინამიუს“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს ძალას, „მეტრეო“ — ვზომავ.

**დინამომეტრის მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი.** დინამომეტრის ძირითადი ნაწილია ფოლადის ზამბარა, რომელსაც, ხელსაწყოს დანიშნულების მიხედვით, აძლევენ სხვადასხვა ფორმას.

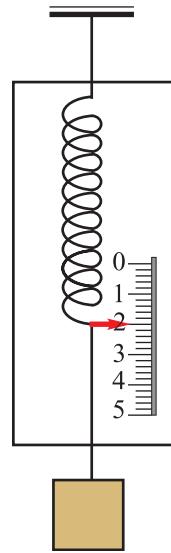
უმარტივესი დინამომეტრი შედგება პლასტმასის ან ხის ფირფიტაზე დამაგრებული მაჩვენებლიანი ზამბარისა და სკალისაგან (სურ. 4.23).

დინამომეტრის სკალის დაგრადუირება ძნელი არ არის. ამისათვის საკმარისია დავადგინოთ, როგორ წაგრძელდება ზამბარა სხვადასხვა ძალის მოქმედებით. ზამბარის არადეფორმირებული მდგომარეობისას დინამომეტრის მაჩვენებლის (ისრის) მდებარეობა შეესაბამება ნულოვან დანაყოფს. შემდეგ ზამბარაზე კიდებენ ტვირთს. ზამბარა იჭიმება და მაჩვენებელი ქვევით გადაადგილდება (სურ. 4.24). ზამბარაზე კიდებენ იმავე მასის მეორე ტვირთს, შემდეგ — მესამეს და ა.შ. მაჩვენებლის მდებარეობების მონიშვნით იღებენ სკალას.

არსებობს სხვადასხვა სახის დინამომეტრი: სადემონსტრაციო, ხელის დინამომეტრი — ძალაზომი, რომელიც ზომავს ხელის კუნთების ძალას; წევის დინამომეტრი, რომელიც ზომავს დიდ ძალებს, მაგალითად, ტრაქტორის ან ავტომობილის წევის ძალას (სურ. 4.25) და სხვ.



4.23



4.24



4.25 დინამომეტრები

დინამომეტრის მოქმედება დაფუძნებულია გასაზომი ძალისა და ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალის განვითარებაზე. ვთქვათ, გვაინტერესებს იმ ძალის სიდიდე, რომლითაც გარკვეული მასის ტვირთი მოქმედებს დინამომეტრის ზამბარაზე. ტვირთი დავკიდოთ დინამომეტრზე, ზამბარა გაიჭიმება. მასში აღიძვრება დრეკადობის ძალა. ცხადია, დრეკადობისა და გასაზომი ძალის სიდიდები ტოლია.

დინამომეტრი გვიჩვენებს თითოეული ამ ძალის სიდიდეს.

განხილულ შემთხვევაში გასაზომი ძალა და ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა მანვითარებელი ძალებია.

შენ უკვე იცი დინამომეტრის მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი. შეეცადე, თავად დაამზადო ეს ხელსაწყო.

## ეძსავით დამზადება

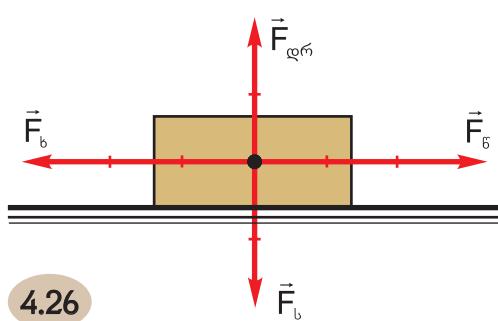
**რესურსები.** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, სახაზავი, პლასტმასის ან ხის ფირფიტა (მართკუთხედის ფორმის), თეთრი ქალალი, ზამბარა კაუჭიანი ბოლოებით, 100გ მასის საწონები.

- ამ რესურსების გამოყენებით შეადგინე სამუშაოს გეგმა;
- აღწერე, როგორ დაამზადებ დინამომეტრის სკალას.
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.

**მითითება:** ზამბარაზე თანმიმდევრობით დაკიდე 100გ, 200გ, 300გ, 400გ მასის ტვირთები. ჩათვალე, რომ 100გ მასის საწონი ზამბარაზე მოქმედებს 16 ძალით, 200გ მასის საწონი — 26 ძალით და ა.შ.



უასუხე კითხვებს, ამოსსენი ამოცანები



4.26



4.27

1. ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოძრავ სხეულზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა, ზედაპირის დრეკადობის ძალა, წევის ძალა, ხახუნის ძალა (სურ. 4.26). როგორია სხეულის მოძრაობა? პასუხი დაასაბუთე.

2. რა დანიშნულება აქვს 4.27 სურათზე წარმოდგენილ დინამომეტრს?

3. 120ნ ძალის მოქმედებით დინამომეტრის ზამბარა წაგრძელდა 12მმ-ით. გამოთვალე ზამბარის სიხისტე.

4. დინამომეტრის ზამბარის სიხისტეა 50000ნ/გ. ზამბარის ზღვრული წაგრძელება, რომლის დროსაც იგი ინარჩუნებს დრეკად თვისებებს, არის 16მმ. შეინარჩუნებს თუ არა ზამბარა დრეკად თვისებებს, თუ მასზე ვიმოქმედებთ: а) 70ნ ძალით; ბ) 90ნ ძალით?

5. 400ნ ძალის მოქმედებით დინამომეტრის ზამბარის წაგრძელება 2სმ-ია. რამდენი სანტიმეტრით წაგრძელდება ზამბარა 100ნ ძალის მოქმედებით? რას უდრის ზამბარის სიხისტე?

## 4.5.

### სიმძიმის ქალა. სხეულის ნონა

რატომ ვარდებიან სხეულები დედამიწაზე (სურ. 4.28)?

- რატომ მოძრაობს მთვარე ან თანამგზავრი დედამიწის ირგვლივ (სურ. 4.29)? პლანეტები — მზის ირგვლივ?



4.28 სხეული ვარდება დედამიწაზე



4.29 თანამდებარებული მოძრაობა დედამიწის ირგვლივ

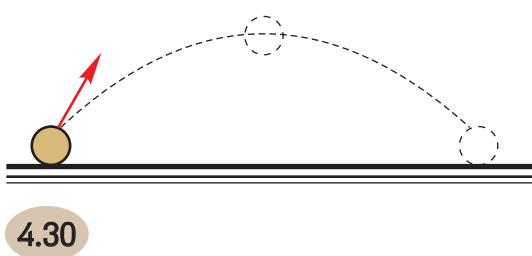
**სიმძიმის ძალა.** ბუნებაში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მოძრაობა სხეულთა ვარდნაა. ნებისმიერი მიმართულებით გასროლილი სხეული გარკვეული დროის შემდეგ ვარდება დედამიწაზე (სურ. 4.30). ამის მიზეზია დედამიწის მიზიდულობა. ამავე მიზეზით მოძრაობს მთვარე და დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები დედამიწის ირგვლივ.

ნიუტონმა დაადგინა, რომ დედამიწა იზიდავს ნებისმიერ სხეულს: წვიმის წვეთებსა და თოვლის ფიფქებს, ადამიანებს, მცენარეებსა და ცხოველებს, შენობა-ნაგებობებს, წყალს მდინარეებში, ზღვებსა და ოკეანეებში და სხვ.

ძალას, რომელითაც დედამიწა იზიდავს სხეულს, სიმძიმის ძალა ეწოდება.

სიმძიმის ძალა მიმართულია ვერტიკალურად ქვევით დედამიწის ცენტრისკენ. იგი აღინიშნება  $F_c$ -ით (სურ. 4.31).

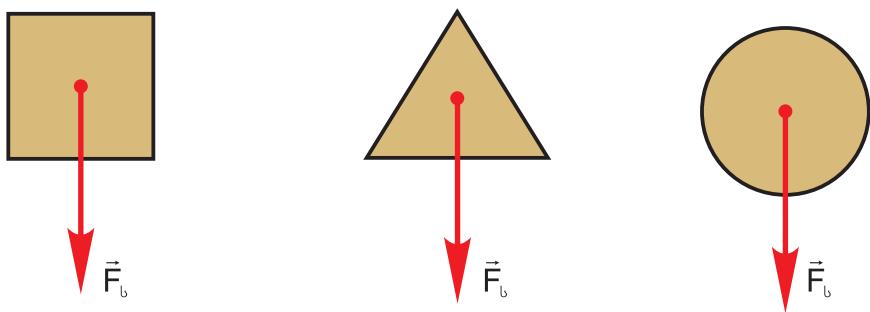
**სიმძიმის ცენტრი.** სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მოდების წერტილს სხეულის სიმძიმის ცენტრი ეწოდება. გეომეტრიული ფორმის ერთგვაროვანი სხეულის სიმძიმის ცენტრი მის გეომეტრიულ ცენტრშია (სურ. 4.32).



4.30



4.31 სიმძიმის ძალა მიმართულია დედამიწის ცენტრისკენ



**4.32 სიმძიმის ძალის მოდების წერტილი სხეულის სიმძიმის ცენტრია**

სიმძიმის ძალა მოქმედებს სხეულზე, ამიტომ, ცხადია, იგი მოდებულია თავად სხეულზე.

**სიმძიმის ძალის გამოთვლა.** მრავალი ცდისა და დაკვირვების შედეგად დადგენილია, რომ სიმძიმის ძალის შეფარდება სხეულის მასასთან ყველა სხეულისათვის მუდმივი სიდიდეა. იგი აღინიშნება  $g$  („უ“) ასოთი:

$$g = \frac{F_b}{m}$$

- $g$ -ს რიცხვითი მნიშვნელობის დასადგენად დინამომეტრზე დაკიდე 1კგ მასის სხეული. დინამომეტრის ჩვენება იქნება 9,86 (სურ. 4.33).

ეს ნიშნავს, რომ 1კგ მასის სხეულს დედამიწა იზიდავს 9,86 ძალით, ამიტომ

$$g = 9,86/\text{კგ}.$$

ამოცანათა ამოხსნისას, როდესაც საჭირო არ არის დიდი სიზუსტე, შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ

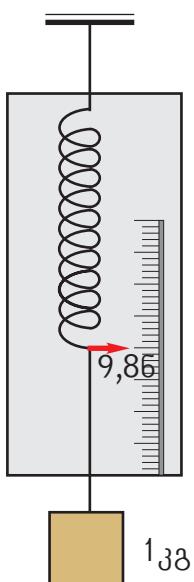
$$g = 106/\text{კგ}.$$

სიმძიმის ძალა გამოითვლება ფორმულით:

$$F_b = mg$$

**სხეულის წონა.** ყოველდღიურ ცხოვრებაში ხშირად ვხვდებით წონის ცნებას. გავარკვიოთ რა სიდიდეა წონა.

- როგორ მოქმედებს ტანმოვარჯიშე საყრდენზე?
- დეფორმირდება თუ არა საყრდენი?



**4.33**

დედამიწის მიზიდულობის გამო, ნებისმიერი სხეული საყრდენს აწვება გარკვეული ძალით. ამ ძალას სხეულის წონას უწოდებენ. ამგვარად, სხეული საყრდენზე მოქმედებს თავისი წონით.

სხეული მოქმედებს საკიდელზეც (თოკზე, ზამბარაზე და სხვ.) — თავისი წონით ჭიმავს საკიდელს (სურ. 4.33).

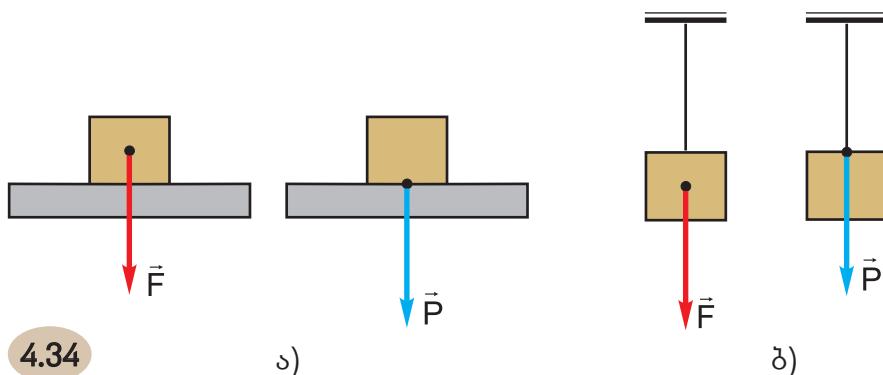
**სხეულის წონა ვექტორული სიდიდეა,** მისი აღნიშვნაა  $\vec{P}$ .

თუ სხეული და საყრდენი ან საკიდელი დედამიწის მიმართ უძრავია ან მოძრაობს პორიზონტალურად წრფივად და თანაბრად, მაშინ წონისა და სიმძიმის ძალის რიცხვითი მნიშვნელობები ტოლია:

$$\vec{P} = F_b = mg$$

ამგვარად, სხეულის წონა არის ძალა, რომლითაც, დედამიწის მიზიდულობის გამო, სხეული მოქმედებს საყრდენზე ან საკიდელზე.

სიმძიმის ძალა მოქმედებს სხეულზე, ამიტომ იგი მოდებულია თავად სხეულზე, წონა კი მოდებულია საყრდენზე ან საკიდელზე, რომელზეც ეს სხეული მოქმედებს (სურ. 4.34, ა,ბ).



4.34

ა)

ბ)

სიმძიმის ძალა აღიძვრება დედამიწისა და სხეულის ურთიერთქმედების შედეგად, სხეულის წონა კი — სხეულისა და საყრდენის ან სხეულისა და საკიდელის ურთიერთქმედების შედეგად.

სხეულის წონა არის ძალა, რომელითაც, დედამიწის მიზიდულობის გამო, სხეული მოქმედებს საყრდენზე ან საკიდელზე.  
სიმძიმის ძალა მოდებულია სხეულზე, წონა კი — საყრდენზე ან საკიდელზე.



### უასუხე კითხვებს, ამონეტი ამოცანები

- რა ძალით იზიდავს დედამიწა 40კგ მასის სხეულს?
- შეარჩიე მასშტაბი და გამოსახე

გრაფიკულად თითოეულ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა და სხეულის წონა (სურ. 4.35).

- შეადარე 5კგ და 500გ მასის სხეულებზე მოქმედი სიმძიმის ძალები. შეარჩიე მასშტაბი და გამოსახე ეს ძალები გრაფიკულად.

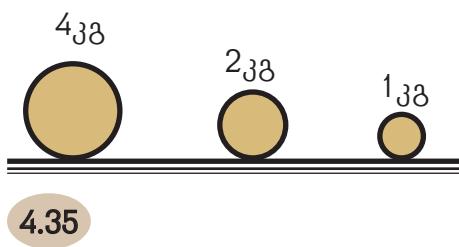
- მთვარის ზედაპირზე 1კგ მასის სხეულზე მოქმედებს 1,626 სიმძიმის ძალა. როგორ შეიცვლება ამ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა დედამიწის ზედაპირზე?

- გამოთვალე დედამიწის მიმართ უძრავი სხეულის წონა, რომლის მასაა: 3კგ, 500გ, 1,2ტ.

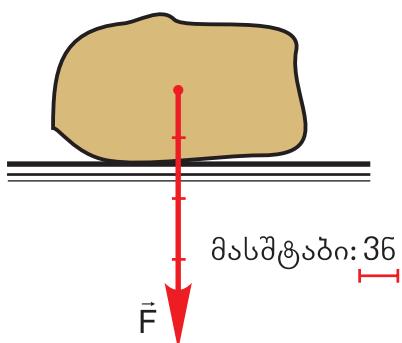
- რა მასა აქვს სხეულს, რომელიც უძრავ საყრდენს აწვება 40ნ ძალით?

- განსაზღვრე 1ლ მზესუმზირის ზეთის წონა, თუ მისი სიმკვრივეა  $930\text{კგ}/\text{მ}^3$ .

- 4.36 სურათზე მოცემულია სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა. დახაზე წონის ვექტორი. რას უდრის სხეულის მასა?



4.35



4.36

მასშტაბი: 3ნ

## 4.6.

### ხახუნის ძალა

- შენი აზრით, რატომ ჭირს მოლიპულ გზაზე სიარული?
- რა იწვევს მანქანის საბურავებისა და სხვა ნაწილების ცვეთას?
- ძრავის გამორთვის შემდეგ რა არის ავტომობილის სიჩქარის შემცირებისა და გაჩერების მიზეზი?

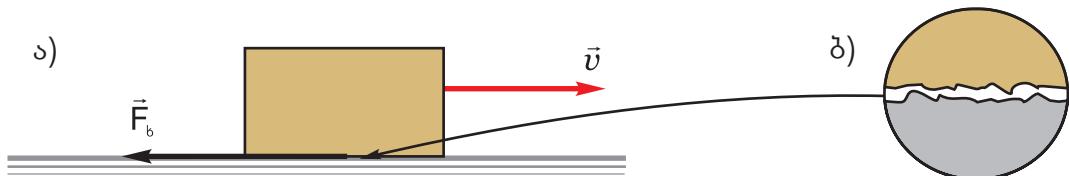
სიმძიმისა და დრეკადობის ძალების გარდა, მექანიკაში განიხილება ხახუნის ძალა.

ხახუნის ძალა აღიძვრება სხეულთა უშუალო შეხებისას. როდესაც ერთი სხეული მოძრაობს მეორის ზედაპირზე, ხახუნის ძალა ხელს უშლის ამ მოძრაობას.

**ძალას, რომელიც აღიძვრება ორი ურთიერთშემხები სხეულის ერთმანეთის მიმართ მოძრაობისას, ხახუნის ძალა ეწოდება.**

ხახუნის ძალა მიმართულია სხეულთა შეხების ზედაპირების გასწვრივ (სურ. 4.37, ა), იგი აღინიშნება  $F_b$ -ით.

ხახუნის ძალების წარმოშობის მიზეზი სხეულთა შეხების ზედაპირების სიმქისეა (უსწორმასწორობა, ხორციანობა). როგორი გლუვიც უნდა მოგვეჩვენოს სხეული, მისი ზედაპირი მაინც უსწორმასწოროა, რაც იწვევს სხეულის მოძრაობის შემაფერხებელი ძალის წარმოქმნას. 4.37, ბ სურათზე ნაჩვენებია სხეულთა შეხების ადგილი გადიდებული მასშტაბით.



4.37 ხახუნის ძალა ეწინააღმდეგება ურთიერთშემხები სხეულების მოძრაობას ერთმანეთის მიმართ

ხახუნის ძალის წარმოშობის მიზეზი შეხების ზედაპირების სიმქისეა

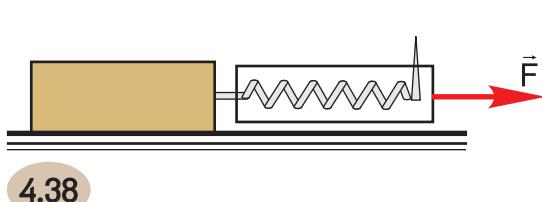
**უძრაობის ხახუნის ძალა.** ხახუნი ვლინდება იმ შემთხვევაშიც, როდესაც ვცდილობთ სხეულის ადგილიდან დაძვრას.

ხახუნის ძალის განსაზღვრა შესაძლებელია დინამომეტრის გამოყენებით.

### ექსარიგენტული სამუშაო

#### დაკვირვება უძრაობის ხახუნის ძალაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, კაუჭიანი ქელაკი, დინამომეტრი.



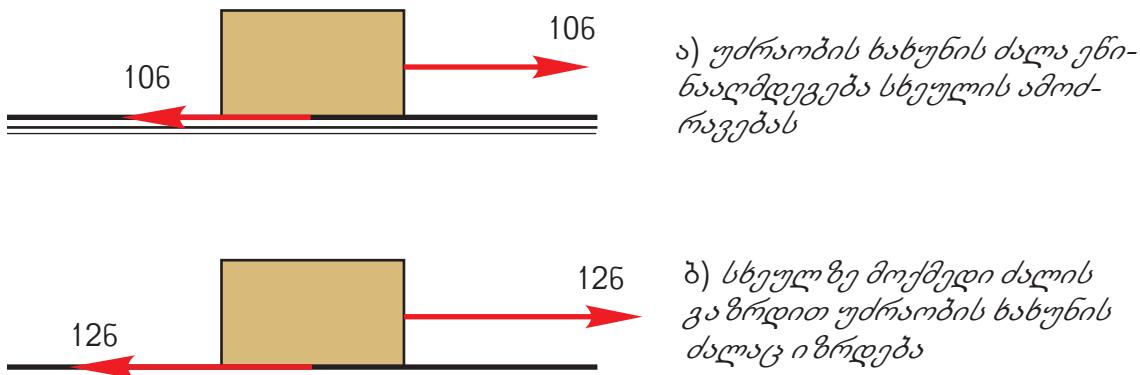
4.38

- ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოათავსე ქელაკი და მის ერთ ბოლოზე მიამაგრე დინამომეტრი;
- დინამომეტრი გაჭიმე და დაკვირდი მის ჩვენებას (სურ. 4.38);
- ქელაკზე მოქმედი ძალა თანდათან

- გაზარდე ისე, რომ სხეული დარჩეს უძრავი;
- როგორ იცვლება დინამომეტრის ჩვენება?
  - შენი აზრით, რას ნიშნავს ეს? იცვლება თუ არა ხახუნის ძალის სიდიდე?
  - გააანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.

თუ ძალის მოქმედების შედეგად სხეული დარჩა უძრავ მდგომარეობაში, ეს ნიშნავს, რომ ალიძრა სხეულზე მოქმედი ძალის სიდიდის ტოლი და საპირისპიროდ მიმართული ძალა. ამ ძალას **უძრაობის ხახუნის ძალა ეწოდება**.

უძრაობის ხახუნის ძალა ეწინააღმდეგება სხეულის ამოძრავებას. სხეულზე მოქმედი ძალის გაზრდისას ხახუნის ძალაც იზრდება (სურ. 4.39, ა, ბ).



4.39

**ხახუნი ბუნებასა და ტექნიკაში.** ხახუნის ძალა ყოველთვის თან ახლავს სხეულთა მოძრაობას. ხახუნი შეიძლება იყოს სასარგებლოც და საზიანოც. ზოგ შემთხვევაში ეს ძალა ამუხრუჭებს სხეულის მოძრაობას, ზოგ შემთხვევაში კი ამ ძალის გარეშე მოძრაობა შეუძლებელია.

