

რუსუდან ქანთარია
ლეილა ჩიჩუა

ფიზიკა

8

მოსწავლის წიგნი

გრიფმინიჭებულია საქართველოს განათლების, მეცნიერების,
კულტურისა და სპორტის სამინისტროს მიერ 2020 წელს



რუსუდან ქანთარია, ლეილა ჩიჩუა

ფიზიკა

VIII კლასი, მოსწავლის წიგნი

რედაქტორები

თეიმურაზ ჩიჩუა

პედაგოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

ნუგზარ მოსულიშვილი

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკის მიმართულების
მეცნიერ-თანამშრომელი

დინა ქიმერიძე

ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი

ტექსტის რედაქტორი **ნელი ელიზბარაშვილი**

კომპიუტერული უზრუნველყოფა **მანანა კვერნაძე**

© გამომცემლობა „კლიო“, 2020

© გამომცემლობა „მერიდიანი“, 2020

© ლეილა ჩიჩუა, რუსუდან ქანთარია, 2020

ყველა უფლება დაცულია

ISBN 978-9941-481-90-1

პირველი გამოცემა (2020)



შპს „გამომცემლობა კლიო“
აღმაშენებლის გამზ., №181-2,
თბილისი, 0112
ტელ.: (+995 32) 234 04 30
E-mail: book@klio.ge; www.klio.ge



შპს გამომცემლობა „მერიდიანი“
აღ. ყაზბეგის №47, თბილისი
ტელ.: (+995 32) 239 15 22
E-mail: meridiani777@gmail.com

სარჩევი

1. მუშაობა და ენერგია

1.1 მექანიკური მუშაობა	8
1.2 სიმძიმისა და დრეკადობის ძალის მუშაობა	10
1.3 მექანიკური მუშაობის ექსპერიმენტული კვლევა	12
1.4 სიმძლავრე, სიმძლავრის ერთეული	13
1.5 ამოხსენი ამოცანები.....	15
1.6 პოტენციური ენერგია	16
1.7 კინეტიკური ენერგია.....	18
1.8 მექანიკური ენერგიის ექსპერიმენტული კვლევა.....	20
1.9 ენერგიის მუდმივობის კანონი	22
1.10 ამოხსენი ამოცანები.....	24
 I თავის შეჯამება	26
პირველი თავის მოკლე დასკვნები	28

2. სხეულთა წონასწორობა, მარტივი მექანიზმები

2.1 სიმძიმის ცენტრი	30
2.2 სიმძიმის ცენტრის ექსპერიმენტული კვლევა	32
2.3 სხეულთა წონასწორობის ექსპერიმენტული კვლევა	34
2.4 სხეულთა წონასწორობის სახეები.....	36
2.5. მარტივი მექანიზმები. ბერკეტი.....	38

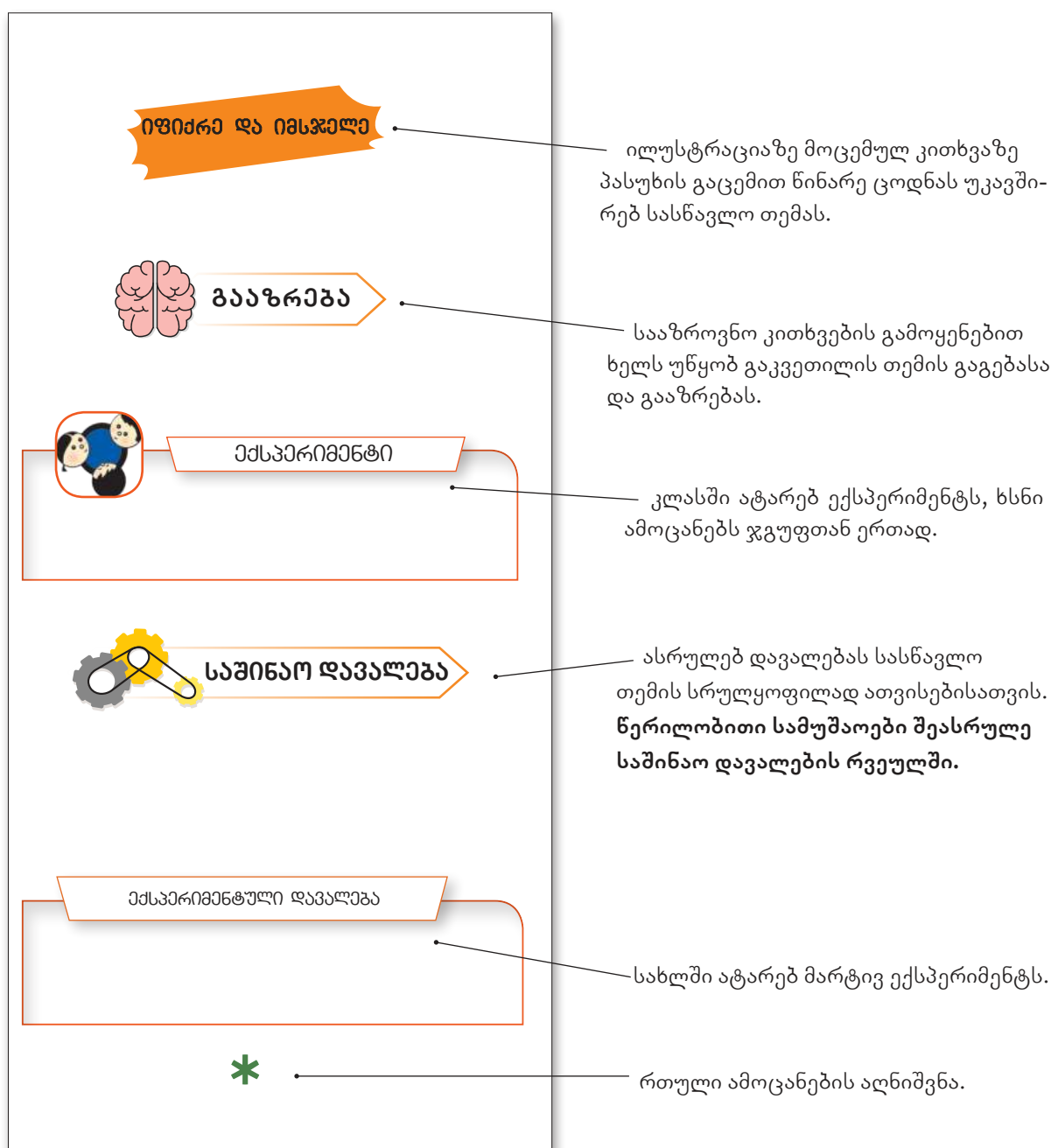
2.6 ბერკეტის წონასწორობის პირობის ექსპერიმენტული კვლევა	40
2.7 ძალის მომენტი.....	41
2.8 ამოხსენი ამოცანები.....	42
2.9 ჭოჭონაქი	44
2.10 მექანიკის „ოქროს წესი“	46
2.11 მარტივი მექანიზმები ცოცხალ ბუნებაში	48
2.12 მანქანებისა და მექანიზმების მარგი ქმედების კოეფიციენტი.....	50
2.13 დახრილი სიბრტყის მარგი ქმედების კოეფიციენტის კვლევა	52
2.14 ამოხსენი ამოცანები.....	53
 II თავის შეჯამება	56
მეორე თავის მოკლე დასკვნები.....	58

3. სითბური მოვლენები

3.1 სითბური მოვლენები	60
3.2 შინაგანი ენერგია	62
3.3 შინაგანი ენერგიის ცვლილების ექსპერიმენტული კვლევა.....	64
3.4 შინაგანი ენერგიის ცვლილება.....	65
3.5 სითბური მოვლენების კვლევა	67
3.6. სხეულების სითბური გაფართოება	68
3.7 თბოგამტარობა	70
3.8 თბოგამტარობის ექსპერიმენტული კვლევა.....	72
3.9 კონვექციის ექსპერიმენტული კვლევა.....	73
3.10 კონვექცია	74
3.11 გამოსხივება	76
3.12 სითბოს რაოდენობა	78
3.13 დნობა და გამყარება.....	80
3.14 ამოხსენი ამოცანები.....	82
3.15 ორთქლად ქცევა. კონდენსაცია. სუბლიმაცია	84

3.16 დუღილი	86
3.17 სანვაგის წვა.....	88
3.18 სითბური ბალანსის განტოლება	90
3.19 სითბური ძრავები	92
3.20 ამოხსენი ამოცანები.....	94
3.21 ენერგია ცოცხალ ორგანიზმებში	96
 III თავის შეჯამება	98
მესამე თავის მოკლე დასკვნები	100
 ცოდნის შეჯამება	101
ზოგიერთი ნივთიერების დნობისა და გამყარების ტემპერატურა	103
ზოგიერთი ნივთიერების სიმკვრივე	103
საშინაო დავალების პასუხები.....	104
გავიხსენოთ გავლილი მასალა	106
საგნობრივი საძიებელი.....	107

წიგნზე მუშაობის პირობითი ნიშნები



1. მუშაობა და ენერგია



შეისწავლი:

- მექანიკურ მუშაობას;
- სიმძლავრეს;
- კინეტიკურ და პოტენციურ ენერგიას;
- მექანიკური ენერგიის მუდმივობისა და გარდაქმნის კანონს.

შეძლებ და დაეუფლები:

- მექანიკური მუშაობის განსხვავებას ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოყენებული მუშაობის ცნებისაგან;
- მექანიკური მუშაობისა და სიმძლავრის ფორმულების გამოყენებას პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრისას;
- მსჯელობას პოტენციური და კინეტიკური ენერგიების შესახებ;
- ენერგიის ცვლილების დაკავშირებას შესრულებულ მექანიკურ მუშაობასთან;
- კინეტიკური და პოტენციური ენერგიის ფორმულების გამოყენებას პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრისას;
- მსჯელობას კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ურთიერთგარდაქმნის შესახებ;
- მსჯელობას მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონის გამოვლენის შესახებ ბუნებასა და ყოფა-ცხოვრებაში.

1.1. მექანიკური მუშაობა

იოიქრა და იმსჯელე

რომელი სპორტსმენი ასრულებს მექანიკურ მუშაობას (სურ. 1 ა და ბ)?



ა



ბ

სურ. 1



ჯეიმზ ჯოული
(1818-1889 წწ.)

მუშაობის ჯერადი და ნილადი ერთეულები

კილოჯოული (1 კჯ) = 1000 ჯ;

მეგაჯოული (1 მგჯ) = 1000000 ჯ;

მილიჯოული (1 მჯ) = 0,001 ჯ.

იცე, რომ...

ფიზიკური სიდიდეები ორო სახისაა — სკალარული და ვექტორული.

სკალარული ფიზიკური სიდიდეები ხასიათდება მხოლოდ რიცხვითი მნიშვნელობით, ანუ მოდულით.

ვექტორული ფიზიკური სიდიდეები, განსხვავებით სკალარულიაგან, ხასიათდება როგორც მოდულით, ასევე მიმართულებით.

ყოველდღიურ ცხოვრებაში მრავალი სახის მუშაობა სრულდება. მუშაობას ასრულებს სიმალლიდან ვარდნილი წყალი, მანქანაში — ძრავა, ქარხანაში — მუშა, სკოლაში — მასწავლებელი და მოსწავლე.

ყველა სახის მუშაობას ერთი საერთო დამახასიათებელი თვისება გააჩნია: იმისათვის, რომ სხეულმა მუშაობა შეასრულოს (სულერთია, ეს სხეული ადამიანია თუ მანქანა) — მას მუშაობის შესრულების უნარი უნდა გააჩნდეს. როდესაც სხეულს აქვს მუშაობის შესრულების უნარი, მაშინ სხეულს აქვს ენერგია. ანუ **ენერგია** არის მუშაობის შესრულების **უნარი**. რაიმე კონკრეტული მუშაობის შესრულებისას სხეულის ის ენერგია მცირდება, რომლის ხარჯზეც სრულდება ეს მუშაობა. შესრულებული მუშაობა არის ერთი სახიდან სხვა სახეში გარდაქმნილი ენერგიის ზომა და სიდიდით ის ენერგიის ცვლილების ტოლია.

მუშაობის ერთ-ერთი სახეა **მექანიკური** მუშაობა. მექანიკური მუშაობა, როგორც პროცესი, რაოდენობრივად ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც ასევე **მექანიკურ მუშაობას** უწოდებენ.

მექანიკური მუშაობა სრულდება, როდესაც სხეულზე მოქმედებს ძალა და სხეული ამ ძალის მოქმედების წრფის გასწვრივ გადაადგილდება ან ძალის მიმართულებით, ან მის საპირისპიროდ.

თუ სხეულზე მოქმედი ძალა და ამ ძალით გამოწვეული გადაადგილება ერთ მხრივაა მიმართული, მაშინ ფიზიკური სიდიდე,

მექანიკური მუშაობა, ძალისა და გადაადგილების ნამრავლის ტოლია.

$$A = Fs,$$

სადაც A მუშაობაა; F — ძალა, რომელიც მოძრაობისას არ იცვლება, მუდმივია; s — გადაადგილება ძალის მოქმედების გასწვრივ.

SI სისტემაში მუშაობის ერთეულია **ჯოული** (შემოკლებით **ჯ**). მუშაობის ერთეულს ჯოული ინგლისელი მეცნიერის ჯეიმზ პრესკოტ ჯოულის პატივსაცემად ეწოდა.

$$1 \text{ ჯ} = 1 \text{ ნ} \cdot \text{მ}.$$

1 ჯოული მუშაობაა, რომელსაც ასრულებს 1 ნიუტონი ძალა ამ ძალის მოქმედების მიმართულებით სხეულის 1 მ მანძილზე გადაადგილებისას.

ძალა და გადაადგილება ვექტორული სიდიდეებია. ანუ მათ, გარდა მოდულისა, აქვთ მიმართულებაც. მუშაობას მიმართულება

არ გააჩნია, ანუ იგი სკალარული სიდიდეა. მექანიკური მუშაობა შეიძლება იყოს დადებითი, უარყოფითი ან ნულის ტოლი.

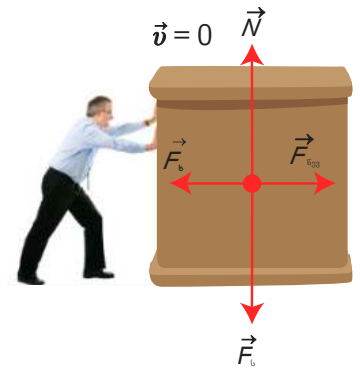
მუშაობის ნიშანი დამოკიდებულია სხეულის გადაადგილებისა და მასზე მოქმედი ძალის მიმართულებაზე.

რადგან მოძრავი სხეულის გადაადგილებისა და სიჩქარის მიმართულება ერთმანეთს, ამიტომ მუშაობის ნიშანი დამოკიდებულია ასევე სიჩქარის მიმართულებაზე.

თუ სხეულზე მოქმედებს $\vec{F}_{\text{გვ}}$ ძალა და სხეული არ გადაადგილება, მაშინ მექანიკური მუშაობა არ სრულდება (სურ. 2).

თუ სხეულზე არ მოქმედებს ძალა და ეს სხეული ინერციით გადაადგილდება, არც მაშინ სრულდება მექანიკური მუშაობა.

თუ სხეული ძალის მოქმედების მიმართულებით გადაადგილდება, მაშინ მისი სიჩქარე იზრდება და მუშაობა დადებითია (ცხრ. 1ა). თუ სხეული ძალის მოქმედების საწინააღმდეგო მიმართულებით გადაადგილდება, მაშინ მისი სიჩქარე მცირდება და მუშაობა უარყოფითია (ცხრ. 1 ბ). თუ სხეულზე მოქმედი ძალა გადაადგილებისა და შესაბამისად, მისი სიჩქარის მართობულია, მაშინ ეს ძალა მუშაობას არ ასრულებს (ცხრ. 1გ).



სურ. 2

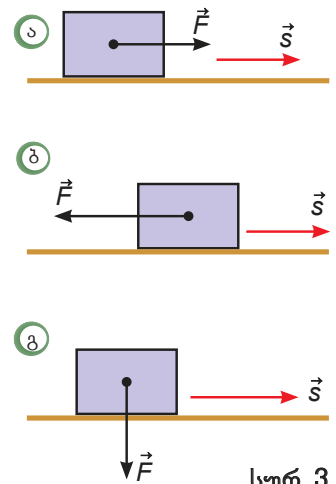
დადებითი მუშაობა $A > 0, A = Fs$	უარყოფითი მუშაობა $A < 0, A = -Fs$	მუშაობა ნულის ტოლია $A = 0$

ცხრ. 1



ბაზრება

- იმსჯელე მექანიკური მუშაობის ნიშნის შესახებ თითოეულ სიტუაციაში (სურ. 3 ა,ბ,გ).
- სურათზე (სურ. 4) გამოსახულია სამი ბურთულა. პირველი (ა) – უძრავ მდგომარეობაშია, მეორე (ბ) ხახუნის გარეშე ინერციით მოძრაობს და მესამე (გ) მოძრაობს $\vec{F}_1$ ძალის მიმართულებით. იმსჯელე მექანიკური მუშაობის შესახებ თითოეულ სიტუაციაში.
- იმსჯელე და შეადარე, ადამიანის მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობები, როდესაც იგი კიბით ადის სახლის ბოლო სართულზე და ლიფტით ადის იმავე სართულზე.

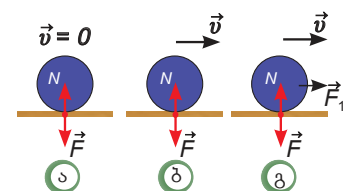


სურ. 3



საშინაო დავალება

- გამოთვალე 40 სმ მანძილზე ურიკის გადაადგილებისას შესრულებული მუშაობა, თუ მასზე მოქმედი ძალა 4 ნ-ია.
- რა მანძილზე გადაადგილდა სხეული, თუ მასზე მოდებული 20 ნ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა 0,6 კჯ-ია?
- 200 გ მასის ბურთი დაკიდებულია უძრავ საკიდზე. გამოთვალე სიმძიმის ძალის მუშაობა.
- ელენემ ცარიელი ურიკა 50 ნიუტონი ძალის მოქმედებით 6 მეტრზე გადაადგილა, სანდრომ კი დატვირთული ურიკა 150 ნიუტონი ძალით — 2 მეტრზე. გამოთვალე მათ მიერ შესრულებული მუშაობები და შეადარე ერთმანეთს.

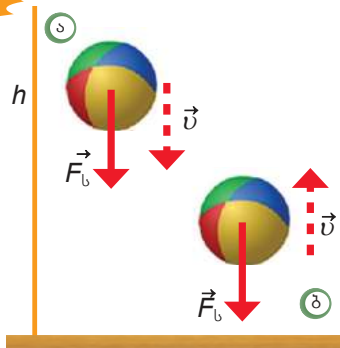


სურ. 4

1.2. სიმძიმისა და დრეკადობის ძალების მუშაობა

იფიქრე და იმსჯელე

რომელ სიტუაციაში ასრულებს სიმძიმის ძალა დადებით მუშაობას? უარყოფითს (სურ. 5 ა და ბ.)?

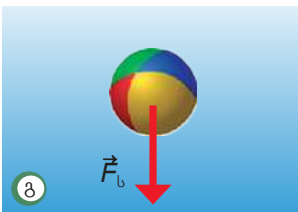
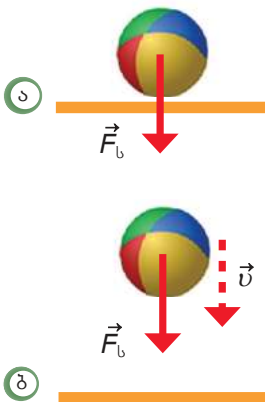


სურ. 5

მშვილდიდან ისრის გასროლისას რომელი ძალა ასრულებს მუშაობას (სურ. 6)?



სურ. 6



სურ. 7

● სიმძიმის ძალის მუშაობა

დედამიწის მიზიდულობის გამო ნებისმიერ სხეულზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა, მიუხედავად იმისა, ეს სხეული უძრავად დევს საყრდენზე (სურ. 7 ა), ვარდება დედამიწაზე (სურ. 7 ბ), თუ სითხეშია მოთავსებული (სურ. 7 გ).

სიმძიმის ძალა გამოითვლება ფორმულით: $F_g = mg$, სადაც m სხეულის მასაა, ხოლო $g = 9,8$ ნ/კგ, მუდმივი სიდიდეა. ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ ნებისმიერ 1 კგ მასის სხეულს დედამიწა 9,8 ნ ძალით იზიდავს.

დედამიწის მიმართ რაიმე h სიმაღლიდან სხეულის ვარდნისას მისი სიჩქარე იზრდება (სურ. 5 ა). ამ დროს სიმძიმის ძალა ასრულებს დადებით მუშაობას, რადგან სიმძიმის ძალისა და გადაადგილების მიმართულება ერთმანეთს ემთხვევა.

$$A = F_g h, \text{ რადგან } F_g = mg, \text{ ამიტომ}$$

$$A = mgh.$$

სხეულის ზევით ასროლისას სიმძიმის ძალის მუშაობა უარყოფითია, რადგან სიმძიმის ძალა და გადაადგილება ურთიერთსაწინააღმდეგოდ არის მიმართული. ამ დროს სხეულის სიჩქარე მცირდება (სურ. 5 ბ). შესაბამისად, ასროლილი სხეულის ზევით მოძრაობისას სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა

$$A = - mgh.$$

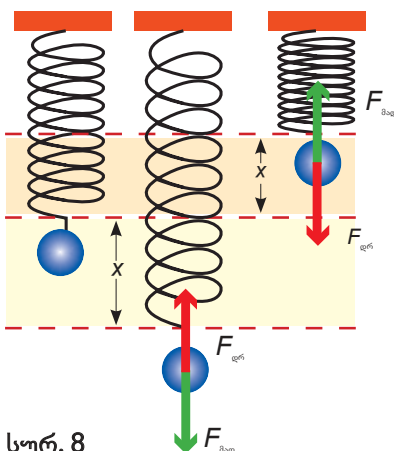
● დრეკადობის ძალის მუშაობა

სხეულების დრეკადი დეფორმაციისას აღიძვრება დრეკადობის ძალა

$$F_{\text{დრ}} = - kx,$$

სადაც k არის სიხისტე*, x — დეფორმაციის სიდიდე (სურ. 8). ეს ძალა სხეულს აბრუნებს საწყის (არადეფორმირებულ) მდგომარეობაში. დეფორმაციისას სრულდება მექანიკური მუშაობა.

მექანიკურ მუშაობას ასრულებს დეფორმირებულ ზამბარაში აღძვრული დრეკადობის ძალა (სურ. 8). ასევე მშვილდში



სურ. 8

* სიხისტე — დამოკიდებულია სხეულის ზომებზე, ნივთიერების გვარობაზე.

აღძრული დრეკადობის ძალის მოქმედებით სრულდება მექანიკური მუშაობა და ამიტომ ისარი გაიტყორცნება (სურ. 6). რაც უფრო მეტად არის დეფორმირებული სხეული, მით მეტია ამ სხეულში აღძრული დრეკადობის ძალა და მეტი იქნება ამ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა.

დრეკადი დეფორმაციისას დრეკადობის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა გამოისახება ფორმულით:

$$A = -\frac{kx^2}{2},$$

დრეკადობის ძალის მუშაობა ისევე, როგორც სიმძიმის ძალის მუშაობა, შეიძლება იყოს დადებითი, უარყოფითი ან ნულის ტოლი.



ბაზრება

- 1,5 კგ ბურთი, რომელიც აისროლეს ვერტიკალურად ზევით 3 მ-ის სიმაღლეზე (სურ. 9ა), დაეცა ასროლის წერტილში (სურ. 9ბ). გამოთვალე სიმძიმის ძალის მუშაობა ბურთის ზევით მოძრაობისას, ვარდნისას და მთელ გზაზე. იმსჯელე და შეადარე მუშაობები ერთმანეთს.
- გამოთვალე 400 გ მასის ბურთის სიმძიმის ძალის მუშაობა, თუ იგი ჰორიზონტალურ ზედაპირზე 2 მ მანძილზე ხახუნის გარეშე ინერციით მიგორავს?



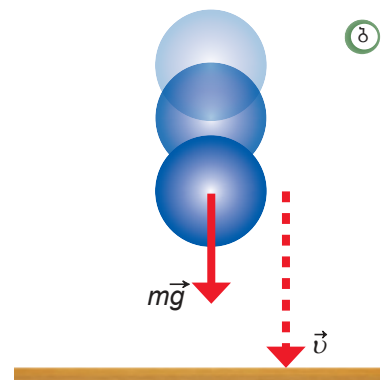
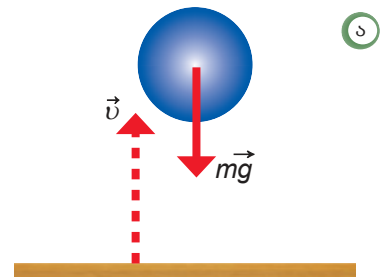
საშინაო დავალება

1. 200 გ მასის სხეულის ვარდნისას სიმძიმის ძალა ასრულებს 10 ჯ მუშაობას. გამოთვალე რა სიმაღლიდან ვარდება სხეული.
2. ვერტმფრენს ტვირთი ააქვს 4000 მ-ის სიმაღლეზე. ტვირთის მასაა 20 ტ. გამოთვალე ვერტმფრენისა და სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობები (ვერტმფრენი მოძრაობს თანაბრად).
3. ძელაკს, რომელიც გამოზმულია 20 ნ/მ სიხისტის ზამბარაზე, ამოძრავებენ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე. რა მუშაობას შეასრულებს დრეკადობის ძალა, თუ ზამბარის წაგრძელებაა 4 სმ?
4. ბურთი, რომლის მასაა 100 გ, ვარდება 5 მ სიმაღლიდან, ეცემა ზამბარას (სურ. 10 ა) და კუმშავს მას 10 სმ-ით (სურ. 10 ბ). გამოთვალე სიმძიმისა და დრეკადობის ძალების მუშაობები.

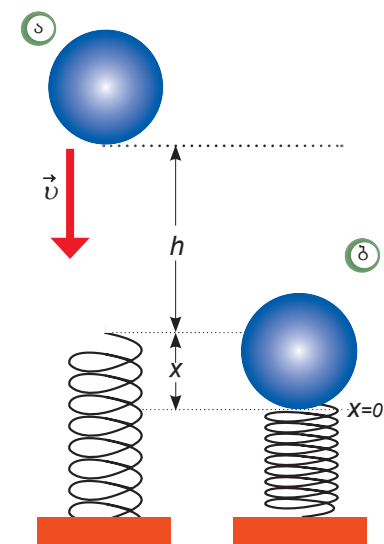
ექსპერიმენტული დავალება

მოცემული გაქვს: ცნობილი მასის ნებისმიერი სხეული, საზომი ლენტი ან სახაზავი.

მსვლელობა: აიტანე სხეული იატაკიდან და მოათავსე მაგიდაზე. გაზომე მაგიდის სიმაღლე. გამოთვალე სიმძიმის ძალისა და სიმძიმის ძალის დაძლევისათვის საჭირო მუშაობები. აღწერე ცდა. გამოიტანე დასკვნა და შეადარე მუშაობები ერთმანეთს.



სურ. 9

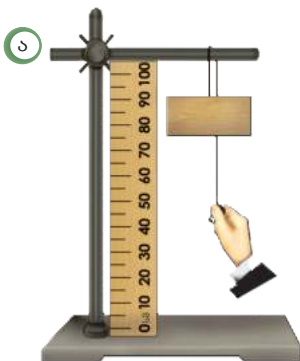


სურ. 10

1.3. მექანიკური მუშაობის ექსპერიმენტული კვლევა



ექსპერიმენტი



ა



ბ

1.

მოცემული გაქვს: დინამომეტრი, სახაზავი, ძელაკი (სურ. ა).

მსვლელობა: დინამომეტრით გაზომე ძელაკზე მოქმედი სიმძიმის ძალა. გამოაბი ძელაკს ძაფი და გადაჰკიდე შტატივის ღეროზე. თანაბრად ასწიე რაიმე სიმაღლეზე და სახაზავით გაზომე ძელაკის აწევის სიმაღლე. გამოთვალე სიმძიმისა და წევის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა.

2.

გამოაბი ძელაკი დინამომეტრის კაუჭზე და მაგიდის ზედაპირზე დინამომეტრის მეორე ბოლოთი გადაადგილე თანაბრად იმავე მანძილზე, რა მანძილზეც ასწიე წინა ცდაში ძელაკი (სურ. ბ). გაზომე წევის ძალა. მონაცემები შეიტანე ცხრილში. შეადარე ძელაკის ვერტიკალურად ზევით აწევისას და ჰორიზონტალური გადაადგილებისას შესრულებული მუშაობების რიცხვითი მნიშვნელობები ერთმანეთს.

აღწერე დამზერილი მოვლენა და გამოიტანე დასკვნა: რატომ არის უფრო ძნელი ტვირთის ვერტიკალურად ზევით აწევა, ვიდრე იმავე ტვირთის ჰორიზონტალურად გადაადგილება?

ცხრ. 2

ცდის №	გადაადგილება s , მ	ძელაკის სიმძიმის ძალა F_6 , ნ	წევის ძალა F_6 , ნ	ვერტიკალურად ზევით გადაადგილებისას შესრულებული მუშაობა A_1 , ჯ	ჰორიზონტალურად გადაადგილებისას შესრულებული მუშაობა A_2 , ჯ

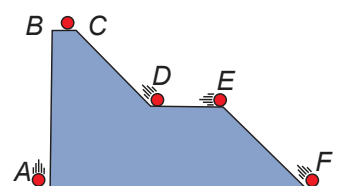


სურ. 11



საშინაო დავალება

- რა მუშაობას ასრულებს სიმძიმის ძალა ბურთის 2 მ სიმაღლეზე ასროლისას და იმავე წერტილში დავარდნისას.
- რა მუშაობა სრულდება 4 კგ მასის ტვირთის 120 სმ-ზე აწევისას?
- რა მუშაობას ასრულებს სიმძიმისა და წინააღმდეგობის ძალა პარაშუტისტის თანაბრად დაშვებისას? რა თანაფარდობაა მათ შორის (სურ. 11)?
- მე-12 სურათზე გამოსახულია სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია. როგორია სიმძიმის ძალის მუშაობა AB , CD , DE და EF მონაკვეთებზე?
- რა მუშაობას ასრულებს სიმძიმის ძალა ნიაგარის ჩანჩქერიდან ყოველი 1 მ³ მოცულობის წყლის ვარდნისას (ნიაგარის ჩანჩქერის სიმაღლე 53 მ-ია, სიგანე — 792 მ). რომელი მონაცემია ზედმეტი ამოცანის ამოხსნისთვის.



სურ. 12

1.4. სიმძლავრე. სიმძლავრის ერთეული

იზიარა და იმსჯელე

რატომ არის ტვირთის გადატანა უფრო მოსახერხებელი ავტომანქანით და არა ურმით



სურ. 13

სხეულები და მექანიზმები ერთნაირი სიდიდის მექანიკურ მუშაობას სხვადასხვა სისწრაფით ასრულებენ. მათ ერთი და იმავე მუშაობის შესასრულებლად განსხვავებული დრო სჭირდებათ. მაგალითად, სახლის მშენებლობისას მუშა 20 კგ მასის ცემენტის ტომრის ატანას მე-7 სართულზე (18 მ სიმაღლეზე) 5 წთ-ს ანდომებს. ამნეს კი ეს ტვირთი 2 წთ-ში ააქვს იმავე სიმაღლეზე.

მუშაობის შესრულების სისწრაფეს ახასიათებენ ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც უწოდებენ სიმძლავრეს.

სიმძლავრე არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია მუშაობის სიდიდის შეფარდებისა დროსთან, რომლის განმავლობაშიც ეს მუშაობა შესრულდა.

სიმძლავრე აღინიშნება N ასოთი.

$$N = \frac{A}{t}$$

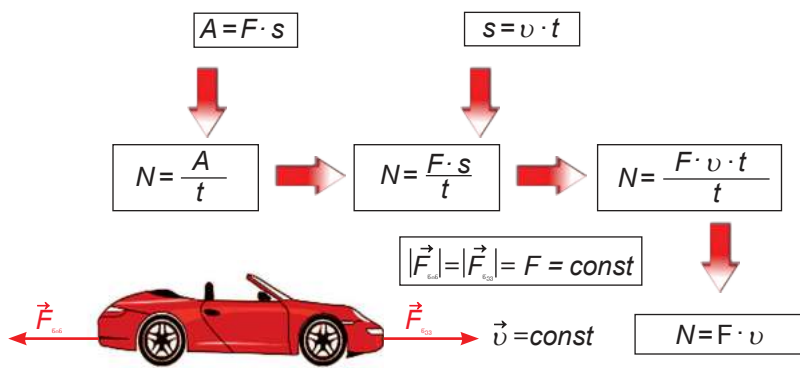
SI სისტემაში სიმძლავრის ერთეულია **1 ვატი** (შემოკლებით ვტ). სიმძლავრის ერთეულს ვატი ინგლისელი მეცნიერისა და გამომგონებლის ჯეიმს უატის პატივსაცემად ეწოდა.

1 ვატი არის ისეთი მექანიზმის სიმძლავრე, რომელიც ერთ წამში ერთ ჯოულ მუშაობას ასრულებს.

$$1 \text{ ვტ} = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{წმ}}$$

გარდა ვატისა, იყენებენ სიმძლავრის ჯერად და წილად ერთეულებს და ასევე „ცხენის ძალას“.

თუ სიმძლავრის ფორმულაში ჩავსვამთ მუშაობისა და სიჩქარის ფორმულებს, მივიღებთ:



ჯეიმს უატი
(1736-1819)

სიმძლავრის ჯერადი და წილადი ერთეულები

1 კილოვატი (1 კვტ) =

= 1000 ვტ. = 10^3 ვტ

1 მეგავატი (მგვტ) =

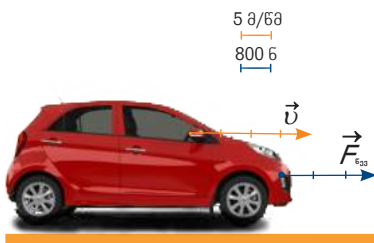
= 1000000 ვტ. = 10^6 ვტ

1 გიგავატი (გვტ) =

= 1000000000 ვტ. = 10^9 ვტ.

1 მილივატი (მვტ) =

= 0,001 ვტ.



სურ. 14

1 ცხენის ძალა (ც.ძ.) =
= 735 ვტ.



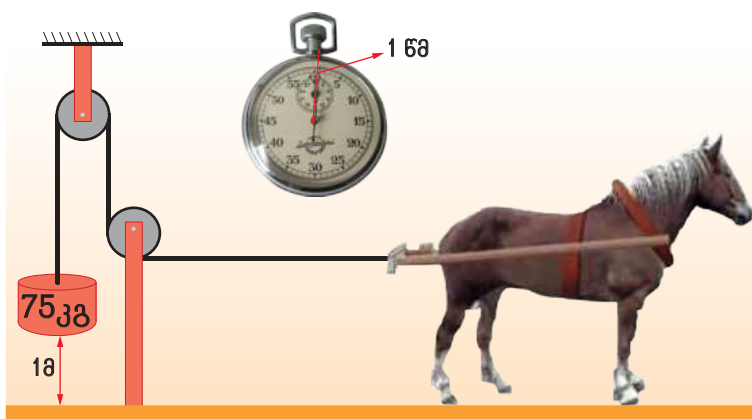
გაანგარიშება

1. ანათვლები აიღე მე-15 სურათიდან და გამოთვალე ცხენის სიმძლავრე ვატებში. დაადგინე რა თანაფარდობაა ვატსა და ცხენის ძალას შორის ($g = 9,8 \text{ ნ/კგ}$).

2. ამწემ ტვირთის ატანისას შეასრულა 800 ჯ მუშაობა 16 წმ-ში. გამოთვალე ამ დროს განვითარებული სიმძლავრე.

3. მე-14 სურათიდან აიღე მონაცემები და გამოთვალე მანქანის სიმძლავრე.

4. 10 კგ მასის გრანიტის ფილა ააქვთ 12 მ სიმაღლეზე 5 წთ-ში. გამოთვალე შესრულებული მუშაობა და სიმძლავრე.



სურ. 15



საშინაო დავალება

1. მანქანას 520 ნ წევის ძალის მოქმედებით ტვირთი გადააქვს 108 კმ მანძილზე 1 სთ-ში. გამოთვალე სიმძლავრე.

ექსპერიმენტული დავალება

ადამიანის მიერ განვითარებულ სიმძლავრეზე მისი მაჯისცემის სიხშირის დამოკიდებულების გამოკვლევა



მოცემული გაქვს: წამმზომი, სასწორი, საზომი ლენტა.

მსვლელობა: სასწორზე გაზომე საკუთარი მასა და წამმზომით შენი პულსი კიბეზე ასვლამდე. ნელი სვლით ადი სახლის რომელიმე სართულზე და გაზომე ასვლის დრო. ჩათვალე, რომ ერთი სართულის სიმაღლეა 3 მ. გამოთვალე შენ მიერ განვითარებული სიმძლავრე; გაიმეორე ექსპერიმენტი იმავე სართულზე სხვადასხვა სიჩქარით ასვლისას. თითოეულ სიტუაციაში გაზომე ასვლის დრო და პულსი. გამოთვალე განვითარებული სიმძლავრეები, შეადარე ერთმანეთს. დაუკავშირე გულისცემის სიხშირის მატება შენ მიერ განვითარებულ სიმძლავრეებს. გამოიტანე დასკვნა.

1.5. ამოხსენი ამოცანები

I

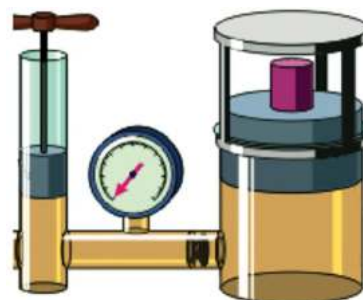
1. 10 კვტ სიმძლავრის ამწეს ტვირთი ააქვს 0,1 მ/წმ მუდმივი სიჩქარით. გამოთვალე ამ ტვირთის მასა?
2. არწივის ჰორიზონტალურად ფრენის საშუალო სიჩქარე ისეთივეა, როგორიც სკუტერის, რომლის ძრავის სიმძლავრეა 3,920 კვტ და წევის ძალაა 245 ნ. რა სიჩქარე აქვს არწივს ჰორიზონტალურად ფრენისას?
3. გამოთვალე ტუმბოს საშუალო სიმძლავრე, თუ მას შეუძლია $4,5 \text{ მ}^3$ მოცულობის წყალი აიტანოს 5 მ სიმაღლეზე 5 წუთში?



სურ. 16

II

1. ჰიდრავლიკურ წნეხში პატარა დგუშზე მოქმედი წნევაა 4000 პა, დგუშის ფართობია 200 სმ^2 . გამოთვალე მუშაობა, რომელიც სრულდება ამ დგუშის 15 სმ-ით გადაადგილებისას (სურ. 17).
2. ელმავალი „შტადლერი“ (სურ. 16) 1 წთ-ში 150 მგჯ მუშაობას ასრულებს, ავტომატურად „ჯიპი“ (სურ. 18) კი 5 წთ-ში 111 მგჯ მუშაობას. შეადარე მათი სიმძლავრეები ერთმანეთს, რომელს აქვს მეტი სიმძლავრე და რამდენჯერ.
3. ამწეს 1,5 ტ ტვირთი ააქვს მე-12 სართულზე. თითოეული სართულის სიმაღლე 4 მ-ია. გამოთვალე შესრულებული მუშაობა.



სურ. 17

III

1. თვითმფრინავი მიფრინავს 250 მ/წმ სიჩქარით. გამოთვალე ძრავის წევის ძალა, თუ მისი სიმძლავრე 1800 კვტ-ია?
2. 30 კგ მასის ბავშვი არბის კიბეზე 12 წმ-ში 10 მ სიმაღლეზე. გამოთვალე ბავშვის მიერ განვითარებული სიმძლავრე?
3. ორ ამწის ერთნაირ სიმაღლეზე ააქვს ერთი და იმავე მასის ტვირთი. ერთი ამწე ტვირთს სწევს 1 წუთში, ხოლო მეორე – 30 წამში. შეადარე ერთმანეთს ამწეების მიერ შესრულებული მუშაობები და სიმძლავრეები.



სურ. 18

IV

1. ამწეს 600 კგ მასის ტვირთი ამოაქვს ორმოდან 0,9 მ/წმ მუდმივი სიჩქარით. გამოთვალე ამწის მიერ განვითარებული სიმძლავრე.
2. გამოთვალე, რა მუშაობას შეასრულებს გიგანტური საზღვაო ლაინერი „დედოფალი მერი 2“ (სურ. 19), რომლის სიმძლავრეა 102 მგვტ პორტიდან გასვლის შემდეგ 1 სთ-ში.
3. ბიჭს 20 მ სიღრმის ჭიდან ამოაქვს 12 ლ წყალი 15 წმ-ში. გამოთვალე საშუალო სიმძლავრე, რომელსაც ავითარებს ბიჭი ჭიდან წყლის ამოღებისას?

