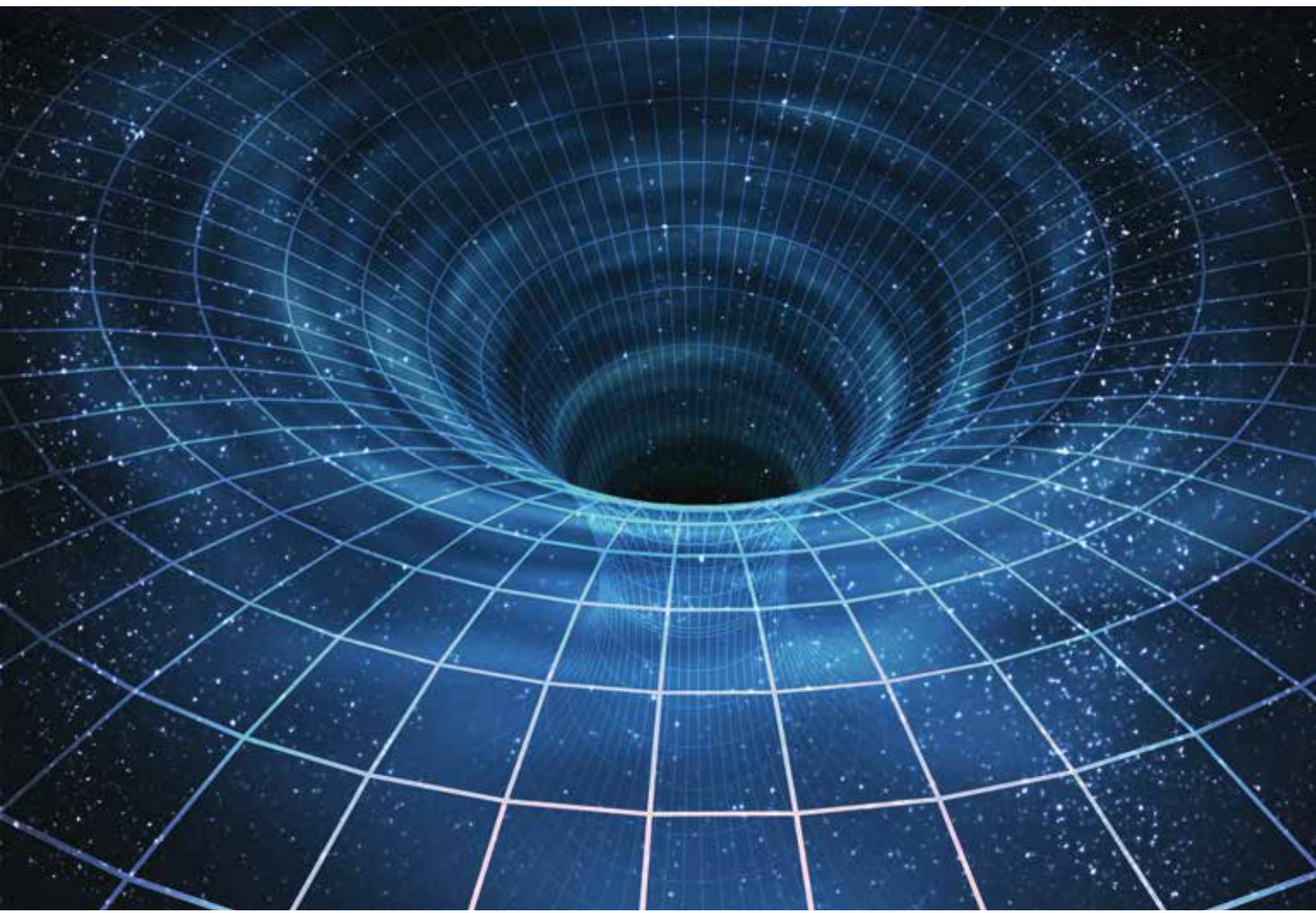


მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია,  
თემურ შენგელია, გიორგი ლომიძე

# ფიზიკა

მოსწავლის წიგნი 7



გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია,  
თემურ შენგელია, გიორგი ლომიძე

# ფიზიკა

მოსწავლის ნიბნი

7



გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

---

გრიფინიჭებულია საქართველოს განათლების, მეცნიერების,  
კულტურისა და სპორტის სამინისტროს მიერ 2019 წელს

# ფიზიკა 7

მოსწავლის წიგნი

ავტორები:

**მერაბ ტულუში**, შპს „მეექვსე საავტორო სკოლის“ ფიზიკის მასწავლებელი;

**თეიმურაზ შენგელია**, კერძო სკოლა „მერმისი“-ს ფიზიკის მასწავლებელი;

**თემურ შენგელია**, ქართულ-ამერიკული სკოლის ფიზიკის მასწავლებელი;

**გიორგი ლომიძე**, ვ. კომაროვის სახელობის თბილისის ფიზიკა-მათემატიკის №199-ე საჯარო სკოლის ფიზიკის მასწავლებელი

რედაქტორები: **ეკა მაჭარაშვილი**, **ნინო ჯორბენაძე**

დიზაინერ-დამკაბადონებელი **დიანა დანელიანი**

გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“

მის: ქ. თბილისი, ე. მაღალაშვილის ქ. №5

ტელ: 568 10 54 67; 574 40 08 57

ელ. ფოსტა: [saqmatsne@mail.ru](mailto:saqmatsne@mail.ru), [sakmacne@gmail.com](mailto:sakmacne@gmail.com)

[www.saqmatsne.ge](http://www.saqmatsne.ge)

© გამომცემლობა „საქართველოს მაცნე“, 2019

© მერაბ ტულუში, თეიმურაზ შენგელია, თემურ შენგელია, გიორგი ლომიძე

გამოცემის წელი და რეგისტრაცია 2019 წელი

ISBN 978-9941-16-611-2

## სარჩევი

|                    |   |
|--------------------|---|
| ძვირფასო მეგობარო! | 7 |
|--------------------|---|

|               |          |
|---------------|----------|
| <b>თავი I</b> | <b>8</b> |
|---------------|----------|

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| § 1.1 რატომ უნდა ვისწავლოთ ფიზიკა?                                                             | 9         |
| § 1.2 მატერია. ნივთიერება. ფიზიკური სხეული. ფიზიკური მოვლენა. ფიზიკური სიდიდეები               | 10        |
| § 1.3 ფიზიკურ სიდიდეთა გაზომვა. საზომი ერთეულები                                               | 13        |
| § 1.4 დაკვირვება, ჰიპოთეზა, ექსპერიმენტი                                                       | 16        |
| § 1.5 გამზომი ხელსაწყოები. დანაყოფის ფასი                                                      | 18        |
| § 1.6 ლაბორატორიული სამუშაო: სხეულის მოცულობის განსაზღვრა. პირდაპირი და არაპირდაპირი გაზომვები | 21        |
| <b>პირველი თავის შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები</b>                                        | <b>25</b> |

|                |           |
|----------------|-----------|
| <b>თავი II</b> | <b>27</b> |
|----------------|-----------|

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| § 2.1 ნივთიერების დისკრეტული აგებულება                   | 28        |
| § 2.2 ატომები და მოლეკულები                              | 32        |
| § 2.3 დიფუზია                                            | 35        |
| § 2.4 ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედება | 38        |
| § 2.5 ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობები               | 41        |
| § 2.6 ნივთიერების აირადი მდგომარეობა                     | 44        |
| § 2.7 ნივთიერების თხევადი მდგომარეობა                    | 46        |
| § 2.8 ნივთიერების მყარი მდგომარეობა                      | 49        |
| § 2.9 სხეულის მასის გაზომვა. პრაქტიკული სამუშაო          | 52        |
| § 2.10 ნივთიერების სიმკვრივე                             | 56        |
| § 2.11 ამოცანის ამოხსნის ნიმუში                          | 60        |
| <b>მე-2 თავის შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები</b>     | <b>61</b> |

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| <b>თავი III</b> | <b>66</b> |
|-----------------|-----------|

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| § 3.1 მოძრაობა                                                   | 67         |
| § 3.2 სხეულის გადატანითი მოძრაობა. ნივთიერი წერტილი              | 70         |
| § 3.3 ნივთიერი წერტილის მდებარეობის განსაზღვრა. ათვლის სისტემა   | 73         |
| § 3.4 მოძრაობის ტრაექტორია, გავლილი მანძილი. გადაადგილება        | 75         |
| § 3.5 სკალარული და ვექტორული სიდიდეები. მოქმედებები ვექტორებზე   | 80         |
| § 3.6 ლაბორატორიული სამუშაო. ჯგუფური მუშაობა                     | 83         |
| § 3.7 თანაბარი მოძრაობა                                          | 84         |
| § 3.8 თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე                                 | 86         |
| § 3.9 სხეულის მდებარეობის განსაზღვრა წრფივი თანაბარი მოძრაობისას | 90         |
| § 3.10 წრფივი თანაბარი მოძრაობის გრაფიკები                       | 92         |
| § 3.11 გადაადგილებათა და სიჩქარეთა შეკრების წესები               | 95         |
| § 3.12 არათანაბარი მოძრაობა. საშუალო სიჩქარე                     | 99         |
| § 3.13 ამოცანის ამოხსნის ნიმუში                                  | 102        |
| <b>მე-3 თავის შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები</b>             | <b>104</b> |

|                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>თავი IV</b>                                                                     | <b>109</b> |
| § 4.1 ინერცია                                                                      | 110        |
| § 4.2 სხეულთა ურთიერთქმედება                                                       | 113        |
| § 4.3 ძალა                                                                         | 117        |
| § 4.4 ძალა ვექტორული სიდიდეა. ძალის გრაფიკული გამოსახვა                            | 119        |
| § 4.5 სიმძიმის ძალა – მსოფლიო მიზიდულობის ძალის გამოვლენა                          | 122        |
| § 4.6 ლაბორატორიული სამუშაო – სიმძიმის ძალის გაზომვა                               | 124        |
| § 4.7 ერთი წრფის გასწვრივ მოქმედი ძალების შეკრება. ტოლქმედი ძალა                   | 126        |
| § 4.8 დრეკადობის ძალა                                                              | 129        |
| § 4.9 დრეკადობის ძალის მოდულის გამოთვლა                                            | 133        |
| § 4.10 ხახუნის ძალა                                                                | 138        |
| § 4.11 ლაბორატორიული სამუშაო – სრიალის ხახუნის ძალის შესწავლა. ხახუნის კოეფიციენტი | 143        |
| § 4.12 ამოცანის ამოხსნის ნიმუში                                                    | 146        |
| <b>მე-4 თავის პირველი ნაწილის შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები</b>               | <b>147</b> |
| § 4.13 მყარი სხეულების მიერ წარმოებული წნევა                                       | 152        |
| § 4.14 აირის წნევა                                                                 | 157        |
| § 4.15 წნევის გადაცემა აირებსა და სითხეებში. პასკალის კანონი                       | 161        |
| § 4.16 ჰიდრავლიკური მანქანა                                                        | 163        |
| § 4.17 სითხის წნევა                                                                | 166        |
| § 4.18 ზიარჭურჭელი                                                                 | 170        |
| § 4.19 ატმოსფერული წნევა                                                           | 174        |
| § 4.20 ამომგდები ძალა                                                              | 177        |
| § 4.21 ამოცანის ამოხსნის ნიმუში                                                    | 181        |
| <b>მე-4 თავის მეორე ნაწილის შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები</b>                 | <b>184</b> |
| <b>საგნობრივი საძიებელი</b>                                                        | <b>190</b> |
| <b>პასუხები</b>                                                                    | <b>191</b> |

## პირობითი ნიშნები:

ცდა – 

გაიხსენეთ – 

დაფიქრდით – 

დავალება – 

აქტივობა – 

Don't Copy

## ძვირფასო მეგობარო!



არისტოტელე

ამ სასწავლო წელს იწყებ შენთვის ახალი მეცნიერების, ფიზიკის, შესწავლას. სიტყვა „ფიზიკა“ წარმოქმნილია ბერძნული სიტყვისგან „ფიზის“, რაც ბუნებას ნიშნავს. ის პირველად გვხვდება ძველი წელთაღრიცხვის IV საუკუნეში მოღვაწე დიდი ბერძენი ფილოსოფოსის, არისტოტელეს ნაშრომებში.

ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონის თანახმად, სიტყვა „ბუნებას“ აქვს ორი განმარტება:

I. რეალურად, ობიექტურად არსებული სამყარო (დედამინა, ჰაერი, წყალი, ციური სხეულები, მცენარეები, ცხოველები და ა. შ.);

II. რისამე არსი, ძირითადი თვისება, არსება (მაგ. ღრუბლის წარმოქმნის ბუნება, ვულკანური მოქმედების ბუნება, მზის ნათების ბუნება, მობილური კავშირგაბმულობის ბუნება და ა.შ.).

საინტერესოა, სიტყვა „ბუნების“ რომელი განმარტებაა ნაგულისხმები ჩვენი საგნის სახელწოდებაში? ამ კითხვას თვითონვე უპასუხებ სასწავლო წლის ბოლოს.

ფიზიკის შესწავლის დროს შენ დააკვირდები სხვადასხვა ბუნებრივ მოვლენას, ჩაატარებ სამეცნიერო ექსპერიმენტებს, აღმოაჩენ ბევრ სიახლეს და ამაში დაგეხმარება ჩვენი სახელმძღვანელო.

სახელმძღვანელო შედგება თავებისგან, თავები – პარაგრაფებისგან. თითოეული თავი იწყება ილუსტრირებული გვერდით, რომელზეც მოცემულია ამ თავში შესასწავლი საკითხები. პარაგრაფებში არის შეკითხვები და დავალებები. ნუ დატოვებ მათ პასუხის გარეშე, დაკვირვებით ნაიკითხე ცდების პირობები, ყურადღება გაამახვილე დასკვნებზე, რომლებიც განსაზღვრავენ ძირითადს პარაგრაფის შინაარსში! ახალი მასალის გაგების შესამოწმებლად, პარაგრაფის ბოლოს მოცემულია საკონტროლო შეკითხვები, რომლებზეც აუცილებლად უნდა უპასუხო, საჭიროების შემთხვევაში დასახმარებლად მითითებულია ინტერნეტრესურსი.

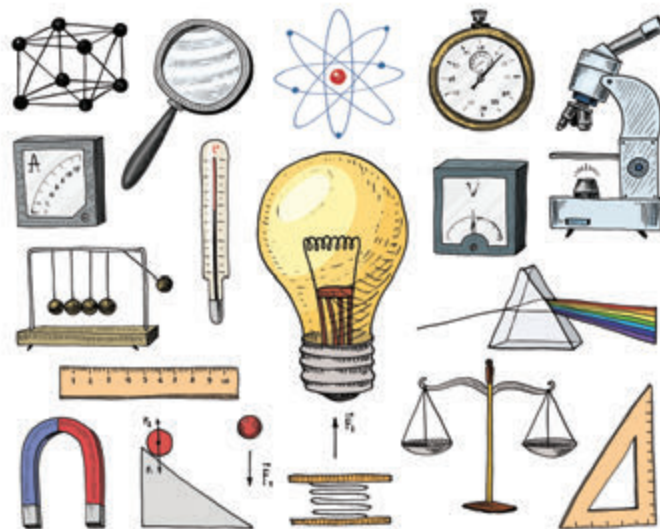
პარაგრაფის ბოლოში მოცემულია საშინაო დავალება, ხოლო თავის ბოლოში – შემაჯამებელი დავალება.

გისურვებთ წარმატებას!

# თავი I

## ფიზიკა – მეცნიერება ბუნების შესახებ ბუნების შემეცნება

- რატომ არის საჭირო ფიზიკის შესწავლა;
- მატერია;
- ნივთიერება, ფიზიკური სხეული, ფიზიკური მოვლენა;
- როგორ გავზომოთ ფიზიკური სიდიდე.



### ამ თავში თქვენ გაეცნობით:

- ფიზიკურ მოვლენებს;
- მატერიის არსებობის ფორმებს;
- ფიზიკურ სიდიდესა და მისი გაზომვის მეთოდებს;
- გამზომ ხელსაწყოებს;
- მეცნიერული კვლევის ეტაპებს.

## §1.1 რატომ უნდა ვისწავლოთ ფიზიკა?



სურ. 1.1

ადამიანი ოდითგანვე შეისწავლიდა გარემომცველ სამყაროს და შეძენილ ცოდნას იყენებდა ყოველდღიური ცხოვრების გაუმჯობესებისათვის. ადამიანმა, რომელიც გამოქვაბულში ცხოვრობდა, თანდათან ისწავლა მარტივი სადგომის მოწყობა და ცეცხლით გათბობა, შემდეგ ხის დამუშავება (სურ. 1.1), სიმძიმეების აწევა (სურ. 1.2), ლითონის მოპოვება და დამუშავება, მინის დამზადება და ბოლოს თანამედროვე სახლის აშენება (სურ. 1.3,ა; 1.3,ბ).



სურ. 1.2



სურ. 1.3,ა



სურ. 1.3,ბ

მაგრამ არა მარტო პრაქტიკული მოთხოვნილებები აიძულებდა ადამიანს, შეესწავლა ბუნება – ცნობისმოყვარეობაც უბიძგებდა მას ეძია პასუხი მრავალ კითხვაზე: როგორ დაფრინავს ჩიტი? რატომ ანათებს მზე? რატომ წარმოიქმნება ელვა? რატომ არსებობს წელიწადის სხვადასხვა დრო? რა არის ვარსკვლავი? როგორ შეიქმნა სამყარო?

მიღებულ ცოდნას ადამიანები აგროვებდნენ, აფართოებდნენ და თაობებს გადასცემდნენ. ასე დაიწყო, ზოგადად, მეცნიერების, მათ შორის ფიზიკის განვითარება.

ფიზიკის დახმარებით შეიქმნა ავტომობილი, ტელეფონი, კომპიუტერი, თვითმფრინავი, მიკროსკოპი, მრავალი სამედიცინო ხელსაწყო და სხვა.

### დასკვნები:

- ფიზიკა – მეცნიერება ბუნების შესახებ;
- ფიზიკა ეხმარება ადამიანს გაუმჯობესოს ყოველდღიური ცხოვრება, იგრძნოს თავი უფრო დაცულად, დაიკმაყოფილოს ცნობისმოყვარეობა.



### დავალება:

1. დაასახელეთ ცეცხლის მოპოვების, გათბობის, განათების, მინის დამუშავების და ადამიანებს შორის ინფორმაციის გაცვლის-კომუნიკაციის ადრეული და თანამედროვე საშუალებები. რამ განაპირობა მათი დახვეწა-განვითარება?

2. მოიძიეთ შესაბამისი ინფორმაცია და მოამზადეთ პრეზენტაცია თემაზე: „სატრანსპორტო საშუალებების განვითარება“.

## § 1.2 მატერია. ნივთიერება. ფიზიკური სხეული. ფიზიკური მოვლენა. ფიზიკური სიდიდეები

მიმოიხედეთ თქვენ გარშემო. თქვენ დაინახავთ საგნების ძალიან დიდ მრავალფეროვნებას. ეს ხეები და ბუჩქებია, ცხოველები და ადამიანებია. ეს მაგიდაა, ჭიქაა, ფანქარია, ტელეფონია (სურ. 1.4), ავტომობილია, მზეა და სხვა. თითოეულ ამ საგანს მეცნიერები **ფიზიკურ სხეულს** უწოდებენ. რით განსხვავდება ფიზიკური სხეულები ერთმანეთისგან? შემადგენლობით, ფორმით, მოცულობით და მრავალი სხვა რამით. ყველაფერს, რისგანაც შედგება ფიზიკური სხეული, უწოდებენ **ნივთიერებას**. წყალი, პოლიეთილენი, რკინა, ოქრო – ეს ყველაფერი სხვადასხვა ნივთიერებაა. სურ. 1.5-ზე გამოსახულია ორი ერთნაირი ფორმის ბოთლი, ერთი მინისგანაა დამზადებული, მეორე – პოლიეთილენისგან. სურ. 1.6-ზე ნაჩვენებია ალუმინისგან დამზადებული სხვადასხვა ფორმის კოვზი.



სურ. 1.4



მინის ბოთლი      პოლიეთილენის ბოთლი

სურ. 1.5



ალუმინის კოვზები

სურ. 1.6

წყალი ნივთიერებაა, წყლის წვეთი – ფიზიკური სხეული, ოქროს ბეჭედი ფიზიკური სხეულია, ოქრო – ნივთიერება.

ყველაფერს, რაც ჩვენ გარშემოა, **მატერია** ეწოდება. ნივთიერება მატერიის ერთ-ერთი სახეა.

XIX საუკუნეში მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ მატერიის ნივთიერი ფორმის გარდა არსებობს მისი სხვა ფორმაც – ველი, რომელსაც მომდევნო კლასებში გავეცნობით. მაგალითად, გრავიტაციული ველის საშუალებით გადაეცემა დედამიწის მიზიდულობა სხვა სხეულებს, ელექტრომაგნიტური ველის დახმარებით ჩვენ ვსაუბრობთ მობილური ტელეფონით, ვუყურებთ სატელევიზიო გადაცემებს, ვხედავთ საგნებს.

მატერიამ შეიძლება განიცადოს მრავალნაირი ცვლილება: ტბიდან წყალი ორთქლდება, ზამთარში ტბის ზედაპირი იყინება, მზე ასხივებს სითბოსა და სინათლეს, ღრუბლები მოძრაობისას იმუხტება და შედეგად ხდება გაელვება, მაგნიტი იზიდავს რკინას, ჰაერიდან წყალში გადასვლისას სინათლე გარდატყდება – იცვლის გავრცელების მიმართულებას (სურ. 1.7).

აორთქლებას, გაყინვას, გათბობას, გამოსხივებას, დამუხტვას, გარდატყბას და ბუნებაში მომხდარ მრავალ სხვა ცვლილებას, რომლის დროსაც ნივთიერება არ იცვლება, **ფიზიკური მოვლენა** ეწოდება.



წყალი ორთქლდება



ყინული დნება



მზე ასხივებს სითბოსა და სინათლეს



გაელვება



მაგნიტი იზიდავს რკინას



ჰაერიდან წყალში გადასვლისას სინათლე გარდატყდება

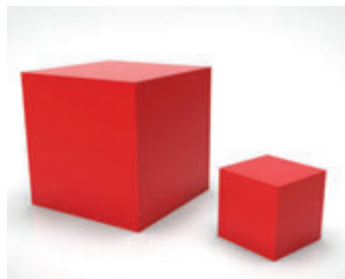
სურ. 1.7

რაიმე ფიზიკური მოვლენისა ან ფიზიკური სხეულის აღწერისთვის ადამიანი იყენებს მათ თვისებებს. მოვიყვანოთ მაგალითები:

1. სურ. 1.8-ზე ნაჩვენებია ორი ჯოხი. როდესაც ჩვენ ვამბობთ, რომ ერთი ჯოხი დიდია მეორეზე, ვგულისხმობთ, რომ ერთი ჯოხი უფრო გრძელია მეორეზე. სიგრძე **ფიზიკური სიდიდის** მაგალითია;
2. სურ. 1.9-ზე ნაჩვენებია ორი კუბი – ერთი დიდი, მეორე პატარა. მათ შესადარებლად შეიძლება გამოვიყენოთ სხეულის მოცულობა. მოცულობა ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ახასიათებს სხეულების საერთო თვისებას – დაიკავოს სივრცის გარკვეული ნაწილი;
3. სურ. 1.10-ზე ნაჩვენებია მორბენალი ადამიანი და ველოსიპედისტი. მორბენალი უფრო ნელა მოძრაობს, ველოსიპედისტი – უფრო სწრაფად. მათი მოძრაობის დახასიათება შეიძლება ფიზიკური სიდიდით – სიჩქარე.



სურ. 1.8



სურ. 1.9



სურ. 1.10

ყველა ფიზიკურ სიდიდეს აქვს ერთი საერთო თვისება – ის შეიძლება იყოს დიდი ან პატარა და მისი გაზომვა შეიძლება. ფიზიკური სიდიდე შეიძლება გაგზომოთ რაიმე ხელსაწყოთი ან გამოვითვალოთ ფორმულით.

### დასკვნები:

- ნებისმიერ საგანს ფიზიკური სხეული ეწოდება;
- ფიზიკური სხეული შედგება ნივთიერებისგან;
- მატერია – ყველაფერი, რაც ჩვენ გარშემოა. მატერიის ორი ფორმა არსებობს: ნივთიერება და ველი;
- ფიზიკური მოვლენა – მატერიის ნებისმიერი ცვლილება ნივთიერების ცვლილების გარეშე;
- ფიზიკური სიდიდე – ფიზიკური სხეულის ან ფიზიკური მოვლენის რიცხვითი მნიშვნელობით გამოხატული თვისება.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რას უწოდებენ ფიზიკურ სხეულს? ფიზიკურ მოვლენას?
2. რა არის ფიზიკური სიდიდის ძირითადი თვისება?
3. რა არის მატერია? ჩამოთვალეთ მატერიის ფორმები.



### დავალება:

1. ჩამოთვლილთაგან თითოეულს მიუჩინეთ თავისი ადგილი ცხრილში №1.1: სიგრძე, ქარი, ოქრო, მერხი, ფანქარი, წყალი, სიჩქარე, მოცულობა, გაცხელება, წყლის წვეთი, ვერცხლისწყალი.

ცხრილი №1.1:

| ფიზიკური სხეული         | ფიზიკური მოვლენა | ფიზიკური სიდიდე |
|-------------------------|------------------|-----------------|
| წ ი ბ ნ ზ ი ა რ ჩ ა წ ე | რ ო თ !          |                 |

2. მოცემულია რამდენიმე წინადადება: ა) მოსწავლე ბურთს ბერავს; ბ) ლუმელში კერძი ცხელდება; გ) საათის ისარი ბრუნავს; დ) ეზოში ბამბუკი დღითიღე იზრდება; ე) სასწორზე დადგმულ თასში წყალს ასხამენ; ვ) ტრაქტორი მიწის ნაკვეთს ხნავს.

დაასახელეთ თითოეულ შემთხვევაში ცვალებადი რომელიმე ფიზიკური სიდიდე. ჩამოთვალეთ მოცემული ფიზიკური მოვლენები და დაასახელეთ მათში მონაწილე ფიზიკური სხეულები.

3. ჩამოთვალეთ თქვენს საკლასო ოთახში არსებული ფიზიკური სხეულები. დაასახელეთ თქვენ მიერ ნანახი ზოგიერთი ფიზიკური მოვლენა და ფიზიკური სიდიდეები, რომლებიც ამ მოვლენებს ახასიათებს.

4. არის თუ არა ფიზიკური მოვლენა წვა? ჟანგვა? პასუხი დაასაბუთეთ.

5. თქვენთვის ცნობილი რომელი ფიზიკური სიდიდეების ცოდნაა საჭირო, თუ გვინტერესებს: ა) გაეტევა თუ არა მაგიდა კარებში? ბ) ჩაეტევა თუ არა წყალი სათლში? გ) შეგვცივდება თუ არა გარეთ გასვლისას? დ) გვეყოფა თუ არა საღებავი კედლის შესაღებად?

## § 1.3 ფიზიკურ სიდიდეთა გაზომვა. საზომი ერთეულები

აკაკი წერეთელი პოემა „ნათელაში“, აღწერს ჩოხას (სურ. 1.11), რომლის ზომებს ასე გადმოგვცემს:

„შვიდი მტკაველი სიგრძე აქვს,  
და შესაფერი განია!...  
ოქროს ღილეები შემიბამს,  
ცრემლებით გამიბანია....“



სურ. 1.11

რომელი ფიზიკური სიდიდით დაახასიათა ავტორმა ჩოხა? პასუხი ნათელია, სიგრძით. რას ნიშნავს „შვიდი მტკაველი“? მტკაველი არის მანძილი გაშლილ ცერსა და ნეკს შორის. ჩოხის სიგრძე შედარებულია მტკაველის სიგრძესთან, რომელიც ერთი ტოლადაა ჩათვლილი. სიგრძის რიხვითი მნიშვნელობაა 7, საზომია „მტკაველი“. მაგრამ ყველა ადამიანს ხომ განსხვავებული სიგრძის მტკაველი აქვს. ამიტომ მტკაველის გამოყენება სიგრძის საზომად მოუხერხებელია. ფიზიკური სიდიდის რიცხვითი მნიშვნელობა საზომი ერთეულის შერჩევაზე დამოკიდებულია.

გავზომოთ ფიზიკური სიდიდე, ნიშნავს, შევადაროთ ის მის მსგავს სიდიდეს, რომელიც პირობითად ერთის ტოლადაა მიჩნეული.

ადრეულ პერიოდში სხვადასხვა ქვეყანაში ფიზიკურ სიდიდეთა განსხვავებული ერთეულები ჰქონდათ. მაგალითად, რუსეთში სიგრძის ერთეული იყო არშინი—მანძილი შუა თითის წვერიდან იდაყვამდე, ხოლო ინგლისში—ფუტი—ფეხის ტერფის სიგრძე. ერთეულთა ასეთი სხვადასხვაობა გაუგებრობებს იწვევდა. ამიტომ XVIII საუკუნეში საფრანგეთში შეიქმნა საზომ ერთეულთა მეტრული სისტემა, რომელშიც სიგრძის ერთეულად მიიღეს მეტრი (მ), მასის ერთეულად — კილოგრამი (კგ). 1960 წელს ზომა-წონის XI გენერალურ კონფერენციაზე დაამტკიცეს ერთეულთა საერთაშორისო სისტემა Si (System international), რომელშიც მკაცრად განისაზღვრა სხვადასხვა ფიზიკურ სიდიდეთა ერთეული (ცხრილი №1.2) და მეტრული სისტემის თავსართები (ცხრილი №1.3). საფრანგეთის ქალაქ სევრში ინახება ძირითად ფიზიკურ სიდიდეთა (მასა, სიგრძე, დრო) ერთეულების ეტალონები (სურ. 1.12). ეტალონი – დადგენილი საზომი ერთეულის ზუსტი ასლი.



სურ. 1.12

ფიზიკურ სიდიდეთა ერთეულები Si სისტემაში:



ცხრილი №1.2:

| ფიზიკური სიდიდე | აღნიშვნა | ერთეული            | ერთეულის აღნიშვნა | სხვა ერთეულები                                              |
|-----------------|----------|--------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------|
| მასა            | m        | 1 კილოგრამი        | 1 კგ              | 1 ტ = 1000 კგ; 1 ც = 100 კგ; 1 გ = 0,001 კგ.                |
| სიგრძე          | l        | 1 მეტრი            | 1 მ               | 1 კმ = 1000 მ; 1 დმ = 0,1 მ; 1 სმ = 0,01 მ; 1 მმ = 0,001 მ. |
| დრო             | t        | 1 წამი             | 1 წმ              | 1 წთ = 60 წმ; 1 სთ = 3600 წმ.                               |
| ფართობი         | S        | 1 კვადრატული მეტრი | 1 მ²              | 1 ჰა = 10000 მ²; 1 არი = 100 მ².                            |
| მოცულობა        | V        | 1 კუბური მეტრი     | 1 მ³              | 1 ლ = 0,001 მ³.                                             |

მეტრული სისტემის თავსართები და მათი შესაბამისი მამრავლები:



ცხრილი №1.3:

| თავსართები | მამრავლი          | მამრავლი ათის ხარისხებში |
|------------|-------------------|--------------------------|
| ტერა-      | 1 000 000 000 000 | $10^{12}$                |
| გიგა-      | 1 000 000 000     | $10^9$                   |
| მეგა-      | 1 000 000         | $10^6$                   |
| კილო-      | 1 000             | $10^3$                   |
| ჰექტო-     | 100               | $10^2$                   |
| დეკა=      | 10                | $10^1$                   |
| დეცი-      | 0,1               | $10^{-1}$                |
| სანტი-     | 0,01              | $10^{-2}$                |
| მილი-      | 0,001             | $10^{-3}$                |
| მიკრო-     | 0,000 001         | $10^{-6}$                |
| ნანო-      | 0,000 000 001     | $10^{-9}$                |
| პიკო-      | 0,000 000 000 001 | $10^{-12}$               |

ქვემოთ მოყვანილ №1.4 ცხრილში მოცემულია ფიზიკური სიდიდეების ერთეულები და მათი შემოკლებული აღნიშვნები:



ცხრილი №1.4:

|            |     |           |     |
|------------|-----|-----------|-----|
| კილომეტრი  | კმ  | ცენტნერი  | ც   |
| დეციმეტრი  | დმ  | გრამი     | გ   |
| სანტიმეტრი | სმ  | მილიგრამი | მგ  |
| მილიმეტრი  | მმ  | მილინამი  | მწმ |
| მიკრომეტრი | მკმ | ნამი      | წმ  |
| ნანომეტრი  | ნმ  | ნუთი      | წთ  |
| პიკომეტრი  | პმ  | საათი     | სთ  |
| კილოგრამი  | კგ  | ლიტრი     | ლ   |
| ტონა       | ტ   | მილილიტრი | მლ  |

### დასკვნები

- ფიზიკური სიდიდის გაზომვა ნიშნავს მის შედარებას ერთეულად ჩათვლილ ისეთივე სიდიდესთან;
- ფიზიკური სიდიდის ჩანერისას, საჭიროა მოვიყვანოთ სიდიდის აღმნიშვნელი სიმბოლო, ფიზიკური სიდიდის რიცხვითი მნიშვნელობა და მისი ერთეული;
- ფიზიკური სიდიდეების დიდი და პატარა მნიშვნელობების ჩასანერად გამოიყენება თავსართები.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რა სიმბოლოთი აღინიშნება მასა? სიგრძე? დრო? ფართობი? მოცულობა?
2. რას ნიშნავს გავზომოთ ფიზიკური სიდიდე?
3. მოიყვანეთ მეტრული სისტემის თავსართების მაგალითები.



### დავალება:

ქვემოთ მოცემულია ორი ცხრილი. პირველ სვეტში ჩანერილია მასისა და სიგრძის სხვადასხვა ერთეულები. შეასრულეთ საჭირო გამოთვლები და შეავსეთ ცხრილები №1.5 და №1.6.

მაგალითი:

|       |              |       |           |           |            |           |              |
|-------|--------------|-------|-----------|-----------|------------|-----------|--------------|
| 1 მ = | $10^{-3}$ კმ | 10 დმ | $10^2$ სმ | $10^3$ მმ | $10^6$ მკმ | $10^9$ ნმ | $10^{12}$ პმ |
|-------|--------------|-------|-----------|-----------|------------|-----------|--------------|



ცხრილი №1.5:

ნ ი ბ ნ უ ი ა რ ჩ ა ნ ე რ ო თ !

|         |    |    |    |    |     |    |    |
|---------|----|----|----|----|-----|----|----|
| 1 კმ =  | მ  | დმ | სმ | მმ | მკმ | ნმ | პმ |
| 1 დმ =  | კმ | მ  | სმ | მმ | მკმ | ნმ | პმ |
| 1 სმ =  | კმ | დმ | მ  | მმ | მკმ | ნმ | პმ |
| 1 მმ =  | კმ | დმ | სმ | მ  | მკმ | ნმ | პმ |
| 1 მკმ = | კმ | დმ | სმ | მმ | მ   | ნმ | პმ |
| 1 ნმ =  | კმ | დმ | სმ | მმ | მკმ | მ  | პმ |
| 1 პმ =  | კმ | დმ | სმ | მმ | მკმ | ნმ | მ  |

მაგალითი:

|        |             |             |          |           |
|--------|-------------|-------------|----------|-----------|
| 1 კგ = | $10^{-3}$ ტ | $10^{-2}$ ც | $10^3$ გ | $10^6$ მგ |
|--------|-------------|-------------|----------|-----------|



ცხრილი №1.6:

ნ ი ბ ნ უ ი ა რ ჩ ა ნ ე რ ო თ !

|        |    |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|
| 1 ტ =  | კგ | ც  | გ  | მგ |
| 1 ც =  | ტ  | კგ | გ  | მგ |
| 1 გ =  | ტ  | ც  | კგ | მგ |
| 1 მგ = | ტ  | ც  | გ  | კგ |

## § 1.4 დაკვირვება, ჰიპოთეზა, ექსპერიმენტი

კაცობრიობამ თავისი არსებობის განმავლობაში დაგროვებული ცოდნის დიდი ნაწილი მიიღო ფიზიკური კვლევების შედეგად. კვლევა ფიზიკაში ემყარება დაკვირვებას და ცდას, რომლებიც ბუნების კანონების შემეცნების ორი ძირითადი მეთოდია. აკვირდებოდა რა ბუნებას, ადამიანი ამჩნევდა და თავისთვის ინიშნავდა სხვადასხვა კანონზომიერებას, აკეთებდა შესაბამის დასკვნებსა და აღმოჩენებს.

ხშირად დაკვირვებებზე დაყრდნობით ან რაიმე მოსაზრების საფუძველზე, ჩნდება გარკვეული ვარაუდი კანონზომიერების არსებობის შესახებ. ვარაუდს მეცნიერებაში ჰიპოთეზას უწოდებენ. ჰიპოთეზა მოითხოვს შემოწმებასა და დასაბუთებას. ამ მიზნით ფიზიკოსები ატარებენ ცდებს. ამ შემთხვევაში დაკვირვება წინ უსწრებს ცდას.

ცდის ჩატარებისას მოდელირდება გამოსაკვლევი ფიზიკური მოვლენა, იქმნება განსაკუთრებული პირობები მის ჩასატარებლად. გამოთქმულ ჰიპოთეზაზე საბოლოო დასკვნის გაკეთების საშუალებას მხოლოდ ცდის შედეგები იძლევა – ჩატარებულმა ცდამ შეიძლება დაასაბუთოს ან უარყოს დაკვირვების დროს გამოთქმული ჰიპოთეზა.

ცდის ჩატარების პროცესშიც შეიძლება დაიბადოს ახალი ჰიპოთეზა, რომლის დასამტკიცებლად ცდა შესაძლოა გარკვეულწილად შეიცვალოს.

ფიზიკის კანონები, ძირითადად, ცდის საფუძვლებზეა ჩამოყალიბებული. ცდას მეცნიერებაში ხშირად ექსპერიმენტს უწოდებენ.

მოვიყვანოთ მაგალითი: ბურთი ციცაბო მთიდან უფრო სწრაფად გორდება, ვიდრე – ნაკლებად დამრეცი ფერდობიდან. შეიძლება გამოვთქვათ ჰიპოთეზა: რაც უფრო დიდ კუთხეს ქმნის ქანობი ჰორიზონტთან, მით უფრო სწრაფად იმოძრავენ მასზე სხეული, შესაბამისად, ყველაზე დიდ სიჩქარეს განავითარებს შვეულად ვარდნილი სხეული. ცდა, რომელიც შეიძლება ჩავატაროთ ამ ჰიპოთეზის მართებულობის შესამოწმებლად ასეთია: ავიღოთ დაახლოებით 1მ სიგრძის ფიცარი, სხვადასხვა კუთხით დახრისას, დავაგოროთ მასზე ერთი და იგივე ბურთულა (სურ.1.13). თითოეული შემთხვევისთვის გავზომოთ დრო, რომლის განმავლობაში ბურთულა დაფარავს მანძილს ფიცრის ზედა წერტილიდან ქვედა წერტილამდე. თუ დახრის კუთხის ზრდისას დრო შემცირდა, მაშინ ჰიპოთეზა მართებულია, სანაღამდეგო შემთხვევაში ჰიპოთეზა მცდარია. თუ ჰიპოთეზა არ დადასტურდა, ეს ნიშნავს, რომ ჰიპოთეზა უარყოფილია და დაკვირვება დაფუძნებულია რაღაც სხვა კანონზე.



სურ. 1.13

### დასკვნები:

- რაიმე ფიზიკურ მოვლენაზე დაკვირვებისას მეცნიერი ხვდება, რომ საჭიროა არსებული ცოდნის გაუმჯობესება;
- ახალი ცოდნის მიღების მეთოდები – ექსპერიმენტული და თეორიული;
- ჰიპოთეზა – დაკვირვებებზე დაყრდნობით ან რაიმე მოსაზრების საფუძველზე ვარაუდის გამოთქმა;
- ცდა – ფიზიკური მოვლენის მოდელირება, ჰიპოთეზის დასაბუთება, ან უარყოფა.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რა არის დაკვირვება?
2. რა არის ჰიპოთეზა?
3. რით განსხვავდება ცდა დაკვირვებისაგან?
4. რა შემთხვევაშია ჰიპოთეზა მართებული? მცდარი?
5. ფიზიკური კვლევის რა ეტაპები იცით?



### დავალება:

1. მოიძიეთ ინფორმაცია და მოამზადეთ პრეზენტაცია თემაზე: გალილეო გალილეი პირველი ფიზიკოს-ექსპერიმენტატორი.

2. ბიჭმა შეამჩნია, რომ ავტომობილის ბორბლის ადგილზე სრიალისას მასთან არსებულმა თოვლმა დნობა დაიწყო. ბიჭს გაუჩნდა ვარაუდი: „თოვლის დნობა შესაძლოა სხვა სხეულების სრიალმაც გამოიწვიოს“. ვარაუდის მართებულობის შესამოწმებლად მან გადაწყვიტა ცდის ჩატარება. მოიფიქრეთ ცდა, რომლის საშუალებითაც ის დაასაბუთებს ან უარყოფს თავის ჰიპოთეზას.

## § 1.5 გამზომი ხელსაწყოები. დანაყოფის ფასი

ყოველდღიურ ცხოვრებაში ადამიანი ზომავს სხვადასხვა სიდიდეს: მასას, სიგრძეს, დროს, ტემპერატურას და ა.შ.

როგორ გავზომოთ ფიზიკური სიდიდე?

ფიზიკური სიდიდის გასაზომად ამჟამად გამოიყენება ორი სახის ხელსაწყო: ციფრული, რომელზეც გაზომვის შედეგი გამოისახება ეკრანზე და ხელსაწყო, რომელზეც ეს შედეგი სკალაზე აითვლება. ყოველ გამზომ ხელსაწყოზე მითითებულია გასაზომი ფიზიკური სიდიდის ერთეული (სურ. 1.14).



თერმომეტრი



ციფრული თერმომეტრი



არტერიული წნევის მზომი  
ციფრული მანომეტრი



თერმომეტრი და  
ტენიანობის მზომი

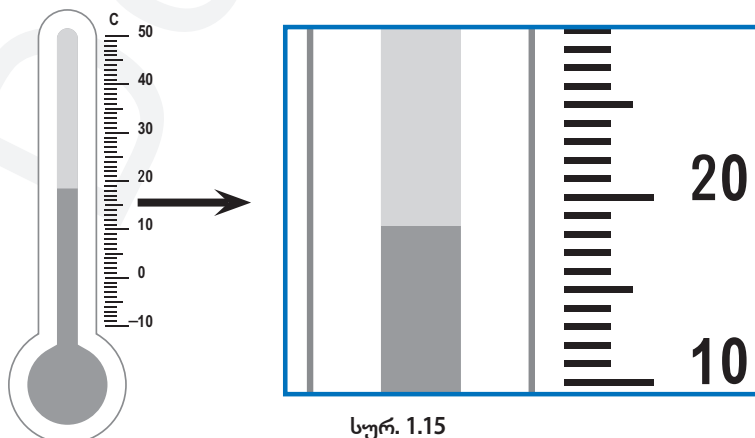
სურ. 1.14

მასწავლებლის თანხლებით დაათვალიერეთ ფიზიკის სასკოლო ლაბორატორიის სხვადასხვა გამზომი ხელსაწყო, დაადგინეთ რომელ სიდიდეს ზომავს ის და რა ერთეულებში.

ხელსაწყოს სკალით შეიძლება განვსაზღვროთ მისი ორი ძირითადი მახასიათებელი: ხელსაწყოს დანაყოფის ფასი და გაზომვის ზღვარი. ციფრული ხელსაწყოების გაზომვის ზღვარი განისაზღვრება მისი საპასპორტო მონაცემებით.

ხელსაწყოს **გაზომვის ზღვარი** – ფიზიკური სიდიდის უდიდესი და უმცირესი მნიშვნელობები, რომლებიც შეიძლება გავზომოთ ამ ხელსაწყოთი. არსებობს ხელსაწყოები, რომელთა გაზომვის ზღვარი გარკვეულ ფარგლებში შესაძლოა ვცვალოთ სპეციალური გადამრთველით.

სურ. 1.15-ზე გამოსახულია ტემპერატურის გასაზომი ხელსაწყო – თერმომეტრი.



სურ. 1.15

სურათის მიხედვით რისი ტოლია მისი გაზომვის ზღვარი?

ჩვენ შემთხვევაში გაზომვის ზედა ზღვარია  $50^{\circ}\text{C}$ , ქვედა ზღვარი კი  $-10^{\circ}\text{C}$ .

გამზომი ხელსაწყო სკალა დაყოფილია შტრიხებით, რომელთაგან ზოგიერთზე მითითებულია გასაზომი ფიზიკური სიდიდის შესაბამისი მნიშვნელობა. **დანაყოფის ფასი** ეწოდება სხვაობას ორი უახლოესი შტრიხის შესაბამის მნიშვნელობებს შორის.

როგორ ვიპოვოთ მოცემული თერმომეტრის დანაყოფის ფასი?

- სკალაზე ავირჩიოთ ტემპერატურის ნებისმიერი ორი მეზობელი შტრიხი, რომლებზეც აღნიშნულია რიცხვითი მნიშვნელობები. მაგალითად  $10^{\circ}\text{C}$  და  $20^{\circ}\text{C}$ ;
- დიდ მნიშვნელობას გამოვაკლოთ მცირე  $20^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 10^{\circ}\text{C}$  ;
- დავთვალოთ არჩეულ რიცხვებს შორის არსებული დანაყოფების რაოდენობა – 10 დანაყოფი;
- მიღებული სხვაობა გავყოთ დანაყოფების რაოდენობაზე  $\frac{10^{\circ}\text{C}}{10} = 1^{\circ}\text{C}$  .
- თერმომეტრის დანაყოფის ფასია  $1^{\circ}\text{C}$ .

რა ტემპერატურას გვიჩვენებს სურათზე გამოსახული თერმომეტრი? თერმომეტრის სითხე გაჩერებულია  $10^{\circ}\text{C}$ -ის ზემოთ, მერვე და მეცხრე შტრიხებს შორის, ანუ  $18^{\circ}\text{C}$ -სა და  $19^{\circ}\text{C}$ -ს შორის. ამ ორი მნიშვნელობიდან რომელი ჩავთვალოთ თერმომეტრის ჩვენებად? თუ ჩავთვლით ჩვენებად  $18^{\circ}\text{C}$ -ს, ჩვენ ვუშვებთ უზუსტობას, რადგან ტემპერატურა  $18^{\circ}\text{C}$ -ზე მეტია. ასევე დავუშვებთ უზუსტობას, თუ ჩავთვლით, რომ ტემპერატურა  $19^{\circ}\text{C}$ -ია.

ფიზიკაში გაზომვის დროს დაშვებულ უზუსტობას **გაზომვის ცდომილება** ეწოდება. ცდომილება არ შეიძლება გამზომი ხელსაწყო დანაყოფის ფასზე მეტი იყოს.

ლაბორატორიული სამუშაოს ჩატარების ან გაზომვების დროს ცდომილებად უნდა ჩავთვალოთ გასაზომი ხელსაწყო დანაყოფის ფასის ნახევარი.

ჩვენი თერმომეტრის ცდომილებაა  $0,5^{\circ}\text{C}$ . თერმომეტრის ჩვენებად ჩავთვლით  $18^{\circ}\text{C}$ -ის

და  $19^{\circ}\text{C}$ -ის საშუალო არითმეტიკულს  $\frac{18^{\circ}\text{C} + 19^{\circ}\text{C}}{2} = 18,5^{\circ}\text{C}$ . საბოლოო შედეგი ასე

ჩაიწერება  $t = (18.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ , რაც იმას ნიშნავს, რომ ტემპერატურის ნამდვილი მნიშვნელობა არის  $18^{\circ}\text{C}$ -დან  $19^{\circ}\text{C}$ -მდე ინტერვალში.

საზოგადოდ, ფიზიკური სიდიდის ჩანერისას გამოვიყენებთ ფორმულას:

$$X = x \pm \Delta x,$$

რომელშიც  $X$  გასაზომი სიდიდეა,  $x$  – გაზომვის შედეგი,  $\Delta x$  – გაზომვის ცდომილება.

#### დასკვნები:

- ხელსაწყო გაზომვის ზღვარი – ფიზიკური სიდიდის უდიდესი და უმცირესი მნიშვნელობები, რომლებიც შეიძლება გავზომოთ ამ ხელსაწყოთი;
- სკალის დანაყოფის ფასი – სკალის მინიმალური დანაყოფის მნიშვნელობა;
- გაზომვის ცდომილება – გაზომვის დროს დაშვებულ უზუსტობა. ცდომილება არ შეიძლება გამზომი ხელსაწყო დანაყოფის ფასზე მეტი იყოს.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რა არის გამზომი ხელსაწყო დანაყოფის ფასი?
2. როგორ დავადგინოთ ხელსაწყო დანაყოფის ფასი?
3. რა არის გამზომი ხელსაწყო გაზომვის ზღვარი?
4. ერთი სახაზავის დანაყოფის ფასია 5 მმ, მეორესი – 1 მმ. რომელი სახაზავით განხორციელებული გაზომვა იქნება უფრო ზუსტი?
5. რა არის გაზომვის ცდომილება?



### დავალება:

1. სურათ 1.16-ზე მოცემული საათების მიხედვით, განსაზღვრეთ დანაყოფის ფასი წამების, წუთებისა და საათების ისრისთვის.



სურ. 1.16

2. რომელი საათის ცდომილებაა უფრო ნაკლები წამების ისრისთვის? წუთების ისრისთვის? საათების ისრისთვის (სურ. 1.16)?

3. განსაზღვრეთ სურათ 1.17-ზე მოცემული თერმომეტრის დანაყოფის ფასი, ცდომილება, გაზომვის ზედა და ქვედა ზღვრები.

4. რისი ტოლია თქვენი სახაზავის დანაყოფის ფასი? გაზომვის ზედა ზღვარი? ცდომილება?



### საშინაო ცდა:

**ცდის მიზანი:** სიგრძის გაზომვა.

**ცდისთვის საჭიროა:** სახაზავი, საზომი ლენტის.

დაადგინეთ სახაზავისა და საზომი ლენტის დანაყოფის ფასი.

სახაზავის საშუალებით გაზომეთ:

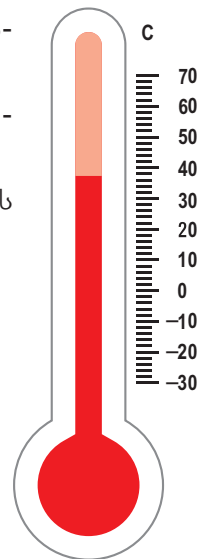
- ა) ფანქრის სიგრძე;
- ბ) ასანთის კოლოფის სიგრძე;
- გ) ფიზიკის სახელმძღვანელოს სიგანე.

საზომი ლენტით გაზომეთ:

- ა) წიგნის თაროს სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე;
- ბ) საწოლის სიგრძე და სიგანე;

გ) ჯერ შეაფასეთ, შემდეგ კი გაზომეთ თქვენი ოთახის სიგრძე. დაემთხვა თქვენი ვარაუდი გაზომვის შედეგს?

გაზომვის შედეგები ჩაწერეთ საშინაო დავალების რეგულში და განსაზღვრეთ გაზომვის ცდომილება.