ხახუნი რომ არ არსებობდეს, ჩვენ სიარულს ვერ შევძლებდით, ადგილიდან ვერ დაიძვრებოდა ავტომობილი, შეუძლებელი იქნებოდა საგნების ხელში დაჭრა. ხახუნის გასაზრდელად მოლიპულ გზებზე ყრიან ქვიშას, ავტომობილის საბურავებზე ახვევენ ჯაჭვებს (სურ. 4.40). ხახუნი აუცილებელია საავტომობილო და სახმელეთო ტრანსპორტის სამუხრუჭე სისტემებში.

ხახუნი შეიძლება იყოს საზიანოც. იგი აფერხებს სხეულთა მოძრაობას, იწვევს მექანიზმების მოძრავი ნაწილების გახურებასა და გაცვეთას. ამ შემთხვევაში ცდილობენ ხახუნის შემცირებას, რისთვისაც იყენებენ საპოხ ზეთებს. მანქანების კონსტრუქციისას აუცილებლად ითვალისწინებენ დასაზეთ სისტემებს.



4.40 მოლიპულ გზებზე მოძრაობისას ავტომობილის საბურავებზე ახვევენ ჯაჭვებს

**ძალას, რომელიც აღიძვრება ორი ურთიერთშემსები სხეულის ერთმანეთის მიმართ მოძრაობისას, ხახუნის ძალა ეწოდება.**



### უასუხე კითხვებს, ამონენი ამოცანები

1. როგორ შეიცვლება სხეულზე მოქმედი უძრაობის ხახუნის ძალა, თუ დინამომეტრის ჩვენება შეიცვალა 0-დან 106-მდე (სურ. 4.39, а)?
2. შესაძლებელია თუ არა, ძრავის გამორთვის შემდეგ ავტომობილმა თანაბრად იმოძრაოს ჰორიზონტალურ გზაზე? პასუხი დაასაბუთე.
3. ღერძზე ან რგოლებზე ვარჯიშის წინ ტანმოვარჯიშე ხელისგულებზე ის-ვამს სპეციალურ ფხვნილს. რა მიზნით აკეთებს ამას ტანმოვარჯიშე?
4. როგორი ზედაპირი აქვს ავტომობილის, მოტოციკლეტის, ველოსიპედის საბურავებს (სურ. 4.41)? რა მიზანი აქვს ასეთი საბურავების დამზადებას?



4.41

მოიძიე ინფორმაცია ინტერნეტში, სამეცნიერო ლიტერატურაში და მოამზადე თემა: „სასარგებლო და საზიანო ხახუნი“.

## 4.7.

### მშრალი და სველი ხახუნი

**სრიალის ხახუნის ძალა.** ცდები ადასტურებს, რომ სხეულზე მოქმედი ძალისა ზრდისას უძრაობის ხახუნის ძალაც იზრდება და მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს იმ მომენტში, როდესაც სხეული იწყებს სრიალს.

ამ მომენტიდან სხეულზე მოქმედებს სრიალის ხახუნის ძალა.

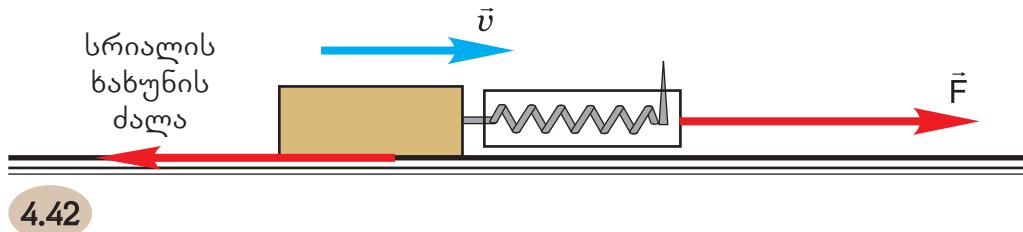
### ექსარიგენტული სამუშაო

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, ტოლი მასის ძელაკები (მათ შორის ერთი — კაუჭიანი), დინამომეტრი, სასწორი.

#### I. დაკვირვება სრიალის ხახუნის ძალაზე

- ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოათავსე კაუჭიანი ძელაკი;

- ძელაკზე მიამაგრე დინამომეტრი (სურ. 4.42);



- თანდათან გაჭიმე დინამომეტრი ისე, რომ სხეულმა დაიწყოს მოძრაობა. შეეცადე, რომ სხეულის მოძრაობა იყოს თანაბარი;
- დააკვირდი, იცვლება თუ არა დინამომეტრის ჩვენება?
- შეიცვლება თუ არა სრიალის ხახუნის ძალის სიდიდე?
- გააანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.

## II. ხახუნის ძალასა და სხეულის სიმძიმის ძალას შორის დამოკიდებულების დადგენა

- დაადგინე დინამომეტრის დანაყოფის ფასი და ძელაკების მასები;
- ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოათავსე კაუჭიანი ძელაკი და დინამომეტრის საშუალებით გაზომე ძელაკსა და ზედაპირს შორის სრიალის ხახუნის ძალის მნიშვნელობა;
- ძელაკზე მოათავსე მეორე ძელაკი და კვლავ გაზომე სრიალის ხახუნის ძალა;
- ცდა გაიმეორე სამი ძელაკის შემთხვევაშიც;
- გაზომვების შედეგები წარმოადგინე ცხრილის სახით;
- ცხრილის ანალიზის საფუძველზე დაადგინე დამოკიდებულება ხახუნის ძალასა და სიმძიმის ძალას შორის.

ექსპერიმენტის საფუძველზე დაადგენ, რომ, რაც მეტია სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა, მით მეტია სრიალის ხახუნის ძალა — სრიალის ხახუნის ძალა სიმძიმის ძალის პროპორციულია, ამიტომ სრიალის ხახუნის ძალის შეფარდება სიმძიმის ძალასთან მუდმივი სიდიდეა. ამ შეფარდებას **ხახუნის კოეფიციენტს უწოდებენ**.

ხახუნის კოეფიციენტის აღნიშვნაა  $\mu$  („მიუ“):

$$\mu = \frac{F_b}{mg}$$

საიდანაც

$$F_b = \mu mg$$

ამგვარად, ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოძრავ სხეულზე მოქმედებს სრიალის ხახუნის ძალა, რომელიც სხეულის სიმძიმის ძალის პროპორციულია.

ხახუნის კოეფიციენტი ახასიათებს არა ერთ, არამედ ორივე მოხახუნე სხეულს. მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია მასალაზე, რომლისგანაც დამზადებულია შემხები სხეულები. მაგალითად, ხის ხეზე ხახუნის კოეფიციენტია 0,25; ფოლადის ფოლადზე — 0,20; ფოლადის ყინულზე — 0,02 და ა.შ.

გარდა ამისა, ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ზედაპირის დამუშავების ხარისხზე და ზედაპირების შეზეთვაზე.

სრიალის ხახუნის ძალა არ არის დამოკიდებული მოხახუნე სხეულების შეხების ზედაპირის ფართობზე. ამის დამტკიცება ძნელი არ არის. თუ ჩატარებულ ექსპერიმენტს გაიმეორებ ისე, რომ მაგიდაზე მოათავსებ ძელს სხვა-

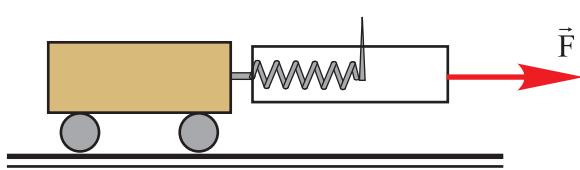
დასხვა ფართობის წახნაგებით, დინამომეტრის ჩვენება ყველა შემთხვევაში ერთნაირი იქნება.

**გორვის ხახუნის ძალა.** ერთი სხეულის ზედაპირზე მეორე სხეულის გორვისას აღიძვრება გორვის ხახუნის ძალა. მაგალითად, გზატკეცილზე მოძრაობისას ავტომობილის საბურავებსა და გზატკეცილს შორის აღიძვრება გორვის ხახუნი.

### ეძსავითი მატერიალი სამუშაო

#### დაკვირვება გორვის ხახუნის ძალაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, კაუჭიანი ძელაკი, პატარა ბორბლები, დინამომეტრი, სასწორი.



4.43 გორვის ხახუნი

- პირიზონტალურ ზედაპირზე მოათავსე კაუჭიანი ძელაკი და მასზე მიამაგრე დინამომეტრი. დინამომეტრი გაჭიმე და შეცადე, რომ ძელაკმა იმოძრაოს თანაბრად. ჩანიშნე დინამომეტრის ჩვენება;
- შემდეგ ძელაკზე მიამაგრე ბორბლები და ძელაკი კვლავ ამოძრავე თანაბრად;

- შეადარე დინამომეტრის ჩვენებები (სურ. 4.43);
- რას ამჩნევ, თანაბარ პირობებში გორვის ხახუნის ძალა მეტია თუ ნაკლები სრიალის ხახუნის ძალაზე?
- ექსპერიმენტის შედეგების საფუძველზე დაადგინე ბორბლის მნიშვნელობა.

გორვის ხახუნი ვლინდება ავტომობილების, მატარებლების, ველოსიპედების ურიკების, კასრების, მორების მოძრაობისას.

ადამიანი უხსოვარი დროიდან იყენებს ბორბალს — ავტომობილით ან მატარებლით ტვირთების გადაზიდვა შესაძლებელია მცირე წევის ძალით.

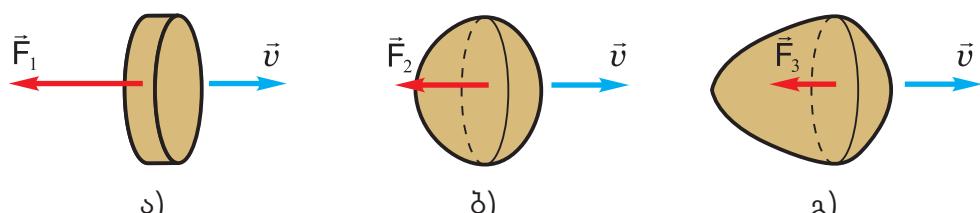
უძრაობის, სრიალისა და გორვის ხახუნი აღიძვრება მყარი სხეულების შეხებისას, ამიტომ მათ **მშრალ ხახუნს უწოდებენ**.

#### სველი ხახუნი.

- რატომაა ნავის ამოძრავება წყალში გაცილებით ადვილი, ვიდრე ხმელეთზე?

სხეულის მოძრაობისას სითხეში, ან აირში აღიძვრება **სველი ხახუნის ანუ წინააღმდეგობის ძალა**. ეს ძალა აღიძვრება მაშინაც, როდესაც ერთმანეთის მიმართ მოძრაობენ სითხის ან აირის ფენები.

სველი ხახუნის ძალა გაცილებით ნაკლებია მშრალი ხახუნის ძალაზე, ამის გამოა, რომ სითხესა და აირში სხეულის ამოძრავება შესაძლებელია მცირე ძალითაც.



4.44

გარსედინი ფორმის სხეულზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალა უმცირესია

წინააღმდეგობის ძალა მცირეა **გარსედინი ფორმის** (წვეთის ფორმის) სხეულებისათვის.

4.44-ე სურათზე ნაჩვენებია ერთნაირი სიჩქარით მოძრავ სხვადასხვა ფორმის სხეულზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალები. გარსედინი ფორმის სხეულზე მოქმედი წინააღმდეგობის ძალა უმცირესია:

$$F_3 < F_2 < F_1$$

ბუნებრივი გარსედინი ფორმა აქვთ თევზებს, ფრინველებს. ასეთ ფორმას აძლევენ თვითმფრინავებს, გემებს, ნავებს და სხვ.

ზოგჯერ საჭიროა წინააღმდეგობის ძალის გაზრდა. მაგალითად, პარაშუტს აძლევენ ისეთ ფორმას, რომ წინააღმდეგობის ძალა იყოს დიდი (სურ. 4.45).



4.45

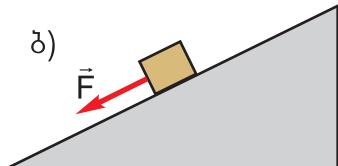
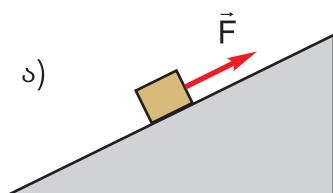
**ზოგჯერ საჭიროა  
წინააღმდეგობის  
კაზრდა**

ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოძრავ სხეულზე მოქმედებს სრიალის ხახუნის ძალა, რომელიც სხეულის სიმძიმის ძალის პროპორციულია.

$$F_b = \mu mg$$



უასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები



4.46

1. სხეული მოძრაობს  $\vec{F}$  ძალის მოქმედებით (სურ. 4.46, ა,ბ). რა მიმართულება აქვს სხეულზე მოქმედ ხახუნის ძალას?

2. 50ნ ძალის მოქმედებით ჰორიზონტალურ ზედაპირზე თანაბრად მოძრაობს 10კგ მასის სხეული. გამოთვალე ხახუნის კოეფიციენტი ზედაპირსა და სხეულს შორის.

3. 50 კგ მასის მოციგურავე სრიალებს ყინულზე, რომლის ზედაპირთან ხახუნის კოეფიციენტი 0,02-ია. განსაზღვრეთ ხახუნის ძალა.

4. 2006 ჰორიზონტალური ძალის მოქმედებით ბეტონის იატაკზე თანაბრად გადაადგილებენ ყუთს. გამოთვალე ყუთის მასა, თუ ყუთსა და იატაკს შორის ხახუნის კოეფიციენტი 0,25-ია.



### I. შეავსე ან დაასრულე წინადაღება:

1. თუ სხეულზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, მაშინ იგი უძრავია ან ...
2. თუ სხეული მოძრაობს . . . , მაშინ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია;
3. სხეულის დეფორმაციის შედეგად აღიძვრება ...
4. მცირე დეფორმაციისას სხეულში აღძრული . . . პროპორციულია . . .
5. სხეულთა უშუალო შეხებისას აღიძვრება ...

### II. მართებულია თუ არა მტკიცებები:

1. თუ სხეულზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, იგი შეიძლება იყოს მხოლოდ უძრავ მდგომარეობაში.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
2. თუ სხეულზე სხვა სხეული არ მოქმედებს, იგი უძრავია ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
3. ორი სხეულის ურთიერთქმედებისას იცვლება ორივე სხეულის სიჩქარე.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
4. სხეულის სიჩქარე იცვლება მასზე სხვა სხეულის მოქმედებით.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
5. დრეკადობის ძალა აღიძვრება მხოლოდ სხეულის გაჭიმვის ან შეკუმშვისას.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
6. ნებისმიერ სხეულზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
7. სხეულის წონა არის ძალა, რომლითაც დედამინა იზიდავს ამ სხეულს.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
8. ძალის მოქმედების შედეგი დამოკიდებულია მხოლოდ ძალის სიდიდეზე.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
9. უძრაობის ხახუნის ძალა მეტია სრიალის ხახუნის ძალაზე.
  - ა) დიახ; ბ) არა.
10. სხეულზე მოქმედი ძალები შეიძლება შევცვალოთ ტოლქმედით — ძალით, რომელიც სხეულზე ისევე მოქმედებს, როგორც ყველა ძალა ერთად.
  - ა) დიახ; ბ) არა.

### III. რომელია სწორი პასუხი?

1. 10კგ მასის სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალაა:
  - ა) 10ნ;
  - ბ) 98ნ;
  - გ) 9,8ნ.
2. თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა 9,8ნ-ია, მაშინ ამ სხეულის მასაა:
  - ა) 10კგ;
  - ბ) 9,8კგ;
  - გ) 1კგ.

3. თუ წრფივად და თანაბრად მოძრავ 50კგ მასის სხეულზე მოქმედი წევის ძალა 100ნ-ია, მაშინ სხეულსა და ზედაპირს შორის ხახუნის კოეფიციენტი იქნება:

- ა) 0,5;
- ბ) 0,2;
- გ) 0,25.

4. თუ ზამბარის წაგრძელება 2-ჯერ გაიზარდა, მაშინ მისი სიხისტე

- ა) გაიზრდება 2-ჯერ; ბ) შემცირდება 2-ჯერ; გ) არ შეიცვლება.

#### IV. უპასუხე კითხვებს:

1. რომელ წერტილებზეა მოდებული სხეულის წონა? სიმძიმის ძალა (სურ. 4.47, ა,ბ)?

2. 10ნ ძალის მოქმედებით ზამბარა წაგრძელდა 2სმ-ით. რა ძალით უნდა ვიმოქმედოთ ზამბარაზე, რომ იგი 3სმ-ით წაგრძელდეს?

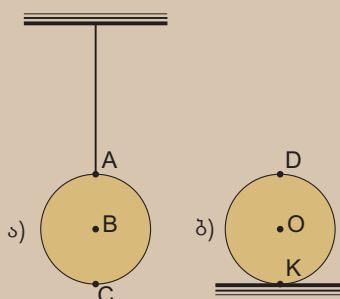
3. ზამბარაზე დაკიდეს 4სმ<sup>3</sup> მოცულობის რკინის ბურთულა, რის გამოც ზამბარა წაგრძელდა 2სმ-ით. გამოთვალე ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა და ზამბარის სიხისტე.

4.  $\vec{F}$  ძალის მოქმედებით სხეული მოძრაობს თანაბრად (სურ. 4.48). რას უდრის სხეულზე მოქმედი ხახუნის ძალა და სხეულის მასა, თუ ხახუნის კოეფიციენტი 0,25-ია.

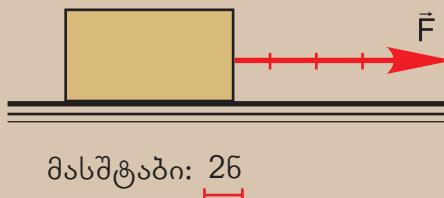
5. რას უდრის 20ნ ძალის ერთი მდგენელი, თუ მეორე — 25ნ-ია? რა მიმართულება აქვს მდგენელ ძალებს?

6. 4.49 სურათზე მოცემულია ზამბარებზე მოქმედ ძალასა და მათ წაგრძელებას შორის დამოკიდებულების დიაგრამა. რომელი წერტილი შეესაბამება მაქსიმალური სიხისტის ზამბარას?

7. 4.50 სურათზე მოცემულია სხვადასხვა სიხისტის ორი ზამბარისათვის დრეკადობის ძალის დამოკიდებულება წაგრძელებაზე. შეადარე ზამბარების სიხისტეები.

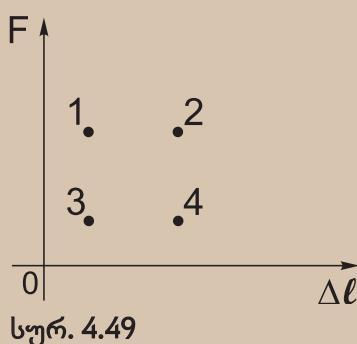


4.47

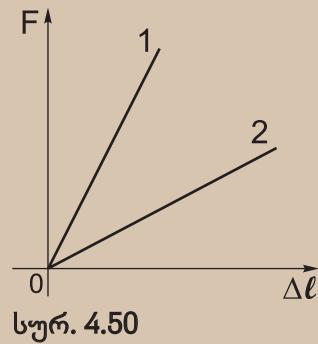


მასშტაბი: 2ნ

4.48



სურ. 4.49



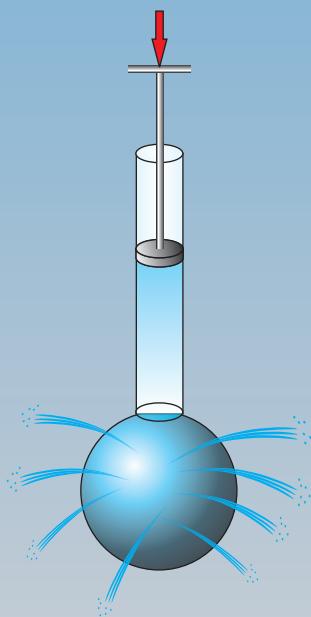
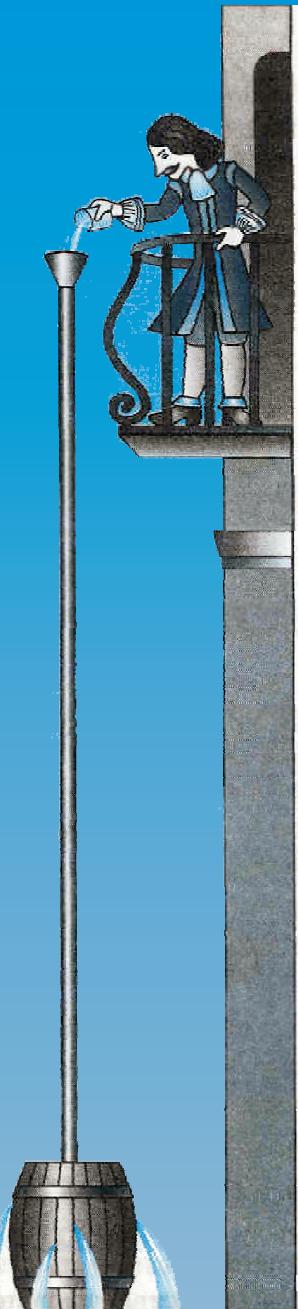
სურ. 4.50

# Վ ՊԱՅՈ

## Ե Ե Ս Ե Ա

ամ տարութեան մեջ պահպան կատարելու մեջ մասնակիութեան մասին:

- արդյունաբան գործութեան մեջ պահպան կատարելու մասին մասնակիութեան մասին:
- արդյունաբան գործութեան մեջ պահպան կատարելու մասին մասնակիութեան մասին:
- արդյունաբան գործութեան մեջ պահպան կատարելու մասին մասնակիութեան մասին:



## 5.1.

### ცენტა

ძალა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელითაც ხასიათდება ერთი სხეულის მოქმედება მეორეზე.

- ჭიკარტით შეიძლება უფრო ძლიერ ვიმოქმედოთ ზედაპირზე, ვიდრე ტრაქტორი მოქმედებს დედამიწაზე. რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?
- რატომ არის თოვლში ფეხსაცმლით სიარული ძნელი, თხილამურებით კი — ადვილი (სურ. 5.1)?



5.1

თოვლში ფეხსაცმლით სიარული ძნელია  
თხილამურებით კი — ადვილი

- რატომ ჭრის გალესილი დანა უკეთ, ვიდრე გასალესი?
- რატომ არის ქსოვილის შეკერვა წვეტიანი ნემსით უფრო ადვილი, ვიდრე ბლაგვით?
- რატომ ამზადებენ სატვირთო ავტომობილის საბურავებს უფრო განიერს, ვიდრე მსუბუქისას (სურ.5.2)?



5.2

სატვირთო ავტომობილის საბურავები უფრო განიერია, ვიდრე მსუბუქისა

- შენი აზრით, რაზეა დამოკიდებული ძალის მოქმედების შედეგი?