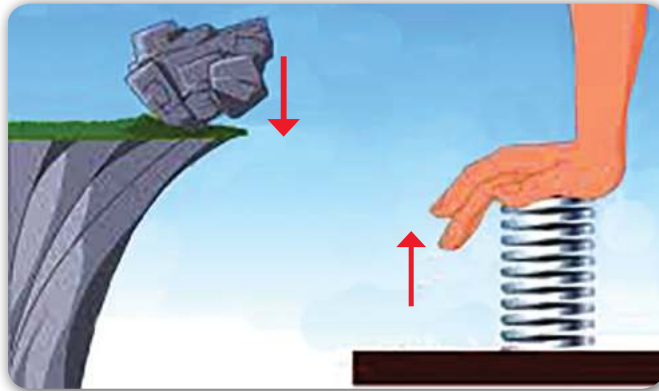


სურ. 19

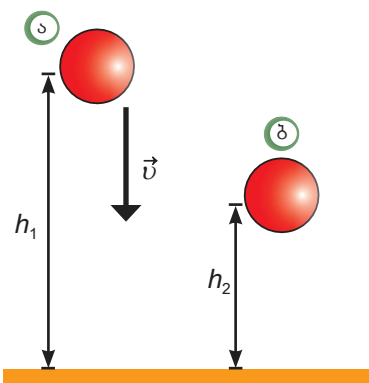
1.6. პოტენციური ენერგია

იზიარე და იმსჯელე

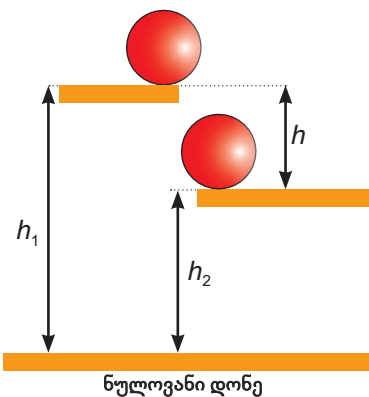
რომელი ენერგია გააჩნია ქვებს და დეფორმირებულ ზამბარას?



სურ. 20



სურ. 21



სურ. 22.

დედამიწის ზედაპირიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე მდებარე სხეულებს განსხვავებული მუშაობის შესრულება შეუძლიათ. სხვადასხვა h_1 და h_2 სიმაღლიდან ვარდნილი ორი ტოლი მასის ბურთი განსხვავებულ მუშაობას ასრულებს (სურ. 21). ამდენად, ბურთის ენერგია (ა) მდებარეობაში მეტია, ვიდრე (ბ) მდებარეობაში.

ენერგია სხეულის მიერ მუშაობის შესრულების უნარის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეა.

მექანიკური ენერგიის ერთ-ერთი სახეა პოტენციური ენერგია. პოტენციური ენერგია გააჩნია დედამიწის ზედაპირიდან რაიმე სიმაღლეზე ატანილ ნებისმიერ სხეულს. იგი განპირობებულია დედამიწასა და ამ სხეულს შორის ურთიერთქმედებით, ანუ დედამიწისა და სხეულის ურთიერთმიზიდულობის ძალით.

პოტენციური ენერგია დამოკიდებულია სხეულის მასაზე, დედამიწის ზედაპირიდან სხეულის აწევის სიმაღლეზე და გამოისახება ფორმულით:

$$E_p = mgh.$$

ამ ენერგიას ხშირად სიმძიმის ძალის პოტენციურ ენერგიასაც უწოდებენ.

პოტენციური ენერგია გააჩნია აგრეთვე დეფორმირებულ სხეულს. დრეკადად დეფორმირებული სხეულის პოტენციური ენერგია განპირობებულია სხეულის შემადგენელ ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედებით და გამოისახება ფორმულით:

$$E_p = \frac{kx^2}{2},$$

სადაც k სიხისტეა, x — დეფორმაციის სიდიდე.

ამ ენერგიას ხშირად დრეკადობის ძალის პოტენციურ ენერგიასაც უწოდებენ.

ენერგიას, რომელიც განპირობებულია ურთიერთქმედის სხეულების ან სხეულის ნაწილაკების ურთიერთმდებარეობით, პოტენციური ენერგია ეწოდება.

დავუშვათ, სხეული h_1 სიმაღლიდან ვარდება და ეცემა h_2 სიმაღლის საყრდენს (სურ. 22). ამ დროს სხეულის პოტენციური ენერგია მცირდება.

თუ სხეულის პოტენციური ენერგია სანყის მდებარეობაში იყო:

$$E_1 = mgh_1$$

მაშინ საყრდენზე დაცემისას მისი პოტენციური ენერგია იქნება:

$$E_2 = mgh_2.$$

შესრულებული მუშაობა რიცხობრივად ამ პოტენციურ ენერგიათა სხვაობის ტოლია:

$$A = E_1 - E_2 = mgh_1 - mgh_2 = mgh.$$

რადგან სხეულის მიერ შესრულებული მუშაობა ენერგიის ცვლილებით განისაზღვრება, ამიტომ პოტენციური ენერგიის ერთეული SI სისტემაში ისევე, როგორც მუშაობისა არის ჯოული (ჯ).

მუშაობა ანუ სხვადასხვა დონეებს შორის პოტენციური ენერგიების სხვაობა ნულოვანი დონის არჩევაზე არ არის დამოკიდებული. პოტენციური ენერგიის რიცხვითი მნიშვნელობა კი დამოკიდებულია ნულოვანი დონის არჩევაზე. ერთსა და იმავე დონეზე სხეულს სხვადასხვა ნულოვანი დონის მიმართ განსხვავებული ენერგია გააჩნია. მაგალითად, თუ ენერგიის ნულოვან დონედ ავირჩევთ დედამიწის ზედაპირს (სურ. 23), ბურთულის პოტენციური ენერგია h_1 დონეზე იქნება:

$$E_3 = mgh_1$$

ხოლო, თუ ნულოვან დონედ ავირჩევთ ქვედა საყრდენს, მაშინ იმავე ბურთულის პოტენციური ენერგია h_1 დონეზე იქნება:

$$E_3 = mgh.$$

პოტენციური ენერგია გააჩნია კაშხალში დაგუბებულ წყალს, შეკუმშულ აირსა და ორთქლს, გაჭიმულ ან შეკუმშულ ზამბარას და სხვ.



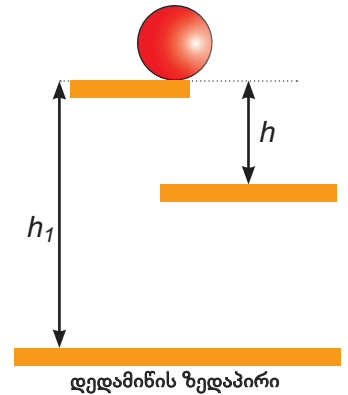
გაანჯრება

1. იმსჯელე, შეიძლება თუ არა სხეულის პოტენციური ენერგია იყოს უაროვითი.
2. სხეული აისროლეს ვერტიკალურად ზევით h სიმაღლეზე. იმსჯელე პოტენციური ენერგიის ცვლილებასა და ბურთის სიჩქარეზე მისი მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლისას. რა მუშაობას ასრულებს სიმძიმის ძალა ამ დროს?
3. 24-ე სურათზე გამოსახული სამი სხვადასხვა მასის სხეულის მდებარეობა. იმსჯელე, რა თანაფარდობა იქნება მათ პოტენციურ ენერგიებს შორის.

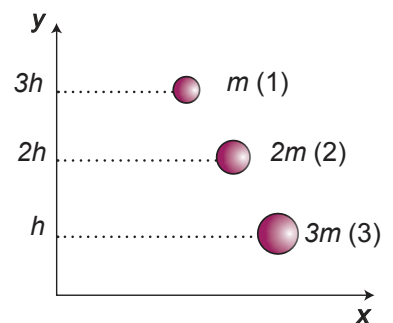


საშინაო დავალება

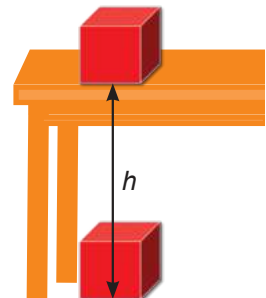
1. გამოთვალე მაგიდაზე მოთავსებული 2 კგ მასის ყუთის პოტენციური ენერგია, თუ იატაკს მიიჩნევ პოტენციური ენერგიის ნულოვან დონედ? მაგიდის სიმაღლეა 80 სმ (სურ. 25).
2. 26-ე სურათზე გამოსახული ტოლი მასის ბურთულებიდან რომელს ექნება უმცირესი პოტენციური ენერგია?



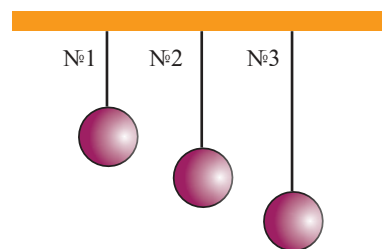
სურ. 23



სურ. 24



სურ. 25



სურ. 26

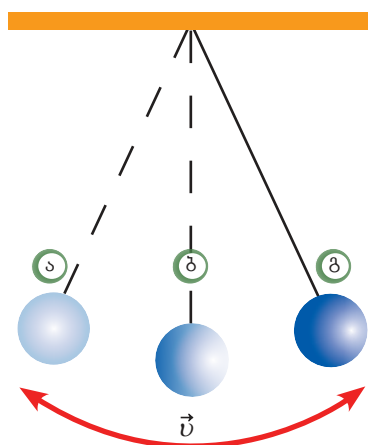
1.7. კინეტიკური ენერგია

იზიძრა და იმსჯელე

ცხენს ბარიერზე გადახტომისას პოტენციური ენერგიის გარდა ექნება თუ არა სხვა ენერგია?



სურ. 27



სურ. 28

ყოველ მოძრავ სხეულს გააჩნია ენერგია, რადგან მას შეუძლია შეასრულოს მუშაობა. მუშაობას ასრულებს მანქანა ტვირთის გადატანისას, კაშხლიდან ვარდნილი წყალი, წონასწორობიდან გამოყვანილი საქანი და სხვა ნებისმიერი მოძრავი სხეული (სურ. 28).

რაც უფრო მეტია მოძრავი სხეულის მასა და სიჩქარე, მით მეტი მუშაობის შესრულება შეუძლია მას და შესაბამისად, აქვს მეტი ენერგია. მოძრავი სხეულის ენერგიას კინეტიკური ენერგია ეწოდება. **კინეტიკური ენერგია** მექანიკური ენერგიის ერთ-ერთი სახეა.

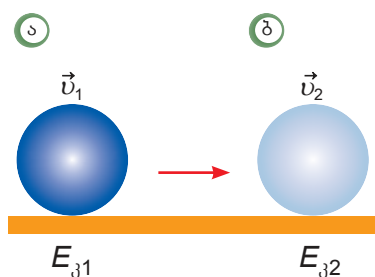
კინეტიკური ენერგია სხეულის სიჩქარის კვადრატის პირდაპირპროპორციულია და დამოკიდებულია სხეულის მასაზე.

თუ სხეულის სიჩქარე 2-ჯერ იზრდება, მისი კინეტიკური ენერგია 4-ჯერ გაიზრდება. კინეტიკური ენერგია გამოისახება ფორმულით:

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

სადაც m სხეულის მასაა, v — სიჩქარე.

სხეულის კინეტიკური ენერგია ამ სხეულის მასისა და სიჩქარის კვადრატის ნამრავლის ნახევრის ტოლია.



სურ. 29

დავუშვათ, m მასის ბურთულა მოძრაობს v_1 სიჩქარით (სურ. 29 ა). გარკვეული დროის შემდეგ მისი სიჩქარე გაიზარდა და გახდა v_2 (სურ. 29 ბ). შესაბამისად, საწყის მომენტში სხეულის კინეტიკური ენერგია იქნება:

$$E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2},$$

ხოლო საბოლოო მომენტში

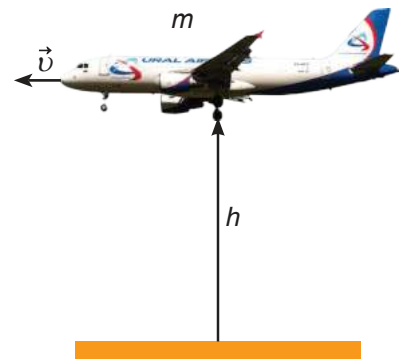
$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}.$$

რადგან მოძრავი სხეულის სიჩქარის ცვლილებისას იცვლება მისი კინეტიკური ენერგია, შესაბამისად, შესრულებული მუშაობა სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილების ტოლია.

$$A = E_{კ2} - E_{კ1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

რადგან სხეულზე მოქმედი ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ენერგიის ცვლილების ტოლია, ამიტომ კინეტიკური ენერგიის ერთეული SI სისტემაში, ისევე, როგორც მუშაობისა არის ჯოული (ჯ).

ს სიჩქარით მოძრავი m მასის სხეულის კინეტიკური ენერგია გვიჩვენებს, რა სიდიდის მექანიკური მუშაობა უნდა შეასრულოს სხეულზე მოქმედმა ძალამ, რომ სხეულს მიანიჭოს v სიჩქარე.

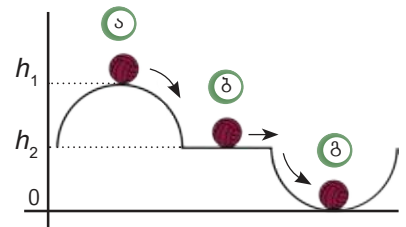


სურ. 30



გაანზრება

1. იმსჯელე, კინეტიკური ენერგიის შესახებ. შეიძლება თუ არა კინეტიკური ენერგიის მნიშვნელობა იყოს უარყოფითი? პასუხი დაასაბუთე.
2. იმსჯელე, კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ცვლილების შესახებ, თუ თვითმფრინავი ჰორიზონტალურად დედამიწის ზედაპირიდან რაღაც h სიმაღლეზე მზარდი სიჩქარით მოძრაობს (სურ. 30).
3. იმსჯელე და შეადარე ერთმანეთს სხეულის ენერგია ა, ბ და გ მდებარეობებში. ენერგიის რა გარდაქმნები ხდება სხეულის ა-დან ბ-ში და შემდეგ გ მდებარეობაში გადაადგილების შედეგად (ხახუნი უგულებელყავი. სურ. 31)?
4. იმსჯელე, რომელ მდებარეობაში ექნება საქანს მაქსიმალური კინეტიკური ენერგია. პასუხი დაასაბუთე (სურ. 28).
5. 5 ტონა მასის მატარებელი მოძრაობს 72 კმ/სთ სიჩქარით. გამოთვალე მისი კინეტიკური ენერგია.



სურ. 31



საშინაო დავალება

1. გამოთვალე სხეულის კინეტიკური ენერგია, თუ მისი მასაა 6 კგ და სიჩქარე 2 მ/წმ.
2. რა მუშაობა უნდა შესრულდეს 2000 ტ მასის 15 მ/წმ სიჩქარით მოძრავი მატარებლის გასაჩერებლად?
3. რა მუშაობას შეასრულებს 4 ტონა მასის სატვირთო მანქანა, თუ მისი საწყისი სიჩქარეა 54 კმ/სთ, საბოლოო 72 კმ/სთ?
4. ავტომანქანის კინეტიკური ენერგია გაიზარდა 9-ჯერ. რამდენჯერ შეიცვალა მისი მოძრაობის სიჩქარე?

ენერგიის ჯერადი და წილადი ერთეულები

$$1 \text{ კილოჯოული (1 კჯ)} = 1000 \text{ ჯ} = 10^3 \text{ ჯ}$$

$$1 \text{ მეგაჯოული (მგჯ)} = 1000000 \text{ ჯ} = 10^6 \text{ ჯ}$$

$$1 \text{ გიგაჯოული (გჯ)} = 1000000000 \text{ ჯ} = 10^9 \text{ ჯ}$$

$$1 \text{ მილიჯოული (მჯ)} = 0,001 \text{ ჯ}$$

1.8. მექანიკური ენერგიის ექსპერიმენტული კვლევა



ექსპერიმენტი სხეულების პოტენციური ენერგიების შედარება

მოცემული გაქვს: 50 და 100 გ მასის საწონები, ქვიშა (მცირე რაოდენობით), სახაზავი, ქაღალდის ფურცელი ან მუყაოს ყუთი.



მსგელობა:

მუყაოს ყუთში ჩაყარე ქვიშა. 15 სმ სიმაღლიდან რიგრიგობით ჩამოაგდე ჯერ 50 გ და შემდეგ 100 გ მასის სხეულები ისე, რომ ორივე მათგანი ქვიშაში ჩავარდეს. ქვიშაში გაჩენილი ჩაღრმავებების მიხედვით შეაფასე ის ზემოქმედება, რომელიც მოახდინა თითოეულმა სხეულმა ქვიშაზე (სურ. ა და ბ).

შეადარე ერთმანეთს სხეულების მიერ შესრულებული მუშაობა ქვიშაზე სხეულების ზემოქმედების შედეგების მიხედვით.

იმსჯელე: რომელმა სხეულმა წარმოქმნა მეტი ჩაღრმავება ქვიშაში და რაზეა დამოკიდებული ამ ჩაღრმავების ზომა? რომელ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მუშაობაა მეტი? რომელ სხეულს აქვს მეტი პოტენციური ენერგია?

შემდეგ 100 გ მასის სხეული ჩამოაგდე 30 სმ სიმაღლიდან.

დააკვირდი ქვიშაში წარმოქმნილ ჩაღრმავებას და შეადარე წინა ექსპერიმენტში ამავე სხეულის მიერ წარმოქმნილ ღრმულს.

შეადარე სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა წინა ექსპერიმენტში სხეულის ქვიშაზე ზემოქმედების შედეგს.

რომელ შემთხვევაშია უფრო მეტი (15 სმ თუ 30 სმ სიმაღლიდან ჩამოგდებისას) 100 გ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მუშაობა? რომელ სიტუაციაში აქვს სხეულს მეტი პოტენციური ენერგია?

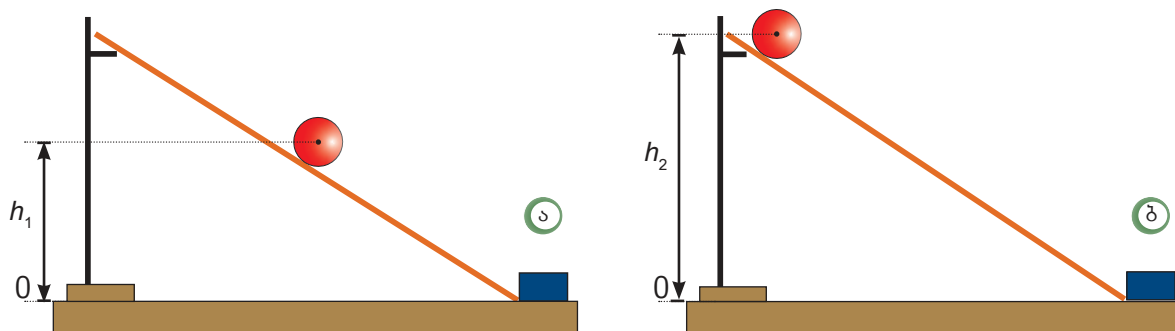
აღწერე ექსპერიმენტი.

გამოიტანე დასკვნა: როგორ არის დამოკიდებული სიმძიმის ძალის პოტენციური ენერგია სხეულის მასაზე, ვარდნის სიმაღლეზე.



ექსპერიმენტი დაკვირვება სხეულების კინეტიკურ ენერგიაზე

მოცემული გაქვს: სხვადასხვა მასის ორი ბურთულა, 30 სმ სიგრძის მუყაოს ღარი, ხის ძელაკი, სახაზავი, შტატივი (ან რაიმე საყრდენი, მაგალითად, წიგნები).



მსვლელობა:

შტატივში ჩაამაგრე ღარი დახრილად. ხის ძელაკი მოათავსე ღარის ქვედა კიდედან. ღარის შუა ადგილიდან (h_1 სიმაღლიდან) დააგორე მცირე მასის ბურთულა (სურ. ა).

დააკვირდი, რა მანძილზე გადაადგილდეს ბურთულა ღარის კიდედან მოთავსებულ ძელაკს დაჯახების შედეგად. გაზომე ძელაკის მიერ გავლილი მანძილი.

შემდეგ ბურთულა დააგორე უფრო მეტი, h_2 , სიმაღლიდან (სურ. ბ) და ისევ გაზომე დაჯახების შედეგად ძელაკის მიერ გავლილი მანძილი.

იმსჯელე: შეადარე ერთმანეთს ძელაკის მიერ გავლილი მანძილები. რომელ სიტუაციაში აქვს სხეულს მეტი სიჩქარე და რომელ სიტუაციაში შეასრულა ბურთულამ მეტი მუშაობა. შესაბამისად, რომელ სიტუაციაში აქვს ბურთულას მეტი კინეტიკური ენერგია? რომელი ენერგიის ხარჯზე შეასრულა ბურთულამ მუშაობა ძელაკის გადასადგილებლად?

იგივე ექსპერიმენტები ჩაატარე მეტი მასის ბურთულისთვის. შეადარე ძელაკის მიერ გავლილი მანძილები ერთმანეთს და წინა ექსპერიმენტში მიღებულ შედეგებს. რომელ სიტუაციაში აქვს ბურთულას მეტი კინეტიკური ენერგია?

აღწერე ექსპერიმენტი.

გაანალიზე ექსპერიმენტის შედეგები და გამოიტანე დასკვნა:

როგორ არის დამოკიდებული ბურთულის მიერ შესრულებული მუშაობა და შესაბამისი კინეტიკური ენერგია ბურთულის მასასა და მის სიჩქარეზე.



საშინაო დავალება

1. მოამზადე პრეზენტაცია პოტენციური და კინეტიკური ენერგიების ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების შესახებ.

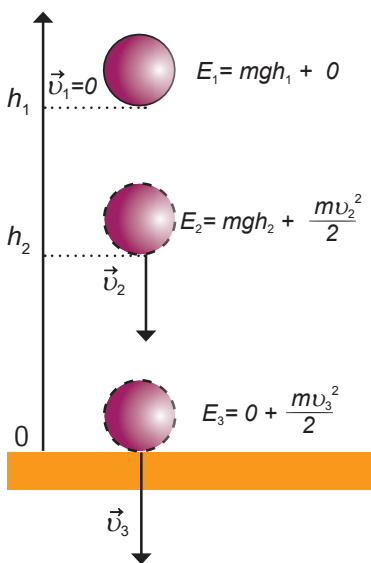
1.9. ენერგიის მუდმივობის კანონი

იზიარე და იმსჯელე

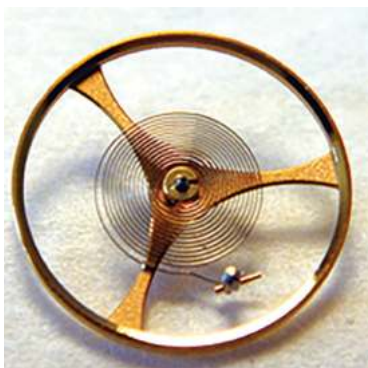
ენერგიის რა გარდაქმნები ხდება ველომობილელის გორაკზე მოძრაობისას?



სურ.32



სურ. 33



სურ. 34

სხეულებს შეიძლება ერთდროულად ჰქონდეთ როგორც პოტენციური, ისე კინეტიკური ენერგია.

თვითმფრინავს რაღაც სიმაღლეზე ფრენისას, გარდა დედამიწასთან ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგიისა, მოძრაობის გამო აქვს კინეტიკური ენერგიაც.

დედამიწის ზედაპირიდან h_1 სიმაღლეზე ანეულ m მასის უძრავ ბურთს მხოლოდ პოტენციური ენერგია გააჩნია (სურ. 33). უძრავის გამო კინეტიკური ენერგია ნულის ტოლია. თუ ბურთს ხელს გაუშვებთ, მაშინ იგი დაიწყებს ვარდნას. მისი პოტენციური ენერგია მცირდება, ხოლო სიჩქარის ზრდასთან ერთად იზრდება კინეტიკური ენერგია. კინეტიკური ენერგია მაქსიმალური იქნება დედამიწაზე დაცემის მომენტში. ამგვარად, ბურთის **პოტენციური ენერგია** ვარდნისას გარდაიქმნება **კინეტიკურ ენერგიად**.

კინეტიკური E_k და პოტენციური E_p ენერგიების ჯამს **სრული მექანიკური ენერგია** ეწოდება.

$$E_{\text{სრ}} = E_k + E_p$$

სხეულის ვარდნისას ტრაექტორიის შუა წერტილში კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები ერთმანეთის ტოლი იქნება.

იმ **სხულთა კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი, რომლებიც ქმნიან ჩაკეტილ სისტემას და ურთიერთქმედებენ მსოფლიო მიზიდულობის ან დრეკადობის ძალებით, მუდმივია**.

$$E_{\text{სრ}} = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}$$

ჩაკეტილი სისტემა ეწოდება ფიზიკურ სხეულთა ერთობლიობას, რომლებიც მხოლოდ ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ, ხოლო სხვა სხეულებთან არ ურთიერთქმედებენ, ან ურთიერთქმედება მხედველობაში არ მიიღება.

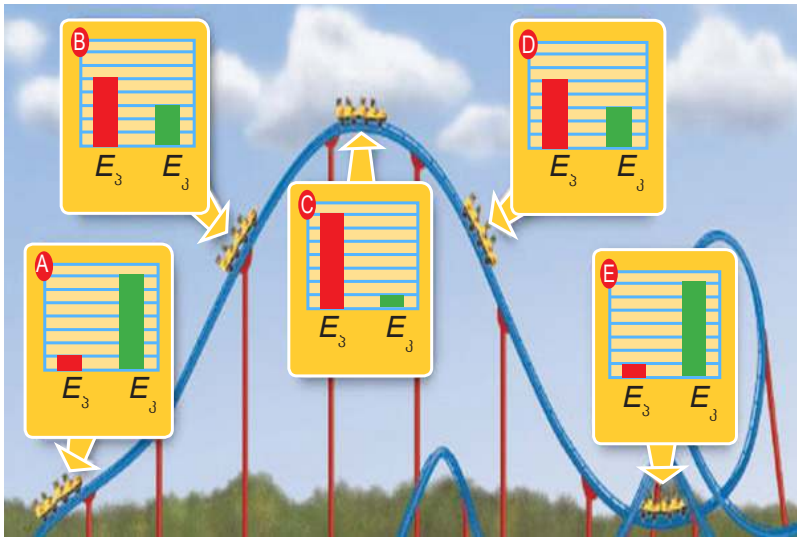
ენერგიის მუდმივობისა და გარდაქმნის კანონი ბუნების ერთ-ერთი ფუნდამენტური კანონია.

ენერგია არაფრისგან არც წარმოიქმნება და არც ქრება. ის ერთი სახიდან გარდაიქმნება მეორე სახედ, ან ერთი სხეულიდან გადაეცემა მეორე სხეულს.



გაანზრება

- 34-ე სურათზე გამოსახულია მექანიკური საათის შეკუმშული ზამბარა, რომელიც დაკავშირებულია საათის ისრებთან. იმსჯელე, რომელი ენერგიის ხარჯზე მოძრაობენ ისრები და ენერგიის რა გარდაქმნები ხდება ამ დროს?
- იმსჯელე ჩაქუჩის ენერგიის გარდაქმნის შესახებ 35-ე ა და ბ სურათზე გამოსახული სიტუაციების მიხედვით.
- 36-ე სურათზე გამოსახულია ვაგონეტის მოძრაობა გორაკზე, რომელსაც მინიჭებული აქვს სანყისი სიჩქარე. იმსჯელე დიაგრამების მიხედვით ვაგონეტის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ურთიერთგარდაქმნის შესახებ.



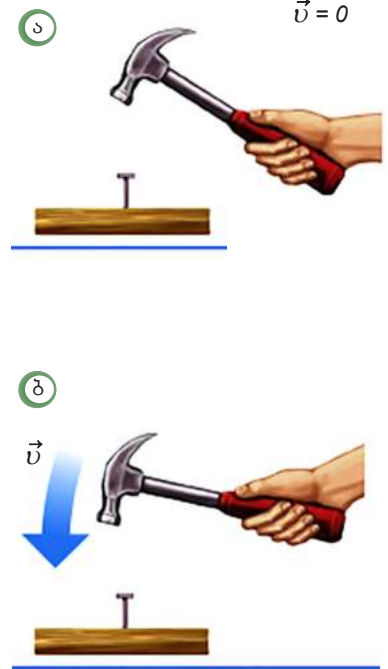
სურ. 36

- იმსჯელე კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ცვლილებების შესახებ საქანელაზე რხევისას (სურ. 37).

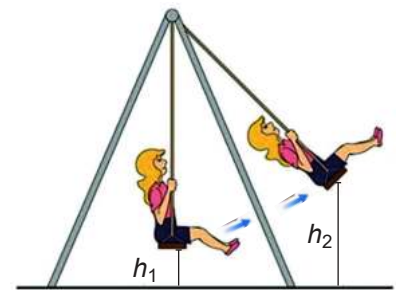


საშინაო დავალება

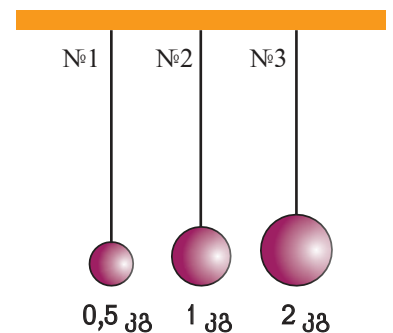
- 350 გ მასის ბურთი ვარდება 3 მ სიმალიდან. გამოთვალე ბურთის კინეტიკური ენერგია დედამიწაზე დაცემის მომენტში (ჰაერის წინააღმდეგობა უგულებელყავი).
- შეადარე 38-ე სურათზე გამოსახული ბურთების პოტენციური ენერგიები. დაფუძნის გადაჭრისას, რომელ ენერგიას შეიძენენ ისინი და როგორი თანაფარდობა იქნება ამ ენერგიებს შორის?
- სხეული აისროლეს ვერტიკალურად ზევით. რომელი ენერგია ექნება მას მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლისას?
- 100 გ მასის სხეული 5 მ-ის სიმალიდან ჩამოვარდა და ქვიშაში 2 სმ სიღრმეზე ჩაეფლო. გამოთვალე ქვიშაში აღძრული წინააღმდეგობის საშუალო ძალა.



სურ. 35



სურ. 37



სურ. 38

1.10. ამოხსენი ამოცანები

1. სხეულის კინეტიკური ენერგიაა 120 ჯ, პოტენციური ენერგია კი — 35 ჯ. გამოთვალე, რა მუშაობა შეუძლია შეასრულოს ამ სხეულმა.

ამოხსნა:

$A - ?$	სხეულს შეუძლია შეასრულოს მუშაობა, რომელიც ამ სხეულის სრული მექანიკური ენერგიის ტოლია. სხეულის სრული მექანიკური ენერგიაა:
$E_k = 120 \text{ ჯ}$	
$E_p = 35 \text{ ჯ}$	$E_{\text{სრ}} = E_k + E_p$. ამიტომ $A = E_{\text{სრ}} = 120 \text{ ჯ} + 35 \text{ ჯ} = 155 \text{ ჯ}$.
	პასუხი: $A = 155 \text{ ჯ}$.

2. სხეული აისროლეს ვერტიკალურად 5 მ/წმ სიჩქარით. გამოთვალე სხეულის ასვლის მაქსიმალური სიმაღლე (ჰაერის წინააღმდეგობა უგულებელყავი).

ამოხსნა:

$h - ?$	სხეულს ასროლისას აქვს კინეტიკური ენერგია: $E_k = \frac{mv^2}{2}$.
$v = 5 \text{ მ/წმ}$	მაქსიმალურ სიმაღლეზე ასვლისას კინეტიკური ენერგია მთლიანად გარდაიქმნება პოტენციურ ენერგიად. ე.ი.
	$E_k = E_p$, ანუ $\frac{mv^2}{2} = mgh$. აქედან $h = \frac{v^2}{2g}$.
	$h = \frac{25}{20} = 1,25 \text{ (მ)}$.
	პასუხი: $h = 1,25 \text{ მ}$.

3. სხეული აისროლეს ვერტიკალურად. მაქსიმალურ სიმაღლეზე მისი პოტენციური ენერგიაა 300 ჯ. გამოთვალე მისი კინეტიკური ენერგია ასროლის მომენტში? (ჰაერის წინააღმდეგობა უგულებელყოფილია).

ამოხსნა:

$E_k - ?$	სხეულს ასროლისას ჰქონდა კინეტიკური ენერგია. თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ჰაერის წინააღმდეგობას, ასვლის მაქსიმალურ სიმაღლეზე კინეტიკური ენერგია მთლიანად გარდაიქმნება პოტენციურ ენერგიად. ამიტომ:
$E_p = 300 \text{ ჯ}$	$E_k = E_p$, ე.ი. $E_k = 300 \text{ ჯ}$.
	პასუხი: კინეტიკური ენერგია ასროლის მომენტში, $E_k = 300 \text{ ჯ}$.

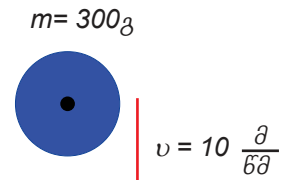
4. 2 კგ მასის სხეულის პოტენციური ენერგიაა 320 ჯ. რა სიმაღლეზე იმყოფება სხეული დედამიწის ზედაპირიდან.

ამოხსნა:

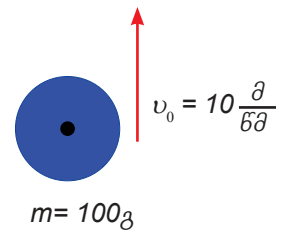
$h - ?$	დედამიწის ზედაპირიდან h სიმაღლეზე სხეულის პოტენციური ენერგია იქნება:
$m = 2 \text{ კგ}$	
$E_p = 320 \text{ ჯ}$	$E_p = mgh$. აქედან $h = \frac{E_p}{mg} = \frac{320 \text{ ჯ}}{2 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ ნ/კგ}} = \frac{320 \text{ ნ} \cdot \text{მ}}{20 \text{ ნ}} = 16 \text{ მ}$.
	პასუხი: $h = 16 \text{ მ}$.

I

- 39-ე სურათის მიხედვით გამოთვალე ბურთულის კინეტიკური ენერგია მიწაზე დაცემამდე.
- მოდრავი სხეულის პოტენციური ენერგიაა 100 ჯ, სრული ენერგია — 150 ჯ, გამოთვალე სხეულის კინეტიკური ენერგია.
- 5 კგ მასის სხეული მოძრაობს დედამიწიდან 10 მ-ის სიმაღლეზე 7,2 კმ/სთ სიჩქარით. გამოთვალე სხეულის კინეტიკური, პოტენციური და სრული მექანიკური ენერგია.



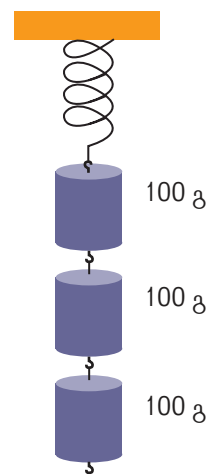
სურ. 39



სურ. 40

II

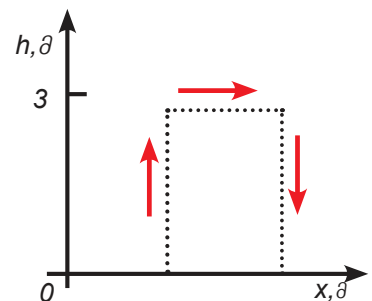
- მე-40 სურათის მიხედვით გამოთვალე ბურთულის ასვლის მაქსიმალური სიმაღლე. რომელი მონაცემია ზედმეტი?
- 200 გ მასის სხეული აისროლეს ვერტიკალურად ზევით 4 მ სიმაღლეზე და დაეცა ასროლის წერტილში. გამოთვალე სიმძიმის ძალის მუშაობა მთელ გზაზე.
- მოდრავი სხეულის სრული მექანიკური ენერგიაა 100 ჯ, კინეტიკური ენერგია — 80 ჯ, გამოთვალე სხეულის პოტენციური ენერგია.



სურ. 41

III

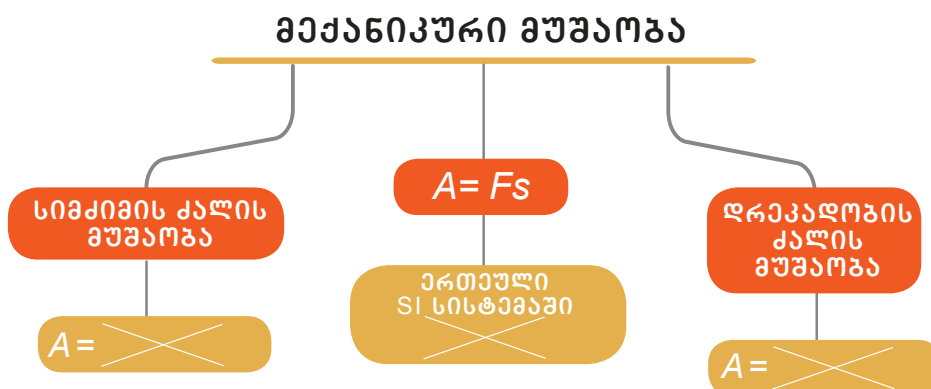
- 41-ე სურათზე გამოსახული ზამბარა დაჭიმულია 3 სმ-ით. გამოთვალე დრეკადობის ძალის პოტენციური ენერგია.
- რამდენჯერ გაიზრდება სხეულის კინეტიკური ენერგია მისი სიჩქარის 4-ჯერ გაზრდით?
- 42-ე სურათზე გამოსახულია ვერტიკალურად ზევით ასროლილი 100 გ მასის სხეულის მოძრაობის ტრაექტორია. გამოთვალე სიმძიმის ძალის მუშაობა მთელ გზაზე.



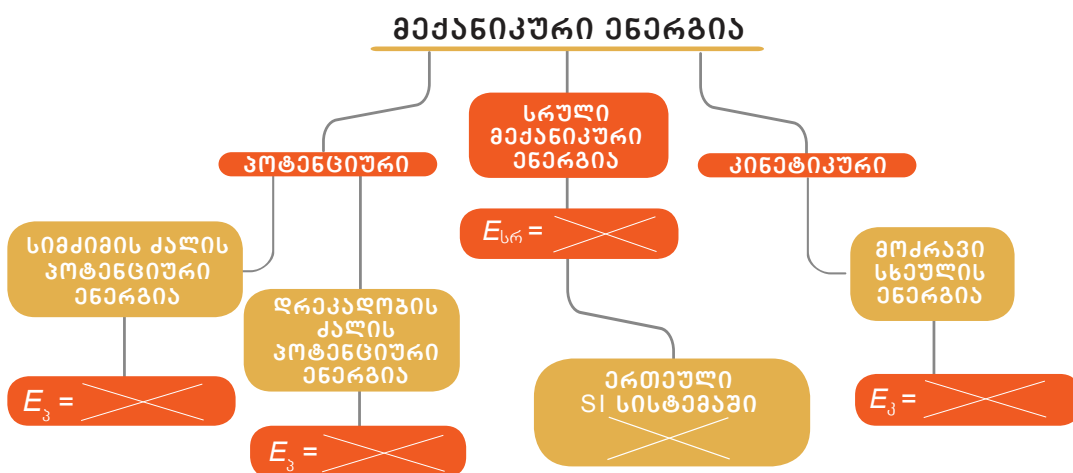
სურ. 42

I თავის შეჯამება

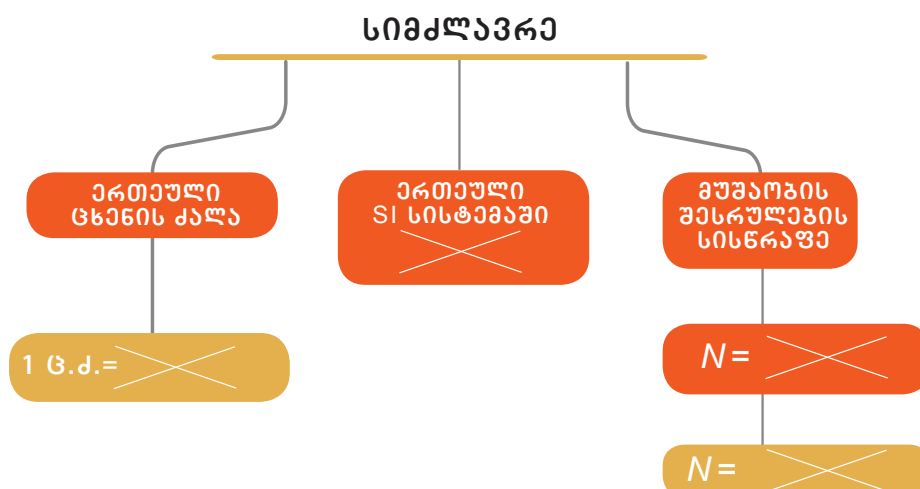
1. იმსჯელე მექანიკური მუშაობის შესახებ და აზრობრივად დაასრულე სქემა.



2. იმსჯელე მექანიკური ენერგიის შესახებ და აზრობრივად დაასრულე სქემა.



3. იმსჯელე სიმძლავრის შესახებ და აზრობრივად დაასრულე სქემა.



4. დაუკავშირე ფიზიკური სიდიდეები შესაბამის ფორმულებს და შეავსე ცხრილი.

1. კინეტიკური ენერგია
2. პოტენციური ენერგია
3. სიმძლავრე
4. მექანიკური მუშაობა

ა. $A = Fs$

ბ. $N = \frac{A}{t}$

გ. $\frac{mv^2}{2}$

დ. mgh

	ა	ბ	გ	დ
1				
2				
3				
4				

5. დაუკავშირე ფიზიკური სიდიდეები შესაბამის ერთეულებს და შეავსე ცხრილი.