სურ. 1.17

## § 1.6 ლაბორატორიული სამუშაო: სხეულის მოცულობის განსაზღვრა. პირდაპირი და არაპირდაპირი გაზომვები



გაიხსენეთ:

**მოცულობა** ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ახასიათებს სხეულის თვისებას დაიკავოს სივრცის გარკვეული ნაწილი. საერთაშორისო სისტემაში (SI) მოცულობის ერთეულია კუბური მეტრი ( $\text{მ}^3$ ). არსებობს  $\text{მ}^3$ -ის წილადი და ჯერადი ერთეულები:  $1 \text{ სმ}^3 = 0,000001 \text{ მ}^3$ ;  $1 \text{ დმ}^3 = 0,001 \text{ მ}^3$ ;  $1 \text{ კმ}^3 = 1000000000 \text{ მ}^3$ . სითხეების, აირებისა და ფხვიერი ნივთიერების მოცულობის საზომად გამოიყენება სისტემგარეშე ერთეული ლიტრი:  $1 \text{ ლ} = 1 \text{ დმ}^3 = 0,001 \text{ მ}^3$ ,  $1 \text{ მლ} = 0,001 \text{ ლ} = 0,000001 \text{ მ}^3$ .

ვიპოვოთ სწორი გეომეტრიული ფორმის ფიზიკური სხეულის, მაგალითად, მართკუთხა პარალელებიპედის მოცულობა.



**სამუშაოსათვის საჭიროა:** მართკუთხა პარალელებიპედის ფორმის სხეული და სიგრძის საზომი ხელსაწყო (საზომი ლენტის ან სახაზავი).

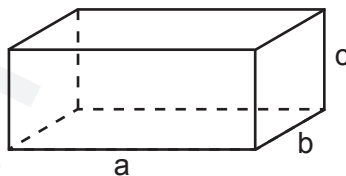
**სამუშაოს მსვლელობა:**

- დაადგინეთ საზომი ლენტის ან სახაზავის დანაყოფის ფასი (სურ. 1.18);



სურ. 1.18

- გაზომეთ მართკუთხა პარალელებიპედის სიგრძე  $a$ , სიგანე  $b$  და სიმაღლე  $c$  (ნახ. 1.1);



ნახ. 1.1

- გამოიყენეთ მათემატიკის კურსიდან თქვენთვის ცნობილი მართკუთხა პარალელებიპედის მოცულობის გამოსაანგარიშებელი ფორმულა:

$$V = abc$$

- შეავსეთ ცხრილი №1.7:



ცხრილი №1.7:

| სიგრძე – $a$ (სმ) | სიგანე – $b$ (სმ) | სიმაღლე – $c$ (სმ) | მოცულობა – $V$ ( $\text{სმ}^3$ ) |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|
| ნ ი ბ ნ უ ი ა რ   | ჩ ა ნ ე რ ო თ !   |                    |                                  |

გაზომვის ისეთ ხერხს, როდესაც საძიებელი ფიზიკური სიდიდე უშუალოდ გამზომი ხელსაწყოთა საშუალებით იზომება, **პირდაპირი გაზომვა** ეწოდება; ხოლო როდესაც საძიებელ სიდიდეს უშუალოდ გამზომი ხელსაწყოთი არ ვზომავთ და მას ფორმულით ვითვლით, **არაპირდაპირი გაზომვა** ეწოდება.

წარმოდგენილ სამუშაოში პარალელუპიედის სიგრძეს, სიგანესა და სიმაღლეს პირდაპირი გაზომვით ვადგენთ, მოცულობას კი – არაპირდაპირი გაზომვით განვსაზღვრავთ.

ფიზიკის კურსის შესწავლისას დავრწმუნდებით, რომ ფიზიკაში უმეტესი გაზომვები არაპირდაპირია.

ვიპოვოთ არასწორი გეომეტრიული ფორმის სხეულის (კენჭი, ლითონის პატარა სათამაშოს ან მისი რაიმე დეტალის) მოცულობა. მოცულობის განსაზღვრის ეს მეთოდი პირველად შემოგვთავაზა ბერძენმა ფილოსოფოსმა არქიმედემ ძველი წელთაღრიცხვით III საუკუნეში. მან დაადგინა, რომ სხეულის წყალში ჩაძირვისას გამოდევნილი წყლისა და სხეულის მოცულობები ერთმანეთის ტოლია.

 **სამუშაოსთვის საჭიროა:** მენზურა (ლათ. mensura – საზომი. ჭიქის მსგავსი დანაყოფებიანი ჭურჭელი სითხის რაოდენობის გასაზომად), არასწორი გეომეტრიული ფორმის ფიზიკური სხეული, წყალი (სურ. 1.19).



სურ. 1.19

### სამუშაოს მსვლელობა:

- დაადგინე მენზურის დანაყოფის ფასი;
- ჩაასხი მენზურაში იმდენი წყალი, რომ სხეულის ჩაძირვისას ის მთლიანად დაიფაროს და, ამასთან, წყალი მენზურიდან არ გადმოიღვაროს;
- განსაზღვრე, სკალის რომელი დანაყოფის გასწვრივ განთავსდება წყლის თავისუფალი (ზედა) ზედაპირი სხეულის ჩაძირვამდე. ეს იქნება წყლის საწყისი მოცულობა  $V_0$ ;
- ჩაძირე სხეული წყალში. დაადგინე წყლისა და სხეულის ერთიანი მოცულობა  $V_1$ ;
- განსაზღვრე სხეულის მოცულობა, რისთვისაც გამოთვალე გაზომილი მოცულობების მნიშვნელობათა სხვაობა:  $V = V_1 - V_0$ ;
- შეავსე ცხრილი №1.8:



ცხრილი №1.8:

| წყლის საწყისი მოცულობა – $V_0$ (სმ <sup>3</sup> ) | წყლისა და სხეულის ერთიანი მოცულობა – $V_1$ (სმ <sup>3</sup> ) | სხეულის მოცულობა – $V = V_1 - V_0$ (სმ <sup>3</sup> ) |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| ნ ი ბ                                             | ნ უ ი ა რ ჩ ა წ ე რ                                           | ო თ !                                                 |

### საკონტროლო კითხვები:

1. როგორ გაზომვას ეწოდება პირდაპირი? მოიყვანეთ თქვენთვის ცნობილი პირდაპირი გაზომვის მაგალითები;
  2. როგორ გაზომვას ეწოდება არაპირდაპირი? მოიყვანეთ თქვენთვის ცნობილი არაპირდაპირი გაზომვის მაგალითები;
  3. მოიფიქრეთ, როგორ გაზომავთ ისეთი სხეულის მოცულობას (მაგ. ხუთთეთრიანი მონეტის) მენზურით, რომლის მოცულობა მცირეა, ვიდრე მენზურის დანაყოფის ფასი.
- მითითება: ჩათვალეთ, რომ გაქვთ ბევრი მონეტა.

### დავალება:

1. ქვემოთ მოცემულია ცხრილი №1.9 და ცხრილი №1.10. პირველ სვეტში ჩან-ერილია მოცულობის და ფართობის სხვადასხვა ერთეულები. შეასრულეთ საჭირო გამოთვლები და შეავსეთ დანარჩენი უჯრები.

მაგალითი:



ცხრილი №1.9:

|                                 |         |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|---------|
| 1 მ³ =                          | 10³ დმ³ | 10⁶ სმ³ | 10⁹ მმ³ |
| ნ ი ბ ნ უ ი ა რ ჩ ა ნ ე რ ო თ ! |         |         |         |
| 1 ლ = 1 დმ³ =                   | მ³      | სმ³     | მმ³     |
| 1 სმ³ =                         | დმ³     | მ³      | მმ³     |
| 1 მმ³ =                         | დმ³     | სმ³     | მ³      |
| 1 მლ =                          | დმ³     | სმ³     | მმ³     |

მაგალითი:



ცხრილი №1.10:

|                                 |         |         |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| 1 მ² =                          | 10⁶ კმ² | 10² დმ² | 10⁴ სმ² | 10⁶ მმ² |
| ნ ი ბ ნ უ ი ა რ ჩ ა ნ ე რ ო თ ! |         |         |         |         |
| 1 კმ² =                         | მ²      | დმ²     | სმ²     | მმ²     |
| 1 დმ² =                         | კმ²     | მ²      | სმ²     | მმ²     |
| 1 სმ² =                         | კმ²     | დმ²     | მ²      | მმ²     |
| 1 მმ² =                         | კმ²     | დმ²     | სმ²     | მ²      |

2. გაზომეთ თქვენი რვეულის ერთი ფურცლის ფართობი და მოცულობა, რისთვისაც ჩაატარეთ №1.11 ცხრილში მითითებული გაზომვები და შეავსეთ იგი:



ცხრილი №1.11:

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| ფურცლების რაოდენობა       |                 |
| ფურცლების დასტის სისქე    |                 |
| ერთი ფურცლის სისქე        |                 |
| ფურცლის სიგრძე            | ნ ი ბ ნ უ ი ა რ |
| ფურცლის სიგანე            | ჩ ა ნ ე რ ო თ ! |
| ერთი ფურცლის ფართობი      |                 |
| ფურცლების დასტის მოცულობა |                 |
| ერთი ფურცლის მოცულობა     |                 |



## საშინაო ცდა

**ცდის მიზანი:** მავთულის (ძაფის) დიამეტრის გაზომვა.

**ცდისთვის საჭიროა:** დაახლოებით ნახევარი მეტრი სიგრძის წვრილი მავთული (ძაფი), ფანქარი და სახაზავი.

დაახვეთ მავთული (ძაფი) ფანქარზე ერთ ფენად, ისე, რომ ხვეები ერთმანეთთან მჭიდროდ იყოს განლაგებული. სახაზავით გაზომეთ ხვეების საერთო სიგანე ფანქარზე და დათვალეთ მათი რაოდენობა.

ხვეების საერთო სიგანის შეფარდებით ხვეების რაოდენობასთან მიიღებთ მავთულის (ძაფის) დიამეტრს.

გაზომვის მონაცემები და მიღებული შედეგი ჩანერეთ საშინაო დავალების რვეულში. განსაზღვრეთ გაზომვის ცდომილება.

## პირველი თავის შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები

1. ქვევით მოცემული წინადადებები გადაინერეთ რვეულში და ჩასვით გამოტოვებულ სიტყვები:

1. ფიზიკა არის მეცნიერება ..... შესახებ.
2. ბუნებაში მომხდარ ყოველგვარ ცვლილებას, რომლის დროსაც ნივთიერება არ იცვლება ..... ეწოდება.
3. ყველა საგანს, რომელსაც ჩვენ გარშემო ვხედავთ ..... ეწოდება. ისინი განსხვავდება შემადგენლობით, მოცულობით, ფორმით და მრავალი სხვა რამით.
4. ყველაფერს, რისგანაც ფიზიკური სხეული შედგება ..... ეწოდება.
5. ყველაფერს, რაც ჩვენ გარშემო არსებობს ..... ეწოდება. ნივთიერება ..... ერთ-ერთი სახეა.
6. ყველა ..... აქვს საერთო თვისება, ის შეიძლება იყოს დიდი ან პატარა, რომელთა გაზომვა შეიძლება.
7. ყველა ..... შეიძლება გავზომოთ რაიმე ხელსაწყოთი ან გამოვითვალოთ ფორმულით.
8. ფიზიკური სიდიდე არის ფიზიკური მოვლენის ან ფიზიკური სხეულის ..... გამოსატყუი თვისება.
9. მატერიის ორი ფორმა არსებობს, ..... და .....
10. ფიზიკური სიდიდის გაზომვა ნიშნავს მის ..... სხვა მის მსგავს სიდიდესთან, რომელიც ..... მიჩნეული.
11. ფიზიკური სიდიდეების დიდი და პატარა მნიშვნელობების ჩასანერად ვიყენებთ .....
12. ფიზიკური სიდიდის ჩანერისას საჭიროა მისი აღმნიშვნელი სიმბოლო, მისი ..... და ერთეული.
13. ფიზიკური სიდიდის რიცხვითი მნიშვნელობა საზომი ..... შერჩევაზეა დამოკიდებული.
14. ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში მასის ერთეულად მიღებულია ..... , სიგრძის ერთეულად ..... , დროის ერთეულად კი .....
15. მეცნიერებაში ვარაუდს ..... ეწოდება. მას შემონმება და დასაბუთება სჭირდება, რის გამოც ფიზიკოსები ..... .
16. ჩატარებულმა ცდამ შეიძლება დაასაბუთოს ან ..... დაკვირვების დროს გამოთქმული ჰიპოთეზა.
17. გაზომვის ზღვარი არის ფიზიკური სიდიდის ..... და ..... მნიშვნელობები, რომლებიც შეიძლება გავზომოთ ამ ხელსაწყოთი.
18. ხელსაწყოზე აღნიშნული ორი უახლოესი შტრიხის შესაბამის მნიშვნელობებს შორის სხვაობას ამ ხელსაწყოს ..... ეწოდება.
19. გაზომვის დროს დაშვებულ უზუსტობას ..... ეწოდება.
20. ცდომილება არ შეიძლება გამზომი ხელსაწყოს ..... მეტი იყოს.
21. როდესაც საძიებელი ფიზიკური სიდიდე უშუალოდ გამზომი ხელსაწყოს საშუალებით იზომება ..... ეწოდება.
22. როდესაც საძიებელ ფიზიკურ სიდიდეს ფორმულით ვითვლით, ..... ეწოდება.

## II. საკონტროლო ტესტი:

- ჩამოთვლილთაგან, რომელი არ არის ფიზიკური მოვლენა?  
ა) ჭექა-ქუხილი; ბ) სანთლის წვა; გ) ნათურის ნათება; დ) ყინულის დნობა.
- ჩამოთვლილთაგან რომელია მოცულობის ერთეული?  
ა) 1 ტონა; ბ) 1 ჰექტარი; გ) 1 ლიტრი; დ) 1 ცენტნერი
- 1 სმ წიბოს მქონე რამდენი კუბი მოთავსდება 1 მ წიბოს მქონე კუბში?  
ა) 100; ბ) 1000; გ) 10000; დ) 1000000.
- 1 ლიტრი ისეთი კუბის მოცულობაა, რომლის წიბოს სიგრძე  
ა) 1 მმ - ია; ბ) 1 სმ - ია; გ) 1 დმ - ია; დ) 1 მ - ია.

## III. ამოხსენით ამოცანები:

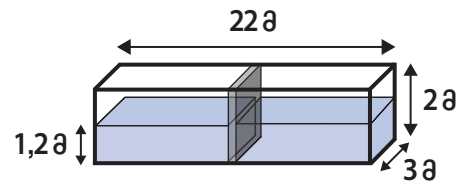
1. განსაზღვრეთ ერთ კვირაში არსებული საათების, წუთებისა და წამების რაოდენობა.

2. 200 ლიტრი მოცულობის აბაზანა ბოლომდეა სავსე წყლით. რისი ტოლია სხეულის მოცულობა, თუ მისი აბაზანაში სრულად ჩაშვებისა და უკან ამოღების შემდეგ აბაზანაში 120 ლიტრი წყალი დარჩა? გამოსახეთ ამ სხეულის მოცულობა  $\text{მ}^3$ -ით და  $\text{სმ}^3$ -ით.

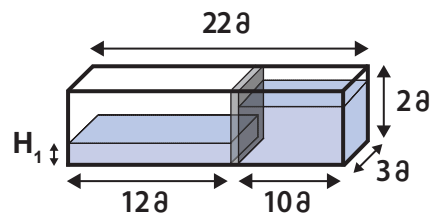
3. 800 მლ მოცულობის ცილინდრული ჭურჭელი ბოლომდეა სავსე წყლით. ოქროს სამკაულის სრულად ჩაძირვის და უკან ამოღების შემდეგ მასში დარჩა 600 მლ წყალი. რა მოცულობის სილრუე აქვს სამკაულს, თუ ის დამზადებულია  $0,1 \text{ დმ}^3$  მოცულობის მქონე ოქროსგან?

4. განსაზღვრეთ ჭურჭლის მოცულობა, თუ მასში 5 სმ გვერდის მქონე რვა მასიური ლითონის კუბის ჩაგდების შემდეგ 9 ლიტრი წყალი ჩაეცა.

5. აუზი, რომლის ზომებიც მითითებულია ნახაზზე, მოძრავი ტიხრით შუაზეა გაყოფილი. აუზის ორივე ნახევარში ჩასხმულია ერთი და იმავე რაოდენობის წყალი. შეასრულეთ საჭირო გამოთვლები და უპასუხეთ კითხვებს:  
ა) რისი ტოლია წყლის მოცულობა თითოეულ ნახევარში? (ნახ. 1.2) ბ) რისი ტოლი გახდება აუზის მარჯვენა და მარცხენა ნაწილში წყლის დონეთა შორის სხვაობა თუ ტიხარს 1 მეტრით მარჯვნივ გადავწევთ? (ნახ. 1.3) გ) რამდენი მეტრით უნდა გადავწვინა ტიხარი, რომ აუზიდან წყალი გადმოღვრილიყო?



ნახ. 1.2

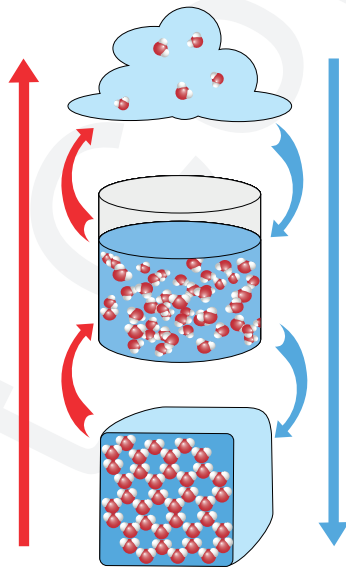


ნახ. 1.3

# თავი II

## ნივთიერების აგებულება და მისი ფიზიკური თვისებები

- ატომები, მოლეკულები და მათი ურთიერთქმედება;
- დიფუზია და აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილება;
- მასა და სიმკვრივე.



ამ თავში თქვენ გაეცნობით:

- ატომებსა და მოლეკულებს;
- ნივთიერების აგებულებას;
- ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობას;
- ნაწილაკების ურთიერთქმედებას;
- ნივთიერების აგრეგატულ მდგომარეობებს;
- მასის გაზომვას;
- ნივთიერების სიმკვრივის განსაზღვრას.

## § 2.1 ნივთიერების დისკრეტული აგებულება

ყველა ფიზიკური სხეული შედგება ნივთიერებისაგან: ქიქა – მინისაგან, საწერი კალამი – პოლიეთილენისაგან, ფურცელი – ქაღალდისაგან. ნივთიერებას გააჩნია მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი თვისებები: ფერი, სუნი, სიმკვრივე და ა.შ. რისგან შედგება თვით ნივთიერება?

ძალიან ადრე, დაახლოებით 2500 წლის წინ, ფილოსოფოსებმა გამოთქვეს ვარაუდი ნივთიერების აგებულების შესახებ. ძველმა ბერძენმა ფილოსოფოსმა დემოკრიტემ (460 – 370 წწ. ძვ. წ.) პირველმა გამოთქვა აზრი იმის შესახებ, რომ მატერია, რომელიც მთლიანი და უწყვეტი გვეჩვენება, სინამდვილეში დიდი რაოდენობის უმცირესი, თვალთ უხილავი ნაწილაკისაგან შედგება. დემოკრიტეს ცხოვრების შესახებ პრაქტიკულად არაფერია ცნობილი და ამ მოაზროვნეს ორგინალურ ნაშრომებს დღემდე არ მოუღწევია, მაგრამ დემოკრიტეს აზრები ჩვენთვის ცნობილია სხვა ავტორების, უმეტესად არისტოტელეს ნაშრომებიდან, ციტატების სახით.

დემოკრიტეს მსჯელობის ლოგიკა ძალიან მარტივია. წარმოიდგინეთ, ამბობდა ის, რომ ჩვენ გვაქვს მსოფლიოში ყველაზე ბასრი დანა. ვიღებთ ნებისმიერ მატერიალურ სხეულს და ვჭრით მას შუაზე, შემდეგ ერთ მიღებულ ნახევარს ასევე ვჭრით შუაზე, შემდეგ ვჭრით შუაზე ერთ მიღებულ მეოთხედს და ა.შ. ადრე თუ გვიან, ამტკიცებდა დემოკრიტე (ისევე, როგორც სხვა ფილოსოფოსები, დემოკრიტე მტკიცებისას ეყრდნობოდა ფილოსოფიურ მოსაზრებებს), ჩვენ მივიღებთ ისეთ მცირე ნაწილაკს, რომელიც აღარ ექვემდებარება გაყოფას. ზუსტად ეს იქნება მატერიის განუყოფელი **ატომი**. სიტყვა ატომი (ძვ. ბერძ. ) განუყოფელს ნიშნავს.

დემოკრიტეს ჰიპოთეზა სამეცნიერო თეორიად მხოლოდ XVIII საუკუნეში გადაიქცა და შემდგომი განვითარება XIX საუკუნეში პოვა. მეცნიერებმა სხვადასხვა ცდის საფუძველზე დაასაბუთეს, რომ ნივრთიერებას გააჩნია წყვეტილი – **დისკრეტული** აგებულება. ნივთიერების უმცირეს ნაწილაკს, რომელიც ამ ნივთიერების თვისებებს განსაზღვრავს და დამოუკიდებლად არსებობის უნარი აქვს, **მოლეკულა** ეწოდება. **მოლეკულა შედგება ატომებისაგან.**

ნივთიერება განიცდის ცვლილებას, შესაბამისად, იცვლება მოლეკულებიც, სამაგიეროდ, ატომები პრაქტიკულად არ იცვლება. თითოეულ ჩვენგანში მოიძებნება ატომები, რომელებიც არსებობდა დინოზავრების დროს, ან, ვთქვათ, ალექსანდრე მაკედონელის ეპოქაში.

ჩავატაროთ რამდენიმე ცდა, რომელთა შედეგებს ვერ ავხსნით ნივთიერების დისკრეტული აგებულების გარეშე.

 **ცდა I**

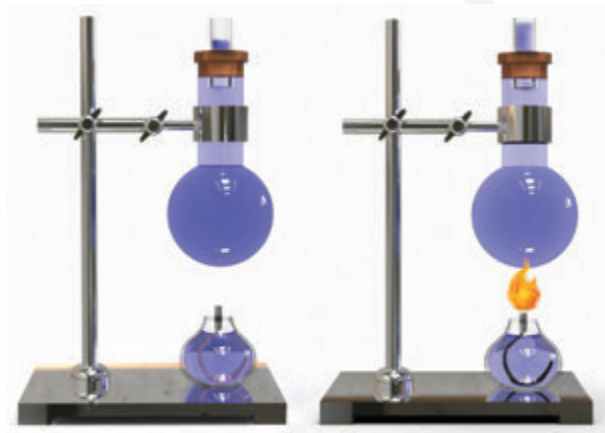
ავიღოთ ლითონის ბირთვი, რომელიც ცივ მდგომარეობაში თითქმის თავისუფლად გადის რგოლში. თუ ბირთვს გავაცხელებთ, ის რგოლში აღარ გაეტევა. გაცივების შემდეგ ბირთვი ისევ გაეტევა რგოლში (სურ. 2.1).



სურ. 2.1

## ცდა II

წყლით სასვსე კოლბას მჭიდროდ გავუკეთოთ საცობი, რომელშიც გატარებულია მინის მილი. წყალი ნაწილობრივ ამოვა მილში, მოვნიშნოთ მასში წყლის დონე. კოლბის სპირტქურის ალზე გაცხელებისას შევამჩნიეთ, რომ გარკვეული დროის შემდეგ წყლის დონე მილში აიწევს (სურ. 2.2).



სურ. 2.2

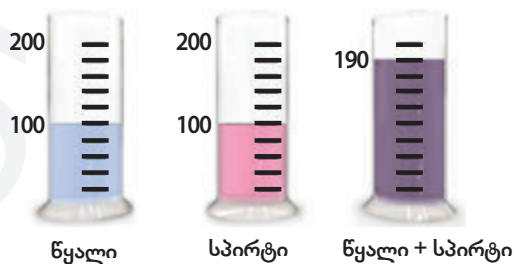
ამ ცდებისგან შეგვიძლია დავასკვნათ: გაცხელებისას სხეულის მოცულობა იზრდება, გაცივებისას კი მცირდება.

ავხსნათ, რატომ იცვლება მოცულობა.

ნივთიერება შედგება ნაწილაკებისგან, რომელთა შორის შუალედებია. გაცხელებისას ნაწილაკები შორდებიან ერთმანეთს – მოცულობა იზრდება. გაცივებისას ნაწილაკები უახლოვდებიან ერთმანეთს – მოცულობა მცირდება.

## ცდა III

ერთ მენზურაში ჩავასხათ 100 მლ წყალი, მეორეში – 100 მლ შეფერადებული სპირტი. გადავასხათ ისინი მესამე ცარიელ მენზურაში (სურ. 2.3). საკვირველია, მაგრამ ნარევის მოცულობა იქნება არა 200 მლ, არამედ ნაკლები: 190 მლ.



სურ. 2.3

ავხსნათ, რატომ შემცირდა ჯამური მოცულობა.

სპირტის მოლეკულები 2-3-ჯერ უფრო დიდია წყლის მოლეკულებზე, ამიტომ სპირტის მოლეკულებს შორის მანძილი უფრო დიდია, ვიდრე – წყლის მოლეკულებს შორის. შერევისას წყლის მოლეკულები მოთავსდებიან სპირტის მოლეკულებს შორის, ამის გამო საერთო მოცულობა მცირდება. ამ მოვლენის უკეთ წარმოსადგენად განვიხილოთ მაგალითი: ავიღოთ ორი ერთლიტრიანი ქილა, რომელთაგან ერთი ავავსოთ სიმინდის, ხოლო მეორე – ხორბლის მარცვლებით. მარცვლები მთლიანად გადავყაროთ ორლიტრიან ცარიელ ქილაში. ხორბლის მარცვლების ნაწილი მოთავსდება სიმინდის მარცვლებს შორის არსებულ შუალედებში, ამიტომ მარცვლები ორლიტრიან ქილას ვერ შეავსებენ.

## ცდა IV

ავილოთ რამდენიმე კოლბა (სურ. 2.4). პირველში ჩავასხათ წყალი და ჩავაგდოთ საღებავის პატარა ნამცეცი. შევანჯღრიოთ კოლბა, საღებავი წყალში გაიხსნება, ხოლო წყალი მიიღებს ერთგვაროვან მკვეთრ ფერს. გადავასხათ შეღებილი წყლის მცირე რაოდენობა მეორე ცარიელ კოლბაში და შევავსოთ სუფთა წყლით. მივიღებთ ერთგვაროვან, მაგრამ უფრო ღია ფერის წყალს. შემდეგ მეორე კოლბიდან გადავასხათ წყლის მცირე რაოდენობა მესამე ცარიელ კოლბაში და ისევ შევავსოთ სუფთა წყლით. მიღებული წყლის ფერი კიდევ უფრო ბაცი გახდება, თუმცა – ერთგვაროვანი. რატომ ხდება ასე?!



სურ. 2.4

ცდის მიმდინარეობიდან ჩანს, რომ ყოველ შემდეგ კოლბაში ხდება თავიდან გახსნილი საღებავის ნაწილაკების სულ უფრო მცირე რაოდენობა, ამიტომ, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ საღებავის თავდაპირველი ნამცეცი შედგებოდა ძალიან დიდი რაოდენობის პატარა ნაწილაკისაგან.

ეს ცდები (და მრავალი სხვა ცდაც) ამტკიცებს, რომ ნივთიერება შედგება ძალიან პატარა ნაწილაკებისაგან.

### დასკვნები:

- ნივთიერებას დისკრეტული აგებულება აქვს. ის შედგება ძალიან პატარა ნაწილაკებისაგან, რომელთა შორის გარკვეული მანძილია;
- ნივთიერების უმცირეს ნაწილაკს, რომელიც ამ ნივთიერების თვისებებს განსაზღვრავს და დამოუკიდებლად არსებობის უნარი აქვს, მოლეკულა ეწოდება. თვით მოლეკულა შედგება ატომებისაგან;
- ჩვეულებრივ, გაცხელებისას სხეულის მოლეკულებს შორის მანძილი იზრდება, ხოლო გაცივებისას მცირდება.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რას ნიშნავს ნივთიერების „დისკრეტული აგებულება“?
2. რა უწოდა დემოკრიტემ ნივთიერების უმცირეს ნაწილაკს?
3. რა ეწოდება უმცირეს ნაწილაკს, რომელიც ნივთიერების თვისებებს განსაზღვრავს?
4. რისგან შედგება მოლეკულა?
5. რომელი ნაწილაკი არ განიცდის ცვლილებას – ატომი თუ მოლეკულა?
6. ჩვეულებრივ, როგორ იცვლება მოლეკულებს შორის მანძილი სხეულის გაცხელებისას? გაცივებისას?

### დავალება:

1. გოგონამ ქალაქის ქუჩის დასამზადებლად ახალი ფურცელი და საუკეთესო ნებო გამოიყენა, თუმცა წყალმა ჭიქიდან მაინც გამოჟონა. რატომ მოხდა ასე?
2. როგორ იცვლება თხელი რეზინისგან დამზადებული ბუშტის მოლეკულებს შორის მანძილი მისი გაბერვისას?
3. ჰელიუმით გაბერილი და კარგად თავმოკრული რეზინის ბუშტის ზომა ორი დღის შემდეგ მნიშვნელოვნად შემცირდა. რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?

4. დააკვირდით თქვენი სანერი კალმის წვერს. მასში მჭიდროდ ჩასმულია მცირე ზომის ლითონის ბურთულა, რომელიც ფურცელზე დაგორავს. საიდან გამოდის მელანი? ახსენით, როგორ „ახერხებს“ ასეთ ვიწრო გამოსასვლელში გამოყოფას. თუ შესაძლებლობა გექნებათ დააკვირდით ლუპით.

5. სარკინიგზო რელსებს გადაბმის ადგილას ერთმანეთისგან რამდენიმე სანტიმეტრით აშორებენ. (სურ. 2.5) რა მოხდებოდა, შუალედი რომ არ დაგვეტოვებინა?

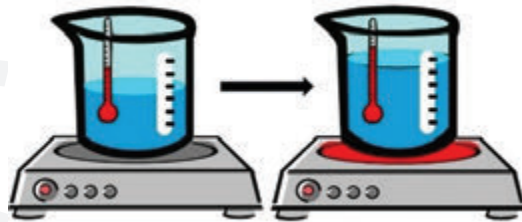
6. ეიფელის კოშკი ლითონის კონსტრუქციაა. მისი სიმაღლე ზაფხულობით საშუალოდ 17 სანტიმეტრით მეტია, ვიდრე – ზამთარში. რა არის ამის მიზეზი?

7. რაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ წვნიანით სავსე ქვაბში მცირე რაოდენობის მარილის კრისტალების ჩაყრის შემდეგ კერძი იცვლის გემოს?

8. დააკვირდით სურათს. ახსენით ჭურჭელში სითხის დონისა და თერმომეტრის ჩვენების ცვლილების მიზეზი (სურ. 2.6).



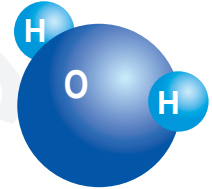
სურ. 2.5



სურ. 2.6

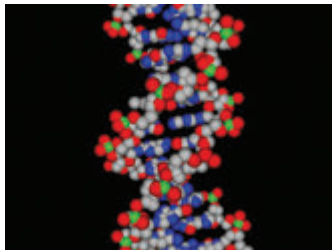
## § 2.2 ატომები და მოლეკულები

წინა პარაგრაფში ჩვენ აღვნიშნეთ, რომ ყოველი ნივთიერება შედგება ძალიან მცირე ზომის უხილავი ნაწილაკებისაგან – მოლეკულებისაგან, რომლებიც ამ ნივთიერების თვისებებს განსაზღვრავს, ამასთან, ყოველი კონკრეტული ნივთიერება მხოლოდ ერთი სახის მოლეკულებისგან შედგება. მაგ. წყალი – წყლის მოლეკულებისაგან, მარილმჟავა – მარილმჟავას მოლეკულებისაგან, ჟანგბადი – ჟანგბადის მოლეკულებისაგან და ა. შ. თვით მოლეკულა გარკვეული ატომების კავშირს წარმოადგენს. მაგალითად, წყლის მოლეკულას ჟანგბადის ერთი და წყალბადის ორი ატომის კავშირი (ბმა) ქმნის (სურ. 2.7). თუმცა არსებობს ნივთიერებები, რომლებიც ცალკეული ატომებისაგან შედგება. მაგ. ალმასი, რკინა, ჰელიუმი და სხვა.



სურ. 2.7

ორი სხვადასხვა ნივთიერების მოლეკულა შეიძლება შედგებოდეს ერთნაირი, მაგრამ განსხვავებული რაოდენობის ატომებისაგან. მაგალითად, ჟანგბადის მოლეკულა ჟანგბადის ორი ატომისაგან შედგება, ოზონისა კი ჟანგბადის სამი ატომისაგან. არსებობენ ნივთიერებები, რომელთა მოლეკულები ბევრად მეტი რაოდენობის ატომს შეიცავს – ეგრეთ წოდებული „გიგანტური“ მოლეკულები (სურ. 2.8).



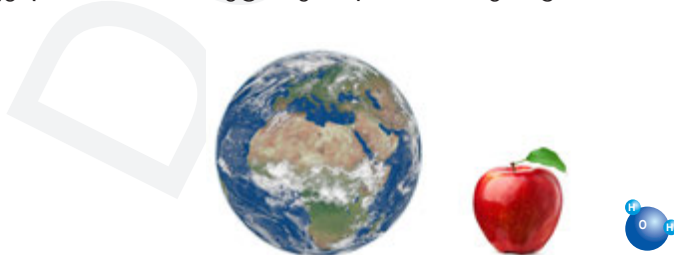
სურ. 2.8

ასეთია, მაგალითად, ცილის მოლეკულები. მოლეკულის თვისებებს მასში არა მხოლოდ ატომების რაოდენობა განსაზღვრავს, მნიშვნელოვანია ატომების ერთმანეთის მიმართ სივრცული განლაგებაც. მაგალითად, გრაფიტი (რომლისგანაც ფანქრის გულს ამზადებენ) და ალმასი მხოლოდ ნახშირბადის ატომებისაგან შედგება.

მაგრამ სხვადასხვა მათში ამ ატომთა განლაგება, რაც მათ ფიზიკურ თვისებებს შორის უზარმაზარ განსხვავებას იწვევს.

წინა პარაგრაფში განხილული ცდით (ცდა IV) დავრწმუნდით, რომ საღებავის პატარა ნამცეცი შეიცავს ძალიან დიდი რაოდენობის ნაწილაკს და მათ შორის შუალედებია. საღებავის ნამცეცის წყალში გახსნისას მიღებული ხსნარის ფერი ერთგვაროვანი იყო. საღებავის მოლეკულა თვალთ ჩხილული რომ ყოფილიყო, ჩვენ შევამჩნევდით გამჭირვალე წყალში შეტივტივებულ საღებავის ნაწილაკებს.

მაინც რამდენად მცირეა მოლეკულის ზომა? მისი ზომის შესაფასებლად მოვიყვანოთ ასეთი შედარება: ვაშლის ზომა იმდენჯერ მეტია მოლეკულის ზომაზე, რამდენჯერაც დედამიწის ზომა მეტია ვაშლის ზომაზე (სურ. 2.9).

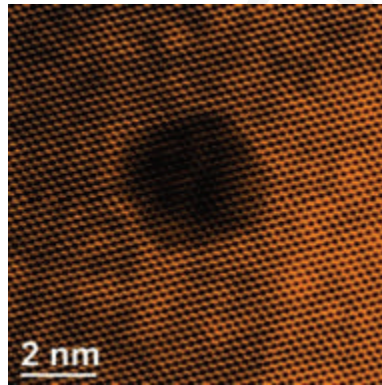


სურ. 2.9

წყლის მოლეკულის ზომა დაახლოებით 0,0000000003 მ-ია. თუ ერთ მწკრივში მჭიდროდ დავალაგებთ წყლის ათ მილიონ მოლეკულას, მივიღებთ 3 მმ სიგრძის მოლეკულების ძაფს.

მოლეკულათა მცირე ზომის გამო მათი რიცხვი სხეულში ძალიან დიდია. მაგალითად, 1 სმ<sup>3</sup> მოცულობის წყლიდან ყოველ წამში ტრილიონი მოლეკულა რომ ორთქლდებოდეს, მაშინ მის მთლიანად აორთქლებას დაახლოებით 9500 წელი დასჭირდებოდა.

ცალკეული ატომებისა და მოლეკულების ზომები ისეთი მცირეა, რომ მათი დანახვა ყველაზე ძლიერი ოპტიკური მიკროსკოპითაც კი შეუძლებელია, მაგრამ XX საუკუნეში შეიქმნა ხელსაწყოები, რომლითაც შესაძლებელი გახდა ატომებისა და მოლეკულების „დანახვა“. ასეთი ხელსაწყოა ელექტრონული მიკროსკოპი, რომელიც დაახლოებით მილიარდჯერ ადიდებს. სურათ 2.10–ზე სწორედ ელექტრონული მიკროსკოპით გადაღებული ატომის გამოსახულებაა აღბეჭდილი. ამ ატომის ზომა დაახლოებით 0,000000004 მ-ია.



სურ. 2.10

ამჟამად მეცნიერებისათვის 118 განსხვავებული ელემენტი (ატომი) არის ცნობილი. ამ ატომთა კავშირები ქმნიან ერთმანეთისაგან განსხვავებულ მოლეკულებს, ამიტომ გვაქვს ბუნებაში ნივთიერებათა მრავალფეროვნებაც.

#### დასკვნები

- ნივთიერება შედგება გარკვეული მოლეკულებისგან; მოლეკულა კი – ატომებისაგან.
- მოლეკულის თვისებები დამოკიდებულია მასში შემავალ ატომებზე, მათ რაოდენობასა და სივრცულ განლაგებაზე;
- ზოგიერთი ნივთიერება შეიძლება უშუალოდ ატომებისგან შედგებოდეს.
- მოლეკულების ზომები ძალიან მცირეა, დაახლოებით მეტრის მემილიარდედია.
- პატარა ზომის სხეულშიც კი უზარმაზარი რაოდენობის მოლეკულაა.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. შეიძლება თუ არა ორი სხვადასხვა ნივთიერება შედგებოდეს ზუსტად ერთნაირი ატომებისაგან?
2. შეიძლება თუ არა ოპტიკური მიკროსკოპით ატომებისა და მოლეკულების დანახვა?
3. რა განაპირობებს ბუნებაში არსებულ ნივთიერებათა მრავალფეროვნებას?



### დავალება:

1. ბუნებაში ერთი და იმავე ნივთიერებისაგან დამზადებული სხვადასხვა ფიზიკური სხეული არსებობს. ჩამოთვალეთ რამოდენიმე მათგანი და ჩანერეთ რვეულში.
2. ცნობილია, რომ ატომებიდან ყველაზე მცირე ზომის არის წყალბადის ატომი. იმსჯელეთ წყლისა და ოზონის მოლეკულის ზომების თანაფარდობის შესახებ.
3. ტყვიის მასიურ კუბიკზე ყოველი მხრიდან ძლიერად დაწოლით მისი მოცულობა შემცირდა. როგორ შეიცვალა ამ დროს მოლეკულებს შორის მანძილი? შეიცვალა თუ არა ამ ნივთიერების მოლეკულები?
4. ტოლია თუ არა სხეულის მოცულობა მისი შემადგენელი მოლეკულების მოცულობების ჯამის? პასუხი დაასაბუთეთ.
5. ჩათვალეთ, რომ წყლის ერთი მოლეკულის მოცულობა  $14 \cdot 10^{-30} \text{მ}^3$ -ია. ჩატევა თუ არა  $14 \text{მ}^3$  მოცულობის აუზში წყალი, რომელიც  $10^{30}$  რადენობის მოლეკულას შეიცავს? პასუხი დაასაბუთეთ.
6. ჩათვალეთ, რომ წყლის ერთი მოლეკულის მოცულობა  $14 \cdot 10^{-30} \text{მ}^3$ -ია. წყლით ავსებულია  $280 \text{მ}^3$  მოცულობის აუზი. რა მოცულობის სიცარიელეა მოლეკულებს შორის, თუ მათი რადენობა  $10^{31}$ -ია?



### საშინაო ცდა

**ცდის მიზანი:** დაკვირვების საფუძველზე დასკვნის გამოტანა.

**ცდისთვის საჭიროა:** ორი გამჭვირვალე ჭიქა, ჩაის მუქი ნაყენი და პიპეტი.

ერთ ჭიქაში ჩაასხით ცხელი, ხოლო მეორეში ცივი წყალი. ორივე ჭიქაში პიპეტით ჩაანვეთეთ ჩაის ნაყენის თითო წვეთი. დააკვირდით პროცესს ორივე ჭიქაში და გამოიტანეთ დასკვნა.

## § 2.3 დიფუზია

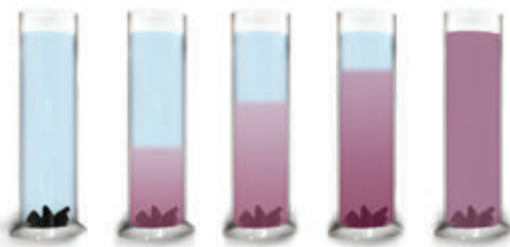
ჩვენ უკვე შევაფასეთ ნივთიერების შემადგენელი მოლეკულების ზომები, შევიქმენით წარმოდგენა სხეულში მათი რაოდენობის შესახებ. ახლა ვისაუბროთ მოლეკულათა მოძრაობაზე.



სასკოლო ლაბორატორიის ოთახში შემოვიტანოთ მკვეთრი სუნის მქონე რაიმე ნივთიერება, მაგალითად სუნამო ან ნიშადურის სპირტი. მოკლე დროში მისი სუნი მთელ ოთახში გავრცელდება. სუნის გავრცელების მიზეზი სუნამოს (ნიშადურის სპირტის) მოლეკულების მოძრაობაა. ისინი მოძრაობისას განუწყვეტლივ ეჯახებიან ჰაერის შემადგენლობაში შემავალ მოლეკულებს, ყოველი დაჯახებისას იცვლიან მოძრაობის მიმართულებას და ქაოსურად მიმოიფანტებიან მთელ ოთახში.



წყლით სავსე მაღალ ჭიქაში ფრთხილად ჩავაგდოთ საღებავის რამდენიმე პატარა ნამცეცი, ისინი ჩაიძირება. გავაჩეროთ ჭიქა რამდენიმე დღით გრილ ადგილას. მთელი ამ დროის განმავლობაში ჭიქაზე დაკვირვებისას შევამჩნევთ, რომ სითხე თანდათან შეფერადდება ჭურჭლის მთელ სიმაღლეზე (სურ. 2.11). როგორ ავხსნათ ეს მოვლენა? წყალში გახსნილი საღებავის ნაწილაკები, ქაოსურად მოძრაობისას, შეაღწევენ წყლის მოლეკულებს შორის არსებულ შუალედებში და განაწილდებიან მასში. საღებავი და წყალი თავისთავად შეერევა ერთმანეთს.



სურ. 2.11

**ნივთიერებების ერთმანეთში თავისთავად შერევის მოვლენას დიფუზია ეწოდება.**

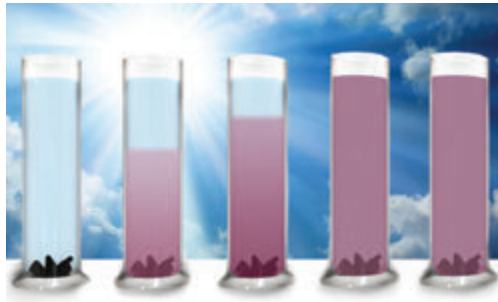
პირველი ცდა აირებში დიფუზიის მაგალითია, მეორე ცდა კი – სითხეში. ორივე შემთხვევაში დიფუზიის მიზეზი ნაწილაკების ქაოსური მოძრაობაა.

ქაოსი ყოველდღიურ ცხოვრებაში არეულობის, უწესრიგობის აღმნიშვნელია. ქაოსური კი ისეთი მოძრაობაა, როდესაც შეუძლებელია წინასწარ განისაზღვროს სხეულის მოძრაობის მიმართულება. ასე „იქცევა“ ნივთიერების შემადგენელი ყველა მოლეკულა, ისინი გამუდმებით ქაოსურად მოძრაობენ.

ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების განუწყვეტელ ქაოსურ მოძრაობას **სითბურ მოძრაობას** უწოდებენ.

დიფუზია მყარ სხეულებშიც მიმდინარეობს, მაგრამ გაცილებით ნელა, ვიდრე – აირებსა და სითხეებში. თუ კარგად გაპრიალებულ ოქროსა და ტყვიის ფირფიტებს დავადებთ ერთმანეთს და მოვათავსებთ სიმძიმის ქვეშ, მაშინ 4-5 წლის შემდეგ ისინი 1 მმ სიღრმეზე შეერევიან ერთმანეთს. დიფუზია ყველაზე სწრაფად აირებში მიმდინარეობს, შედარებით ნელა – სითხეებში, კიდევ უფრო ნელა – მყარ სხეულებში. ამ ფაქტს ადვილად ავხსნით მომდევნო პარაგრაფების გაცნობის შემდეგ, რომლებშიც ნივთიერებების აგებულებასა და მათში მოლეკულების მოძრაობის ხასიათზე ვისაუბრებთ.

 გავიმეოროთ მეორე ცდა, ოღონდ გრილი ადგილის ნაცვლად ჭიქა მზიან, თბილ ადგილას მოვათავსოთ, დავინახავთ, რომ დიფუზიის სისწრაფე გაიზრდება (სურ. 2.12).



სურ. 2.12

ტემპერატურის მატებასთან ერთად, იზრდება ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე, რის გამოც ნივთიერებების ერთმანეთში შერევა უფრო სწრაფად მიმდინარეობს. მაგალითად, შაქარი ცხელ წყალში უფრო სწრაფად იხსნება, ვიდრე ცივში.

დიფუზიის მოვლენა ხშირად გვხვდება ყოფა-ცხოვრებაში, მას დიდი მნიშვნელობა აქვს ბუნებაში მიმდინარე პროცესებში. ნიადაგში სხვადასხვა მარილის ხსნარების დიფუზია ხელს უწყობს მცენარეების ნორმალურ კვებას. დიფუზიით აღწევს ჟანგბადი ფილტვებიდან სისხლში. დიფუზიის გამო შენარჩუნებულია ჰაერის ერთგვაროვნება დედამიწის ზედაპირთან. ამ მოვლენითაა გამოწვეული მცენარეთა სურნელის გავრცელება გარემოში, რაც მწერებისათვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია. დიფუზიის წყალობით აგნებენ მტაცებლები მსხვერპლს. ადამიანი დიფუზიის მოვლენას იყენებს სხვადასხვა ხსნარის, საღებავის, ნების დამზადებისას. სასარგებლოსთან ერთად, დიფუზია ზიანის მომტანიცაა – მაწვან და დიდი ტემპერატურის გამონაბოლქვები, აგრეთვე სხვადასხვა საწარმოო ნარჩენი დიფუზიის გამო ვრცელდება მთელ დედამიწაზე, რამაც ჩვენი პლანეტა გლობალური დათბობისა და ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე დააყენა.

#### დასკვნები:

- დიფუზია – ნივთიერებების ერთმანეთში თავისთავადი შერევა.
- დიფუზიის მოვლენა ასაბუთებს – ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები განუწყვეტელ ქაოსურ მოძრაობაში იმყოფებიან.
- ნივთიერების ნაწილაკების ქაოსურ მოძრაობას სითბურ მოძრაობას უწოდებენ.
- ნივთიერების ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება მისი ნაწილაკების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე და, შესაბამისად, დიფუზიის სისწრაფეც.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რა მოვლენა ადასტურებს ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურ მოძრაობას?
2. როგორ დავამტკიცოთ ცდით მოლეკულების სითბური მოძრაობის სიჩქარის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება?
3. ცნობილია, რომ აირის მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე რამდენიმე ასეული მეტრია წამში. როგორ ავხსნათ, რომ სუნამოს სუნი ოთახში გაცილებით ნელა ვრცელდება?



### დავალბა:

1. ჩამოთვალეთ დიფუზიის მაგალითები ბუნებიდან და ყოველდღიური ცხოვრებიდან.
2. ცხელ წყალში უფრო სწრაფად გაიხსნება შაქარი თუ ცივი? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. გარდა ტემპერატურისა, რა განაპირობებს დიფუზიის სისწრაფეს?
4. თუ მარილწყალში შენახულ ყველს რამდენიმე კვირის შემდეგ დააგემოვნებთ, ნახავთ, რომ მარილს ყველის მთელ მოცულობაში შეუღწევია. რა არის ამის მიზეზი?
5. ლითონების ერთმანეთთან შედუღებისას მათ ერთმანეთს აჭერენ, შემდეგ კი შეხების ადგილს შემდუღებული აპარატით დნობამდე აცხელებენ. რატომ არის საჭირო ლითონების ერთმანეთზე მიჭერა? დნობამდე გაცხელება?
6. თუ ცხელ ჩაიში ლიმონის ნაჭერს ჩავდებთ და ისე დავლევთ, ლიმონის არომატი ოდნავ შესამჩნევია, ხოლო როცა ამავე ლიმონს ჩაიში ჩავწურავთ, დალევასას ლიმონის მძაფრი გემო იგრძნობა. ახსენით ამის მიზეზი.
7. ნიადაგის ორგანული დანამატებით გამდიდრებისას ისეთ დღეებს არჩევენ, როცა ნიადაგი სველია. რატომ არ აკეთებენ იმავეს მშრალ ამინდში? პასუხი დაასაბუთეთ.
8. ალბათ შეგიმჩნევიათ, თვითმფრინავის გამონაბოლქვის თეთრი, ხაზოვანი კვალი ცაზე. რატომ უჩინარდება ეს კვალი გარკვეული დროის შემდეგ? პასუხი დაასაბუთეთ.



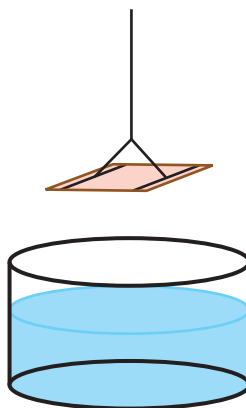
### საშინაო ცდა

**ცდის მიზანი:** ნაწილაკებს შორის მიზიდულობის ძალაზე დაკვირვება.

**ცდისთვის საჭიროა:** ლითონის ან მინის თხელი ფირფიტა, რეზინის წვრილი ზონარი, ძაფი.

ძაფის საშუალებით წვრილ რეზინის ზონარზე ჩამოკიდეთ ლითონის ან მინის ფირფიტა. ფირფიტა დაუშვით ისე, რომ იგი სიბრტყით შეეხოს წყლის ზედაპირს. ამის შემდეგ დაიწყეთ ფირფიტის ნელ-ნელა ამოწევა და დააკვირდით რეზინის ზონარს (ნახ. 2.1).

დაკვირვების შედეგი ჩანერეთ საშინაო დავალების რეგულში.



ნახ. 2.1

## § 2.4 ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედება

ჩვენ უკვე ვიცით, რომ ყველა ფიზიკური სხეული შედგება ნივთიერებისგან, ხოლო ნივთიერება—განუწყვეტლივ ქაოსურ მოძრაობაში მყოფი ნაწილაკებისაგან, რომელთა შორის შუალედებია. ბუნებრივად იბადება კითხვა: რატომ არ იშლებიან ცალკეულ ნაწილაკებად მყარი და თხევადი სხეულები?

ამის მიზეზი ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთმიზიდვაა. ყოველი ნაწილაკი (მოლეკულა, ატომი) იზიდავს მეზობელ ნაწილაკებს და თვითონაც მიიზიდება მათ მიერ. ორ მეზობელ ნაწილაკს შორის ურთიერთმიზიდვა უმნიშვნელია, მაგრამ მრავალ ნაწილაკს შორის მიზიდვა მნიშვნელოვანი ხდება. სწორედ ამიტომ, საკმაოდ ძნელია სქელი ჯოხის გატეხვა, თუმცა ის ცალკეული მოლეკულებისგან შედგება.



### ჩავატაროთ ცდა.

ავილოთ ტყვიისაგან დამზადებული ორი კაუჭიანი ცილინდრი. ცილინდრების ძირე-ბი გავასუფთაოთ და გავაპრიალოთ (სურ. 2.13).