**წნევა საყრდენ ზედაპირზე.** ძალის მოქმედების შედეგი დამოკიდებულია არამხოლოდ ძალის სიდიდეზე, მიმართულებასა და მოდების წერტილზე, არამედ იმ ზედაპირის ფართობზეც, რომელზეც ეს ძალა მოქმედებს. რაც ნაკლებია შეხების ზედაპირის ფართობი, მით მეტია ამ ფართობზე ძალის მოქმედების შედეგი. ზედაპირზე ძალის მოქმედების შედეგი არის წნევა.

**წნევა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია ზედაპირის მართობულად მოქმედი ძალის შეფარდებისა ამ ზედაპირის ფართობთან:**

$$P = \frac{F}{S}$$

სადაც  $P$  წნევაა,  $S$  — ფართობი,  $F$  კი — ზედაპირის მართობულად მოქმედი ძალის მოდული.

ზედაპირის მართობულად მოქმედ ძალას წნევის ძალა ეწოდება.

**წნევის ერთეული.** დავადგინოთ წნევის ერთეული. წნევის გამოსათვლელი ფორმულიდან

$$\text{წნევის ერთეული} = \frac{\text{ძალის ერთეული}}{\text{ფართობის ერთეული}}$$

SI სისტემაში ძალის ერთეულია 16, ფართობის —  $1\text{m}^2$ , ამიტომ წნევის ერთეული იქნება  $16/\text{m}^2$ . ამ ერთეულს ეწოდება **პასკალი (პა)** ფრანგი მეცნიერის, ბლეზ პასკალის პატივსაცემად:

$$1\text{Pa} = \frac{16}{1\text{m}^2}$$

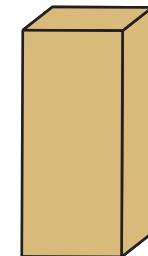
1პა არის წნევა, რომელსაც აწარმოებს ზედაპირის მართობული 16 ძალა  $1\text{m}^2$  ფართობზე.

### ეძსავითი მატერიალი სამუშაო

#### წნევის გამოთვლა

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, აგური, სასწორი, სახაზავი.

- აწონე აგური;
- გაზომე აგურის სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე;
- გამოთვალე აგურის თითოეული წარმატები;
- გამოთვალე აგურის წნევა სხვადასხვა მდებარეობაში (სურ.5.3, ა-გ);



5.3

- შეადგინე ცხრილი;
- გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები წარმოადგინე ცხრილის სახით;
- გააანალიზე შედეგები და დაადგინე, როგორ იცვლება ერთი და იმავე ძალის მიერ წარმოებული წნევა ზედაპირის ფართობის ცვლილებისას;
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.

ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობიდან გამომდინარე, ხშირად საჭიროა წნევის შეცვლა.

- მოიფიქრე ასეთი მაგალითები. ისარგებლე წნევის გამოსათვლელი ფორმულით და დაადგინე, როგორ შეიძლება წნევის გაზრდა ან შემცირება.

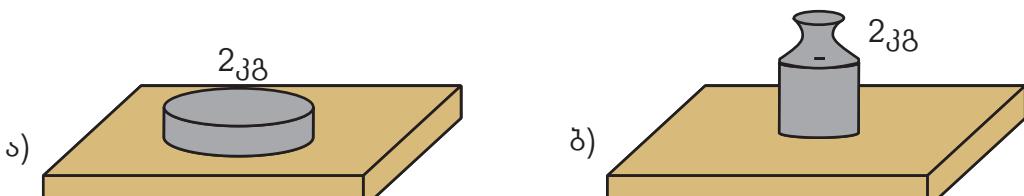
წნევა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია ზედაპირის მართობულად მოქმედი ძალის შეფარდებისა ამ ზედაპირის ფართობთან:

$$P = \frac{F}{S}$$



### უასუე კითხვებს, ამოცსები ამოცანები

1. რატომ აქვს ტრაქტორებსა და ტანკებს დიდი ფართობის მუხლუხები?
2. რატომ ლესავენ მჭრელ იარაღებს — დანას, მაკრატელს, ხერხს?
3. რატომ აგებენ რკინიგზის რელსებს შპალებზე?
4. ნემსის ჩხვლეტისას ვქმნით დაახლოებით  $100000000$ პა წნევას. როგორ ახსნი ამ მოვლენას?
5. რატომაა რგოლზე ცალი ხელით ჩამოკიდება უფრო მტკიცნეული, ვი-დრე ორივეთი?
6. შეადარე წნევები:  $10\text{G}/\text{მ}^2$ ,  $100\text{G}/\text{სმ}^2$ ,  $1000\text{G}$ .
7. რა წნევას აწარმოებს  $500\text{G}$  წონის გოგონა იატაკზე დგომისას, თუ მისი ერთი ფეხსაცმლის ლანჩის ფართობი  $60\text{cm}^2$ -ია? როგორ შეიცვლება წნევა, თუ გოგონა დაიწყებს სიარულს? პასუხი დაასაბუთე.
8. საყრდენზე მოთავსებული საწონებიდან რომელი აწარმოებს მეტ წნე-ვას (სურ. 5.4, ა,ბ)? რატომ?

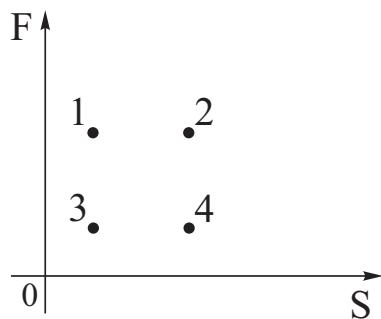


5.4

9. რა უდიდესი და უმცირესი წნევა შეიძლება აწარმოოს ალუმინის ძელმა, რომლის ზომებია  $5\text{cm} \times 10\text{cm} \times 15\text{cm}$ . შეასრულე ნახატი.

10. დიაგრამაზე მოცემულია ზედაპირის მარ-თობულად მოქმედ ძალასა და ზედაპირის ფარ-თობს შორის დამოკიდებულება (სურ. 5.5). რომ-ელი წერტილი შეესაბამება: а) წნევის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, ბ) წნევის მინიმალურ მნიშვნელო-ბას?

**ექსპერიმენტული დავალება.** გამოთვალე წნე-ვა, რომელსაც აწარმოებ იატაკზე დგომისას. ალ-ნერე ექსპერიმენტის თანმიმდევრობა.



5.5



### ამოცანათა ამოსენის ნიმუში

#### ამოცანა

სატვირთო ავტომობილის მასაა  $8\text{t}$ . რამდენჯერ გაიზრდება ავტომობი-ლის წნევა დედამინის ზედაპირზე, თუ მას დატვირთავენ  $4\text{t}$  საამშენებლო მა-სალით?

#### ამოხსნა

თავდაპირველად ავტომობილი თავისი წონით მოქმედებს დედამინის ზედაპირზე და აწარმოებს წნევას:

$$P_1 = \frac{m_1 g}{S},$$

$$\frac{P_2}{P_1} = ?$$

$$\text{მოც.: } m_1 = 8\text{t};$$

$$m_2 = 4\text{t}.$$

სადაც  $m_1 g$  ავტომობილის წონაა,  $S$  კი — მისი საბურავების დედამინის ზედაპირთან შეხების ფართობი.

დატვირთვის შემდეგ ავტომობილის წონა გახდება  $(m_1 + m_2)g$ , ამიტომ გაიზრდება მის მიერ წარმოებული წნევაც:

$$P_2 = \frac{(m_1 + m_2)g}{S}.$$

ამ ტოლობების შედარებით მივიღებთ:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{m_1 + m_2}{m_1} = \frac{8\varnothing + 4\varnothing}{8\varnothing} = 1,5.$$

**პასუხი:** წნევა გაიზრდება 1,5-ჯერ.

## 5.2.

### წნევის გადაცემა მყარი სხეულის, სითხისა და აირის მიერ

- დააჭირე ხელი პლასტილინს ან სქელი რეზინის ნაჭერს. გაიხსენე მყარი სხეულის შემადგენელ ნაწილაკთა ურთიერთგანლაგება, მათი ურთიერთქმედების ხასიათი და გამოთქვი ვარაუდი, რა მიმართულებით გადაეცემა ხელის დაჭერისას წარმოებული წნევა?
- რა მიმართულებით გადაეცემა წნევა დაბარვისას (სურ. 5.6), დანით დაჭრისას (სურ. 5.7)?



5.6

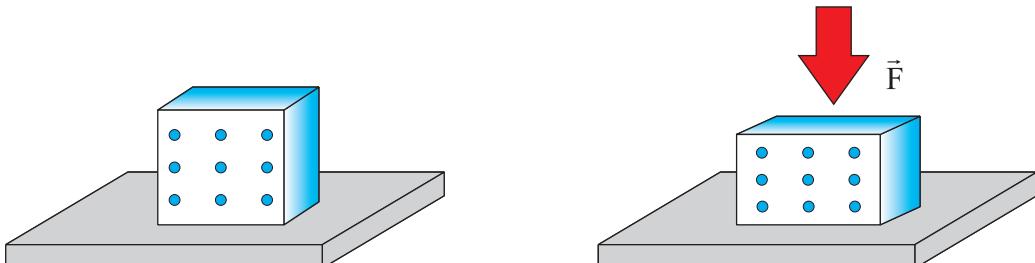


5.7

**წნევის გადაცემა მყარი სხეულის მიერ.** მყარი სხეულის თვისებაა, მასზე წარმოებული წნევა გადასცეს ძალის მოქმედების მიმართულებით. ამის მიზეზია სხეულის შემადგენელ ნაწილაკთა ურთიერთქმედება. სხეულის შეკუმშვის ან გაჭიმვისას მის შემადგენელ ნაწილაკებს შორის ალიძვრება დრეკადობის ძალები. ეს ძალები მიმართულია წნევის ძალის (დეფორმაციის გამომწვევი ძალის) გასწვრივ, რადგან პრაქტიკულად მხოლოდ ამ მიმართულებით იცვლება ნაწილაკებს შორის მანძილები (სურ. 5.8).

**წნევის გადაცემა სითხის ან აირის მიერ.** სრულიად სხვაგვარად გადაეცემა წნევა სითხეებსა და აირებში.

მინის ჭურჭლით სითხის გადატანისას დიდ სიფრთხილეს იჩენენ, რადგან



5.8

წნევა გადაუცემა ძალის მოქმედების მიმართულებით

მცირე შეჯახებამაც კი შეიძლება გამოიწვიოს ჭურჭლის გასკდომა.

რა არის ჭურჭლის გასკდომის მიზეზი?

ჭურჭლის იმ ადგილზე, სადაც მოხდა შეჯახება, წნევა მკვეთრად იზრდება. ეს წნევა სითხის მიერ გადაცემა ყველა მიმართულებით და ჭურჭელი სკდება.

აირის მიერ წნევის გადაცემას შეიძლება დავაკვირდეთ ბუშტის გაბერვის მაგალითზე (სურ. 5.9).

აირი შედგება უდიდესი რაოდენობის ქაოსურად მოძრავი მოლეკულებისაგან. მოძრაობისას ისინი ეჯახებიან ერთმანეთს და ბუშტის შიგა ზედაპირს. ცალკეული მოლეკულების შეჯახებისას წარმოებული წნევის სიდიდე მცირეა, მაგრამ მოლეკულათა შეჯახებების რიცხვი ძალიან დიდია. შესაბამისად, ბუშტზე წარმოებული წნევა მნიშვნელოვანია და ბუშტი იბერება.

მიუხედავად იმისა, რომ ბუშტში ჰაერს ვუშვებთ ერთი მიმართულებით, იგი იბერება თანაბრად და ღებულობს სფეროს ფორმას.

ამგვარად, აირში წნევა წარმოიქმნება ქაოსურად მოძრავი მოლეკულების შეჯახებების შედეგად.

ბუშტის სფეროს ფორმა მიუთითებს იმაზე, რომ აირი მასზე წარმოებულ წნევას თანაბრად გადასცემს ყველა მიმართულებით.



5.9

**მყარი სხეული მასზე წარმოებულ წნევას გადასცემს ძალის მოქმედების მიმართულებით, სითხე და აირი კი — ყველა მიმართულებით.**



### უასურე კითხვებს, ამონენი ამოცანები

1. დგუშის მოქმედებით ჭურჭლის შიგა ზედაპირის რომელ ნაწილს გადაეცემა წნევა, თუ ჭურჭელში:

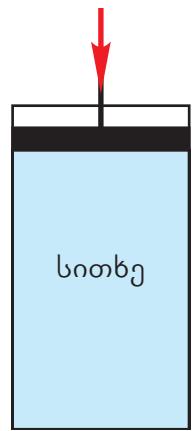
ა) ხის ძელია (სურ. 5.10), ბ) სითხე ან აირია (სურ. 5.11)?

2. ცდა ადასტურებს, რომ თოფიდან ნასროლი ტყვიით წყლით სავსე ჭურჭელი სკდება. თუ ჭურჭელში წყლის ნაცვლად ყინულია, მაშინ ჭურჭელი იხვრიტება. როგორ ახსნი ამ მოვლენებს?

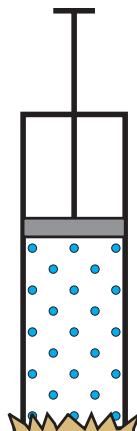
3. 5.12 სურათზე მოცემულია დგუშიანი მილი, რომლის თავისუფალ ბოლოზე გადაკრულია რეზინის აფსკი. როგორ შეიცვლება აფსკის ფორმა, თუ დგუშის საშუალებით მილში ჰაერის მოცულობას შეამცირებთ? რა არის ამ ცვლილების მიზეზი? როგორ შეიცვლება მოცემული მასის აირის წნევა, თუ შევცვლით მის მოცულობას მუდმივი ტემპერატურის პირობებში? პასუხი დაასაბუთე.



5.10



5.11



5.12

## 5.3.

### პასპალის კანონი

- შენ უკვე იცი, რომ სითხე და აირი მასზე წარმოებულ წნევას გადასცემს ყველა მიმართულებით.

გავარკვიოთ, როგორ ხდება ამ წნევის გადაცემა.

მყარი სხეულებისაგან განსხვავებით, სითხისა და აირის მოლეკულები თავისუფლად გადაადგილდებიან ნებისმიერი მიმართულებით. მაგალითად, შებერვით შეიძლება გამოვიწვიოთ ჭურჭელში წყლის ზედაპირის ამოძრავება; ზღვაზე მსუბუქი ნიავიც კი იწვევს ტალღების წარმოქმნას.

წარმოიდგინე დგუშიანი ცილინდრული ჭურჭელი, რომელშიც მოთავსებულია აირი. 5.13 სურათზე წერტილებით გამოსახულია აირის მოლეკულები, რომლებიც თანაბრადა განაწილებული ჭურჭლის მთელ მოცულობაში.

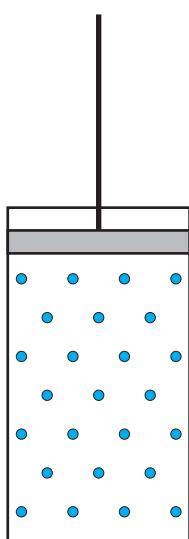
ჭურჭელში მოთავსებული აირი ეხება ჭურჭლის შიგა ზედაპირს. ჭურჭლის კედლები და დედამიწის მიზიდულობა რომ არ ყოფილიყო, აირის მოლეკულები გაიბნეოდა სხვადასხვა მიმართულებით. ჭურჭლის კედლები ხელს უშლის მათ გაბნევას. აირი კი, შეჯახებების შედეგად, წარმოქმნის წნევას კედლებსა და ჭურჭელში მოთავსებულ ნებისმიერ სხეულზე.

დგუშის მოქმედებით თავდაპირველად შეიკუმშება აირის ის ნაწილი, რომელიც უშუალოდ ეხება დგუშს (სურ. 5.14). დგუშის მახლობლად აირის მოლეკულები უფრო დაუახლოვდებიან ერთმანეთს, ვიდრე ჭურჭლის ქვედა ნაწილში.

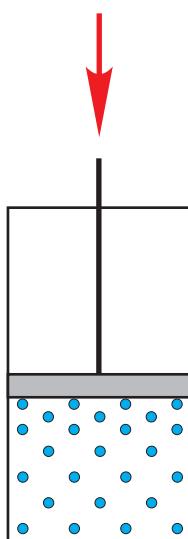
გარკვეული დროის შემდეგ, ქაოსური მოძრაობის გამო, აირის მოლეკულები შედარებით მჭიდროდ, მაგრამ თანაბრად განაწილდება ჭურჭლის მთელ მოცულობაში (სურ. 5.15), რის გამოც აირის წნევა გაიზრდება. ამ დროს იზრდება მოცულობის ერთეულში აირის მოლეკულათა რიცხვი, შესაბამისად, იზრდება აირის წნევაც. ამის გამო, შეკუმშულ აირს ათავსებენ ძალიან მტკიცე ფოლადის ბალონებში. ასეთი ბალონებით აქვთ შეკუმშული აირი წყალქვემა ნავებში, ჟანგბადი — ლითონთა შესადუღებლად.

იმის გამო, რომ აირში მოლეკულები მოძრაობენ ქაოსურად, შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირია.

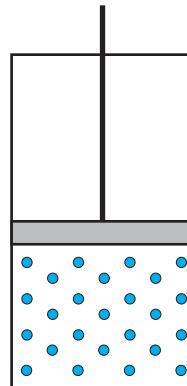
იგივე შეიძლება ითქვას სითხეების შესახებ, რადგან სითხის მოლეკულებიც თავისუფლად მოძრაობენ.



5.13



5.14

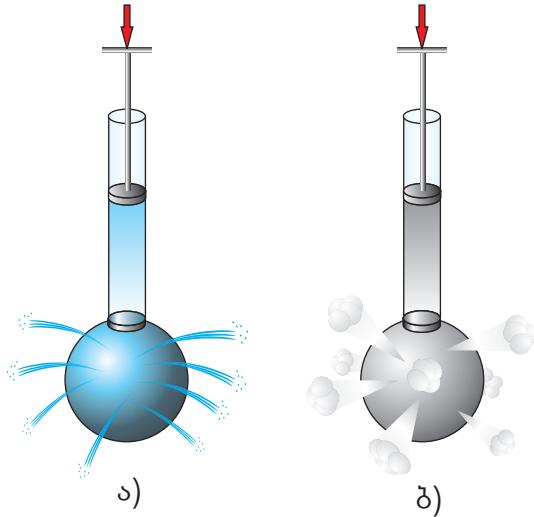


5.15

### დაკვირვება სითხისა და აირის წნევაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, პასკალის სფერო (ხვრელებიანი სფერული ჭურჭელი, რომელზეც დამაგრებულია დგუშიანი ცილინდრი), წყალი, ბოლი ან ორთქელი.

- ჭურჭელში ჩაასხი წყალი;
- დგუშზე დაწოლით იმოქმედე წყალზე (სურ. 5.16,ა);
- რას ამჩნევ, როგორია სხვადასხვა ხვრელიდან გამოსული წყლის ჭავლი?
- ჭურჭელში წყლის ნაცვლად ჩაუშვი ბოლი ან ორთქელი და გაიმოროე ექსპერიმენტი (სურ. 5.16,ბ).
- გაანალიზე ექსპერიმენტის შედეგები და გამოიტანე დასკვნა;
- შეიცვლება თუ არა შედეგები, თუ პასკალის სფეროს შემოვაბრუნებთ ან გადავაბრუნებთ? როგორ დაასაბუთებ შენი ვარაუდის სისწორეს?



5.16

მრავალი ცდისა და დაკვირვების შედეგად ფრანგმა მეცნიერმა, **ბლეზ პასკალმა** დაადგინა კანონი:

**სითხეზე ან აირზე წარმოებული წნევა უცვლელად გადაეცემა ყველა მიმართულებით.**

ეს კანონი ცნობილია **პასკალის კანონის** სახელწოდებით.

**შეკუმშული პარის ვამოყენება.** აირის თვისება, უცვლელად გადასცეს მასზე წარმოებული წნევა, გამოიყენება სხვადასხვა პნევმატიკური მანქანისა და ინსტრუმენტების მოწყობილობაში („პნევმატიკოს“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს საჰაეროს). ისინი მოქმედებენ შეკუმშული ჰაერის წნევის ძალის გამოყენებით. პნევმატიკურ ინსტრუმენტებს (სანგრევი ჩაქუჩები, სილასატყორცნები და სხვ.) იყენებენ მშენებლობაზე, მანქანათმშენებლობაში, ლითონდამუშავებაში, გზების მშენებლობაში, სამთო მრეწველობაში და სხვ.

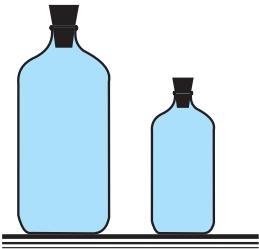
შეკუმშული ჰაერის წნევის ძალის მოქმედებით ისვრიან ტყვიას პნევმატიკური იარაღიდან.

შეკუმშული ჰაერის გამოყენებით იღება მეტროს მატარებლის ვაგონების კარი.

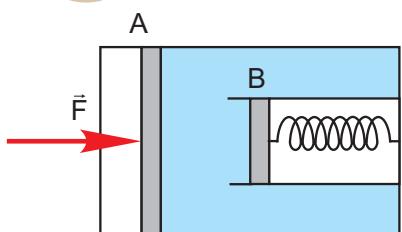
**სითხეზე ან აირზე წარმოებული წნევა უცვლელად გადაეცემა ყველა მიმართულებით.**



### უასუე კითხვებს, ამოსენი ამოცანები



5.17



5.18

1. რატომ ზიანდება წყალქვეშა ნავი წყლის სიღრმეში აფეთქებისას, თუნდაც ეს აფეთქება ნავიდან საკმაოდ მოშორებით მოხდეს?

2. როგორ ახსნი ხელის დაჭერით კბილის პასტის გამოსვლას ტუბიდან?

3. დგუშით კუმშავენ ცილინდრში მოთავსებულ აირს. შეიცვლება თუ არა აირის მასა, მოცულობა, სიმკვრივე, წნევა?

4. ჭურჭლებში მოთავსებულია ტოლი მასის ერთი და იგივე აირი (სურ. 5.17). ორივე ჭურჭელში ტემპერატურა ერთნაირია. რომელ ჭურჭელშია მეტი წნევა? პასუხი დაასაბუთე.

5.  $40\text{m}^2$  ფართობის A დგუშზე იმოქმედეს  $4006$  ძალით. რა ძალით იმოქმედებს  $20\text{m}^2$  ფართობის B დგუში ზამბარაზე (სურ. 5.18)?