1. მექანიკური ენერგია
2. ძალა
3. სიმძლავრე
4. მექანიკური მუშაობა

ა. ჯოული

ბ. ვატი

გ. ნიუტონი

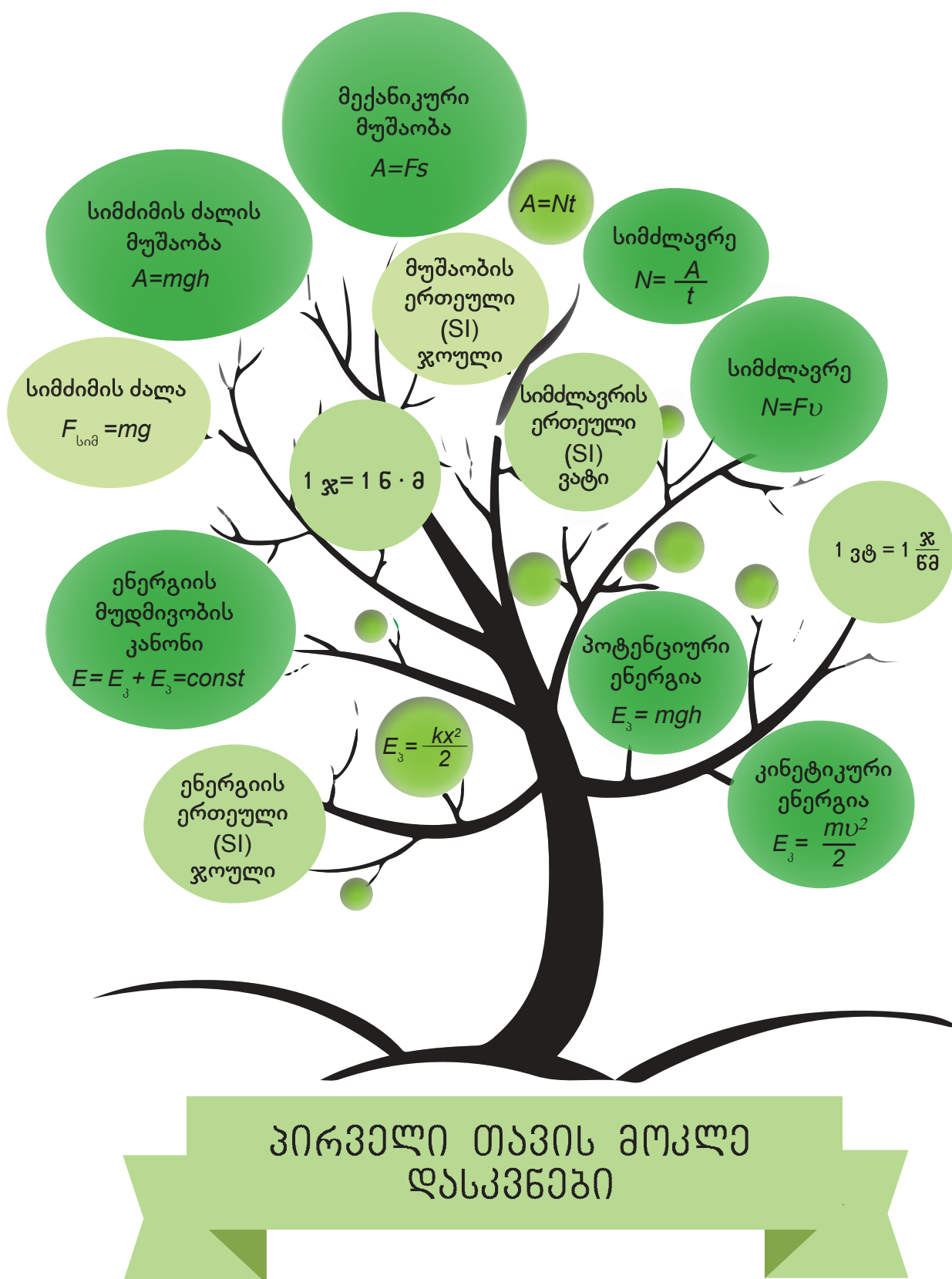
	ა	ბ	გ
1			
2			
3			
4			

6. ანათვლები აილე სურათიდან და გამოთვალე:

- ა - სიტუაციაში, მოსწავლის პოტენციური, კინეტიკური და სრული მექანიკური ენერგია;
- ბ - სიტუაციაში, პოტენციური, კინეტიკური, სრული მექანიკური ენერგია და მოსწავლის სიჩქარე;
- გ - სიტუაციაში, მაქსიმალურ სიმაღლეზე პოტენციური, კინეტიკური, სრული მექანიკური ენერგია, ასვლის სიმაღლე და მოსწავლის სიჩქარე.

შეადარე მოსწავლის სრული ენერგია თითოეულ სიტუაციაში და იმსჯელე, რამდენად სამართლიანია ენერგიის მუდმივობის კანონი (ხახუნი უგულებელყავი).





2. სხეულთა წონასწორობა მარტივი მექანიზმები



შეისწავლი:

- ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულთა წონასწორობის სახეებს;
- წონასწორობის პირობებს;
- მარტივ მექანიზმებს;
- მომენტების წესს მბრუნავი სხეულების წონასწორობის პირობების დასადგენად;
- მექანიკის „ოქროს წესს“;
- მექანიზმების მარგი ქმედების კოეფიციენტს.

შეიღებ და დაეუფლები:

- ნებისმიერი ბრტყელი ფორმის სხეულის სიმძიმის ცენტრის ექსპერიმენტულად მოძებნას;
- მდგრადი, არამდგრადი და განურჩეველი წონასწორობის სახეების ერთმანეთთან შედარებას და ერთმანეთისაგან მათი განსხვავების დადგენას;
- ბერკეტის მარტივი მოდელის დამზადებას და მისი მეშვეობით ბერკეტის წონასწორობის პირობის დადგენას;
- ბერკეტის ანალოგის მოძებნას ცოცხალ ორგანიზმებში. სქემატურად ამ ანალოგის წარმოდგენას.

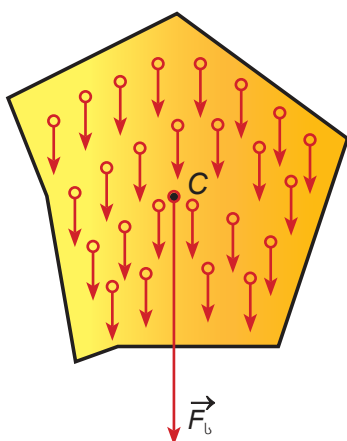
2.1. სიმძიმის ცენტრი

იზიარა და იმსჯელე

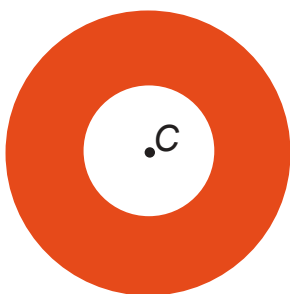
რომელი წერტილით
ეყრდნობა
აკრობატი გოგონა
სპორტსმენის ხელს
წონასწორობის
შენარჩუნებისათვის?



სურ. 1



სურ. 2



სურ. 3



სურ. 4

დედამიწის მიზიდულობის ძალა ნებისმიერ სხეულზე მოქმედებს. რადგან სხეული პატარა ნაწილაკებისგან შედგება, ამიტომ თითოეულ ნაწილაკზეც მოქმედებს სიმძიმის ძალა. ნაწილაკებზე მოქმედი სიმძიმის ძალები მიმართულია დედამიწის ცენტრისკენ და ერთმანეთის პარალელურია (სურ. 2). ამ ძალების ტოლქმედი მთელ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალაა.

წარმოსახვით წერტილს, რომელზეც სხეულის სიმძიმის ძალაა მოდებული, სიმძიმის ცენტრი ეწოდება.

სიმძიმის ცენტრს სხეულის **მასათა ცენტრსაც** უწოდებენ, ანუ შეიძლება ვიგულისხმოთ, რომ ამ წერტილში თავმოყრილია სხეულის მთელი მასა.

ერთგვაროვანი, წესიერი გეომეტრიული ფორმის სხეულის მასათა ცენტრი და სიმძიმის ცენტრი ერთსა და იმავე წერტილშია და ემთხვევა ამ სხეულის გეომეტრიულ ცენტრს.

მე-5 სურათზე გამოსახულია წესიერი გეომეტრიული



სურ. 5

ფორმის ერთგვაროვანი სხეულები. მათი სიმძიმის ცენტრი და გეომეტრიული ცენტრი ერთსა და იმავე წერტილში მდებარეობს.

არაერთგვაროვანი სხეულების სიმძიმის ცენტრი მის გეომეტრიულ ცენტრს არ ემთხვევა. არაერთგვაროვანი და არანესიერი გეომეტრიული ფორმის სხეულების სიმძიმის ცენტრს ექსპერიმენტით ადგენენ.

ზოგიერთი სხეულის სიმძიმის ცენტრი სხეულის გარეთაა. მაგალითად, რგოლის, ბუმერანგის (სურ. 3, 4). გასროლილი რგოლი და ბუმერანგი სიმძიმის ცენტრის ირგვლივ ბრუნავს.

ადამიანის სიმძიმის ცენტრი მდებარეობს სხეულის შიგნით, ხერხემლთან ახლოს, ჭიპიდან რამდენიმე სანტიმეტრის დაშორებით.

მყარი სხეული საყრდენზე სიმძიმის ცენტრით მოთავსებისას

წონასწორობაში იქნება. ამ დროს სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა და საყრდენის რეაქციის ძალა მოდულით ტოლია და მიმართულებით საწინააღმდეგო. ამიტომ ეს ძალები აწონასწორებენ ერთმანეთს და სხეული წონასწორობაშია (იგი არც გადავარდება და არც გადაიხრება წონასწორობის მდებარეობიდან). სხეული წონასწორობაშია, თუ მასზე მოქმედი ძალები ერთმანეთს აწონასწორებენ (სურ. 7).

მყარი სხეულის გადაადგილებისას მისი სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა სხეულში არ იცვლება, თუმცა იგი იცვლება საყრდენის მიმართ. მაგალითად, საყრდენზე ჰორიზონტალურად მოთავსებულ ერთგვაროვან ღეროში სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა მისი ვერტიკალურად მოთავსებისას იმავე წერტილში რჩება (სურ. 9 ა). თუმცა დაშორება სიმძიმის ცენტრსა და საყრდენს შორის იცვლება (სურ. 9 ბ).



განხილვა

1. იმსჯელე, როგორ იცვლება ხის სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა ზამთარში ზაფხულთან შედარებით? რამ განაპირობა ეს ცვლილება (სურ. 6 ა,ბ)?
2. იმსჯელე, ქვების წონასწორობის შესახებ (სურ. 8 ა, ბ). როგორი თანაფარდობაა ქვებზე მოქმედ სიმძიმისა და საყრდენის რეაქციის ძალებს შორის?

ა



ბ



სურ. 8

3. 2 მ სიგრძის ერთგვაროვანი ღერო მოთავსებულია ჰორიზონტალურ ზედაპირზე. რა სიმაღლეზე აღმოჩნდება ღეროს სიმძიმის ცენტრი მისი ვერტიკალურად მოთავსებისას (სურ. 9 ა)?



საშინაო დავალება

1. კუბს, რომლის წიბოს სიგრძე 20სმ-ია, ზემოდან დაანებეს ისეთივე, იმავე ზომის კუბი. საყრდენიდან რა მანძილზე აღმოჩნდება მიღებული პარალელეპიპედის სიმძიმის ცენტრი (სურ. 9 ბ).

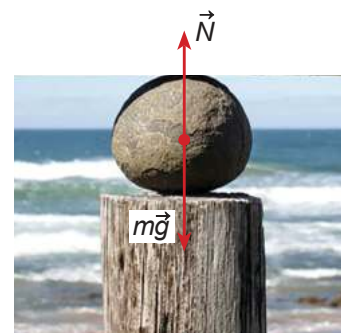


ა

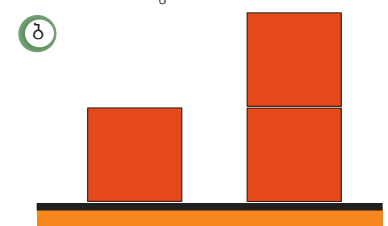
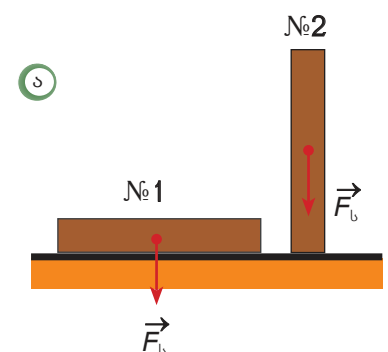


ბ

სურ. 6



სურ. 7



სურ. 9

2.2. სიმძიმის ცენტრის ექსპერიმენტული კვლევა



I ექსპერიმენტი

სიმძიმის ცენტრის მდებარეობის დადგენა



მოცემული გაქვს: სამკუთხედის, კვადრატის, მართკუთხედისა და წრის ფორმის მუყაოს ფიგურები, ლურსმანი ან ქინძისთავი, სახაზავი, ფანქარი.

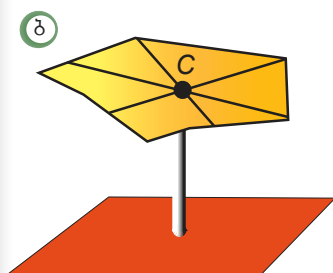
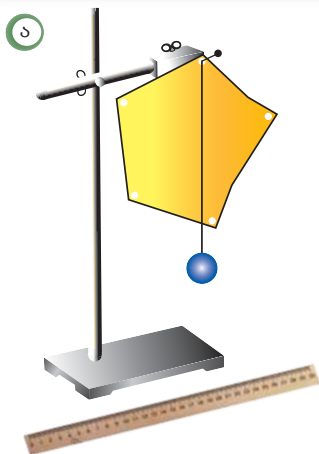
მსვლელობა: სახაზავისა და ფანქრის გამოყენებით იპოვე თითოეული ფიგურის გეომეტრიული ცენტრი. დააყრდენი ამ წერტილით ყოველი ფიგურა ლურსმნის (ქინძისთავის) წვერს. დააკვირდი ინარჩუნებს თუ არა თითოეული ფიგურა წონასწორობას გეომეტრიული ცენტრით ლურსმნის წვერზე დაყრდნობისას.

აღწერე ცდა და გამოიტანე დასკვნა, ემთხვევა თუ არა ექსპერიმენტით ნაპოვნი სიმძიმის ცენტრი ამ ფიგურის გეომეტრიულ ცენტრს.



II ექსპერიმენტი

არანესიერი გეომეტრიული ფორმის ფირფიტების სიმძიმის ცენტრის დადგენა



მოცემული გაქვს: მუყაოს ფურცლიდან გამოჭრილი არანესიერი გეომეტრიული ფორმის ფირფიტები, შტატივი, სახაზავი, ფანქარი, შვეული (ძაფზე გამობმული რაიმე, მცირე ზომის ტვირთი. სურ. ა).

მსვლელობა: გახვრიტე ფირფიტების კიდურა ნაწილები რამდენიმე წერტილში. გახვრეტილი წერტილით დაჰკიდე თითოეული ფირფიტა შვეულთან ერთად შტატივის ღეროზე. შვეულის გასწვრივ ფანქრით გახაზე ფირფიტაზე ვერტიკალური წრფის მონაკვეთი. შეუცვალე ფირფიტას მდებარეობები და რიგრიგობით დაჰკიდე იგი სხვადასხვა წერტილით. ყოველი დაკიდებისას ფირფიტაზე კვლავ გაავლე შვეულის გამოყენებით ვერტიკალური წრფეები. მონიშნე წრფეების გადაკვეთის წერტილი.

ჩამოხსენი ფირფიტა საკიდიდან დადაყრდენი იგი ლურსმნის წვერზე წრფეების გადაკვეთის წერტილით (სურ. ბ).

ცდა გაიმეორე ყოველი ფირფიტისათვის.

დააკვირდი, ინარჩუნებენ თუ არა ფირფიტები წონასწორობის მდგომარეობას ლურსმნის წვერზე დაყრდნობისას;

გამოიტანე დასკვნა: რატომ ინარჩუნებს ფირფიტა წონასწორობას სიმძიმის ცენტრით საყრდენზე დაყრდნობისას?



III ექსპერიმენტი სახაზავის სიმძიმის ცენტრის დადგენა

მოცემული გაქვს: ნებისმიერი, ერთგვაროვანი ნივთიერების სახაზავი, რომლის სიგრძეა 30 – 50 სმ.

მსვლელობა: მოათავსე სახაზავი მაგიდაზე ისე, რომ მისი ერთი ბოლო ემთხვეოდეს მაგიდის კიდე. სახაზავი ნელა გამოსწიე მაგიდიდან გადმოვარდნამდე (სურ. 10). მონიშნე სახაზავზე ზღვრული წერტილი, რომელზეც ის ჯერ კიდევ მაგიდაზეა და არ ვარდება. სახაზავის სკალის გამოყენებით დაადგინე ამ ზღვრული წერტილის მდებარეობა.

გამოიტანე დასკვნა სახაზავის სიმძიმის ცენტრის მდებარეობის შესახებ.



სურ. 10



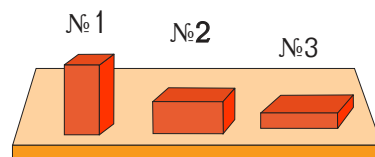
IV ექსპერიმენტი ჯოხის სიმძიმის ცენტრის დადგენა

მოცემული გაქვს: 30 სმ სიგრძის სახაზავი (ჯოხი).

მსვლელობა: მოათავსე სახაზავი კიდეურა წერტილებით მარჯვენა და მარცხენა ხელის საჩვენებელ თითებზე ან ფანქრებზე. დაუახლოვე თითები ერთმანეთს (სურ. 11). იპოვე სახაზავზე წერტილი, რომლითაც ორივე თითზე დაყრდნობილი სახაზავი წონასწორობის მდგომარეობაში იქნება (არ გადაიხრება, არ გადავარდება). გამოიტანე დასკვნა სახაზავის სიმძიმის ცენტრის მდებარეობის შესახებ.



სურ. 11

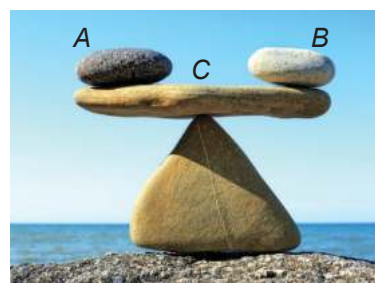


სურ. 12

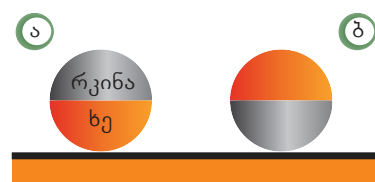


საშინაო დავალება

- მე-12 სურათზე გამოსახულია აგური სამ სხვადასხვა მდებარეობაში. იმსჯელე და შეადარე სიმძიმის ცენტრის მდებარეობები საყრდენის მიმართ სხვადასხვა სიტუაციაში. შეიცვალა თუ არა სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა აგურში მისი სხვადასხვა მდებარეობაში მოთავსებისას.
- მე-13 სურათზე გამოსახულია საყრდენზე გაწონასწორებული სამი ქვა: *A*, *B* და *C*. დაადგინე ამ ქვების სისტემის საყრდენი წერტილისა და სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა. რატომ არის ქვები წონასწორობაში?
- მე-14 სურათზე გამოსახულია არაერთგვაროვანი ბურთულა ორ სხვადასხვა მდებარეობაში. ბურთულის ნახევარი რკინისაა, ნახევარი კი — ხის. ივარაუდე, სად იქნება ბურთულის სიმძიმის ცენტრი თითოეულ სიტუაციაში საყრდენის მიმართ?



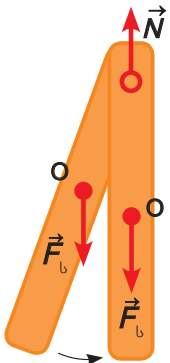
სურ. 13



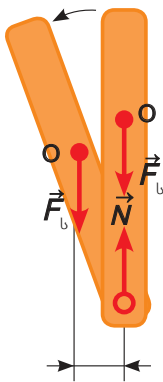
სურ. 14

2.3. სხეულთა წონასწორობის ექსპერიმენტული კვლევა

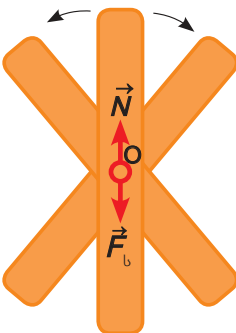
ა



ბ

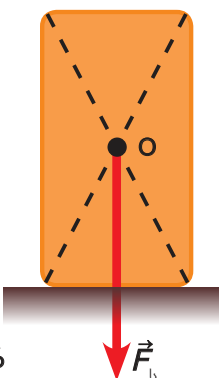


გ



სურ. 15

სურ. 16



ექსპერიმენტი

სხეულთა წონასწორობის პირობების შესწავლა

I

მოცემული გაქვს: სქელი მუყაოს ფურცელი, მაკრატელი, ლითონის ან ხის წვრილი ღერო (მაგალითად, საქსოვი ჩხირი).

მსვლელობა: სქელი მუყაოს ფურცლისაგან გამოჭერი მართკუთხა ფორმის ფირფიტა (3 სმ X 20 სმ). ფირფიტაზე მონიშნე სიმძიმის ცენტრი (მართკუთხედის დიაგონალების გადაკვეთის წერტილი) და აღნიშნე O ასოთი. მის ერთ-ერთ კიდეში გაუყარე წვრილი ღერო.

● დაიჭირე ღერო ხელში ისე, რომ ფირფიტის სიმძიმის ცენტრი ბრუნვის ღერძის ქვემოთ მდებარეობდეს (სურ. 15 ა). გადახარე იგი წონასწორობის მდგომარეობიდან და დააკვირდი, დაუბრუნდა თუ არა ფირფიტა საწყის მდებარეობას. გამოიტანე დასკვნა: როგორ შეიცვალა სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა წონასწორობის მდგომარეობიდან გადახრის შემდეგ?

● დაიჭირე ღერო ხელში ისე, რომ ფირფიტის სიმძიმის ცენტრი ბრუნვის ღერძის ზემოთ მდებარეობდეს (სურ. 15 ბ). გადახარე წონასწორობის მდგომარეობიდან. დააკვირდი, დაუბრუნდა თუ არა ფირფიტა წონასწორობის მდგომარეობას. გამოიტანე დასკვნა: როგორ შეიცვალა სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა წონასწორობიდან გადახრის შემდეგ?

● გაუყარე წვრილი ღერო მუყაოს ფირფიტის სიმძიმის ცენტრში და გადახარე წონასწორობის მდგომარეობიდან (სურ. 15 გ). დააკვირდი, დაუბრუნდა თუ არა იგი საწყის მდებარეობას. გამოიტანე დასკვნა: როგორ შეიცვალა სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა გადახრის შემდეგ?

II

მოცემული გაქვს: მართკუთხა ფორმის ხის ძელაკი.

მსვლელობა: დაადგინე ძელაკის სიმძიმის ცენტრი და მოათავსე ჰორიზონტალურ მაგიდაზე (სურ. 16).

● გადახარე ძელაკი მცირე კუთხით და გაუშვი ხელი. დააკვირდი, დაუბრუნდა თუ არა ძელაკი წონასწორობის მდგომარეობას. თუ დაუბრუნდა, გადახარე იმავე კუთხით, არ გაუშვა ხელი და მონიშნე სიმძიმის ძალის მიმართულება. გამოიტანე დასკვნა, გადის თუ არა სიმძიმის ძალის ვექტორი ძელაკის ფუძეზე (სურ. 17 ა).

● გადახარე ძელაკი ისეთი კუთხით, რომ ხელის გაშვების შემდეგ წაიქცეს. დაადგინე ის ზღვრული გადახრა, რომელზეც ძელაკი ჯერ კიდევ უბრუნდება საწყის მდებარეობას.

რეობას. დააკვირდი და გამოიტანე დასკვნა, სად გადის სიმძიმის ძალის ვექტორის გაგრძელება მაშინ, როდესაც ძელაკი წაიქცა (სურ. 17 ბ).

● წონასწორობის მდგომარეობიდან გადახარე ძელაკი ისე, რომ გარკვეული დროის განმავლობაში არ წაიქცეს. გამოიტანე დასკვნა, თუ სად გადის სიმძიმის ძალის ვექტორის გაგრძელება (სურ. 17 გ).

ივარაუდე, რომელ ფუძეზე დაყრდნობისას არის ძელაკი უფრო მდგრად მდგომარეობაში.

III

მოცემული გაქვს: სათამაშო მანქანა, რამდენიმე სქელტანიანი წიგნი და ფლომასტერი.

მსვლელობა: მანქანაზე ფლომასტერით მონიშნე წერტილი, რომლის გასწვრივ, შენი ვარაუდით, მანქანის სიმძიმის ცენტრი უნდა მდებარეობდეს.

მანქანა მოათავსე მუყაოს ჩაღრმავებული ზედაპირის ქვედა ღონეზე (სურ. 18ა) და მცირე ბიძგით გამოიყვანე წონასწორობის მდგომარეობიდან.

დააკვირდი, ხელის გაშვების შემდეგ დაუბრუნდა თუ არა მანქანა საწყის მდებარეობას.

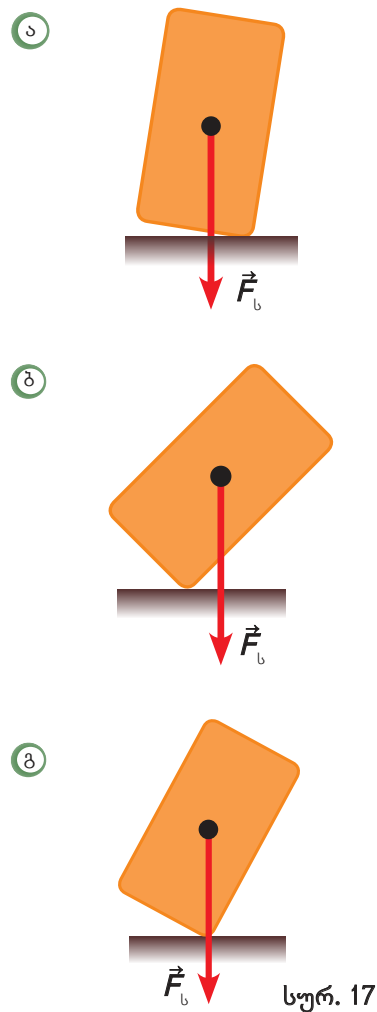
გამოიტანე დასკვნა: როგორ შეიცვალა სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა.

ნიგნებს შორის მუყაოს ფურცელი მოათავსე ისე, რომ მან მიიღოს ამოზნექილი ზედაპირის ფორმა (სურ. 18 ბ). მანქანა მოათავსე ამ ზედაპირის ზედა წერტილში (საწყისი მდებარეობა) და ოდნავ უბიძგე ხელი მას. დააკვირდი, დაბრუნდება თუ არა მანქანა საწყის მდებარეობაში.

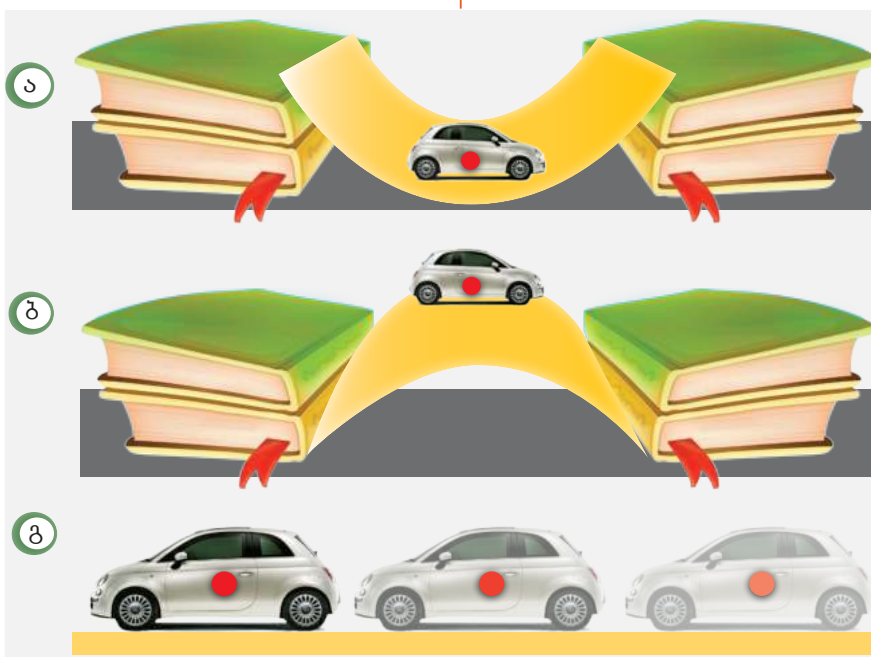
გამოიტანე დასკვნა, როგორ შეიცვალა სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა.

მანქანა მოათავსე ჰორიზონტალურ მაგიდაზე დაოდნავუბიძგე ხელიმას (სურ. 18 გ). დააკვირდი, იცვლება თუ არა მანქანის სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა მაგიდის ზედაპირის მიმართ.

გამოიტანე დასკვნა, სიმძიმის ცენტრის მდებარეობის ცვლილების შესახებ.



სურ. 17



სურ. 18

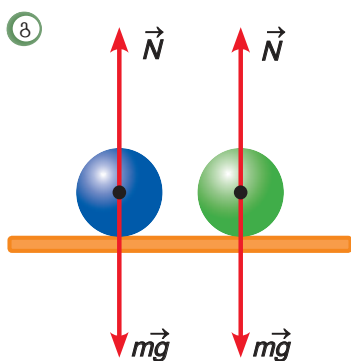
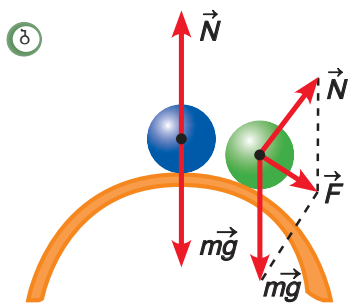
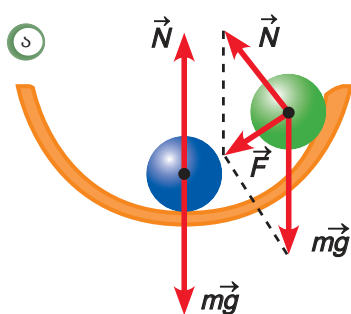
2.4. სხეულთა წონასწორობის სახეები

იზიძრა და იმსჯელო

რა შემთხვევაში წაიქცევა პიზის კოშკი?



სურ.19



სურ. 20

სხეულთა წონასწორობის სამი სახე არსებობს: მდგრადი, არამდგრადი და განურჩეველი.

სხეული მდგრად წონასწორობაშია, თუ წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ იგი უბრუნდება საწყის მდებარეობას.

ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულის წონასწორობა მდგრადია, თუ წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ სიმძიმის ცენტრი მაღლა აიწევს და სხეული უბრუნდება წონასწორულ მდგომარეობას (სურ. 15 ა).

საყრდენი ფართობის მქონე სხეულის წონასწორობა მდგრადია, თუ წონასწორობიდან გამოყვანის შემდეგ სხეულის სიმძიმის ძალის ვექტორი გადის საყრდენ ფართობში და სხეული უბრუნდება წონასწორულ მდგომარეობას (სურ. 17 ა).

საყრდენზე მოთავსებული სხეული მდგრად წონასწორობაშია, თუ მისი წონასწორული მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ სიმძიმის $m\vec{g}$ ძალა და საყრდენის $\vec{N}$ რეაქციის ძალა არ აწონასწორებს ერთმანეთს. მათი ტოლქმედი $\vec{F}$ ძალა ცდილობს სხეული დააბრუნოს წონასწორულ მდგომარეობაში (სურ. 20 ა).

არამდგრადია წონასწორობა, თუ წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ სხეული აღარ უბრუნდება საწყის მდებარეობას.

ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულის წონასწორობა არამდგრადია, თუ წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ სიმძიმის ცენტრი დაბლა დაიწევს. ამ შემთხვევაში სხეული არ უბრუნდება წონასწორულ მდგომარეობას (სურ. 15 ბ).

საყრდენი ფართობის მქონე სხეულის წონასწორობა არამდგრადია, თუ სხეულის წონასწორობიდან გამოყვანის შემდეგ სიმძიმის ძალის ვექტორი საყრდენი ფართობის გარეთ გადის (სურ. 17 ბ).

საყრდენზე მოთავსებული სხეული არამდგრად წონასწორობაშია, თუ მისი წონასწორული მდგომარეობიდან გამოყვანის შემდეგ სიმძიმის $m\vec{g}$ ძალა და საყრდენის $\vec{N}$ რეაქციის ძალა არ აწონასწორებს ერთმანეთს. მათი ტოლქმედი $\vec{F}$ ძალა ცდილობს სხეული დააშოროს წონასწორულ მდგომარეობას (სურ. 20 ბ).

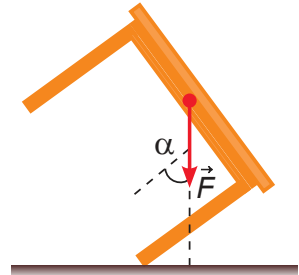
ბრუნვის ღერძის მქონე სხეული განურჩეველ მდგომარეობაშია, თუ ბრუნვისას არ იცვლება სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა ბრუნვის ღერძის მიმართ (სურ. 15 გ). ასეთ შემთხვევაში სხეული იმყოფება **განურჩეველი წონასწორობის მდგომარეობაში**.

საყრდენზე მოთავსებული სხეული განურჩეველ წონასწორობაშია, როდესაც მისი გადაადგილებისას სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა არ იცვლება საყრდენის მიმართ (სურ. 20 გ).

ზოგჯერ სხეული ზედაპირით კი არ ეყრდნობა საყრდენს, არამედ კონტურით შემოსაზღვრული ფართობით. მაგალითად, ფეხებზე მდგარი შტატივის საყრდენი არის იმ კონტურით შემოსაზღვრული ფართობი, რომელიც საყრდენი ფეხების შემაერთებელი წრფეებითაა შემოსაზღვრული (სურ. 21).



სურ. 21



სურ. 22



ბაზრება

1. იმსჯელე, რატომ წაიქცევა შტატივი, როდესაც ფეხები გაუშლელი აქვს.
2. იმსჯელე, წონასწორობიდან გამოყვანილი მაგიდა რატომ არ დაუბრუნდება წონასწორულ მდგომარეობას (სურ. 22)?
3. 23-ე სურათის მიხედვით იმსჯელე, რატომ არის სასურველი მოძრავ ტრანსპორტში განზე გაშლილი ფეხებით დგომა.
4. მეზღვაურები დროის უმეტეს ნაწილს ატარებენ გემზე, რომელიც ზღვაზე მოძრაობისას ირხევა. რატომ დადიან მეზღვაურები განზე გაშლილი ნაბიჯებით.



სურ. 23



საშინაო დავალება

1. 24-ე სურათზე გამოსახულია ერთნაირი მასისა და ფუძის ფართობის მქონე და განსხვავებული სიმაღლის ორი ლამპა. რომელი ლამპაა უფრო მდგრადი. რატომ? შეიცვლება თუ არა ლამპების მდგრადობა მათი ერთი და იმავე მოცულობის ნავთით შევსების შემდეგ?
2. ხშირად უღრან ტყეში, სადაც ხის ქვედა ტოტები უმზეობის გამო გამხმარია, ქარისგან ბევრი წაქცეული ხეა (სურ. 25 ა). გაშლილ მინდორზე კი, სადაც ძლიერი ქარი უბერავს, ხეები იშვიათად იქცევა. შეადარე ამ ხეების სიმძიმის ცენტრის მდებარეობები და ახსენი მოვლენა (სურ. 25 ბ).



სურ. 24



სურ. 25

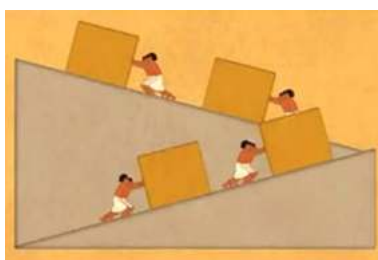
2.5. მარტივი მექანიზმები. ბერკეტი

იზიარა და იმსჯელა

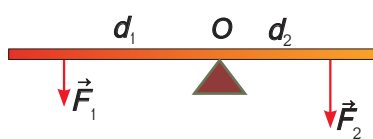
რომელ
მონყოილობას
იყენებდნენ პირამიდების
მშენებლობისას?



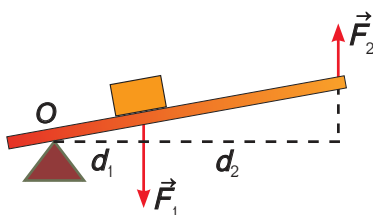
სურ. 26



სურ. 27



სურ. 28



სურ. 29

უძველესი დროიდან ადამიანი ცდილობდა შრომა გაეადვილებინა, მცირე ძალის მოქმედებით მძიმე ტვირთი გადაეადგილებინა. ამისათვის იგი სხვადასხვა მონყოილობას ქმნიდა და იყენებდა. ტაძრების, პირამიდებისა და მაღალი შენობების აგებისას ადამიანები 40 საუკუნის წინ შექმნილ მარტივ მექანიზმებს იყენებდნენ.

მარტივი მექანიზმი არის მონყოილობა, რომლითაც შესაძლებელია მცირე ძალის მოქმედებით მძიმე ტვირთის გადაადგილება, ანუ შესაძლებელია მოგება ძალაში.

მარტივი მექანიზმებია: ბერკეტი, ჭოჭონაქი, დახრილი სიბრტყე (სურ. 27). ისინი დღესაც ამნეების, ჩარხებისა და სხვა მანქანების შემადგენელი ნაწილებია.

ბერკეტი არის ნებისმიერი მყარი სხეული, რომელსაც შეუძლია ბრუნვა უძრავი საყრდენის (ღერძის) გარშემო.

ბერკეტები სხვადასხვაგვარია. 28-ე სურათზე გამოსახულია ბერკეტი, რომელიც საყრდენს O წერტილში ეყრდნობა. მას შეუძლია ბრუნვა უძრავ O წერტილში მდებარე საყრდენის მიმართ. ამ წერტილის ორივე მხარეს მოდებულია ძალები. თუ საყრდენი ბერკეტზე მოდებულ ძალებს შორისაა, მას I გვარის ბერკეტს უწოდებენ, ხოლო თუ ბერკეტზე მოდებული ძალები საყრდენიდან ერთ მხარესაა, მაშინ ბერკეტი II გვარისაა (სურ. 29).

ბერკეტზე მოდებული ძალებიდან ზოგიერთი მას აბრუნებს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, ზოგიერთი კი საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. F_2 ძალა ბერკეტს აბრუნებს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, F_1 ძალა კი — საათის ისრის მოძრაობის საპირისპირო მიმართულებით (სურ. 28).

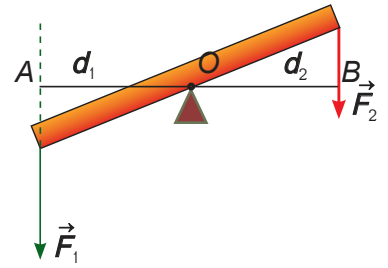
ამგვარად, ბერკეტები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან საყრდენი წერტილის მდებარეობით, ძალების მოდების

ნერტილებითა და მოდებული ძალების მიმართულებით.

ბერკეტზე მოდებული ძალები სხვადასხვა ან ტოლი მანძილით არიან დაშორებული საყრდენი წერტილიდან. ბერკეტის წონასწორობისათვის მნიშვნელოვანია, რა მანძილით არიან დაშორებული ისინი საყრდენი წერტილიდან.

უმოკლეს მანძილს საყრდენ წერტილსა და ძალის მოქმედების წრფეს შორის, ძალის მხარი ეწოდება.

ძალის მხარის საპოვნელად საყრდენი O წერტილიდან უნდა დავუშვათ მართობი ძალის მოქმედების წრფეზე. AO მონაკვეთი, ანუ d_1 არის $\vec{F}_1$ ძალის მხარი, OB მონაკვეთი, ანუ d_2 კი $\vec{F}_2$ ძალის მხარი (სურ. 30).

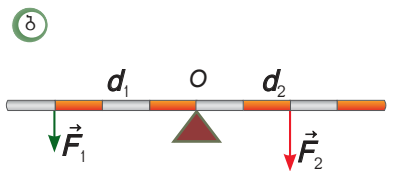
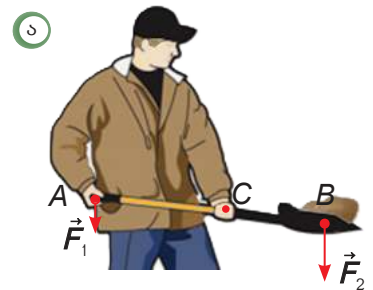


სურ. 30



გაანზრება

- 31-ე ა სურათზე გამოსახული ნიჩაბი შეადარე ბერკეტს (სურ. 31 ბ). მიუთითე ნიჩაბზე საყრდენი წერტილი და ძალების მხრები. იმსჯელე, მოდებული ძალების სიდიდისა და მიმართულების შესახებ.
რომელი გვარის ბერკეტია ნიჩაბი?
- 32-ე სურათზე გამოსახულ ბერკეტზე მიუთითე $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ და $\vec{F}_3$ ძალების მხრები.