სურ. 2.13

შემდეგ ისინი ძირებით ერთმანეთს ძლიერად მივაჭიროთ. შევამჩნევთ, რომ ცილინდრები საკმაოდ ძლიერად მიეკრობიან ერთმანეთს. მათ შორის კავშირი შესაძლოა იმდენად ძლიერი აღმოჩნდეს, რომ გაუძლოს დამატებით 5 კგ-იანი ტვირთის სიმძიმესაც (სურ. 2.14). ამ კავშირის დამყარების მიზეზი ცილინდრების ნაწილაკების ურთიერთმიზიდვაა.



სურ. 2.14

თუ გატეხილი თეფშის ნაწილებს კარგად შევუთავსებთ ერთმანეთს და მჭიდროდ მივაჭერთ, თეფშს მაინც ვერ გავამთელებთ. რატომ ხდება ასე, თეფშის მოლეკულებიც ხომ იზიდავენ ერთმანეთს?

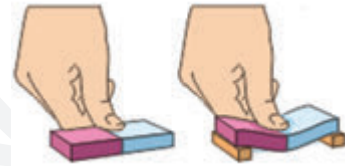
მოლეკულათაშორისი მიზიდვა საგრძნობი ხდება მათ შორის ძალიან მცირე მანძილზე – დაახლოებით მოლეკულის ზომის ტოლ მანძილზე. როდესაც ჩვენ ვაახ-

ლოვებით თევზის ნატეხებს, უსწორმასწორობების გამო ასეთ მცირე მანძილზე ხდება მოლეკულების მხოლოდ მცირე ნაწილის დაახლოება და ამიტომ თევზში არ მთელდება.



#### ჩავატაროთ მეორე ცდა (სურ. 2.15).

შევეცადოთ თითის დაჭერით შევკუმშოთ საშლელი, ამისათვის დაგვჭირდება დიდი ძალით ზემოქმედება; საშლელის მოღუნვა უფრო ადვილია, ვიდრე – შეკუმშვა. ასევე გაგვიჭირდება წყლით სავსე პოლიეთილენის ბოთლის შეკუმშვა, ლითონის მონეტის გადაღუნვა.



სურ. 2.15

როდესაც ნივთიერებას ვკუმშავთ, ჩვენ ვცდილობთ, შევამციროთ მილეკულებს შორის მანძილი. ამ დროს აღძრული წინააღმდეგობა იმის დასტურია, რომ ნაწილაკები არა მარტო მიიზიდავენ, არამედ დაახლოებისას განიზიდავენ კიდევ ერთმანეთს.

ჩვეულებრივ, თხევად და მყარ სხეულებში მოლეკულებს შორის მიზიდვა განწონასწორებულია მათ შორის განზიდვით. ამ დროს მოლეკულებს შორის მანძილი მოლეკულის ზომის ტოლია. უფრო პატარა მანძილზე დაახლოებისას ნაწილაკები ერთმანეთს განიზიდავენ, უფრო დიდ მანძილზე დაშორებისას ერთმანეთს იზიდავენ. თუ მოლეკულებს შორის მანძილი რამდენიმეჯერ აღემატება მათს ზომებს, მაშინ მოლეკულები თითქმის არ ურთიერთქმედებენ. სწორედ ასეა აირებში.

მომავალში, ფიზიკის კურსის შესწავლისას, ჩვენ გავიგებთ, რომ ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედება **ელექტრომაგნიტური** ურთიერთქმედების ტიპს მიეკუთვნება.

ამ თავში შესწავლილი თემების საფუძველზე შეგვიძლია ჩამოვაცალიბოთ ნივთიერების აგებულების სამი ძირითადი დებულება:

1. ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან, რომელთა შორის შუალედებია;
2. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები განუწყვეტლივ ქაოსურად მოძრაობენ;
3. ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ – მიიზიდებიან და განიზიდებიან.

#### დასკვნები:

- ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ – მიიზიდავენ და განიზიდავენ ერთმანეთს;
- ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედება ვლინდება ძალიან მცირე – დაახლოებით ნაწილაკის ზომის ტოლ მანძილებზე;
- ნაწილაკებს შორის განზიდვა თავს იჩენს მათი დაახლოებისას, მიზიდვა – დაშორებისას.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რატომ მიეკრნენ ერთმანეთს ტყვიის ცილინდრები?
2. რატომ არ გამთელდება გადატეხილი ცარცი ნატეხების ერთმანეთზე მიჭერით?
3. რატომ გვიჭირს წყლით სავსე პოლიეთილენის თავდახურული ბოთლის შეკუმშვა?



### დავალება:

1. რატომ არ გვიჭირს თხევადი სხეულის ნაწილებად განცალკევება (მაგალითად, წყლით სავსე ჭიქიდან ნაწილის გადმოღვრა) და რატომ არის ძნელი იმავეს გაკეთება მყარ სხეულზე?
2. წვიმიან ამინდში ხის ტოტებს ქვემოდან წვიმის წვეთები ეკვრის, შემდეგ ზომაში იზრდება და გარკვეულ მომენტში სწყდება. რატომ არ სწყდება წვეთები თავიდანვე და რატომ სწყდება ზომაში ზრდის შემდეგ?
3. თუ სამზარეულოს ღრუბელს წყალში ჩავდებთ და უკან ამოვიღებთ, მას გარკვეული რაოდენობის წყალი ამოჰყვება, რომელიც მხოლოდ ღრუბელზე ხელის მოჭერის შემდეგ გადმოიღვრება. რა ინვესტ ღრუბელში წყლის ასეთი რაოდენობის დაგროვებას? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. იზიდავენ თუ განიზიდავენ ერთმანეთს რეზინის ბუშტის მოლეკულები, მისი გაბერვისას? პასუხი დაასაბუთეთ.
5. იზიდავენ თუ განიზიდავენ ერთმანეთს ბაგირის მოლეკულები, მასზე ტვირთის ჩამოკიდების შემდეგ? პასუხი დაასაბუთეთ.
6. იზიდავენ თუ განიზიდავენ ერთმანეთს ლურსმანში არსებული მოლეკულები, როდესაც ჩაქურჩის დარტყმით მის ფიცარში ჩარჭობას ვცდილობთ? როდესაც ბრტყელ-ტუჩას საშუალებით მისი ფიცრიდან ამოძრობას ვცდილობთ? პასუხი დაასაბუთეთ.
7. გატეხილი თეფშის გასამთელებლად წებოს იყენებენ. ახსენით როგორ აკავშირებს წებო თეფშის ნაწილებს ერთმანეთთან?

## § 2.5 ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობები

წარმოვიდგინოთ, რომ ვართ სამზარეულოში, გაზქურაზე ჩაიდანში წყალი დუღს. მისგან ორთქლი – „აირადი“ წყალი ამოდის, ჩაიდანში წყალია – „თხევადი“ წყალი. იქვე ჩვენი მეგობარი კოქტეილში ყინულის ნატეხებს – „მყარ“ წყალს ყრის. აირადი, თხევადი და მყარი – ნივთიერების სამი **აგრეგატული** მდგომარეობაა.

წყლის აგრეგატული მდგომარეობების ცვლილებას შეგვიძლია დავაკვირდეთ ბუნებაში. წყალი ტბების, ზღვებისა და ოკეანეების ზედაპირიდან ორთქლდება, წარმოიქმნება ღრუბლები. ასე გადადის წყალი აირად მდგომარეობაში. ზამთარში წყალი ტბებში იყინება, თხევადი მდგომარეობიდან გადადის მყარ მდგომარეობაში, ხოლო გაზაფხულზე კვლავ დნება — უბრუნდება თხევად მდგომარეობას. რა მოსდის ნივთიერების ნაწილაკებს ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლისას? იცვლება ისინი? განსხვავდება ერთმანეთისაგან წყლისა და ყინულის მოლეკულები? პასუხი ცალსახაა: არა. ვინაიდან ეს ფიზიკური პროცესებია, მოლეკულები აბსოლუტურად იგივენი რჩებიან. მაგრამ იცვლება მათი მოძრაობის სიჩქარე, ურთიერთგანლაგება, ურთიერთქმედების ზომა და, შესაბამისად, ნივთიერების თვისებებიც.



### ჩავატაროთ ცდა.

ავილოთ ცეცხლგამძლე კოლბა და მოვათავსოთ მასში ყინულის ნატეხები. დავინწყოთ კოლბის გათბობა სპირტქურის ალზე და დავაკვირდეთ მასში მოთავსებულ თერმომეტრს. დავინახავთ, რომ ყინულის ტემპერატურა მოიმატებს და როცა თერმომეტრის ჩვენება  $0^{\circ}\text{C}$ -ს მიაღწევს, კოლბაში დაიწყება წყლის წარმოქმნა (სურ. 2.16). ეს აიხსნება შემდეგნაირად: გათბობისას ყინულის მოლეკულები იწყებენ უფრო დიდი სიჩქარით მოძრაობას, ნაწილობრივ ირღვევა მათ შორის არსებული კავშირები, ყინული გადადის თხევად მდგომარეობაში და წარმოიქმნება წყალი.



სურ. 2.16

**ნივთიერების მყარი მდგომარეობიდან თხევად მდგომარეობაში გადასვლას დნობა ეწოდება.**

კოლბიდან ამოვიღოთ თერმომეტრი, მას დავუცოთ საცობი, რომელშიც მინის მილია გატარებული და გავაგრძელოთ მიღებული წყლის გაცხელება. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად წყლის მოლეკულების ქაოსურად მოძრაობის სიჩქარე იზრდება, ირღვევა მათ შორის კავშირები, წყლის ზედაპირზე მყოფი მოლეკულების ნაწილი ტოვებს სითხეს და წარმოიქმნება წყლის ორთქლი.

**ნივთიერების თხევადი მდგომარეობიდან აირად მდგომარეობაში გადასვლას ორთქლადქცევა ეწოდება.**



სურ. 2.17

კოლბიდან გამოსული წყლის ორთქლი მივმართოთ გრილ ლითონის ფირფიტაზე. მასზე მოხვედრისას წყლის ორთქლი გაცივდება, ამიტომ ორთქლის მოლეკულების სიჩქარე მოიკლებს, კვლავ აღდგება კავშირები ზოგიერთ მოლეკულებს შორის და წარმოიქმნება წყლის წვეთები (სურ. 2.17).

**ნივთიერების აირადი მდგომარეობიდან თხევად მდგომარეობაში გადასვლას კონდენსაცია ეწოდება.**

შეგიძნევიათ თუ არა, რომ სარეცხი ქარიან ამინდში უფრო სწრაფად შრება, ვიდრე უქარო ამინდში. როგორ ახსნით ამ განსხვავებას?

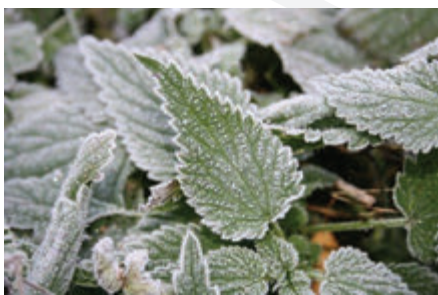
თუ წყალს მაცივრის საყინულეში მოვათავსებთ, წყალი ჯერ გაცივდება  $0^{\circ}\text{C}$ -მდე, შემდეგ დაიწყება ყინულის წარმოქმნა – აღდგება ყინულისთვის დამახასიათებელი კავშირები მოლეკულებს შორის.

**ნივთიერების თხევადი მდგომარეობიდან მყარ მდგომარეობაში გადასვლას გამყარება (კრისტალიზაცია) ეწოდება.**

ალბათ დაკვირვებხართ, რომ ზოგიერთი მყარი ნივთიერების (მაგ. ნაფტალინი) ოთახში შემოტანისას, იგრძნობა ამ ნივთიერების სუნი. რატომ ხდება ეს მოვლენა? მყარი ნივთიერების ზოგიერთი მოლეკულა „ახერხებს“ მეზობელ მოლეკულებთან კავშირის გაწყვეტას და ამოვარდება ნივთიერებიდან. ნაფტალინში ასეთი მოლეკულების რიცხვი შედარებით დიდია.

**ნივთიერების გადასვლას მყარი მდგომარეობიდან აირად მდგომარეობაში, თხევადი მდგომარეობის გამოტოვებით, სუბლიმაცია ეწოდება.**

დაბალი ტემპერატურის დროს ფანჯრის მინებსა და მცენარეებზე წარმოიქმნება თრთვილი (სურ. 2.18). ამ შემთხვევაში ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი პირდაპირ იყინება.



სურ. 2.18

**ნივთიერების გადასვლას აირადი მდგომარეობიდან მყარ მდგომარეობაში, თხევადი მდგომარეობის გამოტოვებით, დესუბლიმაცია ეწოდება.**

არსებობს ნივთიერების მეოთხე აგრეგატული მდგომარეობა – **პლაზმური**, რომელსაც მომავალში გავეცნობით. ჯერჯერობით მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ სამყაროს უდიდესი ნაწილი პლაზმურ მდგომარეობაშია. მაგალითად, მზე და სხვა ვარსკვლავები.

### დასკვნები:

- ნივთიერება შეიძლება იმყოფებოდეს სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში: მყარი, თხევადი, აირადი, პლაზმური;
- ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებისას თვით ნივთიერება არ იცვლება, იცვლება ნივთიერების ფიზიკური თვისებები;
- ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილება ტემპერატურის ცვლილებითაა შესაძლებელი.

### საკონტროლო კითხვები:

1. ნივთიერების რომელ აგრეგატულ მდგომარეობებს იცნობ?
2. წყალი გაიყინა. ამ პროცესში მოხდა მოლეკულების ცვლილება?
3. რა ცვლილებები ხდება სხეულში ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლისას?
4. შეიძლება თუ არა სხეული მყარიდან პირდაპირ აირად მდგომარეობაში გადავიდეს ან პირიქით?



### დავალება:

1. რამდენი აგრეგატული მდგომარეობა არსებობს? როგორ ფიქრობთ, თქვენ რამდენი გინახავთ?

მოიყვანეთ სხვადასხვა ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობების ცვლილების მაგალითები.

2. რატომ ხდება ზამთარში ფანჯრის მინების „დაორთქვლა“?
3. ზაფხულში, როდესაც მინის ჭიქაში ცივ წყალს ვასხამთ, ჭიქის გარეთა ნაწილზე წყლის წვეთები წარმოიქმნება. რატომ ხდება ასე?
4. რა პროცესები ხდება ღრუბლების წარმოქმნისას?
5. რომელ აგრეგატულ მდგომარეობაშია თოვლი? რა პროცესი ხდება თოვლის ფიფქის წარმოქმნისას?
6. ახსენით სველი ტანსაცმლის გაშრობის მიზეზი.
7. როგორ აგრეგატულ მდგომარეობაშია სანთელი? საპონი? გიგრძნიათ მათი სუნი? რა არის მათი სუნის წარმოქმნის მიზეზი?

## § 2.6 ნივთიერების აირადი მდგომარეობა

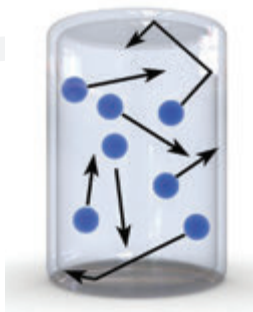
ნივთიერების აირადი მდგომარეობა ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში. აირები ქმნიან დედამიწის ატმოსფეროს, დიდი რაოდენობით შედიან მყარ ქანებს შორის, გახსნილნი არიან ოკეანეების, ზღვების, ტბებისა და მდინარეების წყლებში.

ბუნებაში აირად მდგომარეობაში გვხვდება: წყალბადი, ჟანგბადი, ნახშირორჟანგი, წყლის ორთქლი, ვერცხლისწყლის ორთქლი, აზოტი, ოზონი, ქლორი და მრავალი სხვა. ატმოსფერული ჰაერი კი სხვადასხვა აირის ნარევი. აირები ერთმანეთისაგან თვისებებით ძალიან განსხვავდება. მაგალითად, წყალბადი მსუბუქია, ხოლო ნახშირორჟანგი – მძიმე; აზოტი უსუნოა, ოზონი კი გვილიზიანებს ცნოსვას; წყლის ორთქლი უვნებელია, ვერცხლისწყლის ორთქლი კი შხამიანია; ჟანგბადი უფეროა, ხოლო ქლორს მოყვითალო – მომწვანო ფერი აქვს. განსხვავებასთან ერთად აირებს საერთო თვისებებიც აქვთ.

პირველ რიგში, აირები საკმაოდ ადვილად იკუმშებიან. ავილოთ გაბერილი საჰაერო ბუშტი. ხელის მოჭერით ჩვენ იოლად შევამცირებთ მის მოცულობას. ამის მიზეზი ისაა, რომ აირის მოლეკულებს შორის მანძილი რამდენჯერმე აღემატება მათს ზომებს და მათი დაახლოება ადვილად შეიძლება მანამ, სანამ მოლეკულებს შორის აღიძვრება განზიდვის ძალები (სურ. 2.19).



სურ. 2.19



სურ. 2.20

აირების მეორე საერთო თვისება ისაა, რომ მათ არ აქვთ საკუთარი ფორმა, ისინი მთლიანად ავსებენ იმ ჭურჭელს, რომელშიც მოათავსებენ. შეუძლებელია აირმა დაიკავოს ბუშტის ან ბოთლის ნახევარი, ის მთლიანად ავსებს ჭურჭელს. რატომ ხდება ასე? ჩვეულებრივ პირობებში აირის შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე საკმაოდ დიდია, ისინი პრაქტიკულად არ ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან. ამიტომ აირის ნაწილაკები პრაქტიკულად თავისუფლად „დაფრინავენ“, მოძრაობის მიმართულებას იცვლიან მხოლოდ ერთმანეთთან ან ჭურჭლის კედლებთან დაჯახებისას. მოლეკულების მოძრაობის მიმართულების განუწყვეტელი ცვლილების გამო ისინი ჭურჭლის მთელ მოცულობაში თანაბრად ნაწილდებიან. (სურ. 2.20).

### დასკვნები:

- აირის ნაწილაკები გადაადგილდებიან მთელ მოცულობაში დიდი სიჩქარით;
- აირის ნაწილაკები ეჯახებიან ერთმანეთს და ჭურჭლის კედლებს;
- აირის ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედება საკმაოდ სუსტია;
- აირს საკუთარი ფორმა და მოცულობა არ აქვს, ის მთლიანად იკავებს იმ ჭურჭლის მოცულობას, რომელშიც მოათავსებენ.

### საკონტროლო კითხვები:

1. შესაძლებელია თუ არა ჭურჭლის მხოლოდ ნახევარი გავავსოთ აირით? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. რატომ არის შესაძლებელი აირის ადვილად შეკუმშვა?
3. აქვს თუ არა აირს საკუთარი ფორმა და მოცულობა?

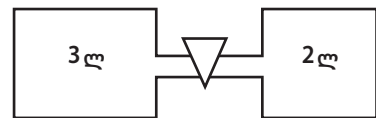


### დავალება:

1. ორი ჰერმეტიკულად დახურული ჭურჭელი, რომელთა მოცულობები 3 და 2 ლიტრია, შეერთებულია მილით, რომელშიც ჩადგმულია ონკანი (ნახ. 2.2). თავდაპირველად ონკანი დაკეტილია, მარცხენა ჭურჭელში ჟანგბადია, ხოლო მარჯვენაში ვაკუუმი. ონკანი გააღეს.

ა) რა თანაფარდობით განაწილდება ჟანგბადი ჭურჭლებში?

ბ) როგორ შეიცვლება ჟანგბადის მოლეკულებს შორის მანძილი?



ნახ. 2.2

2. ორი ჰერმეტიკულად დახურული ჭურჭელი, რომელთა მოცულობები 3 და 2 ლიტრია, შეერთებულია მილით, რომელშიც ჩადგმულია ონკანი (იხილეთ წინა ამოცანის ნახაზი). თავდაპირველად ონკანი დაკეტილია, მარცხენა ჭურჭელში აზოტია, ხოლო მარჯვენაში ნახშირორჟანგი. ონკანი გააღეს.

ა) შესაძლებელია თუ არა, რომ მარჯვენა ჭურჭელში აზოტი არ გავიდეს? მარცხენაში ნახშირორჟანგი, რომ არ გავიდეს? პასუხი დაასაბუთეთ.

ბ) როგორ იცვლება თითოეული აირის მიერ დაკავებული მოცულობა?

3. მოიძიეთ ინფორმაცია და ჩამოთვალეთ ერთატომიანი აირები.

4. მოიძიეთ ინფორმაცია ჰაერის შემადგენელ აირთა პროცენტული თანაფარდობის შესახებ.

## § 2.7 ნივთიერების თხევადი მდგომარეობა

ჩვენი პლანეტის ზედაპირის უდიდესი ნაწილი – 79% – დაფარულია წყლით. წყალი არის დედამიწის ქერქში, ნაპრალებსა და ფორებშიც. გარდა ამისა, ყველა ცნობილი მინერალი დედამიწაზე და ცოცხალი ორგანიზმებიც თავის შემადგენლობაში შეიცავს წყალს. დედამიწაზე წყალი სამივე აგრეგატული ფორმით გვხვდება, მაგრამ მისი დიდი ნაწილი თხევად მდგომარეობაშია. ამიტომ მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ სითხის თვისებები.

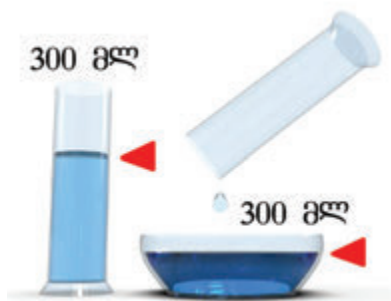


### ჩავატაროთ ცდები:

1. ჩავასხათ მენზურაში 300 მლ სითხე. იგი მენზურის ცილინდრულ ფორმას მიიღებს. განსხვავებულ ჭურჭელში გადასხმის შემდეგ სითხე ფორმას შეიცვლის, მაგრამ მოცულობა იგივე დარჩება: 300 მლ (სურ. 2.21);



2. ავავსოთ ერთჯერადი შპრიცი წყლით. მჭიდროდ დავუცოთ ღია ბოლო და დგუშზე დანოლით შევეცადოთ, შევკუმშოთ. მიუხედავად დიდი ძალისხმევისა, წყალს ვერ შევკუმშავთ (სურ. 2.22).



სურ. 2.21



სურ. 2.22

სითხის მოლეკულები ერთმანეთთან ახლოს არიან განლაგებულნი. მანძილი ნებისმიერ ორ მოლეკულას შორის მოლეკულის თანაზომადია, მიზიდულობა მათ შორის საგრძნობია, მაგრამ დიდი არ არის. ამიტომ სითხის მოლეკულებს შეუძლიათ ნახტომებით შეიცვალონ მდებარეობა ერთმანეთის მიმართ ერთი მოლეკულის „გადახტომისას“ მის ადგილს მეორე მოლეკულა დაიკავებს და ა.შ. ამის გამო სითხე დენადია და ვერ ინარჩუნებს თავის ფორმას, ადვილია მისი გადასხმა ერთი ჭურჭლიდან მეორეში. სითხის შეკუმშვა ძალიან ძნელია, რადგან ამ დროს მოლეკულები ახლოვდებიან ისეთ მანძილზე, როცა საგრძნობი ხდება განზიდვა. შეიძლება ითქვას, რომ სითხე პრაქტიკულად უკუმშვადია.

ჩვეულებრივ პირობებში სითხის მხოლოდ პატარა წვეთებს აქვთ საკუთარი ფორმა – სფეროს ფორმა. ამის მაგალითია წვიმის წვეთები ან დილით გაჩენილი ნამის წვეთები.



სურ. 2.23

ალბათ შეგიმჩნევიათ, რომ, თუ კოვზზე წყალს ფრთხილად დავასხამთ, მასზე იმაზე მეტი წყალი დაეტივა ვიდრე გვგონია – წყალი თითქოს ამოიბურცება კოვზის ზემოთ. დაფიქრდით, რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?

სხვადასხვა სითხე განსხვავებული სისწრაფით იცვლის ფორმას. შევხედოთ სურათს (სურ. 2.23). გადასხმისას თავლს ფორმის

შესაცვლელად მეტი დრო სჭირდება, ვიდრე – წყალს. ამიტომ ამბობენ, რომ ამ ნივთიერებებს განსხვავებული სიბლანტე აქვთ: თავლი უფრო ბლანტია, ვიდრე წყალი. ეს აიხსნება წყლისა და თავლის მოლეკულების სხვადასხვა ფორმით. წყლის მოლეკულები გვაგონებს ბურთულებს პატარა ბორცვებით, ხოლო თავლი შედგება ხის ტოტების მსგავსი ფორმის მოლეკულებისგან. თავლის დენადობისას მისი მოლეკულების „ტოტები“ ერთმანეთს წამოედებიან, რაც თავლს წყალთან შედარებით მეტ სიბლანტეს ანიჭებს.

#### დასკვნები:

- სითხის ნაწილაკებს შორის მიზიდულობა საგრძნობია, მაგრამ დიდი არ არის;
- სითხის ნაწილაკებს შეუძლიათ მდებარეობის ცვლილება ნახტომებით.
- სითხის შეკუმშვა ძალიან ძნელია;
- ჩვეულებრივ პირობებში სითხე ინარჩუნებს მოცულობას, მაგრამ ვერ ინარჩუნებს ფორმას.
- სითხე დენადია.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რატომაა მნიშვნელოვანი ვიცოდეთ სითხის თვისებები?
2. როგორ ახსნით სითხის პრაქტიკულად უკუმშვადობას?
3. რას ნიშნავს, რომ ერთი სითხე მეორეზე უფრო ბლანტია?



#### დავალება:

1. სითხის რომელი თვისება განაპირობებს მდინარეების დინებას? მოიყვანეთ სითხის ამ თვისების გამოყენების მაგალითები ყოფა – ცხოვრებიდან.

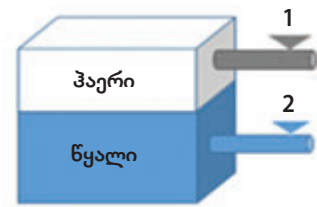
2. სამ ერთნაირ პოლიეთილენის ბოთლში ჩასხმულია წყალი. პირველი ბოთლი თითქმის სავსეა, მეორეში წყალი ნახევრამდეა, ხოლო მესამეში ბოთლის მოცულობის მეოთხედია ავსებული. რომელი ბოთლი შეიკუმშება უფრო მეტად ხელის ერთნაირად მოჭერით თუ სამივე ბოთლს თავსახური მჭიდროდ აქვს მორგებული? პასუხი დაასაბუთეთ.

3. ორ ერთნაირ პოლიეთილენის ბოთლს, რომელთაგან ერთი სავსეა წყლით, ხოლო მეორეში ჰაერია, მჭიდროდ ჩამოაცვეს რეზინის ერთნაირი ბუშტები. რომელი ბუშტი უფრო მეტად ამოიბერება თუ ბოთლებს ხელს ერთნაირად მოეუჭერთ? პასუხი დაასაბუთეთ.

4. ჭიდან წყლის ამოტანისას სათლი კედლებს ეჯახება და ფორმას კარგავს. როგორ გამოვთვალოთ ასეთი სათლის მოცულობა?

5. ნიადაგში ჩამაგრებული სარწყავი მოწყობილობიდან წყალმა ზემოთ ამოასხა და სანამ მიწამდე დაეშვა 2,5 წამი გავიდა. განსაზღვრეთ ჰაერში არსებული წყლის მოცულობა, თუ მილიდან ყოველ წამში 1 ლიტრი წყალი გამოედინება.

6. კუბის ფორმის ჰერმეტიკულად დახურულ მინის ჭურჭელს გაკეთებული აქვს ორი ონკანი (ნახ. 2.3). პირველი ონკანი დაკეტილია, მეორე კი ღიაა, საიდანაც ჭურჭელში წყალი შედის.



ნახ. 2.3

ა) როგორ იცვლება ჭურჭელში არსებული წყლის მოცულობა? ჰაერის მოცულობა?

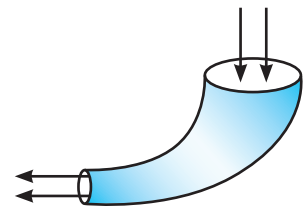
ბ) როგორ იცვლება ჭურჭელში არსებული წყლის მოლეკულებს შორის მანძილი? ჰაერის მოლეკულებს შორის მანძილი?

გ) როგორ ფიქრობთ, შესაძლებელია თუ არა, რომ წყალმა ჭურჭლის მთელი მოცულობა აავსოს?

7. კუბის ფორმის ჰერმეტიკულად დახურულ მინის ჭურჭელს გაკეთებული აქვს ორი ონკანი. (იხილეთ წინა ამოცანის ნახაზი). მეორე ონკანი დაკეტილია, პირველი კი ღიაა, საიდანაც ტუმბოს საშუალებით ჭურჭელში ჰაერი შედის.

ა) როგორ იცვლება ჭურჭელში არსებული ჰაერის მოცულობა? წყლის მოცულობა?

ბ) როგორ იცვლება ჭურჭელში არსებული ჰაერის მოლეკულებს შორის მანძილი? წყლის მოლეკულებს შორის მანძილი? პასუხი დაასაბუთეთ.



ნახ. 2.4

8. ლითონის მილს ერთი ბოლო 5-ჯერ უფრო ფართო აქვს, ვიდრე – მეორე. მილის ფართო ნაწილში ყოველ წუთში შედის 50 ლიტრი წყალი. რამდენი ლიტრი წყალი გამოვა ვიწრო ნაწილიდან იმავე დროში? (ნახ. 2.4)

9. თუ ჭურჭლიდან კოვზით წყალს ამოიღებთ, მხოლოდ კოვზის ტევადობის წყალი ამოყვება, თაფლის ამოღებისას კი, შესაძლოა კოვზს მის ტევადობაზე ორჯერ მეტი რაოდენობის თაფლი ამოჰყვეს. რით არის ეს გამოწვეული? პასუხი დაასაბუთეთ.

10. გვაქვს ორი ერთნაირი ქილა, რომელთაგან ერთი სავსეა წყლით, მეორე კი თაფლით. ორივე ქილაში ერთდროულად ვაგდებთ ერთნაირ ლითონის ბურთულას. რომელში ჩაიძირება ბურთულა უფრო სწრაფად? პასუხი დაასაბუთეთ.

## § 2.8 ნივთიერების მყარი მდგომარეობა

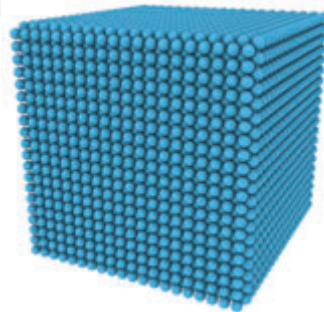
გარემომცველ სხეულთა უმრავლესობა მყარ მდგომარეობაშია: სახლები, მანქანები, თვითმფრინავები, კომპიუტერები, ჩანთები, ფანქრები და ა.შ. ალბათ შეგიძინებიათ, რომ მყარი სხეულების ფორმის ცვლილებისთვის გარკვეული ძალისხმევა საჭირო. ჩვეულებრივ პირობებში ძალიან ძნელია მყარი სხეულის შეკუმშვა, გაჭიმვა, მოღუნვა.

აირებისა და სითხეებისაგან განსხვავებით მყარ სხეულებში ნაწილაკების ურთიერთქმედება ძლიერია, ის არ აძლევს საშუალებას ნაწილაკებს ერთმანეთს დაშორდნენ და გაიფანტონ. ნაწილაკები მხოლოდ მცირედ ირხევიან გარკვეული მდებარეობის მახლობლად. ეს შეიძლება შევადაროთ გალიაში დამწყვდეული ცხოველის მოძრაობას, რომელიც გალიას ვერ ტოვებს. ნაწილაკთა მოძრაობის ასეთი შეზღუდულობის გამო მყარი სხეულები ინარჩუნებენ მოცულობასაც და ფორმასაც.

დააკვირდით 2.24 სურათს. მასზე გამოსახულია მყარი მდგომარეობის ერთ-ერთი ფორმა – კრისტალური. კრისტალურ სხეულებში ნაწილაკები მკაცრი წესრიგით არიან განლაგებული. თუ წარმოსახვით შევაერთებთ მოცემულ წერტილებს (სურ. 2.25), მივიღებთ მოცულობით „ჩონჩხს“, რომელსაც კრისტალურ მესერს უწოდებენ. მყარი სხეულების უმეტესობას კრისტალური აგებულება აქვთ: ყინული, მარილები, ლითონები და ა.შ..



სურ. 2.24



სურ. 2.25

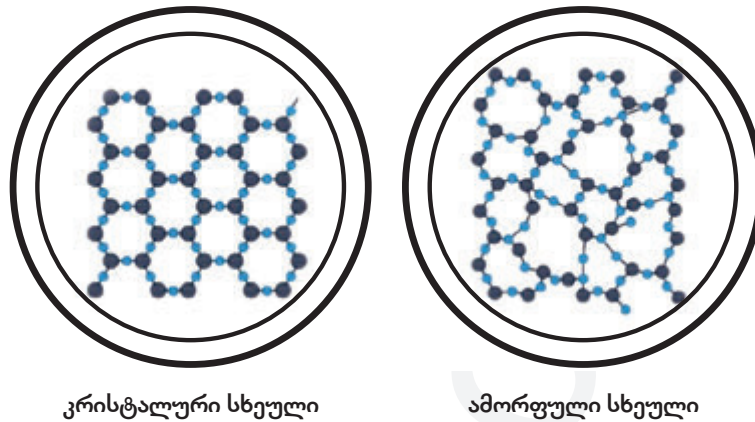
XX საუკუნეში შექმნილი ელექტრონული და იონური მიკროსკოპების საშუალებით შესაძლებელი გახდა მრავალი კრისტალური სურათის „დანახვა“.

კრისტალური სხეულების გარდა, არსებობს მყარი მდგომარეობის მეორე ფორმა – ამორფული. მათი შემადგენელი ნაწილაკების განლაგებას არ ახასიათებს მკაცრი წესრიგი, რის გამოც ზოგიერთი მათგანი დიდხანს ვერ ინარჩუნებს თავის ფორმას. ამორფულ სხეულებს უკავია შუალედური ადგილი კრისტალურ სხეულებსა და სითხეებს შორის. ამორფულია მაგ., სანთელი (პარაფინი), პლასტიკინი, მინა, პოლიეთილენი, შოკოლადი და ა.შ. (სურ. 2.26).



სურ. 2.26

სურ. 2.27-ზე ნაჩვენებია კრისტალურ და ამორფულ სხეულებში მოლეკულათა განლაგების ერთ-ერთი ნიმუში, საიდანაც ნათლად ჩანს კრისტალურ სხეულში მოლეკულათა მონესრიგებული განლაგება ამორფულთან შედარებით.



სურ. 2.27

კრისტალური და ამორფული სხეულების აღნაგობაში სხვაობა მათი ზოგიერთი ფიზიკური თვისების განსხვავებას იწვევს. კრისტალური სხეულები მხოლოდ გარკვეულ ტემპერატურამდე გაცხელების შემდეგ იწყებენ თხევად მდგომარეობაში გადასვლას. ამორფული სხეულები კი გათბობისას თანდათან რბილდება და ასე გადადის თხევად მდგომარეობაში.

ხის შორის ნაჭრის სიგრძეზე ცულობა გაპობა ბევრად უფრო ადვილია, ვიდრე მისი სიგანეზე გაჭრა. თქვენი აზრით, რა არის ამის მიზეზი?

გამოთქვით ვარაუდი მყარ სხეულებში მოლეკულებს შორის კავშირის შესახებ სხვადასხვა მიმართულებით.

#### დასკვნები:

- მყარ სხეულებში ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედება ყველაზე ძლიერია;
- ჩვეულებრივ პირობებში მყარი სხეულები ინარჩუნებენ ფორმასა და მოცულობას;
- კრისტალურ სხეულებში ნაწილაკების განლაგება მოცულობით გეომეტრიულ ფიგურებს ქმნის;
- ამორფულ სხეულებს უკავიათ შუალედური ადგილი კრისტალებსა და სითხეებს შორის.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. როგორ მოძრაობას ასრულებენ მყარი ნივთიერების ნაწილაკები?
2. რატომ ინარჩუნებენ მყარი სხეულები ფორმას?
3. რა განსხვავებაა კრისტალურ და ამორფულ მყარ სხეულებს შორის?
4. რომელ აგრეგატულ მდგომარეობაშია ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედება ყველაზე ძლიერი?



### დავალება:

1. მასიური მყარი სხეულის ნაწილებად დაყოფისას მიღებული სხეულების მოცულობების ჯამი უდრის სხეულის საწყის მოცულობას. იგივე ხდება თუ არა სითხეების შემთხვევაში? პასუხი დაასაბუთეთ.
2.  $0,02\text{ მ}^3$  მოცულობის ქვა დაამსხვრიეს. რისი ტოლი იქნება ნატეხების მიერ გამოდევნილი სითხის მოცულობა, მათი წყლიან მენზურაში ჩაყრის შემდეგ?
3. როგორ განვსაზღვროთ ვაშლის გაუჭრელად მისი მიახლოებითი მოცულობა თუ გვაქვს: პლასტელინი, დანა, წყალი და დანაყოფებიანი მენზურა, რომელშიც ვაშლი არ ეტევა?
4. როგორი იქნებოდა დედამიწის რელიეფი, მყარი ნივთიერება ფორმას რომ ვერ ინარჩუნებდეს?
5. იცვლება თუ არა ლითონის მავთულის მოცულობა მისი გაწელვისას? როგორ იცვლება ამ დროს მისი სისქე?

## § 2.9 სხეულის მასის გაზომვა. პრაქტიკული სამუშაო

შეიძლება მოგისმენიათ ორ თანატოლ პატარას შორის ასეთი დიალოგი: „მე უფრო მძიმე ვარ შენზე“, „არა, შენ უფრო მუბუქი ხარ“. რას გულისხმობენ ბავშვები ამ გამონათქვამებში?

მშვენიერი გასართობი სავარჯიშო, რომელიც თვალსაჩინოდ გვიჩვენებს ორი ბავშვიდან ვინ უფრო მჭატეა, ვინ მძიმე – ეს საქანელა „აინონა-დაინონა“ (სურ. 2.28). მასზე ქანაობისას ბავშვები ადვილად ხვდებიან, რომელი მათგანია მსუბუქი. ხვდებიან იმასაც, რომ თუ ისინი ერთ მხარეს დასხდებიან, პრაქტიკულად გააწონასწორებენ საქანელას



სურ. 2.28

სასწორი. მისი ძირითადი ნაწილია ბერკეტი, რომლის შუაში დამაგრებულია ისარი, ბოლოებში კი – სასწორის თეფშები – პინები. ბერკეტს შეუძლია შემობრუნება ღერძის გარშემო. სასწორის გამოყენებით სხეულის მასის დადგენას აწონვა ჰქვია. აწონვისას გამოიყენება საწონები (სურ. 2.29).



სურ. 2.29



### სხეულის მასის დადგენა ბერკეტიანი სასწორით

საჭირო ხელსაწყოები და მასალები: ბერკეტიანი სასწორი, საწონების ნაკრები, სხვადასხვა სხეულები.

#### სამუშაოს მსვლელობა:

- დადგით სასწორი ჰორიზონტალურ ზედაპირზე და გააწონეთ მასზე არსებული თარაზოთი;
- გააწონასწორეთ სასწორი (თუ სასწორის ერთი პინა ზევითაა, ვიდრე – მეორე, დაალაგეთ მასზე ქალაღდის ნაკუნები, ვიდრე პინები ერთ დონეზე დადგება. სასწორის ისარი ამ დროს უნდა იდგეს 0-ზე);

- ერთ-ერთ პინაზე ფრთხილად მოათავსეთ ასანონი სხეული;
- მეორე პინაზე დაალაგეთ სანონები ისე, რომ სასწორის წონასწორობა აღდგეს;
- გამოიანგარიშეთ სხეულის მასა: **სხეულის მასა სანონების მასათა ჯამის ტოლია;**
- გაიმეორეთ სამუშაო სხვადასხვა სხეულისათვის.



### ერთნაირი მასის სხვადასხვა სითხის მოცულობათა შედარება

**საჭირო ხელსაწყოები და მასალები:** წყალი, მზესუმზირის ზეთი, 2 ც ერთნაირი მენზურა, ბერკეტიანი სასწორი, სანონების ნაკრები.

#### სამუშაოს მსვლელობა:

- დადგით სასწორი ჰორიზონტალურ ზედაპირზე და გაასწორეთ მასზე არსებული თარაზოთი;
- გაანონასწორეთ სასწორი (თუ სასწორის ერთი პინა ზევითაა, ვიდრე მეორე, დაალაგეთ მასზე ქალაქის ნაკუნები, ვიდრე პინები ერთ დონეზე დადგება. სასწორის ისარი ამ დროს უნდა იდგეს 0-ზე);
- სასწორის პინებზე ფრთხილად დადგით მენზურები. სასწორის წონასწორობა არ უნდა დაირღვეს (თუ დაირღვევა, აღადგინეთ ზემოთ მოყვანილი მეთოდით);
- ერთ-ერთ მენზურაში ჩაასხით 100 სმ<sup>3</sup> მზესუმზირის ზეთი. სასწორის წონასწორობა დაირღვევა;
- მეორე მენზურაში ჩაასხით იმდენი წყალი, რომ სასწორის წონასწორობა აღდგეს;
- მენზურის საშუალებით დაადგინეთ წყლის მოცულობა;
- შეადარეთ მზესუმზირისა და წყლის მოცულობები;
- გაანალიზეთ მიღებული შედეგები და გააკეთეთ დასკვნა: ერთნაირი მასის სხვადასხვა სითხეს \_\_\_\_\_ მოცულობა აქვთ. (გამოტოვებულ ადგილზე ჩაწერეთ „ერთნაირი“, ან „განსხვავებული“. არ ჩაწეროთ ნიგნში).



### ერთნაირი მოცულობის სხვადასხვა სითხის მასათა შედარება

**საჭირო ხელსაწყოები და მასალები:** წყალი, მზესუმზირის ზეთი, 2 ც ერთნაირი მენზურა, ბერკეტიანი სასწორი, სანონების ნაკრები.

#### სამუშაოს მსვლელობა:

- დადგით სასწორი ჰორიზონტალურ ზედაპირზე და გაასწორეთ მასზე არსებული თარაზოთი;
- გაანონასწორეთ სასწორი (თუ სასწორის ერთი პინა ზევითაა, ვიდრე – მეორე, დაალაგეთ მასზე ქალაქის ნაკუნები, სანამ პინები ერთ დონეზე დადგება. სასწორის ისარი ამ დროს უნდა იდგეს 0-ზე);
- სასწორის ერთ პინაზე ფრთხილად დადეთ მენზურა და სანონების გამოყენებით დაადგინეთ მისი მასა ( $m_1$ );
- ჩაასხით მენზურაში  $V = 100$  სმ<sup>3</sup> მოცულობის წყალი და დაადგინეთ წყლიანი მენზურის მასა ( $m_2$ ). გამოიანგარიშეთ წყლის მასა  $m = m_2 - m_1$ . გამოიანგარიშეთ 1 სმ<sup>3</sup> წყლის მასა  $\frac{m}{V}$ . იგივე გაიმეორეთ  $V = 200$  სმ<sup>3</sup> მოცულობის წყლისთვის;
- იგივე სამუშაო გაიმეორეთ მზესუმზირის ზეთისათვის;

- შეავსეთ ცხრილი №2.1



ცხრილი №2.1

| № | სითხე            | V სმ <sup>3</sup> | m <sub>1</sub> გ | m <sub>2</sub> გ | m = (m <sub>2</sub> -m <sub>1</sub> ) გ | $\frac{m}{V}$ |
|---|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------------------------------|---------------|
| 1 | წყალი            | 100               |                  |                  |                                         |               |
| 2 | წყალი            | 200               | წ ი ბ ნ          | შ ი ა რ          | ჩ ა ნ ე რ                               | ო ტ !         |
| 3 | მზესუმზირის ზეთი | 100               |                  |                  |                                         |               |
| 4 | მზესუმზირის ზეთი | 200               |                  |                  |                                         |               |

გაანალიზეთ მიღებული შედეგები და გააკეთეთ დასკვნა: **ერთნაირი მოცულობის სხვადასხვა სითხეს \_\_\_\_\_ მასა აქვთ.** (გამოტოვებულ ადგილზე ჩანერეთ „ერთნაირი“, ან „განსხვავებული“. არ ჩანეროთ ნიგნში).

რაზეა დამოკიდებული სხეულის მასა? ცხადია, რომ სხეულის მასა დამოკიდებულია ნივთიერების რაოდენობაზე (მოლეკულების რაოდენობაზე) სხეულში: ყოველ მოლეკულას გააჩნია მასა, ამიტომ მთელი სხეულის მასა შეიძლება განვიხილოთ როგორც ყველა მოლეკულის მასათა ჯამი.

ნივთიერებათა მოლეკულების მასები განსხვავებულია. ამიტომ, სხვადასხვა ნივთიერებისაგან დამზადებულ ორ სხეულს, რომლებიც ტოლი რაოდენობის მოლეკულებს შეიცავს, განსხვავებული მასა აქვთ.

ნივთიერებათა მოლეკულები გარდა მასისა, განსხვავდება ზომებითაც და ურთიერთგანლაგებითაც. ამ მიზეზთა გამო ერთნაირი მოცულობის წყალსა და ზეთს განსხვავებული მასა აქვთ.

განსხვავებულია სხვადასხვა ნივთიერებისაგან დამზადებული ერთნაირი მასის მქონე სხეულების მოცულობებიც. ზეთის მოცულობა მეტია იმავე მასის წყლის მოცულობაზე.

მაგრამ, **ერთი და იმავე ნივთიერებისაგან დამზადებული სხეულების ერთეული მოცულობის მასა მუდმივია.**

#### დასკვნები:

- სასწორის გამოყენებით სხეულის მასის დადგენას აწონვა ჰქვია;
- სასწორის წონასწორობის დროს სხეულის მასა საწონების მასათა ჯამის ტოლია;
- სხეულის მასა დამოკიდებულია მასში მოლეკულების რაოდენობაზე;
- ერთნაირი მასის სხვადასხვა სითხეს განსხვავებული მოცულობა აქვთ;
- ერთნაირი მოცულობის სხვადასხვა სითხეს განსხვავებული მასა აქვთ;
- ნივთიერების ერთეული მოცულობის მასა მუდმივია.

#### საკონტროლო კითხვები:

- რას ნიშნავს გამოთქმა: „პირველი სხეული მეორეზე მძიმეა“?
- აწონვის დაწყებისას როგორ უნდა იყოს განლაგებული სასწორის პინები, რომ გაზომვა ზუსტი იყოს?
- რისი ტოლია გაწონასწორებულ სასწორზე მოთავსებული სხეულის მასა?

4. როგორ გავზომოთ სითხის მასა?
5. სითხის მოცულობის ორჯერ გაზრდით რამდენჯერ იზრდება მისი მასა?
6. მოცემული ნივთიერებისათვის რა სიდიდეა უცვლელი?



#### დავალება:

1. გვაქვს ორი ერთნაირი მოცულობის ჟანგბადით ავსებული ჭურჭელი. პირველში მოლეკულებს შორის საშუალო მანძილი უფრო მეტია, ვიდრე – მეორეში. რომელ ჭურჭელშია მეტი მასის ჟანგბადი?
2. ჟანგბადი და ოზონი ერთი და იმავე რაოდენობის ატომებს შეიცავს. რომლის მასა იქნება მეტი?
3. ჟანგბადი და ოზონი ერთი და იმავე რაოდენობის მოლეკულებს შეიცავს. რომლის მასა იქნება მეტი?
4. რისი ტოლია  $12\text{მ}^3$  მოცულობის წყლის მასა თუ 1 ლიტრი წყალი 1 კგ-ს იწონის.
5. სათლში ჩასხმული 10 კილოგრამი მასის წყალი მთლიანად გაიყინა. რისი ტოლია მიღებული ყინულის მასა?
6. ჩაიდანში ჩასხმული 1,5 კგ წყალი დუღილისას მთლიანად აორთქლდა. რას უდრის წარმოქმნილი ორთქლის მასა?

## § 2.10 ნივთიერების სიმკვრივე

გავიხსენოთ წინა გაკვეთილზე ჩატარებული ცდები და მათი შედეგები. შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ თითოეული სითხისათვის მასის შეფარდება შესაბამის მოცულობასთან მუდმივი რჩება (წყლის შემთხვევაში რიცხობრივად დაახლოებით 1-ის ტოლია, ხოლო მზესუმზირის ზეთის შემთხვევაში კი – 0,9-ის). სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ერთი და იმავე ნივთიერების როგორი მასაც არ უნდა ავიღოთ, მასის ფარდობა მისივე მოცულობასთან მუდმივია.

ეს კანონზომიერება გახდა მიზეზი ფიზიკაში ახალი სიდიდის — ნივთიერების სიმკვრივის შემოტანის. ეს სიდიდე არის ნივთიერების მახასიათებელი, ხოლო მასა და მოცულობა – სხეულის.

**ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ტოლია სხეულის მასის ფარდობისა მის მოცულობასთან, ნივთიერების სიმკვრივე ეწოდება.**

სიმკვრივის ეს განმარტება შეიძლება ჩავწეროთ ფორმულის სახით:

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

$\rho$  – სხეულის სიმკვრივე ( $\rho$  – ბერძნული ანბანის ასო „რო“);

$m$  – სხეულის მასა;

$V$  – სხეულის მოცულობა.

რას გვიჩვენებს ნივთიერების სიმკვრივე? თუ სიმკვრივის ფორმულაში დავუშვებთ, რომ აღებული ნივთიერების მოცულობა ერთეულის ტოლია, მაშინ სიმკვრივე რიცხვითი მნიშვნელობით გაუტოლდება ამ ნივთიერების მასას. ამიტომ, **სიმკვრივის რიცხვითი მნიშვნელობა გვიჩვენებს ერთეული მოცულობის ნივთიერების მასას.**

სიმკვრივის ფორმულიდან შეიძლება დავადგინოთ მისი ერთეული:

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

Si სისტემაში სიმკვრივის ერთეული იქნება კგ/მ<sup>3</sup>. იყენებენ სიმკვრივის სხვა ერთეულებსაც: 1 გ/სმ<sup>3</sup>, 1 კგ/დმ<sup>3</sup>, 1 კგ/ლ, 1000 კგ/მ<sup>3</sup>.

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

მაგალითად: ალუმინის სიმკვრივეა 2700 კგ/მ<sup>3</sup> ნიშნავს, რომ 1 მ<sup>3</sup> მოცულობის ალუმინის მასაა 2700 კგ; 1 სმ<sup>3</sup>-ის – 2,7 გ; გამოხდილი წყლის სიმკვრივეა 1 გ/სმ<sup>3</sup> ნიშნავს, რომ 1 სმ<sup>3</sup> წყლის მასაა 1 გ; 1 ლ-ის – 1 კგ; 1 მ<sup>3</sup>-ის – 1000 კგ.

ნივთიერების სიმკვრივის ცოდნა მნიშვნელოვანია თუ ვიცით სხეულის მოცულობა და ნივთიერება, რომლისგანაც ისაა დამზადებული, შეგვიძლია აწონვის გარეშე გამოვითვალოთ მისი მასა:

$$m = \rho \cdot V$$

ნივთიერების სიმკვრივე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მის აგრეგატულ მდგომარეობასა და ტემპერატურაზე: როგორც ვიცით, როცა იცვლება ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობა ან იცვლება ტემპერატურა, მისი მასა უცვლელი რჩება, მოცულობა კი იცვლება, რადგან იცვლება ნაწილაკებს შორის საშუალო მანძილი. ე.ი. იცვლება ნივთიერების სიმკვრივეც.

ასე მაგალითად, თხევადი მდგომარეობიდან აირად მდგომარეობაში გადასვლისას იზრდება საშუალო მანძილი ნაწილაკებს შორის, რაც ნიშნავს, რომ იზრდება მოცულობა. შესაბამისად, ნივთიერების სიმკვრივე მცირდება.