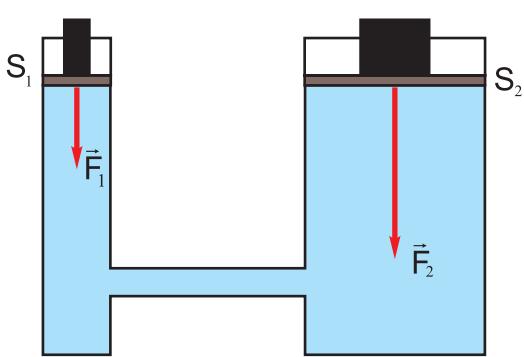
## 5.4.

### ჰიდრაულიკური მანქანი

ტექნიკაში გამოიყენება მანქანები, რომელთა მოქმედების სფუძველია სითხეების წონასწორობისა და მოძრაობის კანონები. ასეთ მანქანებს ჰიდრაულიკური მანქანები ეწოდება. „ჰიდრაულიკოს“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს „წყლის“.

ამ მანქანების გამოყენებით შესაძლება ავტომობილის აწევა გარკვეულ სიმაღლეზე, მძიმე სამშენებლო მასალის ატანა მშენებლობის ზედა სართულებზე, დიდთოვლობის დროს გზების განმენდა და ა.შ. ეს მანქანები გამოიყენება ლითონთა დასამუშავებლად, პლასტმასის ნაკეთობათა დასამზადებლად, ფიცრის ან მუყაოს დასაწეხად, ზეთის გამოსაწურად, დიდ ფართობზე ნერგების გადასარგველად. ჰიდრაულიკური მექანიზმები გამოიყენება ავტომატიკაში, ტელემექანიკაში, ტრანსპორტზე, ავიაციაში და სხვ.

**მოწყობილობა და მოქმედების პრინციპი.** ჰიდრაულიკური მანქანის მოქმედებას საფუძვლად უდევს პასკალის კანონი.



5.19

ჰიდრაულიკური მანქანის ძირითადი ნაწილია სხვადასხვა დიამეტრის დგუშიანი ცილინდრული ჭურჭლები, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია მილით (სურ. 5.19). ცილინდრებში ჩასხულია სითხე, ძირითადად — ზეთი.

აღვნიშნოთ პატარა და დიდი დგუშის ფართობები შესაბამისად  $S_1$  და  $S_2$ -ით. თუ პატარა დგუშზე ვიმოქმედებთ  $\vec{F}_1$  ძალით, მაშინ დგუში სითხეზე გამოიწვევს წნევას:

$$P_1 = \frac{F_1}{S_1}$$

ეს წნევა თანაბრად გადაეცემა ყველა მიმართულებით და გამოიწვევს დიდი დგუშის გადაადგილებას ზევით. წონასწორობა რომ არ დაირღვეს, დიდ დგუშზე უნდა ვიმოქმედოთ  $\vec{F}_2$  ძალით, რომლის წნევა დგუშზე იქნება:

$$P_2 = \frac{F_2}{S_2}.$$

პასკალის კანონის თანახმად, სითხეზე  $A$  აირჩე წარმოებული წნევა უცვლელად გადაეცემა ყველა მიმართულებით, ამიტომ დგუშებზე წარმოებული წნევები ტოლია:

$$P_1 = P_2 \text{ ან } \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

ამ ტოლობიდან მივიღებთ **ჰიდრაულიკური მანქანის წონასწორობის პირობას**:

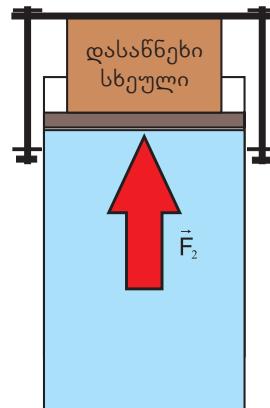
$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

**ძალის მოვება.** შეფარდებას —  $\frac{F_2}{F_1}$  უწოდებენ **ჰიდრაულიკური მანქანის ძალის მოვებას**.

ჰიდრაულიკური მანქანით ძალას ვიგებთ იმდენჯერ, რამდენჯერაც დიდი დგუშის ფართობი მეტია პატარა დგუშის ფართობზე.

ამგვარად, შესაძლებელია, ავხსნათ, მცირე ძალის გამოყენებით, როგორ მიიღება დიდი ძალა.

ჰიდრაულიკურ მანქანას, რომლის საშუალებითაც იწნება მასალა, ჰიდრაულიკური წნევი ეწოდება. დასაწეს სხეულს ათავსებენ პლატფორმაზე, რომელიც შეერთებულია დიდ დგუშთან. სხეული ზემოთ ებჯინება უძრავ პლატფორმას და იწნება. 5.20 სურათზე წარმოდგენილია ჰიდრაულიკური მანქანის ის ნაწილი, რომელშიც ხდება დაწესა.



5.20

**ჰიდრაულიკური მანქანით ძალას ვიგებთ იმდენჯერ, რამდენჯერაც დიდი დგუშის ფართობი მეტია პატარა დგუშის ფართობზე.**



**უასურე კითხვებს, ამონენი ამოცანები**

1. ჰიდრაულიკური მანქანის მცირე ცილინდრის დგუშის ფართობი  $8\text{sm}^2$ -ია, დიდი ცილინდრის დგუშის ფართობი —  $1600\text{sm}^2$ . რამდენჯერ ვიგებთ ძალას ამ მანქანით?

2. სხეულის დასაწეხად საჭიროა  $800\text{kg}$  ძალა. რა ძალით უნდა ვიმოქმედოთ მცირე დგუშზე, თუ ჰიდრაულიკური წნევის დგუშების ფართობების შაფარდებაა  $1 : 40\,000$ ?

3. ჰიდრაულიკური მანქანით უნდა ასწიონ  $200\text{kg}$  მასის ტვირთი, რისთვისაც მცირე დგუშზე იმოქმედეს  $100\text{N}$  ძალით. რამდენჯერ მეტია დიდი დგუშის ფართობი მცირე დგუშის ფართობზე?

4. ჰიდრაულიკური მანქანის ძალის მოგება გამოსახე დგუშების გადაადგილებების მიხედვით. ჩათვალე, რომ მცირე დგუში გადაადგილდება  $h_1$ -ით, დიდი დგუში —  $h_2$ -ით.

მოიძიე ინფორმაცია და მოამზადე თემა: „ჰიდრაულიკური მანქანები”.

## 5.5.

### სიმძიმის ძალით გამოვეული სითხის ან აირის წევა

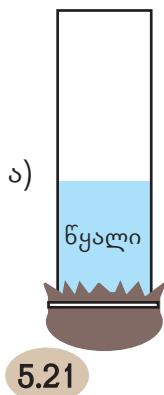
სითხე და აირი მასზე წარმოებულ წნევას უცვლელად გადასცემს ყველა მიმართულებით. მაგრამ სითხესა და აირზე, როგორც ნებისმიერ სხეულზე, მოქმედებს სიმძიმის ძალა. სითხისა და აირის ზედა ფენები აწვება ქვედა ფენებს, ამიტომ სითხისა და აირის შიგნით წარმოიქმნება წნევა.

- რაზე იქნება დამოკიდებული სიმძიმის ძალით გამოწვეული სითხის ან აირის წნევა?

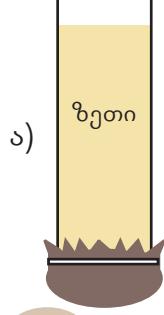
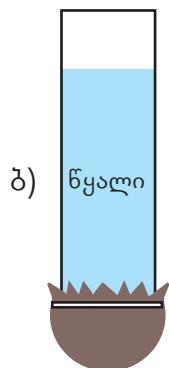
#### ექსპრიმენტული სამუშაო

##### დაკვირვება სიმძიმის ძალით გამოწვეული სითხის წნევაზე

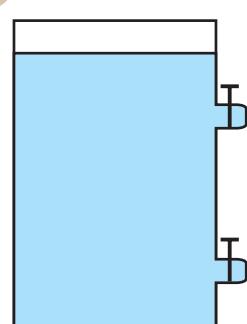
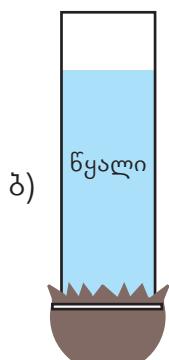
**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, ორი მინის მილი, თხელი რეზინის აფსკი და ზონარი, ხვრელებიანი ჭურჭელი, წყალი, ზეთი.



5.21



5.22



5.23

- I.
- აიღე ორი მინის მილი, რომელთა თითო ბოლო დახურე რეზინის აფსკით (აფსკი დაამაგრე ზონარით);

- ჩაასხი მილებში სხვადასხვა მოცულობის ერთი და იგივე სითხე, მაგალითად, წყალი;
- დააკვირდი რეზინის აფსკებს (სურ. 5.21, ა, ბ). რომელი უფრო მეტად გამოიბერა?
- რაზეა დამოკიდებული სითხის წნევა?

II.

- ექსპერიმენტი ჩაატარე ხელმეორედ. ამჯერად მილებში ჩაასხით ერთნაირი მოცულობისა და სხვადასხვა სიმკვრივის სითხეები, მაგალითად, წყალი და ზეთი (სურ. 5.22);

- რომელი აფსკი გამოიბერა უფრო მეტად?
- რაზეა დამოკიდებული სითხის სვეტის წნევა.

III.

- ჭურჭელში, რომელსაც სხვადასხვა სიმაღლეზე აქვს ონკანიანი ხვრელები (სურ. 5.23), ჩაასხი წყალი;

- გახსენი ონკანები და დააკვირდი, რომელი ხვრელიდან გამოვა უფრო ძლიერი წყლის ნაკადი?

- სად მეტია სითხის წნევა — მის ზედა თუ ქვედა ფენებში?

- გააანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.

უძრავი სითხის წნევას **ჰიდროსტატიკური წნევა ეწოდება.**

გამოვთვალოთ სითხის წნევა ჭურჭლის ფსკერზე. დავუშვათ, ცილინდრულ ჭურჭელ-

ში, რომლის ფუძის ფართობია  $S$ , ჩასხმულია  $h$  სიმაღლის სითხე. ჭურჭელში სითხის მოცულობა იქნება

$$V = Sh$$

სითხის წევა ჭურჭლის ფსკერზე ტოლია

$$P = \frac{F}{S},$$

სადაც  $F$  არის ფსკერზე მოქმედი სითხის წევის ძალა, რომელიც ტოლია სითხის წონისა. თუ ჭურჭელი უძრავია, მაშინ სითხის წონა მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალის ტოლია:

$$F = mg.$$

თ სითხის მასაა და ტოლია მისი სიმკვრივისა და მოცულობის ნამრავლისა:

$$m = \rho V$$

ამიტომ

$$F = \rho g V = \rho g Sh.$$

წევის ძალის ეს მნიშვნელობა ჩავსვათ წევის გამოსათვლელ ფორმულაში, მივიღებთ სითხის წევას ჭურჭულის ფსკერზე:

$$P = \rho gh$$

ამ ფორმულით გამოითვლება წევა ნებისმიერი ფორმის ჭურჭლის ფსკერ-სა და კედლებზე. იმავე ფორმულით გამოითვლება წევა სითხის შიგნითაც.

ამგვარად, ჭურჭლის ფსკერზე სითხის წევა დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის სიმკვრივესა და სითხის სვეტის სიმაღლეზე. ეს წევა დამოკიდებული არ არის იმ ჭურჭლის ფორმაზე, რომელშიც ჩასხმულია სითხე.

აირის სიმკვრივე გაცილებით ნაკლებია სითხის სიმკვრივეზე, ამიტომ ხშირ შემთხვევაში აირის წონისაგან გამოწვეულ წევას უგულებელყოფენ.

**პიდროსტატიკური პარადოქსი (დამატებითი მასალა).** სითხის თვისებებით აიხსნება ცნობილი მოვლენა „პიდროსტატიკური პარადოქსი“. „პარადოქსი“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს მოულოდნელს, უცნაურს, უჩვეულოს.

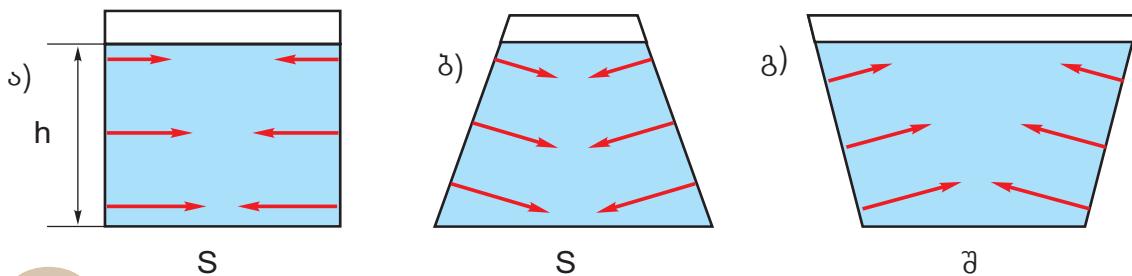
განვიხილოთ სამი სხვადასხვა ფორმის ჭურჭელი, რომელთა ფუძის ფართობები ერთნაირია (სურ. 5.24, ა-გ). თუ ამ ჭურჭლებში ასხია ერთი და იმავე  $h$  სიმაღლის ერთნაირი სითხე, მაშინ სამივე ჭურჭლის ფსკერზე სითხის წევა იქნება:  $P = \rho gh$ . ჭურჭლების ფუძის ფართობები ერთნაირია, ამიტომ თითოეული ჭურჭლის ფსკერზე სითხე იმოქმედებს ერთი და იმავე ძალით:  $F = PS$ .

მიუხედავად იმისა, რომ ეს მოვლენა ცდების საფუძველზე და თეორიულად დასაბუთებულია, იგი მაინც დაუჯერებელი, პარადოქსული გვეჩვენება.

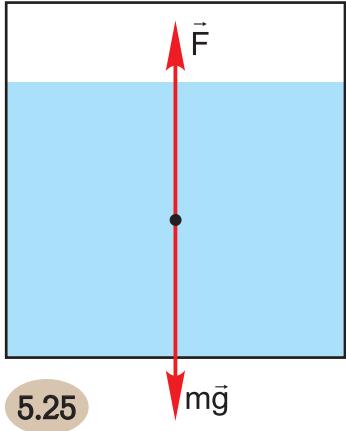
სინამდვილეში დაუჯერებელი არაფერია. რა ძალითაც სითხე მოქმედებს ჭურჭლის ფსკერსა და კედლებზე, ისეთივე სიდიდისა და საპირისპიროდ მიმართული ძალით ფსკერი და კედლები მოქმედებს სითხეზე.

ჭურჭლის ფსკერზე მოქმედი წევის ძალა შეიძლება იყოს სითხის წონაზე მეტი (სურ. 5.24, ბ) ან ნაკლები (სურ. 5.24, გ). ეს გარემოება იმით აიხსნება, რომ სითხეზე მოქმედებს ჭურჭლის ფსკერიც და კედლებიც.

სითხის მოქმედების შედეგად ჭურჭლის ფსკერსა და კედლებში აღიძვრება დრეკადობის ძალები. ეს ძალები ნახაზზე გამოსახულია ისრებით. პირველ ჭურ-



5.24



5.25

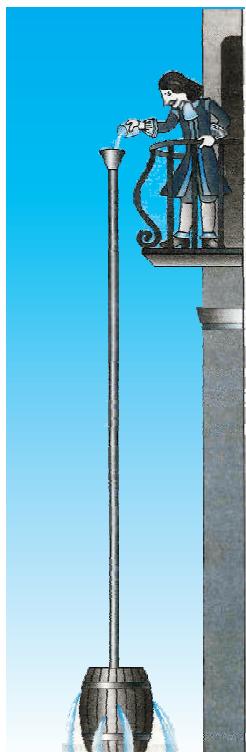
ჭურჭლი კედლებიდან მოქმედი ძალები ერთმანეთს აწონასწორებს, ამიტომ სითხეზე მოქმედი სიმძიმის ძალა გაწონასწორებულია ფსკერის დრეკადობის ძალით. მეორე ჭურჭლში კედლების დრეკადობის ძალები ისეა მიმართული, რომ ფსკერზე სითხის წნევის ძალა იზრდება. მესამე ჭურჭლში კი კედლების დრეკადობის ძალები ამცირებს ფსკერზე სითხის წნევის ძალას.

ამგვარად, ჭურჭლის ფსკერი და კედლები სითხეზე მოქმედებენ დრეკადობის ძალებით, რომელთა ტოლქმედი სითხის სიმძიმის ძალის ტოლია და მიმართულია მის საპირისპიროდ (სურ. 5.25).

**ჭურჭლის ფსკერზე სითხის წნევა დამოკიდებულია სითხის სიმკვრივესა და სითხის სვეტის სიმაღლეზე. ეს წნევა დამოკიდებული არ არის იმ ჭურჭლის ფორმაზე, რომელშიც ასხია სითხე.**



### უასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები



5.26

1. 1648 წელს პასკალმა ჩაატარა ორიგინალური ცდა. კარგად დახურულ წყლით სავსე კასრში ჩაამაგრა წვრილი და გრძელი მილი. როდესაც მილში ჩაასხა ერთი ფინჯანი წყალი, კასრზე გაჩნდა ბზარები და წყალი დაიღვარა (სურ. 5.26). ახსენით ეს მოვლენა.

2. ერთ ჭურჭლში ასხია წყალი, მეორე, ისეთივე ჭურჭლში — ნავთი. ჭურჭლებში სითხეების სიმაღლეები ერთნაირია. რომელი ჭურჭლის ფსკერზე იქნება სითხის წნევა მეტი? პასუხი დაასაბუთე.

3. გამოთვალე წყლის წნევა ტბაში 10მ სიღრმეზე.

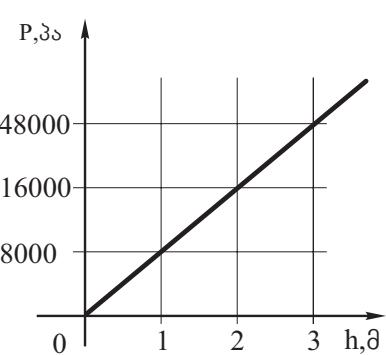
4. რა სიღრმეზეა წყლის წნევა ზღვაში 10000000პა?

5. ნავთობის ცისტერნას 4მ სიღრმეზე აქვს  $30\text{ს}^2$  განივევეთის ონკანი. რა ძალით აწვება ნავთობი ონკანს, როდესაც ცისტერნა სავსეა?

6. 1დმ<sup>3</sup> მოცულობის კუბური ფორმის ჭურჭელი სავსეა წყლით. განსაზღვრე წევის ძალა ჭურჭულის ფსკერსა და ერთ-ერთ გვერდით წახნაგზე.

7. 5.27 სურათზე მოცემულია სითხის წნევის სიღრმეზე დამოკიდებულების გრაფიკი. რომელ სითხეს შეესაბამება გრაფიკი?

8. შეარჩიე მასშტაბი და დახაზე წნევის სიღრმეზე დამოკიდებულების გრაფიკი ბეზინისა და ზეთისთვის.



5.27



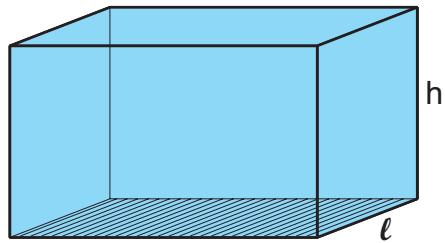
## ამოცანათა ამოხსნის ნიმუში

### ამოცანა

აკვარიუმი სავსეა წყლით. რა საშუალო ძალით აწვება წყალი აკვარიუმის კედელს, რომლის სიმაღლე და სიგანე შესაბამისად 50სმ და 30სმ-ია (სურ.5.28).

### ამოხსნა

$$\begin{aligned} F_{\text{საჟ}} &= ? \\ \text{მოც.: } h &= 50 \text{სმ} = 0,50 \text{მ}; \\ \ell &= 30 \text{სმ} = 0,30 \text{მ}; \\ \rho_{\text{წ}} &= 1000 \text{კგ/მ}^3; \\ g &= 10 \text{მ/ს}^2. \end{aligned}$$



5.28

აკვარიუმის კედელზე მოქმედი ძალის სიდიდე წყლის სიღრმის ზრდასთან ერთად იზრდება, წყლის ზედაპირთან იგი ნულის ტოლია  $F_1 = 0$ , ფსკერთან კი — მაქსიმალური  $F_2 = PS$ , ამიტომ საშუალო ძალის სიდიდე, რომლითაც წყალი მოქმედებს აკვარიუმის კედელზე, შეიძლება ჩავთვალოთ  $F_1$  და  $F_2$  ძალების საშუალო არითმეტიკულის ტოლად:

$$F_{\text{საჟ}} = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

ფორმულაში ჩავსვათ  $F_1$  და  $F_2$  ძალების მნიშვნელობები:

$$F_{\text{საჟ}} = \frac{PS}{2}.$$

$P$  არის  $h$  სიმაღლის სითხის სვეტის წნევა  
 $P = \rho gh$

$S$  აკვარიუმის კედლის ფართობია:

$$S = \ell h,$$

საშუალო ძალის გამოსათვლელ ფორმულაში ჩავსვათ წნევისა და ფართობის მნიშვნელობები, მივიღებთ:

$$F_{\text{საჟ}} = \frac{\rho gh^2 \ell}{2}.$$

ფორმულაში სიდიდეთა რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

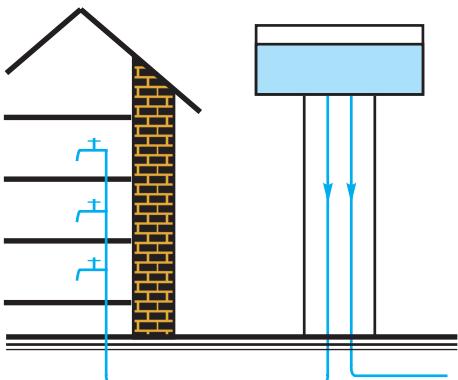
$$F_{\text{საჟ}} = 3756$$

ამგვარად, წყალი აკვარიუმის კედლებს აწვება საშუალოდ 3756 ძალით.

პასუხი: 3756.

## 5.6.

### ზიარჟურჟელი



5.29

წყალსადენი რთული სისტემაა, რომელიც უზრუნველყოფს ქალაქებისა და სოფლების წყლით მომარაგებას.

5.29 სურათზე მოცემულია წყალსადენის სისტემის სქემა. მდინარიდან ან ტბიდან ამოტუმბული წყალი ფილტრების გავლით გროვდება დიდ ავზში, რომელიც მოთავსებულია მაღალ კოშკზე. ავზიდან წყალი ნაწილდება მილების საშუალებით.