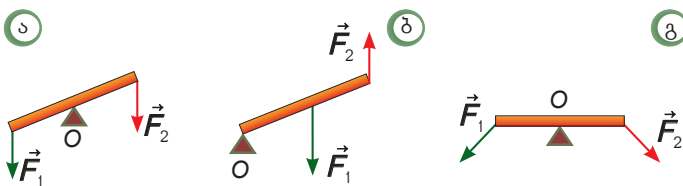
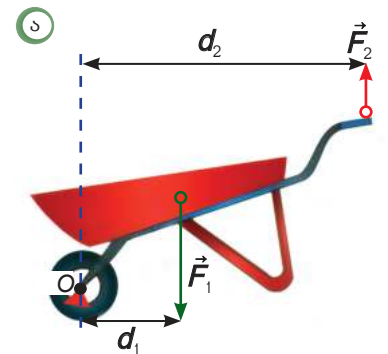
სურ. 32

სურ. 31

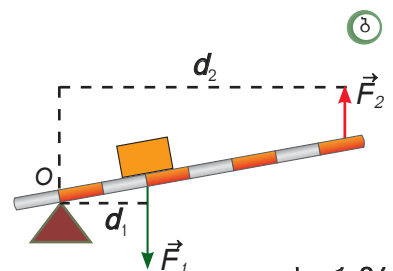


საშინაო დავალება

- 34-ე ა სურათზე გამოსახულია ურიკა. შეადარე ბერკეტს (სურ. 34 ბ). მიუთითე ურიკაზე საყრდენი წერტილი და ძალების მხრები. იმსჯელე, მოდებული ძალების სიდიდისა და მიმართულების შესახებ.
- 2კგ მასის ბერკეტზე მოდებულია 60 ნ და 30 ნ ძალა. გამოთვალე ბერკეტის საყრდენზე მოქმედი დაწოლის ძალა და დახაზე შესაბამისი ნახაზი (ბერკეტი წონასწორობაშია).
- 33-ე (ა, ბ, გ) სურათის მიხედვით დახაზე ბერკეტები და თითოეულ ბერკეტზე მოქმედი ძალების მხრები.

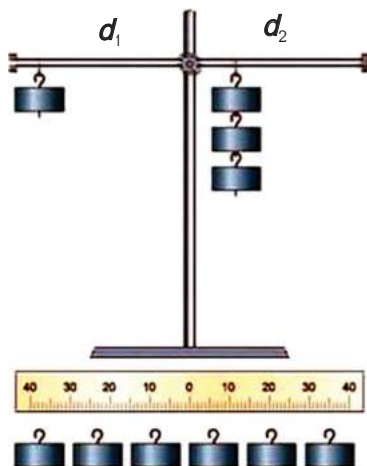


სურ. 33

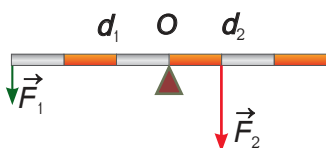


სურ. 34

2.6. ბერკეტის წონასწორობის პირობის ექსპერიმენტული კვლევა



სურ. 35



სურ. 36



სურ. 37



ექსპერიმენტი ბერკეტის წონასწორობის პირობის დადგენა

მოცემული გაქვს: შტატივი, ტვირთების ნაკრები, ბერკეტი, სახაზავი.

მსვლელობა: გააწონასწორე ბერკეტი ისე, რომ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში იყოს. ბერკეტის საყრდენი წერტილის მარჯვნივ ჩამოჰკიდე სამი ტვირთი, მარცხნივ – ერთი (სურ. 35). ტვირთების გადაადგილებით კვლავ გააწონასწორე ბერკეტი ჰორიზონტალურად (სურ. 36).

გამოთვალე ტვირთებზე მოქმედი სიმძიმის ძალები: $F_1 = m_1 g$ და $F_2 = m_2 g$. გაზომე თითოეული ძალის მხარი: d_1 და d_2 . ანათვლე შეიტანე ცხრილში.

შემდეგ მარჯვენა მხარეს დაამატე ერთი ტვირთი და ტვირთების გადაადგილებით კვლავ გააწონასწორე ბერკეტი. ამ შემთხვევაშიც სიმძიმის ძალებისა და თითოეული ძალის მხარის მნიშვნელობები შეიტანე ცხრილში.

გამოთვალე თითოეულ შემთხვევაში ძალისა და მხრის ნამრავლი: $F_1 d_1$ და $F_2 d_2$. შეადარე ერთმანეთს მათი მნიშვნელობები. გამოიტანე დასკვნა: როდის არის ბერკეტი წონასწორობაში?

№	F_1 ნ	F_2 ნ	d_1 მ	d_2 მ	$F_1 d_1$ ნმ	$F_2 d_2$ ნმ
1						
2						



საშინაო დავალება

- 37-ე სურათის მიხედვით დაადგინე, რომელი ძალის მხარია მეტი და რამდენჯერ?

ექსპერიმენტული დავალება ბერკეტის დამზადება

მოიძიე საჭირო მასალები და დაამზადე ბერკეტი.

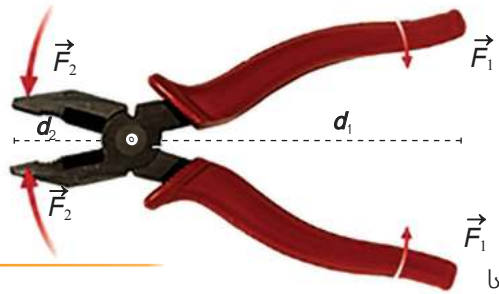
გააწონასწორე შენ მიერ დამზადებულ ბერკეტზე მცირე ზომის სხეულები.

აღწერე, როგორ დაამზადე ბერკეტი და როდის არის ბერკეტი წონასწორობის მდგომარეობაში.

2.7. ძალის მომენტი

იზიარა და იმსჯელე

რატომ აქვს ბრტყელტუჩას მოკლე ტუჩი და გრძელი ტარი?



სურ.38

ბერკეტის მაბრუნებელი ძალის ნამრავლს ამ ძალის მხარზე ძალის მომენტი ეწოდება.

ძალის მომენტი ახასიათებს ძალის მოქმედებას. იგი დამოკიდებულია ძალის სიდიდესა და მისი მხრის სიგრძეზე.

ძალის მომენტი აღინიშნება M ასოთი.

$$M = Fd,$$

სადაც F ძალის მოდულია, d — ამ ძალის მხარი.

SI სისტემაში ძალის მომენტის ერთეულია ნ•მ. მომენტის ერთეული ნ•მ არის ბერკეტზე მოქმედი 1 ნიუტონი ძალის მომენტი, თუ მისი მხარი 1 მეტრია.

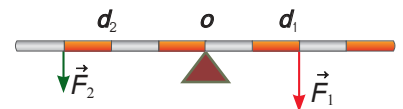
39-ე სურათზე გამოსახულ ბერკეტზე მოქმედი $\vec{F}_1$ ძალა ბერკეტს აბრუნებს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, ხოლო $\vec{F}_2$ ძალა კი — საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ

ბერკეტი წონასწორობაშია, როცა საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მაბრუნებელი ძალის მომენტი ტოლია საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით მაბრუნებელი ძალის მომენტის.

$$M_1 = M_2, \quad F_1 d_1 = F_2 d_2$$

ბერკეტი წონასწორობაშია, როდესაც მასზე მოქმედი ძალები ამ ძალების მხრების უკუპროპორციულია.

ბერკეტის წონასწორობის პირობა დაადგინა არქიმედემ.



სურ. 39

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$$



გაანზრება

1. ლეგენდის მიხედვით, არქიმედეს ეკუთვნის გამოთქმა: „მომეცით საყრდენი და დედამიწას გადავებრუნებ“. იმსჯელე, როგორ შეძლებდა არქიმედე დედამიწის „გადაბრუნებას“ (სურ. 40).



სურ. 40

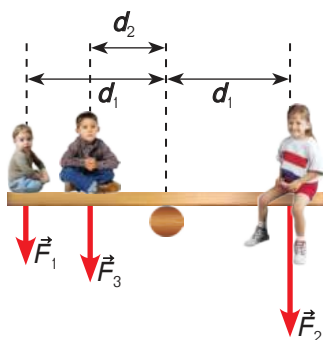


საშინაო დავალება

1. რამდენჯერ გვაძლევს მოგებას ძალაში ბრტყელტუჩა, თუ $\vec{F}_1$ ძალის მხარი $d_1 = 12$ სმ, და $\vec{F}_2$ ძალის მხარი კი $d_2 = 4$ სმ-ს. დახაზე ბრტყელტუჩას შესაბამისი ბერკეტი მხრებითა და ძალებით (სურ. 38).

2.8. ამოხსენი ამოცანები

1. საბავშვო სათამაშო „აინონა-დაინონას“ კიდეებზე ზის ორი ბავშვი - 20 კგ და 40 კგ მასის. სად უნდა დაჯდეს მესამე, 25 კგ მასის ბავშვი, რომ სათამაშო წონასწორობაში აღმოჩნდეს (სურ. 41), თუ „აინონა-დაინონას“ სრული სიგრძე 4 მ-ია.



სურ. 41

ამოხსნა:

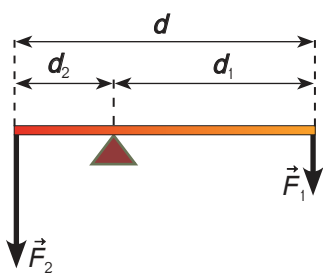
$d_2 - ?$	
$m_1 = 20$ კგ	
$m_2 = 40$ კგ	
$m_3 = 25$ კგ	
$d = 4$ მ	
$g = 10$ ნ/კგ	

„აინონა-დაინონა“ ტოლმხრებიანი ბერკეტი, რომლის საყრდენი ზუსტად შუაშია. რადგან ორი ბავშვი ზის სათამაშოს კიდეებზე, მათი სიმძიმის ძალის მხრები 2 მ-ის ტოლია. მესამე ბავშვის ძალის მხარია d_1 , მაშინ ბერკეტის წონასწორობის პირობის თანახმად: $F_1 d_1 + F_3 d_2 = F_2 d_1$, სადაც $F_1 = m_1 g = 200$ ნ. შესაბამისად, $F_2 = m_2 g = 400$ ნ, ხოლო $F_3 = m_3 g = 250$ ნ. წონასწორობის პირობის მიხედვით, d_2 საძიებელი მანძილი (F_3 ძალის მხარი):

$$d_2 = \frac{F_2 d_1 - F_1 d_1}{F_3} = 1,6 \text{ მ}$$

პასუხი: $d_2 = 1,6$ მ

2. ბერკეტის სიგრძე 4 მ-ია. მის ბოლოებზე მოდებულია 20 ნ და 60 ნ ძალები. მცირე ძალის მოდების წერტილიდან რა მანძილზე უნდა მოვათავსოთ ბერკეტის საყრდენი, რომ იგი წონასწორობაში იყოს (სურ. 42). ბერკეტის მასა იმდენად მცირეა, რომ შეიძლება უგულებელვყოთ.



სურ. 42

ამოხსნა:

$d_1 - ?$	
$d = 4$ მ	
$F_1 = 20$ ნ	
$F_2 = 60$ ნ	

ბერკეტის წონასწორობის პირობის თანახმად:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2,$$

ბერკეტის სიგრძე: $d = d_1 + d_2$, აქედან

$$d_2 = d - d_1,$$

ამიტომ

$$F_1 d_1 = F_2 (d - d_1) \text{ ანუ}$$

$$(F_1 + F_2) d_1 = F_2 d$$

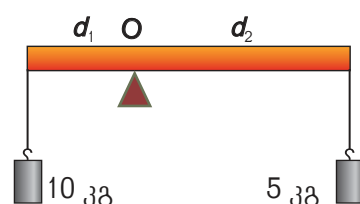
განტოლების ამოხსნის შედეგად მივიღებთ:

$$d_1 = 3 \text{ მ}$$

პასუხი: აღმოჩნდა, რომ საყრდენი მოთავსებული უნდა იყოს მცირე ძალის მოდების წერტილიდან 3 მ მანძილზე.

I

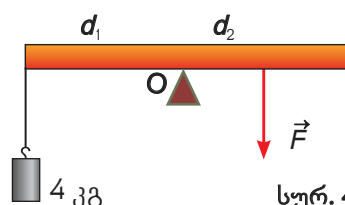
1. ბერკეტის ერთ ბოლოზე კიდია 10კგ მასის ტვირთი, მეორე ბოლოზე — 5 კგ მასის ტვირთი. $d_1 = 1$ მ. გამოთვალე d_2 მხარი (სურ. 43).
2. 18 სიგრძის ერთგვაროვანი ღერო შუა წერტილით ეყრდნობა საყრდენს. $d_2 = 0,2$ მ. გამოთვალე F ძალა (სურ. 44)? შეადარე მოქმედი ძალები ერთმანეთს.
3. 46-ე სურათის მიხედვით გამოთვალე, რამდენჯერ ვიგებთ ძალაში კონსერვის გასახსნელის გამოყენებისას.



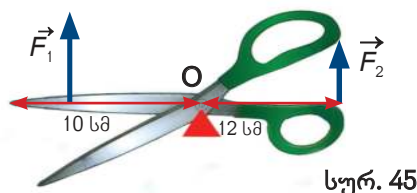
სურ. 43

II

1. ანათვლები აიღე სურათიდან და გამოთვალე d_2 მხარი (სურ. 48).
2. ბერკეტის ბოლოებზე დაკიდებულია 50 კგ და 40 კგ მასის ტვირთები. მცირე ძალის მხარია $d_2 = 20$ სმ. გამოთვალე ბერკეტის სიგრძე.
3. 45-ე სურათის მიხედვით გამოთვალე, რამდენჯერ ვიგებთ ძალაში ქაღალდის გასაჭრელი მკრატლის გამოყენებისას.



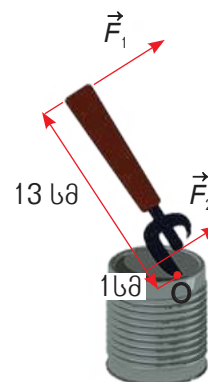
სურ. 44



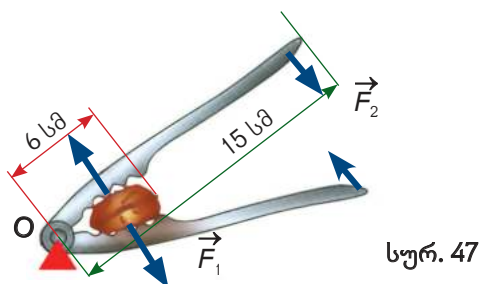
სურ. 45

III

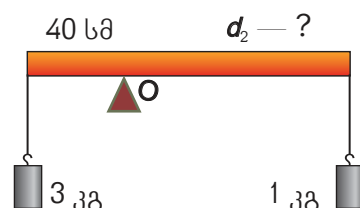
1. ბერკეტის მხრებია 5 და 10 სმ. მცირე მხარზე მოქმედებს 2 ნ ძალა. გამოთვალე ბერკეტის დიდ მხარზე მოქმედი ძალა.
2. ბერკეტის ერთ-ერთ მხარზე, რომლის სიგრძეა $d_1 = 4$ სმ, მოქმედებს 20 ნ ძალა, d_2 მხარზე მოქმედი ძალაა 40 ნ. გამოთვალე d_2 მხრის სიგრძე.
2. სურათის მიხედვით გამოთვალე, რამდენჯერ ვიგებთ ძალაში თხილის სამტვრევის გამოყენებისას (სურ. 47).



სურ. 46



სურ. 47

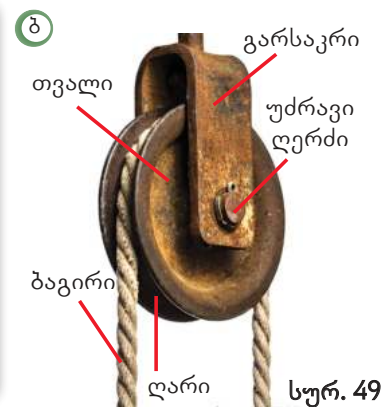


სურ. 48

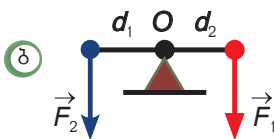
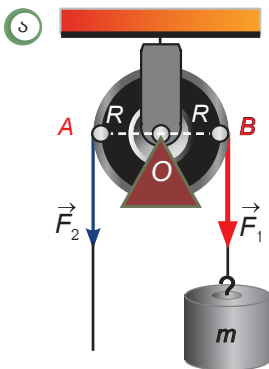
2.9. ჭოჭონაქი

იზიძრა და იმსჯელე

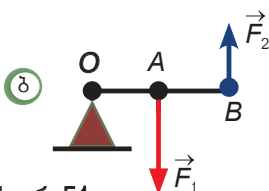
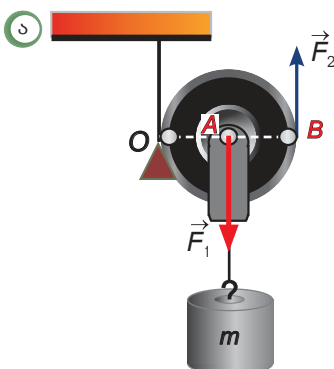
რომელ მოწყობილობას იყენებენ ამნეთი ტვირთის ატანისას?



სურ. 49



სურ. 50



სურ. 51

ჭოჭონაქი ღარიანი თვალია, რომელსაც შეუძლია ბრუნვა უძრავი ლერძის გარშემო (სურ. 49). ჭოჭონაქის ღარზე გადაკიდებულია ბაგირი ან ჯაჭვი. არსებობს **მოდრავი** და **უძრავი** ჭოჭონაქი.

ჭოჭონაქი, რომლის ბრუნვის ღერძი უძრავია, ანუ ტვირთის მოძრაობისას იგი არც აინევის და არც დაინევის, არის **უძრავი ჭოჭონაქი** (სურ. 50 ა).

უძრავი ჭოჭონაქი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ტოლმხრიანი ბერკეტი (სურ. 50 ბ). თითოეული მხარი ჭოჭონაქის თვალის რადიუსის ტოლია. $d_1 = d_2 = R$.

უძრავი ჭოჭონაქისათვის ერთ მხარეს მოქმედი ძალის მომენტი ტოლია მეორე მხარეს მოქმედი ძალის მომენტისა.

$$F_1 R = F_2 R \quad \text{ე.ი.} \quad F_1 = F_2 = mg$$

ასეთი ჭოჭონაქი არ იძლევა ძალაში მოგებას. მხოლოდ ამნევ ძალას უტევლის მიმართულებას. იგი მუშაობისას ადამიანს უქმნის შესაძლებლობას მინაზე იდგეს და ისე ასწიოს ტვირთი მაღლა.

ჭოჭონაქი, რომლის ბრუნვის ღერძი ტვირთთან ერთად გადაადგილდება (აინევის ან დაინევის), არის **მოდრავი ჭოჭონაქი** (სურ. 51 ა). უძრავი ჭოჭონაქისაგან განსხვავებით, მოძრავ ჭოჭონაქში საყრდენი წერტილი არ მდებარეობს თვალის ცენტრში. მოძრავი ჭოჭონაქის ბრუნვის ღერძი გადის O წერტილში, რომლითაც ჭოჭონაქი ეყრდნობა თოქს.

51-ე ბ სურათზე O - ჭოჭონაქის საყრდენი წერტილია, $\vec{F}_1$ ძალის მხარია $OA = R$, ხოლო $\vec{F}_2$ ძალის მხარია $OB = 2R$. წონასწორობის პირობიდან გამომდინარე, რადგან OB მხრის სიგრძე 2-ჯერ მეტია OA მხარის სიგრძეზე, ამიტომ F_2 ძალა ორჯერ ნაკლებია F_1 ძალაზე.

$$F_1 \cdot R = F_2 \cdot 2R, \quad \text{აქედან} \quad F_2 = \frac{F_1}{2} = \frac{mg}{2}$$

ამრიგად, **მოდრავი ჭოჭონაქი ძალაში ორჯერ მოგებას იძლევა.**

ტვირთის რაიმე სიმაღლეზე ასატანად გამოიყენება უძრავი

გემეზზე აფრების აწევა-ჩამონევისათვის იყენებენ უძრავი და მოძრავი ქოქონაქების სისტემას.



სურ. 54

სურ. 55



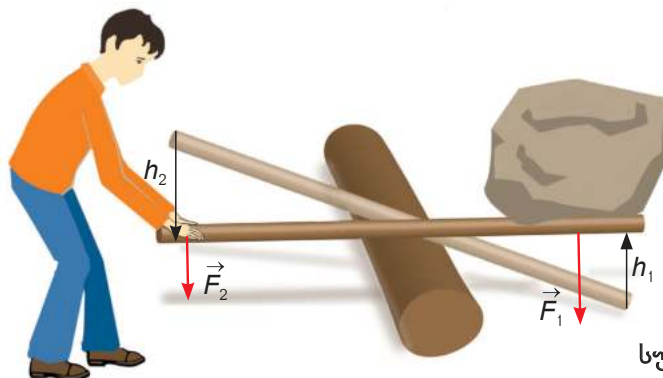
A diagram of a pulley system. A rope is fixed to a ceiling, passes over a fixed pulley, then under a movable pulley, and finally up to a person's hand. The person is pulling the rope down with a force vector $\vec{F}_1$. A wooden bucket hangs from the movable pulley, with a downward force vector $\vec{F}_2$ representing its weight.

45

2.10. მემბანის „ტყროს წესი“

იზიქრა და იესოქელე

ვიგებთ თუ არა მუშაობაში
მარტივი მექანიზმების
გამოყენებისას?



სურ. 57

მარტივი მექანიზმები მოგებას იძლევიან ძალაში, თუმცა მათი გამოყენებისას ვაგებთ მანძილში.

57-ე სურათზე გამოსახული ბიჭი ბერკეტის გამოყენებით მიწიდან ზევით სწევს ქვის ლოდს. იგი $\vec{F}_2$ ძალით აწევს ბერკეტის ბოლოს და გადაადგილებს მას h_2 სიდიდით. ბიჭის ამ მოქმედების გამო ბერკეტზე დაყრდნობილი, $\vec{F}_1$ სიმძიმის ძალის ლოდი ზევით იწევს h_1 სიმაღლეზე. ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ $\vec{F}_1$ ძალის მოდების წერტილმა ნაკლები მანძილი გაიარა, ვიდრე $\vec{F}_2$ ძალის მოდების წერტილმა, $h_1 < h_2$. აგრეთვე აღმოჩნდა, რომ რამდენჯერაც F_1 მეტია F_2 -ზე, იმდენჯერ h_2 მეტია h_1 -ზე. ამიტომ:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{h_2}{h_1} . \text{ აქედან, } F_1 h_1 = F_2 h_2$$

$F_1 h_1$ არის F_1 ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა $A_1 = F_1 h_1$.

$F_2 h_2$ არის F_2 ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა $A_2 = F_2 h_2$.

$$\partial \cdot \partial \cdot \quad A_1 = A_2.$$

ბერკეტის გამოყენებისას იგებენ ძალაში და აგებენ მანძილში, ხოლო მუშაობაში მოგება არ ხდება.

ჭოჭონაქი, ისევე როგორც ბერკეტი, არ იძლევა მუშაობაში მოგებას (სურ. 58).

მოძრავი ჭოჭონაქით ტვირთის ზევით, h სიმაღლეზე ატანისას, თოკის ბოლო $2h$ -ით იწევს ზევით, ხოლო თოკის თავისუფალ ბოლოზე მოქმედი ძალა 2 -ჯერ ნაკლებია ტვირთის სიმძიმის ძალაზე. ამიტომ სიმძიმის ძალის მუშაობა:

$$A_1 = F_1 h,$$

თოკის თავისუფალ ბოლოზე მოქმედი ძალის მუშაობა:

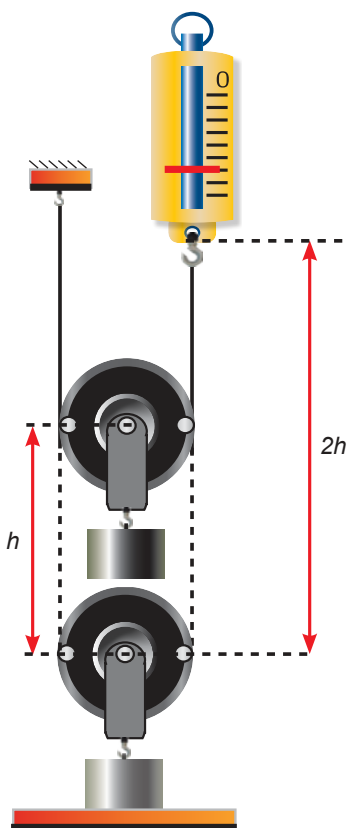
$$A_2 = \frac{F_b}{2} \cdot 2h = F_b h,$$

п. о. $A_1 = A_2$

l სიგრძისა და *h* სიმაღლის დახრილი სიბრტყით სხეულის ზევით ატანისას მასზე მოდებული წევის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა (სურ. 59):

$$A_1 = F_{\text{B}} l.$$

იმავე სხეულის h სიმაღლეზე ატანისას სიმძიმის ძალის მიერ



სურ. 58

შესრულებული მუშაობა:

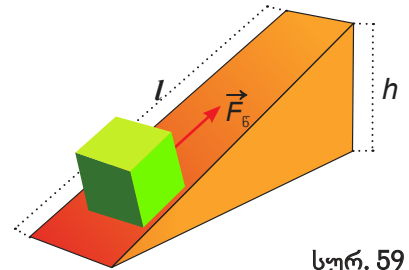
$$A_2 = F_{\text{ს}} h = mgh.$$

ორივე სიტუაციაში სხეულის პოტენციური ენერგია იცვლება mgh სიდიდით, თუ ხახუნის ძალა უგულებელყოფილია. შესრულებული მუშაობა პოტენციური ენერგიის ცვლილების ტოლია. ამიტომ შესრულებული მუშაობები ორივე სიტუაციაში ტოლია:

$$A_1 = A_2. \text{ აქედან, } F_{\text{ს}} l = mgh, \quad \frac{F_{\text{ს}}}{mg} = \frac{h}{l}.$$

ამრიგად, ნებისმიერი მარტივი მექანიზმის გამოყენებისას **რამდენჯერაც ვიგებთ ძალაში, იმდენჯერ ვაგებთ მანძილში. მუშაობა კი ყველა სიტუაციაში ერთმანეთის ტოლია.**

ამ ნებს მექანიკის „ოქროს წესი“ ეწოდება.



სურ. 59



ბაზრება



მძსპერიმენტი

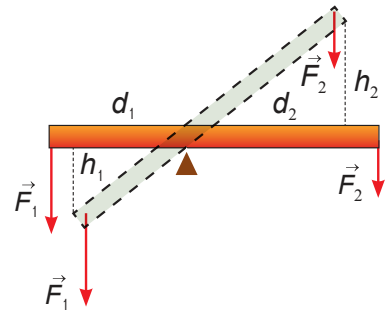
მექანიკის „ოქროს წესის“ შემოწმება ბერკეტის გამოყენებისას

მოცემული გაქვს: ბერკეტი, სახაზავი, ტვირთები.

მსვლელობა: ბერკეტის ორივე მხარეს დაკიდე ტვირთები და გაანონასწორე ბერკეტი. ბერკეტის ერთი მხარე დახარე მცირე კუთხით და გაზომე ძალების მოდების წერტილების გადაადგილება h_1 და h_2 . გაუშვი ხელი. ბერკეტი გაანონასწორდება.

ანათვლები შეიტანე ცხრილში. გამოიანგარიშე ძალების მიერ შესრულებული მუშაობები: $A_1 = F_1 h_1$, $A_2 = F_2 h_2$.

დაადგინე მათ შორის თანაფარდობა, გამოიტანე დასკვნა.



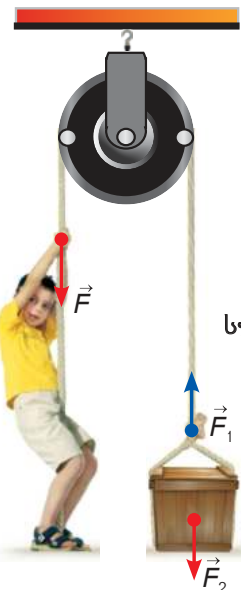
№	$F_1 = m_1 g$	$F_2 = m_2 g$	h_1	h_2	$F_1 h_1$	$F_2 h_2$
1						
2						

- იმსჯელე, მექანიკის „ოქროს წესის“ მართებულობის შესახებ უძრავი ჭოჭონაქით ტვირთის აწევისას.



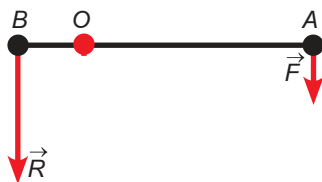
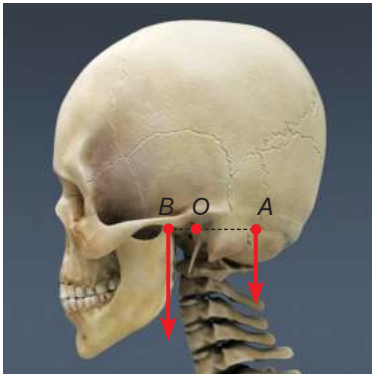
საშინაო დავალება

- გამოთვალე სიმძიმის ძალისა და ბიჭის მიერ შესრულებული მუშაობები, როდესაც იგი 30 კგ ტვირთს სწევს 6 მ სიმაღლეზე უძრავი ჭოჭონაქით (სურ. 60). შეადარე შენ მიერ გამოთვლილი მუშაობები ერთმანეთს და გამოიტანე დასკვნა: უძრავი ჭოჭონაქის გამოყენება იძლევა თუ არა მოგებას მუშაობაში.
- დახრილი სიბრტყის სიგრძეა 3 მ, სიმაღლე 1 მ. რამდენჯერ ნაკლები ძალაა საჭირო ტვირთის ასატანად ამ დახრილი სიბრტყის გამოყენებით?
- ერთი დახრილი სიბრტყის სიგრძეა 6 მ, სიმაღლე — 1,5 მ. მეორე დახრილი სიბრტყის სიგრძეა 7,2 მ, სიმაღლე — 1,8 მ. ტვირთის ატანისას რომელი დახრილი სიბრტყის გამოყენება იძლევა ძალაში მეტ მოგებას?



სურ. 60

2.11. მარტივი მექანიზმები ცოცხალ ბუნებაში



სურ. 61

ადამიანისა და ცხოველის ერთ-ერთი მთავარი ნაწილია ჩონჩხი, რომელსაც მთელი ორგანიზმი ეყრდნობა. ჩონჩხის გარეშე ადამიანი ვერ შეძლებდა მოძრაობას: წერას, სიარულს და სხვა მოქმედებებს.

ჩონჩხის ყველა ძვალი, რომელსაც აქვს შედარებით თავისუფალი მოძრაობის საშუალება, ბერკეტს წარმოადგენს. მაგალითად, ადამიანში – კიდურები, ქვედა ყბა, თავის ქალა, თითების ფალანგები. კატისებრთა ოჯახის წარმომადგენლებში – მოძრავი ბრჭყალები, თევზებში – ზურგის ფარფლის ქაცვები და სხვ.

ჩონჩხში ძვლების განლაგება განაპირობებს ცოცხალ არსებებში სასიცოცხლო ფუნქციებს. მწვეარის ან ირმის გრძელი ფეხები განაპირობებს მათ სწრაფ სირბილს, ნელი მოძრაობისას თხუნელას მოკლე თათები დიდი ძალის განვითარების საშუალებას აძლევს.

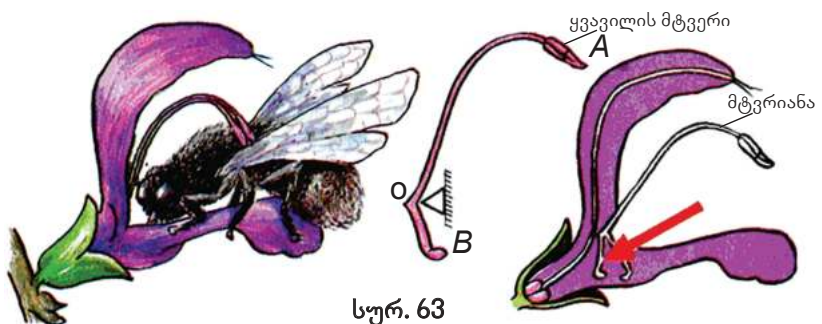
განვიხილოთ ადამიანის თავის ქალა, როგორც ბერკეტის მაგალითი (სურ. 61). ბერკეტის ბრუნვის ღერძი გადის პირველ მაღასთან თავის ქალის შესახსრების არეში (წერტილი O). $\vec{R}$ არის თავის ქალის სიმძიმის ძალა. მისი მხარი OB შედარებით მოკლეა. $\vec{F}$ არის კეფის ძვლის კუნთებისა და იოგების წევის ძალა, რომლის მხარი გაცილებით მეტია $\vec{R}$ ძალის მხარზე. თავის ქალის წონასწორობისას $\vec{F}$ და $\vec{R}$ ძალების მომენტები ტოლია:

$$F \cdot OA = R \cdot OB$$

მარტივი მექანიზმები შეიძლება მცენარეებშიც აღმოვაჩინოთ. მაგალითად, სამკურნალო მცენარე სალბში* (სურ. 62) ყვავილის მტვრიანა ბერკეტს წარმოადგენს (სურ. 63). O ბერკეტის საყრდენი წერტილია. ბერკეტის გრძელი მხრია OA და მოკლე — OB . OA მხარის ბოლოში არის სამტვერე.



სურ. 62



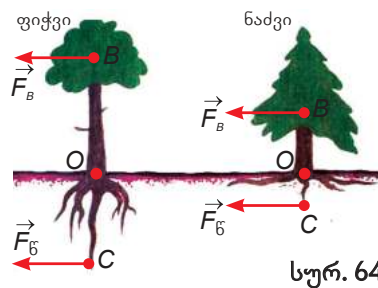
სურ. 63

როდესაც მწერი შეძვრება ყვავილში, ის აწვება მტვრიანას მოკლე OB მხარს. ამით იგი არღვევს ბერკეტის წონასწორობას და აამოძრავებს OA მხარს. ეს მხარი იხრება მწერისაკენ და დააფერტხავს მწერს ზურგზე ყვავილის მტვერს. სხვა ყვავილზე გადაფერენისას მწერი გადაიტანს ამ ყვავილის მტვერს და

* სალბი – სამკურნალო მცენარე, საქართველოში გავრცელებულია მისი 12 სახეობა.

ახდენს დამტვერვას.

ბერკეტის ტიპური მაგალითია ხის ტანი და მისი გაგრძელება – ძირითადი ფესვი (სურ. 64). მუხის ან ფიჭვის ძირითადი ფესვი ღრმად აღწევს მიწაში. ფესვზე აღძრული წინააღმდეგობის ძალის მხარი ძალიან დიდია. ამიტომ იგი უდიდეს წინააღმდეგობას უწევს ხის გადავარდნას. ასეთი ხეების ფესვიანად ამოძირკვა თითქმის შეუძლებელია. ნაძვი, პირიქით, ადვილი წასაქცევია, რადგან მას აქვს ფესვთა ზედაპირული სისტემა.



სურ. 64

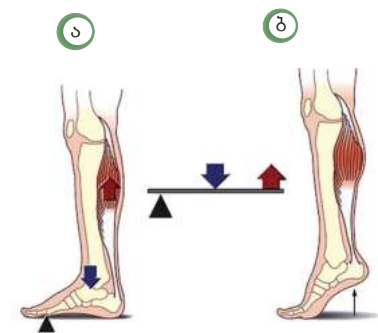


გაანზრება

1. დაჯექი სკამზე გამართულად ისე, რომ ვერტიკალურად მდებარე ზურგით არ მიეყრდნო სკამს. შეეცადე, სკამიდან ადგე ისე, რომ არ შეიცვალო ზურგის ვერტიკალური მდებარეობა (არ გადაიხარო წინ და უკან).

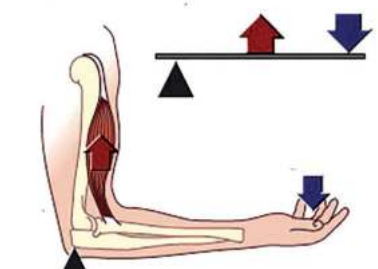
რატომ არის შესაძლებელი სკამიდან ადგომა სხეულის წინ გადაწევისას? ახსენი მოვლენა.

როდის უფრო მდგრადია ადამიანისათვის წონასწორობა – როცა ზის, თუ როცა დგას? რატომ?



სურ. 65

2. იმსჯელე 65-ე და 66-ე სურათებზე გამოსახული ადამიანის ქვედა და ზედა კიდურების ბერკეტთა ანალოგიის შესახებ. როგორია თანაფარდობა სხეულის სიმძიმის ძალასა და ფეხის კუნთის დაჭიმულობის ძალას შორის?

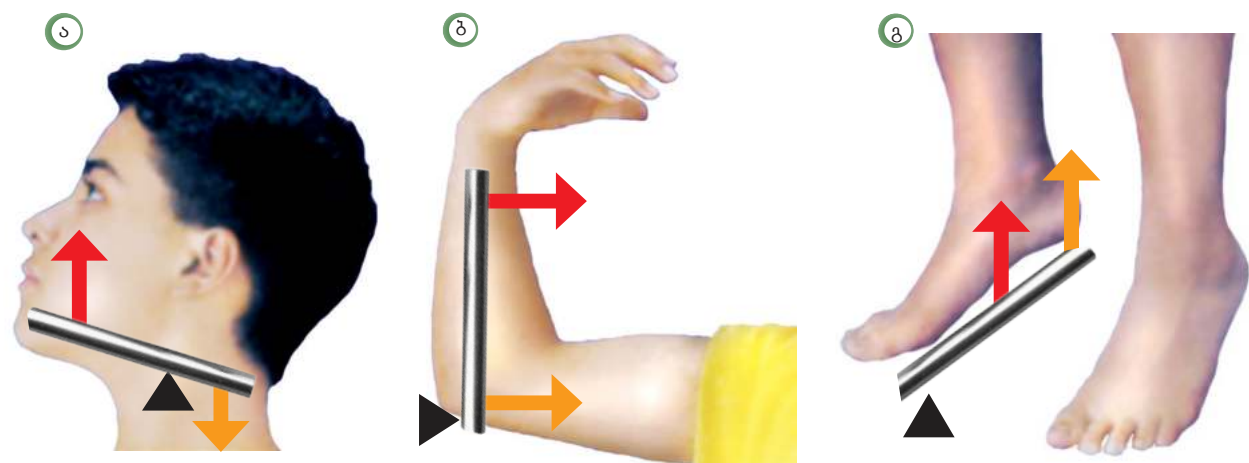


სურ. 66



საშინაო დავალება

1. ახსენი ადამიანის ორგანიზმში მისი ნაწილების, როგორც ბერკეტების მოქმედების მექანიზმი (სურ. 67 ა, ბ, გ).



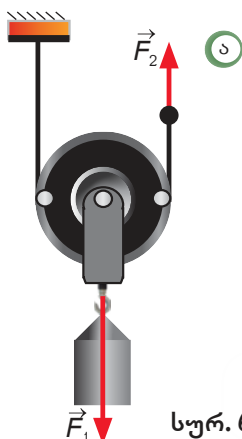
სურ. 67

→ მოძრაობის მიმართულება → კუნთის ძალა

2.12. მანქანებისა და მექანიზმების მარგი ქმედების კოეფიციენტი

იზიძრა და იმსჯელო

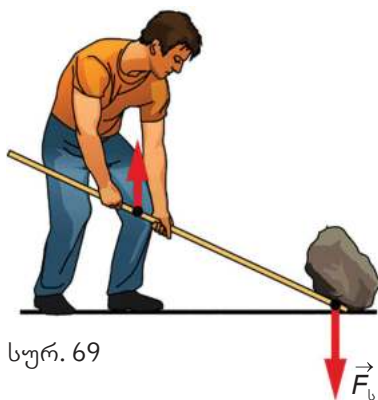
რატომ ამზადებენ მოძრავ ჭოჭონაქს მსუბუქი ლითონისაგან?



სურ. 68



რატომ არის სასარგებლო მანქანის მექანიზმების დაზეთვა?



სურ. 69



სურ. 70

მანქანებისა და მექანიზმების სრული ენერგია მთლიანად არ იხარჯება სასარგებლო მუშაობის შესასრულებლად. ნაწილი იხარჯება წინააღმდეგობის ძალის დაძლევაზე, ნაწილი იფანტება გარემოში, ხოლო ნაწილი კი იხარჯება სასარგებლო მუშაობის შესრულებაზე. ამდენად, სასარგებლო მუშაობა ყოველთვის ნაკლებია სრულ მუშაობაზე.

$$A_{\text{სას}} < A_{\text{სრ}}$$

სრული მუშაობა არის სასარგებლოდ და არასასარგებლოდ შესრულებული მუშაობების ჯამი.

მაგალითად, მოძრავი ჭოჭონაქით ტვირთის აწევისას ენერგია იხარჯება ტვირთის ასანეევად შესრულებულ მუშაობაზე, ხახუნის ძალის დაძლევისა და თვით ჭოჭონაქის აწევაზე. რაიმე სიმაღლეზე ტვირთის აწევისას შესრულებული მუშაობა სასარგებლო მუშაობაა, ხოლო ხახუნის ძალისა და ჭოჭონაქის სიმძიმის ძალის დაძლევაზე შესრულებული მუშაობა არასასარგებლო მუშაობა.

ბერკეტით ტვირთის აწევისას ნაწილი ენერგიისა იხარჯება თვით ბერკეტის ასანეევად შესრულებულ არასასარგებლო მუშაობაზე (სურ. 69), უძრავი ჭოჭონაქისა და დახრილი სიბრტყის გამოყენებისას არასასარგებლო მუშაობა სრულდება ხახუნის ძალის დაძლევაზე.

სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს შესრულებული მუშაობის რა ნაწილი მოხმარდა სასარგებლო მუშაობას, არის მანქანის ან მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი. შემოკლებით მქკ. აღინიშნება η ასოთი. მქკ გამოისახება პროცენტებით.

მანქანებისა და მექანიზმების მარგი ქმედების კოეფიციენტი ტოლია სასარგებლო მუშაობის შეფარდებისა მექანიზმის მიერ შესრულებულ სრულ მუშაობასთან.

$$\eta = \frac{A_{\text{სას}}}{A_{\text{სრ}}} \cdot 100\%$$

დახრილი სიბრტყე, ისევე, როგორც ყველა მარტივი მექანიზმი არ იძლევა მუშაობაში მოგებას, თუმცა მას ფართოდ იყენებენ ყოფა-ცხოვრებაში. მაგალითად, ესკალატორი (სურ. 70), პანდუსი (სურ. 71-72) და კონვეიერი (სურ. 72) დახრილი სიბრტყეებია.

დავუშვათ, სხეული ააქვთ რაიმე სიმაღლეზე დახრილი სიბრტყის გამოყენებით, რომლის სიგრძეა l (სურ. 71). ამ დროს სასარგებლო მუშაობაა $A_{სას} = mgh$, სრული მუშაობა კი იქნება წვეის ძალის მიერ l სიგრძის დახრილ სიბრტყეზე გადაადგილებისას შესრულებული მუშაობა: $A_{სრ} = F_{წ} \cdot l$.

$$\eta = \frac{mgh}{F_{წ} \cdot l} \cdot 100\%$$

$F_{წ}$ ძალის მოქმედებით ხდება ტვირთის ატანა h სიმაღლეზე და დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობისას ხახუნის ძალის დაძლევა, ამიტომ:

$$A_{სრ} = A_{სას} + A_{ხახ} = mgh + F_{ხახ} \cdot l$$

მეკ არ შეიძლება იყოს 100% ან მასზე მეტი.

უძველესი დროიდან ადამიანებს უნდოდათ შეექმნათ ისეთი ძრავა, რომელიც მხოლოდ სასარგებლო მუშაობას შეასრულებდა, ან ერთხელ მინიჭებული ენერგიის ხარჯზე იმუშავებდა. მაგრამ დღემდე ასეთი „მუდმივი ძრავა“ არ არის შექმნილი და მტკიცდება, რომ მისი შექმნა შეუძლებელია.

თანამედროვე მეცნიერები ცდილობენ შექმნან ისეთი მანქანები და მექანიზმები, რომლებიც მინიმალურ არასასარგებლო მუშაობას შეასრულებენ და ამით მარგი ქმედების კოეფიციენტი გაიზრდება.



სურ. 71



სურ.72



გააზრება

1. იმსჯელე, სრული და სასარგებლო მუშაობის თანაფარდობის შესახებ. რომელი მუშაობაა მეტი, სრული თუ სასარგებლო? როგორ შეიძლება მეკ გაზრდა?
2. იმსჯელე, პანდუსის, როგორც დახრილი სიბრტყის გამოყენების შესახებ. რატომ არის მოსახერხებელი პანდუსის საშუალებით ეტლით გადაადგილება (სურ. 73)?



საშინაო დავალება

1. ტუმბოს მიერ შესრულებული სასარგებლო მუშაობა 3,2 კჯ. სრული მუშაობა კი $W_{სრ} = 4$ კჯ. გამოთვალე ტუმბოს მეკ.
2. საბაგირო გზაზე ასვლისას ძრავის მიერ შესრულებული მუშაობაა 8 კჯ, ძრავის მეკ — 70%. გამოთვალე სასარგებლო მუშაობა.
3. მოიძიე ინფორმაცია „მუდმივი ძრავის“ შექმნის შესახებ.



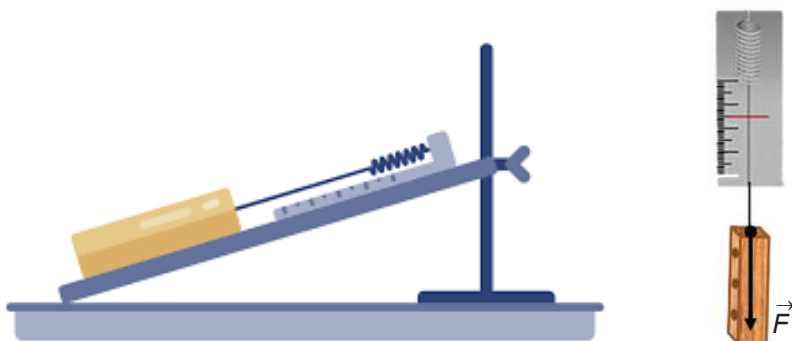
სურ. 73

2.13. დახრილი სიბრტყის მარბი ქმედების კოეფიციენტის კვლევა



ექსპერიმენტული კვლევა

მოცემული გაქვს: 30 სმ სიგრძის ფიცარი, რომლის ერთი ზედაპირი გლუვია, მეორე კი – ხაოიანი (ცუდად დამუშავებული), 100 გ მასის ძელაკი, დინამომეტრი, სახაზავი, შტატივი.



მსვლელობა: შტატივში ფიცარი ხაოიანი ზედაპირით ჩაამაგრე ისე, რომ მისი ზედა ბოლო მაგდიდან 15 სმ სიმაღლეზე აღმოჩნდეს. ძელაკს გამოსდე დინამომეტრის კაუჭი და დახრილ სიბრტყეზე თანაბრად გადაადგილე ისე, რომ დინამომეტრის ჩვენება არ იცვლებოდეს. აითვალე დინამომეტრის ჩვენება. გამოიანგარიშე დახრილი სიბრტყის გასწვრივ ძელაკის გადაადგილებისათვის შესრულებული მუშაობა.

გაიმეორე იგივე ცდა ფიცრის გლუვი ზედაპირის გასწვრივ ძელაკის გადაადგილებისას. გამოთვალე შესაბამისი მუშაობა.

დინამომეტრით თანაბრად ასწიე ძელაკი 15 სმ სიმაღლეზე და გამოთვალე ვერტიკალურად ატანისას შესრულებული მუშაობა. მონაცემები შეიტანე ცხრილში.

გამოთვალე მქკ გლუვ და ხაოიან ზედაპირზე ძელაკის გადაადგილებისას და შეადარე ერთმანეთს.

გამოიტანე დასკვნა დახრილი სიბრტყის მქკ-ის შესახებ სხვადასხვა სიტუაციაში.

№	m , კგ	F	l	h	$A_{\text{სრ}}$	$A_{\text{სას}}$	$\eta = \frac{A_{\text{სას}}}{A_{\text{სრ}}} 100\%$
1							
2							
3							



საშინაო დავალება

- დახრილი სიბრტყის გამოყენებით 75 კგ მასის ტვირთი თანაბრად აიტანეს 4 მ სიმაღლეზე, რისთვისაც შესრულდა 4000 ჯ მუშაობა. რას უდრის დახრილი სიბრტყის მქკ?
- სატვირთო ავტომანქანის ძარა დედამიწის ზედაპირიდან 1,5 მ სიმაღლეზე მდებარეობს. 80 კგ მასის ტვირთის ძარაზე ასატანად გამოიყენეს 3 მ სიგრძის ფიცარი, რომლის მეშვეობითაც ტვირთის ატანის დროს ფიცართან ხახუნის ძალა 100 ნ აღმოჩნდა. რისი ტოლია ასეთი დახრილი სიბრტყის მქკ?

2.14. ამოხსენი ამოცანები

1. 74-ე სურათზე გამოსახულია ჭოჭონაქების სისტემა ორი მოძრავი ჭოჭონაქითა და ერთი უძრავი ჭოჭონაქით. გამოთვალე a და b თოკების დაჭიმულობის ძალა, თუ ტვირთის მასაა 20 კგ. რა მოგეზებას იძლევა ძალაში ჭოჭონაქების სისტემა? რა მანძილზე დაეშვება A წერტილი, თუ ტვირთის აწევის სიმაღლეა 10 სმ? ჭოჭონაქების მასა და ხახუნი უგულებელყავი.

ამოხსნა:

$F, F_a, F_b,$
$P/F, h_2 - ?$
$m = 20 \text{ კგ}$
$h_1 = 10 \text{ სმ}$
$g = 10 \text{ ნ/კგ}$

ტვირთის წონა:

$$P = mg = 20 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ ნ/კგ} = 200 \text{ ნ}$$

მოძრავი ჭოჭონაქი (1), რომელზეც ტვირთია, ძალაში გვადლევეს მოგეზებას 2-ჯერ. ე.ი. a თოკის დაჭიმულობის ძალა F_a 2-ჯერ ნაკლებია ტვირთის წონაზე.

$$F_a = P / 2 = 200 \text{ ნ} / 2 = 100 \text{ ნ}.$$

მოძრავი ჭოჭონაქი (2), რომელზეც დაკიდებულია a თოკი, კიდევ გვადლევეს მოგეზებას ძალაში 2-ჯერ. ე.ი. დაჭიმულობის ძალა b თოკზე, ტოლია:

$$F_b = F_a / 2 = 100 \text{ ნ} / 2 = 50 \text{ ნ}.$$

ამიტომ ძალაში მოგეზება იქნება:

$$P/F = 200 / 50 = 4$$

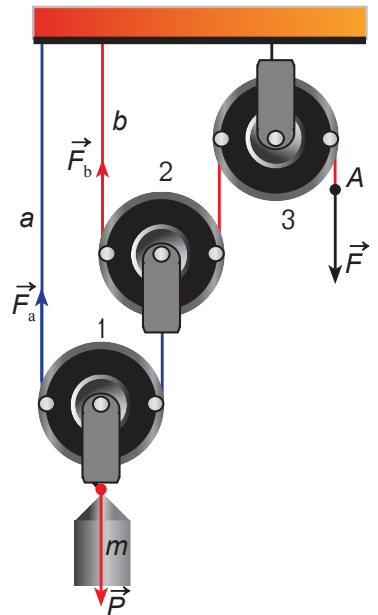
მექანიკის „ოქროს წესის“ თანახმად,

A წერტილის მიერ გავლილი მანძილი იქნება:

$$h_2 = 4 h_1 = 40 \text{ სმ}$$

უძრავი ჭოჭონაქი (3) ძალაში მოგეზებას არ იძლევა, ამიტომ $F = 50 \text{ ნ}$

პასუხი: $F_a = 100 \text{ ნ}, F_b = 50 \text{ ნ}, P/F = 4, h_2 = 40 \text{ სმ}$.



სურ. 74

2. უძრავი და მოძრავი ჭოჭონაქების სისტემით 45 კგ მასის ტვირთი ააქვთ მესამე სართულზე. გამოთვალე სისტემის მქკ, თუ თოკის თავისუფალ ბოლოზე მოდებულია 250 ნ ძალა (სურ. 75).

ამოხსნა:

$\eta - ?$
$m = 45 \text{ კგ}$
$F = 250 \text{ ნ}$

მარგი ქმედების კოეფიციენტი

$$\eta = \frac{A_{\text{სას}}}{A_{\text{სრ}}} \cdot 100\%$$

სასარგებლო მუშაობა სრულდება ტვირთის ატანისას, ანუ სიმძიმის ძალის დაძლევაზე. ამიტომ $A_{\text{სას}} = mgh$. სრულ მუშაობას ასრულებს F ძალა, რომელიც თოკს ქაჩავს l სიგრძეზე.

სრული მუშაობა ტოლია: $A_{\text{სრ}} = Fl$.

რადგან სისტემა შეიცავს ერთ მოძრავ ჭოჭონაქს, ძალაში მოგეზება იქნება 2-ჯერ, მანძილში წაგებაც იქნება 2-ჯერ. ამიტომ

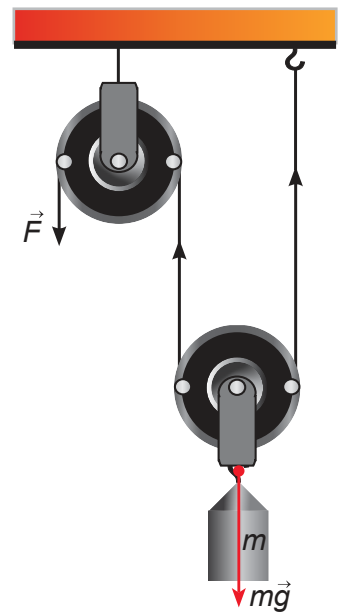
$$l = 2h \text{ და } A_{\text{სრ}} = F \cdot 2h.$$

ფორმულაში შეტანით მივიღებთ:

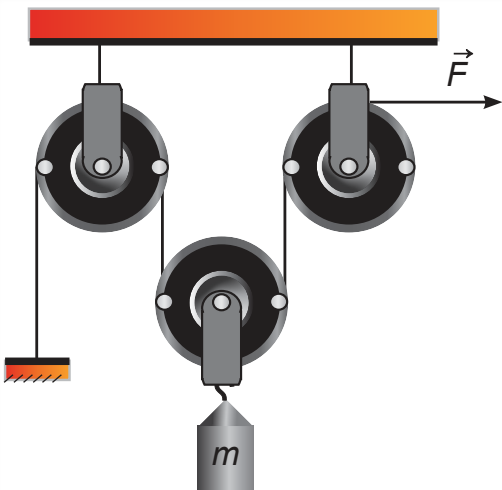
$$\eta = \frac{mgh}{F \cdot 2h} = \frac{mg}{2F}$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ: $\eta = 0,90\% = 90\%$.

პასუხი: მქკ ნაკლებია 100%-ზე, ტოლია 90%. მქკ არ არის დამოკიდებული ტვირთის ატანის სიმაღლეზე.

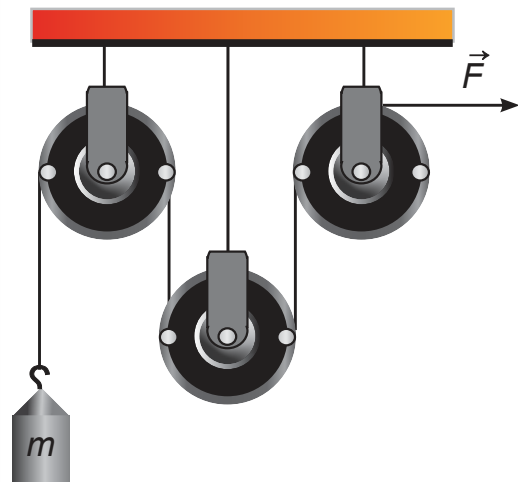


სურ. 75



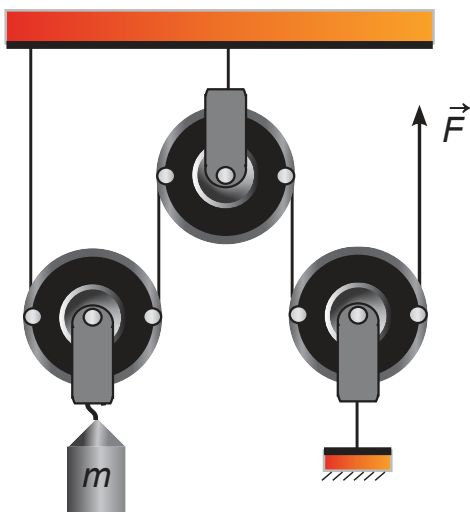
I

1. ტვირთი, რომლის წონაა 200 ნ, ააქვთ უძრავი ჭოჭონაქით. რა სიდიდის ძალა უნდა მოსდონ თოკის თავისუფალ ბოლოს?
2. გამოთვალე F ძალა, რომელიც საჭიროა სურათზე გამოსახული ჭოჭონაქების სისტემით 20 კგ მასის ტვირთის ასანევად.
3. ამნის მიერ შესრულებული სრული მუშაობაა 1 კჯ. შეიძლება თუ არა სასარგებლო მუშაობა იყოს: 1) 1580 ჯ, 2) 1000 ჯ, 3) 800 ჯ.



II

1. ტვირთი, რომლის მასაა 40 კგ, ააქვთ მოძრავი ჭოჭონაქის გამოყენებით. რა სიდიდის ძალა უნდა მოსდონ თოკის თავისუფალ ბოლოს?
2. 60 კგ მასის ტვირთი ააქვთ სურათზე გამოსახული ჭოჭონაქების სისტემის გამოყენებით. რა სიდიდის ძალა უნდა მოსდონ თოკის თავისუფალ ბოლოს?
3. მარტივი მექანიზმის მიერ შესრულებული სასარგებლო მუშაობაა 120 ჯ, სრული მუშაობა 160 ჯ. გამოთვალე მექანიზმის მქც.

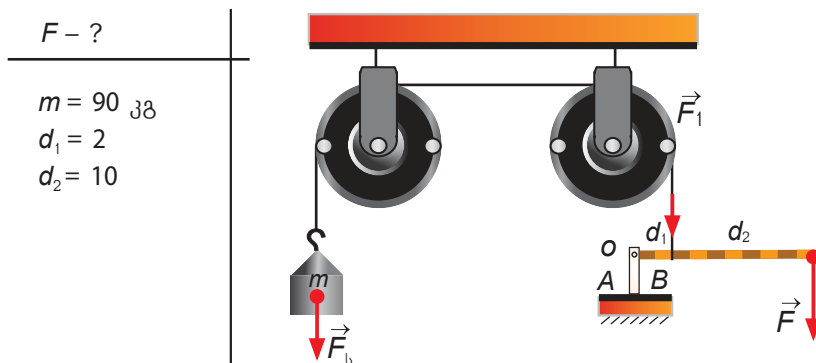


III

1. მოძრავი ჭოჭონაქით ეწევიან ტვირთს 100 ნ ძალით. გამოთვალე ტვირთის მასა.
2. სურათზე გამოსახულ ჭოჭონაქზე დაკიდებულია 40 კგ მასის ტვირთი. გამოთვალე F ძალა, რომელიც საჭიროა ამ ტვირთის ასანევად.
3. სხეული ააქვთ დახრილი სიბრტყით. სასარგებლო მუშაობაა 180 ჯ. გამოთვალე სრული მუშაობა, თუ დახრილი სიბრტყის მქც 90%.

* გამოთვალე ძალა, რომელიც საჭიროა სურათზე გამოსახული ბერკეტისა და ჭოჭონაქების სისტემის გამოყენებით 90 კგ მასის ტვირთის ასანევად. რამდენჯერ იგებენ ძალაში?

ამოხსნა:



ტვირთზე მოქმედი სიმძიმის ძალა $F_b = mg$. ტვირთს სწევენ ორი უძრავი ჭოჭონაქითა და მეორე გვარის ბერკეტით, რომელიც O წერტილში ეყრდნობა AB საყრდენში ჩამაგრებულ ღეროს. ბერკეტზე მოქმედი F_1 ძალა ტოლია F_b , ვინაიდან უძრავ ჭოჭონაქზე მოქმედი ძალები ერთმანეთის ტოლია. ბერკეტის წონასწორობის პირობის თანახმად: $F_1 d_1 = F d_2$. აქედან

$$F = \frac{F_1 d_1}{d_2}.$$

რიცხვების ჩასმის შედეგად: $F = 180 \text{ ნ}$.

$$\frac{F}{F_b} = \frac{1806}{9006} = \frac{1}{5},$$

ე.ი. ძალაში იგებენ 5-ჯერ.

პასუხი: $F = 180 \text{ ნ}$. ძალაში იგებენ 5-ჯერ.

* I

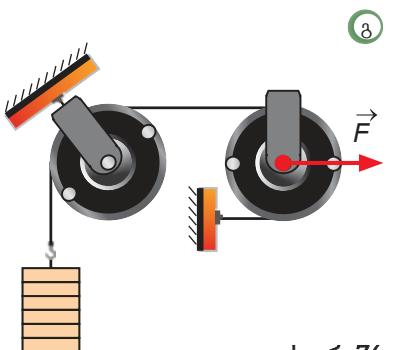
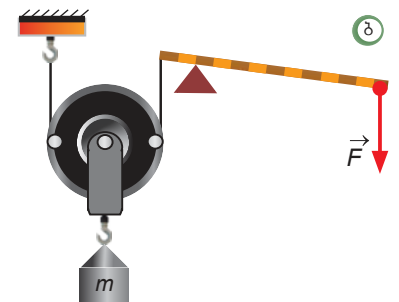
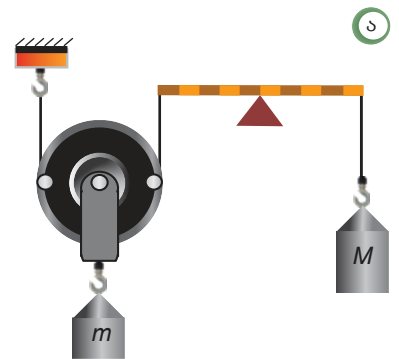
სურათზე გამოსახული წონასწორობაში მყოფი სისტემა შედგება უწონო ბერკეტისა და ჭოჭონაქისგან. ჭოჭონაქზე დაკიდებულია $m = 2 \text{ კგ}$ მასის ტვირთი. გამოთვალე ბერკეტის ბოლოზე დაკიდებული ტვირთის მასა M (სურ. 76 ა).

* II

ბერკეტისა და ჭოჭონაქის გამოყენებით m ტვირთს მაღლა ეწევიან. რამდენჯერ გვაძლევს ძალაში მოგებას სურათზე გამოსახული მოწყობილობა? (სურ. 76ბ)

* III

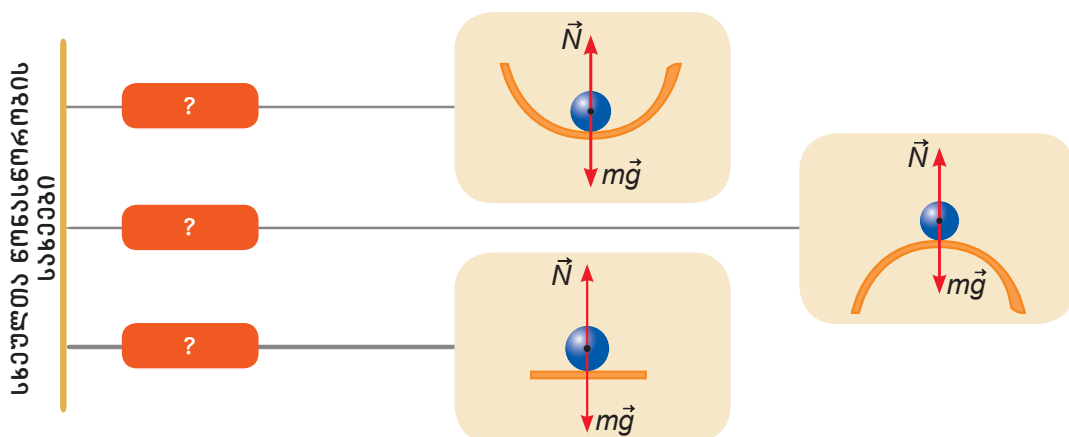
ბოძებზე ელექტრული გამტარების გასაჭიმად იყენებენ ორი ჭოჭონაქისაგან შემდგარ სისტემას, რომელზეც ჰკიდებენ ტვირთს. გამოთვალე ტვირთზე მოქმედი სიმძიმის ძალა, თუ გამტარები 1000 ნ ძალით არის დაჭიმული? (სურ. 76 გ)



სურ. 76

II თავის შეჯამება

1. იმსჯელე, სხეულის წონასწორობის სახეების შესახებ და საშინაო დავალების რვეულში შეავსე სქემა.



2. იმსჯელე, სხეულის წონასწორობის მიზეზებისა და შედეგების შესახებ. მიუთითე, აზრობრივად რომელი სიტყვა შეესაბამება კითხვის ნიშანს.

მიზეზი

შედეგი

წონასწორობიდან გადახრის შემდეგ სიმკიმიის ცენტრი იწევს ზევით

სხეული ? წონასწორობაშია

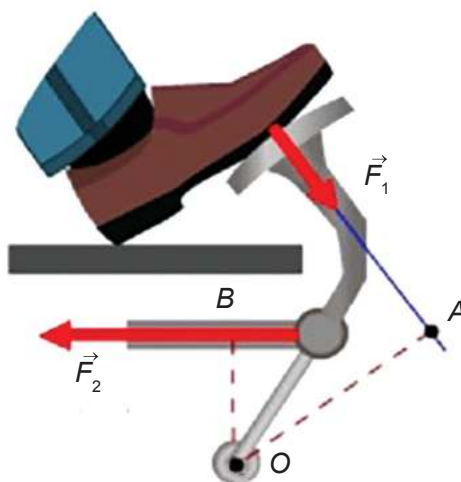
წონასწორობიდან გადახრის შემდეგ სიმკიმიის ცენტრი იწევს ქვევით

სხეული ? წონასწორობაშია

წონასწორობიდან გადახრის შემდეგ სიმკიმიის ცენტრის მდებარეობა არ იცვლება

სხეული ? წონასწორობაშია

3. სურათის მიხედვით იმსჯელე, მანქანის მუხრუჭის, როგორ ბერკეტის ანალოგიის შესახებ.



4. დაუკავშირე განმარტებები და შესაბამისი სურათები ერთმანეთს.

1. I გვარის ბერკეტი

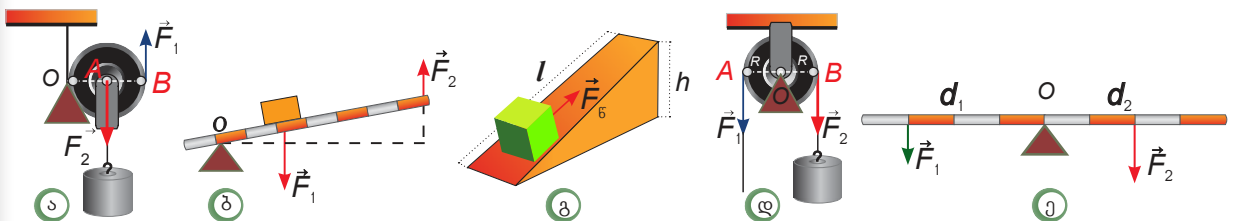
2. II გვარის ბერკეტი

3. უძრავი ჭოჭონაქი

4. მოძრავი ჭოჭონაქი

5. დახრილი სიბრტყე

	ა	ბ	გ	დ	ე
1					
2					
3					
4					
5					



5. აზრობრივად დააჯგუფე მარტივი მექანიზმები შესაბამის კალათებში.

კიბე

ჯალამბარი

სასწორი

ხრახნი

სოლი

ჭოჭონაქი

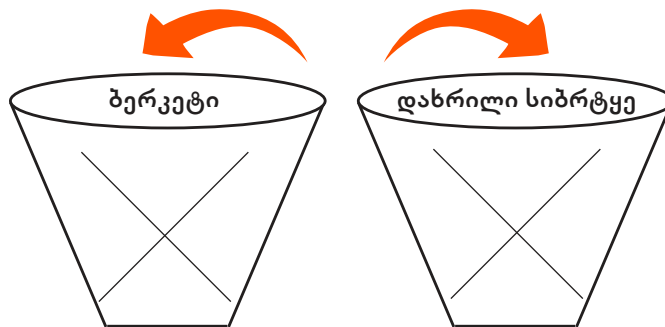
პანდუსი

ბრტყელტუჩა

კონვეიერი

ურიკა

ნავის ნიჩბები



6. იპოვე ზედმეტი სიტყვები და შინაარსობრივად იმსჯელე სწორი მტკიცებულებების შესახებ:

ა. მარტივი მექანიზმები, ბერკეტი, ჭოჭონაქი, დახრილი სიბრტყე, შიგანვის ძრავა.

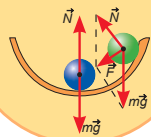
ბ. ბერკეტი, დრო, მყარი სხეული, ბრუნვა.

გ. მდგრადი, არამდგრადი, გათბობა, განურჩეველი.

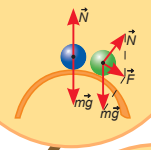
დ. დახრილი სიბრტყე, პანდუსი, ხრახნი, პოლისპლასტი, ლიფტი.

სიმძიმის ცენტრი –
სხეულის ან სხეულთა
სისტემის სიმძიმის
ძალის მოდების
წერტილი

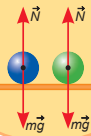
მდგრადი
წონასწორობა



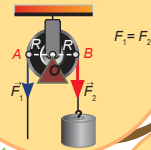
არამდგრადი
წონასწორობა



განუჩეველი
წონასწორობა



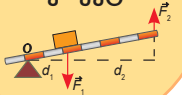
უძრავი
ჭოჭონაქი



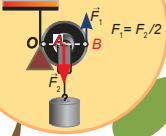
პირველი
გვარის ბერკეტი



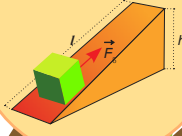
მეორე გვარის
ბერკეტი



მოდრავი
ჭოჭონაქი



დახრილი
სიბრტყე



ძალის
მომენტი

$$M = Fd$$

ბერკეტის
წონასწორობის
პირობა

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

მექანიზმების
მქც

$$\eta = \frac{A_{\text{საღ}}}{A_{\text{საშ}}} \cdot 100\%$$

მეორე თავის მოკლე
დასკვნები

3. სითბური მოვლენები



შეისწავლი:

- სხეულების სითბურ გაფართოებას;
- შინაგან ენერგიას;
- შინაგანი ენერგიის ცვლილებას;
- დნობასა და გამყარებას, აორთქლებასა და კონდენსაციას;
- დუღილსა და ორთქლად ქცევას, სუბლიმაციას;
- სათბობის წვას, წვის კუთრი სითბოს;
- სითბური ძრავების მოქმედების პრინციპს.

შეძლე და დაეუფლები:

- სითბური მოვლენების ექსპერიმენტულ კვლევას;
- თბოგადაცემის სახეების დახასიათებას;
- ეკოლოგიურ პრობლემებზე არგუმენტირებულ მსჯელობას;
- პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების ამოხსნას;
- სითბური პროცესების შესახებ ცოდნის დაკავშირებას სხვადასხვა პროფესიასთან.

3.1. სითბური მოვლენები

იფიქრე და იმსჯელე

რა პროცესები მიმდინარეობს სითბური მოვლენებისას?



სურ. 1



სურ. 2



სურ. 3



სურ. 4

ბუნებაში მრავალი მოვლენა მიმდინარეობს. მათ შორის მნიშვნელოვანია ისეთი მოვლენები, როდესაც იცვლება სხეულებისა და გარემოს ტემპერატურა და ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობა. მაგალითად, დედამიწის მზის გარშემო ბრუნვის გამო იცვლება წელიწადის დროები. სეზონური ცვლილებისას იცვლება ტემპერატურა — ზაფხულში თბილა, ზამთარში კი ცივა (სურ. 1ა).

მოვლენებს, რომლებიც დაკავშირებულია ტემპერატურის ან აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებასთან, სითბური მოვლენები ეწოდება.

სითბური მოვლენებია: აორთქლება, დუღილი, კონვექცია, გამოსხივება (სურ. 1ბ), კონდენსაცია, დნობა-გამყარება (სურ. 2).

სითბური მოვლენები სხვა საინტერესო პროცესებთანაც არის დაკავშირებული. მაგალითად: ქარი და ქარბორბალა (სურ. 3), ვულკანის ამოფრქვევა (სურ. 4), ზღვაზე სმერჩი, მზის გამოსხივება და მრავალი სხვა.

მეცნიერებმა სითბოს არსში ჩანვდომა მხოლოდ XVIII საუკუნეში შეძლეს. ამავე პერიოდში დადგინდა, რომ ნივთიერება მთლიანი კი არ არის, არამედ წყვეტილი აგებულებისაა. ნივთიერების შემადგენელი დიდი რაოდენობის ნაწილაკები, ატომები და მოლეკულები განუწყვეტლივ ქაოსურად (უწყესრიგოდ) მოძრაობენ და ურთიერთქმედებენ.

ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსურ და რხევით მოძრაობას, სითბური მოძრაობა ეწოდება.

მოლეკულებს შორის მანძილი და მოძრაობის ხასიათი ნივთიერების სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში განსხვავებულია.

აირის მოლეკულა ჭურჭლის კედლებთან და სხვა ცალკეულ მოლეკულასთან დაჯახებამდე — წრფივ ტრაექტორიას აღწერს, მაგრამ დაჯახების შემდეგ მოცემული მოლეკულა საით იმოძრაავებს, ამისი წინასწარი ვარაუდი შეუძლებელია. ამიტომ აირის მოლეკულების მოძრაობის ტრაექტორია ტეხილი წირია (სურ. 5).

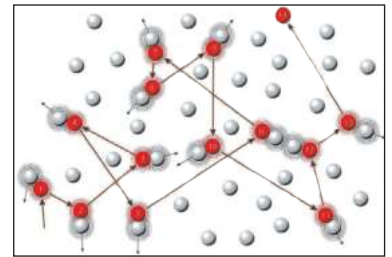
მყარ და თხევად მდგომარეობაში მოლეკულებს უკავიათ ერთმანეთისაგან გარკვეული მანძილით დაშორებული წონასწორული მდებარეობა. ისინი ამ მდებარეობის მახლობლობაში

ქაოსურად ირხევია. ტემპერატურის მომატებით მოლეკულებს შორის მანძილი იზრდება, შემცირებით – კლებულობს. თვით მოლეკულების ზომები კი არ იცვლება.

სითბური პროცესების აღწერისას ითვალისწინებენ მოლეკულების ქაოსურ მოძრაობას და მოძრაობის მახასიათებელი სიდიდეების საშუალო მნიშვნელობებს. მაგალითად, სხეულის ტემპერატურა დაკავშირებულია მისი შემადგენელი ნივთიერების მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარესთან და მათ საშუალო კინეტიკურ ენერგიასთან. რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო სწრაფად მოძრაობენ მოლეკულები და მით მეტია მათი საშუალო კინეტიკური ენერგია.

მაგალითად, დიფუზიის მოვლენა სხეულის შემადგენელი ნივთიერების მოლეკულების მოძრაობასთან არის დაკავშირებული. დიფუზია მაღალ ტემპერატურაზე უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, ვიდრე დაბალზე.

ტემპერატურის გასაზომად იყენებენ სხვადასხვა ტიპის თერმომეტრებს (სურ. 6). ტემპერატურის გაზომვა ემყარება ისეთ სითბურ პროცესებს, რომლის დროსაც იცვლება ნივთიერების დამახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეები, მაგალითად, მოცულობა. ტემპერატურის საზომი ერთეულებია: კელვინი, ცელსიუსის ან ფარენჰაიტის გრადუსი.



სურ. 5

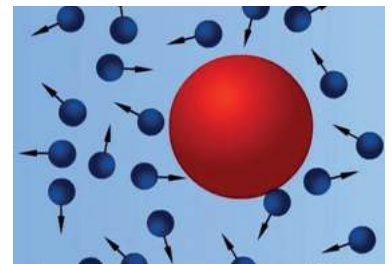


სურ. 6



გაანვიხილოთ

1. აღწერე დიფუზიის მოვლენა და იმსჯელე, როგორ არის დამოკიდებული დიფუზიის სიჩქარე ტემპერატურაზე.
2. 1827 წელს ინგლისელი ბოტანიკოსი რობერტ ბროუნი მიკროსკოპით აკვირდებოდა წყლის წვეთში შეტივტივებულ ნაწილაკს, რომელიც ქაოსურად მოძრაობდა. რატომ მოძრაობდა „ბროუნის ნაწილაკი“ ქაოსურად (სურ. 7)?

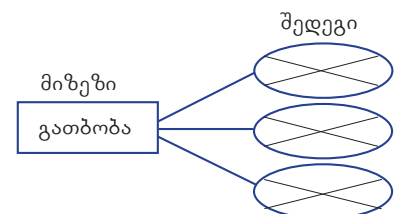


სურ. 7



საშინაო დავალება

1. აირჩიე სწორი მტკიცებულებები და შეავსე მიზეზშედეგობრივი სქემა (სურ. 8).
მოლეკულის ზომა იცვლება, მოლეკულის ზომა არ იცვლება, მანძილი მოლეკულებს შორის იზრდება, მანძილი მოლეკულებს შორის არ იზრდება, მოლეკულის სიჩქარე იზრდება, მოლეკულის სიჩქარე არ იზრდება.
2. დააჯგუფე ფიზიკური მოვლენები და შეიტანე ცხრილში.
მანქანის მოძრაობა, ჭექა-ქუხილი, სარკეში საგნის გამოსახულება, კომპასის ისრის ბრუნვა, მთვარის დაბნელება, ბურთის ვარდნა, ყინულის დნობა, მზის დაბნელება, ექოს წარმოქმნა, ნამის წარმოქმნა, წყლის გაყინვა, მაგნიტების მიზიდვა, წყლის დუღილი, გაღვება, ცისარტყელა.



სურ. 8

ცხრ. 1

ელექტრული	ბგერითი	სინათლის	მაგნიტური	სითბური	მექანიკური

3.2. შინაგანი ენერგია

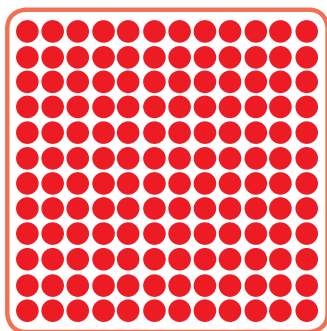
იზიჰრა და იმსჯელე

რომელი ენერგია იზრდება წყლის გათბობის შედეგად?



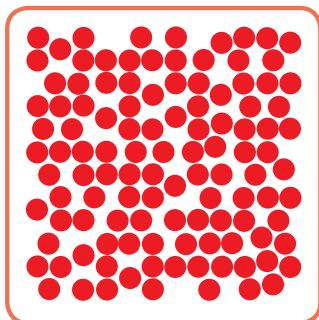
სურ. 9

ა



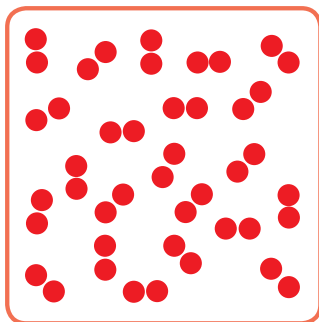
მყარი სხეული

ბ



სითხე

გ



აირი

სურ. 10

სხეულებს, გარდა მექანიკური ენერგიისა, გააჩნიათ **შინაგანი ენერგია**.

ყველა სხეული შედგება ძალიან დიდი რაოდენობის ატომებისა და მოლეკულებისაგან, რომლებიც ქაოსურად მოძრაობენ და ურთიერთქმედებენ. სხეულის შემადგენელ ნაწილაკებს მოძრაობის გამო კინეტიკური ენერგია გააჩნიათ, ერთმანეთთან ურთიერთქმედების გამო კი – პოტენციური. ამრიგად, სხეულის შემადგენელ ნაწილაკებს გააჩნიათ როგორც პოტენციური, ასევე კინეტიკური ენერგია.

სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედების პოტენციური და ქაოსური მოძრაობის კინეტიკური ენერგიების ჯამს შინაგანი ენერგია ეწოდება.

სხეულების შინაგანი ენერგია სხვადასხვა ფაქტორზეა დამოკიდებული. მექანიკური ენერგიისგან განსხვავებით, შინაგანი ენერგია არ არის დამოკიდებული სხეულის მდებარეობაზე სივრცეში და მისი მოძრაობის სიჩქარეზე. სხეულის შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია ატომების მასაზე, მოლეკულაში ატომების რაოდენობასა და ნივთიერებაში მოლეკულების რაოდენობაზე, სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობის სიჩქარესა და მოლეკულებს შორის მანძილზე. რაც უფრო მეტია ნაწილაკების მოძრაობის სიჩქარე, მით მეტია მათი კინეტიკური ენერგია და შესაბამისად, მაღალია სხეულის ტემპერატურა და, პირიქით.

შინაგანი ენერგია, აგრეთვე, დამოკიდებულია ნივთიერების აგრეგატულ მდგომარეობაზე (სურ. 10). სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში ნივთიერების მოლეკულები ერთმანეთისაგან განსხვავებულ მანძილზე იმყოფება. ანუ მათი ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგია განსხვავებული სიდიდეა.

აიროვან მდგომარეობაში სხეულის შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია აირის გვარობაზე, მასასა და ტემპერატურაზე. აირის მოცულობის სწრაფი შემცირებისას მცირდება მოლეკულებს შორის მანძილი, რის გამოც მოლეკულები უფრო ხშირად ეჯახებიან ერთმანეთს, იზრდება მათი კინეტიკური ენერგია და შესაბამისად, შინაგანი ენერგია.

სითხეებს საკმაოდ დიდი შინაგანი ენერგია გააჩნია. მაგალითად, ოთახის ტემპერატურის წყლით სავსე სამლიტრიანი ქილის შინაგანი ენერგია უტოლდება იმ ენერგიას, რომელიც საჭიროა მსუბუქი ავტომანქანის მე-10 სართულზე ასატანად. წყლით სავსე სამლიტრიანი ჩაიდნის ასადუღებლად იმდენი სითბოა საჭირო, რაც სჭირდება 20-ტონიანი სატვირთო მანქანის მესამე სართულზე ატანას (სურ. 11).

შინაგანი ენერგიის საკმაოდ დიდი ცვლილება ხდება ქიმიური რეაქციებისას, როდესაც ერთი ნივთიერება მეორე ნივთიერებად გარდაიქმნება. მაგალითად, 3 ლ ბენზინის წვის შედეგად გამოყოფილი ენერგია საკმარისია ორი დატვირთული საბარგო ვაგონის 25-ე სართულზე ასატანად (სურ. 11).