ასევე, ტემპერატურის ზრდისას, როდესაც იზრდება საშუალო მანძილი ნაწილაკებს შორის, იზრდება სხეულის მოცულობა და მცირდება მისი სიმკვრივე. ხოლო, ტემპერატურის შემცირებისას, როდესაც მცირდება საშუალო მანძილი ნაწილაკებს შორის, სხეულის მოცულობა მცირდება და იზრდება მისი სიმკვრივე.

აქამდე ვგულისხმობდით, რომ საქმე გვექონდა ერთგვაროვან სხეულთან, რომელსაც არ ჰქონდა სივარდი და შედგებოდა ერთი ნივთიერებისაგან. თუ სხეულს გააჩნია სიღრმე ან შედგება სხვადასხვა ნივთიერებისაგან, მაშინ საუბრობენ სხეულის სიმკვრივეზე, რომელიც იმავე ფორმულით გამოითვლება.

ცხრილში №2.2 მოცემულია ზოგიერთი ნივთიერების სიმკვრივე:



ცხრილი №2.2

| ნივთიერება                                     | $\rho$ , კგ/მ <sup>3</sup> | $\rho$ , გ/სმ <sup>3</sup> | ნივთიერება              | $\rho$ , კგ/მ <sup>3</sup> | $\rho$ , გ/სმ <sup>3</sup> |
|------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>მყარი ნივთიერება, 20°C (გარდა ყინულისა)</b> |                            |                            |                         |                            |                            |
| ოსმიუმი                                        | 22 600                     | 22,6                       | მარმარილო               | 2 700                      | 2,7                        |
| ირიდიუმი                                       | 22 400                     | 22,4                       | ფანჯრის მინა            | 2 500                      | 2,5                        |
| პლატინა                                        | 21 500                     | 21,5                       | ფაიფური                 | 2 300                      | 2,3                        |
| ოქრო                                           | 19 300                     | 19,3                       | ბეტონი                  | 2 300                      | 2,3                        |
| ტყვია                                          | 11 300                     | 11,3                       | სუფრის მარილი           | 2 200                      | 2,2                        |
| ვერცხლი                                        | 10 500                     | 10,5                       | აგური                   | 1 800                      | 1,8                        |
| სპილენძი                                       | 8 900                      | 8,9                        | პოლიეთილენი             | 920                        | 0,92                       |
| ფოლადი, რკინა                                  | 7 800                      | 7,8                        | პარაფინი                | 900                        | 0,9                        |
| კალა                                           | 7 300                      | 7,3                        | ყინული                  | 900                        | 0,9                        |
| ცინკი                                          | 7 100                      | 7,1                        | მუხა (მშრალი)           | 700                        | 0,7                        |
| თუჯი                                           | 7 000                      | 7                          | ფიჭვი (მშრალი)          | 400                        | 0,4                        |
| ალუმინი                                        | 2 700                      | 2,7                        | კორპი                   | 240                        | 0,24                       |
| <b>თხევადი ნივთიერება, 20°C</b>                |                            |                            |                         |                            |                            |
| ვერცხლისწყალი                                  | 13 600                     | 13,6                       | ნავთი                   | 800                        | 0,8                        |
| გოგირდმჟავა                                    | 1 800                      | 1,8                        | სპირტი                  | 800                        | 0,8                        |
| გლიცერინი                                      | 1 200                      | 1,2                        | ნავთობი                 | 800                        | 0,8                        |
| ზღვის წყალი                                    | 1 030                      | 1,03                       | აცეტონი                 | 790                        | 0,79                       |
| წყალი                                          | 1 000                      | 1                          | ბენზინი                 | 710                        | 0,71                       |
| მზესუმზირის ზეთი                               | 930                        | 0,93                       | თხევადი კალა 400°C      | 6 800                      | 6,8                        |
| მანქანის ზეთი                                  | 900                        | 0,9                        | თხევადი ჟანგბადი -194°C | 860                        | 0,86                       |

| აირადი ნივთიერება, 0°C (ნორმალური პირობებისას) |      |         |                         |      |         |
|------------------------------------------------|------|---------|-------------------------|------|---------|
| ქლორი                                          | 3,21 | 0,00321 | ბუნებრივი აირი          | 0,8  | 0,0008  |
| ჟანგბადი                                       | 1,43 | 0,00143 | წყლის ორთქ-<br>ლი 100°C | 0,59 | 0,00059 |
| ჰაერი                                          | 1,29 | 0,00129 | ჰელიუმი                 | 0,18 | 0,00018 |
| აზოტი                                          | 1,25 | 0,00125 | წყალბადი                | 0,09 | 0,00009 |

#### დასკვნები:

- სხეულის მასის შეფარდებას მისივე მოცულობასთან, სხეულის სიმკვრივე ეწოდება და გამოითვლება ფორმულით:  $\rho = \frac{m}{V}$  ;
- ნივთიერების სიმკვრივე არ არის დამოკიდებული მის მასასა და მოცულობაზე და მოცემული ნივთიერებისათვის მუდმივი სიდიდეა;
- ნივთიერების სიმკვრივე გვიჩვენებს, რა მასის ნივთიერებას შეიცავს მისი ერთეულის ტოლი მოცულობა;
- Si სისტემაში სიმკვრივის ერთეულია კგ/მ³;
- ნივთიერების სიმკვრივე სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში სხვადასხვაა;
- სხვადასხვა ნივთიერებისაგან შემდგარ სხეულს ახასიათებენ საშუალო სიმკვრივით.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რა გაზომვები უნდა ჩავატაროთ ნივთიერების სიმკვრივის საპოვნელად?
2. რას ნიშნავს, რომ რკინის სიმკვრივე  $7800 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$  -ია?
3. გარდა  $\frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$  -ისა, სიმკვრივის რა ერთეულები იცით?
4. რატომ იცვლება ნივთიერების სიმკვრივე მისი აგრეგატული მდგომარეობის შეცვლისას?
5. რატომ იცვლება ნივთიერების სიმკვრივე მისი ტემპერატურის ცვლილებისას?
6. რა შემთხვევებში ვსაუბრობთ სხეულის სიმკვრივეზე?



#### დავალბა:

**ამოცანების ამოხსნის დაწყებამდე გაეცანით ამოცანის ამოხსნის ნიმუშს § 2.11.**

1. ყურადღებით გაეცანით მყარი და თხევადი ნივთიერებების სიმკვრივეთა ცხრილს. კანონზომიერების რა დარღვევას ამჩნევთ? თუ შეამჩნიეთ, გააკეთეთ დასკვნა და მოიძიეთ ინფორმაცია ამ დარღვევის შესახებ.
2. ალუმინის მავთულს უფრო მეტი სიმკვრივე აქვს თუ სპილენძისას?  
ა) თუ მათი მასები ერთნაირია. ბ) თუ მათი მოცულობები ერთნაირია.

3. №2.3 ცხრილის პირველ სტრიქონში მოცემულია სიმკვრივის SI სისტემის ერთეულის გამოსახვა სხვა ერთეულებით, **ცხრილი გადაიხაზეთ რვეულში** და მოცემული მაგალითის საფუძველზე შეავსეთ დანარჩენი სტრიქონები.



ცხრილი №2.3

წ ი ბ ნ უ ი ა რ ჩ ა ნ ე რ ო თ !

|           |                         |                         |                        |         |          |
|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------|----------|
| 1 კგ/მ³=  | 10 <sup>-6</sup> კგ/სმ³ | 10 <sup>-3</sup> კგ/დმ³ | 10 <sup>-3</sup> გ/სმ³ | 1 გ/დმ³ | 10³ გ/მ³ |
| 1 კგ/სმ³= | კგ/მ³                   | კგ/დმ³                  | გ/სმ³                  | გ/დმ³   | გ/მ³     |
| 1 კგ/დმ³= | კგ/სმ³                  | კგ/მ³                   | გ/სმ³                  | გ/დმ³   | გ/მ³     |
| 1 გ/სმ³=  | კგ/სმ³                  | კგ/დმ³                  | კგ/მ³                  | გ/დმ³   | გ/მ³     |
| 1 გ/დმ³=  | კგ/სმ³                  | კგ/დმ³                  | გ/სმ³                  | კგ/მ³   | გ/მ³     |
| 1 გ/მ³=   | კგ/სმ³                  | კგ/დმ³                  | გ/სმ³                  | გ/დმ³   | კგ/მ³    |

4. განსაზღვრეთ ნივთიერების სიმკვრივე, თუ მისი მასა 20 კგ -ია, ხოლო მოცულობა – 0,01 მ³.

5. განსაზღვრეთ ნივთიერების მოცულობა, თუ მისი მასა 100 კგ -ია, ხოლო სიმკვრივე – 200 კგ/მ³.

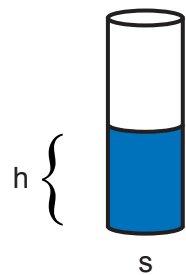
6. განსაზღვრეთ ნივთიერების მასა თუ მისი მოცულობა 2 მ³-ია, ხოლო სიმკვრივე – 1,5 გ/სმ³.

7. ერთმანეთს შეურიეს ორი სითხე. პირველის მასა და მოცულობა შესაბამისად არის :  $m_1=500$  კგ;  $V_1=4$  მ³. მეორესი კი:  $m_2=400$  კგ;  $V_2=5$  მ³. განსაზღვრეთ ნარევის სიმკვრივე. ჩათვალეთ, რომ მიღებული ნარევის მოცულობა თავდაპირველი სითხეების მოცულობების ჯამის ტოლია.

8. ერთმანეთს შეურიეს ორი სითხე. პირველის მასა და სიმკვრივე შესაბამისად არის:  $m_1=20$  კგ;  $\rho_1=1000$  კგ/მ³. მეორესი:  $m_2=40$  კგ;  $\rho_2=1200$  კგ/მ³. განსაზღვრეთ ნარევის სიმკვრივე. ჩათვალეთ, რომ მიღებული ნარევის მოცულობა თავდაპირველი სითხეების მოცულობების ჯამის ტოლია.

9. ერთმანეთს შეურიეს ორი სითხე, რომელთა მოცულობები შესაბამისად არის:  $V_1=50$  ლ და  $V_2=40$  ლ. ხოლო სიმკვრივეები:  $\rho_1=1000$  კგ/მ³ და  $\rho_2=1180$  კგ/მ³. განსაზღვრეთ ნარევის სიმკვრივე. ჩათვალეთ, რომ მიღებული ნარევის მოცულობა თავდაპირველი სითხეების მოცულობების ჯამის ტოლია.

10. ცილინდრული ფორმის ჭურჭელში ჩასხმულია  $h=50$  სმ სიმაღლის ვერცხლისწყალი (ნახ. 2.5) ჭურჭლის ფუძის ფართობია  $S=30$  სმ². განსაზღვრეთ ვერცხლისწყლის მასა, თუ მისი სიმკვრივე  $\rho=13600$  კგ/მ³-ია.



ნახ. 2.5

11. ცილინდრული ფორმის ჭურჭელში ჩასხმულია 102 კგ ვერცხლისწყალი. მისი სიმკვრივეა  $\rho=13600$  კგ/მ³ (ნახ. 2.5). სვეტის სიმაღლე  $h=50$  სმ. განსაზღვრეთ ჭურჭლის ფსკერის ფართობი.

# თავი III

## თანაბარი მოძრაობა

- სხეულთა მოძრაობა;
- ათვლის სისტემა;
- თანაბარი მოძრაობის სიჩქარე.



### ამ თავში თქვენ გაეცნობით:

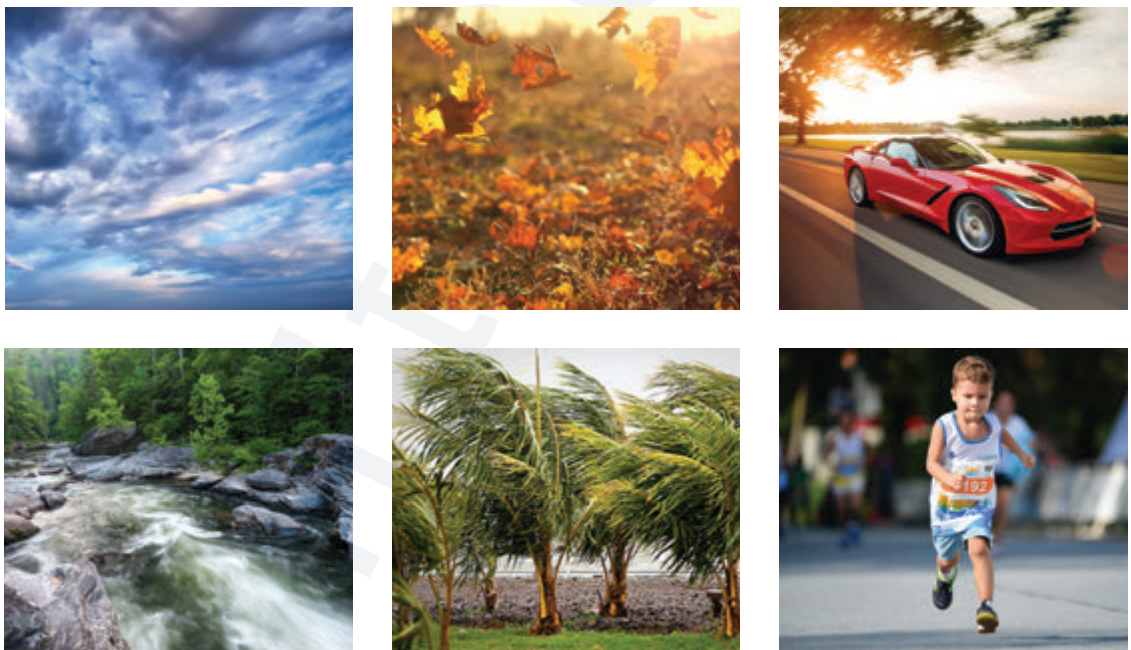
- სხეულთა მოძრაობის სახეებს;
- მოძრაობის აღმწერ ძირითად სიდიდეებს;
- მოძრაობაზე დაკვირვების მეთოდებს;
- სკალარულ და ვექტორულ სიდიდეებს;
- თანაბარ მოძრაობასა და მის მახასიათებელ სიდიდეებს;
- თანაბარი მოძრაობის აღწერის გრაფიკულ მეთოდს;
- მდებარეობისა და მოძრაობის ფარდობითობას;
- სიჩქარეთა შეკრებას და მის გამოყენებას ამოცანების ამოხსნისას;
- არათანაბარი მოძრაობის აღწერის ხერხს.

### § 3.1 მოძრაობა

პირველი, რასაც ჩვენ ვამჩნევთ სამყაროზე დაკვირვებისას, მისი განუწყვეტელი ცვალებადობაა. იცვლება ამინდი, დნება ყინული, გადაადგილდებიან ციური სხეულები, იზრდებიან და მრავლდებიან ცოცხალი ორგანიზმები, მზეზე წარმოიქმნება ლაქები, მიმდინარეობს ქიმიური გარდაქმნები და ა.შ. მოკლედ, ჩვენს გარემომცველ გარემოსა თუ კოსმოსში, ყველგან და ყოველთვის მიმდინარეობს მრავალფეროვანი მოვლენები.

ჯერ კიდევ 2500 წლის წინათ ბერძენმა ფილოსოფოსმა ჰერაკლიტემ გამოთქვა აზრი: „ყველაფერი მიედინება, ყველაფერი იცვლება“. უწყვეტი ცვლილება, რომელიც სამყაროში მიმდინარეობს, მისი ერთ-ერთი ძირითადი თვისებაა.

მრავალი მოვლენიდან თქვენთვის ყველაზე ნაცნობი **მოძრაობაა**, რომელსაც ყოველდღიურად აკვირდებით: მანქანა მიდის ქუჩაში, ღრუბელი გადაადგილდება ცაში, ფოთოლი ვარდება ხიდან, ხე ირხევა ქარიან ამინდში, ბავშვი მირბის, წყალი მიედინება და ა.შ (სურ. 3.1). ყველა შემთხვევაში, როდესაც ჩვენ ვსაუბრობთ სხეულის მოძრაობაზე, ვგულისხმობთ, რომ სხეული მდებარეობას იცვლის სხვა სხეულის მიმართ.



სურ. 3.1

**სხეულის მოძრაობა ეწოდება დროის განმავლობაში მისი მდებარეობის ცვლილებას სივრცეში სხვა სხეულების მიმართ.**

აღბათ, მოძრაობის განმარტება მარტივად მოგეჩვენათ, მაგრამ, გავარკვიოთ, რას ნიშნავს „მდებარეობის ცვლილება სივრცეში“ და „სხვა სხეულების მიმართ“.

განვიხილოთ მაგალითი: მასწავლებელმა ორ სხვადასხვა რიგში მჯდომ მოსწავლეს სთხოვა, დაეხასიათებინათ დაფის მდებარეობა მათ მიმართ (სურ. 3.2). პირველმა მოსწავლემ ასე უპასუხა: დაფა მდებარეობს ჩემგან წინ და მარჯვნივ, დაახლოებით – 4 მეტრში. მეორე მოსწავლის პასუხი განსხვავდებოდა: დაფა მდებარეობს ჩემგან წინ და მარცხნივ, დაახლოებით – 6 მეტრში.



სურ. 3.2

დაფას მოსწავლეების მიმართ სხვადასხვა მდებარეობა აქვს. ამრიგად, სხეულის მდებარეობის დასადგენად საჭიროა ავირჩიოთ სხვა სხეული, რომლის მიმართაც განვიხილავთ სხეულის მდებარეობას; **სხეულის მდებარეობა განსხვავებულია სხვადასხვა სხეულის მიმართ.** ასეთ შემთხვევაში ამბობენ – **სხეულის მდებარეობა ფარდობითია.**

**სხეულს, რომლის მიმართაც განიხილება სხვა სხეულის მდებარეობა, ათვლის სხეული ეწოდება.**

განვიხილოთ მეორე მაგალითი: მოძრავი მანქანის უკანა საქარე მინასთან დევს დიდი ფერადი ბუშტი. ვთხოვთ წინა სავარძელზე მჯდომ მგზავრს, უპასუხოს შეკითხვას: მოძრაობს, თუ არა ბუშტი მის მიმართ? მგზავრი უპასუხებს, რომ ბუშტი მის უკან, დაახლოებით 1 მეტრში დევს და დროის განმავლობაში მდებარეობას არ იცვლის, ე.ი. მის მიმართ უძრავია. იმავე შეკითხვას ქუჩაში მდგომი ადამიანი სხვანაირად უპასუხებს: მანქანა და, შესაბამისად, ბუშტი მოძრაობს (სურ. 3.3). იმის მიხედვით, თუ რომელს ავირჩევთ ათვლის სხეულად, ერთი და იგივე სხეული შეიძლება იყოს მოძრავიც და უძრავიც.



სურ. 3.3

ასეთ შემთხვევებში ამბობენ, რომ **მოძრაობა და უძრაობა ფარდობითია.**

როდესაც ვამბობთ, რომ ავტომობილი იცვლის მდებარეობას უძრავად მდგომი ადამიანის მიმართ, მაშინ ათვლის სხეული ადამიანია. თუ ვიტყვით, რომ იგივე ადამიანი იცვლის მდებარეობას მოძრავი ავტომობილის მიმართ, ამ შემთხვევაში ათვლის სხეულია ავტომობილი.

#### დასკვნები:

- სხეულის მოძრაობა ეწოდება დროის განმავლობაში მისი მდებარეობის ცვლილებას სივრცეში სხვა სხეულების მიმართ;
- სხეულს, რომლის მიმართაც განიხილება სხვა სხეულის მდებარეობა, ათვლის სხეული ეწოდება;
- სხეულის მდებარეობა განსხვავებულია სხვადასხვა ათვლის სხეულის მიმართ – სხეულის მდებარეობა ფარდობითია;
- მოძრაობა და უძრაობა ფარდობითია.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რას ეწოდება მოძრაობა?
2. რომელ სხეულს უწოდებენ ათვლის სხეულს?
3. რას ნიშნავს – სხეულის მდებარეობა ფარდობითია?
4. რას ნიშნავს მოძრაობისა და უძრაობის ფარდობითობა?



### დავალება:

1. აღწერეთ სკოლის მდებარეობა თქვენი და თქვენი მეგობრების სახლის მიმართ. მოიყვანეთ მდებარეობის ფარდობითობის სხვა მაგალითებიც.
2. დაასახელეთ ათვლის სხეული, რომლის მიმართაც სკოლა მოძრაობს. მოიყვანეთ მოძრაობისა და უძრაობის ფარდობითობის სხვა მაგალითებიც.
3. რომელი სხეული იგულისხმება ათვლის სხეულად, როცა ვამბობთ: „მზე ამოვიდა“, „მთვარე ჩავიდა“?
4. ბიჭმა თქვა: ცაზე, დღის განმავლობაში მზე გადაადგილდება აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ. მეგობარმა შეუსწორა, მზე არ გადაადგილდება! ჩვენ გვეჩვენება მოძრავად დედამიწის ბრუნვის გამო. რომლის გამონათქვამია მართებული? პასუხი დაასაბუთეთ.
5. უძრავია თუ არა, თანაბრად მოძრავი მატარებლის ვაგონში თაროზე მოთავსებული საგანი ვაგონის მიმართ? გვირაბის მიმართ?
6. უძრავია თუ არა მდინარეში მოცურავე ტივი ნაპირის მიმართ? მდინარის მიმართ?
7. თანაბრად მოძრავი მატარებლის დახურულ ვაგონში უფრო სწრაფად გავრცელდება სუნამოს სუნი თუ იმავე უძრავ ვაგონში? ჩათვალეთ, რომ ჰაერის ტემპერატურა ერთნაირია. პასუხი დაასაბუთეთ.

### § 3.2 სხეულის გადატანითი მოძრაობა. ნივთიერი წერტილი

ჩვენი ერთ-ერთი მთავარი ამოცანა სხეულის მოძრაობის შესწავლაა, რაც გულისხმობს მის აღწერას. მოძრაობის აღსაწერად კი საჭიროა შეგვეძლოს სხეულის მდებარეობის განსაზღვრა სივრცეში დროის ნებისმიერი მომენტისათვის. ეს საკმაოდ რთული ამოცანაა. დააკვირდით ჩამოვარდნილი ფოთლის ან მოცეკვავე ადამიანის მოძრაობას. როგორ მოვახერხოთ ასეთი რთული მოძრაობების შესწავლა?

სხეულთა მოძრაობის შესწავლას ართულებს ისიც, რომ ყველა სხეული შედგება ცალკეული ნაწილებისაგან, რომლებსაც სივრცეში სხვადასხვა მდებარეობა უჭირავთ და შესაძლოა განსხვავებულადაც მოძრაობდნენ.

სხეულთა მოძრაობებიდან შეიძლება გამოვყოთ სამი ძირითადი სახე:

1. **სხეულის ბრუნვითი მოძრაობა** – მოძრაობა, რომლის დროსაც სხეული ბრუნავს რაიმე რეალური ან წარმოსახვითი ღერძის გარშემო. უმარტივესი ბრუნვითი მოძრაობაა მობრუნება უძრავი ღერძის გარშემო, ამის მაგალითია ფანჯრის მობრუნება გაღებისას. (სურ. 3.4). უფრო რთულია ბრუნვითი მოძრაობა, როდესაც ბრუნვა ხდება მოძრავი ღერძის გარშემო, მაგალითად, ბზრიას მოძრაობა (სურ. 3.5).
2. **დეფორმაცია** – სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობა, რომლის დროსაც ხდება სხეულის ფორმისა და(ან) მოცულობის ცვლილება. დეფორმაციისას იცვლება მის შემადგენელი ნაწილაკების მდებარეობა და მათ შორის მანძილი (სურ. 3.6).
3. **გადატანითი მოძრაობა** – მოძრაობა, რომლის დროსაც სხეულის ყველა წერტილი ერთნაირად მოძრაობს. გადატანითი მოძრაობის დროს ბრუნვასა და დეფორმაციას ადგილი არ აქვს. ეს ნიშნავს, რომ სხეულის ნებისმიერ ორ წერტილს შორის მანძილი არ იცვლება და მათზე გავლებული წრფე თავისი თავის პარალელური რჩება (სურ. 3.7). ასეთ მოძრაობას ასრულებს, მაგალითად, ციგა, რომელიც ეშვება დაღმართზე ან საბაგიროს კაბინა (სურ. 3.8).



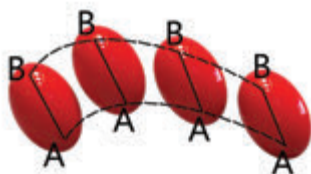
სურ. 3.4



სურ. 3.5



სურ. 3.6



სურ. 3.7



სურ. 3.8

ხშირად სხეულის დეფორმაცია უმნიშვნელოა და ის შეიძლება უგულებელვყოთ. ამ შემთხვევაში ამბობენ, რომ საქმე გვაქვს აბსოლუტურად მყარ სხეულთან. იმავდროულად, თუ სხეული ბრუნვით მოძრაობას არ ასრულებს, მისი მოძრაობა ჩაითვლება გადატანითად. გადატანითი მოძრაობისას სხეულის თითოეული წერტილის მოძრაობა ერთმანეთისაგან არაფრით განსხვავდება, ამიტომ სხეულის მოძრაობის აღსაწერად საკმარისია მისი რომელიმე ერთი წერტილის მოძრაობის შესწავლა.

განვიხილოთ ასეთი მაგალითი: მოსწავლემ ლაშქრობისას გაიარა 5 კმ. ალბათ, ზედმეტად მოგეჩვენებათ შეკითხვა: მოსწავლის სხეულის რომელმა წერტილმა გაიარა 5 კმ? მოსწავლის ზომების გათვალისწინება ამ შემთხვევაში საჭირო არ არის, ის შეიძლება ჩავთვალოთ წერტილად.

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

როგორ უნდა გვესმოდეს „**მოცემულ პირობებში**“? მოსწავლე ლაშქრობისას შეიძლება ნივთიერ წერტილად მივიჩნიოთ, მაგრამ იგივე მოსწავლე მერხთან ჯდომისას არ ჩაითვლება ნივთიერ წერტილად. ე.ი. სხეული ჩაითვლება ნივთიერ წერტილად, თუ მისი ზომა გაცილებით მცირეა იმ მანძილთან შედარებით, რომელსაც ეს სხეული გადის, ან მცირეა იმ მანძილთან შედარებით, რომლითაც დაშორებულია სხვა სხეულებიდან.

**უნდა გვახსოვდეს, რომ ნივთიერ წერტილს აქვს სხეულის ყველა თვისება, გარდა – ზომისა.**

ბუნებაში მიმდინარე მოვლენების შესწავლა საკმაოდ რთულია, ამიტომ ვცდილობთ, გავამარტივოთ ეს მოვლენა, ანუ შევქმნათ და გამოვიყენოთ რეალური მოვლენის მოდელი. კონკრეტულ შემთხვევებში იყენებენ ამა თუ იმ მოდელს, მაგალითად, როგორიცაა: ნივთიერი წერტილი, გადატანითი მოძრაობა, აბსოლუტურად მყარი სხეული და სხვა.

#### დასკვნები:

- სხეულის ბრუნვითი მოძრაობა – მოძრაობა, რომლის დროსაც სხეული ბრუნავს რაიმე რეალური ან წარმოსახვითი ღერძის გარშემო;
- დეფორმაცია – სხეულის ფორმისა და (ან) მოცულობის ცვლილება;
- გადატანითი მოძრაობა – მოძრაობა, რომლის დროსაც სხეულის ყველა წერტილი ერთნაირად მოძრაობს. სხეულის ნებისმიერ ორ წერტილზე გავლებული წრფე თავისი თავის პარალელური რჩება და ამ წერტილებს შორის მანძილი უცვლელია;
- სხეულს, რომლის ზომა მოცემულ პირობებში შეიძლება უგულებელვყოთ, ნივთიერი წერტილი ეწოდება;
- სხეული ჩაითვლება ნივთიერ წერტილად, თუ მისი ზომა გაცილებით მცირეა იმ მანძილთან შედარებით, რომელსაც ეს სხეული გადის, ან მცირეა იმ მანძილთან შედარებით, რომლითაც დაშორებულია სხვა სხეულებიდან.

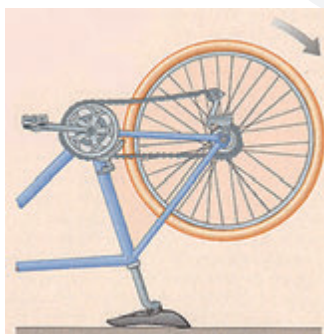
#### საკონტროლო კითხვები:

1. რა უნდა შეგვეძლოს სხეულის მოძრაობის აღწერისას?
2. რატომღა რთული სხეულის მოძრაობის აღწერა?
3. მოძრაობის რა სახეები იცით?
4. როგორ მოძრაობას უწოდებენ გადატანით მოძრაობას?

5. საჭიროა თუ არა მოძრავი მატარებლის ყველა წერტილის მოძრაობის აღწერა? რატომ?
6. რა პირობებში შეიძლება ჩაითვალოს სხეული ნივთიერ წერტილად?
7. მზის გარშემო მოძრაობისას დედამიწა შეიძლება თუ არა ჩაითვალოს ნივთიერ წერტილად ? რატომ?
8. შეიძლება თუ არა მივიჩნიოთ დედამიწა ნივთიერ წერტილად საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვისას?
9. შეიძლება თუ არა ვარსკვლავები მოვიჩნიოთ ნივთიერ წერტილად? რატომ?

### დავალება:

1. შეიძლება თუ არა, რომ გემი ჩაითვალოს ნივთიერ წერტილად, როდესაც ის მიცურავს ერთი კონტინენტიდან მეორისკენ? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. შეიძლება თუ არა, რომ გემი ჩაითვალოს ნივთიერ წერტილად, როდესაც ის ზღვიდან მდინარეში შედის? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. შეიძლება თუ არა, რომ თვითმფრინავი ჩაითვალოს ნივთიერ წერტილად თბილისიდან ბათუმისკენ ფრენისას? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. შეიძლება თუ არა, რომ თვითმფრინავი ჩაითვალოს ნივთიერ წერტილად ასაფრენ ზოლზე მოძრაობისას? პასუხი დაასაბუთეთ.
5. როგორი სახის მოძრაობას ასრულებენ ველოსიპედის ბორბლის ფერსოს წერტილები ველოსიპედის მიმართ? დედამიწის მიმართ? (სურ. 3.9)
6. როგორი სახის მოძრაობას ასრულებენ ველოსიპედის ბორბლის ფერსოს წერტილები ავტომობილის წრფივი მოძრაობისას? (სურ. 3.10)
7. შეიძლება თუ არა, რომ სხეული ერთდროულად ასრულებდეს გადატანით და ბრუნვით მოძრაობას? პასუხი დაასაბუთეთ.
8. რომელი სახის მოძრაობას ასრულებს დედამიწის მიმართ ველოსიპედის ბორბლის ღერძი? ბორბლის ფერსოს წერტილები? (სურ. 3.11 )



სურ. 3.9



სურ. 3.10

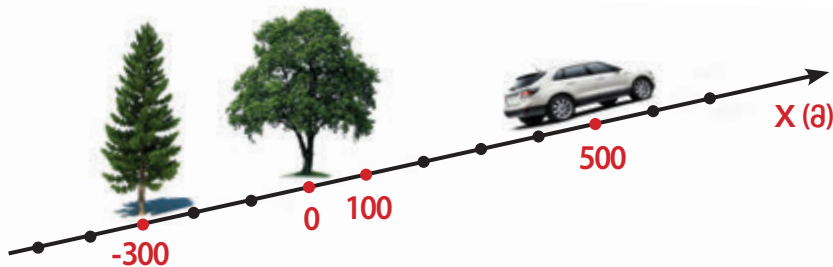


სურ. 3.11

### § 3.3 ნივთიერი წერტილის მდებარეობის განსაზღვრა. ათვლის სისტემა

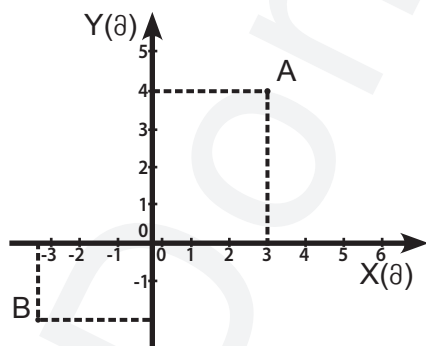
როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სხეულის (ნივთიერი წერტილის) მოძრაობის შესასწავლად საჭიროა შეგვეძლოს მისი მდებარეობის განსაზღვრა ათვლის სხეულის მიმართ დროის ნებისმიერ მომენტში. დავუშვათ, ათვლის სხეული უკვე არჩეულია. კიდევ რა არის საჭირო სხეულის მდებარეობის საპოვნელად? პირველი, რაც აუცილებელია, უნდა გვექონდეს დროის გამზომი ხელსაწყო. მეორე, უნდა შეგვეძლოს სხეულის მდებარეობის განსაზღვრა.

განვიხილოთ მანქანის მოძრაობა გზის წრფივ უბანზე. ავირჩიოთ ათვლის სხეული, მაგალითად, გზის სიახლოვეს მდგარი ხე. გზის გასწვრივ გავავლოთ ღერძი და მასზე მივუთითოთ დადებითი მიმართულება. ღერძზე ავირჩიოთ მასშტაბი (გაიხსენეთ მათემატიკის კურსიდან საკოორდინატო ღერძი). სათავე დავამთხვიოთ ჩვენს ათვლის სხეულს – ხეს (სურ. 3.12). მაშინ, სურათის მიხედვით, მანქანის მდებარეობა განისაზღვრება წერტილით, რომლის კოორდინატია 500 მ, ნაძვის ხისა კი – წერტილით, რომლის კოორდინატია –300 მ.



სურ. 3.12

ამრიგად, წრფეზე სხეულის მდებარეობა განისაზღვრება ერთი კოორდინატით.



ნახ. 3.1

როდესაც სხეული უძრავია (ნაძვი), კოორდინატის დადგენა მარტივია: საკმარისია გავზომოთ მანძილი ათვლის სათავედან სხეულამდე და გავითვალისწინოთ კოორდინატის ნიშანი. მოძრავი სხეულის (ავტომობილის) მდებარეობის დასადგენად საჭიროა ვიცოდეთ, თუ როგორი წესით იცვლება კოორდინატი დროის მიმდინარეობასთან ერთად.

თუ სხეული მოძრაობს სიბრტყეზე (მაგ. ცარცის მოძრაობა საკლასო დაფაზე), მაშინ არჩეულ ათვლის სხეულზე ავლებენ ორ ურთიერთმართობულ  $OX$  და  $OY$  საკოორდინატო ღერძს. ამ შემთხვევაში სხეულის მდებარეობას განსაზღვრავენ ორი კოორდინატი. მაგალითად, ნახ. 3.1-ზე  $A$  წერტი-

ლის კოორდინატებია  $x_1 = 3$  მ,  $y_1 = 4$  მ, ხოლო  $B$  წერტილისა –  $x_2 = -3$  მ,  $y_2 = -2$  მ.

სიბრტყეზე სხეულის მოძრაობის აღსაწერად საჭიროა ვიცოდეთ ორი კოორდინატის ცვლილების წესი დროის მიხედვით.

სხეულის მდებარეობა სივრცეში კი სამი კოორდინატით განისაზღვრება, მას მომდევნო კლასებში შევისწავლით. დაგვჭირდება სამი კოორდინატის დადგენა.

**ათვლის სხეულს, მასთან დაკავშირებულ საკოორდინატო ღერძებს და დროის საზომ ხელსაწყოს ერთად, ათვლის სისტემა ეწოდება.**

### დასკვნები:

- წრფეზე სხეულის მდებარეობა განისაზღვრება ერთი კოორდინატით;
- სიბრტყეზე სხეულის მდებარეობა განისაზღვრება ორი კოორდინატით;
- ათვლის სისტემა – ათვლის სხეული, მასთან დაკავშირებული საკოორდინატო ღერძები და დროის საზომი ხელსაწყო.

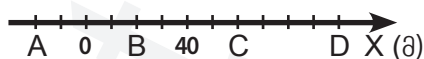
### საკონტროლო კითხვები:

1. როგორ ვიპოვოთ საკოორდინატო ღერძზე მდებარე ნივთიერი წერტილის კოორდინატი?
2. რა შემთხვევაშია საკოორდინატო ღერძზე მდებარე წერტილის კოორდინატი დადებითი? უარყოფითი?
3. რამდენი კოორდინატით განსაზღვრავენ სხეულის მდებარეობას წრფეზე? სიბრტყეზე?
4. რას ეწოდება ათვლის სისტემა?



### დავალება:

1. ნახ. 3.2-ის მიხედვით განსაზღვრეთ A, B, C და D წერტილების კოორდინატები.



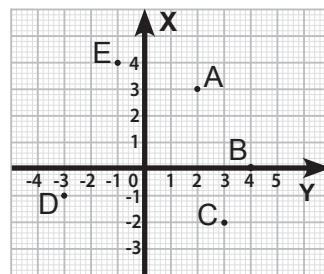
ნახ. 3.2

2. რისი ტოლი გახდება თითოეული წერტილის კოორდინატი თუ ათვლის წერტილად ავიჩევთ A წერტილს? D წერტილს? (იხილეთ პირველი ამოცანის ნახაზი)

3. ნახ. 3.3-ის მიხედვით განსაზღვრეთ A, B, C, D და E წერტილების კოორდინატები.

4. მესამე ამოცანის ნახაზის მიხედვით განსაზღვრეთ წერტილთა კოორდინატები, თუ კოორდინატთა სათავეს გადავიტანთ A წერტილში. შესაბამისი ნახაზი შეასრულეთ რვეულში.

5. წრფივად მოძრავი მატარებელი შედგება 10 ვაგონისგან. თითოეული ვაგონის სიგრძეა 20 მეტრი. რისი ტოლი იქნება თითოეული ვაგონის შუაში მჯდომი მგზავრის კოორდინატი, თუ ათვლის სისტემას დაუკავშირებთ მერვე ვაგონის შუა წერტილს, ხოლო ღერძს მივმართავთ მოძრაობის მიმართულებით? ვაგონებს შორის მანძილი უგულებელყავით.



ნახ. 3.3

### § 3.4 მოძრაობის ტრაექტორია, გავლილი მანძილი. გადაადგილება

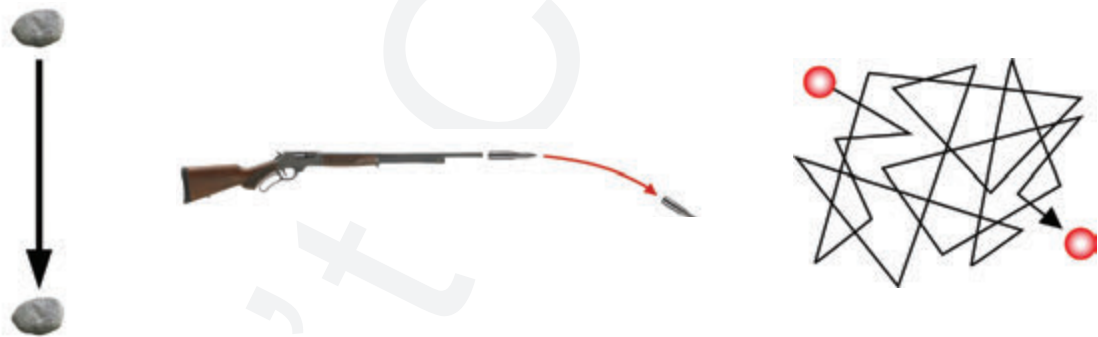
სივრცეში მდებარეობის შეცვლისას ნივთიერი წერტილი მოძრაობს გარკვეული წირის გასწვრივ, რომელსაც **მოძრაობის ტრაექტორია** ეწოდება. ტრაექტორია შეიძლება იყოს ხილულიც და უხილავიც. ხილულია მაგალითად, ცარცის მოძრაობის კვალი დაფაზე, სწრაფად მოძრავი რეაქტიული თვითმფრინავის კვალი ცაში (სურ. 3.13), თხილამურის კვალი თოვლზე სრიალისას და სხვა. უხილავია, მაგალითად, ჰაერში გასროლილი ქვის ტრაექტორია.



სურ. 3.13

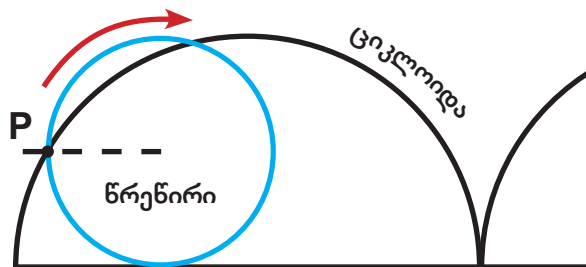
**ტრაექტორია ფორმის მიხედვით შეიძლება იყოს წრფივი ან მრუდწირული.**

კლდიდან გადმოვარდნილი ქვის მოძრაობის ტრაექტორია წრფივია, თოფიდან გასროლილი ტყვიისა – მრუდწირული, ხოლო მოლეკულის მოძრაობისა – ტეხილი (სურ. 3.14).



სურ. 3.14

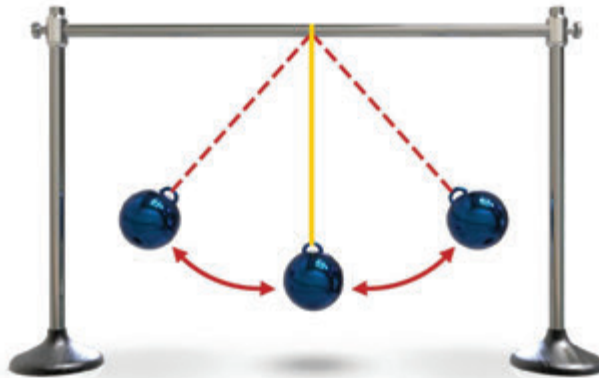
ერთი და იმავე წერტილის მოძრაობის ტრაექტორიები სხვადასხვა ათვლის სხეულის მიმართ შეიძლება განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან. ველოსიპედის ბორბლის კიდურა წერტილის ტრაექტორია ველოსიპედზე მჯდომი ბიჭის მიმართ იქნება წრფივი, იმავე წერტილის ტრაექტორია გზაზე უძრავად მდგომი დამკვირვებლის მიმართ იქნება მრუდი წირი, რომელსაც ციკლოიდა ეწოდება (ნახ. 3.4). ამ ტრაექტორიას ადვილად აღვიქვამთ, თუ ბორბლის ერთ კიდურა (P) წერტილს შევვლავთ და ველოსიპედის მოძრაობისას მხოლოდ მას დავაკვირდებით.



ნახ. 3.4

 დაფიქრდით! როგორი იქნება ქვემოთ ვარდნილი ბზრიალას რომელიმე ერთი წერტილის მოძრაობის ტრაექტორია? შეეცადეთ, წარმოიდგინოთ და დახაზოთ ის.

 **ჩავატაროთ ცდა:** ძაფზე დავკიდოთ ბურთულა. გადავხაროთ იგი და გავუშვათ ხელი. ბურთულა წონასწორობის მდებარეობიდან ხან ერთ, ხან მეორე მხარეს გადაიხრება (სურ. 3.15). ბურთულას მოძრაობის ტრაექტორია პერიოდულად მეორდება. ასეთ მოძრაობას **რხევითი მოძრაობა ეწოდება. ამ შემთხვევაში ბურთულას ტრაექტორია წრეწირის რკალია.**



სურ. 3.15

ფორმის გარდა, ტრაექტორიას აქვს სიგრძე. **მოძრავი სხეულის მიერ დროის რაიმე შუალედში აღწერილი ტრაექტორიის სიგრძეს გავლილი მანძილი ეწოდება.** თუ სხეულმა ტრაექტორიის რაიმე უბანი რამდენიმეჯერ გაიარა, მაშინ გავლილი მანძილის საპოვნელად უბნის სიგრძე უნდა გავამრავლოთ უბნის გავლის რაოდენობაზე.

გავლილი მანძილი აღინიშნება | ასოთი, მისი გაზომვა შეიძლება სხვადასხვა ხელსაწყოთი და მეთოდით: სახაზავით, საზომი ლენტით, კურვიმეტრით, ოდომეტრით (მანქანის მიერ გავლილი მანძილის საზომი) (სურ. 3.16) და სხვა.



კურვიმეტრი

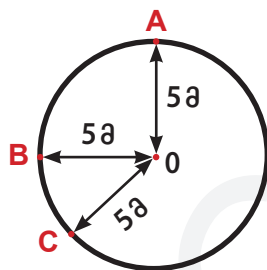
ოდომეტრი

სურ. 3.16

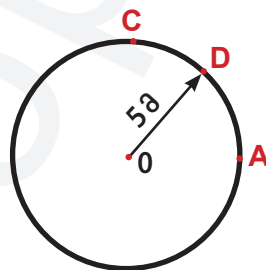
ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში გავლილი მანძილი იზომება მეტრებში, ხშირად იყენებენ სიგრძის სხვა ერთეულებსაც: 1 დმ -ს, 1 სმ -ს, 1 მმ -ს, 1 კმ -ს და სხვა.

სხეულის საწყისი მდებარეობის, გავლილი მანძილისა და ტრაექტორიის ცოდნისას შესაძლებელია სხეულის მდებარეობის დადგენა.

განვიხილოთ სხეულის მდებარეობის დადგენის სხვა ხერხი. დავუშვათ, ცნობილია სხეულის საწყისი მდებარეობა და დროის გარკვეულ შუალედში იგი ამ მდებარეობას დაშორდა 5 მ -ით. სად არის ახლა სხეული? ამ კითხვას ცალსახა პასუხს ვერ გავცემთ, რადგან ასეთი მდებარეობა უამრავია – მოცემული წერტილიდან 5 მ -ით დაშორებულია უამრავი წერტილი, რომელთა ერთობლიობა ქმნის წრეწირს (ნახ. 3.5). სხეული შეიძლება იყოს A წერტილში, B-ში, C-ში და ა.შ. მაგრამ, თუ დავამატებთ პირობას, რომ სხეული იმყოფება საწყისი წერტილიდან ზუსტად ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით 5 მ -ში, ასეთი მდებარეობა იქნება ერთადერთი (ნახ. 3.6) .



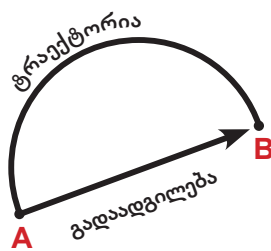
ნახ. 3.5



ნახ. 3.6

წრფის მიმართულ მონაკვეთს, რომელიც სხეულის საწყის მდებარეობას მის მომდევნო მდებარეობასთან აერთებს, ამ სხეულის გადაადგილება ეწოდება. ამ მონაკვეთის სიგრძეს კი – გადაადგილების მოდულს.

თუ გავლილი მანძილი განისაზღვრება მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობით, გადაადგილება ხასიათდება რიცხვითი მნიშვნელობით და მიმართულებით. გავლილი მანძილისა და გადაადგილების მოდული ყოველთვის ტოლი არ არის (ნახ. 3.7). ნახაზზე AB მრუდი წირის სიგრძე გავლილი მანძილია, AB მონაკვეთის – გადაადგილების მოდული.



ნახ. 3.7

გადაადგილებას აღინიშნავენ  $\vec{S}$ -ით. სიდიდის აღმნიშვნელი სიმბოლოს თავზე პატარა ისარი ნიშნავს, რომ ეს სიდიდე მიმართულებითაც ხასიათდება. გადაადგილების სიგრძე ანუ მოდული კი არის S, იგი იზომება სიგრძის ერთეულებით.

მდებარეობისა და ტრაექტორიის მსგავსად, გადაადგილებაც დამოკიდებულია ათვლის სისტემის არჩევაზე, ანუ ფარდობითია.



დაფიქრდით, რა განსხვავება იქნება წრფივად და თანაბრად მოძრავი ვაგონის თაროდან გადმოვარდნილი ვაშლის ტრაექტორიებსა და გადაადგილებებს შორის, ვაგონისა და დედამიწის მიმართ.

### დასკვნები:

- ტრაექტორია – წირი, რომელსაც აღწერს ნივთიერი წერტილი მოძრაობისას;
- ტრაექტორიის ფორმის მიხედვით მოძრაობა შეიძლება იყოს წრფივი ან მრუდწირული;
- მოძრაობას, რომლის დროსაც სხეული წონასწორობის მდებარეობიდან ხან ერთ, ხან მეორე მხარეს გადაიხრება, რხევითი მოძრაობა ეწოდება;
- მოძრავი სხეულის მიერ დროის რაიმე შუალედში აღწერილი ტრაექტორიის სიგრძეს გავლილი მანძილი ეწოდება;
- გავლილი მანძილის საერთაშორისო ერთეულია მეტრი;
- წრფის მიმართულ მონაკვეთს, რომელიც სხეულის საწყის მდებარეობას მის მომდევნო მდებარეობასთან აერთებს, სხეულის გადაადგილება ეწოდება;
- სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია, გავლილი მანძილი და გადაადგილება ფარდობითია.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რას ეწოდება მოძრაობის ტრაექტორია?
2. რა ფორმის შეიძლება იყოს სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია?
3. რას ეწოდება გავლილი მანძილი?
4. რა ერთეულში იზომება გავლილი მანძილი ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში?
5. რატომ არის შეუძლებელი სხეულის საბოლოო მდებარეობის განსაზღვრა მხოლოდ საწყისი მდებარეობისა და გავლილი მანძილის ცოდნით?
6. გარდა რიცხვითი მნიშვნელობისა, რით ხასიათდება გადაადგილება?
7. რა შემთხვევაში დაემთხვევა ერთმანეთს გავლილი მანძილისა და გადაადგილების მოდული?
8. დამოკიდებულია თუ არა სხეულის ტრაექტორია, გავლილი მანძილი და გადაადგილება ათვის სისტემის არჩევაზე? პასუხი დაასაბუთეთ მაგალითებით.



### დავალება:

1. ნივთიერი წერტილი A წერტილიდან B წერტილში მივიდა მრუდწირული (ნახ. 3.8-ზე წითლად მონიშნული) ტრაექტორიით. შეადარეთ ერთმანეთს გავლილი მანძილი და გადაადგილების მოდული.



ნახ. 3.8

2. როგორი მოძრაობის დროს არის სხეულის მიერ გავლილი მანძილი მისივე გადაადგილების მოდულის ტოლი?
3. შეიძლება თუ არა, რომ სხეულის გადაადგილების მოდული გავლილ მანძილზე მეტი იყოს?
4. რისი ტოლია საათის ისრის წვეროს მიერ შესრულებული გადაადგილება ერთი შემობრუნებისას?
5. ბიჭმა გადაწყვიტა, მისგან 5 მეტრით დაშორებული, უძრავი ბურთისთვის ძლიერად დაერტყა ფეხი. ამისათვის მან 3 მეტრით უკან დაიხია, შემდეგ გაჩერდა, გაექანა და შეასრულა დარტყმა. სულ რა მანძილი გაიარა მან? რისი ტოლია ამ დროს შესრულებული გადაადგილების მოდული? ჩათვალეთ რომ ბიჭი მოძრაობდა ერთ წრფეზე.
6. მუშამ ურიკით ქვიშა ერთი ადგილიდან მეორეში გადაიტანა. ურიკა გახვრეტილია და ქვიშა იბნევა. რას გამოსახავს დაყრილი ქვიშის კვალი? რას გვიჩვენებს ამ კვალის სიგრძე? რას გვიჩვენებს მუშის სანყისი და საბოლოო წერტილების შემაერთებული მონაკვეთი?
7. რა შემთხვევაში იქნება ნივთიერი წერტილის მიერ აღწერილი ტრაექტორიის სიგრძე მის მიერ გავლილი მანძილის ტოლი? პასუხი დაასაბუთეთ.
8. ფანჯრის მინაზე მოხვედრილი წვიმის წვეთი ნელ-ნელა ქვევით დაეშვა. რას გამოსახავს მინაზე დატოვებული კვალი?
9. განსაზღვრეთ საათის წუთების ისრის წვეროს გადაადგილების მოდული  $12^{00}$  სთ -დან,  $12^{30}$  სთ -მდე დროის შუალედში, თუ ისრის სიგრძე 25 სმ -ია.
10. შეადარეთ წუთების ისრის წვეროს მიერ გავლილი მანძილები და შესრულებული გადაადგილების მოდულები  $12^{00}$  სთ -დან –  $12^{20}$  სთ -მდე და  $12^{00}$  სთ -დან –  $12^{40}$  სთ -მდე დროის შუალედებში.