- დააკვირდი სქემას და შეეცადე, ახსნა წყალსადენის მოქმედების პრინციპი;
- შენი აზრით, რატომ არის წყალსადენის კოშკი მაღალ ადგილზე?
- როგორ შეიცვლება წყლის ნიერა ონკანებში სართულების მიხედვით? რა არის ამის მიზეზი?

წყალსადენის სისტემა წარმოადგენს ზიარჟურჟელს.

**ზიარჟურჟელი არის საერთო მილით შეერთებული ნებისმიერი ფორმის ჭურჭლები.**

**ზიარჟურჟლის კანონი ერთგვაროვანი სითხისათვის.** ზიარჟურჟლის მოქმედების პრინციპს შეიძლება გაეცნო მარტივი ექსპერიმენტით.

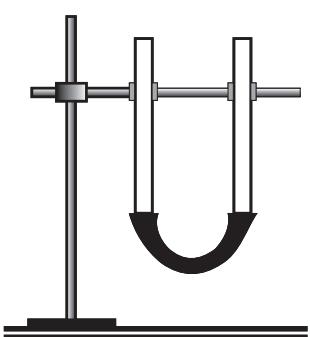
#### ეძსავით დანართი სამუშაო

##### ზიარჟურჟლის კანონის დადგენა

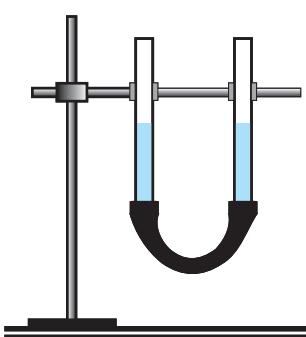
**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, შტატივი, ორი მინის მილი, რეზინის მილი, წყალი.

I.

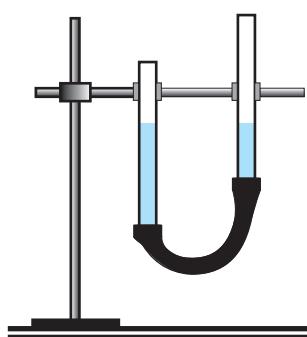
- ორი მინის მილი შეაერთე რეზინის მილით, მიიღებ ზიარჟურჟელს (სურ. 5.30);
- ზიარჟურჟელში ჩაასხი წყალი;
- შეადარე მილებში წყლის დონე (სურ. 5.31);
- შემდეგ ერთი მილი ამოძრავე სხვადასხვა მიმართულებით (სურ. 5.32);



5.30



5.31

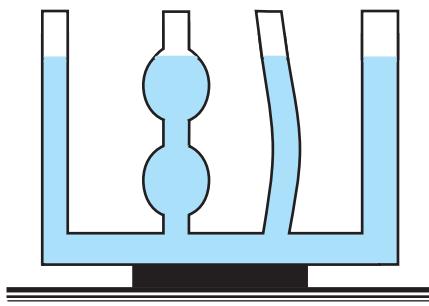


5.32

- დააკვირდი, იცვლება თუ არა მიღებში წყლის დონე?

II.

- სხვადასხვა ფორმისა და განივევეთის ზიარჭურჭელში ჩაასხი წყალი (სურ. 5.33);
- როგორია მასში წყლის დონე?
- შემდეგ ერთ-ერთ ჭურჭელში ჩაამატე წყალი რამდენჯერმე. როგორ იცვლება ზიარჭურჭელში წყლის დონე?
- გააალიზე ექსპერიმენტი და გამოტანე დასკვნა.



5.33

### ზიარჭურჭელში ერთგვაროვანი სითხე ერთ დონეზე დგება.

ეს არის ზიარჭურჭლის კანონი ერთგვაროვანი სითხისთვის.

ამ შემთხვევაში იგულისხმება, რომ ზიარჭურჭელში წნევა ერთნაირია და, ცხადია, სითხე წნონასწორობაშია — არ გადაადგილდება ზიარჭურჭლის ერთი მიღებან მეორეში. გარდა ამისა, ზიარჭურჭელში ერთი და იგივე სითხეა, ამიტომ მათი სიმკვრივეები ერთნაირია. სითხის წნევა დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის სიმკვრივესა და სითხის სვეტის სიმაღლეზე. რადგან მიღებში სითხის წნევა და სიმკვრივე ერთნაირია, ტოლი იქნება ზიარჭურჭლის მიღებში სითხის სვეტის სიმაღლეები (სურ. 5.31).

იმ შემთხვევაში, თუ ერთ-ერთ მიღს ვამოძრავებთ (სურ. 5.32) ან დავამატებთ სითხეს, მიღებში წნევები შეიცვლება და სითხე გადაადგილდება მანამ, სანამ მიღებში წნევა არ გათანაბრდება.

ვთქვათ, ზიარჭურჭლის ერთ მიღში ასხია  $h_1$  სიმაღლის სითხე, რომლის სიმკვრივე  $\rho_1$ -ია, მეორეში კი —  $h_2$  სიმაღლის სითხე, რომლის სიმკვრივე  $\rho_2$ -ია (სურ. 5.34). ცხადია,  $AB$  დონის ქვემოთ სითხე გაწონასწორებულია.

მიღებში სითხის წნევა იქნება შესაბამისად:

$$P_1 = \rho_1 gh_1$$

$$P_2 = \rho_2 gh_2$$

სითხის წნონასწორობისას

$$P_1 = P_2$$

ამიტომ

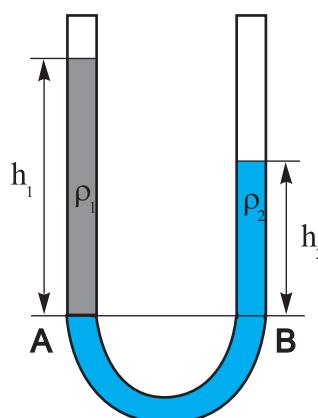
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

არაერთგვაროვანი შეურეველი სითხეები გამყოფი დონიდან მათი სიმკვრივეების უკუპროპორციულ სიმაღლეებზე დგება.

ზიარჭურჭელი შეიძლება იყოს სხვადასხვა ფორმისა და მოცულობის. ზიარჭურჭელს წარმოადგენს ჩაიდანი, ჭა.

ზიარჭურჭლის კანონი უდევს საფუძვლად შადრევნების მოქმედებას. ბუნებრივ ზიარჭურჭელს წარმოადგენს არტეზიული ჭა.

ზიარჭურჭლის კანონი სამართლიანია ისეთი ჭურჭლებისათვის, რომელთა დიამეტრი ძალინ მცირე არ არის. მცირე დიამეტრის ჭურჭლებს ახასიათებს კაპილარული მოვლენები, რომლებსაც მოგვიანებით შევისწავლით.



5.34

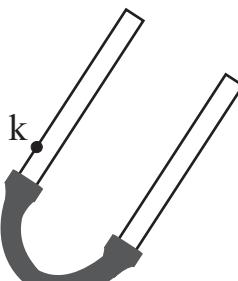
ზიარჭურჭელში ერთგვაროვანი სითხე ერთ დონეზე დგება.

ზიარჭურჭელში არაერთგვაროვანი შეურეველი სითხეები გამყოფი დონიდან მათი სიმკვრივეების უკუპროპორციულ სიმაღლეებზე დგება.

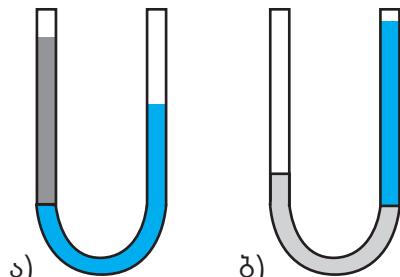


### უასუე კითხვებს, ამოსენი ამოცანები

- ზიარჭურჭლის ერთ მუხლში წყლის დონე  $k$  წერტილშია (სურ. 5.35). აღნიშნე წყლის დონე მეორე მუხლში.
- შესაძლებელია თუ არა, რომ ჩაიდანის ტუჩის სიმაღლე იყოს ჭურჭლის სიმაღლეზე ნაკლები? რატომ?
- ორ ზიარჭურჭლის ჩასხმულია არაერთგვაროვანი სითხეები: ერთში — ზეთი და წყალი, მეორეში — ვერცხლისწყლი და წყალი. რომელშია ზეთი და რომელში — ვერცხლისწყლი (სურ. 5.36, ა, ბ)? პასუხი დაასაბუთე.
- ზიარჭურჭლის ერთ მილში ჩაასხეს წყალი, მეორეში — ნავთი. ნავთის სიმაღლე 5სმ-ია. გამოთვალე წყლის დონეთა სხვაობა.
- როგორ გროვდება ჭაში წყალი?



5.35



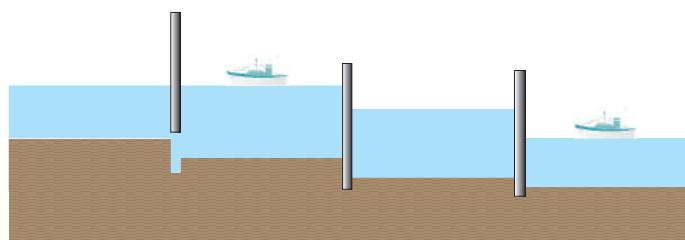
5.36

### მოამზადე თემა: „რაბები“

სხვადასხვა დონის წყალსატევებს შორის გემების გასავლელად აგებენ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობას — რაბებს (გემთსავალს). 5.37 სურათზე ნარმოდგენილია რაბები (ა) და მისი სქემა (ბ). შეეცადე, ახსნა რაბების მოქმედების პრინციპი.



ა)



ბ)

5.37

## 5.7.

### ატმოსფერული ცნევა

ჰაერის გარსს, რომელიც ირგვლივ აკრავს დედამიწას და მასთან ერთად ბრუნავს, ატმოსფერო ენოდება (სურ. 5.38). „ატმოსფერო“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავას ორთქლის გარსს.

ატმოსფერო შედგება აზოტის, ჟანგბადის, ნახშირორულის, ნლის ორთქლისა და სხვა აირებისაგან.

დედამიწაზე სიცოცხლისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მის ატმოსფეროს: იგი იცავს ცოცხალ სამყაროს მზის გამოსხივების პიოლოგიური მოქმედებისაგან, ასუსტებს დიდი ენერგიის კოსმოსურ სრივებს, ამუხრუჭებს მეტეორიტების მოძრაობას, მონაწილეობს დედამიწის სითბურ ბალანსში.

ჰაერის მოლეკულები რატომ არ ეცემიან დედამიწის ზედაპირს ან რატომ არ შორდებიან მას?

ნებისმიერ სხეულზე, მათ შორის ჰაერის მოლეკულებზე, მოქმედებს სიმძიმის ძალა — დედამიწა იზიდავს ჰაერის მოლეკულებს.

დედამიწა რომ არ იზიდავდეს ჰაერს, მაშინ ჰაერი უსაზღვროდ გაფართოვდებოდა და გაიფანტებოდა დედამიწის ირგვლივ კოსმოსურ სივრცეში.

ეს მოლეკულები უწყვეტად და ქაოსურად მოძრაობენ, ამიტომ არ ეცემიან დედამიწის ზედაპირზე. ეს განაპირობებს დედამიწის ირგვლივ ჰაერის გარსის შენარჩუნებას.

ატმოსფერო ვრცელდება რამდენიმე ათას კილომეტრზე. სიმაღლის ზრდასთან ერთად ატმოსფეროს სიმკვრივე თანდათან მცირდება, დიდ სიმაღლეებზე კი გადადის უჰაერო სივრცეში. დედამიწის ზედაპირიდან ყოველ 5-6მ-ზე ატმოსფეროს სიმკვრივე მცირდება დაახლოებით 2-ჯერ. ატმოსფეროს მასის 80% თავმოყრილია დედამიწიდან დაახლოებით 15კმ-ის სიმაღლემდე.

აქვს თუ არა ჰაერს წონა?

დადგენილია, რომ ზღვის დონეზე,  $0^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე  $1\text{მ}^3$  ჰაერის მასა დაახლოებით  $1,29\text{ კგ-ია}$ .

ამ მასის ჰაერის წონა

$$P = mg = 1,29\text{ კგ} \cdot 9,86/\text{კგ} \approx 126.$$

თავისი წონის გამო, ჰაერის ზედა ფენები აწვება ქვედა ფენებს და კუმშავს მათ. დედამიწის ზედაპირის  $1\text{მ}^2$  ფართობზე მოქმედებს დაახლოებით  $1000000$  წონის ჰაერი. ჰაერის ფენა, რომელიც უშუალოდ ეკვრის დედამიწას, შეკუმშულია ყველა ზედა ფენის სიმძიმით. ეს წნევა, პასკალის კანონის თანახმად, გადაეცემა ყველა მიმართულებით. ამის შედეგად დედამიწის ზედაპირი და მასზე მყოფი სხეულები განიცდიან ჰაერის მთელი სისქის წნევას — **ატმოსფერულ წნევას**.

ატმოსფერული წნევის გამო ჩვენი სხეულის ყოველ კვადრატულ სანტიმეტრზე მოქმედებს  $106$  ძალა.



5.38

დედამიწა

### დაკვირვება ატმოსფერული წნევის არსებობაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, შპრიცი, ჭურჭელი წყლით.

- შპრიცი ღია ბოლოთი ჩაუშვი წყლიან ჭურჭელში და ასწიე დგუში;
- რას ამჩნევ?
- შენი აზრით, რა არის დამზერილი მოვლენის მიზეზი?
- შეეცადე, ახსნა შპრიცის მოქმედების პრინციპი.
- გააანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.

### პრაქტიკული სამუშაო

გამოთვალე წნევა, რომელსაც ანარმოებს საკლასო ოთახში არსებული ჰაერი იატაკზე.

- დაგეგმე სამუშაო: დაადგინე, რა სიდიდეების გაზომვა და გამოთვლაა საჭირო;
- როგორ გამოთვლი და გაზომავ ამ სიდიდეებს?
- გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები წარმოადგინე ცხრილის სახით;
- მიღებული შედეგები შეადარე თანაკლასელებისას;
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.



### უასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. ახსენი, როგორ ვიღებთ ჭურჭლიდან სითხეს პიპეტით (სურ. 5.39);



5.39

2. ჩათვალე, რომ დედამიწის ზედაპირიდან ყოველ 5,5კმ-ზე ჰაერის სიმკვრივე მცირდება 2-ჯერ და ააგე ჰაერის სიმკვრივის სიმაღლეზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

3. მთვარეზე არ არის ჰაერი. შესაძლებელია თუ არა მთვარეზე შპრიცით წყლის ამოღება? პასუხი დაასაბუთე.

### პრაქტიკული სამუშაო

ჩაატარე საჭირო გაზომვები და გამოთვალე, რა ძალით მოქმედებს ატმოსფერო შენი სახელმძღვანელოს ზედაპირზე. ჩათვალე, რომ ატმოსფერული წნევა 100კპა-ია.

## 5.8.

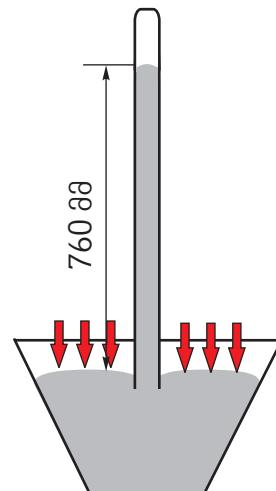
### ტორიჩელის ცდა

ატმოსფერული წნევის არსებობა პირველმა დაასაბუთა იტალიელმა მეცნიერმა ევანჯელისტა ტორიჩელიმ 1643 წელს.

ერთი ბოლოოთი დახშული 1მ სიგრძის მინის მილი ტორიჩელიმ გაავსო ვერცხლისწყლით. ღია ბოლოს დააჭირა თითი და გადმოაპირქვავა ვერცხლისწყლიან ჭურჭელში. თითის მოცილების შემდეგ მილში ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლე შემცირდა 760მმ-მდე. (სურ. 5.40). მილში დარჩა სივრცე, რომელსაც „ტორიჩელის სიცარიელეს“ უწოდებენ.

ტორიჩელიმ დაადგინა, რომ ჭურჭელში მოთავსებული ვერცხლისწყლის ზედაპირზე ატმოსფერო მოქმედებს წნევით. ეს წნევა ყველა მიმართულებით და, მაშასადამე, მილის შიგნითაც გადაეცემა და ანონასწორებს მილში ვერცხლისწყლის წნევას.

ამგვარად, ატმოსფერული წნევა ტოლია მილში ვერცხლისწყლის სვეტის წნევისა:



5.40

ატმოსფერულ წნევას, რომელიც ტოლია 760მმ ვერტიკალური ვერცხლისწყლის სვეტის წნევისა  $0^{\circ}\text{C}$ -ზე, ნორმალური ატმოსფერული წნევა (1ატმ) ეწოდება.

გამოვსახოთ ეს წნევა SI სისტემის ერთეულებით:

$$P = \rho gh$$

$$\rho_{\text{ვწ}} = 13600 \text{ კგ}/\text{მ}^3; g = 9,86 \text{ კგ}/\text{მ}^2\text{ს}; h = 0,76\text{მ}$$

ამიტომ

$$1\text{ატმ} = 13600 \text{ კგ}/\text{მ}^3 \cdot 9,86 \text{ კგ}/\text{მ}^2 \cdot 0,76\text{მ} = 101300\text{პა.}$$

წნევის ერთეულად მიღებულია აგრეთვე 1 მილიმეტრი ვერცხლისწყლის სვეტის წნევა (1მმ ვწ. სვ.). ეს არის წნევა, რომელსაც ანარმოებს 1მმ სიმაღლის ვერტიკალური ვერცხლისწყლის სვეტი  $0^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე:

$$1\text{მმ ვწ. სვ.} = 13600 \text{ კგ}/\text{მ}^3 \cdot 9,86 \text{ კგ}/\text{მ}^2 \cdot 0,001\text{მ} = 133\text{პა.}$$

დედამინის ზედაპირიდან სიმაღლის ზრდის მიხედვით ატმოსფერული წნევა მცირდება — ყოველ 12მ-ზე ვერცხლისწყლის სვეტის 1მმ-ით.

დაკვირვებების შედეგად ტორიჩელიმ დაადგინა, რომ მილში ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლე იცვლება. ეს ნიშნავს, რომ ატმოსფერული წნევა მუდმივი არ არის.

- როგორ შეიცვლება მილში ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლე ატმოსფერული წნევის შემცირებისას?
- როგორ შეიცვლება მილში ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლე ატმოსფერული წნევის ზრდისას?
- პასუხები დაასაბუთე.

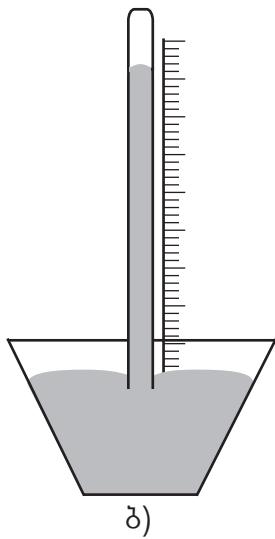
გავარკვიოთ, როგორ იზომება ატმოსფერული წნევა.

თუ ვერცხლისწყლიან მიღს მივამაგრებთ ვერტიკალურ სკალას, მივიღებთ ატმოსფერული წნევის საზომ უმარტივეს ხელსაწყოს (სურ. 5.41, ა) — ბარომეტრს. „ბაროს“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს სიმძიმეს, „მეტრეო“ — ვზომავ. პირველი ბარომეტრი შექმნა ტორიჩელიმ.

ატმოსფერული წნევის შემცირებისას ბარომეტრის მილში ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლე მცირდება, ხოლო ატმოსფერული წნევის გაზრდისას —



5)



5.41

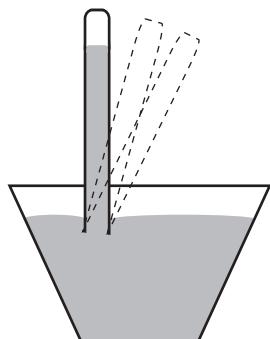
ნიდან გადაადგილდება დაბალი წნევის უბნისკენ. ჰაერის ნაკადი იწყებს მოძრაობას — წარმოიქმნება ქარი.

ატმოსფერულ ნნევას, რომელიც ტოლია 760მმ ვერტიკალური ვერცხლისწყლის სვეტის ნნევისა  $0^{\circ}\text{C}$ -ზე, ნორმალური ატმოსფერული ნნევა (1ატმ) ენოდება.

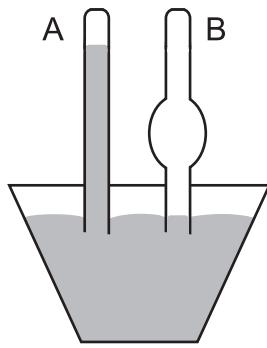


უკასული პირების, ამონის ამონი

1. სახაზავის გამოყენებით როგორ გაზომავ წნევას ვერცხლისწყლიანი ჭურჭლის ფსკერზე?
  2. განსაზღვრე ატმოსფერული წნევა თორმეტსართულიანი სახლის სახურავზე, თუ ერთისართულის სიმაღლე 3მ-ია. ჩათვალე, რომ დედამინის ზედაპირზე ატმოსფერული წნევაა 760 მმ ვწყ. სვ.
  3. შესაძლებელია თუ არა სხვადასხვა სიმაღლეზე ატმოსფერული წნევის გამოთვლა ფორმულით:  $P = \rho gh$ . პასუხი დაასაბუთე.
  4. შეიცვლება თუ არა ვერცხლისწყლის დონე მილში, თუ მას დავხრით სხვადასხვა კუთხით (სურ. 5.42)?
  5. A მილში ვერცხლისწყლის დონე 76სმ-ია (სურ. 5.43). რა სიმაღლემდე შევა ვერცხლისწყალი B მილში?
  6. გერმანელი ფიზიკოსის, ოტო გერიკეს ცნობილ ცდაში ლითონის ნახევარსფეროები მჭიდროდ შეახეს ერთმანეთს და სილრმიდან ამოტუმბეს ჰაერი. სფეროები იმდენად ძლიერ მიეკრა ერთმანეთს, რომ რამდენიმე წყვილმა ცხენა მა ვერ შეძლო მათი დაშორება. ახსენი ამ მოვლენის მიზეზი.



5.42



5.43



### ამოცანათა ამოსენის ნიმუში

#### ამოცანა

წყლიან ჭურჭელში ჩაშვებული მილის ქვედა ბოლო დახურულია ფირფიტით (სურ. 5.44). რა დონემდე უნდა ჩავასხათ მილში წყალი, რომ ფირფიტა მოსცილდეს მილს?