სურ. 11



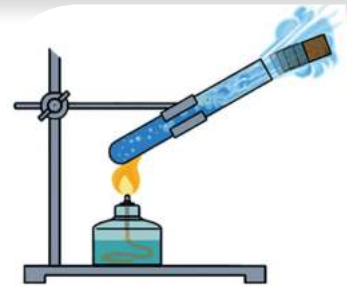
გაანვიხილოთ



აზრობრივი ექსპერიმენტი დაკვირვება შინაგანი ენერგიაზე

წარმოიდგინე, რომ სპირტქურის ალზე მოთავსებულია საცობით დახურული წყლიანი სინჯარა. იმსჯელე, რატომ ამოვარდება საცობი წყლის ადუღების შემდეგ.

გამოიტანე დასკვნა: რომელი ენერგიის ხარჯზე ამოვარდა საცობი?

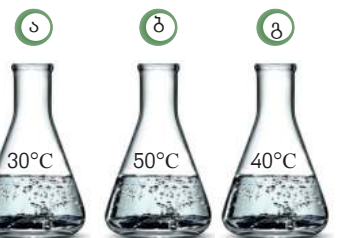


1. იმსჯელე და შეადარე ერთმანეთს ოთახის ტემპერატურის ჭიქა წყლისა და წყლით სავსე დოქის შინაგანი ენერგია (სურ. 12).

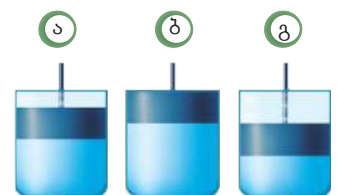
2. სურათის მიხედვით, იმსჯელე და შეადარე ერთმანეთს ყინულის რომელ ნატეხს ექნება მეტი შინაგანი ენერგია.



სურ. 12



სურ. 13



სურ. 14



საშინაო დავალება

1. სხეული აიტანეს ეიფელის კოშკზე (300 მ). როგორ შეიცვლება სხეულის შინაგანი და მექანიკური ენერგია?
2. მე-13 სურათზე გამოსახულია სამი სხვადასხვა ტემპერატურის მქონე წყლიანი ჭურჭელი. შეადარე მათი შინაგანი ენერგიები ერთმანეთს.
3. დგუშიან ჭურჭლებში მოთავსებულია ერთნაირი ტემპერატურის სხვადასხვა მასის ნახშირორჟანგი. შეადარე აირის შინაგანი ენერგიები ერთმანეთს (სურ. 14)?

3.3. შინაგანი ენერგიის ცვლილების ექსპერიმენტული კვლევა



I ექსპერიმენტი

მოცემული გაქვს: ფიცრის ნაჭერი და 20-თეთრიანი მონეტა.

მსვლელობა: მოათავსე 20-თეთრიანი მონეტა ფიცრის ნაჭერზე. ხელის სწრაფი მოძრაობით ახახუნე მონეტა ფიცარზე 2 წუთის განმავლობაში. დააკვირდი მონეტის მთხარობას. რატომ შეიცვალა იგი?

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა. რომელი ენერგია გაიზარდა მუშაობის შესრულების შედეგად?



II ექსპერიმენტი

მოცემული გაქვს: ალუმინის მავთულის ნაჭერი.

მსვლელობა: ერთსა და იმავე ადგილზე რამდენჯერმე გადაგრიხე მავთული, ხან ერთ, ხან მეორე მხარეს. ხელის შეგრძნებით დაადგინე გათბება თუ არა მავთული? აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა: რომელი ენერგიის ხარჯზე შეიცვალა მავთულის შინაგანი ენერგია?



III ექსპერიმენტი

მოცემული გაქვს: მინის ჭიქა, გასაბერი ბუშტის თხელი რეზინის აფსკი, თეფში, სითბოს წყარო (სანთელი, ნათურა, ქურა ან ცხელი წყალი).

მსვლელობა: თეფშს მჭიდროდ გადააკარი რეზინის აფსკი, სანთლის ალზე გაათბე ჰაერი მინის ჭიქაში. შემდეგ მოათავსე ჭიქა რეზინის აფსკზე.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა: როგორ შეიცვალა ჭიქაში ჰაერის შინაგანი ენერგია? რატომ დეფორმირდა (ამოიბერა) რეზინის აფსკი?



IV ექსპერიმენტი

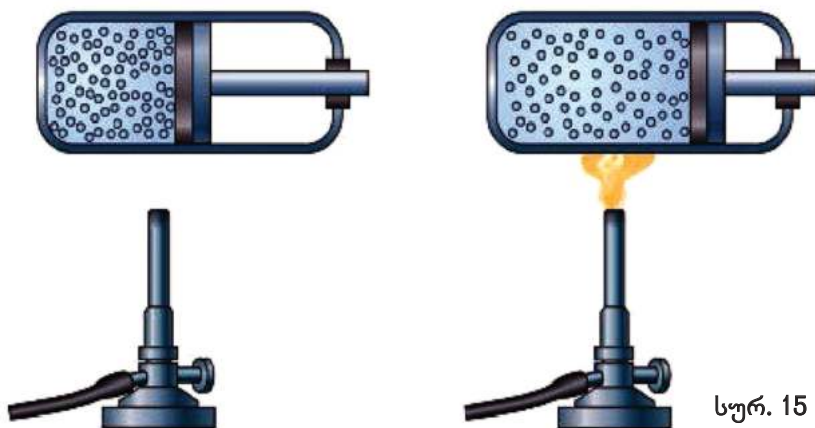
მოცემული გაქვს: ბოთლი, რეზინის ბუშტი, ჭურჭლები ცივი და ცხელი წყლით.

მსვლელობა: ბოთლს მჭიდროდ მთავრე რეზინის ბუშტი და მოათავსე ცივ წყლიან ჯამში (სურ. ა). გარკვეული დროის შემდეგ ბოთლი გადაიტანე ცხელ წყლიან ჯამში (სურ. ბ).

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა. როგორ შეიცვალა ბოთლში აირის შინაგანი ენერგია. რატომ გაიბერა ბუშტი?



3.4 შინაგანი ენერგიის ცვლილება



სურ. 15

იოიჩა და იოსაძე

რომელი ენერგიის ცვლილების შედეგად გადაადგილდება დგუში?

სხეულის შინაგანი ენერგია არ არის მუდმივი სიდიდე. შინაგანი ენერგიის ცვლილება დამოკიდებულია სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების სიჩქარის ცვლილებასა და აგრეთვე მდგომარეობის ცვლილებაზე.

სიცივისას ადამიანები ხშირად ხელს ხელზე ახახუნებენ, ასრულებენ მექანიკურ მუშაობას. ამით ზრდიან სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების სიჩქარეს და შესაბამისად, მის შინაგან ენერგიას და ხელები თბება.

ველოსიპედის საბურავის ჰაერით გაბერვისას ტუმბო ხურდება, ანუ მისი ტემპერატურა და შესაბამისად, შინაგანი ენერგია იზრდება მუშაობის შესრულების შედეგად (სურ. 16). ასევე იცვლება ჩატუმბული ჰაერის შინაგანი ენერგია.

ჩაქუჩის ლურსმანზე მრავალჯერადი დარტყმისას მუშაობის შესრულებით ჩაქუჩისა და ლურსმნის ტემპერატურა იმატებს. ანუ მათი შინაგანი ენერგია იზრდება.

სხეულზე გარეშე ძალის მიერ მუშაობის შესრულებისას, სხეულის ტემპერატურა იზრდება. შესაბამისად, მისი შინაგანი ენერგია იზრდება. დგუშით აირის სწრაფი შეკუმშვისას იზრდება აირის შინაგანი ენერგია (სურ. 17 ბ).

სხეულის ტემპერატურა მცირდება და შესაბამისად, მცირდება მისი შინაგანი ენერგია, თუ სხეული თვითონ ასრულებს მუშაობას. მაგალითად, როდესაც შეკუმშული აირი ფართოვდება და დგუშს გადაადგილებს, იგი ასრულებს მუშაობას. ამ დროს აირის შინაგანი ენერგია მცირდება (სურ. 17 გ).

სხეულის შინაგანი ენერგია შეიძლება შეიცვალოს ცივი სხეულის თბილ სხეულთან შეხებისას.

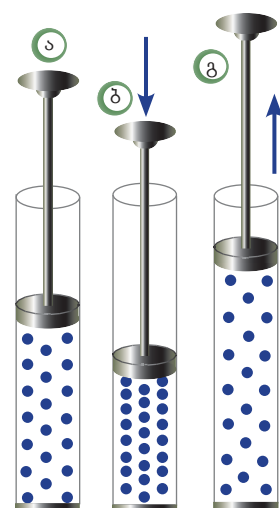
შინაგანი ენერგიის ცვლილების პროცესს გარედან მოქმედი ძალის მიერ მუშაობის შესრულების გარეშე თბოგადაცემა ეწოდება.

ანთებულ გაზექურაზე წყლიანი ჩაიდანია თბება. მისი ტემპერატურა და შინაგანი ენერგია იმატებს.

ზაფხულში ჩრდილში მყოფი სხეულის მზეზე მოთავსებისას სხეული თბება და მისი შინაგანი ენერგია იზრდება.



სურ. 16



სურ. 17



სურ. 18

ოთახის ტემპერატურის ლითონის კოვზის მდულარე წყალში მოთავსებისას იგი ცხელდება. ცხელი წყლის მოლეკულების კინეტიკური ენერგია გაცილებით მეტია ოთახის ტემპერატურის კოვზის შემადგენელი მოლეკულების კინეტიკურ ენერგიაზე. წყლის მოლეკულების კინეტიკური ენერგიის ნაწილი გადაეცემა კოვზს, რის შედეგადაც წყლის შინაგანი ენერგია და ტემპერატურა მცირდება. თუმცა იზრდება კოვზის შინაგანი ენერგია. ამდენად, სითბო მეტად გამთბარი სხეულიდან გადაეცემა ნაკლებად გამთბარ სხეულს. ეს პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ წყლისა და კოვზის ტემპერატურა ერთნაირი არ გახდება. ამ შემთხვევაში ფიზიკოსები ამბობენ, რომ სხეულებს შორის მყარდება სითბური წონასწორობა (სურ. 18). ე.ი. სხეულებს შორის თბოგადაცემის პროცესი აღარ მიმდინარეობს. სითბოს გადაცემა ყოველთვის გარკვეული მიმართულებით ხდება. თბილი სხეულიდან სითბო ცივ სხეულს გადაეცემა, მანამ, სანამ სხეულების შინაგანი ენერგიები არ გაუტოლდება ერთმანეთს.

სხეულების შინაგანი ენერგია შეიძლება შეიცვალოს ორი გზით, გარედან მოქმედი ძალის მიერ მუშაობის შესრულებითა და სითბოს გადაცემით.

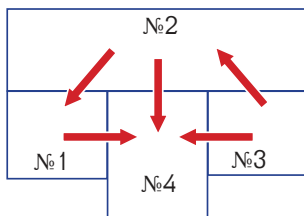
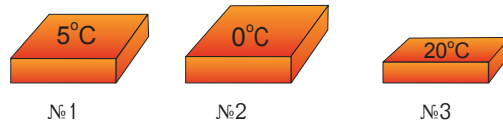


სურ. 19

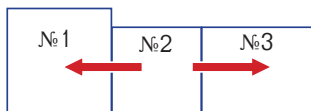


ბაზრება

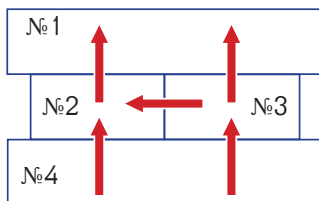
1. იმსჯელე შინაგანი ენერგიის ცვლილებაზე ასანთის ანთებისას. რატომ ააღდება ასანთის ღერი. რომელი გზით იცვლება მისი შინაგანი ენერგია (სურ. 19)?
2. იმსჯელე, სურათზე გამოსახული სამი სხეულიდან, რომელი მათგანი უნდა შეეხოს დარჩენილ ორს, რომ გაიზარდოს მათი შინაგანი ენერგია?



სურ. 20



სურ. 21



სურ. 22



საშინაო დავალება

1. სურათზე ისრებით გამოსახულია სითბოს გადაცემის მიმართულებები ოთხი, ერთმანეთთან შეხებაში მყოფი ძელაკისათვის. იმსჯელე შინაგანი ენერგიის ცვლილების შესახებ თითოეული ძელაკისათვის. რომელ ძელაკს ექნება ყველაზე მეტი შინაგანი ენერგია და შესაბამისად, მეტი ტემპერატურა (სურ. 20)?
2. სურათზე ისრებით გამოსახულია სითბოს გადაცემის მიმართულებები სამი, ერთმანეთთან შეხებაში მყოფი ძელაკისათვის, რომელთა ტემპერატურებია 50°C , 30°C და 5°C . რომელ ძელაკს აქვს 50°C ტემპერატურა (სურ. 21)?
3. სურათზე ისრებით გამოსახულია სითბოს გადაცემის მიმართულებები ოთხი, ერთმანეთთან მჭიდრო შეხებაში მყოფი ძელაკისათვის. ძელაკების ტემპერატურებია 100°C , 80°C , 60°C , 40°C . რომელ ძელაკს აქვს 60°C ტემპერატურა (სურ. 22)?

3.5. სითბური მოვლენების კვლევა



I ექსპერიმენტი დაკვირვება მყარი სხეულის სითბურ გაფართოებაზე

მოცემული გაქვს: ფიცრის ნაჭერი, ლურსმნები, ჩაქუჩი, 20-თეთრიანი მონეტა, პინცეტი, სპირტქურა ან სანთელი.

მსვლელობა: მოათავსე ფიცარზე 20-თეთრიანი მონეტა. ჩააჭედე ორი ლურსმანი მონეტის კიდეებთან ისე, რომ იგი გაეტიოს ლურსმნებს შორის სივრცეში.

დაიჭირე მონეტა პინცეტით და გააცხელე ალზე. შეეცადე ცხელი მონეტა გაატარო ლურსმნებს შორის.

გააცივე მონეტა და ისევ შეეცადე გაატარო ლურსმნებს შორის.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა. როგორ იცვლება სხეულის ზომა გათბობის შედეგად?



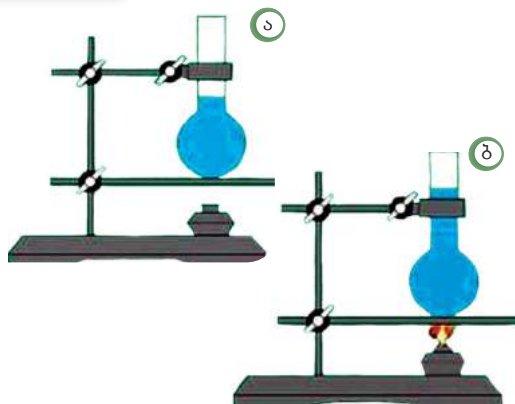
II ექსპერიმენტი დაკვირვება სითხეების სითბურ გაფართოებაზე

მოცემული გაქვს: წვრილყელიანი ცეცხლგამძლე კოლბა ან სინჯარა, წყალი, სპირტქურა, შტატივი.

მსვლელობა: ჩაასხი წყალი კოლბაში და მონიშნე წყლის საწყისი დონე (სურ. ა). კოლბა მოათავსე ანთებულ სპირტქურაზე. გარკვეული დროის შემდეგ მონიშნე ცხელი წყლის დონე (სურ. ბ).

ჩააქრე სპირტქურა. დააკვირდი წყლის დონის ცვლილებას გაცივებისას.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა სითხის სითბური გაფართოების შესახებ.



III ექსპერიმენტი დაკვირვება აირის სითბურ გაფართოებაზე

მოცემული გაქვს: ცარიელი მინის კოლბა საცობით, რომელშიც გაყრილია გამჭვირვალე პლასტმასის ან მინის მოლუნული წვრილი მილი შეფერილი წყლის წვეთით.

მსვლელობა: დაიჭირე კოლბა გარკვეული დროის განმავლობაში. დააკვირდი სითხის წვეთის მდებარეობის ცვლილებას.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა. რატომ გადაადგილდა წყლის წვეთი.



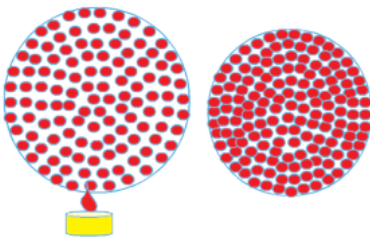
3.6. სხეულების სითბური გაფართოება

იზიარა და იმსჯელე

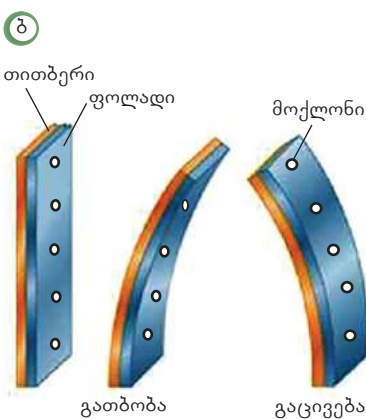


სურ. 23

რატომ ტოვებენ შუალედს რელსებს შორის?



სურ. 24



სურ. 25

ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ გათბობის შედეგად სხეულის ზომები იზრდება. ე. ი. სხეული ფართოვდება, ხოლო გაცივებისას – ზომები მცირდება, ანუ სხეული იკუმშება.

ნებისმიერ აგრეგატულ მდგომარეობაში მყოფი სხეულის ტემპერატურის ცვლილებისას მოლეკულებს შორის მანძილი იცვლება. ტემპერატურის გაზრდით – იზრდება, შემცირებით – მცირდება. სხეულები გათბობისას ფართოვდებიან, გაცივებისას იკუმშებიან (სურ.24).

გათბობისას სითხეების გაფართოების მოვლენა გამოყენებულია სითხიან თერმომეტრებში. ასეთ თერმომეტრებში იყენებენ ვერცხლისწყალს ან სპირტს. სპირტიანი თერმომეტრით მოსახერხებელია უფრო დაბალი ტემპერატურების გაზომვა, ვიდრე ვერცხლისწყლიანით. თერმომეტრის რეზერვუარში არსებული სითხე გათბობის შედეგად ფართოვდება და ადის მილში, ხოლო გაცივებისას იკუმშება და რეზერვუარს უბრუნდება.

გათბობისას ლითონების გაფართოების მოვლენა გამოყენებულია ბიმეტალურ თერმომეტრებში. ბიმეტალი არის ორი სხვადასხვა ლითონის ფირფიტა, რომლებიც შეერთებულია მოქლონებით (სურ. 25 ბ). ბიმეტალის გათბობისას თითბერი უფრო მეტად ფართოვდება, ვიდრე ფოლადი. ეს იწვევს ბიმეტალის გაღუნვას. მასზე მიმაგრებული ისარი სკალაზე გადაადგილდება და იგი შესაბამის ტემპერატურას უჩვენებს (სურ. 25 ა).

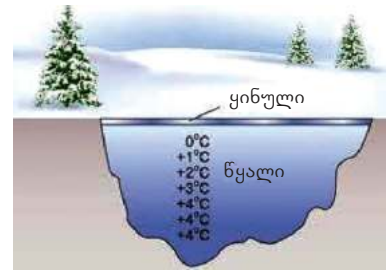
ყველა ნივთიერება გათბობის შედეგად ფართოვდება. წყალი კი გათბობის შემდეგ გაფართოებას იწყებს მხოლოდ 4°C -დან. 0°C -დან 4°C -მდე გათბობისას წყალი იკუმშება, ე. ი. მისი მოცულობა მცირდება და სიმკვრივე იზრდება. ამიტომ წყლის სიმკვრივე მაქსიმალურია 4°C -ზე და ტოლია 1000 კგ/მ^3 .

ზამთარში, როცა წყალსატევში წყლის ზედაპირული ფენა 4°C -მდე ცივდება, იგი ძირს ეშვება და მის ადგილს იკავებს

ნაკლები სიმკვრივის მქონე თბილი ფენა. როდესაც ეს ფენაც 4°C -მდე გაცივდება, ის გადაინაცვლებს ქვემოთ და მის ადგილს დაიკავებს ისევ მასზე ნაკლები სიმკვრივის სხვა თბილი ფენა.

გარემოს ტემპერატურის კლებასთან ერთად წყალსატევის ზედაფენის ტემპერატურაც კლებულობს და 0°C -ზე იწყება ყინულის ქერქის წარმოქმნა (სურ. 26). ყინულის სიმკვრივე არის 900 კგ/მ^3 . რადგან ყინულის სიმკვრივე ნაკლებია წყლის სიმკვრივეზე, იგი ტივტივებს წყლის ზედაპირზე.

ყინული კარგად იცავს წყლის ღრმა ფენებს გაყინვისაგან, რადგან იგი ცუდი თბოგამტარია. სწორედ ეს განაპირობებს წყალმცენარეების, თევზებისა და სხვა ცოცხალი ორგანიზმების არსებობას წყალსატევებში დიდი ყინვების დროს (სურ. 27).



სურ. 26



სურ. 27



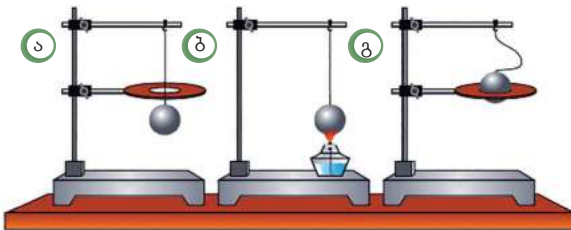
გაანზრება



აზრობრივი ექსპერიმენტი დაკვირვება სხეულის სითბურ გაფართოებაზე

წარმოიდგინე, რომ სურათზე გამოსახული ლითონის ბურთულა თავისუფლად მოძრაობს ხვრელში (სურ. ა). ბურთულას ათავსებენ სპირტქურის ალზე (სურ. ბ).

გამოიტანე დასკვნა. რატომ აღარ ეტევა ბურთულა გაცხელების შემდეგ ხვრელში (სურ. გ)?



1. იმსჯელე, რატომ იცვლება სიმებიანი საკრავების ჟღერადობა გარემოს ტემპერატურის ცვლილებისას? რატომ არის აუცილებელი მათი აწყობა შესაბამისი ჟღერადობის მისაღწევად (სურ. 28)?
2. აირის ან სითხის შორ მანძილზე გადასატანად იყენებენ ლითონის მილებს, რომელთა სიგრძე ზოგჯერ ათეული კილომეტრია. იმსჯელე, რატომ აერთებენ გადაბმის ადგილებს გოფირებული მილებით ან სწევნ ზევით (აძლევენ Π ფორმას. სურ. 29)?



სურ. 28

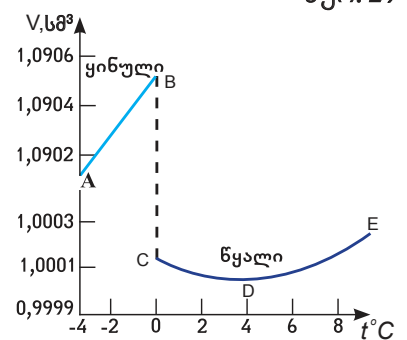


სურ. 29



საშინაო დავალება

1. აღწერე სურათზე გამოსახული გრაფიკი. დაადგინე დამოკიდებულება ტემპერატურის ცვლილებასა და წყლის მოცულობის ცვლილებას შორის. რა ანომალია ახასიათებს წყალს?
2. მოამზადე პროექტი თემაზე: „წყლის გაფართოების თავისებურება და ცოცხალი ორგანიზმები“.



სურ. 30

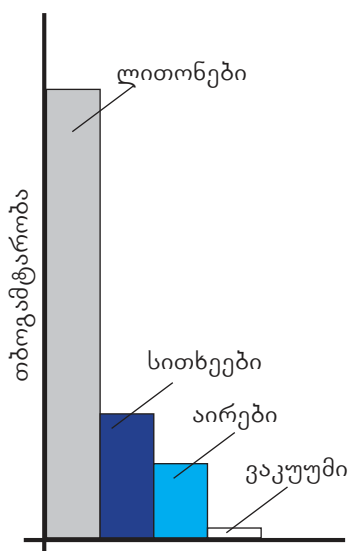
3.7. თბოგამტარობა

იფიქრე და იმსჯელე

რატომ არ ეწეება ხელი სპორტსმენს ოლიმპიური ჩირაღდნის გადატანისას?



სურ. 31



სურ. 32

თბოგამტარობა სითბოს გადაცემის ერთ-ერთი სახეა.

თბოგამტარობა არის სხეულის თვისება, გაატაროს სითბო სხეულის თბილი ნაწილიდან ცივისკენ. თბოგამტარობისას შინაგანი ენერგია სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორე ნაწილს გადაეცემა. ასევე, შეიძლება შინაგანი ენერგიის ნაწილი ერთი სხეულიდან გადაეცეს მეორეს მათი ურთიერთშეხებისას.

შინაგანი ენერგიის გადაცემის მოვლენას სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორეზე ან სხეულების ურთიერთშეხებისას, თბოგამტარობა ეწოდება.

სხეულში ენერგიას გადასცემენ მასში ქაოსურად მოძრავი ატომები და მოლეკულები. ამიტომ თბოგამტარობა დამოკიდებულია ნივთიერების აგებულებაზე. ლითონებში თბოგამტარობას ატომების რხევების გარდა მათ შორის ქაოსურად მოძრავი ელექტრონების რაოდენობაც განაპირობებს.

დიაგრამაზე გამოსახულია ნივთიერებათა თბოგამტარობის საშუალო მაჩვენებელთა თანაფარდობა (სურ. 32).

სითხეები და აირები სითბოს ცუდი გამტარები არიან. სიცარიელეში, ანუ ვაკუუმში, თბოგამტარობა პრაქტიკულად არ ხდება.

ჰაერი და წყალი სითბოს ცუდი გამტარია. ასევე ცუდი თბოგამტარებია: ყინული, თოვლი, ხე, პლასტმასი, აგური, შალი, ფრინველის ბუმბული, ცხოველის ბენვი და სხვა.

ზამთრის ტანსაცმელს „თბილ ტანსაცმელს“ უწოდებენ. უმეტეს შემთხვევაში იგი ფაფუკი, რბილი და მჩატეა. ასეთი ტანსაცმლის ბოჭკოებში არის ჰაერი, ნივთიერება, რომელიც სითბოს ცუდად ატარებს. ეს ტანსაცმელი მართლა კი არ გვათბობს, არამედ სითბოს არ გადასცემს ცივ გარემოს და ორგანიზმს უნარჩუნდება სითბო.

ცხოველებს ბინადრობის მიხედვით განსხვავებული ბენვი და ბუმბული აქვთ. მაგალითად, „ჰასკის“ ჯიშის ძაღლი ციმბირში ბინადრობს (სურ. 33). მისი ბენვი ხშირია და მოგრძო, რაც იცავს მას სიცივისგან. ცხოველები სეზონის მიხედვით ბენვს იცვლიან. მაგალითად, ცხვრის ბენვი ზამთარში ხშირია და გრძელი, ზაფხულში კი — მოკლე.

ნივთიერებას, რომელიც სითბოს ცუდად ატარებს,



სურ. 33

თბოიზოლატორს უნოდებენ.

თბოიზოლატორებს იყენებენ ტექნიკასა და ყოფა-ცხოვრებაში. ბუნებრივი თბოიზოლატორების გარდა, მეცნიერებმა შექმნეს საუკეთესო თვისებების მქონე ხელოვნური თბოიზოლატორები. მაგალითად: სამშენებლო მასალები, კერამიკული ფილები, რომლითაც კოსმოსურ ხომალდებს აპირკეთებენ, სპეციალური თერმული ტანსაცმელი, რომელსაც იყენებენ ასტრონავტები, მეხანძრეები, მყვინთავები, მოთხილამურეები და სხვადასხვა დარგის სპეციალისტები. ამ ტანსაცმლით ადამიანებს შეუძლიათ ძალიან მაღალი და ძალიან დაბალი ტემპერატურის პირობებში საქმიანობა. ეს ტანსაცმელი არ ატარებს სითბოს და არ ხდება სითბოს ცვლა ადამიანის ორგანიზმსა და გარემოს შორის. მეხანძრის თერმული ტანსაცმელი 1000°C კი უძლებს. ასტრონავტი, რომელიც საქმიანობს ღია კოსმოსში, თერმული ტანსაცმლით კოსმოსის სიცივეს ვერ შეიგრძნობს.



სურ. 34



გაანზრება

1. იმსჯელე სურათზე სქემატურად გამოსახული თერმოსის აგებულების შესახებ. რატომ ინარჩუნებს თერმოსში მოთავსებული სითხე დიდი ხნის განმავლობაში მუდმივ ტემპერატურას (სურ. 35)?
2. თხევად აზოტს, რომლის ტემპერატურაა -196°C , იყენებენ სხვადასხვა ექსპერიმენტისათვის. იმსჯელე, რატომ ინახავენ თხევად აზოტს თერმოსისმაგვარ „დიუარის“ ჭურჭელში“ (სურ. 36)?
3. იმსჯელე, რატომ უკეთებენ სახლებს ორმაგ და სამმაგმინიან ფანჯრებს, რომელთა მინებს შორის ჰაერია?
4. იმსჯელე, რატომ ანიჭებენ უპირატესობას აგურისგან აშენებულ სახლებს?
5. იმსჯელე, რატომ არ დნება დიდხანს თბილ ოთახში ქურქში შეხვეული ყინული?



სურ. 35



სურ. 36



საშინაო დავალება

ექსპერიმენტი

დაკვირვება სხეულის თბოგამტარობაზე

მოცემული გაქვს: მინის ჭიქა; ხის, ვერცხლისა და ალუმინის კოვზები;

მსვლელობა: მინის ჭიქაში მოათავსე სამი კოვზი: ხის, ვერცხლისა და ალუმინის. სამივე კოვზის ტარზე, ერთსა და იმავე სიმაღლეზე მიაკარი ერთნაირი ზომის კარაქის პატარა ნაჭრები. ჩაასხი ჭიქაში ცხელი წყალი ისე, რომ კარაქის ნაჭრები დაახლოებით 5-6 სმ-ით იყოს დაშორებული წყლის ზედაპირიდან.

აღწერე ცდა. შეადარე კოვზების თბოგამტარობები. გამოიტანიე დასკვნა.



3.8. თბოგამტარობის ექსპერიმენტული კვლევა



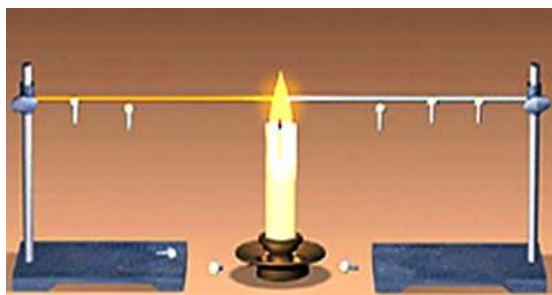
I ექსპერიმენტი

ლითონების თბოგამტარობის გამოკვლევა

მოცემული გაქვს: ორი შტატივი, სხვადასხვა ლითონის, მაგალითად, სპილენძისა და ფოლადის ერთნაირი სიგრძისა და განივკვეთის ფართობის წვრილი ღერო, სპირტქურა ან სანთელი, პლასტილინის ნაჭერი, პატარა ლურსმნები, ასანთი.

მსვლელობა: სპილენძის ღერო ჩაამაგრე ერთ-ერთ შტატივში, ფოლადის ღერო – მეორეში. პლასტილინით, გოლი მანძილის დაშორებით, დაამაგრე ლურსმნები სპილენძისა და ფოლადის ღეროებზე.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა. რომელი ლითონის ღეროა უკეთესი თბოგამტარი?



II ექსპერიმენტი

დაკვირვება სითხის თბოგამტარობაზე

მოცემული გაქვს: წყალი, ყინულის ნაჭერი, ცეცხლგამძლე სინჯარა, სპირტქურა, შტატივი, ასანთი.

მსვლელობა: სინჯარის ფსკერზე მოათავსე ყინული და ზემოდან ლითონის ზამბარა, რათა წყლის ჩასხმის შემდეგ ყინული არ ამოტივტივდეს. ანთებული სპირტქურის ალი მიმართე წყლის ზედაპირისაკენ.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა: რატომ არ დნება ყინული სითხის ზედა ფენების გათბობის მიუხედავად?



III ექსპერიმენტი

დაკვირვება აირის თბოგამტარობაზე

მოცემული გაქვს: ცეცხლგამძლე სინჯარა, სპირტქურა, ასანთი, ლითონის ღერო.

მსვლელობა: საცობი, რომელშიც ლითონის ღეროა გაყრილი, მჭიდროდ მოარგე სინჯარას. დაიჭირე სინჯარა ლითონის ღეროთი და შეათბე სპირტქურის ალზე.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა. რატომ არ გაცხელდა ლითონის ღერო?



3.9. კონვექციის ექსპერიმენტული კვლევა



I ექსპერიმენტი დაკვირვება სითხეში კონვექციის მოვლენაზე

მოცემული გაქვს: ცეცხლგამძლე მინის ჭურჭელი, სანთელი ან სპირტქურა სადგარით, წყალი, საღებავის ნამცეცი, ასანთი.

მსვლელობა: მოათავსე ჭურჭლის ფსკერზე საღებავის ნამცეცი. ფრთხილად ჩაასხი წყალი ისე, რომ წყალს საღებავი არ შეერიოს.

მოათავსე ჭურჭელი ანთებული სპირტქურის სადგარზე. დააკვირდი წყალს დაახლოებით ორი წუთის განმავლობაში. აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა.



II ექსპერიმენტი დაკვირვება აირებში კონვექციის მოვლენაზე

მოცემული გაქვს: სანთელი, ასანთი, ქაღალდის ფურცელი, მაკრატელი, ნებიმიერი წვეტიანი ღერო.

მსვლელობა: გამოჭერი ქაღალდისგან სპირალის ფორმის ტრიალა. დაამაგრე ქაღალდის ტრიალა წვეტიან ღეროზე და დაიჭირე ანთებული სანთლის ზევით ისე, რომ მან დაიწყოს ტრიალი.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა. რატომ დაიწყო ტრიალამ ტრიალი?

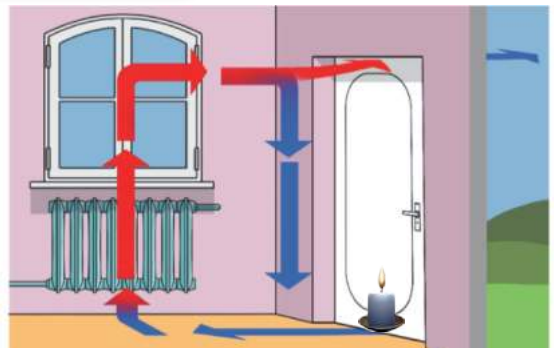


III ექსპერიმენტი დაკვირვება ჰაერის ნაკადის მოძრაობაზე

მოცემული გაქვს: სანთელი, ასანთი.

მსვლელობა: მოათავსე ანთებული სანთელი ღია კართან იატაკზე. დააკვირდი სანთლის ალის მიმართულებას. შემდეგ იგივე სანთელი მოათავსე ღია კარის ზედა ბოლოსთან და კვლავ დააკვირდი სანთლის ალს.

აღწერე დამზერილი მოვლენა. გამოიტანე დასკვნა. რატომ იცვლის სანთლის ალი მიმართულებას?



3.10. კონვექცია

იზიარე და იმსჯელე

რატომ აყენებენ რადიატორს ქვევით, ხოლო კონდიციონერს ზევით?



სურ.37



სურ. 38



სურ. 39



სურ. 40

კონვექცია თბოგადაცემის ერთ-ერთი სახეა. სითხესა და აირში თბოგადაცემა კონვექციით ხდება. ამ დროს სითხეებსა და აირებში ცივი და თბილი ფენების მონაცვლეობითი გადაადგილება მიმდინარეობს.

გათბობის შედეგად აირები და სითხეები ფართოვდება, ამიტომ მათი სიმკვრივე მცირდება. სითხის ან აირის უფრო მსუბუქი, გამთბარი ფენა ზევით ადის. ხოლო მის ადგილს იკავებს ქვევით გადანაცვლებული ცივი ფენა (სურ. 38). ეს პროცესი მიმდინარეობს მანამ, სანამ მთელ მოცულობაში ტემპერატურა არ გათანაბრდება.

თხევადი და აირადი ნივთიერების ნაკადით ენერგიის გადაცემას კონვექცია ეწოდება.

კონვექცია შეიძლება იყოს ბუნებრივი და იძულებითი.

ბუნებაში კონვექციის მაგალითებია ქარი და ზღვის დინებები. ზღვის სანაპიროზე ბრიზის, სუსტი ქარის წარმოშობის მიზეზი კონვექციაა. დღის მზის სხივებზე ხმელეთი უფრო მეტად თბება, ვიდრე წყალი. ამიტომ ჰაერი ხმელეთის ზედაპირზე უფრო თბილია, ვიდრე ზღვაზე. გამთბარი ჰაერი ზემოთ იწევს, რის გამოც წნევა ხმელეთის მოცემულ ადგილზე მცირდება და ამ ადგილს ზღვიდან მონაბერი ცივი ჰაერის ნაკადი იკავებს. ე. ი. დილით ქარი ზღვიდან ხმელეთისაკენ უბერავს. ეს დღის ბრიზია. საღამოს კი პირუკუ პროცესი ხდება (სურ. 39).

მზის ჩასვლის შემდეგ ხმელეთი უფრო სწრაფად ცივდება, ვიდრე ზღვა. ზღვის ზედაპირზე ჰაერი უფრო თბილია, რის გამოც იგი ზევით იწევს და მის ადგილს ხმელეთიდან მიმართული ცივი ჰაერი იკავებს. ამიტომაც საღამოს ბრიზი ხმელეთიდან ზღვისაკენ უბერავს.

შენობებში გათბობა-გაციების პროცესს საფუძვლად კონვექცია უდევს. გამთბარი ჰაერი ოთახში ზევით ადის, ცივი კი ქვევით ჩამოდის. ამიტომ აყენებენ რადიატორებს იატაკთან ახლოს, ხოლო კონდიციონერებს სარკმელს ზევით.

ბუხრისა და ღუმელის გამათბობლებში აირის სრული წვისთვის აუცილებელია წევა. წევა ბუნებრივი კონვექციის შედეგად მიღებული ჰაერის ნაკადია. გამთბარი აირი ცივ აირთან შედარებით უფრო მწატეა და ზევით ადის გამათბობელთან დაკავშირებული მილის საშუალებით. წევის შედეგად ნამწვავი აირი და კვამლი შენობიდან ატმოსფეროში გამოიბოლქება. კარგი წევის შესაქმნელად, სასურველია, საკვამლე მილი იყოს მაღალი და აგურის. აგურის მილები ლითონის მილებთან შედარებით ცუდი თბოგამტარია. ლითონის მილებში ნამწვავი აირი უფრო სწრაფად ცივდება და აფერხებს წევის პროცესს (სურ. 41).

იძულებითი კონვექცია ხდება, როდესაც მდულარე და ცივ წყალს მორევის შედეგად შეურევნ ერთმანეთს. ასევე ზაფხულის ცხელ დღეებში ვენტილატორის ბრუნვის შედეგად ჰაერის ფენების მონაცვლეობა იძულებით გამოწვეული კონვექციაა. იგივე პროცესია გამოყენებული თანამედროვე აირღუმელებში. აირღუმელში პროდუქტების მომზადება ვენტილატორის საშუალებით კონვექციური ნაკადების თანაბარი განაწილებით მიმდინარეობს. იძულებითი კონვექცია ხდება კომპიუტერის პროცესორის გაცივებისას ვენტილატორის გამოყენებით.



გაანალიზება

1. იმსჯელე, კონვექციის პროცესში სითბოს გადატანისას ნივთიერების გადატანის შესახებ.
2. 42-ე სურათზე გამოსახული ბუხრის სქემის მიხედვით ნამწვავი აირი ატმოსფეროში გამოიბოლქვამდე რამდენიმე მილს გაივლის ოთახის კედლებში. შეადარე 41-ე და 42-ე სურათზე გამოსახული ბუხრების მქკ. იმსჯელე, რომელი ბუხარი გაათბობს უფრო მეტად ოთახს?
3. იმსჯელე, როდის უფრო მოსახერხებელია იალქნიანი ნაგებობათვის ნავსადგურში შესვლა – დღისით თუ ღამით (სურ. 40)?
4. რა განსხვავებაა კონვექციასა და თბოგამტარობას შორის.
5. იმსჯელე, რატომ არ ხდება თბოგადაცემის პროცესი მყარ სხეულებში კონვექციით?

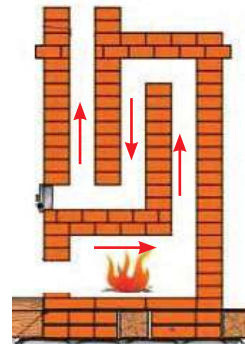


საშინაო დავალება

1. სურათის მიხედვით დაასაბუთე ზღვის სანაპიროზე დღის რომელი დროა, დილა თუ საღამო (სურ. 43)?
2. სურათზე გამოსახულია ბინის გათბობის სქემა. ლურჯი ფერით გამოსახულია ცივი წყლის მილები. წითელი ფერით კი — ცხელი წყლის. დაადგინე, როგორ ხდება წყლის ცირკულაცია და შესაბამისად, ოთახის გათბობა რადიატორების მეშვეობით (სურ. 44).