### § 3.5 სკალარული და ვექტორული სიდიდეები. მოქმედებები ვექტორებზე

ფიზიკის შესწავლისას ჩვენ გავეცნობით მრავალ ფიზიკურ სიდიდეს. ზოგიერთი მათგანის დასახასიათებლად საკმარისია მხოლოდ მისი რიცხვითი მნიშვნელობის ცოდნა. ასეთი სიდიდეებია მასა, ტემპერატურა, დროის შუალედი, გავლილი მანძილი და სხვა. ვთქვათ, სხეულის მასაა 5 კგ. მასის ეს მნიშვნელობა არ არის დამოკიდებული სხეული მარჯვნივ მოძრაობს თუ მარცხნივ, ზევით მოძრაობს თუ ქვემოთ ვარდება.

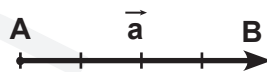
**სიდიდეს, რომელიც მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობით ხასიათდება, სკალარული სიდიდე ეწოდება.**

წინა პარაგრაფში ჩვენ განვიხილეთ ფიზიკური სიდიდე – „გადაადგილება“ და მართი მაგალითით დავრწმუნდით, რომ გადაადგილების მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობის ცოდნით სხეულის მდებარეობის პოვნა შეუძლებელია, აუცილებელია მისი მიმართულების ცოდნაც.

**სიდიდეს, რომელიც ხასიათდება არაუარყოფითი რიცხვითი მნიშვნელობით და მიმართულებით, ვექტორული სიდიდე ეწოდება.**

მომავალში ჩვენ მრავალ ვექტორულ სიდიდეს შევხვდებით, ამიტომ საჭიროა შევიქმნათ წარმოდგენა ვექტორებზე და გავეცნოთ მარტივ მოქმედებებს მათზე.

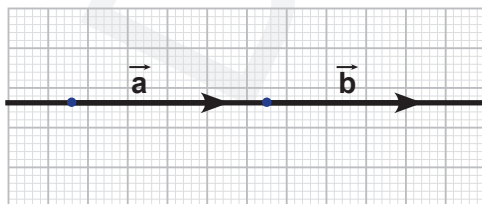
1. ვექტორს ახასიათებენ **მიმართულებით და სიგრძით (მოდულით)**. ვექტორს აღნიშნავენ ერთი პატარა ასოთი თავზე ისრით –  $\vec{a}$ , ან ორი დიდი ასოთი –  $\overrightarrow{AB}$ , სადაც  $A$  წერტილი ვექტორის სათავეა,  $B$  წერტილი კი – ვექტორის ბოლო. ნახაზზე ვექტორს გამოსახავენ ისრიანი მონაკვეთით, ისარი მიუთითებს ვექტორის მიმართულებას, მონაკვეთის სიგრძე – ვექტორის მოდულს (რიცხვით მნიშვნელობას). ნახ. 3.9-ზე მოცემული ვექტორის სიგრძე 4 ერთეულია. ეს ჩაინერება შემდეგნაირად:  $a=4$  ან  $AB=4$ .



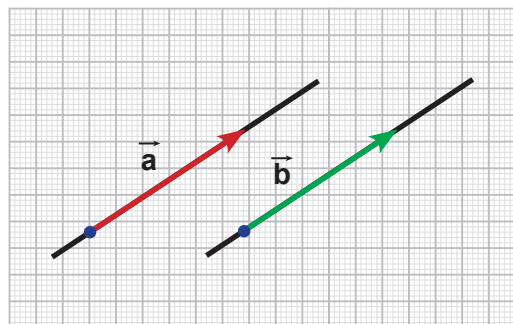
ნახ. 3.9

2. ორი ვექტორი ტოლია, თუ მათ ერთნაირი მიმართულება და მოდული აქვთ.

ნახ. 3.10-სა და ნახ. 3.11-ზე გამოსახულია ორი ტოლი ვექტორი  $\vec{a}=\vec{b}$ . პირველ შემთხვევაში ვექტორები ერთ წრფეზე მდებარეობენ, მეორე შემთხვევაში – პარალელურ წრფეებზე.

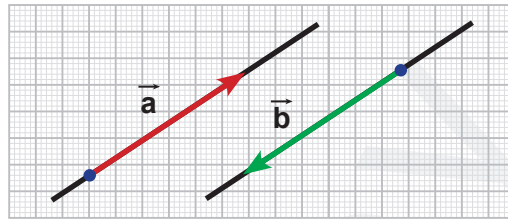


ნახ. 3.10



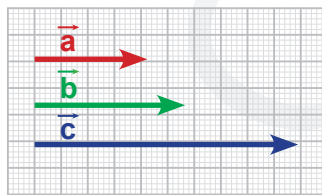
ნახ. 3.11

3. ორ ვექტორი მოპირდაპირეა, თუ მათ ერთნაირი მოდულები და საპირისპირო მიმართულება აქვთ. ამ შემთხვევაში ვწერთ:  $\vec{a} = -\vec{b}$  (ნახ. 3.12). მოპირდაპირე ვექტორები ან ერთ წრფეზე, ან პარალელურ წრფეებზე მდებარეობენ.

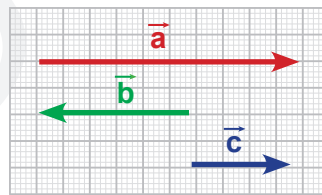


ნახ. 3.12

4. ვექტორთა შეკრება. ერთი მიმართულების მქონე ვექტორების ჯამი არის ვექტორი, რომელსაც შესაკრები ვექტორების მიმართულება აქვს, ხოლო მისი მოდული შესაკრები ვექტორების მოდულების ჯამის ტოლია.  $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$  და  $c = a + b$  (ნახ. 3.13). საპირისპიროდ მიმართულ ვექტორთა ჯამი არის ვექტორი, რომელსაც დიდი მოდულის მქონე შესაკრების მიმართულება აქვს, ხოლო მისი მოდული შესაკრებ ვექტორთა მოდულების სხვაობის მოდულის ტოლია.  $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$ , და  $c = |a - b|$  (ნახ. 3.14).

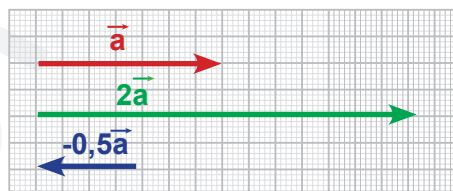


ნახ. 3.13



ნახ. 3.14

5. ვექტორის ნამრავლი რიცხვზე. ვექტორის რიცხვზე ნამრავლი არის ვექტორი, რომლის მოდული ტოლია სანწყისი ვექტორის მოდულისა და რიცხვის მოდულის ნამრავლის. მას აქვს სანწყისი ვექტორის მიმართულება, თუ რიცხვი დადებითია და საპირისპირო მიმართულება, თუ რიცხვი უარყოფითია (ნახ. 3.15).



ნახ. 3.15

#### დასკვნები:

- სკალარულია სიდიდე, რომელიც ხასიათდება მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობით;
- ვექტორულია სიდიდე ხასიათდება როგორც რიცხვითი მნიშვნელობით, ასევე – მიმართულებით;
- ორი ვექტორი ტოლია, თუ მათ ერთნაირი მიმართულება და მოდული აქვთ;
- ორ ვექტორი მოპირდაპირეა, თუ მათ ერთნაირი მოდული და საპირისპირო მიმართულება აქვთ.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რით განსხვავდება სკალარული და ვექტორული სიდიდეები ერთმანეთისაგან?
2. რომელი ვექტორული სიდიდე იცის?
3. რას უწოდებენ ვექტორის სიგრძეს?
4. საითაა მიმართული ორი ერთნაირი მიმართულების ვექტორთა ჯამი? რისი ტოლია ამ ჯამის მოდული?
5. საითაა მიმართული ორი საპირისპიროდ მიმართული ვექტორის ჯამი? რისი ტოლია ამ ჯამის მოდული?
6. როგორი სიდიდე მიიღება ვექტორული სიდიდის რიცხვზე გამრავლებით?



### დავალება:

1. 3სმ სიგრძის  $\vec{a}$  ვექტორი მიმართულია ჩრდილოეთისაკენ. განსაზღვრეთ  $5\vec{a}$  და  $-2\vec{a}$  ვექტორების მოდული და მიმართულება.
2. ერთ წრფეზე მდებარე სამი ვექტორის (ნახ. 3.16) სიგრძეები შესაბამისად არის:  $a=40$ სმ,  $b=15$ სმ და  $c=20$ სმ. რვეულში შეასრულეთ შესაბამისი ნახაზი და განსაზღვრეთ :



ნახ. 3.16

- ა)  $\vec{a} + \vec{b}$  ვექტორის მოდული და მიმართულება;
  - ბ)  $\vec{a} + \vec{c}$  ვექტორის მოდული და მიმართულება;
  - გ)  $\vec{a} + 3\vec{c}$  ვექტორის მოდული და მიმართულება;
  - დ)  $\vec{a} + 2\vec{b} + 3\vec{c}$  ვექტორის მოდული და მიმართულება;
  - ე)  $\vec{c} + \vec{b}$  ვექტორის მოდული და მიმართულება;
  - ვ)  $2\vec{b} + \vec{c}$  ვექტორის მოდული და მიმართულება;
3. 2სმ სიგრძის  $\vec{a}$  ვექტორი მიმართულია საკორდინატო ღერძის მიმართულებით, 5სმ სიგრძის  $\vec{b}$  ვექტორი კი – მის სანინაალმდეგოდ. იმსჯელეთ  $2\vec{a} + 0.8\vec{b}$  ვექტორის მოდულსა და მიმართულებაზე.
  4. პოლიეთილენის წრფივ მილში შემძვრალმა ხოჭომ თავის დასაღწევად შეასრულა შემდეგი გადაადგილებები:  $3\vec{S}$ ,  $-1,5\vec{S}$ ,  $1,8\vec{S}$ ,  $-0,3\vec{S}$  შემდეგ კი – გაჩერდა. განსაზღვრეთ ხოჭოს მიერ გაჩერებამდე გავლილი მანძილი და შესრულებული გადაადგილების მოდული თუ  $S=20$  სმ-ს.
  5. რომელ რიცხვზე უნდა გავამრავლოთ მოცემული ვექტორი, რომ მივიღოთ მასზე მოდულით ორჯერ დიდი და სანინაალმდეგოდ მიმართული ვექტორი?

### § 3.6 ლაბორატორიული სამუშაო. ჯგუფური მუშაობა

**სამუშაოს მიზანი:** მოძრაობაზე დაკვირვება.

**ხელსაწყოები და მასალა:** მენზურა ან მაღალი გამჭვირვალე ცილინდრული ჭურჭელი, მეტრონომი, წამოზომი, სახაზავი, თხევადი გლიცერინი, ერთნაირი მოცულობის რამდენიმე პლასტელინისა და ლითონის ბურთულა, სხვადასხვა ფერის მარკერები (სურ. 3.17).

**სამუშაოს მსვლელობა:**

1. ჭურჭელი თხევადი გლიცერინით ისე გაავსეთ, რომ რამდენიმე ბურთულას ჩადების შემდეგ გლიცერინი არ გადმოიღვაროს;
2. მეტრონომის ტვირთის მდებარეობა ისე შეარჩიეთ, რომ დარტყმებს შორის შუალედი იყოს ერთი წამი;
3. აიღეთ პლასტელინის ბურთულა და მეტრონომის დარტყმასთან ერთად ჩაუშვით გლიცერინში;
4. მეტრონომის ყოველ დარტყმაზე მონიშნეთ ბურთულას მდებარეობა ჭურჭელზე მარკერით;
5. სახაზავით გაზომეთ მანძილები ნიშნულებს შორის. მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში;
6. გაიმეორეთ ცდა, ოღონდ მონიშვნა გააკეთეთ ყოველ მეორე დარტყმაზე სხვა ფერის მარკერით;
7. სახაზავით გაზომეთ მანძილები ახალ ნიშნულებს შორის. მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში;
8. თუ ჭურჭლის სიმაღლე საშუალებას მოგცემთ, გაიმეორეთ ცდა მეტრონომის ყოველი მესამე დარტყმისათვის;
9. გაიმეორეთ იგივე ცდა ლითონის ბურთულას შემთხვევაში;
10. გაზომეთ მანძილები ახალ ნიშნულებს შორის;
11. გაზომვების შედეგების მიხედვით შეეცადეთ, შეამჩნიოთ კანონზომიერება;
12. დამოუკიდებლად გააკეთეთ დასკვნები. რით განსხვავდება პლასტელინისა და ლითონის ბურთულას მოძრაობები?



სურ. 3.17



ცხრილი №3.1

|                        | ნიშნულებს შორის მან-<br>ძილები დროის 1წმ-იანი<br>შუალედისათვის |   |   |   |   | ნიშნულებს შორის მან-<br>ძილები დროის 2წმ -<br>იანი შუალედისათვის |   |   |   |   | ნიშნულებს შორის მანძილე-<br>ბი დროის 3წმ-იანი შუალე-<br>დისათვის |   |   |   |   |   |   |  |  |
|------------------------|----------------------------------------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|--|
| პლასტელინის<br>ბურთულა |                                                                | წ | ი | გ | ნ | შ                                                                | ი | ა | რ | ჩ | ა                                                                | წ | ე | რ | ო | თ | ! |  |  |
| ლითონის<br>ბურთულა     |                                                                |   |   |   |   |                                                                  |   |   |   |   |                                                                  |   |   |   |   |   |   |  |  |



**საშინაო ცდა:** გაიმეორეთ იგივე ცდა სახლში, ოღონდ გლიცერინის მაგივრად გამოიყენეთ წყალი. ცდის შედეგები შეადარეთ ლაბორატორიაში ჩატარებული ცდების შედეგებს.

## თავი IV

### ძალა და წნევა

- სხეულზე მოქმედი ძალები;
- წნევა აირებსა და სითხეებში;
- ატმოსფერული წნევა;
- ზიარჭურჭელი.



#### ამ თავში თქვენ გაცნობით:

- სხეულთა ურთიერთქმედებას;
- ძალასა და მის გრაფიკულ გამოსახვას;
- სიმძიმის, დრეკადობის, ხახუნის ძალებს და მათი მოქმედებით გამოწვეულ შედეგებს;
- სხეულზე ერთი წრფის გასწვრივ მიმართული ძალების შეკრების წესს;
- წნევასა და მისი განაწილების თავისებურებებს სითხეებსა და აირებში;
- ჰიდრავლიკურ მანქანას და ზიარჭურჭელს, მათი მოქმედების პრინციპს და გამოყენებას;
- ატმოსფერულ წნევას, მის გაზომვასა და ცვლილებას;
- ამომგდებ ძალას და მის გამოსათვლელ ფორმულას.

## § 4.1 ინერცია

ველოსიპედი მოძრაობს გზაზე, ჰაერში მიფრინავს თვითმფრინავი, ფეხბურთის ბურთი მიგორავს მოედანზე. რა მიზეზით სრულდება თითოეული ეს მოძრაობა? რატომ იცვლება ზოგიერთი სხეულის სიჩქარე, ზოგიერთის კი — რჩება მუდმივი? შევეცადოთ, პასუხი გავცეთ ამ კითხვებს.

დავინწყოთ უძრავი სხეულის მაგალითის განხილვით. ვთქვათ, ბილიარდის ბურთულა დევს მაგიდაზე (სურ. 4.1). თქვენ კარგად იცით, რომ დედამიწასთან ახლოს მყოფი ყველა სხეული მიიზიდება დედამიწის მიერ. მაგიდა რომ გამოვაცალოთ, ბურთულა მიზიდულობის გავლენით დაიწყებს ვარდნას ქვევით. მაგრამ ის იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში, ე.ი. ბურთულაზე დედამიწის მიზიდულობა კომპენსირებულია (განონასწორებულია) მაგიდის მოქმედებით.



სურ. 4.1

2500 წლის წინ ბერძენმა ფილოსოფოსმა არისტოტელემ ჩამოაყალიბა დებულება: სხეული იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში, თუ მასზე სხვა სხეულების მოქმედება კომპენსირებულია. მოძრაობისთვის საჭიროა სხეულზე სხვა სხეულების მოქმედება.

ცხოვრებისეული გამოცდილებით, ამ დებულებაში სადავო თითქოს არაფერია, მაგრამ ფიზიკის თვალსაზრისით ის ბოლომდე სწორი არ არის.

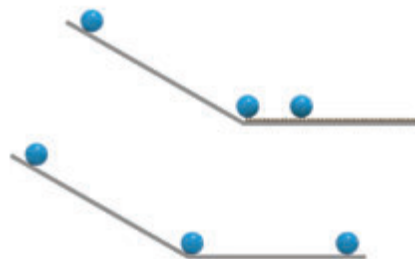
ახლა განვიხილოთ მოძრავი სხეულის მაგალითიც. ბილიარდის ჯოხის (კიის) დარტყმის შედეგად ბურთულა ამოძრავდება (სურ. 4.2). მისი სიჩქარის ცვლილება გამოწვეულია სხვა სხეულის (კიის) მოქმედებით, რომელიც არ კომპენსირდება ბურთულაზე სხვა რაიმე სხეულის მოქმედებით. მაგრამ დარტყმის შემდეგაც ბურთულა აგრძელებს მოძრაობას მაგიდაზე. გორვისას ბურთულას იზიდავს დედამიწა, დედამიწის მიზიდულობა წონასწორდება მაგიდის მოქმედებით. რომ არა მაგიდის საფართან ხახუნი, ბურთულა არასოდეს გაჩერდებოდა.



**ჩავატაროთ ცდა.** ორი ერთნაირი ბურთულა ერთდროულად დავაგოროთ ერთი სიმაღლიდან ერთნაირად დახრილ ფიცარზე (სურ. 4.3). ჩამოგორების შემდეგ ქვედა ბურთულა აგრძელებს მოძრაობას გლუვ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე, ზედა კი — ქვემოთან ზედაპირზე, რომელზეც ხახუნი დიდია. ქვედა ბურთულა უფრო დიდხანს იმოძრავებს, ვიდრე ზედა. ე.ი. მოძრაობის შეწყვეტის (სიჩქარის ცვლილების) მიზეზი ზედაპირთან ბურთის ხახუნია. ხახუნი რომ არ ყოფილიყო, ორივე ბურთულა იმოძრავებდა რაგინდ დიდხანს, მუდმივი სიჩქარით.



სურ. 4.2



სურ. 4.3

მრავალი ცდის შედეგების ანალიზის საფუძველზე გამოჩენილმა იტალიელმა მეცნიერმა გალილეო გალილემ 1632 წელს ჩამოაყალიბა კანონი, რომელიც ინერციის კანონის სახელწოდებითაა ცნობილი.

**სხეული მოძრაობს წრფივად და თანაბრად ან იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში, თუ მასზე სხვა სხეულები არ მოქმედებენ ან მათი მოქმედება კომპენსირებულია.**

სხვანაირად, თუ სხეულზე სხვა სხეულები არ მოქმედებს ან მოქმედება კომპენსირებულია, მაშინ ეს სხეული ინარჩუნებს უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობას.

**სხეულის მიერ უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის სიჩქარის შენარჩუნების მოვლენას ინერცია ეწოდება. (inertia (ლათ.) – უძრაობა, უმოქმედობა).**

ინერციით მოძრაობას ყოველდღიურ ცხოვრებაში ხშირად ვხვდებით. ავტობუსის მკვეთრი დამუხრუჭებისას მგზავრები აგრძელებენ ინერციით მოძრაობას და წინ იხრებიან, მკვეთრი დაძვრისას კი – უკან გადაიხრებიან. საუკეთესო მუხრუჭების მქონე ავტომობილიც კი გაჩერებამდე ინერციით გარკვეულ მანძილს გაივლის, ანუ მისი მყისიერი გაჩერება შეუძლებელია. ამიტომაც საშიში მოძრავი მანქანის წინ გადარბენა. ამავე მიზეზით არის საჭირო მოძრავ ავტომობილებს შორის დისტანციის დაცვა. ინერციის გამოა ასევე შეუძლებელი, უძრავ სხეულს მყისიერად მიენიჭოს სიჩქარე.

#### **დასკვნები:**

- თუ სხეულზე სხვა სხეულები არ მოქმედებს ან მათი მოქმედება კომპენსირებულია, მაშინ სხეული ან უძრავია, ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად (ინერციით);
- სხეულის უძრაობის ან მოძრაობის მდგომარეობის შეცვლა შესაძლებელია მასზე სხვა სხეულის ან სხეულების მოქმედებით;
- ინერცია – სხეულის მიერ სიჩქარის შენარჩუნების მოვლენა, მასზე სხვა სხეულების მოქმედების არარსებობის ან მათი კომპენსირების შემთხვევაში.

#### **საკონტროლო კითხვები:**

1. რა შემთხვევაში იმყოფება სხეული უძრავ მდგომარეობაში?
2. როგორ მოძრაობს სხეული, თუ მასზე სხვა სხეულები არ მოქმედებენ?
3. რა არის ინერცია?
4. რა ემართება სხეულს, თუ მასზე სხვა სხეულების ქმედება არ არის კომპენსირებული?



### დავალება:

1. მოიყვანეთ სხეულის ინერციით მოძრაობის მაგალითები ბუნებასა და ყოველდღიურ ცხოვრებაში.
2. მოიყვანეთ სხეულის უძრაობის მაგალითები, ახსენით მათი უძრაობის შენარჩუნების მიზეზი.
3. ავტომობილის სველ გზაზე მოძრაობისას ბორბალს მოწყვეტილი წვეთები მოძრაობას აგრძელებენ მოწყვეტის შემდეგაც. ახსენით მიზეზი.
4. ისარს გატყორცნისას მშვილდის დაჭიმული ძუა ანიჭებს სიჩქარეს (სურ. 4.4) რატომ აგრძელებს მოძრაობას ისარი გატყორცნის შემდეგ?
5. თოფის ლულაში ტყვიის მოძრაობის მიზეზი დენთის აფეთქებაა. რა არის ტყვიის მოძრაობის მიზეზი ლულიდან გამოსვლის შემდეგ?
6. რატომ არის აუცილებელი ავტომობილით მგზავრობისას უსაფრთხოების ღვედის გაკეთება?



სურ. 4.4



### საშინაო ცდა

**ცდის მიზანი:** ინერციის მოვლენაზე დაკვირვება.

**ცდისთვის საჭიროა:** რამოდენიმე ერთნაირი მონეტა და ქალაქის ფურცელი.

მოათავსეთ ფურცელზე ერთმანეთზე დანყობილი რამოდენიმე მონეტის სვეტი.

პირველ შემთხვევაში ნელა აამოძრავეთ ფურცელი მაგიდის პარალელურად.

მეორე შემთხვევაში კი ფურცელი სწრაფად გამოქაჩეთ.

ორივე ცდა რამდენჯერმე ჩაატარეთ და დააკვირდით რა მოუვა მონეტების სვეტს პირველ და მეორე შემთხვევაში.

მიღებულ შედეგები ჩანერეთ საშინაო დავალების რვეულში და შეეცადეთ ახსნათ ისინი.

## § 4.2 სხეულთა ურთიერთქმედება

ყოველდღიურ ცხოვრებაში მუდმივად გვხვდება ერთი სხეულის მეორეზე სხ-



სურ. 4.5

ვადასხვანაირი მოქმედება. სკამზე დაჯდომისას ჩვენ ვმოქმედებთ მასზე ვანვებით ჩვენი სხეულით; ფეხბურთის თამაშისას ფეხით ვმოქმედებთ ბურთზე ვინვევთ მისი სიჩქარის შეცვლას; მაგნიტი მოქმედებს რკინის ბურთულაზე - მაგნიტის სიახლოვეს იგი მაგნიტისაკენ ამოძრავდება და ა. შ.

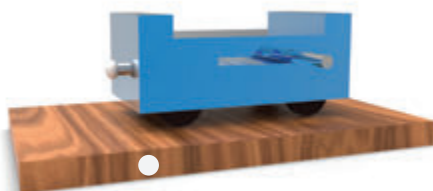
ამავე დროს, სკამზე დაჯდომისას ისიც მოქმედებს ჩვენზე (სურ. 4.5) – სკამის მოქმედების გამო ჩვენ ქვემოთ არ ვვარდებით; ბურთის დარტყმისას მისი ფეხზე მოქმედებაც საკმაოდ საგრძნობია ფეხბურთის ფეხშიშველა თამაშისას; არა მხოლოდ ბურთულა ამოძრავდება მაგნიტისაკენ, მსუბუქი მაგნიტიც ამოძრავდება ბურთულასაკენ. ამ მაგალითებიდან ჩანს, რომ ქმედება ყოველთვის ინვევს უკუქმედებას:

**თუ ერთი სხეული მოქმედებს მეორეზე, მაშინ მეორე სხეულიც მოქმედებს პირველზე – სხეულები ურთიერთქმედებენ.**

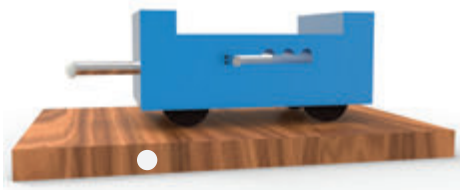


**ჩავატაროთ ცდა.** ავიღოთ სასკოლო ლაბორატორიის ურიკა დამრტყმელი მექანიზმით. ურიკა მოვათავსოთ მაგიდაზე და „გადავტენოთ“ დამრტყმელი მექანიზმი (სურ. 4.6).

ამოძრავდება, თუ არა ურიკა მექანიზმის გასროლისას? დავინახავთ, რომ მექანიზმის მოქმედებაში მოყვანის შემდეგ ურიკა ადგილზე დარჩება (სურ. 4.7).



სურ. 4.6



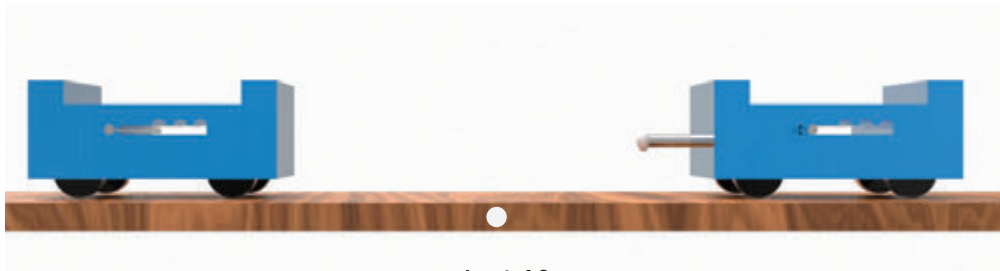
სურ. 4.7

შევიტანოთ ცდაში ცვლილება: ავიღოთ ზუსტად ისეთივე მეორე ურიკა და მივაღოთ პირველი ურიკის „გადატენილ“ მექანიზმს (სურ. 4.8).



სურ. 4.8

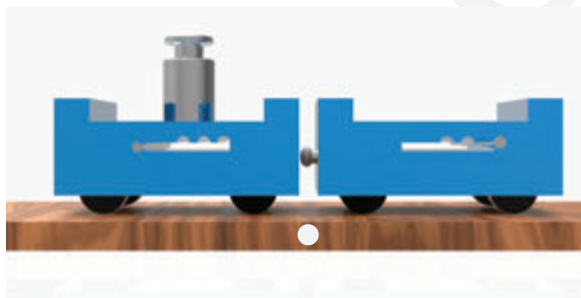
გავისროლოთ მექანიზმი. ურიკები საპირისპირო მიმართულებით ამოძრავდებიან და დაშორდებიან ერთმანეთს. ამასთან, გაჩერებამდე ისინი ერთნაირ მანძილს გაივლიან (სურ. 4.9).



სურ. 4.9

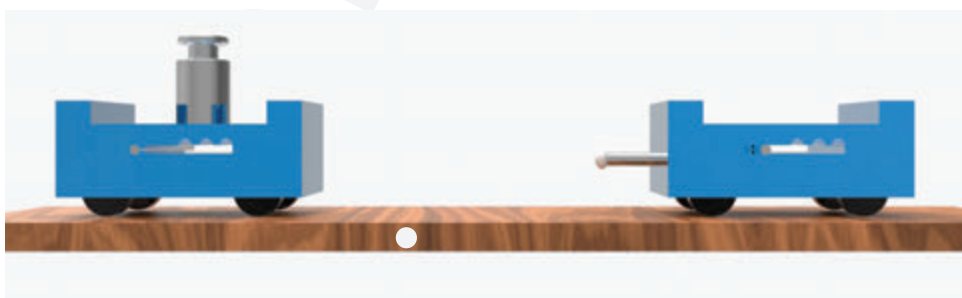
იმისათვის, რომ პირველი ურიკის სიჩქარე შეცვლილიყო, დაგვჭირდა მეორე ურიკასთან ურთიერთქმედება. საზოგადოდ, სხეულის სიჩქარე იცვლება მხოლოდ მასზე მეორე სხეულის მოქმედების შედეგად. ცდაში დავინახეთ, რომ ამოძრავდა არა მარტო პირველი ურიკა, არამედ მეორეც. შეგვიძლია დავასკვნათ: ურიკები მოქმედებენ ერთმანეთზე – ისინი **ურთიერთქმედებენ**.

იბადება კითხვა: ურთიერთქმედებისას სხეულების სიჩქარე ერთნაირად იცვლება? გავიმეოროთ ცდა, ოღონდ ერთ-ერთ ურიკაზე დავდოთ ტვირთი (სურ. 4.10).



სურ. 4.10

გასროლის შემდეგ ურიკები ერთმანეთს დაშორდებიან, მაგრამ მათ მიერ გაჩერებამდე გავლილი მანძილი არ იქნება ერთნაირი (4.11). კერძოდ, დატვირთული ურიკის გავლილი მანძილი უფრო ნაკლები იქნება, ვიდრე დაუტვირთავის. ეს ნიშნავს, რომ ურთიერთქმედების შედეგად ურიკებმა შეიძინეს სხვადასხვა სიჩქარე: დატვირთულმა ურიკამ შეიძინა ნაკლები სიჩქარე, ვიდრე მეორე, დაუტვირთავმა ურიკამ.



სურ. 4.11

ურთიერთმოქმედი სხეულების შეძენილი სიჩქარეების მიხედვით, შეგვიძლია შევადაროთ მათი მასები: დაუტვირთავი მცირე მასის ურიკა შეიძენს მეტ სიჩქარეს, ვიდრე დატვირთული დიდი მასის ურიკა. მცირე სიჩქარით ამოძრავებული დატვირთული ურიკის მასა მეტია დიდი სიჩქარით ამოძრავებული დაუტვირთავი ურიკის მასაზე.

თუ ურთიერთმოქმედი სხეულების სიჩქარეები ერთნაირად შეიცვლება, ეს ნიშნავს, რომ მათი მასებიც ტოლია.

 გაიხსენეთ! როგორ შეგეძლოთ ორი სხეულის მასის შედარება აწონვით?

 დაფიქრდით! ორი სხეულის მასის შესადარებლად რომელ ხერხს მიანიჭებთ უპირატესობას – აწონვას თუ ურთიერთქმედებას? როგორ ფიქრობთ, თქვენი არჩეული ხერხი ყველა შემთხვევაში გაამართლებს?

#### დასკვნები:

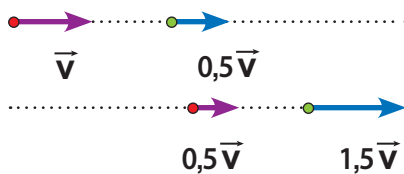
- თუ ერთი სხეული მოქმედებს მეორეზე, მაშინ მეორე სხეულიც მოქმედებს პირველზე –სხეულები ურთიერთქმედებენ;
- ორი ურთიერთმოქმედი სხეულიდან ნაკლები მასის მქონე სხეულის სიჩქარე უფრო მეტად იცვლება, ვიდრე დიდი მასის სხეულისა;
- თუ ურთიერთმოქმედი სხეულების სიჩქარეების ცვლილება ტოლია, მაშინ მათი მასებიც ტოლია.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. შეიძლება თუ არა, რომ ერთი სხეული მოქმედებდეს მეორეზე და მეორე სხეული არ მოქმედებდეს პირველზე?
2. შესაძლებლად მიგაჩნიათ თუ არა, სხეულმა შეიძინოს სიჩქარე სხვა სხეულთან ურთიერთქმედების გარეშე?
3. როგორ შევადაროთ ურთიერთმოქმედი სხეულების მასები ერთმანეთს?
4. რა შემთხვევებში გამოიყენება მასების შესადარებლად ურთიერთქმედების მეთოდი?

#### დავალება:

1. დედამიწა ჩვენ გვიზიდავს. როგორ ფიქრობთ, ჩვენც ვიზიდავთ დედამიწას?
2. ბურთის კედელთან შეჯახებისას, მისი სიჩქარე მნიშვნელოვნად იცვლება, კედელი კი კვლავ უძრავი რჩება. ნიშნავს თუ არა ეს, რომ კედელმა იმოქმედა ბურთზე, მაგრამ ბურთმა არ იმოქმედა კედელზე? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. ნავი ნიჩბების მოსმით იძენს სიჩქარეს. იცვლება თუ არა ამ დროს წყლის სიჩქარე? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. 4.1 ნახაზზე მოცემულია ორი ნივთიერი წერტილის (წითელი და მწვანე) სიჩქარეები შეჯახებამდე და შეჯახების შემდეგ. რომელი ნივთიერი წერტილის მასაა მეტი? პასუხი დაასაბუთეთ.



ნახ. 4.1

5. 10 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი პლასტელინის ბურთულა ეჯახება ისეთივე მასის უძრავ ბურთულას, ეწეება მას და ერთად აგრძელებენ მოძრაობას. განსაზღვრეთ მათი ერთად მოძრაობის სიჩქარე. გაითვალისწინეთ, რომ ურთიერთქმედებისას, ერთნაირი მასის მქონე სხეულების სიჩქარეები ერთნაირად იცვლება.



### საშინაო ცდა

**ცდის მიზანი:** სხვადასხვა მასის სხეულთა ურთიერთქმედებაზე დაკვირვება.

**ცდისთვის საჭიროა:** სხვადასხვა ნომინალის მონეტები ( 5 თეთრიანი, 20 თეთრიანი და 2 ლარიანი)

მაგიდის პრიალა ზედაპირზე ერთმანეთისაგან მოშორებით მოათავსეთ 5 და 20 თეთრიანი მონეტები. წკიპურტის დარტყმით დააჯახეთ 2 ლარიანი მონეტა 5 თეთრიანს. დააკვირდით, რომელი მონეტის სიჩქარე შეიცვალა უფრო მეტად. იგივე ცდა გაიმეორეთ 2 ლარიანი და 20 თეთრიანი მონეტების შემთხვევაში და დააკვირდით მათი სიჩქარის ცვლილებას.

შეადარეთ პირველი და მეორე ცდის შედეგები ერთმანეთს. შეეცადეთ გამოიტანოთ დასკვნები.

## § 4.5 სიმძიმის ძალა – მსოფლიო მიზიდულობის ძალის გამოვლენა

აქამდე ჩვენ ვიხილავდით ურთიერთქმედების ისეთ მაგალითებს, რომლებშიც ურთიერთქმედება ხდებოდა სხეულების უშუალო შეხებით. მაგრამ ბუნებაში არსებობს ურთიერთქმედების სხვა სახეები, სადაც სხეულებს შორის ურთიერთქმედება ხორციელდება რაღაც მანძილზე, სხეულთა უშუალო კონტაქტის გარეშე. ასეთი ურთიერთქმედების ერთ-ერთ სახეს ჩვენ ყოველდღიურ ცხოვრებაში ვხვდებით.

თუ ბურთს ხელს გავუშვებთ ან მალლა ავაგდებთ, ის დაეცემა დედამიწაზე. გარკვეული დროის შემდეგ დედამიწაზე დაეცემა ჰორიზონტალურად გასროლილი ქვაც, ქვემეხიდან გასროლილი ჭურვი და ა. შ. ეს ხდება იმის გამო, რომ დედამიწა ყველა სხეულს გარკვეული ძალით იზიდავს.

**ძალას, რომლითაც დედამიწა იზიდავს მისი ზედაპირის მახლობლად მყოფ სხეულს, სიმძიმის ძალა ეწოდება.** სიმძიმის ძალა მოდებულია სხეულზე და მიმართულია დედამიწის ცენტრისაკენ.

როგორც ყველა ძალას, სიმძიმის ძალასაც გააჩნია მოდების წერტილი. სხეულის იმ წერტილს, რომელზეც მოდებულია სიმძიმის ძალა, სიმძიმის ცენტრი ეწოდება. სხეულის სიმძიმის ცენტრს ჩვენ მომავალში გავეცნობით.

დედამიწა იზიდავს ყველაფერს, რაც მის გარშემოა: მყარ სხეულებს, სითხეებს, აირებს. სიმძიმის ძალის მოქმედების შედეგია ის, რომ დედამიწას გარს აკრავს ატმოსფერო. მიზიდვის გამო, ჰაერის მოლეკულები არ იფანტებიან კოსმოსში; ოკეანეების, ზღვების და ტბების წყალი დედამიწის ზედაპირზე რჩება; მდინარეები მიედინება მაღალი ადგილებიდან დაბლობისაკენ; დედამიწის ზედაპირიდან მალლა მყოფი ყველა მყარი სხეული დედამიწისკენ მიექანება.

სხეულის მასის გაზრდით მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალაც იზრდება. ამის დამადასტურებლად მოვიყვანოთ მაგალითი: რაც მეტი რაოდენობის წყალს ჩავასხამთ სათლში, მით უფრო ძნელია მისი აწევა – მის ასანევად ხომ მოდულით წყალზე მოქმედი სიმძიმის ძალის ტოლი ძალაა საჭირო.

ადრე ფიქრობდნენ, რომ მხოლოდ დედამიწას გააჩნდა სხვა სხეულთა მიზიდვის განსაკუთრებული თვისება. მაგრამ XVII საუკუნეში ნიუტონმა გამოთქვა მოსაზრება, რომლის თანახმად, საზოგადოდ, ნებისმიერ ორ სხეულს შორის მოქმედებს ურთიერთ-მიზიდვის ძალები. შემდგომში ნიუტონმა ეს მოსაზრება განავითარა და ჩამოაყალიბა კანონის სახით, რომელსაც მომავალში გავეცნობით.

ნებისმიერ ორ სხეულს შორის ურთიერთმიზიდვის ძალას ნიუტონმა მსოფლიო მიზიდულობის ძალა უწოდა, ურთიერთქმედებას კი გრავიტაციული ურთიერთქმედება. გრავიტაციული ძალის მოქმედებით ბრუნავს დედამიწა მზის გარშემო, მთვარე დედამიწის გარშემო და სხვა. ზღვებისა და ოკეანეების მიქცევა-მოქცევაც მათ წყლებზე მთვარის მიზიდულობის ცვალებადობითაა გამოწვეული.

ამრიგად, **სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მსოფლიო მიზიდულობის ძალის კერძო გამოვლენაა.**

თუ როგორ განვსაზღვროთ სიმძიმის ძალა, ამის შესახებ ჩვენ მომდევნო პარაგრაფში ვისაუბრებთ.

### დასკვნები:

1. სიმძიმის ძალა – ძალა, რომლითაც დედამიწა იზიდავს მისი ზედაპირის მახლობლად მყოფ სხეულს;
2. სიმძიმის ძალა მიმართულია დედამიწის ცენტრისაკენ;
3. სიმძიმის ძალა გრავიტაციული ბუნებისაა;
4. სიმძიმის ძალა მსოფლიო მიზიდულობის ძალის გამოვლენაა.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რით აიხსნება სხეულთა ვარდნა დედამიწაზე?
2. პარაგრაფში მოცემულის გარდა, სიმძიმის ძალის მოქმედების კიდევ რა მაგალითებს მოიყვანდით?
3. რა მოსაზრება გამოთქვა ნიუტონმა?
4. რა უწოდა ნიუტონმა ნებისმიერ ორ სხეულს შორის მიზიდულობის ძალას?
5. სიმძიმის ძალა რომელი ძალის გამოვლენაა?
6. რა აქვთ საერთო დედამიწაზე სხეულების ვარდნას და პლანეტების მოძრაობას?



### დავალება:

1. შესამჩნევია თუ არა ოთახში არსებული ნივთების ერთმანეთთან გრავიტაციული მიზიდვა? ნივთების დედამიწის მიერ მიზიდვა?
2. რით აიხსნება, რომ ვერტიკალურად ასროლილი სხეულის სიჩქარის მოდული ჯერ მცირდება ნულამდე, შემდეგ კი იზრდება?
3. როგორ ფიქრობთ, როდესაც სხეული სიმძიმის ძალის მოქმედებით დედამიწისაკენ მიექანება, ამ დროს დედამიწაც მიდის სხეულისაკენ? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. რატომ გადანონის ბერკეტის სასწორის ერთ მხარეს მოთავსებული მეტი მასის სხეული მეორე მხარეს მოთავსებულ ნაკლები მასის სხეულს?
5. რას ემყარება ბერკეტის სასწორის მუშაობის პრინციპი?

## § 4.6 ლაბორატორიული სამუშაო – სიმძიმის ძალის გაზომვა

**სამუშაოს მიზანი:** სიმძიმის ძალის რიცხვითი მნიშვნელობის დადგენა.

**საჭირო ხელსაწყოები და მასალები:** საწონების ნაკრები, დინამომეტრი, შტატივი.

**სამუშაოს მსვლელობა:**

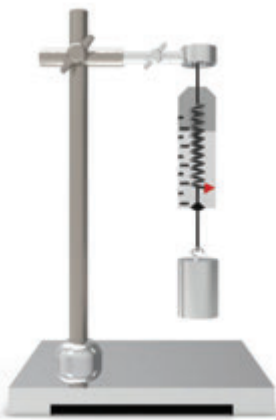
- განსაზღვრეთ დინამომეტრის დანაყოფის ფასი;
- დახაზეთ ცხრილი №4.1:



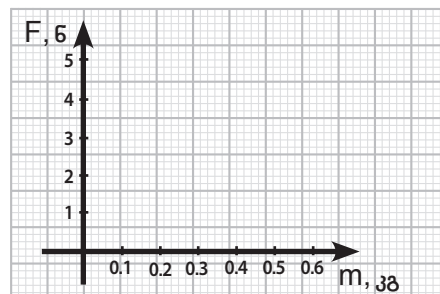
ცხრილი №4.1

|                      |     |     |     |     |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| საწონის მასა, m, კგ. | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| სიმძიმის ძალა, F, ნ  | წ   | ი   | ბ   | ნ   | შ   | ი | ა | რ | ჩ | ა | წ | ე | რ | ო | თ | ! |
| F/m, ნ/კგ            |     |     |     |     |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

- დაამაგრეთ შტატივზე დინამომეტრი. დაკიდეთ დინამომეტრზე ცხრილში დასახელებული მასის საწონები (სურ. 4.17). საწონზე მოქმედი სიმძიმის ძალა გამოიწვევს დინამომეტრის ზამბარის დეფორმაციას – ზამბარა დაგრძელდება. როდესაც ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა მოდულით საწონის სიმძიმის ძალას გაუტოლდება, საწონი გაჩერდება. ამ დროს დინამომეტრი გვიჩვენებს საწონზე მოქმედი სიმძიმის ძალას;
- შეავსეთ ცხრილი. დააკვირდით, დამოკიდებულია თუ არა  $F/m$  მნიშვნელობა სხეულის მასაზე?
- (ნახ. 4.3)-ის მიხედვით ააგეთ მართკუთხა საკოორდინატო სისტემა და ცხრილის შესაბამისად მონიშნეთ მასზე ( $m$ ;  $F$ ) წერტილები;
- დააკვირდით, როგორ განლაგდნენ ეს წერტილები საკოორდინატო სიბრტყეზე.



სურ. 4.17



ნახ. 4.3

თუ ცდას შედარებით ზუსტად ჩაატარებთ, მიღებული წერტილები ერთ წრფეზე განლაგდება. ამასთან, სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის შეფარდება სხეულის მასასთან იქნება მუდმივი სიდიდე და დაახლოებით ტოლი იქნება 10 ნ/კგ-ისა. ამ შეფარდებას აღნიშნავენ  $g$  ასოთი:  $g = F/m \approx 10 \text{ ნ/კგ}$ . საიდანაც, სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა  $F = mg$ . დადგენილია, რომ  $g$ -ს უფრო ზუსტი მნიშვნელობაა:  $g \approx 9,8 \text{ ნ/კგ}$ .

ამრიგად, **სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა სხეულის მასის პირდაპირპროპორციულია და გამოითვლება ფორმულით:  $F = mg$ .**

თუ გვეცოდინება სხეულის მასა, შეგვიძლია ვიპოვოთ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა და პირიქით – თუ გვეცოდინება სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა, შეგვიძლია ვიპოვოთ სხეულის მასა.

პროპორციულობის  $g$  კოეფიციენტს თავისუფალი ვარდნის აჩქარებას უწოდებენ. მისი რიცხვითი მნიშვნელობა გვიჩვენებს, რომ უჰაერო სივრცეში მხოლოდ სიმძიმის ძალის მოქმედებით ვარდნილი სხეულის სიჩქარე ყოველ წამში  $9,8$  მ/წმ-ით იზრდება.

#### დასკვნები:

- სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა სხეულის მასის პროპორციულია;
- სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის შეფარდება სხეულის მასასთან მუდმივი სიდიდეა და დაახლოებით  $9,8$  ნ/კგ-ის ტოლია;
- $m$  მასის სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა გამოითვლება ფორმულით:  $F=mg$

#### საკონტროლო კითხვები:

1. როგორ ვიპოვოთ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა, თუ არ ვიცით სხეულის მასა?
2. როგორ ვიპოვოთ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა, თუ ვიცით სხეულის მასა?
3. როგორ ვიპოვოთ სხეულის მასა დინამომეტრის გამოყენებით?



#### დავალება:

1. რისი ტოლია  $V=0,005$  მ<sup>3</sup> მოცულობისა და  $\rho=2000$  კგ/მ<sup>3</sup> სიმკვრივის სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

2. განსაზღვრეთ  $60$  კგ მასის ადამიანზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მთვარეზე, თუ ცნობილია, რომ მთვარეზე მიზიდულობა 6-ჯერ უფრო სუსტია – ვიდრე დედამიწაზე. დედამიწაზე  $g=10$  ნ/კგ.

3. დინამომეტრზე წყლით სავსე სათლის ჩამოკიდების შემდეგ, მისი ჩვენება  $120$  ნიუტონია. სათლიდან წყლის ნახევრის გადმოღვრის შემდეგ კი –  $65$  ნიუტონი. რისი ტოლია სათლის მასა?

4. დედამიწის ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსებზე მოთავსებულია ერთნაირი მასის სხეულები. რით განსხვავდება მათზე მოქმედი სიმძიმის ძალები?

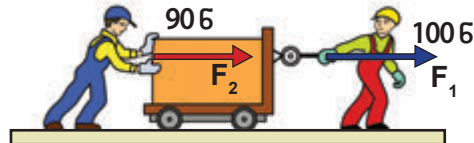
5. განსაზღვრეთ ავტომობილის მიერ  $100$  კმ მანძილზე დახარჯული ბენზინის საშუალო მოცულობა, თუ ახმეტიდან ამბროლაურამდე  $400$  კმ მანძილის გავლის შემდეგ, მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალა  $284$  ნიუტონით შემცირდა. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

6. რა მასის ტვირთი ეკიდა დინამომეტრზე, თუ მასზე  $500$  გ მასის ტვირთის დამატებით დინამომეტრის ჩვენება 3-ჯერ გაიზარდა?

## § 4.7 ერთი წრფის გასწვრივ მოქმედი ძალების შეკრება. ტოლქმედი ძალა

ჩვეულებრივ სხეულზე მოქმედებს არა ერთი, არამედ ორი, სამი ან მეტი ძალა ერთდროულად. როგორია მათი მოქმედების შედეგი?

ამოვხსნათ შემდეგი ამოცანა: ორ ადამიანს გადააქვს ტვირთი ურიკის საშუალებით. ერთი ექაჩება მას  $F_1=1006$  ძალით, მეორე კი აწვება  $F_2=906$  ძალით (სურ. 4.18). რისი ტოლია ჯამური ძალა, რომელიც ამოძრავებს ურიკას? ჩვენ უკვე ვიცით, რომ ძალა ვექტორული სიდიდეა, ამიტომ მათი შეკრება ისე მოხდება, როგორც ვექტორებისა. ამასთან, ეს ძალები ერთი წრფის გასწვრივ, ერთი მიმართულებით მოქმედებენ.



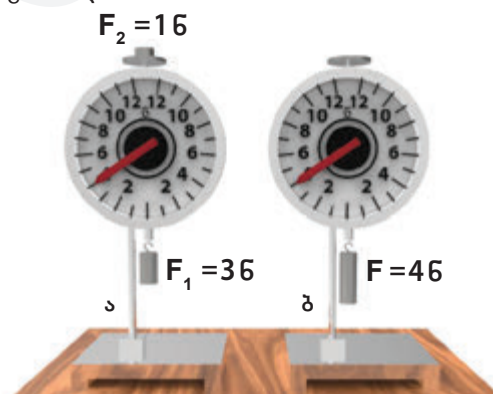
სურ. 4.18

 გაიხსენეთ! ერთი წრფის გასწვრივ, ერთი მიმართულებით მოქმედი ვექტორების შეკრების წესი.

ამ წესის თანახმად, ურიკაზე მოქმედი ძალების ჯამს იგივე მიმართულება აქვს, რაც  $\vec{F}_1$  და  $\vec{F}_2$  ძალებს, ხოლო მისი მოდულია  $F=F_1+F_2=906+1006=1906$ . შეიცვლებოდა თუ არა ურიკის მოძრაობა, თუ მას იმავე მიმართულებით გაქაჩავდა ერთი ადამიანი  $F=1906$  ძალით? ცხადია არა, შედეგი იქნებოდა ისეთივე. ე.ი. ერთი  $\vec{F}$  ძალა ურიკაზე ახორციელებს ისეთსავე მოქმედებას, როგორსაც ორი  $\vec{F}_1$  და  $\vec{F}_2$  ძალა ერთდროულად.

**ძალას, რომელიც სხეულზე ისეთსავე მოქმედებას ახდენს, როგორსაც რამდენიმე ძალა ერთდროულად, ამ ძალების ტოლქმედი ეწოდება.**

ამოცანაში მიღებულ შედეგში შეიძლება დავრწმუნდეთ შემდეგი ცდით: სადემონსტრაციო დინამომეტრის ქვედა კაუჭზე ჩამოვკიდოთ 300 გ მასის საწონი, ხოლო დინამომეტრის ზედა ბაქანზე დავდოთ 100 გ მასის საწონი (სურ. 4.19,ა). ვიცით, რომ 300 გ მასის საწონზე მოქმედებს 3ნ-ის ტოლი სიმძიმის ძალა, 100 გ მასის საწონზე კი — 1ნ-ის ტოლი. ეს ძალები მიმართულია შვეულად ქვევით. დინამომეტრის ჩვენება იქნება 4 ნ, ანუ — ქვედა და ზედა საწონეებზე მოქმედი სიმძიმის ძალების მოდულების ჯამი. შევცვალოთ ეს საწონეები ერთი 400 გ მასის საწონით (სურ. 4.19,ბ), მასზე მოქმედებს 4 ნ-ის ტოლი სიმძიმის ძალა. დინამომეტრის ჩვენება კვლავ იქნება 4 ნ. ე.ი. ერთი საწონი, მასით 400გ, ახდენს ისეთსავე მოქმედებას, როგორსაც ორი საწონი, მასებით 300გ და 100გ ერთად.