#### ამოხსნა

$$\frac{h - ?}{\text{მოც.: } h_1 = 10 \text{სმ.}}$$

მილში წყლის ჩასხმამდე ფირფიტის ზედა ზედაპირზე მოქმედებს ატმოსფერული წნევა, ქვედაზე კი — ატმოსფერული და  $10$ სმ სიმაღლის წყლის სვეტის წნევა.

ცხადია, ქვედა ზედაპირზე მოქმედი წნევა მეტია, ამიტომ ფირფიტა ეკვრის მილს.

მილში წყლის ჩასხმისას ფირფიტაზე ზემოდან წნევა გაიზრდება. როდესაც ეს წნევა გაუტოლდება ან გადააჭარბებს ქვემოდან წნევას, მაშინ ფირფიტა მოსცილდება მილს.

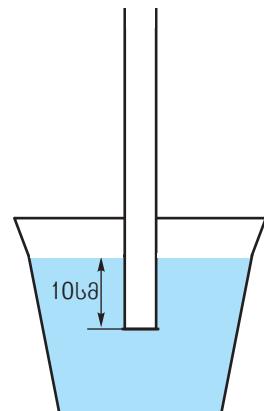
ფირფიტის ზედა და ქვედა ზედაპირზე წნევები აღვნიშნოთ შესაბამისად  $P_1$  და  $P_2$ -ით.

განვიხილოთ ზღვრული შემთხვევა, როდესაც ეს წნევები ტოლია:

$$P_1 = P_2.$$

$$P_1 = P_{\text{ატ}} + \rho gh;$$

$$P_2 = P_{\text{ატ}} + \rho gh_1.$$



5.44

ამ ტოლობების შედარებით მივიღებთ:

$$h_1 = h_2 = 10 \text{სმ.}$$

ამგვარად, თუ მილში წყლის დონე გადააჭარბებს  $10$ სმ-ს, ფირფიტა მოსცილდება მილს.

**პასუხი:**  $10$ სმ.

## 5.9.

# სითხისა და აირის მოქმედება გასში ჩამოვალ სეულზე

რა განაპირობებს გემებისა და წყალქვეშა ნავების ცურვას ზღვებსა და ოკეანებში, საჰაერო ბურთებისა და დირიჟაბლების ფრენას ჰაერში? ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად ჩაატარე მარტივი ექსპერიმენტები.

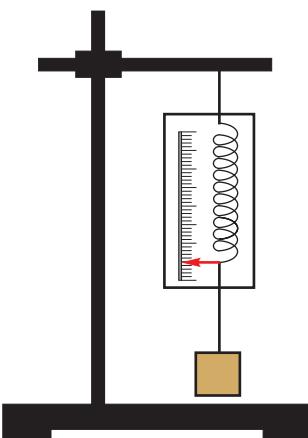
## ექსპერიმენტული სამუშაო

### დაკვირვება ამომგდები ძალის მოქმედებაზე

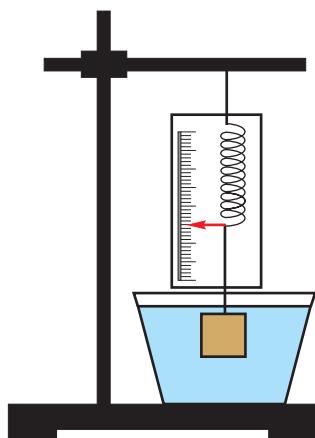
**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, შტატივი, დინამომეტრი, სასწორი საწონებით, ნებისმიერი ფორმის სხეული, ჭურჭელი, წყალი.

I.

- დინამომეტრზე დაკიდე სხეული (სურ. 5.45). ცხადია, დინამომეტრი გვიჩვენებს სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის სიდიდეს;
- ჩანიშნე დინამომეტრის ჩვენება;
- სხეული ჩაუშვი წყალში. ნახავ, რომ დინამომეტრის ჩვენება შემცირდება (სურ. 5.46);
- შენი აზრით, რა შეიძლება იყოს ამ მოვლენის მიზეზი?



5.45

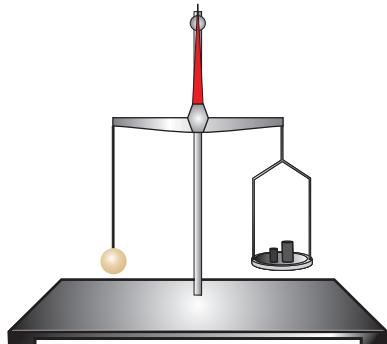


5.46

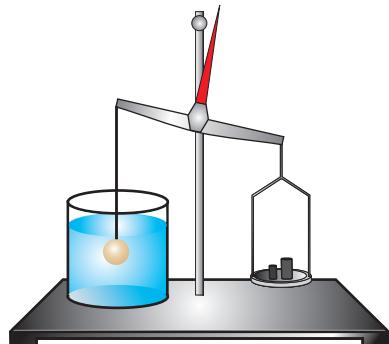
II.

- სასწორზე გააწონასწორე სხეული და ჩაუშვი ცარიელ ჭურჭელში ისე, რომ არ შეეხოს მის ფსკერსა და კედლებს (სურ. 5.47).
- ჭურჭელში ჩაასხი წყალი ისე, რომ სხეული წყლით დაიფაროს (სურ. 5.48).
- დაირღვა თუ არა სასწორის წონასწორობა?
- შემდეგ ჭურჭლიდან ამოიღე წყლის ისეთი რაოდენობა, რომ სხეულის ნაწილი აღმოჩნდეს ჰაერში, ნაწილი კი დარჩეს წყალში.
- რა ცვლილებებს ამჩნევ?
- გააანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე შესაბამისი დასკვნები.

წყალში ჩაშვებით, ცხადია, არ იცვლება სხეულის მასა და მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალა. ეს ნიშნავს, რომ წყალში სხეულზე მოქმედებს კიდევ ერთი ძალა და იგი მიმართულია ვერტიკალურად ქვევიდან ზევით, ამიტომ მას **ამომგდე-**



5.47



5.48

**ბი** ძალა ეწოდება. ამ ძალას **არქიმედეს ძალასაც** უწოდებენ, რადგან ბერძენმა მეცნიერმა **არქიმედემ** პირველმა მიუთითა მისი არსებობის შესახებ.

ამგვარად, სითხეში ჩაშვებულ სხეულზე მოქმედებს ძალა, რომელიც ცდილობს სითხიდან ამ სხეულის ამოგდებას. მაგალითად, ხის ნაჭერი ტივტივებს წყლის ზედაპირზე, რადგან მასზე მოქმედებს ამომგდები ძალა. ამ ძალის მოქმედება განაპირობებს გემებისა და ნავების ცურვას.

ამომგდები ძალა მოქმედებს აირშიც. ამ ძალის მოქმედებით ადის ჰაერში საჰაერო ბურთები, დირიჟაბლები.

როგორ გამოითვლება სითხეში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალის სიდიდე?

როგორია ამ ძალის სიდიდე, თუ სითხეში ჩაძირულია სხეულის ნაწილი? არის თუ არა დამოკიდებული ამომგდები ძალა ნივთიერებაზე, რომლისგაც დამზადებულია სხეული?

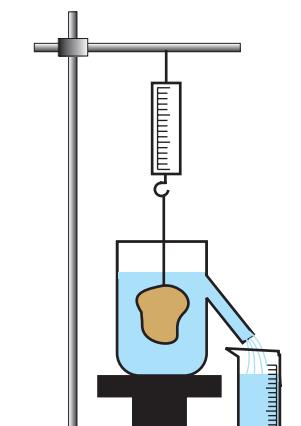
ამ საკითხების გასარკვევად ჩაატარე ექსპერიმენტული სამუშაო.

### ექსპერიმენტული სამუშაო

#### არქიმედეს კანონის შესწავლა

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, შტატივი, ნებისმიერი ფორმის სხეული, დინამომეტრი, ჭურჭელი გადმოსასხმელი მილით, მენზურა, წყალი, სასწორი საწონებით.

- მილის ქვეშ წინასაწარ მოათავსე მენზურა (სურ. 5.49).
- დინამომეტრის გამოყენებით აწონე სხეული;
- სხეული ჩაუშვი ჭურჭელში, რომელშიც ასხია წყალი გადმოსასხმელ მილამდე;
- განსაზღვრე სხეულის წონა წყალში;
- გაზომე ჭურჭლიდან მენზურაში გადმოსხმული წყლის მოცულობა. ცხადია, ეს მოცულობა სხეულის მოცულობის ტოლია.
- გამოთვალე სხეულის წონის ცვლილება და მენზურაში წყლის წონა (რა გზით შეძლებ ამის გაკეთებას?). თუ ექსპერიმენტი სწორად ჩაატარე, მაშინ სხეულის წონის



5.49

ცვლილება მენზურაში წყლის წონის ტოლია.

სხეულის წონის ცვლილება ამომგდები ძალის მოქმედების შედეგია. ნები-სმიერ სითხეში სხეულის წონა ( $P_1$ ) ნაკლებია, ჰაერში წონასთან ( $P_2$ ) შეადარებით. წონათა სხვაობა ტოლია სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალისა. შესაბამისად

$$F_s = P_2 - P_1$$

ან

$$F_s = mg$$

$mg$  არის სხეულის მოცულობის ტოლი სითხის წონა, ამიტომ

$$F_s = \rho g V$$

სადაც  $\rho$  სითხის სიმკვრივეა.

მიღებული ფორმულები მართებულია აირებისთვისაც.

ამგვარად, სითხეში ან აირში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედებს ვერტიკალურად ზევით მიმართული ამომგდები ძალა, რომლის სიდიდე ტოლია სხეულის მოცულობის მქონე სითხის ან აირის წონისა.

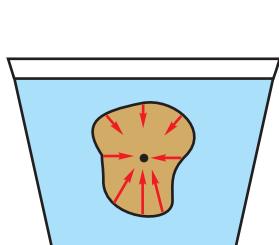
ეს არის არქიმედეს კანონი სითხეებისა და აირებისათვის.

თუ სხეულის ნაწილია სითხეში ან აირში, მაშინ ამომგდები ძალა, ცხადია, მოქმედებს მხოლოდ სხეულის ჩაძირულ ნაწილზე.

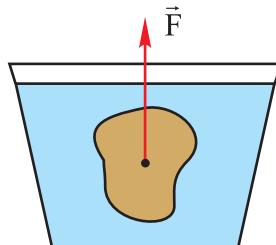
არქიმედეს ძალა არ არის დამოკიდებული ატმოსფერულ წნევასა და იმაზე, თუ რა ნივთიერებისგანაა დამზადებული სხეული, იგი დამოკიდებულია მხოლოდ სითხეში, ან აირში ჩაძირული სხეულის ნაწილის მოცულობასა და სითხის ან აირის სიმკვრივეზე.

რატომ არის არქიმედეს ძალა მიმართული ვერტიკალურად ზევით?

სითხეში ჩაშვებულ სხეულზე მოქმედებს წნევა, რომელიც სილრმის ზრდასთან ერთად იზრდება. ცხადია, გაიზრდება წნევის ძალაც (სურ. 5.50). სხეულზე გვერდიდან მოქმედი ძალები მოდულით ტოლია და მიმართულებით საპირისპირო, ამიტომ ისინი ერთმანეთს აწონასწორებენ. სხეულის ქვედა ნაწილზე მოქმედი წნევის ძალა კი მეტია ზედა ნაწილზე მოქმედ წნევის ძალასთან შედარებით, ამიტომ სხეულზე მოქმედი წნევის ძალების ტოლქმედი მიმართული იქნება ვერტიკალურად ზევით. (სურ. 5.51).



5.50



5.51

სითხეში ან აირში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედებს ვერტიკალურად ზევით მიმართული ამომგდები ძალა, რომლის სიდიდე ტოლია სხეულის მოცულობის მქონე სითხის ან აირის წონისა:

$$F_s = \rho g V$$



უასუხეთ კითხვებს, ამონებით ამოცავები

1. რას გვიჩვენებს დინამომეტრი, თუ მასზე დაკიდეს 1კგ რკინის საწონი? როგორ შეიცვლება დინამომეტრის ჩვენება, თუ საწონს ჩაუშვებოთ წყალში?

2. წყალში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედებს 26 ამომგდები ძალა. რა ძალით იმოქმედებს ზეთი ამ სხეულზე?

3. ჰაერიდან ნავთში ჩაშვებისას მასიური სხეულის წონა შემცირდა 240ნ-ით. განსაზღვრეთ სხეულის მოცულობა.

## 5.10.

## ცურვის პირობები. გემების ცურვა

რატომ ტივტივებს კორპისა და ხის სხეულები წყლის ზედაპირზე, მინისა და ლითონის სხეულები კი წყალში იძირება?

ეს მოვლენა შევისწავლოთ ექსპერიმენტის გამოყენებით

### ექსპერიმენტული სამუშაო

#### დაკვირვება სხეულთა ტივტივსა და ჩაძირვაზე

**რესურსები:** სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, კალამი, ფანქარი, სხვა-დასხვა სიმკვრივის სხეულები (ლითონის, პლასტმასის, კორპისა და სხვ.) და წყლიანი ჭურჭელი.

- რა მოხდება, თუ სხვადსხვა სიმკვრივის სხეულებს ჩაუშვებ წყალში?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმე ექსპერიმენტით;
- დააკვირდი სხეულთა განლაგებას წყალში. ისარგებლე ნივთიერებათა სიმკვრივის ცხრილით, შეადარე წყლისა და სხეულთა სიმკვრივეები და დაადგინე, რომელი სხეული ტივტივებს და რომელი — იძირება?

სითხეში სხეულზე მოქმედებს სიმძიმის და არქიმედეს ძალები. ამ ძალების ერთდროული მოქმედებით სითხეში სხეული ტივტივებს, ცურავს ან იძირება.

თუ არქიმედეს ძალა ნაკლებია სიმძიმის ძალაზე,

$$F_s < F_b$$

სხეული იმოძრავებს ფსკერისკენ — სხეული იძირება (სურ. 5.52).

თუ არქიმედეს ძალა ტოლია სიმძიმის ძალისა,

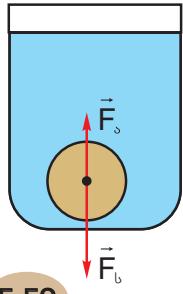
$$F_s = F_b$$

სხეული სითხის ნებისმიერ ადგილას გაწონასწორებულია — იგი ცურავს (სურ. 5.53).

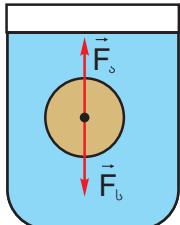
თუ არქიმედეს ძალა მეტია სიმძიმის ძალაზე,

$$F_s > F_b$$

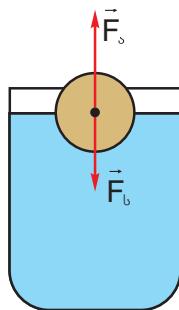
მაშინ სხეული იმოძრავებს სითხის ზედაპირისკენ და დაიწყებს ტივტივს (სურ. 5.54).



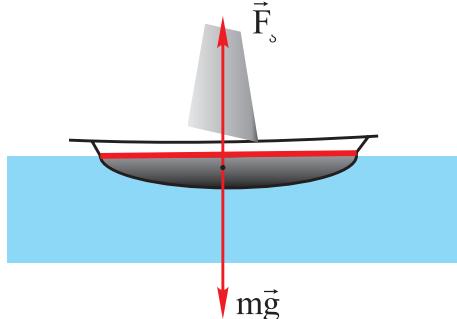
5.52



5.53



5.54



**5.55** არქიტედუს ძალა გემის წონის ჭოლია

ფორმულა  $F = F_s$  წარმოადგენს სხეულის ცურვის პირობას.

განვიხილოთ პირველი შემთხვევა (სურ. 5.52).

როდესაც სხეული მიაღწევს სითხის ზედაპირს, თანდათან შემცირდება სითხეში ჩაძირული ნაწილის მოცულობა. შესაბამისად, შემცირდება სხეულზე მოქმედი აქრიმედეს ძალის სიდიდე. როდესაც არქიმედეს ძალა გაუტოლდება სხეულზე მოქმედ სიმძიმის ძალას, სხეული დაიწყებს ცურვას.

ცურვის პირობა წარმოადგენს გემების

ცურვის საფუძველს. ცხადია, ყოველთვის სრულდება ცურვის პირობა: გემზე მოქმედი არქიმედეს ძალა გემის წონის ჭოლია (სურ. 5.55).



**5.56**

იმის მიხედვით, თუ რა ტვირთია გემზე, იგი ეშვება წყალში სხვადასხვა სიღრმეზე. რაც მეტია გემისა და ტვირთის წონა, მით მეტად ეშვება იგი წყალში.

გემის ცურვა უსაფრთხო რომ იყოს, მისი კორპუსი უნდა ჩაეშვას წყალში გარკვეულ სიღრმემდე. ნებისმიერი გემისათვის არსებობს მაქსიმალური ჩაძირვის დონე, რომელიც აღნიშნულია ხაზით. ამ ხაზს წყალხაზი ეწოდება.

გემების ძირითადი მახასიათებელია წყალწყვა — დატვირთული გემის მაქსიმალური წონა.

**წყალწყვა ჭოლია არქიმედეს ძალისა, რომელიც მოქმედებს გემის წყალხაზამდე ჩაშვებულ ნაწილზე.**

რაც მეტია წყალწყვა, მით მეტი ტვირთის გადაზიდვაა შესაძლებელი ამ გემით.

წყალწყვის განზომილებაა ნიუტონი. ხშირად მას გამოსახავენ მასის ერთეულებითაც. თანამედროვე გემების წყალწყვა ასიათასობით ტონას აღწევს.

წყლის ცოცხალი ორგანიზმების სიმკვრივე მცირედ განსხვავდება წყლის სიმკვრივისაგან. შესაბამისად, მათზე მოქმედი სიმძიმის ძალა თითქმის განონასწორებულია ამომგდები ძალით, ამიტომ წყლის ბინადართ არ სჭირდებათ ძლიერი და მასიური ჩონჩხები. ამავე მიზეზით განონასწორებულია წყალმცენარის ელასტიკური ღეროები (სურ. 5.56).

თევზებს აქვს საცურაო ბუშტი, რომლის მოცულობის ცვლილებით გადაადგილდებიან ვერტიკალური მიმართულებით. სიღრმეში ჩასვლისას თევზზე წყლის წევა იზრდება, საცურაო ბუშტი იკუმშება, შესაბამისად, მცირდება თევზის მოცულობა და, ცხადია, მცირდება მასზე მოქმედი ამომგდები ძალის სიდიდე. წყლის ზედაპირისკენ მოძრაობისას კი თევზზე წყლის წევა

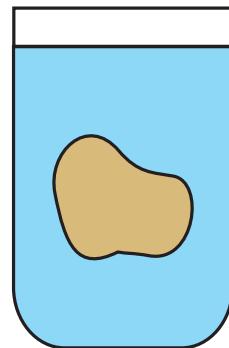
მცირდება, საცურაო ბუშტისა და თევზის მოცულობა იზრდება, ამიტომ მასზე მოქმედი ამომგდები ძალაც იზრდება. ამგვარად, თევზს შეუძლია გარკვეულ საზღვრებში არეგულიროს ცურვის სილრმე. ვეშაპი ცურვის სილრმეს არეგულირებს ფილტვების მოცულობის ცვლილებით.

**თუ სითხეში ჩაშვებულ სხეულზე მოქმედი არქიმედეს ძალა ტოლია სხეულის სიმძიმის ძალისა, მაშინ სხეული ცურავს სითხეში.**



### უასუხეთ კითხვებს, ამოცსებით ამოცანები

1. ცურვის დროს შეიცვლება თუ არა სხეულის წყალში ჩაძირული ნაწილის მოცულობა? პასუხი დაასაბუთე.
2. გემები მზადდება სხვადასხვა მასალისაგან, რომელთა სიმკვრივე გაცილებით მეტია წყლის სიმკვრივეზე. მიუხედავად ამისა, გემი არ იძირება. რატომ?
3. სხეული ცურავს მტკნარ წყალში (სურ. 5.57). შეასრულე ნახატი, როდესაც სხეული ნავთშია, ზღვის წყალშია, სპირტშია?
4. სამშენებლო ბლოკი, რომლის ზომებია  $40\text{см} \times 30\text{см} \times 25\text{см}$  ჩაიძირა წყალში. რამდენით შემცირდა მისი წონა?
5.  $0,6\text{м}^3$  მოცულობის სხეული ცურავს წყლის ზედაპირზე. გამოთვალე წყალზედა ნაწილის მოცულობა, თუ სხეულზე მოქმედი არქიმედეს ძალა 5კნ-ია.
6. დატვირთვისას ზღვაში გემის ჩაძირვის სილრმე გაიზარდა  $1,25\text{მ}-ით$ . წყალში გემის განივევეთის ფართობი ჩათვალე  $4000\text{მ}^2$ -ის ტოლად და გამოთვალე ტვირთის მასა.



5.57



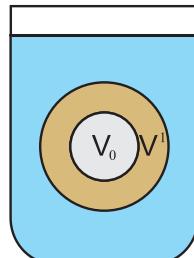
### ამოცანათა ამოცსების ნიმუში

#### ამოცანა

წყალში ცურავს  $30\text{g}$  მასის ფოლადის ლრუ სფერო (სურ. 5.58). გამოთვალეთ სილრუის მოცულობა.

#### ამოხსნა

$$\frac{V_0 - ?}{\text{მოც.: } m_g = 30\text{g} = 0,03\text{kg}; \\ \rho_{\text{წ}} = 1000\text{kg/m}^3; \\ \rho_{\text{წ}} = 7900\text{kg/m}^3.}$$



5.58

სილრუის მოცულობა

$$V_0 = V - V'$$

სადაც

$$V' = \frac{m}{\rho_g}$$

V სფეროს მოცულობაა. იგი შეიძლება განვსაზღვროთ ცურვის პირობიდან.

ცურვის პირობის თანახმად, სფეროზე მოქმედი სიმძიმისა და არქიმედეს ძალები ტოლია:

$$mg = \rho_e g V$$

საიდანაც

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

მიღებული გამოსახულებები ჩავსვათ სილრუის მოცულობის გამოსათვ-ლელ ფორმულაში:

$$V = m \left( \frac{1}{\rho_e} - \frac{1}{\rho_g} \right)$$

ამ ტოლობაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$V_0 = 26 \text{ см}^3$$

ამგვარად, ფოლადის სფეროს სილრუის მოცულობა  $26 \text{ см}^3$ -ია.  
პასუხი:  $26 \text{ см}^3$ .

### ამოცანა

ამოხსენით წინა ამოცანა იმ შემთხვევისათვის, როდესაც სილრუე სავსეა ნავთით.