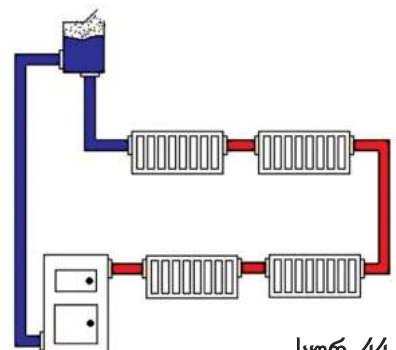
სურ. 41



სურ. 42



სურ. 43



სურ. 44

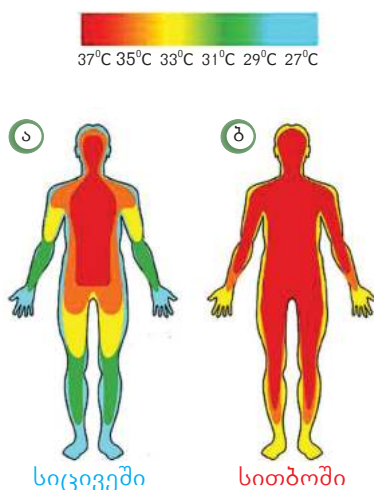
3.11. გამოსხივება

იფიქრე და იმსჯელე

როგორ აღწევს სითბო და სინათლე მზიდან დედამიწაზე?



სურ. 45



სურ. 46



სურ. 47

მზე ენერგიის მთავარი წყაროა დედამიწაზე. დედამიწა მზისგან ერთი დღის განმავლობაში იმდენ ენერგიას იღებს, რასაც კაცობრიობა ერთი წლის განმავლობაში მოიხმარს.

მზესა და დედამიწას შორის უზარმაზარი უჭაერო სივრცეა. სითბო მზიდან დედამიწამდე კონვექციითა და თბოგამტარობით ვერ გადაეცემა.

სითბოცვლა დედამიწასა და მზეს შორის **გამოსხივებით** ხდება.

გამოსხივება თბოგადაცემის ერთ-ერთი სახეა.

გამოსხივებით ნივთიერების გადატანა არ ხდება. მხოლოდ ენერგია გადაეცემა ერთი სხეულიდან მეორეს.

ნებისმიერი სხეული შთანთქავს და ასხივებს სითბურ ენერგიას. რაც მეტ ენერგიას შთანთქავს სხეული, მით მეტი ენერგიის გამოსხივება შეუძლია მას. ამასთან, დადგენილია, რომ მუქი ფერის სხეული მეტ ენერგიას შთანთქავს და გამოასხივებს, ვიდრე ღია ფერის სხეული. თვითმფრინავებს, ასტრონავტის სკაფანდრებს, მაცივრებს უმეტესწილად ვერცხლისფრად ღებავენ, რათა ისინი მზეზე არ გახურდეს. ხოლო ქვაბებს, რომლითაც წყალი მზის ენერგიის ხარჯზე უნდა გაათბონ, შავად ღებავენ.

გამოსხივების ენერგია დამოკიდებულია სხეულის ტემპერატურაზე. ტემპერატურის მცირედით გაზრდისას გამოსხივებული ენერგია მკვეთრად იზრდება.

ადამიანებისა და ცხოველების სხეულის ნაწილები სხვადასხვა რაოდენობის სითბოს გამოასხივებენ. ამდენად, მათი სხეულის ნაწილებს განსხვავებული ტემპერატურა აქვთ (სურ.46).

მცენარეთა უმრავლესობას ზრდისა და განვითარებისათვის მზის სითბო და სინათლე სჭირდება. ზოგიერთი მცენარის ნაყოფი ზამთრის მოსვლის გამო ვერ ასწრებს დამწიფებას. ამიტომ ადამიანებმა შექმნეს სპეციალური სათბურები, რომლებიც მზისა და სხვა ენერგიის ხარჯზე თბება. სათბურის კედლები გამჭვირვალეა და კარგი თბოიზოლატორი.

სათბურებისა და შენობების გასათბობად თანამედროვე ენერგიის წყაროს — ინფრანითელ* გამათბობლებს იყენებენ. იგი ჭერზე მაგრდება და ისეთი ეფექტი აქვს, თითქოს შენობა მზის სხივებით თბება.

* ინფრანითელი სხივები – თვალისათვის უხილავი სითბური სხივები.

ინფრანითელი გამათბობლის მიერ გამოსხივებული ენერგიის ხარჯზე თბება შენობაში არსებული სხეულები, რომლებიც თავად იწყებენ სითბოს გამოსხივებას. მაგალითად, ოთახის გამთბარი კედლები, ავეჯი და სათბურის მცენარეებიც კი ასხივებენ სითბოს (სურ. 47).

ინფრანითელი გამათბობლების უპირატესობა სხვა გამათბობლებთან შედარებით არის ის, რომ იგი ეკოლოგიურად სუფთაა და უსაფრთხო. ამდენად, მისი გამოყენება საბავშვო ოთახებისათვის მიზანშეწონილია.

თანამედროვე მეცნიერების მიერ შეიქმნა დისტანციური ინფრანითელი თერმომეტრები. ისინი უშუალო შეხების გარეშე ზომავენ სხეულების მიერ გამოსხივებულ სითბოს შესაბამის ტემპერატურას. ასეთ თერმომეტრებს განსაკუთრებით ფართოდ იყენებენ ბავშვების სიცხის გასაზომად (სურ. 48 ა,ბ).



ა

ბ



სურ. 48

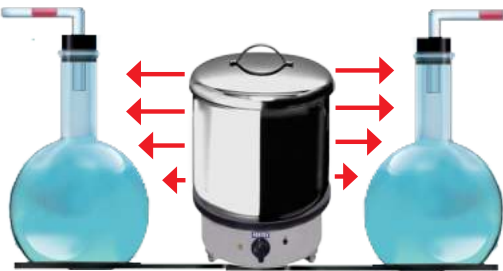


ბაზრება



აზრობრივი ექსპერიმენტი დაკვირვება სხეულის გამოსხივებაზე

წარმოიდგინე, რომ ქურაზე მოთავსებულ წყლიან ჭურჭელში, რომლის ერთი მხარე შედებულია თეთრად, მეორე კი – შავად, დულს წყალი. ჭურჭლის ორივე მხარეს მოთავსებულია თერმოსკოპები. იმსჯელე და გამოიტანე დასკვნა, რომელ კოლბაში გაფართოვდება ჰაერი უფრო მეტად?

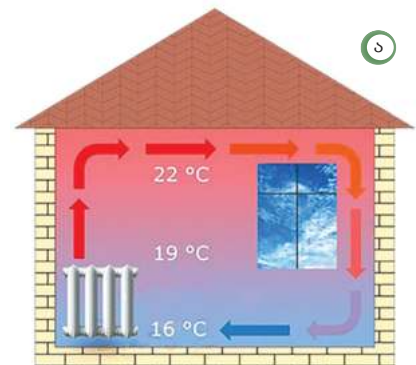


1. იმსჯელე და შეადარე სურათზე გამოსახული ადამიანის სხეულის ნაწილების სითბური გამოსხივება და შესაბამისი ტემპერატურა სიცივესა და სითბოში (სურ. 46 ა,ბ).

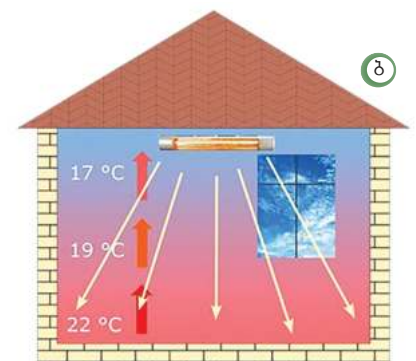


საშინაო დავალება

1. 49-ე სურათზე გამოსახულია ტრადიციული რადიატორითა და თანამედროვე ინფრანითელი გამათბობლის საშუალებით ოთახის გათბობის სქემა. შეადარე ისინი ერთმანეთს. მოიპოვე დამატებითი ინფორმაცია, თუ რა უპირატესობები აქვს ინფრანითელ გამათბობელს ტრადიციულთან შედარებით.
2. მოამზადე პრეზენტაცია თემაზე: „ინფრანითელი სხივების გამოყენება ყოფა-ცხოვრებაში“.



ა



ბ

სურ. 49

3.12. სითბოს რაოდენობა

იზიძრა და იმსჯელე

რატომ იყენებენ გათბობის სისტემაში წყალს?



სურ. 50

ზოგიერთი ნივთიერების
კუთრი სითბოტევადობა
 $\text{ჯ/კგ}^{\circ}\text{C}$

ცხრ. 2

ნივთიერება	$c, \text{ჯ/კგ}^{\circ}\text{C}$
ოქრო	130
ვერცხლისწყალი	140
ტყვია	140
კალა	230
ვერცხლი	250
სპილენძი	380
თუთია	380
რკინა	460
ფოლადი	460
თუჯი	540
გრაფიტი	750
ლაბორატორიული მინა	840
აგური	880
ალუმინი	920
მზესუმზირის ზეთი	1700
ზეთი (ტექნიკური)	2100
ყინული	2100
ეთერი	2350
სპირტი	2500
წყალი	4200

სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილება ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც **სითბოს რაოდენობას უწოდებენ**.

სითბოს რაოდენობა აღინიშნება Q ასოთი.

სითბოს რაოდენობა არის ენერგია, რომელსაც სხეული იღებს ან კარგავს თბოგადაცემისას.

რადგან სითბოს რაოდენობა არის ენერგია, ამიტომ მისი საზომი **ერთეული SI სისტემაში არის 1 ჯოული (ჯ)**. სითბოს რაოდენობის ერთეულია აგრეთვე: 1 კალორია (კალ). 1 კალორია არის სითბოს ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1 გ წყლის 1°C -ით გასათბობად. ცდებით დადგენილია, რომ 1 გ წყლის 1 გრადუსით გასათბობად საჭიროა შესრულდეს 4,18 ჯ მუშაობა. აქედან გამომდინარე, $1\text{კალ} = 4,18\text{ჯ} \approx 4,20\text{ჯ}$.

დადგენილია, რომ სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია: ნივთიერების გვარობაზე, სხეულის მასასა და ტემპერატურის ცვლილებაზე — საბოლოო და საწყისი ტემპერატურების სხვაობაზე.

1 კგ მასის სხვადასხვა ნივთიერების სხეულებს 1°C -ით გასათბობად გარკვეული სითბოს რაოდენობა ესაჭიროება. 1 კგ რკინის ნაჭერს 1°C -ით გასათბობად 460ჯ სითბოს რაოდენობა უნდა გადაეცეს, ხოლო 1 კგ წყალს ასევე 1°C -ით გასათბობად – 4200 ჯ სითბო. იმავე რაოდენობის სითბო გამოიყოფა ამ სხეულების 1°C -ით გაცივებისას.

სითბოს რაოდენობას, რომელიც საჭიროა ერთი კილოგრამი მასის რაიმე ნივთიერების ტემპერატურის 1°C -ით შესაცვლელად, ნივთიერების **კუთრი სითბოტევადობა** ეწოდება და c ასოთი აღინიშნება.

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

კუთრი სითბოტევადობის ერთეულია:

$$1 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot \text{გრად}} \quad \text{ან} \quad \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}^{\circ}\text{C}}, \quad \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ K}}$$

კუთრი სითბოტევადობა მოცემული ნივთიერებისათვის მუდმივი სიდიდეა. დადგენილია, რომ თუ 1 კგ წყლის 1°C -ით გასათბობად საჭიროა 4200 ჯ სითბო, 10 კგ წყალს 1°C -ით გასათბობად 10-ჯერ მეტი სითბოს რაოდენობა დასჭირდება.

ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ სხეულის გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა პროპორციულია ტემპერატურის ცვლილებისა. ამგვარად, სხეულის გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$Q = cm (t_2 - t_1),$$

სადაც c ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობაა, m – სხეულის მასა, t_1 – სხეულის საწყისი ტემპერატურა, t_2 – სხეულის საბოლოო ტემპერატურა. $c \cdot m = C$ -ს უწოდებენ სხეულის **სითბოტევადობას**. იმავე ფორმულით გამოითვლება სხეულის გაცივებისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა, რომელსაც „-“ ნიშანი აქვს, რადგან ამ შემთხვევაში ტემპერატურის ცვლილება უარყოფითია.

სხვა სხეულებთან ერთად სითბოს ცოცხალი ორგანიზმებიც გასცემენ. მაგალითად, ადამიანები თავიანთი არსებობის განმავლობაში გამომუშავებულ სითბოს 90%-ზე მეტს გადასცემენ გარემოს და 10%-ზე ნაკლები იხარჯება ნივთიერებათა ცვლის შედეგად.

ადამიანებისა და ცხოველების მიერ გარემოზე გადაცემული სითბო არის **თბოპროდუქცია**. ერთი ადამიანის თბოპროდუქცია ერთ წელიწადში არის 4 000 000 000 ჯ სითბო.



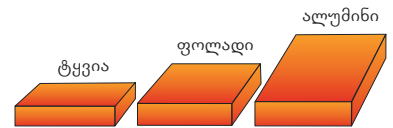
ბაზრება

- ერთნაირი ტემპერატურისა და მასის ლითონის სხეულები შეიტანეს ცივ ოთახში. იმსჯელე და ცხრილის მიხედვით შეადარე ერთმანეთს თითოეული სხეულის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ოთახის ტემპერატურამდე გაცივების შედეგად. რომელი სხეული გამოყოფს მეტ სითბოს (სურ. 51)?
- სამ ერთნაირ ჭურჭელში ასხია სხვადასხვა რაოდენობისა და ერთნაირი ტემპერატურის წყალი. იმსჯელე და შეადარე თითოეულ ჭურჭელში წყლის საბოლოო ტემპერატურები, თუ ისინი ტოლი რაოდენობის სითბოს იღებენ. რომელ ჭურჭელში მოთავსებულ წყალს ექნება მეტი ტემპერატურა (სურ. 52)?
- სამ ერთნაირ ჭურჭელში ასხია ტოლი რაოდენობის ზეთი, რომელთა საწყისი ტემპერატურა ერთნაირი იყო. სურათზე გამოსახულია თითოეული მათგანის გათბობის შედეგად მათი საბოლოო ტემპერატურა. იმსჯელე და შეადარე თითოეულის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა (სურ. 53).



საშინაო დავალება

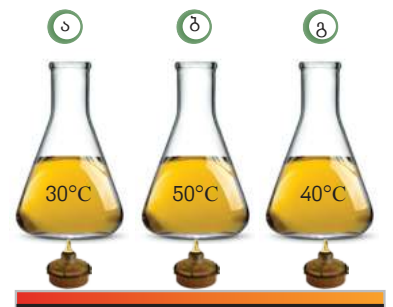
- რა რაოდენობის სითბო გამოიყოფა 200 გ ფოლადის დეტალის 80°C-დან 15°C-მდე გაცივებისას?
- 1,6 კგ სპილენძის ქვაბში მოთავსებულია 2,3 კგ წყალი. სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო წყლიანი ქვაბის 10°C-დან 100°C-მდე გასაცხელებლად?



სურ. 51



სურ. 52



სურ. 53

3.13. დნობა და გამყარება

იზიარა და იმსჯელე



რატომ მოდის ზაფხულში წვიმა და ზამთარში თოვლი?

სურ. 54

ზოგიერთი ნივთიერების
დნობის კუთრი სითბო
ნორმალური
ატმოსფერული წნევისას

ცხრ. 3

ნივთიერება	λ , ჯ/კგ
ალუმინი	$3,9 \cdot 10^5$
ყინული	$3,4 \cdot 10^5$
რკინა	$2,7 \cdot 10^5$
სპილენძი	$2,1 \cdot 10^5$
ვერცხლი	$0,87 \cdot 10^5$
ფოლადი	$8,4 \cdot 10^4$
ოქრო	$6,7 \cdot 10^4$
კალა	$5,9 \cdot 10^4$
ტყვია	$2,5 \cdot 10^4$
თუჯი	$1,3 \cdot 10^5$
თუთია	$1,2 \cdot 10^5$
პლატინა	$1,1 \cdot 10^5$

ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილება მისი გათბობის ან გაციების შედეგად ხდება. ნებისმიერი ნივთიერება მისი ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით შეიძლება იყოს სამ აგრეგატულ მდგომარეობაში: მყარში, თხევადსა და აიროვანში. წყალი ერთ-ერთი ნივთიერებაა, რომელიც ბუნებაში სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში ერთდროულად შეიძლება არსებობდეს.

აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებისას იცვლება მანძილი ნივთიერების მოლეკულებს შორის, ასევე მათი ურთიერთგანლაგება და მოძრაობის სიჩქარე.

ექსპერიმენტების შედეგად დადგინდა, რომ კრისტალური ნივთიერება დნობის ტემპერატურამდე გათბობის შედეგად იწყებს დნობას.

ტემპერატურას, რომელზეც მოცემული ნივთიერება დნება, ამ ნივთიერების დნობის ტემპერატურა ეწოდება.

ყველა კრისტალურ ნივთიერებას თავისი დნობის ტემპერატურა აქვს.

დნობა ნივთიერების მყარი მდგომარეობიდან თხევად მდგომარეობაში გადასვლის პროცესია. დნობის შეზღუდული პროცესია გამყარება (კრისტალიზაცია). ამ დროს ნივთიერება თხევადიდან მყარ მდგომარეობაში გადადის.

ნივთიერების დნობისა და კრისტალიზაციის ტემპერატურა ერთი და იგივეა.

დნობის ტემპერატურამდე მიყვანილი სხვადასხვა კრისტალური ნივთიერების ერთი და იმავე მასის სხეულების გასადნობად სხვადასხვა სითბოს რაოდენობაა საჭირო (ცხრ. 3). მაგალითად, 1 კგ დნობის ტემპერატურამდე მიყვანილი ყინულის გასადნობად საჭიროა 340 კჯ სითბოს რაოდენობა, ხოლო 1 კგ ტყვიის გასადნობად – 25 კჯ.

სითბოს რაოდენობას, რომელიც საჭიროა დნობის ტემპერატურის 1 კგ კრისტალური ნივთიერების მთლიანად გასადნობად, დნობის კუთრი სითბო ეწოდება. დნობის კუთრი სითბო აღინიშნება λ ასოთი (ბერძნული ასო – ლამბდა) და ერთეულია ჯ/კგ (SI).

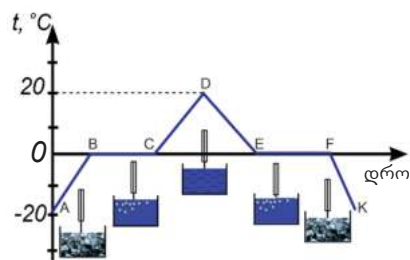
$$\lambda = \frac{Q}{m}$$

თუ ცნობილია ნივთიერების დნობის კუთრი სითბო λ , მაშინ დნობის ტემპერატურამდე მიყვანილი m მასის ნივთიერების გასადნობად საჭირო სითბოს რაოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$Q = \lambda \cdot m$$

სურათზე გამოსახულია ყინულის დნობისა და გამყარების გრაფიკი. გრაფიკზე AB უბანი შეესაბამება -20°C -ანი ყინულის გათბობის პროცესს 0°C -მდე. 0°C ყინული იწყებს დანობას.

დნობის პროცესში, მიუხედავად იმისა, რომ ყინულს მიენოდება სითბო, მისი ტემპერატურა უცვლელია, რადგან გადაცემული სითბოს რაოდენობა იხარჯება ყინულის კრისტალური მესრის რღვევაზე. ამ დროს მოლეკულებს შორის არსებული მიზიდულობის ძალა აღარ არის საკმარისი ყინულის მყარი მდგომარეობის შესანარჩუნებლად. BC უბანი შეესაბამება ყინულის დნობის პროცესს, როდესაც ერთდროულად არსებობს 0°C -იანი წყალი და ყინული. CD უბანი შეესაბამება პროცესს, როდესაც ყინულის გადნობის შედეგად მიღებული 0°C -იანი წყალი 20°C -მდე თბება. სპირტქურის გამოთიშვის შემდეგ წყალი იწყებს გაცივებას და მიმდინარეობს დნობის შებრუნებული პროცესი — კრისტალიზაცია. კრისტალიზაციის პროცესში გამოიყოფა სითბოს იგივე რაოდენობა, რამდენიც შთაინთქმება დნობისას.



სურ. 55



სურ. 56



ბაზრება

1. იმსჯელე 55-ე სურათზე გამოსახული გრაფიკის მიხედვით ყინულის კრისტალიზაციის პროცესის შესახებ. შეადარე დნობისა და კრისტალიზაციის პროცესები.
2. იმსჯელე, გადნება თუ არა 0°C -იანი წყალში 0°C -იანი ყინული (სურ. 56)?
3. იმსჯელე, რატომ ზომავენ ჰაერის ტემპერატურას ჩრდილოეთ პოლუსზე სპირტიანი თერმომეტრით და რატომ ვერ იყენებენ გასაზომად ვერცხლისწყლიან თერმომეტრს?
4. იმსჯელე, რატომ არის აუცილებელი სასურველი ფორმის სხეულის დასამზადებლად ლითონის გადნობა (სურ. 57)?

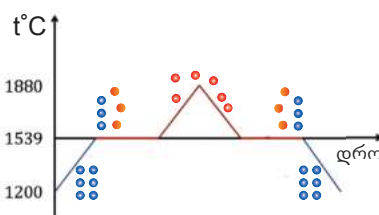


სურ. 57



საშინაო დავალება

1. გრაფიკის მიხედვით (სურ. 58) აღწერე რკინის დნობისა და გამყარების პროცესი. შეადარე რკინის დნობისა და გამყარების ტემპერატურები. როგორ იცვლება რკინის მოლეკულებს შორის მანძილი აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებისას?
2. გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 0°C -იანი, 4 კგ ყინულის მთლიანად გასადნობად?
3. გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა 2 კგ თუჯის კრისტალიზაციისას.
4. სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო 10 გ ვერცხლის გასადნობად, თუ მისი საწყისი ტემპერატურაა 20°C .



სურ. 58

3.14 ამოხსენი ამოცანები

1. გამოთვალე რომელ სართულზე ავა 40 კგ მასის მოსწავლე, თუ ის შეასრულებს მუშაობას, რომელიც რიცხოვნად ტოლია 200გ მასის წყლის 20°C - დან 100°C - მდე გასაცხელებლად საჭირო სითბოს რაოდენობისა. ჩათვალი, რომ ერთი სართულის სიმაღლეა 3 მ.

ამოხსნა:

$n - ?$	აღვნიშნოთ h -ით ასვლის სიმაღლე. მაშინ $h=(n-1)h_1$. წყლის გაცხელები- ბისთვის საჭირო სითბოს რაოდენობა: $Q = cm(t - t_0) = 4200 \cdot 0,2 (100 - 20) =$ $= 62,2 \cdot 10^3$ (ჯ).
$m_1 = 40$ კგ	h სიმაღლეზე ასვლისას მოსწავლის მიერ შესრულებული მუშაობა:
$g = 10$ ნ/კგ	$A = mgh = mg(n-1)h_1$. პირობის თანახმად, $A=Q$. ე.ი. $mg(n-1)h_1=Q$. აქედან:
$m_2 = 200$ გ = 0,2 კგ	$(n-1) = Q / mgh_1 = 62,2 \cdot 10^3 / 40 \cdot 10 \cdot 3 = 56; n = 57$.
$t_0 = 20^\circ\text{C}$	
$t = 100^\circ\text{C}$	
$C_{წყ} = 4200$ ჯ/კგ°C	
$h_1 = 3$ მ	

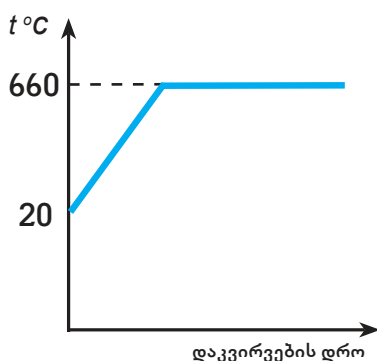
პასუხი: მოსწავლე აივლის 56 სართულს და ავა 57-ე სართულზე.

2. ზამთარში, -5°C ტემპერატურისას, ეზოში მდგარ 500გ მასის რკინის ქვაბში მოათავსეს 2 კგ გაყინული თოვლი, გააღნეს და მიღებული წყალი გაცხელებს 60°C-მდე. გამოთვალე ამ პროცესისას დახარჯული სითბოს რაოდენობა.

ამოხსნა:

$Q - ?$	პროცესზე დახარჯული სითბოს რაოდენობა: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$, სადაც Q_1 არის რკინის ქვაბის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა, Q_2 - ყინულის დნობის ტემპერატურამდე მისაყვანად დახარჯული სითბოს რაოდენობა, Q_3 ყინულის დნობაზე დახარჯული სითბოს რაოდენობა და Q_4 - 0°C-იანი წყლის გასაცხე- ლებლად დახარჯული სითბოს რაოდენობა.
$m_1 = 500$ გ = 0,5 კგ	$Q_1 = 460 \cdot 0,5(60 - (-5)) = 14950$ (ჯ);
$m_2 = 2$ კგ	$Q_2 = 2100 \cdot 2(0 - (-5)) = 21000$ (ჯ);
$t_0 = 0^\circ\text{C}$	$Q_3 = 340000 \cdot 2 = 680000$ (ჯ);
$t_1 = -5^\circ\text{C}$	$Q_4 = 4200 \cdot 2(60 - 0) = 504000$ (ჯ);
$t_2 = -5^\circ\text{C}$	$Q = 1219950$ (ჯ) $\approx 1,2$ (მგჯ)
$t_3 = 60^\circ\text{C}$	
$C_{რკ} = 460$ ჯ/კგ°C	
$C_{წყ} = 4200$ ჯ/კგ°C	
$C_{ყინ} = 2100$ ჯ/კგ°C	
$\lambda = 340000$ ჯ/კგ	

პასუხი: $Q \approx 1,2$ (მგჯ)



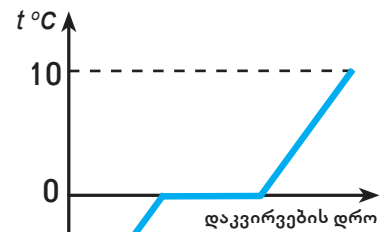
სურ. 59

1. გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 200გ მასის სპილენძის დეტალის 20°C - დან 90°C - მდე გასათბობად.
2. გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 200გ მასის ალუმინის ქვაბში 2 ლ წყლის 10°C - დან 100°C - მდე გასაცხელებლად.
3. სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო 40გ -10°C - იანი ყინულის გასაღნობად და მიღებული წყლის 20°C - მდე გასათბობად.

- გრაფიკის გამოყენებით გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 2 კგ ალუმინის გასადნობად (სურ. 59).

II

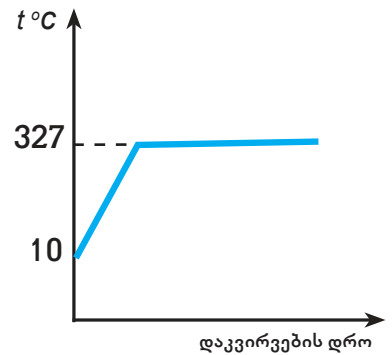
- გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 3 ლ წყლის 20°C - დან 100°C - მდე გასათბობად.
- სითბოს რა რაოდენობა გამოიყოფა, თუ 100°C -იან 5 ლ წყალს, რომელიც 400 გ მასის სპილენძის ქვაბშია, გავაცივებთ 20°C - მდე.
- გამოთვალე 0,4 კგ მასის — 15°C - იანი ყინულის გასადნობად დახარჯული სითბოს რაოდენობა.
- გრაფიკის გამოყენებით გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 3 კგ ყინულის გასადნობად და მიღებული წყლის გასათბობად (სურ. 60).



სურ. 60

III

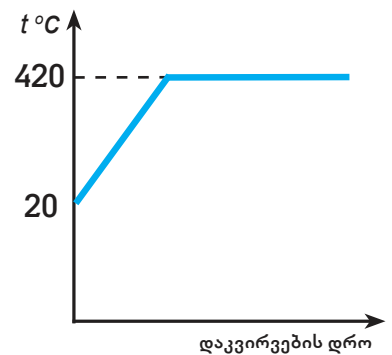
- გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა 2კგ ფოლადის დეტალის 100°C - დან 20°C - მდე გაციებისას.
- 200 გ სპილენძის ქვაბში ჩაასხეს 1ლ მზესუმზირის ზეთი და გაათბეს 5°C - დან 55°C - მდე. გამოთვალე დახარჯული სითბოს რაოდენობა ($\rho_{\text{ზეთ}} = 930 \text{კგ/მ}^3$).
- 200გ მასის სპილენძის ქვაბში მოთავსებული 2 ლ 70°C - იანი წყალი გააცივეს და გაყინეს. გამოთვალე გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა.
- გრაფიკის გამოყენებით გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1 კგ ტყვიის გასადნობად (სურ. 61).



სურ. 61

IV

- 20 კგ მასის თუჯის ლუმელი გაცივდა 60°C - დან 20°C - მდე. გამოთვალე გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა.
- გამოთვალე და შეადარე 100 გ-იანი ფოლადისა და ტყვიის დეტალების 20°C - დან 200°C - მდე გაცხელებისას დახარჯული სითბოს რაოდენობები ერთმანეთს.
- 100 გ 20°C - იანი ვერცხლის ნაკეთობა გაადნეს. გამოთვალე დახარჯული სითბოს რაოდენობა.
- გრაფიკის გამოყენებით გამოთვალე სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 200 გ თუთიის გასადნობად (სურ. 62).



სურ. 62

3.15. ორთქლად ქცევა. კონდენსაცია. სუბლიმაცია

იზიძრა და იმსჯელე

რა პროცესი მიმდინარეობს
ყინულის აორთქლებისას?



სურ. 63

ზოგიერთი ნივთიერების
ორთქლად ქცევის კუთრი
სითბო დუღილის
ტემპერატურისა და
ნორმალური ატმოსფერული
წნევის დროს

ცხრ. 5

ნივთიერება	L , ჯ/კგ
წყალი	$2,3 \cdot 10^6$
ამიაკი (სითხე)	$1,4 \cdot 10^6$
სპირტი	$9,0 \cdot 10^5$
ეთერი	$4,0 \cdot 10^5$
ვერცხლისწყალი	$3,0 \cdot 10^5$
ჰაერი (თხევადი)	$2,0 \cdot 10^5$
სპილენძი	$4,8 \cdot 10^6$
ტყვია	$8,6 \cdot 10^5$
ეთერი	$3,5 \cdot 10^5$
აზოტი	$4,5 \cdot 10^5$
ჟანგბადი	$2,1 \cdot 10^5$



სურ. 64

ნივთიერების თხევადი მდგომარეობიდან აირად მდგომარეობაში გადასვლას ორთქლად ქცევა ეწოდება.

სითხეში ყოველთვის არის ისეთი მოლეკულები, რომლებიც სხვა მოლეკულებთან შედარებით სწრაფად მოძრაობენ. ისინი ადვილად ტოვებენ სითხის ზედაპირს და ამოდიან ჰაერში, ანუ ხდება **აორთქლება**. აორთქლება ორთქლადქცევის ერთ-ერთი სახეა, რომელიც სითხის ზედაპირიდან მიმდინარეობს.

აორთქლების სისწრაფე დამოკიდებულია ნივთიერების გვარობაზე, ტემპერატურაზე, სითხის **თავისუფალი ზედაპირის*** ფართობზე და ზედაპირზე ჰაერის ნაკადის სიჩქარეზე. მაგალითად, ქარიანი ამინდი ხელს უწყობს აორთქლებას. ამ დროს ქარი სითხიდან ამოსულ მოლეკულებს სწრაფად ამორებს მის ზედაპირს, მათ ადგილს კი სითხის ქვედა ფენებიდან ამოსული ახალი მოლეკულები იკავებს.

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო 1 კგ სითხის ასაორთქლებლად ტემპერატურის შეუცვლელად, ორთქლადქცევის კუთრი სითბო ეწოდება.

ორთქლად ქცევის კუთრი სითბო აღინიშნება L ასოთი.

$$L = \frac{Q}{m}$$

სადაც Q სითხის ასაორთქლებლად საჭირო სითბოს რაოდენობაა, m – ამ სითხის მასა.

$$Q = Lm$$

ორთქლად ქცევის კუთრი სითბოს ერთეულია 1 ჯ/კგ (SI).

რადგან აორთქლებისას სითხეს ტოვებენ დიდი ენერგიის მქონე მოლეკულები, ამიტომ სითხის ტემპერატურა მცირდება. როგორც კი მაღალი ტემპერატურის ორთქლი მოხვდება ცივ გარემოში, იგი გადაიქცევა სითხედ (კონდენსირდება) და გამოყოფა სითბო. მაგალითად, დილით ატმოსფერული ჰაერი ცივია და მცენარეებზე წარმოიქმნება ნამი (სურ. 64).

ნივთიერების გადასვლას აირადი მდგომარეობიდან თხევად მდგომარეობაში კონდენსაცია ეწოდება.

ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ მოცემულ ტემპერატურაზე m მასის ორთქლის კონდენსაციისას გამოიყოფა იმავე რაოდენობის სითბო, რაც საჭიროა იგივე მასის სითხის ასაორთქლებლად იმავე ტემპერატურაზე. ამიტომ ორთქლის კონდენსაციისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობაა:

$$Q = -Lm.$$

ნიშანი „-“ მიუთითებს, რომ კონდენსაცია აორთქლების შებრუნებული პროცესია და ხდება სითბოს გამოყოფა.

ნივთიერება **მყარი** მდგომარეობიდან **აირად** მდგომარეობაში შეიძლება გადავიდეს თხევად მდგომარეობაში გადასვლის გარეშე.

ნივთიერების გადასვლას მყარი მდგომარეობიდან აირად მდგომარეობაში სუბლიმაცია (აქროლვა) ეწოდება.

სუბლიმაცია შესაძლებელია ნებისმიერ ტემპერატურასა და წნევაზე მყარი და აირად მდგომარეობების თანაარსებობისას (სურ. 63).

სუბლიმაცია ხდება ნაფტალინის, იოდის, ყინულის აქროლვისას. ჩვეულებრივ პირობებში იოდს არა აქვს თხევადი მდგომარეობა. იოდის კრისტალები სწრაფად სუბლიმირდება აირად, მოლეკულურ იოდად. სამედიცინო იოდი არის იოდის სპირტიანი ხსნარი.

ზამთარში, ყინვისას, გარეთ გაფენილი სარეცხი შრება, რადგან იოლად აქროლდება ყინული. ყინულის ეს თვისება გამოიყენება სასურსათო მრეწველობაში (სურ. 65). სურსათის სუბლიმაციამდე პროდუქტებს სწრაფად ყინავენ (-100°C -დან -190°C -მდე). სუბლიმაციის შედეგად გამომშრალი ხილის ჩირი ბევრად მსუბუქია გამხმარ ჩირზე. ხილს პირვანდელ მდგომარეობაში აღადგენენ მისი წყალში დასველებით. სუბლიმირებული პროდუქტები თავისი თვისებებით გაცილებით ჯობია გამხმარ სურსათს, რადგან ამ შემთხვევაში მხოლოდ წყალი აორთქლება. თერმული, ანუ გაცხელებით აორთქლებისას იკარგება ბევრი მნიშვნელოვანი ნივთიერება. სუბლიმირებულ ყავას ღებულობენ გაყინული ყავის ექსტრაქტიდან ვაკუუმში მისი გაუწყობებით. სუბლიმაცია გამოიყენება ქიმიურ მრეწველობაში სხვადასხვა ნივთიერების წარმოებისათვის.

სუბლიმაციის შებრუნებული პროცესია **დესუბლიმაცია**. დესუბლიმაციის ცნობილი მაგალითია თრთვილის გაჩენა ხის ტოტებზე ყინვის გაძლიერებისას (სურ. 66).



სურ. 65



სურ. 66



ბაზრება

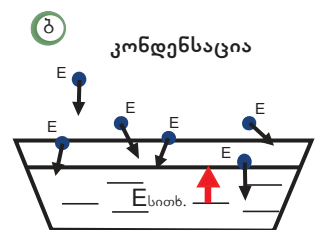
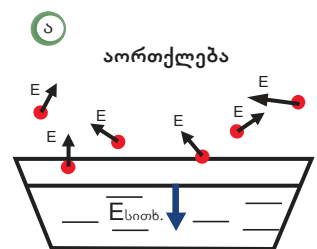
- 67-ე სურათის მიხედვით აღწერე კონდენსაციისა და აორთქლების პროცესები. იმსჯელე, რომელ ჭურჭელში ჩასხმულ წყალს აქვს მეტი შინაგანი ენერგია.
- იმსჯელე, რატომ ინარჩუნებს ოთახის ტემპერატურის წყალი ტემპერატურას, მიუხედავად იმისა, რომ იგი მუდმივად აორთქლდება?



საშინაო დავალება

- რამდენით მეტია 1 კგ წყლის ორთქლის შინაგანი ენერგია ამავე ტემპერატურის წყლის შინაგან ენერგიაზე?
- სითბოს რა რაოდენობა გამოიყოფა 200 გ ორთქლის იმავე ტემპერატურის წყლად გადაქცევისას?
- ჭურჭელში მოთავსებულია 80°C ტემპერატურის 80 ლ წყალი. სითბოს რა რაოდენობა გამოიყოფა მისი ოთახის ტემპერატურამდე (20°C) გაცივებისას?

* თავისუფალი ზედაპირი – ატმოსფეროსთან უშუალოდ შემხები ზედაპირი.



სურ. 67

3.16. დუღილი

იზიძრა და იმსჯელა

როდის დუღს წყალი?



სურ. 69

ზოგიერთი ნივთიერების
დუღილის ტემპერატურა
ნორმალური
ატმოსფერული წნევისას

ცხრ. 4

ნივთიერება	$t^{\circ}\text{C}$
ვერცხლისწყალი	357
რძე	100
ეთერი	35
სპირტი	78
წყალი	100
ტყვია	1745
ვერცხლი	2170
ნახშირორჟანგი	-78
ჟანგბადი	-183
ჰაერი	-192
აზოტი	-196
ჰელიუმი	-269



სურ. 68

წყალი ყოველთვის შეიცავს მასში გახსნილ ჰაერს. გათბობისას წყალში ჰაერის ხსნადობა მცირდება და წარმოიქმნება ჰაერის პატარა ბუშტულები. წყლის აორთქლება არა მარტო წყლის ზედაპირიდან, არამედ მის შიგნით, ბუშტულებშიც მიმდინარეობს. გათბობის შედეგად იზრდება აორთქლების ინტენსივობა, ბუშტულაში ორთქლადქცეული მოლეკულების რაოდენობა და ბუშტულის მოცულობა. ბუშტულის მოცულობის გაზრდის გამო იზრდება ბუშტულაზე მოქმედი ამომგდები ძალა. ბუშტულა იწყებს მოძრაობას წყლის ზედაპირისკენ. როცა წყლის ზედაფენები შედარებით ცივია, ბუშტულაში არსებული წყლის ორთქლი ცივდება და კონდენსირდება. ბუშტულების მოცულობა მცირდება და ამიტომ ისინი ზედაპირამდე ვერ აღწევენ. ამ დროს ბუშტულები ხმაურით ქრებიან, რაც იწვევს წყლის „შიშინს“. როდესაც წყლის ზედა ფენები საკმარისად გათბება, ბუშტულებში გაიზრდება ორთქლადქცეული წყლის მოლეკულების რიცხვი და შესაბამისად, იზრდება ორთქლის წნევა. როდესაც ორთქლის წნევა გაუტოლდება ან გადააჭარბებს სითხის ზედაპირზე არსებულ წნევას, ბუშტულები სკდება და სითხე იწყებს დუღილს, მაშინ შიშინის ხმა იცვლება „ბუყბუყით“ (სურ. 69).

ორთქლად ქცევის პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს, როგორც სითხის ზედაპირიდან, ასევე შიდა ფენებიდან, დუღილი ეწოდება.

დუღილის პროცესში სითხის ტემპერატურა უცვლელია. ამ დროს სითხეზე გადაცემული სითბო იხარჯება წყლის მოლეკულებს შორის კავშირების განწყვეტაზე. დუღილის პროცესში მოლეკულებს შორის არსებული ურთიერთქმედების ძალა აღარ არის საკმარისი თხევადი მდგომარეობის შესანარჩუნებლად.

ტემპერატურას, რომელზედაც სითხე დუღს, დუღილის ტემპერატურა ეწოდება.

70-ე სურათზე გამოსახულია წყლის დუღილისა და კონდენსაციის გრაფიკი ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს. გრაფიკის მიხედვით AB უბანი შეესაბამება ოთახის ტემპერატურის წყლის 100°C - მდე გაცხელებას. B წერტილი შეესაბამება 100°C - იან წყალს და C წერტილი - 100°C - იან ორთქლს. BC უბანი შეესაბამება წყლის დუღილის პროცესს, ხოლო CD უბანი — ორთქლის გაცხელების პროცესს.

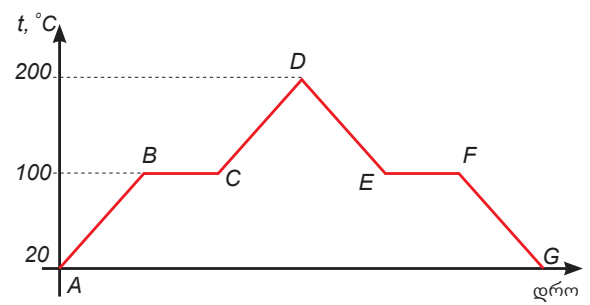
ორთქლის შინაგანი ენერგია მეტია იმავე ტემპერატურისა და მასის წყლის შინაგან ენერგიაზე. როდესაც წყალი მთლიანად გადაიქცევა ორთქლად, სითბოს შემდგომი მიწოდებისას მისი ტემპერატურა გაიზრდება.

ყველა სითხეს მისთვის დამახასიათებელი დუღილის ტემპერატურა აქვს (ცხრ. 4).