სურ. 4.19

სხეულზე მოქმედი ერთი წრფის გასწვრივ, ერთ მხარეს მიმართული ძალების ტოლქმედი ძალა იმავე მხარესაა მიმართული, ხოლო მისი მოდული შესაკრები ძალების მოდულების ჯამის ტოლია.



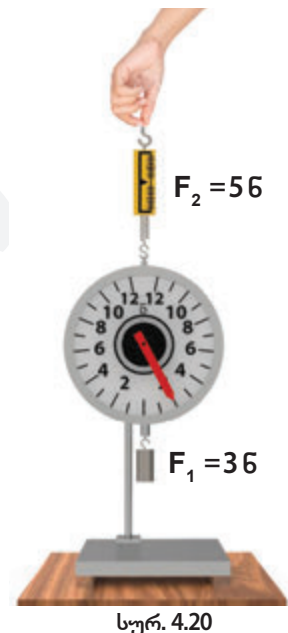
**ჩავატაროთ მეორე ცდა.** სადემონსტრაციო დინამომეტრის ქვედა კაუჭზე კვლავ 300 გ მასის საწონი დავკიდოთ, ანუ ვიმოქმედოთ ქვემოთ მიმართული 3 ნ ძალით. ზედა კაუჭზე მეორე დინამომეტრით მოვდოთ ზევით მიმართული 5 ნ ძალა. ამ შემთხვევაში სადემონსტრაციო დინამომეტრი გვიჩვენებს ძალას, რომელიც მიმართულია ზევით და მისი სიდიდეა 2 ნ (სურ. 4.20). სწორედ ეს იქნება საპირისპიროდ მიმართული ძალების ტოლქმედი.

ამრიგად, სხეულზე მოქმედი ერთი წრფის გასწვრივ სხვადასხვა მხარეს მიმართული ძალების ტოლქმედი ძალა მიმართულია მოდულით მეტი ძალის მიმართულებით, ხოლო მისი მოდული მეტი ძალისა და ნაკლები ძალის მოდულების სხვაობის ტოლია.

ამავე ცდაში, თუ ზევით მიმართული იქნებოდა 3 ნ ძალა, მაშინ დინამომეტრის ჩვენება 0-ის ტოლი იქნებოდა.

ე. ი. მოდულით ტოლი და ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია. ასეთ შემთხვევაში ამბობენ, რომ სხეულზე მოქმედი ძალები აწონასწორებს (აკომპენსირებს) ერთმანეთს.

თუ ნივთიერ წერტილზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია, მაშინ ის წონასწორობაშია ან უძრავია, ან მოძრაობს წრფივად და თანაბრად.



#### დასკვნები:

- ძალას, რომელიც სხეულზე ისეთსავე მოქმედებას ახდენს, როგორსაც რამდენიმე ძალა ერთდროულად, ამ ძალების ტოლქმედი ეწოდება;
- სხეულზე მოქმედი ერთი წრფის გასწვრივ ერთ მხარეს მიმართული ძალების ტოლქმედი ძალა იმავე მხარესაა მიმართული, ხოლო მისი მოდული შესაკრები ძალების მოდულების ჯამის ტოლია;
- სხეულზე მოქმედი ერთი წრფის გასწვრივ სხვადასხვა მხარეს მიმართული ძალების ტოლქმედი ძალა მიმართულია მოდულით მეტი ძალის მხარეს, ხოლო მისი მოდული მეტი ძალისა და ნაკლები ძალის მოდულთა სხვაობის ტოლია;
- სიდიდით ტოლი და ურთიერთსაპირისპიროდ მიმართული ძალები ერთმანეთს აწონასწორებს;
- ნივთიერი წერტილი წონასწორობაშია, თუ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. როგორ ძალას ვუწოდებთ სხეულზე მოქმედი ყველა ძალების ტოლქმედს?
2. როგორ განვსაზღვროთ ერთი წრფის გასწვრივ ერთ მხარეს მოქმედი ძალების ტოლქმედი?

3. რისი ტოლია ერთი წრფის გასწვრივ სხვადასხვა მხარეს მიმართული ორი ძალის ტოლქმედი?
4. რა შემთხვევაში ამბობენ, რომ ორი ძალა ერთმანეთს აკომპენსირებს?
5. შეიცვლება თუ არა სხეულის სიჩქარე, თუ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია? თუ ნულისაგან განსხვავებულია?

#### დავალება:

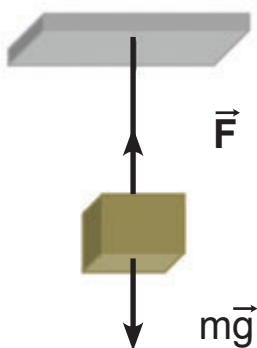
1. 0,4 კგ მასის მაგნიტი ლითონის ვერტიკალურ დაფას 5 ნ ძალით ეკვრის. რა ძალით იმოქმედებს მაგნიტი დაფაზე, თუ დაფას ჰორიზონტალურად დავდებთ ისე, რომ მაგნიტი მის ზემოთ აღმოჩნდეს? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

2. განსაზღვრეთ ძელაკზე მოქმედი ძალების ტოლქმედის მოდული და მიმართულება, თუ მასზე მოდებული ორი ძალიდან, პირველი 50 ნ-ის ტოლია და მიმართულია აღმოსავლეთით, მეორე კი – 60 ნ-ია და მიმართულია დასავლეთით.

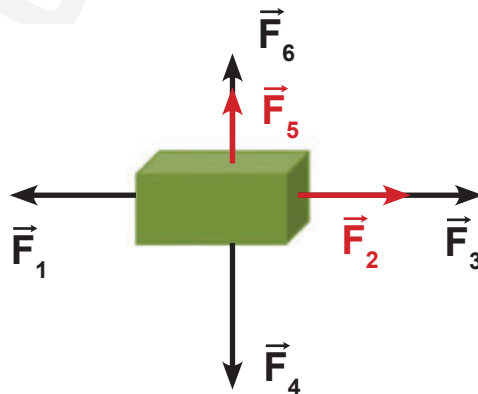
3. 15 კგ მასის სხეული თოკით ჩამოკიდებულია ჭერზე (ნახ. 4.4). განსაზღვრეთ თოკის მხრიდან სხეულზე მოდებული  $F$  ძალის მოდული თუ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

4. განსაზღვრეთ 20 კგ მასის სხეულზე იატაკის მხრიდან მოქმედი ვერტიკალური ძალის მოდული და მიმართულება, თუ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

5. განსაზღვრეთ ნახ. 4.5-ზე გამოსახულ სხეულზე მოდებული ძალების ტოლქმედი, თუ თითოეული ძალის მოდული შესაბამისად არის:  $F_1=20$  ნ,  $F_2=15$  ნ,  $F_3=25$  ნ,  $F_4=30$  ნ,  $F_5=13$  ნ და  $F_6=17$  ნ.



ნახ. 4.4



ნახ. 4.5

## § 4.8 დრეკადობის ძალა

თქვენთვის უკვე ცნობილია, რომ დედამიწის ზედაპირთან მყოფ ყველა სხეულზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა. ამ ძალის მოქმედებით ვარდება ზევით აგებული ქვა უკან, ხიდან ფოთოლი, წვიმის წვეთი და ა. შ.



**ჩავატაროთ ცდა.** შტატივზე ერთი ბოლოთი დავამაგრეთ ზამბარა, რომლის ქვედა ბოლოზე დავკიდოთ ტვირთი. სიმძიმის ძალის მოქმედებით ტვირთი ამოძრავდება ქვევით და თან წაიყოლებს ზამბარის ქვედა ბოლოს. ზამბარა გაიჭიმება, მაგრამ ზამბარის გარკვეული სიგრძით გაჭიმვის შემდეგ ტვირთი გაჩერდება. რატომ შეწყდა ტვირთის მოძრაობა?

ტვირთის მოძრაობის შეწყვეტა შეიძლება ავხსნათ შემდეგნაირად: ტვირთზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა, რომელიც მიმართულია შვეულად ქვევით. ვინაიდან ტვირთი აღმოჩნდა წონასწორობაში, ეს ნიშნავს, რომ ზამბარის გაჭიმვის შემდეგ გაჩნდა კიდევ ერთი, ზევით მიმართული ძალა, რომელმაც გააწონასწორა ტვირთზე მოქმედი სიმძიმის ძალა (სურ. 4.21).

საიდან წარმოიქმნა ეს მეორე ძალა?



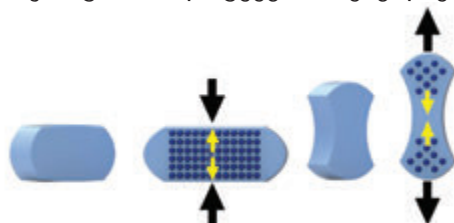
**გაიხსენეთ!** სხეულის ზომის ან ფორმის ცვლილებას დეფორმაცია ეწოდება. ტვირთის ქვევით მოძრაობისას ზამბარა იჭიმება — დეფორმირდება. ამის გამო ჩნდება ძალა, რომლითაც ზამბარა მოქმედებს მასზე დაკიდებულ ტვირთზე. ეს ძალა მიმართულია ვერტიკალურად ზევით, ანუ ზამბარის დეფორმაციის გამომწვევი სიმძიმის ძალის საწინააღმდეგოდ. ამ ძალას დრეკადობის ძალა უწოდეს. როდესაც დრეკადობის ძალა მოდულით სიმძიმის ძალას გაუტოლდება, ტვირთი გაჩერდება. შეიძლება ითქვას, რომ დრეკადობის ძალა ეწინააღმდეგება დეფორმაციას.

იგივე ცდა შეიძლება გავიმეოროთ რეზინის ზონარის გამოყენებით. ცდის შედეგი იქნება იგივე, რაც გვექონდა ზამბარის შემთხვევაში.

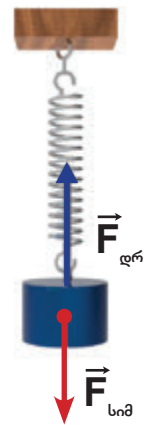
**ძალას, რომელიც აღიძვრება სხეულის დეფორმაციისას და მიმართულია სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების წანაცვლების საწინააღმდეგოდ, დრეკადობის ძალა ეწოდება.**

დრეკადობის ძალას აღნიშნავენ  $\vec{F}_{\text{დრ}}$ -ით. რით არის გამოწვეული დრეკადობის ძალის წარმოქმნა?

გავიხსენოთ: სხეულის შემადგენელ ნაწილაკებს შორის მანძილის გაზრდა იწვევს მათ შორის მიზიდულობის ძალების წარმოქმნას, ხოლო შემცირება — განზიდვის ძალების წარმოქმნას. როდესაც სხეულს ვკუმშავთ მის შემადგენელ ნაწილაკებს ერთმანეთს ვუახლოვებთ და ისინი ერთმანეთს განიზიდავენ. სხეულის გაჭიმვისას კი ნაწილაკებს ერთმანეთს ვაშორებთ და ისინი ერთმანეთს მიიზიდავენ (ნახ. 4.6). ორი ნაწილაკის ურთიერთქმედების ძალა ძალიან მცირეა, მაგრამ სხეულის დეფორმაციისას ურთიერთქმედების ძალა ძალიან დიდი რაოდენობა. ყველა ნაწილაკს შორის ურთიერთქმედების ჯამური ძალა უკვე მნიშვნელოვანი სიდიდისაა.

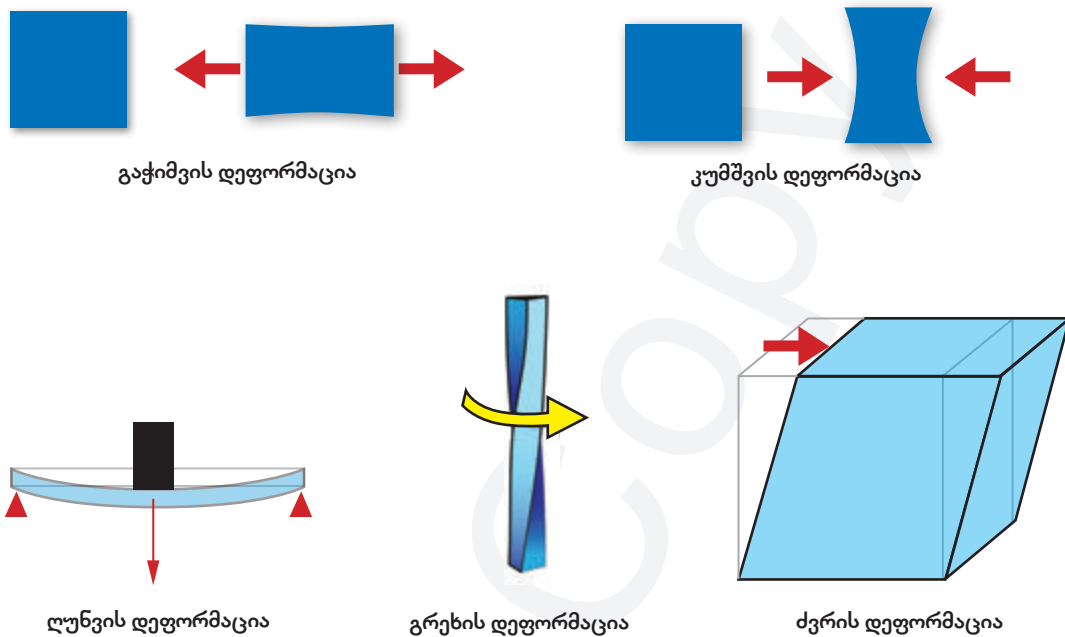


ნახ. 4.6



სურ. 4.21

იმის მიხედვით, თუ როგორი წანაცვლება მოხდება სხეულის შემადგენელ ნაწილებს შორის, განასხვავებენ დეფორმაციის სახეებს: **ჭიმვა, კუმშვა, ლუნვა, გრეხა, ძვრა** (ნახ. 4.7).



ნახ. 4.7

აიღეთ ესპანდერი და ხელი მოუჭირეთ მას — ესპანდერი მოიღუნება (სურ. 4.22). თუ შეწყვეტთ ესპანდერზე ხელის მოჭერას, ის მთლიანად აღიდგენს თავის ფორმას — დეფორმაცია გაქრება.

**დეფორმაციას, რომელიც მთლიანად ქრება მისი გამომწვევი გარეშე ძალის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ, დრეკადი დეფორმაცია ეწოდება.**

თიხისგან რაიმე ფიგურის კეთებისას, ოსტატი ზელს თიხას (სურ. 4.23). ის ინარჩუნებს იმ ფორმას, რომელსაც მას ოსტატი მიანიჭებს. თიხას „არ ახსოვს“ თავისი ფორმა დეფორმაციამდე და არ აღიდგენს მას.



სურ. 4.22



სურ. 4.23

**დეფორმაციას, რომელიც შენარჩუნდება მისი გამომწვევი გარეშე ძალების მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ, პლასტიკური დეფორმაცია ეწოდება.**

### დასკვნები:

- დეფორმაციას, რომელიც მთლიანად ქრება მისი გამომწვევი გარეშე ძალების მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ, დრეკადი დეფორმაცია ეწოდება;
- დეფორმაციას, რომელიც შენარჩუნდება მისი გამომწვევი გარეშე ძალების მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ, პლასტიკური დეფორმაცია ეწოდება;
- დრეკადობის ძალა – ძალა, რომელიც წარმოიქმნება სხეულის დეფორმაციისას, ეწინააღმდეგება დეფორმაციას და მიმართულია სხეულის შემადგენელი ნაწილების წანაცვლების საწინააღმდეგოდ;
- დრეკადობის ძალა წარმოიქმნება სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედების გამო.

### საკონტროლო კითხვები:

1. რა არის დეფორმაციის გამომწვევი მიზეზი?
2. დეფორმაციის რომელი სახეები იცით? მოიყვანეთ მაგალითები;
3. როგორ დეფორმაციას უწოდებენ დრეკადს? პლასტიკურს? მოიყვანეთ მაგალითები;
4. რა არის დრეკადობის ძალის აღძვრის მიზეზი?
5. რატომ წარმოიქმნება დრეკადობის ძალა?
6. რას ეწინააღმდეგება დრეკადობის ძალა?



### დავალება:

1. დრეკადია თუ პლასტიკური პლასტელინის დეფორმაცია? საშლელის დეფორმაცია? მოიყვანეთ დრეკადი და პლასტიკური დეფორმაციის სხვა მაგალითები.
2. მოიყვანეთ ზამბარის და რეზინის ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოყენების მაგალითები.
3. ხის სახაზავი ბოლოებით დადეთ ორ საშლელზე და შუაში დაწოლით შეეცადეთ მის ჩაღუნვას:
  - ა) რა ძალა გეწინააღმდეგებათ სახაზავის ჩაღუნვისას?
  - ბ) რა იწვევს ამ ძალის წარმოქმნას?
  - გ) აღიდგენს თუ არა ფორმას სახაზავი დაწოლის შეწყვეტის შემდეგ?
4. ბატუტზე დახტომისას თქვენი სიჩქარის მოდული მცირდება, გარკვეულ მომენტში ნულის ტოლი ხდება, შემდეგ კვლავ იზრდება. რა არის სიჩქარის ასეთი ცვლილების მიზეზი?
5. აღწერეთ, როგორ წარმოიქმნება თოკში დრეკადობის ძალა მასზე ტვირთის ჩამოკიდების შემდეგ.
6. რა ძალა აწონასწორებს მაგიდის ზედაპირზე დადებულ სხეულზე მოქმედ სიმძიმის ძალას? რა არის ამ ძალის წარმოქმნის მიზეზი?

7. 50 კგ მასის მაგიდაზე დევს 1 კგ მასის წიგნი, ამ წიგნზე კი – 300 გ მასის ვაშლი. ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ და განსაზღვრეთ:

- ა) ძალა, რომლითაც მოქმედებს ვაშლი წიგნზე?
- ბ) ძალა, რომლითაც მოქმედებს წიგნი მაგიდაზე?
- გ) ძალა, რომლითაც მოქმედებს მაგიდა იატაკზე?

8. რისი ტოლია ველოსიპედის მასა, თუ იგი დედამიწის ჰორიზონტალურ ზედაპირს 650 ნ ძალით აწევს, როდესაც მასზე 50 კგ მასის ყმანვილი ზის? ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ.



### საშინაო ცდა

**ცდის მიზანი:** დრეკადფირფიტის დინამომეტრის დამზადება.

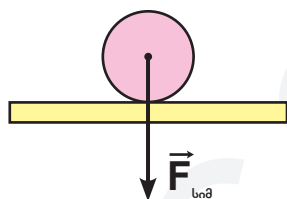
**ცდისთვის საჭიროა:** ხის დაფა, ხის ორი პატარა ძელაკი, ლითონის დრეკადი ფირფიტა (სახაზავი).

ხის დაფაზე ერთმანეთთან ახლოს დაამაგრეთ ორი ძელაკი. მათ შორის შუალედში გაჭედეთ ლითონის ფირფიტის ერთი ბოლო. დაკიდეთ ფირფიტის თავისუფალ ბოლოზე სხვადასხვა მასის სხეულები (50 გ. 100 გ. 150 გ. 200 გ. ) და შესაბამისი აღნიშვნები გააკეთეთ მარკერით დაფაზე სახაზავის თავისუფალი ბოლოს გასწვრივ. რა ძალა აწონასწორებს სახაზავზე ჩამოკიდებულ ტვირთზე მოქმედ სიმძიმის ძალას?

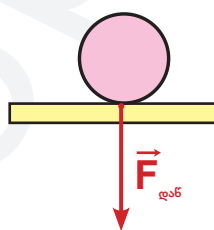
## § 4.9 დრეკადობის ძალის მოდულის გამოთვლა

ჰორიზონტალურ ზედაპირზე (მაგიდაზე) დევს ბირთვი. მასზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა  $F_{\text{სიმ}}$  (ნახ. 4.8). რატომ არ ვარდება ბირთვი ქვევით ამ ძალის მოქმედებით? ალბათ, არ გაგიჭირდებათ ამ კითხვაზე პასუხის გაცემა: ბირთვის ვარდნას ეწინააღმდეგება საყრდენი – მაგიდა. როგორ მოქმედებს საყრდენი ბირთვზე?

დედამიწის მიზიდულობის გამო ბირთვი აწვება მაგიდას. დანოლის ძალა  $F_{\text{დან}}$  მოდებულია მაგიდის ზედაპირზე, მიმართულია ქვევით და მას სხეულის **წონას** უწოდებენ (ნახ. 4.9). ეს ძალა, მაგიდაზე მოქმედებისას, ის ჩაღუნავს მას, ანუ მოახდენს მაგიდის დეფორმაციას, რომელიც ძალიან მცირეა – თვალისათვის შეუმჩნეველი. ბირთვი რომ რაიმე რბილ ზედაპირზე დაგვედო, დეფორმაციას დავინახავდით.

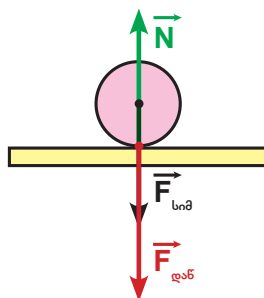


ნახ. 4.8



ნახ. 4.9

დეფორმირებულ მაგიდაში აღიძვრება დრეკადობის ძალა, რომლის გავლენით მაგიდა ცდილობს გასწორდეს. ამ ძალით ის ზევით აწვება ბირთვს. სწორედ ეს ძალა აკომპენსირებს ბირთვზე მოქმედ სიმძიმის ძალას, ამიტომ ბირთვი რჩება უძრავ მდგომარეობაში. ამ ძალას **საყრდენის რეაქციის ძალას** უწოდებენ და აღნიშნავენ  $N$ -ით. საყრდენის რეაქციის ძალა ყოველთვის მიმართულია ზედაპირის მართობულად, საყრდენის დეფორმაციის საწინააღმდეგოდ (ნახ. 4.10).



ნახ. 4.10



გაიხსენეთ! ორი ძალა მაშინ აკომპენსირებს ერთმანეთს, როდესაც ისინი ერთ სხეულზეა მოდებული, ერთი წრფის გასწვრივ სხვადასხვა მხარეს არიან მიმართულნი და მათი მოდულები ტოლია. ჩვენს შემთხვევაში, ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებული სხეულისათვის

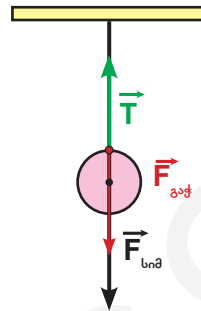
$$N=mg$$

ვთქვათ, ბირთვი ჩამოკიდებულია თოკზე. დავსვათ იგივე კითხვა: რატომ არ ვარდება ბირთვი ქვევით?

ბირთვი, დედამიწის მიზიდულობის გამო, ჭიმავს თოკს (საკიდელს). გამჭიმავი ძალა ( $F_{\text{გჭ}}$ ) მოდებულია თოკზე, მიმართულია ქვევით და მასაც სხეულის **წონას**

უნოდებენ. ეს ძალა ახდენს თოკის დეფორმაციას, რომელიც თვალთ შუემჩნეველია. თოკის მაგივრად რბილი ზამბარა რომ აგველო, დეფორმაციას დავინახავდით.

დეფორმირებულ თოკში აღიძვრება დრეკადობის ძალა, რომელიც ცდილობს, დაუბრუნოს მას საწყისი სიგრძე. ამ ძალით თოკი ექაჩება ბირთვს ზევით და აკომპენსირებს ბირთვზე მოქმედ სიმძიმის ძალას. ამის გამო ბირთვი რჩება უძრავ მდგომარეობაში (ნახ. 4.11) თოკში აღძრულ დრეკადობის ძალას **საკიდელის დაჭიმულობის ძალას უწოდებენ** და აღნიშნავენ  $\vec{T}$  -თი. საკიდელის დაჭიმულობის ძალა ყოველთვის მიმართულია საკიდელის გასწვრივ, საკიდელის დეფორმაციის საწინააღმდეგოდ (ნახ. 4.11).



ნახ. 4.11

ჩვენ შემთხვევაში, შვეული საკიდელის დაჭიმულობის ძალა მოდულით სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის ტოლია

$$T=mg$$

ამრიგად, **საყრდენის რეაქციისა და საკიდელის დაჭიმულობის ძალა დრეკადობის ძალას წარმოადგენს.**

აღსანიშნავია, რომ **სხეულის სიმძიმის ძალა მოდებულია თვით სხეულზე, ხოლო სხეულის წონა – საყრდენზე ან საკიდელზე. ამასთან, სხეულის წონა მოდულით საყრდენის რეაქციის ან საკიდელის დაჭიმულობის ძალის ტოლია.**

დავადგინოთ, რაზეა დამოკიდებული დრეკადობის ძალის მოდული. ამისთვის ჩავატაროთ ლაბორატორიული სამუშაო.

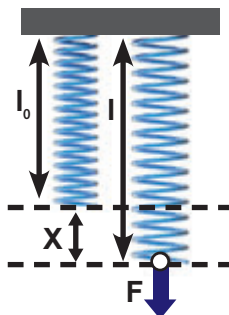


**სამუშაოს მიზანი:** ზამბარის დეფორმაციისას აღძრული დრეკადობის ძალის შესწავლა.

**საჭირო ხელსაწყოები და მასალები:** საწონების ნაკრები, ორი სხვადასხვა ზამბარა, სახაზავი, შტატივი.

**სამუშაოს მსვლელობა:**

- დაამაგრეთ შტატივზე ერთი ზამბარა და სახაზავით გაზომეთ მისი სიგრძე  $l_0$  (ნახ. 4.12);



ნახ. 4.12

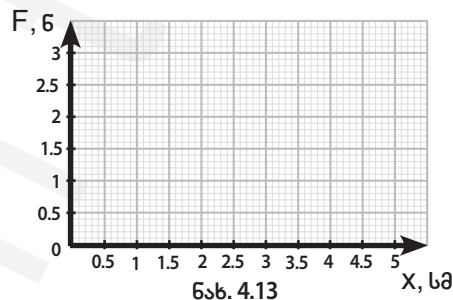
- დახაზეთ ცხრილი №4.2:



ცხრილი №4.2

| სხეულის<br>მასა, მკგ | ზამბარის<br>საწყისი<br>სიგრძე, $l_0$ სმ | გაჭიმული<br>ზამბარის<br>სიგრძე, სმ | ზამბარის<br>წაგრძელება,<br>$x = l - l_0$ სმ | სხეულზე მოქ-<br>მედი სიმძიმის<br>ძალა, $F_{\text{სიმ}}$ ნ | ზამბარაში<br>აღძრული<br>დრეკადობის<br>ძალა $F_{\text{დრ}}$ ნ | $F_{\text{დრ}}/x$ |
|----------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| 0.050                |                                         |                                    |                                             |                                                           |                                                              |                   |
| 0.100                |                                         |                                    |                                             |                                                           |                                                              |                   |
| 0.150                |                                         | წ ი ბ ნ                            | შ ი ა რ                                     | ჩ ა ნ ე რ ო                                               | თ !                                                          |                   |
| 0.200                |                                         |                                    |                                             |                                                           |                                                              |                   |
| 0.250                |                                         |                                    |                                             |                                                           |                                                              |                   |
| 0.300                |                                         |                                    |                                             |                                                           |                                                              |                   |

- ზამბარაზე რიგრიგობით დაკიდეთ ცხრილში მოცემული მასის საწონები;
  - თითოეული შემთხვევისთვის სახაზავით გაზომეთ გაჭიმული ზამბარის სიგრძე  $l$ . შედეგი შეიტანეთ ცხრილში;
  - თითოეული შემთხვევისთვის გამოთვალეთ ზამბარის წაგრძელება — საბო-  
ლოო და საწყისი სიგრძეების სხვაობა  $x = l - l_0$ . შედეგები შეიტანეთ ცხრილში;
  - თითოეული შემთხვევისთვის გამოთვალეთ საწონზე მოქმედი სიმძიმის ძალა.  
ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა მოდულით სხეულზე მოქმედი სიმძიმის  
ძალის ტოლია. შედეგები შეიტანეთ ცხრილში;
  - თითოეული შემთხვევისთვის გამოთვალეთ შეფარდება  $F_{\text{დრ}}/x$ ;
- (ნახ. 4.13)-ის მიხედვით ააგეთ მართკუთხა საკოორდინატო სისტემა და ცხრილის  
მონაცემების მიხედვით მონიშნეთ მასზე ( $x$ ;  $F_{\text{დრ}}$ ) წერტილები;



ნახ. 4.13

- დააკვირდით, როგორ განლაგდნენ ეს წერტილები. თუ ცდას შედარებით  
ზუსტად ჩაატარებთ, მიღებული წერტილები ერთ წრფეზე განლაგდებიან,  
ხოლო  $F_{\text{დრ}}/x$  შეფარდება ერთი და იგივე მნიშვნელობას მიიღებს.  
გაიმეორეთ სამუშაო მეორე ზამბარისათვის.
- გამოვიტანოთ დასკვნა: **მოცემული ზამბარისთვის  $F_{\text{დრ}}/x$  მუდმივი სიდიდეა.** ამ სი-  
დიდეს ზამბარის **სიხისტე** ეწოდება და აღნიშნავენ  $k$  ასოთი:  $F_{\text{დრ}}/x = k$ , საიდანაც,

$$F_{\text{დრ}} = kx$$

ამრიგად, **ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალის მოდული დეფორმაციის სიდიდ-  
ის პროპორციულია.** ეს კანონი დაადგინა დიდმა ინგლისელმა ფიზიკოსმა რობერტ  
ჰუკმა 1660 წელს და ის მის სახელს ატარებს.

სიხისტე (პროპორციულობის კოეფიციენტი)  $k$  **რიცხობრივად ტოლია დრეკადობის  
ძალისა, რომელიც აღიძვრება სხეულში ერთეულის ტოლი წაგრძელების დროს.** ლაბო-  
რატორიულ სამუშაოში გამოყენებულ ზამბარებს აქვთ სხვადასხვა სიხისტე — ერთი

და იგივე გამჭიმავი ძალის შემთხვევაში მათი წაგრძელებები განსხვავებულია. სიხისტე დამოკიდებულია სხეულის გეომეტრიულ ზომებზე (სიგრძე, სიგანე და ა.შ.) და იმ მასალაზე, რომლისგანაც არის დამზადებული სხეული. სიხისტის განზომილება SI სისტემაში არის ნ/მ.  $F_{\text{დრ}} = kx$  დამოკიდებულება მართებულია მხოლოდ მცირე დეფორმაციების დროს, ვიდრე სხეულის დეფორმაცია დრეკადია.

ის, რომ ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა და დეფორმაციის გამომწვევი ძალა მოდულით ტოლია, საფუძვლად უდევს დინამომეტრის მოქმედების პრინციპს.

#### დასკვნები:

- საყრდენის რეაქციის ძალა ყოველთვის მიმართულია ზედაპირის მართობულად, საყრდენის დეფორმაციის საწინააღმდეგოდ;
- საკიდლის დაჭიმულობის ძალა ყოველთვის მიმართულია საკიდლის გასწვრივ და მიმართულია საკიდლის დეფორმაციის საწინააღმდეგოდ;
- მცირე დეფორმაციების დროს სხეულში აღძრული დრეკადობის ძალის მოდული პირდაპირპროპორციულია წაგრძელებისა:  $F_{\text{დრ}} = kx$ ;
- სხეულის სიხისტე რიცხობრივად ტოლია დრეკადობის ძალისა, რომელიც აღიძვრება სხეულში ერთეულის ტოლი წაგრძელების დროს;
- სიხისტის ერთეული SI სისტემაში არის ნ/მ.
- სხეულის სიხისტე დამოკიდებულია მის გეომეტრიულ ზომებსა და მასალაზე.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რატომ წარმოიქმნება საყრდენის რეაქციის ძალა? საკიდლის დაჭიმულობის ძალა?
2. სხეულის უძრავობას საყრდენის რეაქციის და საკიდლის დაჭიმულობის ძალა მოდულით რომელი ძალის ტოლია?
3. რას ნიშნავს, რომ დრეკადობის ძალა წაგრძელების პროპორციულია?
4. რაზეა დამოკიდებული სხეულის სიხისტე?
5. რას ნიშნავს, რომ ზამბარის სიხისტე 5000 ნ/სმ—ია?
6. როგორი დეფორმაციებისთვისაა მართებული ჰუკის კანონი?



#### დავალება:

ამოცანების ამოხსნის დაწყებამდე გაეცანით ამოცანის ამოხსნის ნიმუშს § 4.12 ამოცანა 1.

1. არადეფორმირებული რეზინის ზონრის სიგრძე 10 სმ-ია. განსაზღვრეთ მისი სიხისტე, თუ 2 ნიუტონი ძალის ზემოქმედებით მისი სიგრძე 15 სმ-მდე გაიზარდა.

2. რეზინის ზონარზე ჩამოკიდეს 200 გ მასის ტვირთი, რის გამოც ზონარი 3 სმ-ით წაგრძელდა. რისი ტოლი იქნებოდა ზონრის წაგრძელება, ტვირთის მასა 100 გრამი რომ ყოფილიყო?

3. განსაზღვრეთ ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა, თუ მასზე ჩამოკიდებული 15 კგ მასის ტვირთი წონასწორობაშია. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

4. განსაზღვრეთ 200 ნ/მ სიხისტის ზამბარის წაგრძელება, თუ მასში აღძრული დრეკადობის ძალის მოდული 20 ნიუტონია.

5. ჭერზე ჩამოკიდებული ორი ზამბარიდან პირველის სიხისტეა 100 ნ/მ, მეორისა კი – 300 ნ/მ. პირველ ზამბარაზე ჩამოკიდეს 5 კგ მასის ტვირთი. რა მასის ტვირთი უნდა ჩამოვკიდოთ მეორე ზამბარაზე, რომ მათი წაგრძელებები ერთნაირი აღმოჩნდეს?

6. ვერტიკალურ ზამბარაზე ჩამოკიდეს 2 კგ მასის ტვირთი, რომლის მოქმედებით ზამბარა 5 სმ-ით წაგრძელდა. რისი ტოლი გახდება ზამბარის წაგრძელება, თუ მასზე დამატებით 7 კგ მასის ტვირთს ჩამოვკიდებთ?

7. ზამბარაზე 1 კგ მასის ტვირთის დაკიდებისას მისი სიგრძე 10 სმ-ია. 2 კგ მასის ტვირთის დაკიდებისას კი – 14 სმ. განსაზღვრეთ ზამბარის სიხისტე და არადეფორმირებული ზამბარის სიგრძე. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

8. ჭერზე ჩამოკიდებული ორი ზამბარიდან პირველის სიხისტეა 200 ნ/მ მეორისა კი – 150 ნ/მ. მათზე ერთნაირი მასის ტვირთების დაკიდებისას, პირველი ზამბარის წაგრძელება 1 სმ-ით უფრო ნაკლებია, ვიდრე მეორესი. განსაზღვრეთ ტვირთის მასა. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.



### საშინაო ცდა

**ცდის მიზანი:** სრიალის და გორვის ხახუნის ძალაზე დაკვირვება.

**ცდისთვის საჭიროა:** წრიული განივკვეთის ფანქარი, წიგნი.

დადეთ ფანქარი წიგნზე მისი ერთი-ერთი გვერდის პარალელურად ეს გვერდი ნელა წამოწიეთ იქამდე, ვიდრე ფანქარი გორვას დაიწყებს. შემდეგ, დახრის კუთხის შეუცვლელად, ფანქარი დადეთ იმავე გვერდის მართობულად. დააკვირდით, დასრულდება ფანქარი?

მიღებული შედეგი ჩაწერე საშინაო დავალების რეგულში.

## § 4.10 ხახუნის ძალა

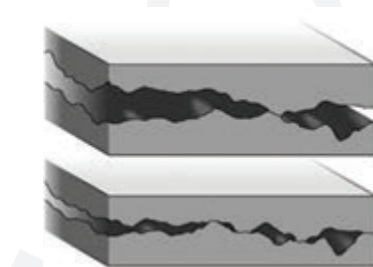
ჰორიზონტალურ გზაზე მანქანა გამორთული ძრავით გარკვეული დროის შემდეგ ჩერდება; გაჩერდება ველოსიპედიც, თუ შევწყვეტთ პედლების ტრიალს; ბურთი, მოედანზე გორვისას, გარკვეულ დროში ასევე გაჩერდება.

რა არის სხეულების სიჩქარის შემცირების მიზეზი?

ჩვენთვის უკვე ცნობილია, რომ სხეულის სიჩქარე მცირდება, თუ მასზე მოქმედებს მოძრაობის საწინააღმდეგოდ მიმართული ძალა. მოყვანილ მაგალითებში სიჩქარის შემცირებას სწორედ ასეთი ძალა იწვევს, რომელსაც ხახუნის ძალას უწოდებენ და აღნიშნავენ  $F_{\text{ხახ}}$ -ით.

**ხახუნის ძალა ერთი სხეულის ზედაპირზე მეორე სხეულის მოძრაობისას აღიძვრება და ის ეწინააღმდეგება მათი ერთმანეთის მიმართ მოძრაობას.**

ხახუნის ძალის წარმოქმნის ერთ-ერთი მიზეზი ურთიერთშემხები ზედაპირების სიმჩქისეა (სიმჩქისე — უსწორმასწორობა). ერთი შეხედვით გლუვი ზედაპირის მიკროსკოპით დათვალიერებისას მასზე დავინახავთ უსწორმასწორობებს, ნაკანრებს, ბურცოებსა და ღრმულებს (ნახ. 4.14). როცა ერთი სხეული მოძრაობს მეორეს ზედაპირზე, ეს უსწორმასწორობები ერთმანეთს წამოედება, რაც წარმოქმნის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ მიმართულ ძალას.

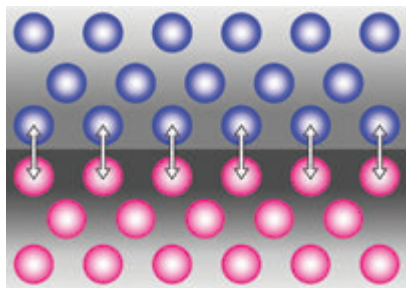


ნახ. 4.14

ხახუნის ძალის შესამცირებლად ზედაპირებს კარგად აპრიალევენ. მაგრამ გაპრიალეებით ზედაპირები ერთმანეთს ძალიან უახლოვდება. თუ ზედაპირებს შორის მანძილი ძალიან მცირეა, მათი მოლეკულები ერთმანეთს „იგრძნობენ“ და ურთიერთმიიზიდებიან, ზედაპირები ერთმანეთს მიეკრობიან. ამის გამო ხახუნის ძალა მკვეთრად გაიზრდება. ასეთ შემთხვევაში თავს იჩენს ხახუნის ძალის წარმოქმნის მეორე მიზეზი შემხები ზედაპირების მოლეკულების ურთიერთმიიზიდვა (ნახ. 4.15). ალბათ გინახავთ, ერთმანეთზე დადებული ბრტყელი მინების დაშორება ან ერთმანეთზე გასრილება ძალიან ძნელია; ასევე ძნელია ფურცლების დასტიდან ერთი ფურცლის გამოძრობაც.

**ხახუნის ძალა წარმოიქმნება შემხები ზედაპირების სიმჩქისისა და მათი მოლეკულების ურთიერთმიიზიდვის გამო.**

ამასთან, ხახუნის ძალის გამომწვევი პირველი მიზეზის შესუსტება იწვევს მეორე მიზეზის გაძლიერებას.



ნახ. 4.15



### ჩავატაროთ ცდა:

მაგიდაზე მოვათავსოთ ხის ძელაკი, რომელზეც თოკია გამობმული. თოკი გადავდოთ მაგიდაზე დამაგრებულ ჭოჭონაქზე და ჩამოვკიდოთ მასზე იმდენად მცირე მასის ტვირთი, რომ ძელაკი არ ამოძრავდეს (ვთქვათ, 0,5 კგ). (სურ. 4.24). ტვირთზე მოქმედებს 5 ნ სიმძიმის ძალა, მოდულით ასეთივე ძალით თოკი ექაჩება ძელაკს. ძელაკის უძრაობა გამოწვეულია იმით, რომ მასზე მოქმედი ძალა კომპენსირდება რალაც სხვა ძალით. ამ ძალას უძრაობის ხახუნის ძალა ეწოდება. მისი მნიშვნელობა 5 ნ-ის ტოლია და მიმართულია იმ ძალის საპირისპიროდ, რომლითაც თოკი ექაჩება ძელაკს. გავზარდოთ ჩამოკიდებული ტვირთის მასა ისე, რომ ძელაკი უძრავი დარჩეს (ვთქვათ, 1 კგ). ახლა ძელაკს ექაჩება 10 ნ ძალა. ვინაიდან ძელაკი კვლავ უძრავია, ეს ნიშნავს, რომ გაიზარდა უძრაობის ხახუნის ძალაც და ის გახდა 10 ნ-ის ტოლი.



სურ. 4.24

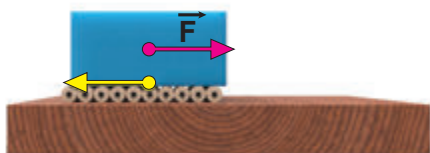
**ხახუნის ძალას, რომელიც ხელს უშლის სხეულის ამოძრავებას, უძრაობის ხახუნის ძალა ეწოდება.**

გავაგრძელოთ ტვირთის მასის ზრდა. ვიდრე ძელაკი უძრავია, შესაბამისად იზრდება უძრაობის ხახუნის ძალაც. მაგრამ ტვირთის მასის გარკვეული მნიშვნელობისათვის (ვთქვათ, 2 კგ) ძელაკი დაიწყებს მოძრაობას. ე.ი. უძრაობის ხახუნის ძალამ მიაღწია თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობას (20 ნ). ამ მომენტიდან ძელაკი იწყებს მოძრაობას, უძრაობის ხახუნის ძალა კი შეიცვლება სრიალის ხახუნის ძალით.

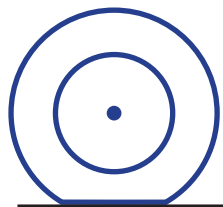
**ხახუნის ძალას, რომელიც აღიძვრება ერთი სხეულის მეორე სხეულის ზედაპირზე სრიალისას, სრიალის ხახუნის ძალა ეწოდება.**

თუ ძელაკს მინის ზედაპირზე მოვათავსებთ და ცდას გავიმეორებთ, დავინახავთ, რომ ძელაკი ტვირთის უფრო მცირე მასის მნიშვნელობაზე დაიძვრება. ეს ნიშნავს, რომ ხახუნის ძალა დამოკიდებულია შემხები ზედაპირების ნივთიერების გვარობაზე და დამუშავების ხარისხზე.

დავდოთ ხის ძელაკი მრგვალ ფანქრებზე და ცდა თავიდან ჩავატაროთ (სურ. 4.25). ფანქრების ძელაკთან და მაგიდასთან ხახუნის გამო, ფანქრები დაიწყებს გორვას, ძელაკი კი მოძრაობას. წარმოიქმნება გორვის ხახუნის ძალა, რომელიც ნაკლებია სრიალის ხახუნის ძალაზე. გორვის ხახუნის ძალის წარმოქმნის მექანიზმი განსხვავდება სრიალის ხახუნის ძალის წარმოქმნის მექანიზმისგან. გორვისას სხეულის ზედაპირი ჩაიზნიქება, რის გამოც ჩნდება მცირე საფეხური, რომელიც განაპირობებს გორვის ხახუნის წარმოქმნას (ნახ. 4.16). იგივე შეიძლება გამოიწვიოს გზის ზედაპირის ჩაზნიქამაც. დეფორმაცია რომ მცირე იყოს, საჭიროა, გზის ზედაპირი იყოს მყარი. ამიტომაც ჩქაროსნულ გზებზე ბეტონის ძალიან მყარი საფარი.



სურ. 4.25



ნახ. 4.16

**ხახუნის ძალას, რომელიც აღიძვრება ერთი სხეულის გორვისას მეორის ზედაპირზე, გორვის ხახუნის ძალა ეწოდება.**

ბორბლის გამოგონება კაცობრიობის ისტორიაში იყო ერთ-ერთი ყველაზე წინ-გადადგმული ნაბიჯი. მან შესაძლებელი გახადა, სრიალის ხახუნი შეეცვალათ მასზე ბევრად ნაკლები გორვის ხახუნით.

ჩვენ ვისაუბრეთ მყარ სხეულებს შორის ხახუნის ძალების შესახებ. მაგრამ ხახუნის ძალა წარმოიქმნება მყარი სხეულის სითხეში ან აირში მოძრაობის დროსაც.

როდესაც ცდილობთ, გაიქცეთ ზღვაში ნაპირთან ახლოს, თქვენ გრძნობთ დიდ წინააღმდეგობას წყლის მხრიდან და არ შეგიძლიათ სწრაფად სირბილი.

როდესაც თქვენ გადაგაქვთ დიდი მჩატე სხეულები ძლიერი ქარის დროს, თქვენ გრძნობთ ისეთ წინააღმდეგობას ქარის მხრიდან, რომ გიჭირთ სიარული.

ხახუნის ძალებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან სხეულის მოძრაობისას აირში ან სითხეში, გარემოს წინააღმდეგობის ძალები ეწოდება.

სითხეში მოძრაობისას გარემოს წინააღმდეგობის ძალა უფრო დიდია, ვიდრე აირში, ამიტომ გემები ვერ მოძრაობენ თვითმფრინავის სიჩქარით.

რაც უფრო დიდია სხეულის მოძრაობის სიჩქარე, მით უფრო დიდია გარემოს წინააღმდეგობის ძალა. სწრაფად მოძრავი მანქანის ფანჯრიდან ხელის გადაყოფისას ვგრძნობთ ჰაერის დიდ წინააღმდეგობას.

ბლანტ სითხეში წინააღმდეგობის ძალა უფრო მეტია, ვიდრე არაბლანტ სითხეში. სხეული წყალში ჩაძირვისას უფრო სწრაფად მიაღწევს ფსკერს, ვიდრე ზეთში ჩაძირვისას.

ბუნებასა და ტექნიკაში ხახუნი შეიძლება იყოს მეგობარიც და მტერიც. როცა ის სასარგებლოა, ცდილობენ მის გაზრდას, როცა ზიანი მოაქვს – შემცირებას.

წარმოვიდგინოთ, რომ ხახუნი გაქრა – უძრავი მანქანა ადგილიდან ვერ დაიძვრებოდა, მოძრავი – ვერ გაჩერდებოდა; ადამიანები ვერ ივლიდნენ, დავარდებოდნენ და ფეხზე ვეღარ ადგებოდნენ; თქვენ ვერ შეძლებდით წერას, ამ სახელმძღვანელოს ფურცლის გადაშლას; ამიტომ, ამ შემთხვევებში ხახუნი სასარგებლოა.

შეგიძნევიათ, რომ მანქანების, მოტოციკლების და ველოსიპედების საბურავებს აქვთ ნატვიფრები (პროტექტორები), რომლებიც განლაგებულნი არიან ბორბლის გასწვრივად და განივთაღ. ისინი გაკეთებულია ხახუნის ძალის გასაზრდელად, ანუ ბორბლის გზასთან მოჭიდების მოსამატებლად. განივი ზოლები ზრდიან გზის საფართან მოჭიდებას დაძვრისას ან დამუხრუჭებისას, ხოლო გასწვრივი – ეწინააღმდეგებიან გვერდზე მოცურებას.

ხახუნის გამო ცვდება და ცხელდება მანქანის ყველა მოძრავი ნაწილი. ხახუნის შესამცირებლად მათი ზედაპირები კარგადაა გაპრიალებული, ხოლო დარჩენილი პატარა უსწორმასწორობების ამოსავსებად იყენებენ შეზეთვას. მანქანის მბრუნავ ნაწილებზე აყენებენ საკისრებს. ბრუნვის საკისრები არსებობს ბურთულიანი და გორგოლაჭიანი (სურ. 4.26). ისინი, სრიალთან შედარებით, 20-30-ჯერ ამცირებენ ხახუნის ძალას.



სურ. 4.26

გარემოს წინააღმდეგობის ძალის შესამცირებლად სხეულს განსაკუთრებულ ფორმას აძლევენ. ასეთ ფორმას ადამიანს თვით ბუნება კარნახობს – გაიხსენეთ თევზის ან ფრინველის ფორმა. ამიტომ აქვს ასეთი წაგრძელებული, ე.წ. გარსედინი ფორმა წყალქვეშა ნაგებობები, გემები, რაკეტები, თვითმფრინავები და მანქანები (სურ. 4.27).



სურ. 4.27

#### დასკვნები:

- ხახუნის ძალა აღიძვრება სხეულთა უშუალო შეხების ადგილზე, მიმართულია შემხები ზედაპირების გასწვრივ, მოძრაობის ან შესაძლო მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით;
- ხახუნის ძალის წარმოქმნის მიზეზი შემხები ზედაპირების სიმკისე და მათი მოლეკულების ურთიერთმიზიდვაა;
- ხახუნის ძალას, რომელიც ხელს უშლის სხეულის ამოძრავებას, უძრავობის ხახუნის ძალა ეწოდება;
- ხახუნის ძალას, რომელიც აღიძვრება ერთი სხეულის მეორე სხეულის ზედაპირზე სრიალისას, სრიალის ხახუნის ძალა ეწოდება;
- ხახუნის ძალას, რომელიც აღიძვრება ერთი სხეულის გორვისას მეორის ზედაპირზე, გორვის ხახუნის ძალა ეწოდება;
- ხახუნის ძალებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან სხეულის მოძრაობისას აირში ან სითხეში, გარემოს წინააღმდეგობის ძალები ეწოდება.

### საკონტროლო კითხვები:

1. ხახუნის ძალის რა სახეები არსებობს?
2. რატომ წარმოიქმნება უძრაობის ან სრიალის ხახუნის ძალა?
3. რისი ტოლია უძრაობის ხახუნის ძალა?
4. რატომ წარმოიქმნება გორვის ხახუნის ძალა?
5. საით არის მიმართული სრიალის ხახუნის ძალა? უძრაობის ხახუნის ძალა?
6. რატომ შეიძლება ხახუნი იყოს მეგობარიც და მტერიც?
7. როგორ შეიძლება ხახუნის ძალის შემცირება?
8. რატომ აქვს რაკეტას წანვეტებული ფორმა?



### დავალება:

1. როგორი სახის ხახუნის ძალა აღიძვრება ფეხსაცმელსა და იატაკს შორის სიარულის დროს?
2. როგორი სახის ხახუნის ძალა აღიძვრება ცარცით დაფაზე წერის დროს? ფანქრით წერის დროს? ბურთულიანი კალმით წერის დროს?
3. როგორი სახის ხახუნის ძალა აღიძვრება ჰორიზონტალურ მაგიდაზე თანაბრად მოძრავ ბილიარდის ბურთულასა და მაგიდის ზედაპირს შორის?
4. ნიჩბებით ნავის ამოძრავებისას გვეხმარება თუ გვეწინააღმდეგება ხახუნის ძალა, რომელიც წყლის მხრიდან ნიჩაბზე მოქმედებს? ხახუნის ძალა, რომელიც წყლის მხრიდან ნავზე მოქმედებს? პასუხი დაასაბუთეთ.
5. ფრინველები ფრთების მოქნევით ცდილობენ აფრენას. ეხმარებათ თუ ეწინააღმდეგებათ ამ დროს ფრთებზე მოქმედი ხახუნის ძალა? პასუხი დაასაბუთეთ.
6. რომელ შემთხვევაშია მეტი გორვის ხახუნის ძალა: ავტომობილის ბეტონის გზაზე მოძრაობისას, თუ იმავე ავტომობილის ფხვიერ საფარზე მოძრაობისას? პასუხი დაასაბუთეთ.
7. რატომ ზრდიან ავტომობილებს შორის დისტანციას მძღოლები თოვლიან გზაზე მოძრაობისას?
8. როგორ გვეხმარება პარაშუტი დედამიწაზე უსაფრთხოდ დაშვებისას?