#### ამოხსნა

|   |   |
|---|---|
| $\frac{V_0 - ?}{\text{მოც.}: m_g = 30 \text{ г} = 0,03 \text{ кг};}$ $\rho_e = 1000 \text{ кг/м}^3;$ $\rho_g = 7900 \text{ кг/м}^3;$ $\rho_b = 800 \text{ кг/м}^3.$ | <p>რადგან სილრუეში ნავთია, ამიტომ ცურვის პირობის ჩანერისას უნდა გავითვალისწინოთ <math>V_0</math> მოცულობის ნავთის წონაც:</p> $(m_g + m_b)g = \rho_e g V$ <p>სფეროს მოცულობა</p> $V = V_0 + V' = V_0 + \frac{m_g}{\rho_g}$ |
|---|---|

ნავთის მასა

$$m_b = \rho_b V_0$$

ამიტომ

$$m_g + \rho_b V_0 = \rho_e \left( V_0 + \frac{m_g}{\rho_g} \right)$$

მიღებული ტოლობიდან განვსაზღვროთ სილრუის მოცულობა:

$$V_0 = \frac{m_g \cdot \rho_g - \rho_e}{\rho_g - \rho_e}$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$V_0 = 131 \text{ см}^3$$

შევადაროთ მიღებული პასუხი წინა ამოცანის პასუხს.

იმ სფეროს სილრუის მოცულობა, რომელშიც ნავთი ასხია, გაცილებით მეტია. ცხადია, თვით სფეროს მოცულობაც მეტი უნდა იყოს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, სფეროზე მოქმედი სიმძიმის ძალა გადააჭარბებდა არქიმედეს ძალას და სფერო ჩაიძირებოდა.

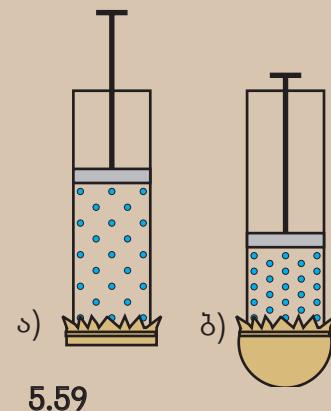
პასუხი:  $131 \text{ см}^3$ .



## შეამოწვევ შენი ცოდნა

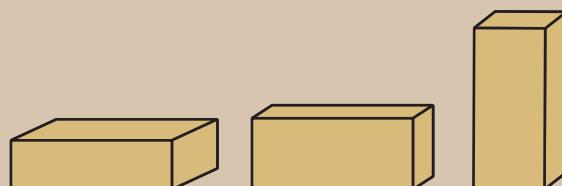
### I. დაასრულე წინადადება:

1. სითხე და აირი მასზე წარმოებულ წნევას უცვლელად გადასცემს . . . მყარი სხეული კი . . .
2. დგუშიანი მილის ბოლოში დამაგრებული რეზინის აფსკი გამოიბერა (5.59 ა, ბ), რადგან . . .
3. ჰიდრავლიკური მანქანით ძალას ვიგებთ იმდენჯერ, რამდენჯერაც . . .
4. ჭურჭლის ფსკერსა და კედლებზე სითხის წნევა დამოკიდებულია . . .
5. ზიარჭურჭელი არის . . .
6. ზიარჭურჭელში . . . ერთ დონეზე დგება.
7. ზიარჭურჭელში არაერთგვაროვანი შეურეველი სითხეები გამყოფი დონიდან მათი . . . უკუპროპორციულ სიმაღლეებზე დგება
8. დედამინის ირგვლივ ატმოსფეროს შენარჩუნებას განაპირობებს . . .
9. ატმოსფერულ წნევას, რომელიც ტოლია, . . . , ნორმალური ატმოსფერული წნევა ეწოდება
10. ატმოსფერული წნევის საზომი ხელსაწყოა . . .
11. ჰაერიდან სითხეში ჩაშვებისას სხეულის წონა . . . იმიტომ, რომ . . .
12. ამომგდები ძალა არ არის დამოკიდებული . . . იგი დამოკიდებულია . . .
13. სხეული სითხეში ცურავს, როდესაც . . .
14. სხეული სითხეში იძირება, როდესაც . . .



### II. მართებულია თუ არა მტკიცება:

1. ძელის სხვადასხვა მდებარეობისას მისი წნევა ზედაპირზე არ იცვლება, რადგან სამივე შემთხვევაში ზედაპირზე მოქმედებს ერთი და იგივე ძალა (სურ. 5.60).



2. მყარი სხელი მასზე წარმოებულ წნევას გადასცემს ძალის მოქმედების მიმართულებით

ა) დიახ; ბ) არა.

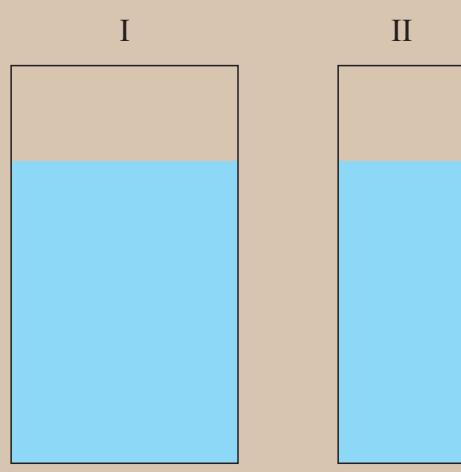
3. ჭურჭლის ფსკერზე სითხის წნევა დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის სვეტის სიმაღლეზე.

ა) დიახ; ბ) არა.

4. ჭურჭელში სითხის წნევა დამოკიდებულია ამ ჭურჭულის ფორმაზე

ა) დიახ; ბ) არა.

5. ჭურჭლის ფსკერზე სითხის წნევა I ჭურჭელში მეტია, ვიდრე II-ში, რადგან I ჭურჭელში წყლის მოცულობა და, შესაბამისად, მასაც მეტია, ამიტომ მეტი ძალით აწვება ფსკერს (სურ. 5.61).



ა) დიახ; ბ) არა.

6. 1მმ ვერცხლისნყლის სვეტის წნევა 133პა-ის ტოლია.

ა) დიახ; ბ) არა.

7. თუ დედამიწის ზედაპირზე ნორმალური ატმოსფერული წნევაა, მაშინ დედამიწის ზედაპირიდან 240მ სიმაღლეზე ატმოსფერული წნევა იქნება 740მმ ვწყ.სვ.

ა) დიახ; ბ) არა.

### III. რომელია სწორი პასუხი?

1. ცილინდრულ ჭურჭელში ორთქლის წნევა  $120\text{N}/\text{სმ}^2$ -ია. რა ძალით იმოქმედებს ორთქლი დგუშზე, რომლის ფართობია  $100\text{სმ}^2$ ?

ა) 1200ნ; ბ) 1,2ნ-ით; გ) 12კნ-ით.

2. ჰიდრაულიკური მანქანის დიდი დგუშის ფართობია  $40\text{სმ}^2$ , მცირე დგუშის —  $10\text{სმ}^2$ , ამიტომ ამ მანქანით ძალას მოვიგებთ

ა) 4-ჯერ; ბ) 400-ჯერ; გ) 40-ჯერ.

3. ჰიდრაულიკური მანქანის დგუშების ფართობების შეფარდებაა  $1 : 2000$ . რა ძალით უნდა ვიმოქმედოთ მცირე დგუშზე, რომ დიდ დგუშზე სხეული დაინეხოს  $600\text{კნ}$  ძალით?

ა) 12კნ; ბ) 120კნ; გ) 300ნ.

4. რა სილრმეზე ზღვაში წნევა  $180\text{კპა}$ ? ჩათვალე, რომ  $g=10\text{N}/\text{კგ}$ .

ა) 18მ; ბ) 7,6მ; გ) 17,5მ.

5. რას უდრის წყლის წნევა ზღვაში  $1\text{კმ}$  სილრმეზე?

ა)  $10,3 \cdot 10^3\text{კპა}$ ; ბ)  $10300\text{კპა}$ ; გ)  $10300\text{კგ}$ .

6. ზიარჭურჭლის ერთ მუხლში ასხია ორჯერ ნაკლები სიმკვრივის სითხე, ვიდრე მეორე მუხლში. შეადარე ამ სითხეების სიმაღლეები.

ა) პირველის ორჯერ ნაკლებია; ბ) პირველის ორჯერ მეტია; გ) მეორის ორჯერ მეტია.

7. წყალში ჩაშვებულია ერთნაირი მოცულობის ალუმინის მასიური და ღრუსფერობი. შეადარე მათზე მოქმედი ამომგდები ძალები.

ა) მასიურ სფეროზე მეტია; ბ) ღრუ სფეროზე ნაკლებია; გ) ტოლია.

### IV. უპასუხე კითხვებს:

1. სითხე გადასხეს ბოთლიდან განიერ ჭურჭელში. რომელი ფიზიკური სიდიდეები შეიცვალა: სითხის მასა, სითხის წნევა, სიმძიმის ძალა, სითხის წონა, სიმკვრივე?

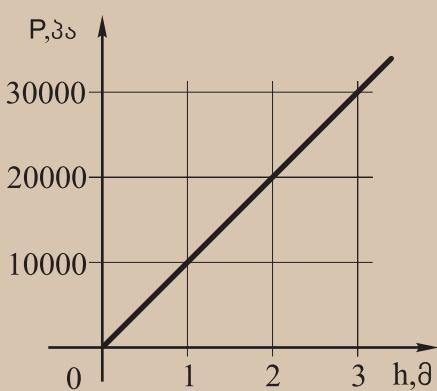
2. როგორ შეიცვლება ატმოსფერული წნევა დედამიწის ზედაპირიდან სიმაღლის ზრდისას?

3. დამოკიდებულია თუ არა ტორიჩელის ცდის შედეგი ვერცხლისნყლიანი მილის დიამეტრზე?

4. 5.62 სურათზე მოცემულია სითხის წნევის სილრმეზე დამოკიდებულების გრაფიკი. გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრე სითხის წნევა 3მ სილრმეზე. რომელ სითხეს შეესაბამება გრაფიკი?

5. წყალში ჩაშვებულია ერთნაირი მოცულობის ფოლადისა და ალუმინის სხეულები. შეადარეთ მათზე მოქმედი ამომგდები ძალები.

6. წყალში ცურავს, თუ იძირება  $360\text{კგ}$  მასისა და  $0,2\text{მ}^2$  მოცულობის სხეული?



5.62

# პასუხები

## I თავი

### §1.2

4. აზრი და ფიქრი არ არის მატერიალური, რადგან ისინი რეალურად არ არ-სებობს, ჩვენ ცნობიერებაშია.

### §1.3.

2. 0,0064 $\theta^2$ . 3. 120 $\theta$ . 4. 1440 $\theta$ ; 86400 $\theta$ . 6. 100ჰა. 7. 0,04ლ.

### §1.4.

2. 0,1სმ.

3. 250მლ; 5მლ.

## II თავი

### §2.2

1. გახურებისას მავთულის მოლეკულები ერთმანეთს შორდება, გაციებისას — უახლოვდება.

2.  $20^{\circ}\text{C}$  მიუთითებს იმაზე, რომ ხელსაწყო ზუსტად მუშოაბს ამ ტემპერატურაზე. ტემპერატურის ცვლილება იწვევს ხელსაწყოს ცალკეული დეტალის ზომის შეცვლას, ამიტომ ხელსაწყოს გაზომვის სიზუსტე ირღვევა.

3. 0,0000001მმ.

### §2.3

1. ბოლის ნაწილაკების დიფუზია ჰაერში.

2. ჰაერის მოლეკულებთან შეჯახების შედეგად სუნამოს მოლეკულები მრავალჯერ იცვლიან სიჩქარის სიდიდეს და მიმართულებას, ამიტომ სუნამოს სუნი ნაკლები სიჩქარით ვრცელდება.

3. ტემპერატურის გაზრდით.

4. დასამუავებელ პროდუქტსა და მარილიან წყალს შორის ხდება დიფუზია.

5. ქაოსურად.

6. ნაფტალინის ზედაპირიდან მოლეკულები გადადიან ჰაერში და დიფუზიის შედეგად ხდება სუნის გავრცელება.

7. საღებავი თანდათან იხსნება წყალში – საღებავის მოლეკულები აღწევენ წყლის მოლეკულებს შორის.

### §2.4

2. ერთი და იმავე ნივთიერების სხვადასხვა აგრეგატული მდგომარეობები ერთმანეთისაგნ განსხვავდება მოლეკულათა ურთიერთგანლაგებით — აირად მდგომარეობაში მოლეკულებს შორის მანძილები გაცილებით მეტია, ვიდრე თხევადში. აქედან გამომდინარე ჟანგბადის გადაყვანა აირადიდან თხევად მდგომარეობაში შესაძლებელია მისი შეკუმშვით.

### §2.6

1. ისარი, რომელიც გვიჩვენებს გამყარებას, მიმართულია სითხიდან მყარი მდგომარეობისაკენ. აქედან გამომდინარე: გამყარება არის ნივთიერების გა-დასვლა თხევადიდან მყარ მდგომარეობაში და ა.შ.

2. არა; არა.

3. დიფუზია.

4. ცარცის მოლეკულებს შორის მიზიდვის ძალა მცირეა, ვიდრე მარმარილოს მოლეკულებს შორის, ამიტომ ცარცის ნაწილაკები გადადიან ცარციდან დაფაზე.

### §2.7

1. მძიმედან, რადგან გადმოხტომისას მძიმე ნავის სიჩქარის ცვლილება ნაკლებია, ვიდრე მსუბუქის.

2.  $4\text{f}=4000\text{g}$ ;  $0,3\text{f}=300\text{g}$ ;  $10\text{f}=1000\text{g}$ ;  $0,05\text{f}=5\text{g}$ ;  $250\text{g}=0,25\text{f}$ ;  
 $20\text{g}=0,02\text{f}$ ;  $40\text{g}=0,00004\text{f}$ .

3.  $6,9\text{s}^3/\text{m}^3$ .

4.  $200\text{g}$ .

5.  $6\text{s}^3/\text{m}^3$ ;  $6\text{s}^3/\text{m}^3$ ;  $200\text{g}$ .

6.  $32,12\text{g}$ .

7. ანალიზური სასწორის სიზუსტე  $100000$ -ჯერ მეტია, ამიტომ ამ სასწორით აწონისას მივიღებთ მასის უფრო ზუსტ მნიშვნელობას.

### §2.8

1.  $700\text{g}/\text{m}^3$ .

2.  $100\text{s}^3$ .

3.  $800\text{g}$ .

4. ალუმინის. რადგან ალუმინის სიმკვრივე ნაკლებია სპილენდისაზე, ამიტომ ალუმინის სხეულის მოცულობა მეტია იმავე მასის სპილენდის სხეულის მოცულობაზე და, შესაბამისად, წყლის დონე მეტად აინევს მასში ალუმინის სხეულის ჩაგდებისას.

5.  $0,9\text{g}$ ;  $2,16\text{g}$ ;  $11,3\text{g}$ .

რადგან კუბების წიბოები  $10\text{s}^3$ -ია, თითოეულის მოცულობა იქნება:  
 $V=1000 \text{ s}^3 = 0,001\text{m}^3$ .

თითოეული კუბის მასა კი — მოცულობისა და სიმკვრივის ნამრავლი.

7. არ არის დამოკიდებული

9.  $270\text{g}$ .

ალუმინის ძელის მასის გამოსათვლელად სურათის მიხედვით უნდა განისაზღვროს ძელის მოცულობა, რომელიც ტოლია მენზურაში წყლის დონეთა ცვლილებისა

$V=500\text{m}^3 - 400\text{m}^3 = 100\text{m}^3 = 0,000001\text{m}^3$

10. უნდა გამოვიყენოთ სხვადასხვა სიმკვრივის სითხეები.

## III თავი

### §3.1

3. მდინარეში წყლის მიმართ, ტივში მჯდომი ადამიანების მიმართ, რადგან ამ სხეულების მიმართ ტივის მდებარეობა არ იცვლება.

4. თითოეული ავტომობილი მეორის მიმართ იქნება უძრავი, დედამინის მიმართ — მოძრავი.

5. ა) მოძრავია მოძრავ ავტობუსში მყოფი მგზავრი; ბ) მოძრავია გაჩერებაზე მდგომი მგზავრი.

6. ამ შემთხვევაში ათვლის სხეული მოძრავი ღრუბლებია — მთვარის მოძრაობას განვიხილავთ სწრაფად მოძრავი ღრუბლების მიმართ.

7. ა) აღმოსავლეთის მიმართულებით იმავე სიჩქარით; ბ) აღმოსავლეთის მიმართულებით ავტომობილის სიჩქარეზე მეტი სიჩქარით.

### §3.2

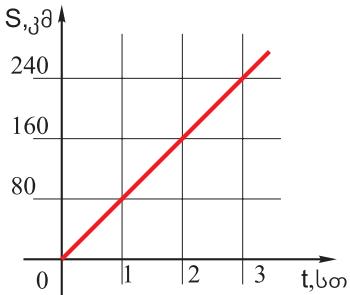
1. ა) არა; ბ) დიახ.

§3.3

1.  $5\theta/6\theta; 10\theta/6\theta; 25\theta/6\theta.$
2. 5გმ.
3. 8,3ნთ.
4.  $333\theta/6\theta; 1493\theta/6\theta.$

§3.4

1.  $160\text{გ}\theta.$

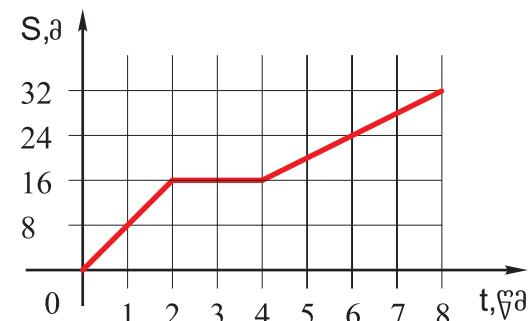


2.  $40\theta; 8\theta/6\theta.$

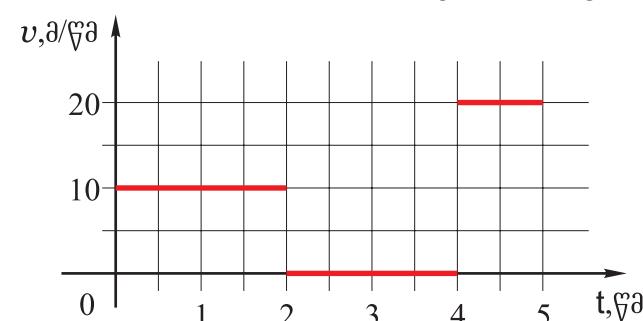
3. პირველი.

4. პირველის სიჩქარე 3-ჯერ მეტია, ამიტომ იგი 3-ჯერ მეტ მანძილს გაივლის.

5. დაკვირვების დაწყებიდან 2ნმ-ის განმავლობაში სხეული მოძრაობდა თანაბრად  $8\theta/6\theta$  სიჩქარით. შემდეგი 2ნმ გაჩერებული იყო, ბოლო 4ნმ იმოძრავა თანაბრად  $4\theta/6\theta$  სიჩქარით.



6. პირველი 2ნმ-ის განმავლობაში სხეული მოძრაობდა თანაბრად  $10\theta/6\theta$  სიჩქარით და გაიარა 20გ, შემდეგი 2ნმ-ის განმავლობაში უძრავი იყო, მე-5 ნამში მოძრაობდა თანაბრად  $20\theta/6\theta$  სიჩქარით და გაიარა 20გ.



§3.5

1. ავტობუსის მოძრაობა არათანაბარია; ა)  $60\text{გ}\theta/\text{სთ};$  ბ)  $80\text{გ}\theta/\text{სთ};$  გ)  $40\text{გ}\theta/\text{სთ}.$
2. 3ნთ.
3.  $50\text{გ}\theta/\text{სთ}.$
4.  $48\text{გ}\theta/\text{სთ}.$
5. ა) პირველი 2ნმ-ის განმავლობაში თანაბრად, შემდეგი 3ნმ-ის განმავ-

ლობაში უძრავია, მეექვსე წამში თანაბრად მოძრაობს, ბოლო 2წმ-ის განმავლობაში უძრავია; ბ) პირველ 2წმ-ში გავლილი მანძილი 6მ-ია, სიჩქარე — 3მ/წმ, მომდევნო 3წმ-ში გავლილი მანძილიც და სიჩქარეც ნულის ტოლია, მე-6წმ-ში გავლილი მანძილი 2მ-ია, სიჩქარე — 2მ/წმ; ბოლო 2წმ-ში გავლილი მანძილი და სიჩქარე ნულის ტოლია; გ) 1მ/წმ.

### §3.6

1. ნრფივად და თანაბრად.
2. 8მ; 0.
3. 8მ.
4. 4მ.
5. 0.
6. 0.
7. 120მ.
9. 7კმ; 5კმ.
10. ა) 30კმ; ბ) 7სთ, 2სთ; გ) 5კმ/სთ, 2,5კმ/სთ, 0; 5კმ/სთ; დ) 3,3კმ/სთ.

## IV თავი

### §4.1

1. არა.
2. გზატკეცილთან ხახუნი და ჰაერის წინააღმდეგობა.
3. უკან მომავალი ავტომობილის მძლოლისათვის — მან უნდა გაითვალისწინოს, რომ ძლიერი დამუხრუჭების შემთხვევაშიც კი ვერ შეძლებს ავტომობილის მყისიერ შეჩერებას.
4. სველი ტანსაცმლის სიჩქარე დაბერტყვის დასრულების მომენტში მყისიერად ხდება ნულის ტოლი, მასთან ერთად მოძრავი წყლის წვეთები, ინერციის გამო, უცბად ვერ ასწრებენ სიჩქარის შეცვლას და ტოვებენ ტანსაცმელს.
5. როდესაც მატარებელი მოძრაობს ბურთიც, ე.ი. უძრავია მაგიდის მიმართ. თუ ბურთი ამოძრავდა მატარებლის მოძრაობის მიმართულებით, ეს იმას ნიშნავს, რომ მატარებლის სიჩქარე შემცირდა, ბურთმა კი ინერციით გააგრძელა მოძრაობა.
6. ავტობუსის დაძვრისას მგზავრი გადაიხრება უკან, რადგან, ინერციის გამო, იგი ცდილობს შეინარჩუნოს უძრაობის მდგომარეობა. მკვეთრი დამუხრუჭებისას მგზავრი წინ გადაიხრება, რადგან ინერციით აგრძელებს წინ მოძრაობას. ავტობუსის მარჯვნივ მოხვევისას მგზავრი გადაიხრება მარცხნივ, მარცხნივ მოხვევისას კი — მარჯვნივ.
7. როდესაც ავტომობილი მოძრაობს თანაბრად, იმავე სიჩქარით მოძრაობს ცისტერნაში ბენზინი, ამიტომ მისი ზედაპირი ჰორიზონტალურია (იგულისხმება, რომ მოძრაობა ჰორიზონტალურ ზედაპირზე), ე.ი. ა) შემთხვევაში ავტომობილი მოძრაობს თანაბრად; ბ) შემთხვევაში ავტომობილის სიჩქარე იზრდება, ბენზინი კი, ინერციის გამო, ცდილობს შეინარჩუნოს თავისი სიჩქარე და ცისტერნის უკანა კედელთან მისი ზედაპირის დონე მაღალა იწევს; გ) შემთხვევაში მანქანის სიჩქარე მცირდება, ბენზინი, ინერციის გამო, აგრძელებს მოძრაობას თავისი სიჩქარით, ამიტომ ცისტერნის უკანა კედელთან მისი დონე დაბლა იწევს.

### §4.2

1. 66, 46, მიმართულებით.
5. 116; 36.
6. ა) ურთიერთსაპირისპირო; ბ) ერთი მიმართულების.

#### §4.3

1. 4.20,ა სურათზე ზამპარის დეფორმაციის მიზეზია სხეულის მოქმედება, შედეგი — ზამპარის გაჭიმვა.

4.20,ბ სურათზე ზამპარის დეფორმაციის მიზეზი სხეულის მოქმედებაა, შედეგი კი — ზამპარის შეკუმშვა.

4.20,გ სურათზე ღეროს დეფორმაციის მიზეზი სხეულის მოქმედებაა, შედეგი კი — ღეროს გაღუნვა.

4.20,დ სურათზე სხეულის დეფორმაციას იწვევს ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული ძალები, რის შედეგადაც სხეული იგრიხება.

2. 36.

3. 66; 2სმ; 150ნ/გ.

4. 50ნ/გ.

#### §4.4

1. სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია, ამიტომ სხეული უძრავია, ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად.

2. ზომავს მავთულზე მოქმედ გამჭიმავ ძალას (რომელიც მავთულში აღძრული დრეკადობის ძალის ტოლია).

3. 10000ნ/გ.

4. დრეკად თვისებებს ინარჩუნებს იმ შემთხვევაში, თუ ზამპარაზე მოქმედი ძალა გადააჭარბებს 80ნ-ს; ა) დიახ; ბ) არა.

5. 0,5სმ; 20000ნ/გ.

#### §4.5

1. 1. 4006.

2. სხეულებზე მოქმედი სიმძიმის ძალები შესაბამისად არის: 40ნ, 20ნ, 10ნ. ეს ძალები მოდებულია სხეულების გეომეტრიულ ცენტრში და მიმართულია ვერტიკალურად ქვევით. თითოეული სხეულის წონის სიდიდე და მიმართულება იგივეა, რაც სიმძიმის ძალის სიდიდე და მიმართულება, მოდების წერტილი კი საყრდენზე მდებარეობს.

3. პირველ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა 10-ჯერ მეტია.

4. 6-ჯერ გაიზრდება.

5. 30ნ; 56; 12კნ.

6. 4კგ.

7. 9,36.

8. 1,2კგ. წონის ვექტორი სიმძიმის ძალის სიდიდის და მიმართულებისაა, მოდების წერტილი კი საყრდენზე მდებარეობს.

#### §4.6

1. გაიზრდება 0-დან 10ნ-მდე.

2. არა, რადგან მასზე მოქმედებს ხახუნის ძალა.

3. ხელისგულებსა და რგოლებს შორის ხახუნის გაზრდის მიზნით.

4. უხეში; ხახუნის გაზრდის მიზნით.

#### §4.7

1. ორივე შემთხვევაში F ძალის საპირისპირო მიმართულება.

2. 0,5.

3. 10ნ

4. 80კგ.

## V თავი

### §5.1

1. წნევის შესამცირებლად.
2. შეხების ფართობის შესამცირებლად და, შესაბამისად, წნევის გასაზრდებლად.
3. შეხების ფართობის გასაზრდელად და, შესაბამისად, წნევის შესამცირებლად.
4. დიდ წნევას განაპირობებს ნემსის წვერის ძალიან მცირე ფართობი.
5. რადგან ცალი ხელით ჩამოკიდებისას წნევა 2-ჯერ მეტია, ვიდრე ორივე ხელით ჩამოკიდებისას.
6.  $1006/\text{სმ}^2 > 10\text{კნ}/\text{მ}^2 > 1000\text{პა}$ .
7.  $41,7\text{კპა}; 2\text{-ჯერ } \text{გაიზრდება}, \text{რადგან } \text{სიარულის } \text{დროს } \text{გოგონას } \text{იატაკთან } \text{შეხების } \text{ფართობი } 2\text{-ჯერ } \text{მცირდება.}$
8. ბ) საწონი, რადგან მისი საყრდენთან შეხების ფართობი ნაკლებია, ვიდრე ა) საწონის.
  9.  $4\text{კპა}; 1,3\text{კპა}$ .
  10. ა) 1 წერტილი; ბ) 4 წერტილი.

### §5.2

1. ა) ჭურჭლის ფსკერს; ბ) ჭურჭლის მთელ ზედაპირს.
2. ტყვიის მიერ წარმოებულ წნევას წყალი გადასცემს ყველა მიმართულებით, ამიტომ ჭურჭელი სკდება. ყინული კი წნევას გადასცემს ძალის მოქმედების მიმართულებით, ამიტომ ყინული და ჭურჭელი იხვრიტება.
3. მილში ჰაერის მოცულობის შემცირებისას დგუშის მიერ წარმოებული წნევა თანაბრად გადაეცემა ყველა მიმართულებით, ამიტომ აფსკი გამოიბერება. მოცულობის შემცირებისას წნევა გაიზრდება და აფსკი მეტად გამოიბერება. აირის მოცულობის გაზრდა კი გამოიწვევს აფსკზე წნევის შემცირებას და შესაძლებელია აფსკი მილში შეინიოს.

### §5.3

1. აფეთქებისას წარმოებული წნევა ყველა მიმართულებით თანაბრად გადაეცემა წყალს და, ცხადია, ნავსაც.
2. ტუბზე ხელის დაჭერით წარმოებული წნევა თანაბრად გადაეცემა პასტის ყველა მიმართულებით.
3. შეიცვლება მოცულობა, სიმკვრივე, წნევა.
4. მცირე მოცულობის ჭურჭელში, რადგან ნაკლები მოცულობის ჭურჭელში იმავე რაოდენობის მოლეულები მეტ წნევას აწარმოებენ.

5. 2006.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

### §5.4

1. 200-ჯერ.
2. 206.
3. 20-ჯერ.

$$4. \frac{F_2}{F_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

### §5.5

1. წვრილი და გრძელი მილი ივსება ფინჯანი წყლით. მილის ბილოში სითხის წნევა პროპორციულია სითხის სვეტის სიმაღლისა. ეს წნევა, პასკალის კანონის თანახმად, თანაბრად გადაეცემა კასრში მოთავსებული წყლის თითოეულ წერტილს და კასრზე ჩნდება ბზარები.

2. სიმძიმის ძალით გამოწვეული სითხის წნევა პროპორციულია სითხის სიმკვრივის და სითხის სვეტის სიმაღლისა. რადგან ჭურჭლებში სითხეების სიმაღლები ტოლია, ამიტომ წნევა მეტი იქნება იმ ჭურჭლის ფსკერზე, რომელშიც ასხია დიდი სიმკვრივის სითხი. წყლის სიმკვრივე მეტია ნავთის სიმკვრივეზე, შესაბამისად, წნევა მეტი იქნება წყლიანი ჭურჭლის ფსკერზე.

3. 100კბა.
4. 970გ.
5. 966.
6. 106; 56.
7. ნავთს.

### §5.6

1. მეორე მუხლში წყლის დონე შეესაბამება  $k$  წერტილზე გამავალ ჰორიზონტალურ წრფეს.

2. არა.

3. ა) ზიარჭურჭელში ზეთია, ბ) ზიარჭურჭელში კი — ვერცხლისწყალი. ვერცხლისწყლის სიმკვრივე 13,6-ჯერ მეტია წყლის სიმკვრივეზე, ამიტომ ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლე 13,6-ჯერ ნაკლები იქნება წყლის სვეტის სიმაღლეზე. ზეთისა და წყლის სიმკვრივებს შორის სხვაობა გაცილებით მცირეა, ამიტომ ზეთისა და წყლის სვეტის სიმაღლეებს შორის სხვაობაც მცირე იქნება.

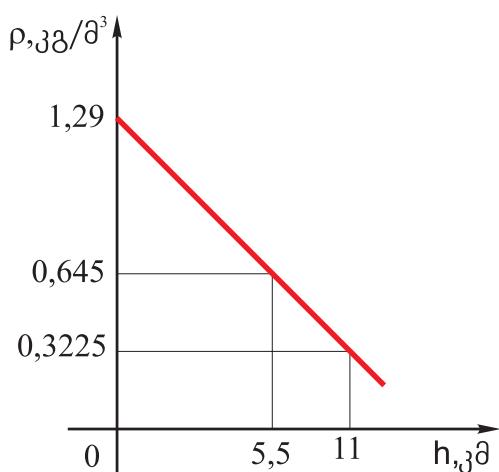
4. 4სმ.

5. ზიარჭურჭლის კანონის თანახმად — ჭის სიღრმეზე დედამინის ფენებში წყლის დონის მომატება იწვევს ჭაში წყლის დონის აწევას.

### §5.7

1. ატმოსფერული წნევა მოქმედებს სითხეზე, ამიტომ სითხე შეიწოვება პიპეტში, რომელშიც წნევა ატმოსფერულზე ნაკლებია. შენოვა გაგრძელდება მანამ, სანამ პიპეტში სითხის წნევა არ გაუტოლდება ატმოსფერულ წნევას.

- 2.



3. არა, რადგან წყალზე არ მოქმედებს ჰაერის წნევა.

### §5.8

2. 757მმ.ვწყ.სვ. შენობის სიმაღლე 36მ-ია. რადგან ყოველ 12მ-ზე ატმოსფერული წნევა მცირდება ვერცხლისწყლის სვეტის 1მმ-ით, ამიტომ შენობის სახურავზე ატმოსფერული წნევა შემცირდება ვერცხლისწყლის სვეტის 3მმ-ით.

3. არა, რადგან ჰაერის სიმკვრივე სხვადასხვა სიმაღლეზე განსხვავებულია.

4. უცვლელი ატმოსფერული წნევის დროს, რაც უფრო მეტად დავხრით მილს, მით მეტად აიწევს მასში ვერცხლისწყლის დონე.

5. 76სმ-ზე.

6. ჰაერის ამოტუმბის შემდეგ სფეროში წნევა გაცილებით ნაკლებია ატმოსფერულ წნევასთან შედარებით, ამიტომ ლითონის ნახევარსფეროების დაშორება ძნელია.

## შეამოწმე შენი ცოდნა

### I თავი

I.

1. ოზომება.
2. არ იზომება.
3. 100სმ.
4. 0,1°C.

5. მის შედარებას ისეთივე სიდიდესთან, რომელიც მიღებულია ერთეულის ტოლად.

II.

1. a) დიახ.
2. a) დიახ.
3. ბ) არა

III.

1. გ) 300სმ<sup>2</sup>. 2. ა) 60მ<sup>3</sup>. 3. გ) 9სმ<sup>2</sup>; 12სმ. 4. ბ) 1სმ<sup>2</sup>. 5. ბ) 24სმ. 6. ბ) 27სმ<sup>3</sup>. 7. ბ) 2დმ.  
8. ა) 1სმ. 9. ა) 200მ. 10. ბ) 3600ნმ.

IV.

1. ნივთიერებაა: ალუმინი, სპილენდი, მინა, ყინული, ზეთი, ნავთი;

სხეულია: ნიგნი, ფანქარი, კოვზი, ზამბარა, ჭიქა.

2. 655,2სთ; 39312ნთ.

### II თავი

I.

1. მის შემადგენელ მოლეკულებს შორის მანძილების ცვლილება.  
2. ის, რომ ნივთიერება შედგება ქაოსურად მოძრავი ნაწილაკებისაგან,  
რომელთა შორის შუალედებია.  
3. ტემპერატურაზე.  
4. მათ შორის მოქმედებს მიზიდვის ძალები.  
5. აირად.  
6. მყარ.

II.

1. გ) ერთნაირია.  
2. ბ) რომელსაც აქვს ამ ნივთიერების ქიმიური თვისებები.  
3. ბ) მასში მოლეკულათა რიცხვი ძალიან დიდია, ზომები კი — იმდენად მცირე,  
რომ მათი დანახვა შეუიარაღებელი თვალით შეუძლებელია.  
4. ა) ერთი ნივთიერების ქაოსურად მოძრავი მოლეკულები აღწევენ მეორის  
მოლეკულებს შორის.  
5. გ) მოლეკულების ზომები.  
6. ბ) დიფუზის სიჩქარე იზრდება.  
7. გ) მიზიდვისა და განზიდვის ძალები.  
8. გ) ჰაერს.  
9. ბ) გაიზრდება.  
10. გ) აირის მოლეკულები მოძრაობენ ქაოსურად და პრაქტიკულად არ

ურთიერთქმედებენ, ამიტომ აირი იკავებს მისთვის დათმობილ მოცულობას.

11. ბ) გაიზრდება.
12. ა) ერთნაირია.
13. 1.

#### IV.

დიფუზია არის ფიზიკური მოვლენა.

მოცულობა არის ფიზიკური სიდიდე.

ვერცხლისწყალი არის ნივთიერება.

ვერცხლისწყლის წვეთი არის ფიზიკური სხეული.

#### III თავი

##### I.

1. მისი ზომები გაცილებით ნაკლებია განსახილველ მანძილებთან შედარებით.
2. ერთი და იგივე სხეული შეიძლება მოძრაობდეს ერთი ათვლის სისტემის მიმართ და იმავდროულად უძრავი იყოს მეორის მიმართ.
3. მასა და სხეულის ყველა თვისება.
4. იმავე სიჩქარითა და იმავე მიმართულებით მოძრავი ნებისმიერი სხეულის მიმართ (მაგალითად, მძღოლის მიმართ).
5. რამდენჯერაც იზრდება მოძრაობის დრო, იმდენჯერ იზრდება გავლილი მანძილი.
6. დროთა ლერძის პარალელურ წრფეს.

##### II.

1. ა) დიახ; 2. ბ) არა; 3. ბ) არა; 4. ა) დიახ;

##### III.

1. გ) ორივე სხეულის მოძრაობა თანაბარია.

2. დ)  $20\text{d}$ .

3. გ)  $5\text{d}$ .

4. გ)  $v_1 = 6\text{d}/5\text{d}$ ,  $v_2 = 2\text{d}/6\text{d}$ .

#### IV.

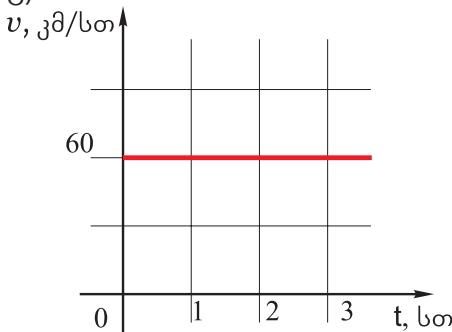
1. მოძრავია: დედამიწა, შენობები, ხეები, რკინიგზის ბაქანი; უძრავია: მატარებლის მგზავრები, მემანქანე.

2.  $36\text{jm/s}$ ;  $18\text{jm/s}$ ;  $0,18\text{jm/s}$ .

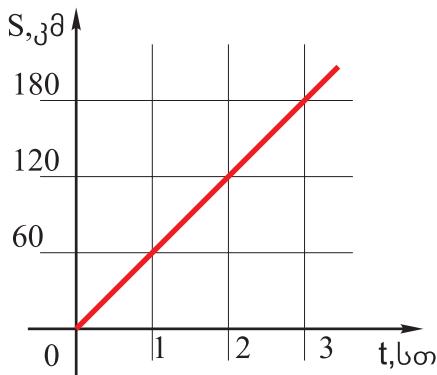
3.  $5\text{d}/5\text{d}$ ;  $15\text{d}/5\text{d}$ ;  $20\text{d}/5\text{d}$ .

4. ა)  $3\text{s}$ ; ბ)  $10\text{jd}$ .

გ)



დ)



5.  $3,5 \text{ см/сек}$

#### IV თავი

I.

1. მოძრაობს წრფივად და თანაბრად.
2. წრფივად და თანაბრად.
3. დრეკადობის ძალა.
4. დრეკადობის ძალა წაგრძელების.
5. ხახუნის ძალა

II.

1. ბ) არა; 2. ა) დიახ; 3. ა) დიახ; 4. ა) დიახ; 5. ბ) არა; 6. ა) დიახ; 7. ბ) არა; 8. ბ) არა; 9. ბ) არა; 10. ა) დიახ.

III.

1. ბ) 986.
2. გ) 1კგ.
3. ა) 0,5.
4. გ) არ შეცვლება.

IV.

1. წონა მოდებულია: ა) A წერტილზე, ბ) K წერტილზე.  
სიმძიმის ძალა მოდებულია: ა) B წერტილზე, ბ) O წერტილზე.
2. 156.
3. 316მნ; 15,86/მ.
4. 106; 4კგ.
5. 5ნ; ურთიერთსაპირისპირო.
6. 1 წერტილი.
7. პირველი ზამბარის სიხისტე მეტია მეორისაზე.

#### V თავი

I.

1. ყველა მიმართულებით / ძალის მოქმედების მიმართულებით.
2. მილში წნევამ გადააჭარბა ატმოსფერულ წნევას.
3. დიდი დგუშის ფართობი მეტია მცირე დგუშის ფართობზე.
4. სითხის სიმკვრივესა და სიმაღლეზე.
5. საერთო მილით შეერთებული ჭურჭლები.
6. ერთგვაროვანი სითხე.
7. სიმკვრივეების.

8. სიმძიმის ძალა და მოლეკულების უწყვეტი, ქაოსური მოძრაობა.

9. რომელიც ტოლია  $760\text{მმ}$  ვერტიკალური ვერცხლისწყლის სვეტის  $0^{\circ}\text{C}$ -ზე.

10. ბარომეტრი.

11. მცირდება/მასზე მოქმედებს ვერიკალურად ზევით მიმართული ამომგდები ძალა.

12. სხეულის სიმკვრივეზე/სითხის სიმკვრივესა და სხეულის მოცულობაზე.

13. სხეულზე მოქმედი არქიმედეს ძალის სიდიდე ტოლია სიმძიმის ძალის სიდიდისა.

14. სიმძიმის ძალის სიდიდე გადააჭარბებს სხეულზე მოქმედი არქიმედეს ძალის სიდიდეს.

II.

1. ბ)არა; 2. ა) დიახ; 3. ბ) არა; 4. ბ) არა; 5. ბ) არა; 6. ა) დიახ; 7. ა) დიახ.

III.

1. გ) 12,6.
2. ა) 4-ჯერ.
3. გ) 3006.
4. გ) 17,5მ.
5. გ) 10300კპა.
6. ბ) პირველის 2-ჯერ მეტია.
7. გ) ტოლია.

IV.

1. სითხის  $0^{\circ}\text{C}$ .
2. 30კპა; ნყალს.
3. შემცირდება.
4. არა.
5. ერთნაირია.
6. იძირება.

## დანართი

### ათჯერადი თავსართები

| დასახელება | აღნიშვნა | დამოკიდებულება ძირითად ერთეულთან  |
|------------|----------|-----------------------------------|
| ტერა       | ტ        | $1000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$   |
| გიგა       | გ        | $1000\ 000\ 000 = 10^9$           |
| მეგა       | მგ       | $1000\ 000 = 10^6$                |
| კილო       | კ        | $1000 = 10^3$                     |
| ჰექტო      | ჰ        | $100 = 10^2$                      |
| დეკა       | დკ       | $10 = 10^1$                       |
| დეცი       | დ        | $0,1 = 10^{-1}$                   |
| სანტი      | ს        | $0,01 = 10^{-2}$                  |
| მილი       | მ        | $0,001 = 10^{-3}$                 |
| მიკრო      | მკ       | $0,000\ 001 = 10^{-6}$            |
| ნანო       | ნ        | $0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$       |
| პიკო       | პკ       | $0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$ |

ნივთიერებათა სიმკვრივე (კგ/მ<sup>3</sup>)  
0°C, 1,013ქა

|               |      |               |       |
|---------------|------|---------------|-------|
| ქორპი         | 240  | ალმასი        | 3500  |
| შძრალი ფიტვი  | 450  | თუჯი          | 7000  |
| შძრალი მუხა   | 750  | თუთია         | 7100  |
| პარაფინი      | 900  | ქრომი         | 7200  |
| ყინული        | 900  | კალა          | 7300  |
| ქარვა         | 1070 | რკინა, ფოლადი | 7900  |
| ქვიშა         | 1500 | თითბერი       | 8500  |
| აგური         | 1800 | ნიკელი        | 8900  |
| სუფრის მარილი | 2160 | სპილენძი      | 8900  |
| ბეტონი        | 2200 | ვერცხლი       | 10500 |
| ფაიფური       | 2300 | ტყვია         | 11300 |
| მინა ფანჯრის  | 2500 | ოქრო          | 19000 |
| გრანიტი       | 2600 | ვოლფრამი      | 19300 |
| ჰიანცი        | 2650 | პლატინა       | 21500 |
| მარმარილო     | 2700 | ირიდიუმი      | 22400 |
| ალუმინი       | 2700 |               |       |

სითხე

|                 |     |                            |       |
|-----------------|-----|----------------------------|-------|
| ბენზინი         | 700 | ზეთი (მცენარეული)          | 930   |
| ეთერი           | 710 | წყალი ( $4^0\text{C}$ -ზე) | 1000  |
| აცეტონი         | 790 | ზღვის წყალი                | 1030  |
| ნავთობი         | 800 | რძე                        | 1030  |
| დიზელის საწვავი | 800 | გლიცერინი                  | 1260  |
| სპირტი          | 800 | თაფლი                      | 1350  |
| ნავთი           | 800 | ვერცხლისწყალი              | 13600 |
| სკი პიდარი      | 870 |                            |       |

აირი

|                |      |                            |      |
|----------------|------|----------------------------|------|
| წყალბადი       | 0,09 | ნახშირბადის დიოქსიდი       | 1,25 |
| ჰელიუმი        | 0,18 | ჰაერი ( $0^0\text{C}$ -ზე) | 1,29 |
| მეთანი         | 0,71 | ჟანგბადი                   | 1,43 |
| ამიაკი         | 0,71 | არგონი                     | 1,78 |
| ბუნებრივი აირი | 0,8  | აზოტი                      | 1,25 |
| ნეონი          | 0,9  | ქლორი                      | 3,21 |