## § 4.12 ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

1. 400 ნ/მ სიხისტის ზამბარაზე დაკიდებულია სათლი რომელშიც ჩასხმულია 10 ლ მოცულობის წყალი. განსაზღვრეთ ზამბარის წაგრძელება, თუ ცარიელი სათლის მასა 0,5 კგ-ია.  $g=10$  ნ/კგ (ნახ. 4.21).

| მოც:                              |
|-----------------------------------|
| $V=10\text{ ლ}=0,01\text{ მ}^3$ , |
| $m=0,5\text{ კგ}$ ,               |
| $k=400\text{ ნ/მ}$ ,              |
| $g=10\text{ ნ/კგ}$ ,              |
| $\rho=1000\text{ კგ/მ}^3$         |
| უ.ვ. $x$                          |

### ამოხსნა:

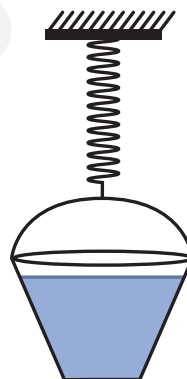
სათლში მოთავსებული წყლის მასა იქნება

$$M=\rho \cdot V=1000 \cdot 0,01=10\text{ კგ}.$$

ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა ერთდროულად აწონასწორებს სათლზე და სათლში მოთავსებულ წყალზე მოქმედ სიმძიმის ძალებს ამიტომ:  $kx=Mg+mg$ . რიცხვითი მნიშვნელობების შეტანით მივიღებთ:

$$400 \cdot x=100+5=105\text{ ნ} \Rightarrow x=0,2625\text{ მ}.$$

**პასუხი:** ზამბარის დეფორმაციაა 26,25 სმ.



ნახ. 4.21

2. 40 კგ მასის ძელაკს თანაბრად მიასრიალებენ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე, მასზე გამობმული, ჰორიზონტალური 200 ნ/მ სიხისტის ზამბარის საშუალებით. ძელაკის ზედაპირთან ხახუნის კოეფიციენტი 0,01-ია. როგორ შეიცვალა ზამბარის დეფორმაცია თუ ძელაკი სრულად გადავიდა და გააგრძელა თანაბარი სრიალი ისეთ ზედაპირზე, რომელთან ხახუნის კოეფიციენტი 0,04-ის ტოლია?  $g=10$  ნ/კგ.

| მოც:                 |
|----------------------|
| $m=40\text{ კგ}$ ,   |
| $k=200\text{ ნ/მ}$ , |
| $g=10\text{ ნ/კგ}$ , |
| $\mu_1=0,01$ ,       |
| $\mu_2=0,04$         |
| უ.ვ. $x_2-x_1$       |

### ამოხსნა:

რადგან ძელაკი ორივე შემთხვევაში თანაბრად მოძრაობს, მასზე მოქმედ ხახუნის ძალას აწონასწორებს ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა.

$$\text{როდესაც } \mu=\mu_1: k \cdot x_1=\mu_1 \cdot m \cdot g \Rightarrow$$

$$x_1=\frac{\mu_1 \cdot m \cdot g}{k}=\frac{0,01 \cdot 40 \cdot 10}{200}=0,02\text{ მ}.$$

$$\text{როდესაც } \mu=\mu_2: k \cdot x_2=\mu_2 \cdot m \cdot g \Rightarrow$$

$$x_2=\frac{\mu_2 \cdot m \cdot g}{k}=\frac{0,04 \cdot 40 \cdot 10}{200}=0,08\text{ მ}.$$

$$x_2-x_1=0,08-0,02=0,06\text{ მ}.$$

**პასუხი:** ზამბარის წაგრძელება გაიზარდა 6 სმ-ით.

## მე-4 თავის პირველი ნაწილის შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები

### 1. ქვემოთ მოცემული წინადადებები გადაინერეთ რვეულში და ჩასვით გამოტოვებული სიტყვები:

1. სხეული მოძრაობს წრფივად და თანაბრად ან იმყოფება უძრავ მდგომარეობაში, თუ მასზე სხვა სხეულები არ ..... ან მათი მოქმედება .....
2. სხეულის მიერ ..... ან ..... მოძრაობის სიჩქარის შენარჩუნების მოვლენას ინერცია ეწოდება.
3. თუ ერთი სხეული ..... მეორეზე, მაშინ მეორე სხეულიც ..... პირველზე.
4. ორი ურთიერთმოქმედი სხეულიდან ..... მასის მქონე სხეულის სიჩქარე უფრო მეტად იცვლება, ვიდრე ..... მასის სხეულის.
5. თუ ურთიერთმოქმედი სხეულების სიჩქარეების ცვლილება ..... , მაშინ მათი მასები ტოლია.
6. ძალა ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ..... ახასიათებს ერთი სხეულის მეორეზე მოქმედებას.
7. სხეულზე მოქმედი ძალა იწვევს მისი ..... მოდულისა და მიმართულების ცვლილებას.
8. სხეულზე ..... იწვევს სხეულის დეფორმაციას.
9. ძალის მოქმედების შედეგი დამოკიდებულია მის მოდულზე, ..... და ..... წერტილზე.
10. 1 ნ (ნიუტონი) ისეთი ძალაა, რომლის მოქმედებით 1 კგ მასის სხეულის ..... 1 წმ-ში ..... იცვლება.
11. .... არის ძალის გამზომი ხელსაწყო.
12. ძალას, რომლითაც დედამიწა იზიდავს მისი ზედაპირის მახლობლად მყოფ სხეულს, ..... ეწოდება.
13. სიმძიმის ძალა მიმართულია დედამიწის .....
14. სიმძიმის ძალა ..... ბუნებისაა.
15. ძალას, რომელიც სხეულზე ისეთივე ..... ახდენს, როგორსაც რამდენიმე ძალა ერთდროულად, ამ ძალების ..... ეწოდება.
16. სხეულზე მოქმედი ერთი წრფის გასწვრივ, ერთ მხარეს მიმართული ძალების ..... ძალა იგივე მხარესაა მიმართული, ხოლო მისი ..... შესაკრები ძალების ..... ჯამის ტოლია.
17. სხეულზე მოქმედი ერთი წრფის გასწვრივ სხვადასხვა მხარეს მიმართული ძალების ..... ძალა მიმართულია მოდულით ..... ძალის მიმართულებით, ხოლო მისი ..... მეტი ძალისა და ნაკლები ძალის მოდულების სხვაობის ტოლია.
18. სიდიდით ტოლი და ..... მიმართული ძალები ერთმანეთს აწონასწორებს.
19. ნივთიერი წერტილი ..... , თუ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია.
20. ძალას, რომელიც აღიძვრება სხეულის ..... და მიმართულია სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ნანაცვლების ..... , დრეკადობის ძალა ეწოდება.
21. დეფორმაციას, რომელიც მთლიანად ..... მისი გამომწვევი გარეშე ძალების მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ, დრეკადი ..... ეწოდება.
22. დეფორმაციას, რომელიც ..... მისი გამომწვევი გარეშე ძალების მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ, პლასტიკური ..... ეწოდება.
23. საყრდენის რეაქციისა და საკიდელის დაჭიმულობის ძალა დრეკადობის ..... წარმოადგენს.

24. ზამბარაში აღძრული ..... დეფორმაციის სიდიდის პროპორციულია.

25. საყრდენის ..... ყოველთვის მიმართულია ზედაპირის მართობულად, საყრდენის დეფორმაციის საწინააღმდეგოდ.

26. ხახუნის ძალა წარმოიქმნება შემხები ზედაპირების ..... და მათი მოლეკულების ..... გამო.

27. ხახუნის ძალას, რომელიც ხელს უშლის უძრავი სხეულის ამოძრავებას, ..... ეწოდება.

28. ხახუნის ძალას, რომელიც აღიძვრება ერთი სხეულის მეორე სხეულის ზედაპირზე ..... , სრიალის ხახუნის ..... ეწოდება.

29. ხახუნის ძალას, რომელიც აღიძვრება ერთი სხეულის ..... მეორის ..... , გორგის ხახუნის ძალა ეწოდება.

30. ხახუნის ძალებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან სხეულის მოძრაობისას ..... ან ..... , გარემოს წინააღმდეგობის ძალები ეწოდება.

## II. საკონტროლო ტესტი:

1. დინამომეტრით უშუალოდ იზომება

ა) წნევა; ბ) ძალა; გ) მასა; დ) სიმკვრივე.

2. სიმძიმის ძალა იზომება

ა) კილოგრამებში; ბ) ნიუტონებში; გ) პასკალებში; დ) კილოგრამი/მ<sup>3</sup>-ში.

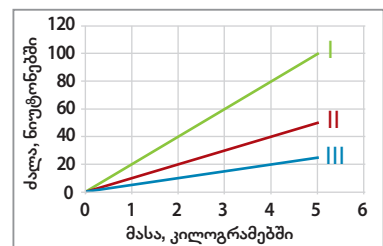
3. სიმძიმის ძალის  $F_{\text{სიმძ}} = mg$  ფორმულაში

ა)  $g \approx 9,8$  ნ/კგ; ბ)  $g \approx 9,8$  კგ/ნ; გ)  $g \approx 9,8$  ნ·კგ დ)  $g \approx 9,8$  ნ·მ.

4. სხეულის მასის დასადგენად იგი დინამომეტრზე დაკიდეს. რისი ტოლი ყოფილა სხეულის მასა, თუ დინამომეტრმა აჩვენა 5,5 ნიუტონი? ( $g \approx 10$  ნ/კგ).

ა) 5,5კგ; ბ) 55კგ; გ) 0,55კგ; დ) 550 კგ.

5. სამმა მოსწავლემ - ნინომ, ლიკამ და შოთამ ცალ-ცალკე ჩაატარეს ერთნაირი ცდა: შტატივზე დამაგრებულ დინამომეტრზე დაკიდეს სხვადასხვა მასის საწონები და დინამომეტრით გაზომეს ამ საწონების სიმძიმის ძალები. ანათვლების მიხედვით ნინომ ააგო I გრაფიკი, ლიკამ-II გრაფიკი, ხოლო შოთამ-III გრაფიკი (ნახ. 4.22). რომელ მათგანს ჩაუტარებია გაზომვები სწორად?



ნახ. 4.22

ა) I (ნინოს); ბ) II (ლიკას); გ) III (შოთას); დ) არც ერთს.

6. A სხეულზე მოდებულია ერთი წრფის გასწვრივ, მაგრამ საწინააღმდეგოდ მიმართული ორი  $\vec{F}_1$  და  $\vec{F}_2$  ძალა, ამასთან,  $F_1 > F_2$ .



ქვემოთ მოყვანილთაგან, რომელი შეიძლება გამოსახავდეს ამ ორი ძალის  $\vec{F}$  ტოლქმედს?

ა)  $\vec{F}$ ;      ბ)  $\vec{F}$ ;      გ)  $\vec{F}$ ;      დ)  $\vec{F}$ .

7. სხეულზე მოქმედებს ერთი წრფის გასწვრივ მიმართული სამი ძალა: 3 ნ, 4 ნ და 5 ნ. ამ ძალების ტოლქმედი არ შეიძლება ტოლი იყოს

ა) 2 ნ-ის; ბ) 6 ნ-ის; გ) 3 ნ-ის; დ) 12 ნ-ის,

8. ხის ძელაკს თანაბრად ამოძრავებენ მაგიდაზე მისი ზედაპირის პარალელური  $F$  სიდიდის ძალით. რა სიდიდის ძალა დაგვჭირდება გასასრიალებლად, თუ ძელაკზე ზემოდან დავადებთ კიდევ 2 ასეთსავე ძელაკს?

ა)  $F$ ; ბ)  $1,5F$ ; გ)  $2F$ ; დ)  $3F$ .

9. ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალის  $F_{\text{დრ}} = -kx$  ფორმულაში,  $x$  არის

- ა) ზამბარის ხვიის დიამეტრი;
- ბ) ზამბარის სანწყისი სიგრძე;
- გ) ზამბარის სიგრძე დეფორმაციის შემდეგ;
- დ) ზამბარის სიგრძის ცვლილება.

10. მოსწავლემ ჩაატარა ცდა: ერთი ბოლთი დამაგრებული ზამბარის მეორე-თავ-ისუფალ ბოლოზე დაკიდა სხვადასხვა მასის სხეული, გაზომა შესაბამისი წაგრძელებები და შეიტანა ცხრილში. შეავსეთ ცხრილი №4.4.

**ცხრილი №4.4**

| ზამბარაზე დაკიდებული სხეულის მასა | ზამბარის წაგრძელება                |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 3კგ                               | 2სმ                                |
| 9კგ                               | 6 ს მ ნ შ ი ა რ<br>ჩ ა წ ე რ თ ი ! |
| 12კგ                              | 8სმ                                |

11. ლევანი და დათო, ცალ-ცალკე ერთნაირი პარაშუტებით თანაბრად მოძრაობს ქვევით. ლევანის მასა ნაკლებია დათოს მასაზე. რომელ პარაშუტზე მოქმედებს მეტი წინააღმდეგობის ძალა?

- ა) იმ პარაშუტზე, რომლითაც ლევანი ეშვება;
- ბ) იმ პარაშუტზე, რომლითაც დათო ეშვება;
- გ) ორივეზე პარაშუტზე ერთნაირი წინააღმდეგობის ძალა მოქმედებს.

12. 100 გ მასის ვაშლი დევს 200 გ მასის თეფშზე, ეს თეფში დადეს 50 კგ მასის მაგიდაზე, ჩამოთვლილთაგან რომელია მართებული წინადადება, თუ მაგიდაზე ვაშლის და თეფშის გარდა არაფერია ?

- ა) მაგიდა თეფშზე მოქმედებს 500 ნ ძალით; ბ) ვაშლი თეფშზე მოქმედებს 2 ნ ძალით;
- გ) იატაკი მაგიდაზე მოქმედებს 503 ნ ძალით; დ) თეფში ვაშლზე მოქმედებს 3 ნ ძალით.

13. თუ ზამბარაზე  $F$  ძალით ვიმოქმედებთ, დეფორმაცია იქნება 6 სმ. თუ  $(F+10)$ -ით ვიმოქმედებთ, დეფორმაცია 8 სმ-ს გაუტოლდება. რისი ტოლია  $F$  ძალა და  $K$  სიხისტე ?

- ა)  $F=20$  ნ,  $K=500$ ნ/მ; ბ)  $F=20$  ნ,  $K=400$ ნ/მ; გ)  $F=30$  ნ,  $K=400$ ნ/მ; დ)  $F=30$  ნ,  $K=500$ ნ/მ.

### III. ამოხსენით ამოცანები:

1. განსაზღვრეთ ჭერზე ჩამოკიდებულ 10 კგ მასის სხეულზე მოქმედი თოკის დაჭიმულობის ძალის მოდული (ნახ. 4.23). ჩათვალით, რომ  $g=10$ ნ/კგ.

2. როგორ შეიცვლება თოკის დაჭიმულობის ძალის მოდული (ნახ. 4.23), თუ მასზე ჩამოკიდებულ 10 კგ მასის სხეულზე, დამატებით 15 კგ-ს ჩამოვკიდებთ? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

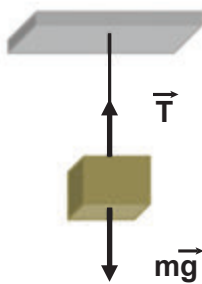
3. განსაზღვრეთ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებული სხეულის მასა (იხ. ნახ. 4.24), თუ მასზე მოქმედი რეაქციის ძალის მოდული 120 ნ-ია. ჩათვალით, რომ  $g=10$ ნ/კგ.

4. ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებულ სხეულზე მოქმედი რეაქციის ძალის მოდული 120 ნ-ია (ნახ. 4.24). რა მასის ტვირთი უნდა დავადოთ ზევიდან მოცემულ სხეულს, რომ მასზე მოქმედი რეაქციის ძალა 1,5-ჯერ გაიზარდოს? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

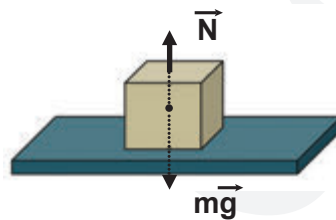
5. 50 კგ მასის ძელაკი დევს ჰორიზონტალურ ზედაპირზე და ამავდროულად ჩამოკიდებულია თოკზე (ნახ. 4.25). განსაზღვრეთ: ა) თოკის დაჭიმულობის ძალა, თუ საყრდენის რეაქციის ძალა 300 ნ-ია; ბ) საყრდენის რეაქციის ძალა, თუ თოკის დაჭიმულობის ძალა 100 ნ-ია; გ) თოკის დაჭიმულობის ძალის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობა; დ) საყრდენის რეაქციის ძალის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობა. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

6. ნახაზის მიხედვით განსაზღვრეთ დინამომეტრზე ჩამოკიდებული ტვირთის მასა, თუ დინამომეტრის დანაყოფის ფასი 10 ნ-ია. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ (ნახ. 4.26).

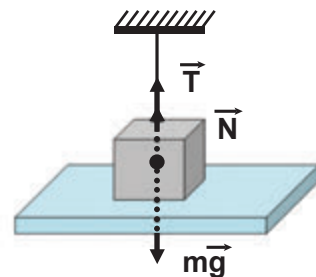
7. რა სიხისტის ზამბარისგან არის დამზადებული დინამომეტრი (ნახ. 4.26), თუ მის თითოეულ დანაყოფს შორის მანძილი 2 სმ-ია? ჩათვალით, რომ დინამომეტრის დანაყოფის ფასი 10 ნ-ია და  $g=10$  ნ/კგ.



ნახ. 4.23



ნახ. 4.24

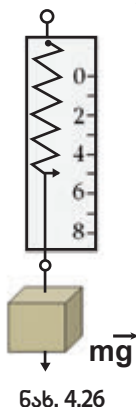


ნახ. 4.25

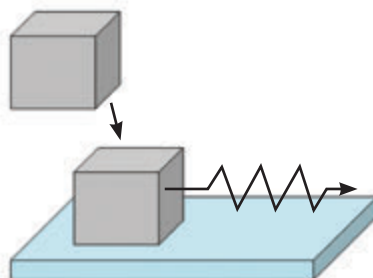
8. დინამომეტრის თითოეულ დანაყოფს შორის მანძილი 2 სმ-ია. დინამომეტრის ზამბარა შეცვალეს 2-ჯერ უფრო დიდი სიხისტის ზამბარით. რამდენი სანტიმეტრით უნდა შევცვალოთ თითოეულ დანაყოფს შორის მანძილი, დინამომეტრმა გამართულად, რომ იმუშაოს?

9. ზამბარის რა დეფორმაციაა საჭირო, ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებული ძელაკის გასასრიალებლად (ნახ. 4.27), თუ ამ ძელაკზე ისეთივე მეორე ძელაკის დადების შემდეგ, გასრიალებას ზამბარის 5 სმ-ით უფრო მეტი დეფორმაცია სჭირდება?

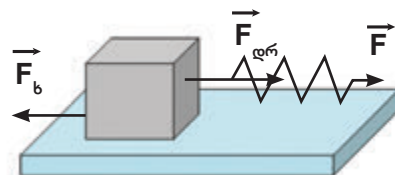
10. განსაზღვრეთ სხეულსა და ჰორიზონტალურ ზედაპირს შორის ხახუნის კოეფიციენტი (ნახ. 4.28), თუ 400 ნ/მ სიხისტის ზამბარის 5 სმ-ით დეფორმაციისას აღძრულმა დრეკადობის ძალამ 10 კგ მასის სხეული ადგილიდან დაძრა. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.



ნახ. 4.26



ნახ. 4.27



ნახ. 4.28

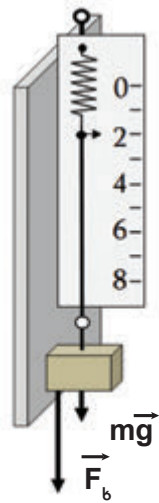
11.  $m=400$  გ მასის მაგნიტს, რომელიც ლითონის ვერტიკალურ დაფას  $N=40$  ნ ძალით ეკვრის, ზევით თანაბრად მიასრიალებენ მასზე გამობმული დინამომეტრის საშუალებით (ნახ. 4.29), დინამომეტრის დანაყოფის ფასი 10 ნ-ია. განსაზღვრეთ მაგნიტის დაფაზე ხახუნის კოეფიციენტი, თუ ჩათვლით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

12.  $m=100$  გ მასის მაგნიტს, რომელიც ლითონის ვერტიკალურ დაფას  $N=40$  ნ ძალით ეკვრის, ქვევით თანაბრად მიასრიალებენ მასზე გამობმული დინამომეტრის საშუალებით. განსაზღვრეთ დინამომეტრის ჩვენება, თუ მაგნიტის დაფასთან ხახუნის კოეფიციენტი 0,2-ია. ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

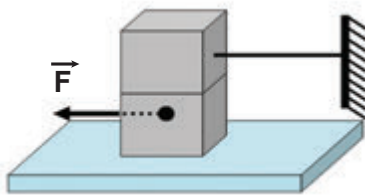
13. ლითონის ვერტიკალურ დაფაზე მიკრულია მაგნიტი. დინამომეტრის საშუალებით მაგნიტის ზევით თანაბარი მოძრაობისას დინამომეტრის ჩვენება 40 ნ-ია, ქვევით თანაბარი მოძრაობისას კი – 36 ნიუტონი. განსაზღვრეთ მაგნიტის მასა და დაფასთან ხახუნის ძალა. ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

14. ერთმანეთზე დადებული ორი ერთნაირი 10 კგ მასის ძელაკიდან ერთი თოკით მიმაგრებულია კედელზე (ნახ. 4.30). რა მინიმალური ძალა უნდა მოვდოთ მეორე ძელაკს თოკის გასწვრივ, რომ მან სრიალი დაიწყოს? ძელაკსა და იატაკს შორის ხახუნის კოეფიციენტი, ასევე, ძელაკებს შორის ხახუნის კოეფიციენტი ერთნაირია და ტოლია 0,2-ის. ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

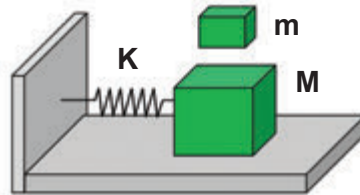
15. მოსწავლე  $M=20$  კგ მასის კუბით აწვება კედელზე მიმაგრებულ ჰორიზონტალურ  $K=500$  ნ/მ სიხისტის ზამბარას და კუმშავს მას 5 სმ-ით (ნახ. 4.31). რა მინიმალური  $m$  მასის ძელაკი უნდა დაადოს მან კუბს ზემოდან, რომ ხელის გაშვების შემდეგ კუბი არ გასრიალდეს? კუბის იატაკთან ხახუნის კოეფიციენტი 0,1-ია. ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ.



ნახ. 4.29



ნახ. 4.30



ნახ. 4.31

16. არადეფორმირებული ზამბარის სიგრძე 20 სმ-ია. რა მასის ტვირთი უნდა ჩამოვკიდოთ მასზე, რომ ზამბარის სიგრძე 1,2-ჯერ გაიზარდოს, თუ ზამბარის სიხისტე 500 ნ/მ-ის ტოლია? ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

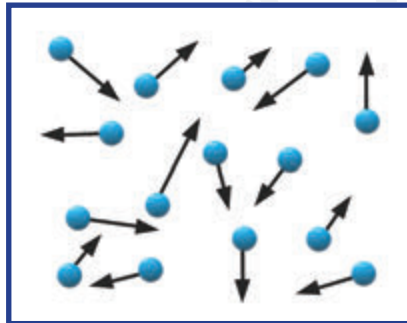
17. 20 ლიტრი ტევადობის ცარიელი სათლის მასა 1 კგ-ია. მისი იატაკთან ხახუნის კოეფიციენტი – 0,2. რა მინიმალური ძალის მოქმედება იქნება საჭირო სათლის გასასრიალებლად, თუ მის  $4/5$  ნაწილს წყლით ავავსებთ? ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

18. დახაზეთ 500 ნ/მ სიხისტის ზამბარის დრეკადობის ძალის წაგრძელებაზე დამოკიდებულების გრაფიკი. აბცისათა ღერძზე გადაზომეთ დრეკადობის ძალა მასშტაბით: 1 დანაყოფი – 5 ნიუტონი, ორდინატთა ღერძზე გადაზომეთ წაგრძელება მასშტაბით: 1 დანაყოფი – 1 სანტიმეტრი.

## § 4.14 აირის წნევა



გაიხსენეთ! აირებს საკუთარი ფორმა და მუდმივი მოცულობა არ გააჩნია. ისინი მთლიანად ავსებენ იმ ჭურჭელს, რომელშიც მოათავსებენ. აირის მოლეკულები ქაოსურად მოძრაობენ, ამ მოძრაობის დროს ისინი ეჯახებიან ერთმანეთს და ჭურჭლის კედლებს (ნახ. 4.33). მოლეკულების რაოდენობა აირში დიდია და შესაბამისად, დიდია კედლებზე დაჯახებების რაოდენობაც. მიუხედავად იმისა, რომ ცალკეული მოლეკულის დაჯახების სიძლიერე უმნიშვნელოა, დიდი რაოდენობის მოლეკულის ერთდროულად დაჯახების შედეგი უკვე მნიშვნელოვანი ხდება. სწორედ ეს დაჯახებები ქმნის აირის წნევას.



ნახ. 4.33

აირებში, ქაოსურად მოძრავი ნაწილაკების დაჯახებების საშუალო რაოდენობა და დაჯახების საშუალო ძალა ჭურჭლის კედლის ფართობის ერთეულზე ყველა მიმართულებით ერთნაირია. დავასაბუთოთ ეს ცდით.

საჭაერო ტუმბოს ზარხუფის ქვეშ მოვათავსოთ ოდნავ გაბერილი რეზინის ბუშტი, რომლის ბოლო შეკრულია. (სურ. 4.38) ის შეიცავს მცირე რაოდენობის ჰაერს და მისი ფორმა უსწორმასწოროა. დავიწყოთ ზარხუფიდან ჰაერის ამოტუმბვა. ბუშტის მოცულობა დაიწყებს ზრდას და ის მიიღებს სფეროს ფორმას (სურ. 4.39). ეს განპირობებულია იმით, რომ ამოტუმბვის გამო ზარხუფის ქვეშ, ბუშტის გარეთ ჰაერის წნევა უფრო ნაკლები ხდება, ვიდრე ბუშტში. შედეგად ბუშტი იბერება, ბუშტში ჰაერის წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირად რომ არ ვრცელდებოდეს, ის სფეროს ფორმას არ მიიღებდა.



სურ. 4.38



სურ. 4.39

როგორ შეიძლება შევცვალოთ აირის წნევა?



**ჩავატაროთ ცდა.** ცეცხლგამძლე კოლბას გავუკეთოთ საცობი და დავამაგროთ შტატივზე. შევუნთოთ სპირტქურა. კოლბაში მყოფი ჰაერი დაიწყებს გათბობას. რაც მეტია ჰაერის ტემპერატურა, მით უფრო სწრაფად მოძრაობენ მისი მოლეკულები. რაც მეტია მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე, მით უფრო ძლიერად ეჯახებიან ისინი

ჭურჭლის კედლებს და მით მეტია აირის წნევა. გარკვეულ ტემპერატურაზე აირის წნევა იმდენად გაიზრდება, რომ საცობს ამოაგდებს (სურ. 4.40).



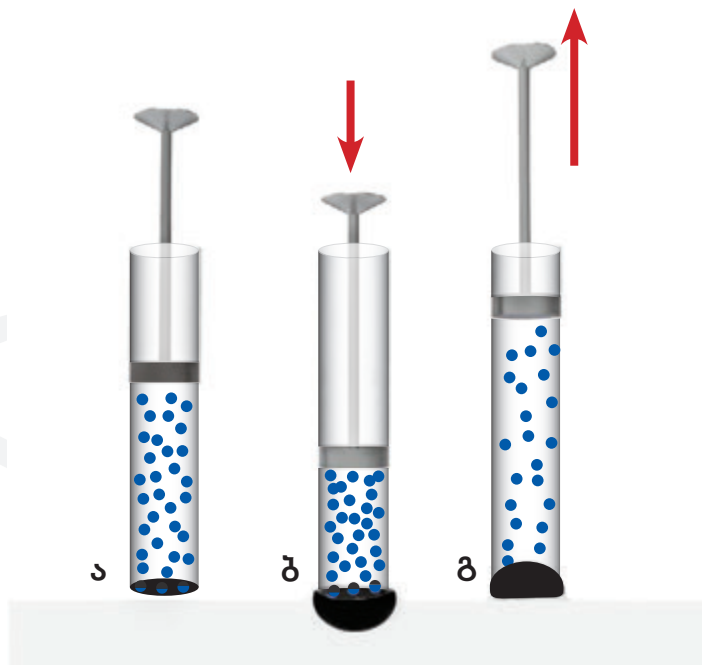
სურ. 4.40

ცხადია, რომ აირის ტემპერატურის დაკლება გამოიწვევს მისი წნევის შემცირებას.



**ჩავატაროთ მცდელობა.** ავიღოთ მინის მილი, რომლის ერთ ბოლოზე დამაგრებულია რეზინის თხელი აპკი. მილში ჩადგმულია დგუშა (სურ. 4.41, ა). დავანვეთ დგუშს. ჰაერის მოცულობა შემცირდება, ანუ აირი შეიკუმშება. რეზინის აპკი ამოიბერება, რაც მიგვანიშნებს მილში ჰაერის წნევის ზრდაზე (სურ. 4.41, ბ). ავხსნათ მიღებული შედეგი: მოცულობის შემცირებით გაიზარდა მოლეკულების რაოდენობა ყოველ კუბურ სანტიმეტრში, ანუ გაიზარდა აირის სიმკვრივე, გაიზარდა მოლეკულების დაჯახებათა რიცხვი კედლის ფართობის ერთეულზე, რამაც გამოიწვია წნევის ზრდა.

თუ დგუშს ამოვწევთ, აირის მოცულობა გაიზრდება, წნევა შემცირდება და რეზინის აპკი მილში შეიზნეკება (სურ. 4.41, გ).



სურ. 4.41

გავითვალისწინოთ, რომ ყველა ცდის დროს უცვლელი იყო აირის მასა, ხოლო მეორე ცდის დროს იცვლებოდა აირის ტემპერატურა.

ამ ცდებიდან გამომდინარეობს, რომ:

- რაც უფრო მაღალია აირის ტემპერატურა, მით უფრო მეტია მისი წნევა;
- მუდმივი ტემპერატურის დროს აირის შეკუმშვისას მისი წნევა იზრდება, ხოლო გაფართოებისას აირის წნევა მცირდება.

რას აკეთებთ, როდესაც თქვენი ველოსიპედის საბურავი დაეშვება? თქვენ საბურავს უერთებთ ტუმბოს და იწყებთ მის გაბერვას საბურავში აირის მასის დამატებას, ანუ მოლეკულების რაოდენობის გაზრდას. ამის შედეგად საბურავის კედლებზე მათი დაჯახების რაოდენობა მოიმატებს, გაიზრდება აირის წნევა (სურ. 4.42).



სურ. 4.42

#### დასკვნები:

- აირის წნევა რაიმე ზედაპირზე იქმნება მასზე აირის შემადგენელი ნაწილაკების დაჯახებების შედეგად;
- აირის მოცულობის შემცირებისას მისი წნევა იზრდება, ხოლო მოცულობის გაზრდისას მცირდება (იგულისხმება, რომ აირის ტემპერატურა არ იცვლება);
- დახურულ ჭურჭელში აირის ტემპერატურის გაზრდისას წნევა იზრდება, შემცირებისას მცირდება;
- მუდმივი მოცულობის პირობებში ჭურჭელში აირის მასის ზრდა იწვევს აირის წნევის მომატებას.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რის შედეგად წარმოიქმნება აირის წნევა?
2. როგორ და რატომ იცვლება აირის წნევა მისი მოცულობის შემცირებისას გაზრდისას?
3. როგორ და რატომ იცვლება აირის წნევა მისი გაცხელებისას? გაცივებისას?
4. რატომ იკლებს ჰაერის წნევა საბურავში მისი გახვრეტისას?
5. რატომაა შეუძლებელი გახვრეტილი საბურავის გაბერვა?



### დავალება:

1. რა შემთხვევაშია შესაძლებელი, რომ გაბერილი რეზინის ბუშტიდან ჰაერი ნელ-ნელა გარეთ გამოდიოდეს, მაგრამ მისი ზომა გარკვეული დროის განმავლობაში არ იცვლებოდეს?
2. შესაძლებელია თუ არა, რომ ცუდად თავმოკრული რეზინის ბუშტი, რომლიდანაც ჰაერი ნელ-ნელა გარეთ გამოდის, გარკვეული დროის განმავლობაში ზომაში იზრდებოდეს?
3. ზამთარში, ცივ ოთახში გამათბობელის ჩართვისას ოთახის ტემპერატურა მნიშვნელოვნად იზრდება. რატომ არ იცვლება ამ დროს ოთახში არსებული ჰაერის წნევა?
4. რით აიხსნება, რომ თუ მცირე დროით (მაგალითად 3 წუთით) გამოღებულ მაცივრის კარს ჰერმეტიკულად დავხურავთ, კარის შემდგომი გაღება გაგვიჭირდება.
5. როგორ შეიცვლება ჰაერით გაბერილი რეზინის ბუშტის მოცულობა, თუ მას მაცივრის საყინულეში მოვათავსებთ? თუ გამათბობელს მივუახლოვებთ? პასუხი დაასაბუთეთ.
6. თუ საყინულეში გარკვეული დროით (მაგ. 10 წუთით) მოვათავსებთ თავლია, ცარიელ პოლიეთილენის ბოთლს, შემდეგ კი თავსახურს მჭიდროდ მოვარგებთ და თბილ ოთახში დავდებთ, შევამჩნევთ, რომ ბოთლში წნევა საგრძნობლად გაიზრდება. ახსენით ბოთლში წნევის ზრდის მიზეზი.

## § 4.15 წნევის გადაცემა აირებსა და სითხეებში. პასკალის კანონი

მყარი სხეულების შემადგენელი ნაწილაკები მხოლოდ ქაოსურ რხევით მოძრაობას ასრულებენ და ერთმანეთის მიმართ თითქმის არ გადაადგილდებიან, ამიტომ წნევა მყარ სხეულებში მხოლოდ წნევის ძალის მიმართულებით გადაეცემა. მაგალითად, თუ ხის ძელს მოვათავსებთ ცილინდრულ ჭურჭელში (სურ. 4.43), დედამინის მიზიდულობის გამო ის მხოლოდ ჭურჭლის ფსკერს დაანევა.



სურ. 4.43

მყარი სხეულებისაგან განსხვავებით, აირებსა და სითხეებში ნაწილაკები მთელ მოცულობაში ქაოსურად გადაადგილდებიან ყველა მიმართულებით. ამიტომ სითხეები და აირები მათზე წარმოებულ წნევას ყველა მიმართულებით გადასცემენ.

სურ. 4.44, ა-ზე გამოსახულია ცილინდრული ფორმის ჭურჭელი, რომელშიც დგუშს შეუძლია გადაადგილება. დგუშის ქვეშ მოთავსებულია აირი. აირის შემადგენელი ნაწილაკები თანაბრად არიან გადანაწილებული ცილინდრის მთელ მოცულობაში.

დავანვით დგუშს. აირი შეიკუმშება. თავიდან ნაწილაკების სიმჭიდროვე მოიმატებს დგუშის უშუალო სიახლოვეს (სურ. 4.44, ბ). ქაოსური მოძრაობის გამო ისინი ყველა მიმართულებით დაიწყებენ მოძრაობას და გარკვეული დროის შემდეგ ნაწილაკები მთელ ჭურჭელში კვლავ თანაბრად გადანაწილდებიან, თუმცა უფრო მჭიდროდ, ვიდრე – თავდაპირველად (სურ. 4.44, გ). ამიტომ აირის წნევა მოიმატებს ყველგან: ჭურჭლის ფსკერზეც, კედლებზეც, დგუშზეც.

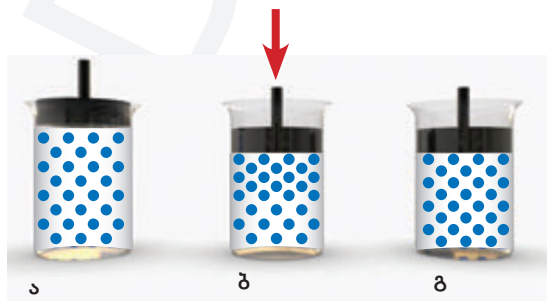
ანალოგიურად მოიმატებს წნევა მთელ მოცულობაში, თუ დგუშის ქვეშ აირის მაგივრად სითხეს მოვათავსებთ.



**ჩავატაროთ მარტივი ცდა.** პოლიეთილენის პარკი სხვადასხვა ადგილზე გავხვრიტოთ ნემსით. ჩავასხათ პარკში წყალი და მოვუკრათ თავი. დავანვით პარკს – წყალი გამოასხამს ყველა ნახვრეტიდან.

მსგავსი ცდა ჩაატარა ბ. პასკალმა. მან აიღო ღრუ სფერო, რომელსაც სხვადასხვა ადგილზე გაკეთებული ჰქონდა ნახვრეტები. სფეროს მიუერთა მილი, რომელშიც ჩადგმული იყო დგუში. აავსო სფერო წყლით და ძლიერად დაანვა დგუშს. ყველა ნახვრეტიდან წყლის ერთნაირმა ჭავლმა დაიწყო გამოსვლა (სურ. 4.45). ამ ცდაში დგუში აწევა მილში წყლის ზედაპირს. დგუშის ქვეშ მყოფი წყლის ნაწილაკები შემჭიდროვდებიან და გადასცემენ წნევას სიღრმეში მყოფ სხვა ნაწილაკებს. ამრიგად, დგუშის წნევა თანაბრად გადაეცემა სფეროში მყოფი წყლის ყველა წერტილს.

თუ სფეროს გავავსებთ კვამლით და დავანვებით დგუშს, ყველა ნახვრეტიდან კვამლის ერთნაირი ჭავლი გამოვა (სურ. 4.46). ამ ცდებში გამოყენებულ ხელსაწყოს შემდგომში პასკალის სფერო უწოდეს.



სურ. 4.44



სურ. 4.45



სურ. 4.46

ამრიგად, დახშულ ჭურჭელში მოთავსებულ აირზე ან სითხეზე წარმოებული წნევა უცვლელად გადაეცემა მათ ნებისმიერ წერტილს ყველა მიმართულებით. ეს კანონი ბ. პასკალმა 1653 წელს ჩამოაყალიბა და ის მის სახელს ატარებს.

#### დასკვნები:

- მყარი სხეულები წნევას გადასცემენ მხოლოდ წნევის ძალის მოქმედების მიმართულებით;
- დახშულ ჭურჭელში მოთავსებული სითხეები და აირები მათზე წარმოებულ წნევას უცვლელად გადასცემენ ყველა წერტილს ყველა მიმართულებით.

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რა განაპირობებს აირებისა და სითხეების მიერ მათზე წარმოებული წნევის გადაცემას ყველა წერტილში და ყველა მიმართულებით?
2. რას ნიშნავს „წნევა გადაეცემა ნებისმიერ წერტილს ყველა მიმართულებით“?
3. რატომ ვერ გამოვიყენებთ პასკალის კანონს მყარი სხეულებისათვის?



#### დავალება:

1. მოიყვანეთ პასკალის კანონის სადემონსტრაციო მაგალითები ბუნებიდან და ყოველდღიური ცხოვრებიდან.
2. სურ. 4.47-ზე ნაჩვენებ თითოეულ შადრევანს, წყალმომარაგების ერთი მილი გააჩნია. რით აიხსნება, რომ წყალი თითოეული შადრევანის ყველა მხარეს ერთნაირი ჭავლით გამოედინება?
3. ახსენით სურ. 4.48-ზე გამოსახული სარწყავი მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი.
4. რატომ გამოიხსმება ერთნაირად წყალი საშხაპის ყველა ნახვრეტიდან (სურ. 4.49)?
5. რაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ ანთებული გაზქურას ცეცხლის ალი ყველა მხარეს ერთნაირია (სურ. 4.50)?



სურ. 4.47



სურ. 4.48



სურ. 4.49



სურ. 4.50

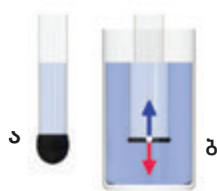
## § 4.17 სითხის წნევა

 გაიხსენეთ! დენადობის თვისების გამო სითხე იღებს იმ ჭურჭლის ფორმას, რომელშიც მოვათავსებთ. თუ სითხეზე მოქმედებს გარე წნევის ძალა, მაშინ სითხე წარმოქმნილ წნევას ყველა წერტილს თანაბრად გადასცემს. დედამიწის პირობებში სითხეზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა. თავისი სიმძიმის გამო სითხე აწევა ჭურჭლის ფსკერსაც და კედლებსაც. ამაში შეიძლება დავრწმუნდეთ სხვადასხვა ცდით.

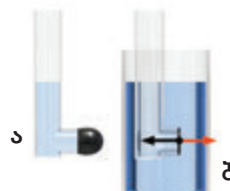
 **ცდა 1.** მინის მილში, რომლის ერთი ბოლო დახურულია რეზინის თხელი აპკით, ჩავასხათ წყალი. რეზინის აპკი გამოიბერება – მასზე იმოქმედებს წყლის წნევის ძალა (სურ. 4.51,ა). რაც უფრო მეტ წყალს ჩავასხამთ მილში, მით უფრო გამოიბერება აპკი. მილში წყალი წონასწორობაშია, რადგან წყალზე მოქმედი სიმძიმის ძალა გაწონასწორებულია მასზე მოქმედი რეზინის აპკის დრეკადობის ძალით.

ჩავუშვათ რეზინის აპკიანი წყლიანი მილი უფრო ფართო წყლიან ჭურჭელში. რაც უფრო ღრმად ჩავუშვებთ მილს, რეზინის აპკი თანდათან გასწორდება. როდესაც წყლის დონეები მილსა და ჭურჭელში გათანაბრდება, რეზინის აპკი მთლიანად გასწორდება (სურ. 4.51,ბ). ეს მიუთითებს იმაზე, რომ მასზე წარმოებული წნევა ზევიდან და ქვევიდან ერთმანეთს გაუტოლდა. აქედან გამომდინარეობს – სითხეში არსებობს წნევა, რომელიც გადაეცემა ქვევიდან ზევით და ის ტოლია ამავე სიღრმეზე ზევიდან ქვევით წარმოებული წნევისა.

თუ იმავე ცდას ჩავატარებთ მილით, რომელსაც რეზინის აპკი უკეტავს გვერდითა მხარეს (სურ. 4.52,ა,ბ), დავრწმუნდებით, რომ სითხე აწარმოებს წნევას გვერდითაც, კედლისკენ. ამ შემთხვევაშიც, წყლის დონეების გათანაბრებისას წნევა აპკის ორივე მხარეს იქნება ერთნაირი, რაზეც აპკის გასწორება მიუთითებს.

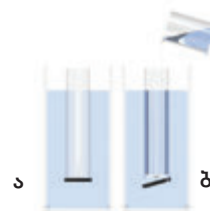


სურ. 4.51



სურ. 4.52

 **ცდა 2.** ავიღოთ მინის მილი, რომლის ერთ ბოლოს მჭიდროდ მიჯაბოთ ფირფიტა. ჩავუშვათ მილი წყლიან ჭურჭელში ამ ბოლოთი. ქვევიდან ზევით წარმოებული წნევის გამო, ფირფიტა მიაწევა მილს და მასში წყალი არ შევა (სურ. 4.53,ა). შემდეგ მასში ფრთხილად ჩავასხათ წყალი. როცა მილში და ჭურჭელში წყლის დონეები გათანაბრდება, ფირფიტა მოძვრება მილს (სურ. 4.53,ბ). ეს ასე აიხსნება: ფირფიტაზე ზევიდან ქვევით წნევას აწარმოებს მილში მყოფი წყალი. იმავედროულად, ქვევიდან ზევით მასზე წნევით მოქმედებს ჭურჭელში არსებული წყალი. როცა ეს წნევები გათანაბრდება, ფირფიტა თავისი სიმძიმის გამო მოსცილდება ფსკერს.



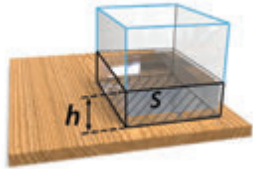
სურ. 4.53

ჩატარებული ცდებიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ: **დედამიწის მიერ სითხის მიზიდულობის გამო სითხის შიგნით წარმოიქმნება წნევა; ეს წნევა მოქმედებს არა მარტო ჭურჭლის ფსკერსა და კედლებზე, არამედ სითხის შიგნით არსებულ ნებისმიერ სხეულზე; ერთსა და იმავე დონეზე ეს წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირია; სიღრმის მატებასთან ერთად წნევაც იზრდება.**

უძრავი სითხის წნევას, რომელსაც ის აწარმოებს სიმძიმის ძალის მოქმედებით, ჰიდროსტატიკური წნევა ეწოდება (ბერძ. Hidros – წყალი, statos – უძრავი).

როგორ გამოვთვალოთ ჰიდროსტატიკური წნევა?

ვთქვათ, ჭურჭელში, რომელსაც ვერტიკალური კედლები აქვს, ასხია  $\rho$  სიმკვრივე-სა და  $h$  სიმაღლის სითხე (სურ. 4.54). ფსკერის ფართობია  $S$ . წნევის ძალა, რომლითაც სითხე მოქმედებს ფსკერზე, ტოლია სითხის სიმძიმის ძალისა:  $F=mg$ . გამოვსახოთ სითხის მასა სიმკვრივეთ და მოცულობით  $m=\rho V$ . თუ გავითვალისწინებთ, რომ სითხის მოცულობა ტოლია ფსკერის ფართობისა და სითხის სიმაღლის ნამრავ-ლისა, მივიღებთ, რომ  $m=\rho Sh$ , ხოლო სიმძიმის ძალისათვის –  $F=\rho Shg$ .



სურ. 4.54

გავიხსენოთ წნევის გამოსათვლელი ფორმულა

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

თუ ამ ფორმულაში ჩავსვამთ ზემოთ მიღებულ ძალის მნიშვნელობას, მივიღებთ ჰიდროსტატიკური წნევის გამოსაანგარიშებელ ფორმულას:

$$p = \rho gh$$

ჰიდროსტატიკური წნევა დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის გვარობასა და სითხის სვეტის სიმაღლეზე. ის არ არის დამოკიდებული ჭურჭლის ფორმაზე, სითხის მასაზე და ჭურჭლის ფსკერის ფართობზე.

პასკალის კანონზე დაყრდნობით შეიძლება ვთქვათ, რომ  $p=\rho gh$  ფორმულით შეი-ძლება გამოვთვალოთ წნევა არა მარტო ჭურჭლის ფსკერზე, არამედ სითხის ნებისმი-ერ წერტილში, თუ  $h$ -ის ქვეშ ვიგულისხმებთ მანძილს სითხის ღია ზედაპირიდან ამ წერტილამდე.

რადგან სითხის წნევა სიღრმის ზრდის პროპორციულად იზრდება, ამიტომ ჭურჭ-ლის მთელ კედელზე წნევის გამოსათვლელად უნდა ვისარგებლოთ წნევის საშუალო მნიშვნელობით:

$$p_{\text{კედ}} = \frac{0 + \rho gh}{2} = \frac{\rho gh}{2},$$

რომელშიც  $h$  ჭურჭელში სითხის სიმაღლეა.

#### დასკვნები:

- ჰიდროსტატიკური წნევის არსებობა გამოწვეულია უძრავ სითხეზე მოქმე-დი სიმძიმის ძალით;
- სიღრმეზე ჰიდროსტატიკური წნევა დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის სიმკვრივეზე და სითხის სვეტის სიმაღლეზე;
- $h$  სიღრმეზე ჰიდროსტატიკური წნევა გადაეცემა ყველა მიმართულებით და გამოითვლება ფორმულით:  $p=\rho gh$ .

### საკონტროლო კითხვები:

1. რას უწოდებენ სითხის ჰიდროსტატიკურ წნევას?
2. რა არის ჰიდროსტატიკური წნევის წარმოქმნის მიზეზი?
3. რა სიდიდეებზეა დამოკიდებული ჰიდროსტატიკური წნევა?
4. რა სიდიდეებზე არაა დამოკიდებული ჰიდროსტატიკური წნევა?
5. როგორ იცვლება ჰიდროსტატიკური წნევა სიღრმის მატებასთან ერთად?
6. რატომ ითვლიან კედელზე წნევის საშუალო მნიშვნელობას?
7. როგორ შევქმნათ დიდი ჰიდროსტატიკური წნევა სითხის მცირე რაოდენობით?
8. იარსებებდა თუ არა ჰიდროსტატიკური წნევა სხვა პლანეტებზე?



### დავალება:

ამოცანების ამოხსნის დაწყებამდე გაეცანით ამოცანის ამოხსნის ნიმუშს § 4.21 ამოცანა 3.

1. ჰორიზონტალურ მაგიდაზე მოთავსებული 60 სმ სიმაღლის აკვარიუმი ბოლომდე სავსეა წყლით. განსაზღვრეთ აკვარიუმის ფსკერზე წარმოქმნილი ჰიდროსტატიკური წნევა. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

2. ტბის ზედაპირიდან რა სიღრმეზე ქმნის წყალი  $10^5$  პასკალ ჰიდროსტატიკურ წნევას? ჩათვალით, რომ ტბის წყალი მტკნარია და  $g=10$  ნ/კგ.

3. როგორ შეიცვლება გაბერილი რეზინის ბუშტის მოცულობა, თუ მას ტბის ფსკერზე ჩავიტანთ? პასუხი დაასაბუთეთ.

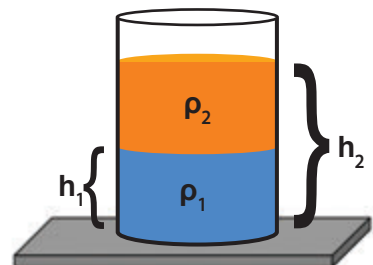
4. ერთნაირია თუ არა წნევა შავი ზღვისა და მკვდარი ზღვის ზედაპირიდან 20 მეტრ სიღრმეზე? (მკვდარი ზღვის წყლის სიმკვრივე მეტია შავი ზღვის წყლის სიმკვრივეზე).

5. რამდენი პასკალია 760 მმ სიმაღლის ვერცხლისწყლის ვერტიკალური სვეტის მიერ წარმოებული წნევა? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

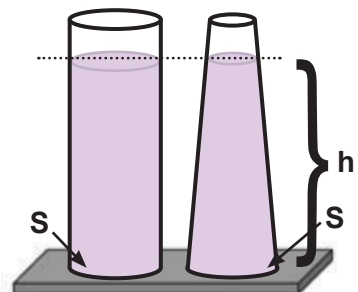
6. ცილინდრული ფორმის ვერტიკალურ ჭურჭელში ჩასხმულია  $\rho_1=1000$  კგ/მ<sup>3</sup> სიმკვრივის წყალი და  $\rho_2=930$  კგ/მ<sup>3</sup> სიმკვრივის მზესუმზირის ზეთი (ნახ. 4.36). მათი დონეების დაშორება ფსკერიდან შესაბამისად არის:  $h_1=0,6$  მ,  $h_2=1,4$  მ. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ, განსაზღვრეთ ჰიდროსტატიკური წნევა ჭურჭლის ფსკერზე და ფსკერიდან:

- ა) 60 სმ-სიმაღლეზე;
- ბ) 30 სმ-სიმაღლეზე;
- გ) 1 მ-სიმაღლეზე.

7. ჰორიზონტალურ მაგიდაზე დევს კუბის ფორმის აკვარიუმი, რომელიც ბოლომდე სავსეა 125 კგ მასის წყლით. რისი ტოლია წყლის წნევა აკვარიუმის ფსკერზე? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.



ნახ. 4.36

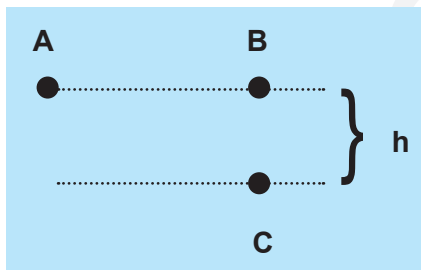


ნახ. 4.37

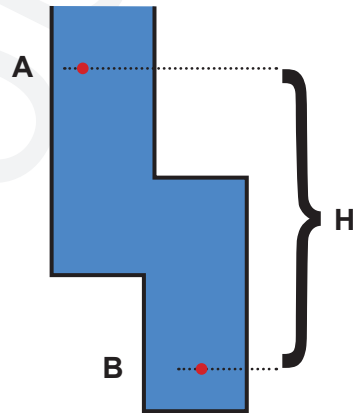
8. ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებულ ორ განსხვავებულ ჭურჭელში, რომელთაც ერთნაირი ფუძის ფართობი აქვთ, ჩასხმულია ერთი და იგივე  $\rho=1200 \text{ კგ/მ}^3$  სიმკვრივის სითხე. (ნახ. 4.37). ჩათვალეთ, რომ  $g=10 \text{ ნ/კგ}$  და განსაზღვრეთ სითხეების მიერ შექმნილი წნევის ძალა თითოეული ჭურჭლის ფსკერზე, თუ მათი ფართობი  $S=50 \text{ სმ}^2$  და სითხის სიმაღლე ორივე ჭურჭელში  $50 \text{ სმ}$ -ის ტოლია.

9. ტბის სიღრმეში მდებარე A წერტილში წნევა  $2 \cdot 10^5 \text{ პა}$ -ია. (ნახ. 4.38) განსაზღვრეთ წნევა B და C წერტილებში თუ  $h=10 \text{ მ}$ -ს. ჩათვალეთ, რომ ტბაში მტკნარი წყალია და  $g=10 \text{ ნ/კგ}$ .

10. ნახ. 4.39-ზე მოცემულ წყლიანი ჭურჭლის A წერტილში წნევა  $8 \cdot 10^5 \text{ პასკალი}$ ა. განსაზღვრეთ წნევა B წერტილში თუ მისი დონე, A წერტილის დონისაგან  $H=100 \text{ მეტრი}$ თ ქვემოთაა. ჩათვალეთ, რომ  $g=10 \text{ ნ/კგ}$ .



ნახ. 4.38



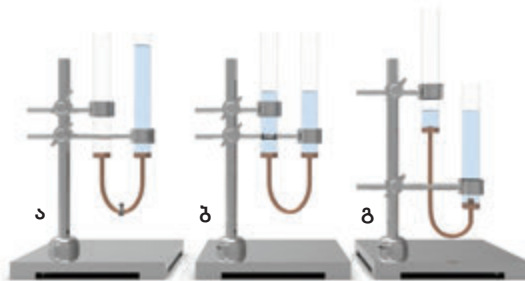
ნახ. 4.39

## § 4.18 ზიარჭურჭელი

მაგიდაზე დევს სითხით სავსე გამჭვირვალე ჩაიდანი. ჩანს, რომ ჩაიდანი და მისი ცხვირი ორი სხვადასხვა ჭურჭელია, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია ქვედა არეში არსებული ხვრელით, ამიტომ სითხე ავსებს მათ და ორივე ჭურჭელში ის ერთ დონეზე იმყოფება. ცხვირის ზედა ხვრელი სავსე ჩაიდანში სითხის დონეზე მაღლაა. თუ ჩაიდანს გადავხრით ცხვირის მხარეს, მისი ცხვირი აღმოჩნდება სითხის დონეზე დაბლა და სითხე გადმოიღვრება.



**ჩავატაროთ ცდა.** ავიღოთ ორი ერთნაირი მინის გამჭვირვალე მილი და ჩავამაგროთ შტატივში ვერტიკალურად ერთ სიმაღლეზე. შევავერთოთ მათი ქვედა ბოლოები რეზინის მილით. შემდეგ რეზინის მილი გადავკეტოთ მომჭერით და ერთ-ერთ მილში ჩავასხათ შეფერადებული წყალი (სურ. 4.55,ა). როდესაც მომჭერს მოვხსნით, დავინახავთ, რომ სითხე ორივე მილში ერთ დონეზე დადგება (სურ. 4.55,ბ). მილების ზევით ან ქვევით გადაადგილებით, სურათი არ შეიცვლება – სითხე ორივე მილში მაინც ერთ დონეზე აღმოჩნდება (სურ. 4.55,გ).



სურ. 4.55

ერთმანეთთან შეერთებულ ჭურჭლებს, რომლებშიც სითხეს თავისუფლად შეუძლია გადაადინება ერთი ჭურჭლიდან მეორეში, ზიარჭურჭელი ჰქვია.

ჩატარებულ ცდაში ერთ-ერთი მილი შევცვალოთ სხვა დიამეტრისა და ფორმის მილებით და ცდა გავიმეოროთ. დავინახავთ, რომ სითხე მილებში მაინც ერთ დონეზე იქნება (სურ. 4.56). აქედან გამომდინარეობს ზიარჭურჭლის კანონი.



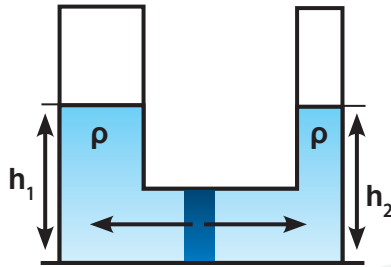
სურ. 4.56

**ზიარჭურჭელში ერთგვაროვანი სითხის თავისუფალი ზედაპირები ერთ დონეზე დგება.**

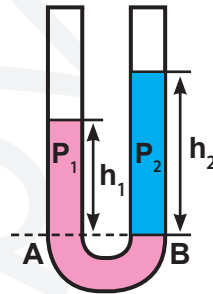
ამ კანონის მართებულობა შეიძლება დავამტკიცოთ შემდეგნაირად: ვთქვათ, ზიარჭურჭელში ჩასხმულია  $\rho$  სიმკვრივის ერთგვაროვანი სითხე (ნახ. 4.40). მილებში სითხის

სიმაღლეები აღვნიშნოთ  $h_1$ -ით და  $h_2$ -ით. ვინაიდან სითხე წონასწორობაშია, მარცხენა და მარჯვენა მილებში არსებული სითხის ჰიდროსტატიკური წნევები შემაერთებელ მილში ერთნაირია:  $\rho gh_1 = \rho gh_2$ , საიდანაც მივიღებთ, რომ  $h_1 = h_2$ .

რა მოხდება, თუ ზიარჭურჭლის მილებში ჩავასხამთ განსხვავებული სიმკვრივის სითხეებს, რომლებიც ერთმანეთს არ ერევა (მაგალითად, წყალი და ნავთი)?



ნახ. 4.40



ნახ. 4.41

სითხეების ჩასხმის შემდეგ დავინახავთ, რომ მათი თავისუფალი ზედაპირები სხვადასხვა დონეზე განთავსდებიან რაიმე  $AB$  დონიდან, რომლის ქვემოთაც სითხე ერთგვაროვანია, მის ზემოთ კი სხვადასხვა სითხეა. ამასთან, მეტი  $\rho_1$  სიმკვრივის სითხე უფრო დაბალ დონეზე დადგება, ვიდრე მცირე  $\rho_2$  სიმკვრივის სითხე (ნახ. 4.41). ავხსნათ ეს შედეგი: რადგან სითხეები წონასწორობაშია, ეს ნიშნავს, რომ სითხეთა გამყოფ  $AB$  დონეზე მარცხენა და მარჯვენა მილებში არსებული სითხის ჰიდროსტატიკური წნევები ერთნაირია:  $p_1 = p_2$ . ჰიდროსტატიკური წნევის ფორმულის გამოყენებით მივიღებთ:  $\rho_1 gh_1 = \rho_2 gh_2$ , ანუ  $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$ . აქედან, ვღებულობთ:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

**ზიარჭურჭელში, სხვადასხვა სიმკვრივის სითხეების სიმაღლეები, ათვლილი სითხეების გამყოფი ზედაპირიდან, მათი სიმკვრივების უკუპროპორციულია.**

ზიარჭურჭელი ფართოდ გამოიყენება ცხოვრებასა და ტექნიკაში.

თუ ზიარჭურჭელში ერთგვაროვანი სითხის ზედაპირებზე წრფეს გავატარებთ, ის იდეალურად ჰორიზონტალური იქნება. ეს პრინციპი უდევს საფუძვლად ხელსაწყო-ნიველირის მოქმედებას (სურ. 4.57).

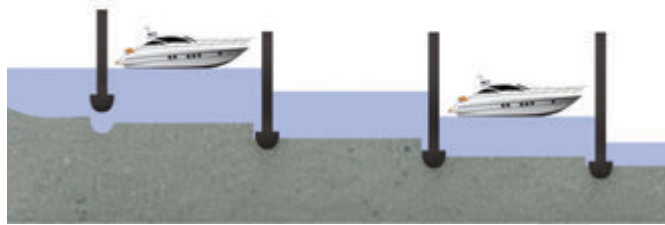


სურ. 4.57



დაფიქრდით! როგორ შეცვლილი პარაგრაფის პირველ ცდაში მინის მილებს, რომ პატარა შადრევანი დაგვემზადებინა?

ქვემოთ მოყვანილ სურ. 4.58-ზე გრანდიოზული ზიარი ჭურჭლები – რაბები გა-  
მოსახული. ისინი გამოიყენება, მაგალითად, გემების გასვლისას არხზე, რომელიც  
დედამინის ზედაპირიდან სხვადასხვა დონეზე მდებარე ორ მდინარეს აერთებს. რაბე-  
ბი შედგება კამერებისა და ჭიშკრებისაგან.



სურ. 4.58



დაფიქრდით და ახსენი რაბების მუშაობის პრინციპი.

#### დასკვნები:

- ერთმანეთთან შეერთებულ ჭურჭლებს, რომლებშიც სითხეს თავისუფლად შეუძლია გადაადინება ერთი ჭურჭლიდან მეორეში, ზიარჭურჭელი ჰქვია.
- ზიარჭურჭელში ერთგვაროვანი სითხის თავისუფალი ზედაპირები ერთ დონეზე დგება.
- ზიარჭურჭელში სხვადასხვა სიმკვრივის სითხეების სიმაღლეები, ათვლილი სითხეების გამყოფი ზედაპირიდან, უკუპროპორციულნი არიან მათი

სიმკვრივებისა. 
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

#### საკონტროლო კითხვები:

1. რატომ დგება ერთგვაროვანი სითხის ზედაპირები ზიარჭურჭლის მილებში ერთ დონეზე?
2. რისი ტოლია ზიარჭურჭელში სხვადასხვა სიმკვრივის სითხეების სიმაღ-  
ლეების შეფარდება?



#### დავალბა:

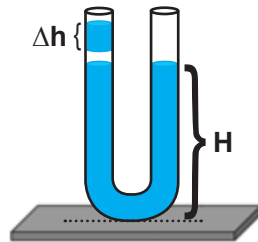
ამოცანების ამოხსნის დაწყებამდე გაეცანით ამოცანის ამოხსნის ნიმუშს § 4.21 ამო-  
ცანა 2.

1. ორმუხლიან ზიარჭურჭელში წყლის დონე  $H=50$  სმ-ის ტოლია (ნახ. 4.42). რისი  
ტოლი გახდება წყლის დონე, თუ მარცხენა მუხლში დავამატებთ  $\Delta h=10$  სმ სიმაღლის  
წყლის სვეტს? ჩათვალით, რომ ზიარჭურჭელის მუხლები ერთნაირია.

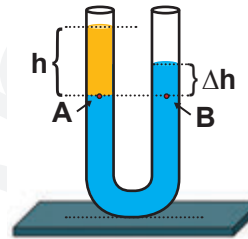
2. ზიარჭურჭელს ორივე მუხლი ერთნაირი აქვს. მასში არსებული წყლის დონე  
 $H=50$  სმ-ის ტოლია (იხილეთ წინა ამოცანის ნახაზი). რამდენჯერ გაიზრდება ჰი-  
დროსტატიკული წნევა ზიარჭურჭელის ფსკერზე, მარცხენა მუხლში  $\Delta h=10$  სმ სიმაღ-  
ლის წყლის სვეტის დამატების შემდეგ?

3. ზიარჭურჭელს ორივე მუხლი ერთნაირი აქვს. როგორ შეიცვლება მასში არსებული წყლის დონე და წნევა ფსკერზე, თუ ზიარჭურჭელის პირველ და მეორე მუხლებში დავამატებთ, შესაბამისად 10 სმ და 18 სმ სიმაღლის წყლის სვეტებს? ჩათვალით, რომ  $g=10 \text{ ნ/კგ}$ .

4. ზიარჭურჭელში (ნახ. 4.43), რომელშიც გარკვეული რაოდენობის წყალი ესხა, ჩაასხეს  $h=50$  სმ სიმაღლის მზესუმზირის ზეთი. ჩათვალით, რომ  $g=10 \text{ ნ/კგ}$  და განსაზღვრეთ: ა) წნევა A წერტილში; ბ) წნევა B წერტილში; გ) წყლის დონეებს შორის  $\Delta h$  მანძილი.



ნახ. 4.42



ნახ. 4.43



#### საშინაო ცდა

**ცდის მიზანი:** ატმოსფერულ წნევაზე დაკვირვება.

**ცდისთვის საჭიროა:** ჭიქა, მუყაოს ფურცელი.

ჭიქა ბოლომდე გააფსეთ წყლით და დააფარეთ მუყაოს ფურცელი. ფურცელს დაადეთ ხელისგული და ჭიქა სწრაფად ამოატრიალეთ ფსკერით ზევით. ამის შემდეგ მოაცილეთ ხელი ფურცელს. თუ ცდას სწორად ჩაატარებთ, წყალი ჭიქიდან არ გადმოიღვრება. ეს ცდა უმჯობესია ჩაატაროთ აბაზანაში, ვინაიდან, თუ ფურცელი მჭიდროდ არ ეკვრის ჭიქას, წყალი შეიძლება გადმოიღვაროს.

შეეცადეთ ახსნათ ცდის შედეგი.

## § 4.21 ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

1. ნახ. 4.47-ზე გამოსახული დინამომეტრის დანაყოფის ფასი 0,1 ნ-ია. მასზე ჩამოკიდებული ოქროს ბურთი ჩაშვებულია წყალში. განსაზღვრეთ ბურთის სიღრუის მოცულობა, თუ მისი მასა 200 გ-ის ტოლია. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

| მოც:             |  |
|------------------|--|
| $F_0=0,1$ ნ      |  |
| $m=200$ გ=0,2 კგ |  |
| $g=10$ ნ/კგ      |  |
| უ.ვ. $V_1$       |  |

ამოხსნა:

სიმკვრივეების ცხრილში მოვძებნოთ ოქროსა და წყლის სიმკვრივეები:  $\rho_{\text{ოქრო}}=19300$  კგ/მ<sup>3</sup>.  $\rho_{\text{წყალი}}=1000$  კგ/მ<sup>3</sup> ოქროს საკუთარი მოცულობა (სიღრუის გარეშე):

$$V_2 = \frac{m}{\rho_{\text{ოქრო}}} = \frac{0,2}{19300} \text{ მ}^3.$$

ნახაზზე გამოსახული ბურთის სიღრუის მოცულობა ტოლია ბურთის მიერ წყალში დაკავებული  $V$  მოცულობისა და ოქროს საკუთარი მოცულობის სხვაობის.  $V_1 = V - V_2$  (1).

ბურთზე მოქმედებს სამი ძალა, აქედან ორს, ზევით მიმართულ არქიმედეს ძალას და დინამომეტრის ზამბარის დრეკადობის ძალას აწონასწორებს ქვევით მიმართული სიმძიმის ძალა, ამიტომ:

$F_{\text{არქიმედეს}} + F_{\text{დრეკადობის}} = mg$ . რადგან დინამომეტრის დანაყოფის ფასი  $F_0=0,1$  ნ-ია, დინამომეტრის ჩვენება  $F_{\text{დრეკადობის}}=0,5$  ნ-ს.  $mg=0,2 \cdot 10=2$  ნ-ს. შესაბამისად  $F_{\text{არქიმედეს}} = mg - F_{\text{დრეკადობის}} = 1,5$  ნ.

$F_{\text{არქიმედეს}} = \rho_{\text{წყალი}} \cdot g \cdot V \Rightarrow V = \frac{F_{\text{არქიმედეს}}}{\rho_{\text{წყალი}} \cdot g} = \frac{1,5}{10000}$ . მიღებული შედეგის (1) განტოლებაში შეტანით

$$\text{მივიღებთ: } V_1 = \frac{1,5}{10000} - \frac{0,2}{19300} \approx 0,14 \text{ დმ}^3.$$

**პასუხი:** სიღრუის მოცულობაა 0,14 დმ<sup>3</sup>



ნახ. 4.47

2. ზიარჭურჭელში წყალია. (ნახ. 4.48) მის ერთ-ერთ მუხლში ჩაასხეს  $h_1=50$  სმ სიმაღლის ნავთი. რა  $h_2$  სიმაღლის ბენზინი უნდა ჩავასხათ მეორე მუხლში, რომ ბენზინისა და ნავთის თავისუფალი ზედაპირები ერთი და იმავე დონეზე აღმოჩნდნენ? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

| მოც:                            |  |
|---------------------------------|--|
| $h_1=50$ სმ=0,5 მ               |  |
| $\rho_1=800$ კგ/მ <sup>3</sup>  |  |
| $\rho_2=710$ კგ/მ <sup>3</sup>  |  |
| $\rho_3=1000$ კგ/მ <sup>3</sup> |  |
| უ.ვ. $h_2$                      |  |

ამოხსნა:

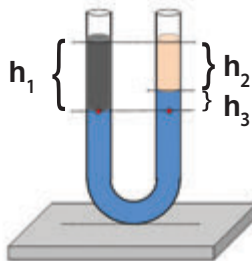
წყლის თავისუფალ ზედაპირებს შორის დონეთა სხვაობა აღვნიშნოთ  $h_3$ -ით. ნახაზიდან ჩანს, რომ  $h_1=h_2+h_3$ .  $\Leftrightarrow h_2+h_3=0,5$  მ.  $h_3=0,5-h_2$ .

ჰიდროსტატიკური წნევა მარცხენა მუხლის ნითლად მონიშნულ წერტილში იქნება:  $P_1 = \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = 800 \cdot 10 \cdot 0,5 = 4000$  პა. მარჯვენა მუხლის ნითლად მონიშნულ წერტილში:  $P_2 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2 + \rho_3 \cdot g \cdot h_3$ .

მოცემულ წერტილებში წნევები ერთნაირია რადგან ისინი მდებარეობენ ერთი და იმავე სიღრმეში, ერთი და იგივე დონეზე.  $P_1=P_2 \Leftrightarrow \rho_2 \cdot g \cdot h_2 + \rho_3 \cdot g \cdot h_3 = 4000 \text{ პა}$ . რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:  $710 \cdot 10 \cdot h_2 + 1000 \cdot 10 \cdot h_3 = 4000 \text{ პა}$ .  $\Rightarrow 71 \cdot h_2 + 100 \cdot h_3 = 40 \text{ პა}$ . თუ ამ განტოლებაში  $h_3$ -ის ნაცვლად  $(0,5-h_2)$ -ს შევიტანთ, მივიღებთ:

$$71 \cdot h_2 + 100 \cdot (0,5 - h_2) = 40 \Leftrightarrow 71 \cdot h_2 + 50 - 100 \cdot h_2 = 40 \Leftrightarrow 29 \cdot h_2 = 10 \Rightarrow h_2 \approx 0,345 \text{ მ.}$$

**პასუხი:** ბენზინის სვეტის სიმაღლეა 34 სმ.



ნახ. 4.48

3. კუბის ფორმის წყლის რეზერვუარის სიმაღლე 2 მ-ია. მისი 3/4 ნაწილი ავსებულია წყლით. განსაზღვრეთ წნევა რეზერვუარის ფსკერზე და ერთ-ერთ კედელზე მოქმედი წნევის ძალა. ჩათვალით, რომ  $g=10 \text{ ნ/კგ}$  და ატმოსფერულ წნევას ნუ გაითვალისწინებთ (ნახ.4.49).

| მოც:                       |  |
|----------------------------|--|
| $h=2 \text{ მ}$            |  |
| $\rho=1000 \text{ კგ/მ}^3$ |  |
| უ.ვ. $P, F$ .              |  |

**ამოხსნა:**

წყლის სიმაღლე რეზერვუარში აღვნიშნოთ  $h_1$ -ით. რადგან რეზერვუარი კუბის ფორმისაა, მისი სიგრძეც და სიგანეც იქნება  $h=2 \text{ მ}$ . წყლის მოცულობა  $V_1=h_1 \cdot h \cdot h=4 \cdot h_1 \text{ მ}^3$ . რეზერვუარის მოცულობა:  $V=2^3=8 \text{ მ}^3$ . ამოცანის პირობის თანახმად  $V_1=\frac{3}{4}V \Rightarrow 4 \cdot h_1=\frac{3}{4} \cdot 8=6 \text{ მ}^3 \Rightarrow h_1=1,5 \text{ მ}$ .

წნევა რეზერვუარის ფსკერზე იქნება:

$$P=\rho \cdot g \cdot h_1=1000 \cdot 10 \cdot 1,5=15000 \text{ პა.}$$

ერთ-ერთ კედელზე წნევის ძალის გამოსათვლელად უნდა განვსაზღვროთ კედელზე შექმნილი საშუალო წნევა და გაავამრავლოთ კედლის წყალთან შეხების ფართობზე.  $F=P_{\text{საშ}} \cdot S$ . რადგან წყლის სიღრმის მიხედვით წნევა თანაბრად იზრდება,

$$P_{\text{საშ}}=\frac{P+0}{2}=\frac{P}{2}=7500 \text{ პა.}$$

კედლის წყალთან შეხების ფართობი წარმოადგენს მართკუთხედის ფართობს, რომლის სიგრძეა  $h=2 \text{ მ}$ , სიმაღლე  $h_1=1,5 \text{ მ}$ . შესაბამისად:  $S=2 \cdot 1,5=3 \text{ მ}^2$ .  $F=7500 \cdot 3=22500 \text{ ნ}$ .

**პასუხი:** ფსკერზე წნევა 15000 პა-ია. კედელზე მოქმედი საშუალო ძალა 22500 ნ.



ნახ. 4.49

4. განსაზღვრეთ 1,5 ტ მასის ავტომობილის მიერ გზის ჰორიზონტალურ საფარზე წარმოქმნილი წნევა, თუ თითოეული ბორბლის მიწასთან შეხების ფართობი 200 სმ<sup>2</sup>-ია. ჩათვალით, რომ ავტომობილის მასა თანაბრად არის გადანაწილებული ოთხივე ბორბალზე.  $g=10$  ნ/კგ.

მოც:

$$m=1,5\text{ტ}=1500\text{კგ}$$

$$S_1=200\text{სმ}^2=0,02\text{მ}^2$$

უ.ვ. P.

ამოხსნა:

რადგან ავტომობილი 4 ბორბლიანია და მისი მასა თანაბრადაა გადანაწილებული ოთხივე ბორბალზე, ის წნევას ავითარებს გზის საფარის  $S=4\cdot S_1=0,08\text{მ}^2$  ფართობზე. ავტომობილზე მოქმედი სიმძიმის ძალა  $mg=15000$  ნ. რადგან ავტომობილის გზაზე დანოლას მხოლოდ სიმძიმის ძალა განაპირობებს, წნევის გამოსათვლელად სიმძიმის ძალა უნდა გავყოთ გზის საფართან შეხების ფართობზე.

$$P=\frac{mg}{S}=\frac{15000}{0,08}=187500\text{ პა.}$$

**პასუხი:** ავტომობილი აწარმოებს 187500 პა წნევას.

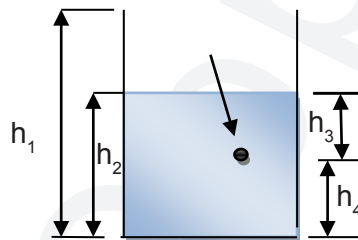
## მე-4 თავის მეორე ნაწილის შემაჯამებელი კითხვები და ამოცანები

1. ქვემოთ მოცემული წინადადებები გადაიწერეთ რვეულში და ჩასვით გამოტოვებული სიტყვები:

1. სიდიდეს, რომელიც განისაზღვრება წნევის ..... მოდულის ფარდობით იმ ზედაპირის ფართობთან, რომელზეც ის მოქმედებს, წნევა ეწოდება.
2. .... გვიჩვენებს ფართობის ერთეულზე მოქმედ მართობულ ძალას.
3. რაც უფრო ..... აირის ტემპერატურა, მით უფრო მეტია მისი წნევა.
4. მუდმივი ტემპერატურის დროს აირის ..... მისი წნევა იზრდება, ხოლო ..... აირის წნევა მცირდება.
5. აირის წნევა რაიმე ზედაპირზე იქმნება მასზე აირის შემადგენელი ..... დაჯახებების შედეგად.
6. დახშულ ჭურჭელში მოთავსებულ ..... ან ..... წარმოებული წნევა უცვლელად გადაეცემა მათ ნებისმიერ წერტილს ყველა მიმართულებით.
7. მყარი სხეულები წნევას ..... მხოლოდ წნევის ძალის მოქმედების .....  
.....
8. ჰიდრავლიკური მანქანის დახმარებით იმდენჯერ ..... ძალაში, რამდენჯერაც დიდი დგუშის ფართობი მეტია პატარა ..... ფართობზე.
9. ჰიდრავლიკური მანქანის მოქმედების პრინციპი ..... კანონზეა დამყარებული.
10. უძრავი სითხის წნევას, რომელსაც ის აწარმოებს ..... მოქმედებით, ჰიდროსტატიკური წნევა ეწოდება.
11. ჰიდროსტატიკური წნევა დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის ..... და სითხის სვეტის ..... . ის არ არის დამოკიდებული ჭურჭლის ..... , სითხის მასაზე და ..... ფსკერის ფართობზე.
12. ერთი და იმავე სითხეში ერთი და იგივე ..... წნევა ყველა წერტილში ერთნაირია.
13. ერთმანეთთან შეერთებულ ჭურჭლებს, რომლებშიც სითხეს თავისუფლად შეუძლია ..... ერთი ჭურჭლიდან მეორეში, ზიარჭურჭელი ეწოდება.
14. ზიარჭურჭელში ერთგვაროვანი სითხის თავისუფალი ზედაპირები ერთ .....  
.....
15. ზიარჭურჭელში, სხვადასხვა ..... სითხეების სიმაღლეები, ათვლილი სითხეების გამყოფი ზედაპირიდან, მათი სიმკვრივების უკუპროპორციულია.
16. ატმოსფერული წნევა ტოლია წნევის, რომელსაც აწარმოებს ..... სიმაღლის ვერცხლისწყლის ..... სვეტი.
17. ატმოსფერულ წნევას, რომელიც  $0^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე ..... ვერცხლისწყლის სვეტის ..... ტოლია, ნორმალური ატმოსფერული წნევა ეწოდება.
18. დედამიწის მიზიდულობის გამო ატმოსფერო ..... .
19. ამომგდები ძალა ..... , რაც მეტია იმ სითხის სიმკვრივე, რომელშიც სხეულია ..... .
20. სითხეში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედი ..... ძალა მოდულით ამ სხეულის მიერ გამოდევნილ სითხეზე მოქმედი ..... ძალის ტოლია.
21. თუ სხეულზე მოქმედი ..... ძალა მეტია ..... ძალაზე, სხეული იძირება.
22. თუ სხეულზე მოქმედი ..... ძალა გაუტოლდება ..... ძალას, სხეული იქნება წონასწორობაში სითხის ნებისმიერ წერტილში.
23. თუ სხეულზე მოქმედი ..... ძალა ნაკლებია ..... ძალაზე, სხეული ამოვა სითხის ზედაპირზე და იტივტივებს.

## II. საკონტროლო ტესტი:

- ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში წნევის ერთეულია  
ა) 1 ნ/მ; ბ) 1 კგ/მ<sup>2</sup>; გ) 1 ნ/მ<sup>2</sup>; დ) 1 ნ·მ.
- ერთ ფეხზე მდგომმა ყანჩამ მიწაზე მეორე ფეხიც დადგა, რის შედეგად  
ა) წნევის ძალა მიწაზე ორჯერ გაიზარდა;  
ბ) წნევის ძალა მიწაზე ორჯერ შემცირდა;  
გ) წნევა მიწაზე ორჯერ გაიზარდა;  
დ) წნევა მიწაზე ორჯერ შემცირდა.
- ჭურჭელში ჩასხმული  $\rho$  სიმკვრივის სითხის სიმაღლის ძალით გამოწვეული წნევა მის რაიმე წერტილში (ნახ. 4.50) გამოითვლება ფორმულით:  $P=\rho gh$ , სადაც  
ა)  $h=h_1$ ; ბ)  $h=h_2$ ; გ)  $h=h_3$ ; დ)  $h=h_4$ .

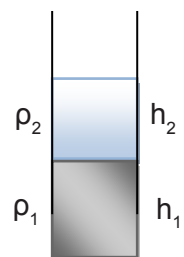


ნახ. 4.50

- რა წნევას აწარმოებს წყალი მყვინთავის სხეულზე, თუ წყლის სიღრმე 20 მ-ია და იგი ფსკერიდან 5 მ სიმაღლეზე იმყოფება?  $g \approx 9,8$  ნ/კგ,  $\rho_{\text{წყლის}} = 1000$  კგ/მ<sup>3</sup>. ატმოსფერულ წნევას ნუ გაითვალისწინებთ.  
ა) 150 კპა; ბ) 50 კპა; გ) 200 კპა; დ) 250 კპა.
- რისი ტოლია წნევა კუს ტბის ფსკერზე იმ ადგილას, სადაც სიღრმე 20 მეტრია, თუ წყლის სიმკვრივე 1000 კგ/მ<sup>3</sup>-ია. ატმოსფერული წნევა ჩავთვალოთ 100 კპა-ის ტოლად.  
ა) 200 კპა; ბ) 300 კპა; გ) 400 კპა; დ) 500 კპა.
- პასკალის კანონი ფორმულირებულია  
ა) სითხეებისა და მყარი სხეულებისათვის;  
ბ) აირებისა და მყარი სხეულებისათვის;  
გ) აირებისა და სითხეებისათვის;  
დ) აირების, სითხეებისა და მყარი სხეულებისათვის.
- ჰიდრავლიკური წნეხის დიდი დგუშის ფართობი 50-ჯერ მეტია პატარა დგუშის ფართობზე. დიდ დგუშზე მოთავსებული სხეულის დასაწნეხად 15000 ნ ძალაა საჭირო. რა მინიმალური ძალით უნდა დავაწვეთ პატარა დგუშს, რომ დაწნეხა შევასრულოთ?  
ა) 1500 ნ-ით; ბ) 7500 ნ-ით; გ) 500 ნ-ით; დ) 300 ნ-ით.
- რომელი ფორმულა გამოსახავს სწორად ზიარჭურჭელში ჩასხმული ორი სითხის წონასწორობას?  
ა)  $h_1/h_2 = \rho_1/\rho_2$ ; ბ)  $h_1/h_2 = \rho_2/\rho_1$ ; გ)  $h_1 \cdot h_2 = \rho_1 \cdot \rho_2$ ; დ)  $h_1/S_1 = h_2/S_2$ .

9.  $\rho_1$  სიმკვრივისა და  $h_1$  სიმაღლის სითხეს ზემოდან ასხია  $\rho_2$  სიმკვრივისა და  $h_2$  სიმაღლის სითხე. სითხეები ისეთია, რომ ისინი ერთმანეთს არ ერევა (ნახ. 4.51). თუ ატმოსფერულ წნევას მხედველობაში არ მივიღებთ, მაშინ წნევა ჭურჭლის ფსკერზე გამოითვლება ფორმულით

- ა)  $(\rho_1 + \rho_2)/2 \cdot g(h_1 + h_2)$ ;      ბ)  $(\rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2)/2$ ;  
გ)  $(\rho_1 + \rho_2)g(h_1 + h_2)$ ;      დ)  $\rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2$ .



ნახ. 4.51

10. რა ძალით აწევა წყალი აუზის ფსკერს, რომლის ფართობი  $20 \text{ მ}^2$ -ია, თუ აუზში წყლის სიღრმე  $2 \text{ მ}$ -ია? წყლის სიმკვრივეა  $1000 \text{ კგ/მ}^3$ . ატმოსფერულ წნევას ნუ გაითვალისწინებთ.

ა)  $200 \text{ კნ}$ ; ბ)  $400 \text{ კნ}$ ; გ)  $800 \text{ კნ}$ ; დ)  $1000 \text{ კნ}$ .

11. რა სიმაღლე უნდა ქონდეს ზეთის სვეტს, რომ იგი იმდენსავე წნევას აწარმოებდეს, როგორსაც აწარმოებს  $1 \text{ მ}$  სიმაღლის წყლის სვეტი, თუ  $\rho_{\text{ზეთი}} = 800 \text{ კგ/მ}^3$  და  $\rho_{\text{წყალი}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3$ .

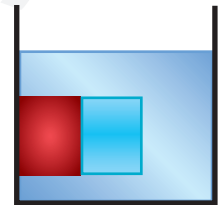
ა)  $1,25 \text{ მ}$ ; ბ)  $2 \text{ მ}$ ; გ)  $1,8 \text{ მ}$ ; დ)  $3 \text{ მ}$ .

12. წყლიან რკინის ჭურჭელში ვერტიკალურ კედელზე უძრავადაა მიკრული მაგნიტი (ნახ. 4.52), რომელზეც მოქმედებს

- I. სიმძიმის ძალა;
- II. ძალა, რომლითაც მაგნიტი ეკვრის კედელს;
- III. კედელში აღძრული დრეკადობის ძალა;
- IV. მაგნიტისა და კედელს შორის ხახუნის ძალა.
- V. არქიმედეს ძალა.

ამ ძალებიდან, რომელი ეწინააღმდეგება მაგნიტის ქვევით ვარდნას?

ა) II; ბ) III და IV; გ) მხოლოდ IV; დ) IV და V.



ნახ. 4.52

13. ატმოსფერული წნევის ცვლილებისას ვერცხლისწყალმა ტორიჩელის მილში  $50 \text{ მმ}$ -ით დაიწია და მისი ნაწილი ჯამში ჩაიღვარა, ამის გამო კი ჯამში ვერცხლისწყლის დონემ  $2 \text{ მმ}$ -ით აიწია. აქედან ვასკვნით, რომ ატმოსფერული წნევა

- ა) შემცირდა  $52 \text{ მმ.ვწყ.სვ.}$ -ით;
- ბ) შემცირდა  $48 \text{ მმ.ვწყ.სვ.}$ -ით;
- გ) გაიზარდა  $50 \text{ მმ.ვწყ.სვ.}$ -ით;
- დ) გაიზარდა  $48 \text{ მმ.ვწყ.სვ.}$ -ით.

14. ვთქვათ,  $\rho_1$  სიმკვრივის სითხეზე ტივტივებს  $\rho_2$  სიმკვრივის სხეული (ნახ. 4.53). თუ სხეულის სითხეში მოთავსებულ მოცულობას აღვნიშნავთ  $V_1$ -ით, ხოლო ჩაუძირავ მოცულობას  $V_2$ -ით, მაშინ არქიმედეს ძალა გამოითვლება ფორმულით

ა)  $F = \rho_2 V_2 g$ ; ბ)  $F = \rho_1 V_2 g$ ; გ)  $F = \rho_1 V_1 g$ ; დ)  $F = \rho_2 V_1 g$ ;

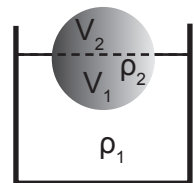
15. გვაქვს ალუმინისაგან, სპილენძისაგან და ტყვიისაგან დამზადებული ერთი და იმავე მოცულობის სამი სხეული. მათი წყალში მოთავსების შემდეგ ყველაზე მეტი ამომგდები ძალა იმოქმედებს

- ა) ალუმინის სხეულზე;
- ბ) სპილენძის სხეულზე;
- გ) ტყვიის სხეულზე;
- დ) სამივე სხეულზე იმოქმედებს ერთნაირი სიდიდის ამომგდები ძალა.

16. ჩამოთვლილთაგან, პირობათა რომელი წყვილი სრულდება სითხის ზედაპირზე სხეულის ტივტივისას?

- ა)  $\rho_{\text{სხ}} > \rho_{\text{სითხ}}$  და  $F_{\text{ა}} = m_{\text{სხ}} g$ ;
- ბ)  $\rho_{\text{სითხ}} > \rho_{\text{სხ}}$  და  $F_{\text{ა}} = m_{\text{სხ}} g$ ;
- გ)  $\rho_{\text{სითხ}} = \rho_{\text{სხ}}$  და  $F_{\text{ა}} > m_{\text{სხ}} g$ ;
- დ)  $\rho_{\text{სითხ}} = \rho_{\text{სხ}}$  და  $F_{\text{ა}} < m_{\text{სხ}} g$ .

17. ცნობილია, რომ  $\rho_{\text{წყლის}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3$ ,  $\rho_{\text{ყინულის}} = 900 \text{ კგ/მ}^3$ . აქედან გამომდინარე, ქვემოთ ჩამოთვლილთაგან რომელი ფაქტი უნდა იცოდეს ყინულოვან წყლებში მცურავი გემის ეკიპაჟმა?



ნახ. 4.53

- ა) აისბერგის წყალზედა ნაწილზე 9-ჯერ ნაკლები წყალშია ჩაძირული;
- ბ) აისბერგის წყალზედა ნაწილზე 10-ჯერ ნაკლები წყალშია ჩაძირული;
- გ) აისბერგის წყალზედა ნაწილზე 9-ჯერ მეტი წყალშია ჩაძირული;
- დ) აისბერგის წყალზედა ნაწილზე 10-ჯერ მეტი წყალშია ჩაძირული.

18. დინამომეტრზე ჩამოკიდებული 5კგ მასის ლითონის ბურთულა ჩაუშვეს სითხე-  
იან ჭურჭელში ისე, რომ ჭურჭლის კედლებსა და ფსკერს არ ეხება. ჩამოთვლილთა-  
გან, რომელი შეიძლება იყოს დინამომეტრის ჩვენება ბურთულას სითხეში ჩაშვების  
შემდეგ?

- ა) 45 ნ; ბ) 50 ნ; გ) 55 ნ; დ) 60 ნ.

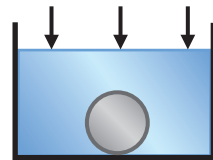
19. სურათ 4.67-ზე ორი ერთი და იმავე სიგანის ჩაიდანია  
გამოსახული. ჩაიდნები ერთნაირია, ერთადერთი განსხვავება  
მათ შორის მხოლოდ ისაა, რომ პირველი მეორეზე მაღალ-  
ია. დააკვირდით სურათს და განსაზღვრეთ, რომელი ჩაიდანი  
დაიტევს უფრო მეტი რაოდენობის წყალს?



სურ. 4.67

- ა) პირველი ჩაიდანი;
- ბ) მეორე ჩაიდანი;
- გ) ორივე ჩაიდანი ერთნაირი რაოდენობის წყალს დაიტევს.

20. თავლია ჭურჭელში ჩასხმულ წყალში ჩაძირულია ლითონის  
ბურთულა (ნახ. 4.54). თუ წყლის ზედაპირზე მოქმედი ატმოსფერუ-  
ლი წნევა გაიზარდა, მაშინ ბურთულაზე მოქმედი არქიმედეს ძალა



ნახ. 4.54

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

### III. ამოხსენით ამოცანები:

1. მართკუთხა პასალელებიპედის ფორმის აუზის სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე შეს-  
აბამისად არის: 15 მ, 4 მ და 2 მ. მასში ჩასხმულია 30 მ<sup>3</sup> მოცულობის წყალი. განსაზ-  
ღვრეთ წნევა აუზის ფსკერზე თუ ატმოსფერული წნევა 10<sup>5</sup> პა-ია. ჩათვალეთ, რომ  
 $g=10$  ნ/კგ.

2. რამდენჯერ აღემატება ტბის ზედაპირიდან 30 მ სიღრმეზე არსებული წნევა,  
იგივე ზედაპირიდან 10 მ სიღრმეზე არსებულ წნევას? ჩათვალეთ, რომ ატმოსფერული  
წნევა 10<sup>5</sup> პა-ია და  $g=10$  ნ/კგ.

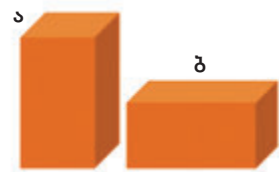
3. ტბის ზედაპირიდან რა სიღრმეზე იქნება წნევა 10<sup>6</sup> პასკალის ტოლი? ჩათვალეთ,  
რომ ატმოსფერული წნევა 10<sup>5</sup> პა-ია და  $g=10$  ნ/კგ.

4. რა ძალით მოქმედებს აირი ბოთლის თავში მჭიდროდ ჩასმულ ცილინდრულ  
საცობზე, თუ საცობის განივკვეთის ფართობი 2 სმ<sup>2</sup>-ია, ბოთლში ჩატუმბული აირის  
წნევა კი – 2·10<sup>5</sup> პა.

5. ვერტიკალური ბოთლის თავში მჭიდროდაა ჩასმული 50 გ მასისა და 2 სმ<sup>2</sup>  
განივკვეთის ფართობის მქონე ცილინდრული საცობი. განსაზღვრეთ საცობსა და  
ბოთლს შორის წარმოქმნილი სრიალის ხახუნის ძალა თუ 3·10<sup>5</sup> პასკალი წნევის დროს  
საცობი ბოთლიდან ამოვარდა. ჩათვალეთ, რომ  $g=10$  ნ/კგ და ატმოსფერული წნევა  
10<sup>5</sup> პა-ია.

6. განაზღვრეთ 80 კგ მასის ადამიანის ფეხსაცმელის მიწასთან შეხების ფართო-  
ბი, თუ ის ორივე ფეხით დედამიწაზე 0,2·10<sup>5</sup> პა წნევას ავითარებს. ჩათვალეთ, რომ  
 $g=10$  ნ/კგ.

7. როგორ შეიცვლება აგურის მიერ წარმოებული წნევის ძალა, თუ მას ნახ. 4.55,ა-ზე გამოსახული მდგომარეობიდან ნახ. 4.55,ბ-ზე გამოსახულ მდგომარეობაში დავდებთ?



ნახ. 4.55

8. განსაზღვრეთ სხეულის მიერ გამოძევებული წყლის მოცულობა, თუ მასზე მოქმედი არქიმედეს ამომგდები ძალა 100 ნ-ია. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

9. დინამომეტრზე ჩამოკიდებული ალუმინის ბირთვი წყალში მთლიანად ჩაუშვებს (ნახ. 4.56). განსაზღვრეთ ბირთვის მოცულობა, თუ დინამომეტრის დანაყოფის ფასი 10 ნ-ია. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.



ნახ. 4.56

10. დინამომეტრზე ჩამოკიდებული  $5 \cdot 10^{-4}$  მ<sup>3</sup> მოცულობის სხეულის წყალში მთლიანად ჩაშვების შემდეგ დინამომეტრის ჩვენება 10 ნ-ია. განსაზღვრეთ დინამომეტრის ჩვენება სხეულის წყალში ჩაშვებამდე. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

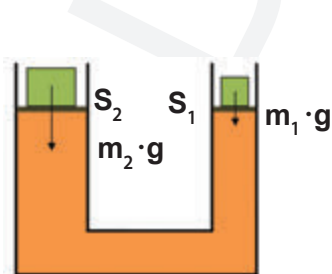
11. დინამომეტრზე ჩამოკიდებული  $5 \cdot 10^{-4}$  მ<sup>3</sup> მოცულობის სხეულის წყალში მთლიანად ჩაშვების შემდეგ დინამომეტრის ჩვენება 10 ნ-ია. რას გვიჩვენებს დინამომეტრი, თუ ამ სხეულს სპირტში მთლიანად ჩავუშვებთ? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

12. ჰიდრავლიკურ წნეხზე განონასწორებულია ტვირთები (ნახ. 4.57). დიდი დგუშის ფართობი 4-ჯერ მეტია მცირე დგუშის ფართობზე. რამდენჯერ აღემატება დიდ დგუშზე მოთავსებული სხეულის მოცულობა, მცირე დგუშზე მოთავსებული სხეულის მოცულობას, თუ ისინი ერთი და იმავე ნივთიერებისაგან არიან დამზადებული?

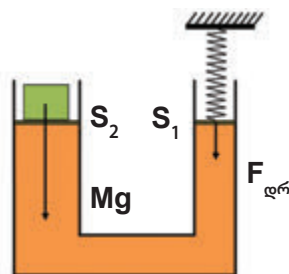
13. ჰიდრავლიკური წნეხის მცირე დგუშსა და ჭერს შორის მოთავსებულია 10 სმ-ით შეკუმშული 500 ნ/მ სიხისტის ზამბარა (ნახ. 4.58). განსაზღვრეთ დიდ დგუშზე მოთავსებული სხეულის მასა, თუ ის წონასწორობაშია როდესაც დიდი დგუშის ფართობი  $S_2=800$  სმ<sup>2</sup>-ს, მცირე დგუშის ფართობი კი -  $S_1=40$  სმ<sup>2</sup>. ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.

14. ჰიდრავლიკური წნეხის დიდი დგუშის ფართობი მცირე დგუშის ფართობზე 4-ჯერ მეტია. მასზე მოთავსებული  $m_1$  და  $m_2$  მასის სხეულები წონასწორობაშია ( $m_1 < m_2$ ). თუ სხეულებს ადგილებს გავუცვლით, წონასწორობის აღსადგენად დიდი დგუშის მხარეს 15 კგ მასის ტვირთის დამატება დაგვჭირდება. განსაზღვრეთ სხეულების მასები.

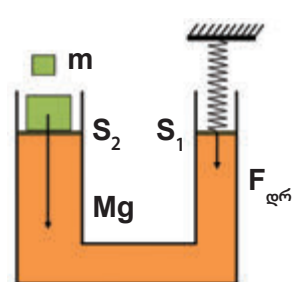
15. ჰიდრავლიკური წნეხის მცირე დგუშსა და ჭერს შორის მოთავსებულია 500 ნ/მ სიხისტის შეკუმშული ზამბარა (ნახ. 4.59). ის აწონასწორებს 10-ჯერ მეტი ფართობის მქონე დიდ დგუშზე მოთავსებულ სხეულს. რამდენი სმ-ით აიწევს მცირე დგუში თუ დიდ დგუშზე დავამატებთ  $m=5$  კგ მასის ტვირთს? რამდენით დაინეწვს ამ დროს დიდი დგუში? ჩათვალით, რომ  $g=10$  ნ/კგ.



ნახ. 4.57



ნახ. 4.58

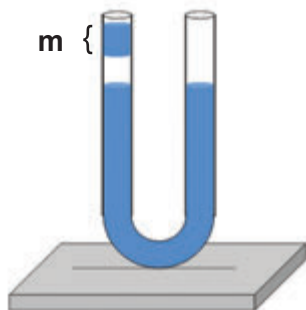


ნახ. 4.59

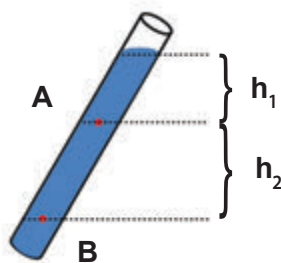
16. ზიარჭურჭელი წარმოადგენს  $25 \text{ სმ}^2$  განივკვეთის ფართობის მქონე U-ს ფორმის მილს (ნახ. 4.60). რამდენით მოიმატებს მასში არსებული წყლის დონე, თუ ერთ-ერთ მუხლში დავამატებთ  $m=500 \text{ გ}$  მასის წყალს?

17. ზიარჭურჭელი წარმოადგენს  $25 \text{ სმ}^2$  განივკვეთის ფართობის მქონე U-ს ფორმის მილს (ნახ. 4.60). რამდენით გაიზრდება წნევა ზიარჭურჭელის ფსკერზე, თუ ერთ-ერთ მუხლში დავამატებთ  $m=500 \text{ გ}$  მასის წყალს? ჩათვალით, რომ  $g=10 \text{ ნ/კგ}$ .

18. თავლია დახრილ მილში ჩასხმულია წყალი (ნახ. 4.61). განსაზღვრეთ წნევები ნახაზზე მითითებულ A და B წერტილებში, თუ  $h_1=1 \text{ მ}$ ,  $h_2=1,5 \text{ მ}$ . ატმოსფერული წნევა ნორმალურია და უდრის  $10^5 \text{ პა-ს}$ . ჩათვალით, რომ  $g=10 \text{ ნ/კგ}$ .



ნახ. 4.60



ნახ. 4.61

მიღებული ცოდნის გასაღრმავებლად შეგიძლიათ ეწვიოთ შემდეგ ბმულებს:

1. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/motion>;
2. <https://phet.colorado.edu/en/simulation/fluid-pressure-and-flow>;
3. <https://phet.colorado.edu/en/simulation/gravity-force-lab>;
4. <https://phet.colorado.edu/en/simulation/friction>;
5. <https://phet.colorado.edu/en/simulation/under-pressure>.

## საგნობრივი საძიებელი

აგრეგატული მდგომარეობები 41  
ათელის სისტემა 73  
ათელის სხეული 73  
აირადი მდგომარეობა 41, 44  
აირის წნევა 157  
ამორფული სხეულები 49  
ამოცანის ამოხსნის ნიმუში 60, 102, 146, 181  
აორთქლება 41  
არათანაბარი მოძრაობა 99  
არქიმედეს ამომგდები ძალა 177  
ატმოსფერული წნევა 174  
ატომი 28, 32  
ბერკეტიანი სასწორი 52  
გადაადგილება 75, 95  
გავლილი მანძილი 75  
გაზომვა (პირდაპირი და არაპირდაპირი) 21  
გორვის ხახუნი 138  
გრაფიტაციული მიზიდულობა 122  
დაკვირვება 16  
დანაყოფის ფასი 18  
დეფორმაცია 129  
დინამომეტრი 129, 133  
დიფუზია 35  
დნობა 41  
დრეკადობის ძალა 129  
ერთეულთა სისტემა 13  
ექსპერიმენტი 16  
ექტორი 80  
ზიარჭურჭელი 170  
თანაბარი მოძრაობა 83-84, 86  
ინერცია 110  
კონდენსაცია 41  
კოორდინატთა ლერძი (სისტემა) 73  
მასა 52, 113  
მატერია 10  
მდებარეობის ფარდობითობა 67  
მოლეკულა 28, 32  
მოცულობის განსაზღვრა 21  
მოძრაობა 67  
მოძრაობის ფარდობითობა 67  
მრუდწირული მოძრაობა 75  
მსოფლიო მიზიდულობა 122  
მქისე ზედაპირი 138

ნივთიერება 28, 38, 41, 44, 46, 49  
ნორმალური ატმოსფერული წნევა 174  
ორთქლადქცევა 41  
პასკალის კანონი 161  
პლაზმური მდგომარეობა 41  
პლასტიკური სხეული 49  
რხევითი მოძრაობა 75  
საშუალო სიჩქარე 99  
სიგრძის ერთეული 13  
სიმკვრივე 56  
სიმძიმის ძალა 122, 124  
სიჩქარე 86  
სიხისტე 129  
სკალარული სიდიდე 80  
სპიდომეტრი 86  
სრიალის ხახუნი 138, 143  
სუბლიმაცია 41  
ტოლქმედი ძალა 126  
ტორიჩელის ცდა 174  
ტრაექტორია 75  
ურთიერთქმედება 113  
ფიზიკური მოვლენა 10  
ფიზიკური სიდიდე 10  
ფიზიკური სხეული 10  
ცდა 16  
ძალა 117  
წნევა 152, 157, 166  
წნევის ძალა 152  
ხახუნის ძალა 138  
ჰიდრავლიკური წნეხი 163  
ჰიდროსტატიკური წნევა 166  
ჰიპოთეზა 16  
ჰუკის კანონი 133