სითხის დუღილის ტემპერატურა დამოკიდებულია მის თავისუფალ ზედაპირზე არსებულ ჰაერის წნევაზე, ანუ ატმოსფერულ წნევაზე.

სითხის ზედაპირზე წნევის გაზრდით იზრდება სითხის დუღილის ტემპერატურა, შემცირებით მცირდება. მაგალითად, ზღვის დონიდან ზევით ჰაერის ატმოსფერული წნევა მცირდება. შესაბამისად, დუღილის ტემპერატურაც მცირდება.

ბუნებაში არსებული ზოგიერთი მავნე ბაქტერია 200°C -ზეც არ იღუპება. ამიტომ სამედიცინო ინსტრუმენტების სტერილიზაციისათვის იყენებენ ჰერმეტიკულად დახურულ ჭურჭელს. ასეთ ჭურჭელში გაცხელებისას ორთქლის წნევა წყლის ზედაპირზე საგრძნობლად იზრდება და აჭარბებს ატმოსფერულ წნევას. ამიტომ წყალი დუღდება 100°C -ზე გაცილებით მაღალ ტემპერატურაზე, რომელზეც ბაქტერიები იღუპება.



სურ. 70



ბაზრება

1. ცხრილის მიხედვით იმსჯელე აორთქლებისა და დუღილის პროცესების შესახებ.

აორთქლება	დუღილი
ორთქლად ქცევის პროცესი	ორთქლად ქცევის პროცესი
ორთქლად ქცევა მიმდინარეობს სითხის ზედაპირიდან	ორთქლად ქცევა მიმდინარეობს სითხის მთელ მოცულობაში
მიმდინარეობს ნებისმიერ ტემპერატურაზე	მიმდინარეობს დუღილის ტემპერატურაზე
ტემპერატურა მცირდება	ტემპერატურა არ იცვლება

2. იმსჯელე, რატომ არის უფრო მტკივნეული ხელის დაწვა მდუღარე წყლის ორთქლით, მდუღარე წყალთან შედარებით.
3. იმსჯელე, შეიძლება თუ არა მდუღარე წყლის ტემპერატურა გაიზომოს სპირტიანი თერმომეტრით?

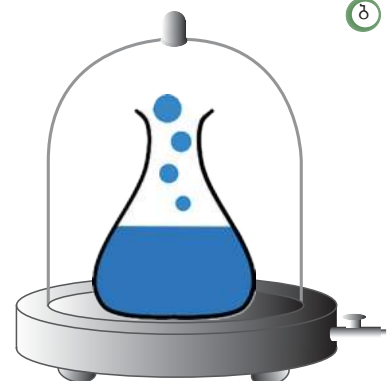


საშინაო დავალება

71-ე სურათზე გამოსახულია მინის ზარხუფით ჰერმეტიკულად დახუფული სამი წყლიანი ჭურჭელი. თითოეულ ჭურჭელში წყლის ტემპერატურა დაახლოებით 100°C . ერთი ზარხუფიდან ხდება ჰაერის ამოტუმბვა, მეორეში — ჰაერის ჩატუმბვა, მესამე ზარხუფი შეერთებულია ატმოსფეროსთან. რომელი ზარხუფიდან ხდება ჰაერის ამოტუმბვა? პასუხი დაასაბუთე.



ა



ბ



გ

სურ. 71

3.17. სანავთის წვა

იფიქრე და იმსჯელე

როდის გამოიყოფა მეტი სითბო, მშრალი ხის თუ ხის ნახშირის წვისას?



სურ. 72



ზოგიერთი სათბობის წვის კუთრი სითბო

ცხრ. 6

ნივთიერება	q, ჯ/კგ
დენთი	$3,38 \cdot 10^6$
მშრალი ხე	$1,0 \cdot 10^7$
ტორფი	$1,4 \cdot 10^7$
ქვანახშირი	$2,7 \cdot 10^7$
სპირტი	$3 \cdot 10^7$
ხის ნახშირი	$3,4 \cdot 10^7$
ბუნებრივი აირი	$4,4 \cdot 10^7$
ბენზინი	$4,6 \cdot 10^7$
ნავთი	$4,6 \cdot 10^7$
წყალბადი	$12 \cdot 10^7$

ნივთიერების წვა ქიმიური პროცესია. იგი სინათლისა და სითბოს გამოყოფით მიმდინარეობს. წვისათვის აუცილებელია ჟანგბადი, რომელიც უერთდება სანავთში არსებულ ნახშირბადს ან წყალბადს. რეაქციის შედეგად მიიღება ნახშირორჟანგი, წყალი და გამოიყოფა სითბო (სურ.73).

ქვანახშირის, ტორფის, შეშის, ნავთის, ბენზინის, ბუნებრივი აირის წვისას გამოყოფილ სითბოს ადამიანი არა მხოლოდ გასათბობად იყენებს, არამედ სხვა ენერგიის მისაღებადაც. მაგალითად, ძრავებში, თბოელექტროსადგურებში, რეაქტიულ ტექნიკაში. რაკეტებისთვის იყენებენ სპეციალურ სანავს (სურ. 75).

ერთი და იმავე მასის სხვადასხვა სანავის წვისას სხვადასხვა რაოდენობის სითბო გამოიყოფა (ცხ. 6).

1 კგ მასის სანავის წვისას გამოყოფილ სითბოს რაოდენობას **წვის კუთრი სითბო** ეწოდება. იგი აღინიშნება q ასოთი.

სათბობის წვის კუთრი სითბო არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია სანავის სრული წვისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობის შეფარდებისა სათბობის მასასთან.

$$q = \frac{Q}{m}$$

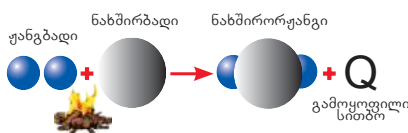
m მასის სანავის სრული წვისას გამოყოფილი Q სითბოს რაოდენობაა:

$$Q = qm$$

SI სისტემაში წვის კუთრი სითბოს ერთეულია – ჯ/კგ.

წვის დაწყებამდე აუცილებელია სანავის მცირე ნაწილის აალების ტემპერატურამდე გახურება. ამ დროს გადაცემული სითბოს რაოდენობა იწვევს სანავის ატომებს შორის კავშირის რღვევას. წვის დაწყების შემდეგ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა გადაეცემა სანავის სხვა ნაწილებს და გაგრძელდება წვის პროცესი. სხვადასხვა სანავის აალების ტემპერატურა განსხვავებულია. რაც მეტია აალების ტემპერატურა, მით მეტია გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა. ამავე დროს, რაც უფრო მშრალია სანავი, ნაკლებია მათში ტენი, მით ნაკლებია აალების ტემპერატურა. ალის ტემპერატურა ცეცხლის სხვადასხვა უბანზე განსხვავებულია.

წვის შედეგად ატმოსფეროში ჟანგბადის რაოდენობა



სურ. 73



სურ. 74

მცირდება. არასრული წვისას ცეცხლის ალი წარმოშობს კვამლს. კვამლი აბინძურებს ატმოსფეროს და უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე (სურ.74).

ეკოლოგიური დაბინძურების შესამცირებლად, სასურველია, საწვავი იყოს სუფთა (სხვადასხვა მინარევის გარეშე) და მიმდინარეობდეს მისი სრული წვა.

გარემოს დაბინძურებას იწვევს, მაგალითად, ავარიის შედეგად სატვირთო მატარებლიდან გადმოღვრილი და აალებული ბენზინი (სურ. 76).

სათბობის წვისას ზოგჯერ ადგილი აქვს აფეთქებას. აფეთქებას თან ახლავს შინაგანი ენერგიის სწრაფი გამოყოფა. მაგალითად, ბუნებრივი აირის აფეთქებისას მცირე დროის განმავლობაში (0,00001 წმ) გამოიყოფა იმდენად დიდი ენერგია, რომ მას დამანგრეველი მოქმედება აქვს. ამიტომ საჭიროა სიფრთხილე ფეთქებადი ნივთიერების გამოყენებისას.

საწვავის უკონტროლო წვისას იქმნება ხანძრის საშიშროება. მაგალითად, ადამიანის დაუდევრობის გამო დედამიწის სხვადასხვა ადგილზე ტყეებს უჩნდებათ ცეცხლი, რაც ეკოლოგიურ კატასტროფას იწვევს (სურ. 77). კლიმატის შეცვლა ზრდის ხანძრის გაჩენის შესაძლებლობას, რადგან გაზრდილი ტემპერატურა, სითბური ტალღები და მშრალი ამინდი მცენარეების ადვილად აალებას უწყობს ხელს. ასევე, ზოგჯერ, გარემოს მაღალი ტემპერატურა ტორფიან ადგილებში იწვევს ხანძარს.

ტაიგისა და ავსტრალიის ტყეების დიდ ფართობზე გავრცელებულმა ხანძარმა შეინიშნა ბევრი მცენარე, ფრინველი და ცხოველი.



სურ. 75



სურ. 76



გაანგებო

1. ნავთის წვის კუთრი სითბოა $q = 4,6 \cdot 10^7$ ჯ/კგ. იმსჯელე, რას გვიჩვენებს ეს რიცხვი.
2. იმსჯელე, რატომ ინთება ასანთის ღერით სანთელი, ხოლო ხის მსხვილი ნაპობი კი – არა (სურ. 78)?
3. იმსჯელე, რატომ ქრება ლითონის ფირფიტაზე მოთავსებული ნაკვერჩხალი მალე, ხოლო ხის დაფაზე კი – დვივის.
4. იმსჯელე, როდის გამოიყოფა მეტი სითბო ერთნაირი ჯიშისა და რაოდენობის მშრალი ხის თუ სველი ხის წვისას?



სურ. 77



საშინაო დავალება

1. რომელი სათბობი დაინვა, თუ ცნობილია, რომ 10 ტ ამ სათბობის წვისას გამოიყოფა 270 000 000 000 ჯ სითბო?
2. რა მასის ნავთი უნდა დაინვას, რომ გამოყოფილმა სითბომ 2 ლ წყალი 20°C-დან დუღილის ტემპერატურამდე გააცხელოს?
3. გამოთვალე სპირტის მასა, რომლის წვის შედეგად 200 გ რძე 14°C-დან 50°C-მდე გათბა ($C_{რძ} = 4020$ ჯ/კგ°C).
4. მოიძიე ინფორმაცია და ჩაატარე პრეზენტაცია თემაზე: „ტყის ხანძრის შედეგად გამოწვეული ეკოლოგიური კატასტროფები“.

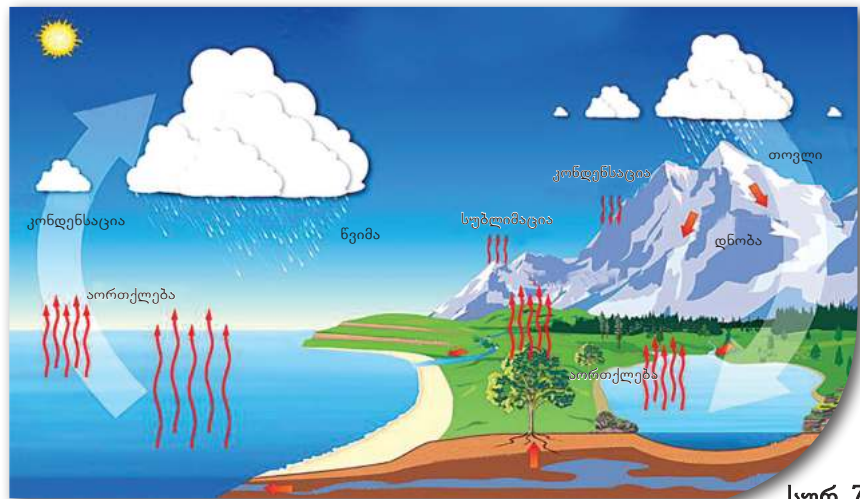


სურ. 78

3.18. სითბური ბალანსის განტოლება

იზიარა და იმსჯელე

როგორ ხდება ენერგიის „მოგზაურობა“ ატმოსფეროში წყლის წრებრუნვისას?



სურ. 79

დედამიწის ატმოსფეროში მუდმივად მიმდინარეობს სითბური პროცესები. დედამიწა ატმოსფეროსთან ერთად შეიძლება ჩაითვალოს ერთიან სისტემად. ამ სისტემის შინაგანი ენერგია წყლის წრებრუნვისას მუდმივი რჩება.

მზის სხივებით გამთბარი წყლის შინაგანი ენერგია იზრდება და წყალი აორთქლდება. წყლის აორთქლის ნაწილი მოხვდება რა ატმოსფეროს ცივ ფენებში, კარგავს ენერგიას და კონდენსირდება. კონდენსირებული აორთქლის ნაწილი ნვიზის სახით უბრუნდება ოკეანეებსა და ტბებს. ღრუბლების ნაწილი კონვექციის შედეგად გადაადგილდება ატმოსფეროში. ჰაერის ცივ ფენებში მოხვედრისას ღრუბელი ცივდება, ანუ მისი შინაგანი ენერგია მცირდება. ღრუბელში არსებული წყლის აორთქლი იცვლის აგრეგატულ მდგომარეობას და თოვლის სახით ბრუნდება დედამიწაზე. დათბობის შემდეგ თოვლი გარემოდან იღებს სითბოს, მისი შინაგანი ენერგია იზრდება და გადაიქცევა წყლად. ენერგიის მოგზაურობის პროცესი მუდმივად თან ახლავს წყლის წრებრუნვას ატმოსფეროში. ანუ წყლის წრებრუნვა დედამიწაზე წყლის შინაგანი ენერგიის ცვლილების შედეგად ხორციელდება.

დედამიწასა და ატმოსფეროში მიმდინარე ამ პროცესების მახასიათებელი პარამეტრების გამოთვლა შესაძლებელია სითბური ბალანსის განტოლებით.

სითბური ბალანსის არსის გასაგებად, დავუშვათ, თბოიზოლირებულ სისტემას ქმნის ერთი ჭიქა ცივი და ცხელი წყალი. ცივ წყალთან ცხელი წყლის შერევისას ცხელი წყალი გასცემს სითბოს, ცივი წყალი კი მიიღებს. სითბოს გაცემა და მიღება გაგრძელდება მანამ, სანამ ტემპერატურა არ გათანაბრდება, ე. ი. დამყარდება სითბური წონასწორობა. თბოიზოლირებულ სისტემაში სითბოს გადაცემა ერთი სხეულიდან მეორეზე ენერგიის დანაკარგის გარეშე ხორციელდება. ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ სითბოს რაოდენობა, რომელიც მიიღო ცივმა წყალმა, ტოლია სითბოს რაოდენობისა, რომელიც გასცა ცხელმა წყალმა.

$$Q_{\text{გაც}} = Q_{\text{მიღ}}$$

თანაფარდობას მიღებულ და გაცემულ სითბოს რაოდენობებს შორის, სითბური ბალანსი ეწოდება.

სითბური ბალანსი გამოისახება განტოლების სახით, რომლის ერთ ნაწილში ჯამდება გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა, მეორეში – მისი დანახარჯი.

მაგალითად, თუ იზოლირებულ სისტემაში ორი სხეული სითბოს გასცემს, ხოლო სხვა ორი სხეული მას იღებს, მაშინ

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$$

Q_1 და Q_2 არის სისტემაში მყოფი პირველი და მეორე სხეულის მიერ გაცემული სითბოს რაოდენობა, Q_3 და Q_4 სითბოს რაოდენობა, რომელიც შთაინთქმება ამ სისტემაში შემავალი სხვა ორი სხეულის მიერ. ასეთ შემთხვევაში მიიჩნევენ, რომ გაცემული და მიღებული სითბოს რაოდენობები, დადებითი სიდიდეებია.

სითბური ბალანსის გამოყენებით იკვლევენ სითბურ პროცესებს სითბურ ძრავებში, სხვადასხვა ასტროფიზიკური, გეოფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური და სხვა პრობლემების გადაწყვეტისას.

სითბური ბალანსით განისაზღვრება დანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

კალორიმეტრი არის ხელსაწყო, რომელშიც სხეულებს შორის ენერგიების გაცვლა სითბოს დაკარგვის გარეშე მიმდინარეობს.

კალორიმეტრი (ლათინურიდან **Calor** – სითბო, **meter** – გაზომვა) გამოიყენება გამოყოფილი ან შთაინთქმული სითბოს რაოდენობის გასაზომად. კალორიმეტრით ჩატარებული ცდებით შესაძლებელია კუთრი სითბოტევადობისა და სხვა პარამეტრების გამოთვლა.

სასკოლო კალორიმეტრი შედგება ორი ჭურჭლისაგან (სურ. 80), მათგან ერთი მოთავსებულია მეორეში ისე, რომ მათ ყოფს ჰაერის ფენა. ასეთი კონსტრუქცია ექსპერიმენტის განმავლობაში ამცირებს სითბოცვლას გარემოსთან.



სურ. 80



გაანზრება

ვისწავლოთ ამოცანების ამოხსნა:

1. კალორიმეტრში მოთავსებულია $m_1=0,2$ კგ წყალი, რომლის ტემპერატურაა $t_1=20^\circ\text{C}$. მასში ჩაასხეს $m_2=0,3$ კგ წყალი, რომლის ტემპერატურაა $t_2=80^\circ\text{C}$. კალორიმეტრში დამყარდა $t=50^\circ\text{C}$ ტემპერატურა. გამოიანგარიშეთ კალორიმეტრის სითბოტევადობა ($cm = C$).

ამოხსნა:

$C = cm - ?$	ცხელი წყლის მიერ გაცემული სითბოს რაოდენობაა:
$m_1 = 0,2$ კგ	$Q_2 = c_{\text{წყ}} m_2 (t_2 - t)$
$t_1 = 20^\circ$	კალორიმეტრის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობაა:
$m_2 = 0,3$ კგ	$Q = C (t - t_1)$
$t_2 = 80^\circ\text{C}$	m_1 მასის წყლის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობაა:
$t = 50^\circ\text{C}$	$Q_1 = C_{\text{წყ}} m_1 (t - t_1)$
$c_{\text{წყ}} = 4200$ ჯ/კგ $^\circ\text{C}$	სითბური ბალანსის თანახმად, $Q_2 = Q + Q_1$.
	$c_{\text{წყ}} m_2 (t_2 - t) = C (t - t_1) + c_{\text{წყ}} m_1 (t - t_1).$ $C (t - t_1) = c_{\text{წყ}} m_2 (t_2 - t) - c_{\text{წყ}} m_1 (t - t_1).$
	$C = \frac{c_{\text{წყ}} m_2 (t_2 - t) - c_{\text{წყ}} m_1 (t - t_1)}{(t - t_1)} = 420$ ჯ/ $^\circ\text{C}$



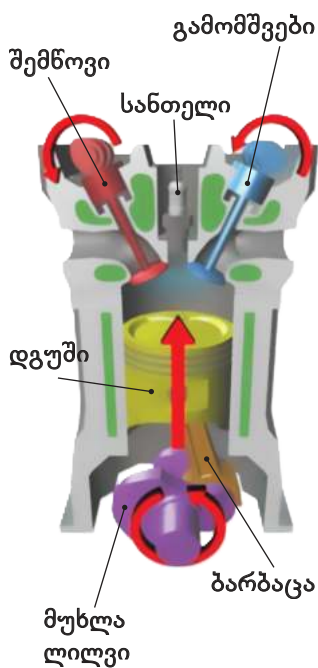
საშინაო დავალება

1. მოიძიე ინფორმაცია გლობალური დათბობისა და კლიმატის ცვლილების შესახებ. ჩაატარე პრეზენტაცია.

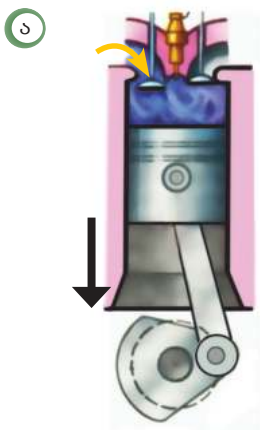
3.19. სითბური ძრავები

იზიარა და იმსჯელე

რომელი ენერგია გარდაქმნება სითბურ ძრავებში?



სურ. 82



სურ. 83



სურ. 81

სითბური ძრავების გამოგონებამ უდიდესი როლი შეასრულა კაცობრიობის ისტორიაში. რომ არა სითბური ძრავები, არ იქნებოდა თბოელექტროსადგურები, თვითმფრინავები, ავტომანქანები, ტრაქტორები, გემები და სხვა ტექნიკური მოწყობილობები, შეუძლებელი იქნებოდა კოსმოსური ფრენები.

სითბური ძრავების მუშაობის პრინციპი მარტივია: მათში სათბობის წვის სითბური ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურ ენერგიად.

ძრავას, რომელშიც საწვავის შინაგანი ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურ ენერგიად, სითბური ძრავა ეწოდება.

არსებობს სითბური ძრავების რამდენიმე სახე: **ორთქლის მანქანა, შიგანვის ძრავა, ორთქლის ტურბინა, რეაქტიული ძრავა.**

● შიგანვის ძრავა

თანამედროვე ავტომანქანებში გამოყენებულია სითბური ძრავების ორი სახეობა: შიგანვისა და დიზელის ძრავები.

შიგანვის ძრავაში (სურ. 82), რომლის ერთ-ერთი პირველი გამომგონებელია გერმანელი ინჟინერი ნიკოლა ოტო, საწვავის — ბენზინისა და ჰაერის ნარევის წვა უშუალოდ დგუშიანი ძრავის ცილინდრში ხდება. საწვავის წვის ენერგია გადაეცემა წვის შედეგად წარმოქმნილ აირს, რომელიც ასრულებს მუშაობას და წვის ნარჩენები გარეთ გამოიღვენება. შინაგანი ენერგიის ნაწილი მექანიკურ ენერგიად გარდაიქმნება. ძრავას მუშაობის პროცესში გამოყოფენ ოთხ ტაქტს, რომელსაც ცილინდრში მოთავსებული დგუშის ოთხი სვლა შეესაბამება, ამიტომ ასეთ ძრავას **ოთხტაქტიანი ძრავა** ეწოდება.

თითოეულ ტაქტს შეესაბამება შემდეგი პროცესები:

I – შეწოვა, II – შეკუმშვა, III – მუშა სვლა, IV – გამოშვება.

● **პირველი ტაქტის** მიმდინარეობისას შიგანვის ძრავას ცილინდრში დგუში გარე ძალების მოქმედებით იწეებს ქვევით მოძრაობას (სურ. 83 ა). ამ დროს იღება ერთ-ერთი სარქველი და საწვავი (ბენზინი ჰაერის ნარევთან ერთად) შეიწოვება ცილინდრში. დგუშის გადატანითი მოძრაობა მრუდმხარა ბარბაცა მექანიზმის საშუალებით ბრუნვით მოძრაობად გარდაიქმნება. პირველი ტაქტის ბოლოსათვის ცილინდრი სავსეა საწვავი

ნარევით და ორივე სარქველი დაკეტილია.

● **მეორე ტაქტის** მიმდინარეობისას დგუში იწყებს ზევით მოძრაობას (სურ. 83 ბ) – ხდება საწვავის შეკუმშვა. ელექტრული ნაპერწკლის საშუალებით შეკუმშული საწვავი ააღდება და სწრაფად იწვის. ამ დროს წარმოქმნილი აირები აწვება დგუმს და უბიძგებს ქვევით.

● **მესამე ტაქტის** მიმდინარეობისას გახურებული აირი ფართოვდება, მოქმედებს დგუმზე, გადაადგილებს მას და ძრავა ასრულებს მუშაობას (სურ. 83 გ), ამიტომ უწოდებენ მესამე ტაქტს **მუშა სვლას**. მუშა სვლის დროს დგუმის მოძრაობა გადაეცემა ბარბაცას, ხოლო მისი მეშვეობით – მუხლა ლილვს და მასზე დამაგრებულ მძიმე მქნევარას. მქნევარა ძლიერი ბიძგის შემდეგ ინერციით განაგრძობს ბრუნვას და მომდევნო ტაქტის დროს გადაადგილებს მასზე მიმაგრებულ დგუმს.

● **მეოთხე ტაქტისას** იხსნება გამომშვები სარქველი და ნამწვავი აირი გამოიდევენება გარეთ (სურ. 83 დ).

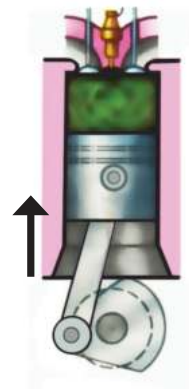
განსხვავებით შიგანვის ძრავისა, **დიზელის ძრავაში** საწვავი ნარევი გაცილებით მეტად იკუმშება, ვიდრე შიგანვის ძრავაში, ამის გამო გაფართოებისას მეტი სითბური ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურ მუშაობად, რაც ზრდის ძრავის მარგი ქმედების კოეფიციენტს. დიზელის ძრავაში საწვავი ნარევის ძლიერი შეკუმშვა იწვევს მის თვითაალებას. ამიტომ მას არ სჭირდება ნაპერწკალი, რაც ამარტივებს ძრავის კონსტრუქციას.

● **ორთქლის ძრავა**

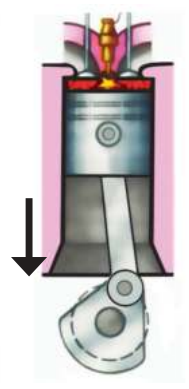
ორთქლის მანქანებში წყლის ორთქლის ენერგია გარდაიქმნება მექანიკურ ენერგიად. ასეთი მანქანების მქვ დაბალია, რადგან სითბოს საკმაოდ დიდი რაოდენობა ფუჭად გადაეცემა გარემოს.

● **რეაქტიული ძრავა**

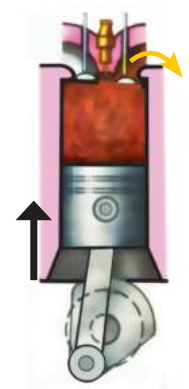
რეაქტიული ძრავები გამოიყენება კოსმოსურ ხომალდებში. ხომალდის რეაქტიულ ძრავებში საწვავის წვის შედეგად გამოყოფილი აირი დიდი სიჩქარით გამოიდევენება ძრავაში არსებული ხვრელებიდან – საქშენიდან (სურ. 81), კოსმოსური ხომალდი კი მოძრაობას იწყებს სანი-ნაალმდეგო მიმართულებით.



ბ



გ



დ

სურ. 83



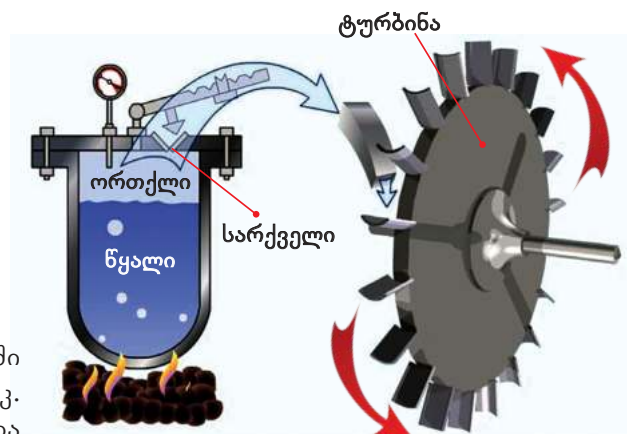
გააზრება

1. 84-ე სურათზე გამოსახული სქემის მიხედვით აღწერე ორთქლის ძრავის მუშაობის პრინციპი. იმსჯელე, როგორ ხდება ენერგიების გარდაქმნა ორთქლის ძრავაში.



საშინაო დავალება

1. 36 კვტ სიმძლავრის შიგანვის ძრავა 1 სთ-ში ხარჯავს 14 კგ ბენზინს. გამოთვალე ძრავის მქვ.
2. მოამზადე პროექტი: „სითბური ძრავები და გარემო“.



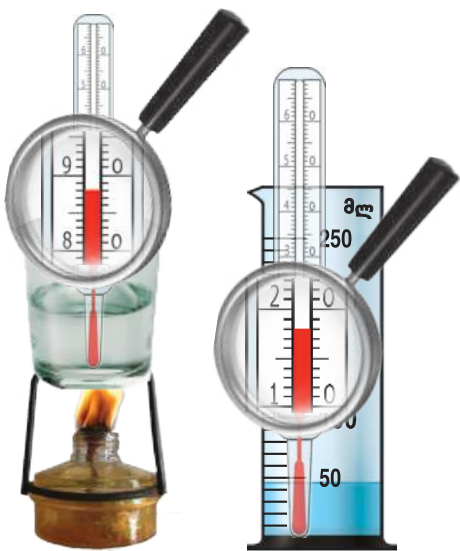
სურ. 84

3.20 ამოხსენი ამოცანები

1. 0°C -ნი 2 კგ ყინულისა და 7 კგ წყლის ნარევს ათბობენ 50°C -მდე, რისთვისაც მასში ამატებენ 100°C -იან ორთქლს. რა რაოდენობის ორთქლია ამისთვის საჭირო? წყლის კუთრი სითბოტევადობაა $4200 \text{ ჯ/კგ}^{\circ}\text{C}$, ორთქლად ქცევის კუთრი სითბოა $2,3 \text{ მგჯ/კგ}$, ყინულის დნობის კუთრი სითბო 340 კჯ/კგ .

ამოხსნა:

$m = ?$	ყინულის გასადნობად საჭირო სითბოს რაოდენობაა: $Q_1 = \lambda m_1$
$m_1 = 2 \text{ კგ}$ $m_2 = 7 \text{ კგ}$ $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$ $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$ $\theta = 50^{\circ}\text{C}$ $c = 4200 \text{ ჯ/კგ}^{\circ}\text{C}$ $L = 2,3 \text{ მგჯ/კგ}^{\circ}\text{C}$ $\lambda = 340 \text{ კჯ/კგ}$	წყლისა და ყინულის მასაა: $M = m_1 + m_2$. 0°C გრადუსიანი წყლის 50°C გრადუსამდე გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობაა $Q_2 = c M (\theta - t_1)$. ორთქლის წყლად გადაქცევისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობაა: $Q_3 = Lm$. წყლად ქცეული ორთქლის 50°C გაციებისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობაა: $Q_4 = c m (t_2 - \theta)$. ორთქლის წყლად გადაქცევისას და ამ წყლის 50°C გრადუსამდე გაციებისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა დაიხარჯა ყინულის გადნობასა და 0°C გრადუსიანი წყლისა და ყინულის ნარევის 50°C გრადუსამდე გასაცხელებლად. ამიტომ, $Q_3 + Q_4 = Q_1 + Q_2$. $Lm + c m (t_2 - \theta) = \lambda m_1 + c M (\theta - t_1)$. $m = \frac{\lambda m_1 + c M (\theta - t_1)}{L + c(t_2 - \theta)}$
	რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმის შემდეგ მივიღებთ: $m \approx 1,02 \text{ კგ}$.

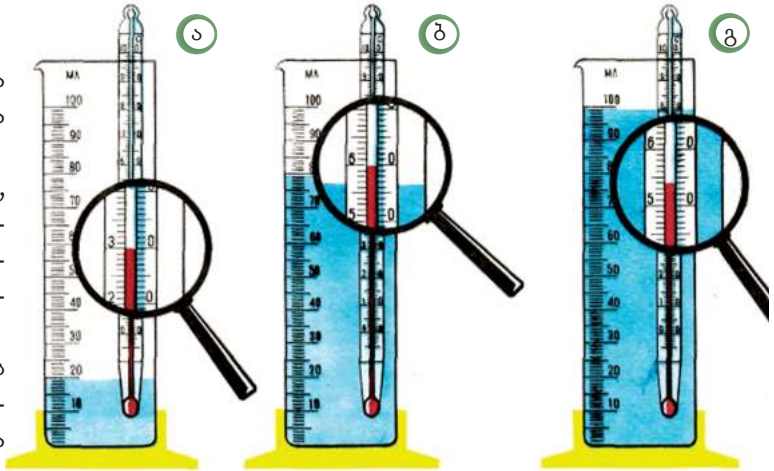


სურ. 85

- წყალი მენზურიდან გადაასხეს ჭურჭელში და გააცხელეს (სურ. 85). გამოთვალე დამწვარი ნავთის მასა?
- სითბოს რა რაოდენობა გამოიყოფა ბენზინის სრული წვისას, თუ ბენზინის მასა 5 კგ-ია?
- რამდენი ქვანახშირი უნდა დაიწვას, რომ მივიღოთ იმდენივე ენერგია, რამდენიც გამოიყოფა 6 მ^3 ბენზინის დაწვისას?
- სითბოს რა რაოდენობა არის საჭირო $10 \text{ გ } 0^{\circ}\text{C}$ -იანი ყინულის გასადნობად, ასადულებლად და ასაორთქლებლად?
- ჭურჭელში მოთავსებულ 200 გ მასის 10°C -იან წყალში ჩაასხეს 100°C -იანი 200 გ წყალი. გამოთვალე ნარევის ტემპერატურა (ჭურჭლის სითბოტევადობას ნუ გაითვალისწინებთ).
- სითბური ძრავა, რაღაც დროის განმავლობაში სახურებლიდან იღებს 230 კჯ სითბოს რაოდენობას და გარემოს გადასცემს 100 კჯ სითბოს რაოდენობას. გამოთვალე სითბური ძრავას მიერ სასარგებლოდ შესარულებული მუშაობა.

II

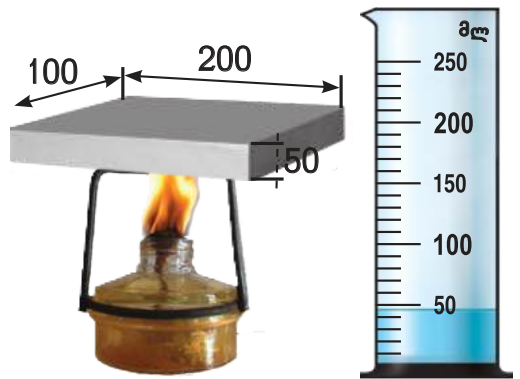
1. სითბოს რა რაოდენობა გამოიყოფა ქვანახშირის წვისას, თუ მისი მასა არის 10 კგ?
2. რამდენი სპირტი უნდა დაიწვას, რომ 2 კგ მასის წყლის ტემპერატურა 15°C -დან 55°C -მდე შეიცვალოს? ენერგიის კარგვა უგულებელყავით.
3. ჩაიდანში 0,5კგ წყალი, რომლის ტემპერატურა იყო 10°C , ადუღდა, აორთქლდა მთლიანად და ადუღებული წყალი საჭიროების მიხედვით ვერ გამოიყენეს. სითბოს რა რაოდენობა დაიხარჯა უქმად?
4. ადაზმენზურებიდან წყალი გადაასხეს გმენზურაში. ანათვლები აიღე სურათიდან და გამოთვალე ა მენზურაში წყლის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა და ბ მენზურაში წყლის მიერ გაცემული სითბოს რაოდენობა (სურ. 86).
5. ჭურჭელში, რომელშიც 0°C -იანი 2 კგ ყინულია, ჩაასხეს 80°C -იანი 3 ლ ცხელი წყალი. გამოთვალე ნარევის ტემპერატურა.
6. სითბური ძრავა რაღაც დროის განმავლობაში სახურებლიდან იღებს 120 კჯ სითბოს რაოდენობას და ასრულებს 20 კჯ მუშაობას. გამოთვალე ასეთი ძრავის მქკ.



სურ. 86

III

1. სპირტი მენზურიდან გადაასხეს სპირტურაში და მთლიანად დაწვეს (სურ. 87). რამდენი გრადუსით გახურდებოდა ალუმინის ფილა? ენერგიის დანაკარგი უგულებელყავით.
2. რამდენით აიწვეს 2 კგ მასის წყლის ტემპერატურა, თუ მას მთლიანად გადაეცემა ენერგია, რომელიც გამოიყო 10 გ მასის ნავთის დაწვისას?
3. სითბოს რა რაოდენობა დაიხარჯა, თუ 0,75 კგ 20°C -იანი წყალი მიიყვანეს 100°C -მდე, შემდეგ წყალი აორთქლდა და ჩაიდანში დარჩა 250 გ წყალი?
4. წყალი მენზურიდან გადაასხეს ჭურჭელში და აადუღეს (სურ. 88). რა რაოდენობის სპირტი დაიხარჯა ამ პროცესისთვის? ენერგიის დანაკარგს მხედველობაში ნუ მიიღებ.
5. ჭურჭელში, რომელშიც -5°C -იანი 200 გ ყინულია, ჩაასხეს 400გ 90°C -იანი ცხელი წყალი. გამოთვალე ნარევის ტემპერატურა.
6. სითბური ძრავის მქკ-ია 45%. გამოთვალე სასარგებლო მუშაობა, თუ ძრავა რაღაც დროის განმავლობაში სახურებლიდან იღებს 600 კჯ სითბოს რაოდენობას.



სურ. 87



სურ. 88

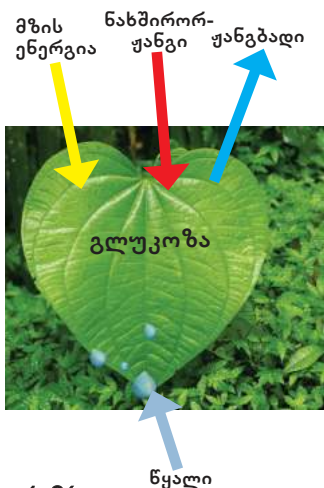
3.21. ენერგია ცოცხალ ორგანიზმებში

იფიქრე და იმსჯელე

რატომ არის აუცილებელი ადამიანისთვის საკვები და მანქანისათვის საწვავი? რა ანალოგიაა სურათზე გამოსახულ სიტუაციებს შორის?



სურ. 85



სურ. 86



სურ. 87

ცოცხალი ორგანიზმების არსებობისა და ცხოველქმედებისათვის ყველაზე მნიშვნელოვანი მზის ენერგიაა. მზის სხივების ზემოქმედებით მცენარეების უჯრედებში ხდება წყლისა და ნახშირორჟანგის რეაქცია – **ფოტოსინთეზი**. ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოიქმნება ატმოსფეროში ჟანგბადი.

ფოტოსინთეზის დროს მზის ენერგია გარდაიქმნება ქიმიურ ენერგიად, რომელიც გროვდება და ინახება ამ რეაქციის შედეგად მიღებულ ორგანულ ნაერთებში (სურ. 86). ეს სწორედ ის ენერგიაა, რომელიც გამოიყენება ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველქმედებისათვის.

დედამიწაზე ფოტოსინთეზის წყალობით ყოველწლიურად ჰაერი მდიდრდება 145 მილიარდი ტონა ჟანგბადით. ამიტომაც საჭირო ტყეებისა და დედამიწის მწვანე საფარის დაცვა (სურ. 87). ეს აუცილებელია სასიცოცხლო გარემოს შენარჩუნებისათვის. მცენარეთა უმრავლესობას ცხოველები და ადამიანები საკვებად იყენებენ. მნიშვნელოვანია, რომ მცენარის მიერ მიღებული მზის ენერგიის მხოლოდ 1% გარდაიქმნება ქიმიურ ენერგიად. მცენარით მკვებავი ცხოველის ორგანიზმი მცენარეში დაგროვილი ქიმიური ენერგიის მხოლოდ 10%-ს ითვისებს. ასევე, ადამიანის ორგანიზმი ცხოველის ხორციით კვებისას ცხოველში დაგროვილი ქიმიური ენერგიის 10%-ს ითვისებს.

ქიმიური ენერგიის ხარჯზე ადამიანისა და ცხოველის კუნთებს შეუძლია შეასრულოს მექანიკური მუშაობა.

სირბილისას ქიმიური ენერგიის მხოლოდ 25% გარდაიქმნება მექანიკურ ენერგიად, დანარჩენი 75% სითბოდ. მაგალითად, ცხენს (სურ. 88) — ასეთი გარდაქმნების მეშვეობით შეუძლია განავითაროს 700-800 ვტ-მდე მექანიკური სიმძლავრე. აქედან გამომდინარე, ფიზიკაში შემოიღეს სიმძლავრის ერთეული – ცხენის ძალა.

ძილის დროს ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციის შესანარჩუნებლად მოზრდილი ადამიანის ორგანიზმი ყოველ წამში ხარჯავს 80 ჯ ენერგიას.

გაკვეთილზე შენ 1 წმ-ში, დაახლოებით, 150 ჯ ენერგიას ხარჯავ. აქედან, 40 ჯ ხმარდება ტვინის მუშაობას, 30 ჯ – გულის მუშაობასა და მსუბუქ მოძრაობებს. ინტენსიური დატვირთვებისას, ფეხბურთის ან კალათბურთის თამაშისას, 1 წმ-ში დახარჯული ენერგია ზოგჯერ 700 ჯ-ს აღწევს.

საკვები ცოცხალი ორგანიზმებისათვის ენერგიის წყაროა. ერთი ნაჭერი კარაქიანი პური შეიცავს, დაახლოებით 315 კჯ ენერგიას. ამ ენერგიის ხარჯზე შეგიძლია იხტუნო 6 წუთის განმავლობაში, ველოსიპედით იმოძრაო 15 წუთი, სწრაფად იარო 15 წუთი, იძინო 1,1 საათი. იგივე ენერგია დასჭირდება ავტომანქანას 7 წამში 160 მ მანძილის გასავლელად და 60-ვატიან ნათურას იმისათვის, რომ 1,5 სთ-ის განმავლობაში ანათებდეს.

არქტიკის ბინადარ თეთრ დათვს ახასიათებს ხანგრძლივი ზამთრის ძილი. მიუხედავად იმისა, რომ ამ პერიოდში ის პასიურია და არ გადაადგილდება, არ მოიპოვებს საკვებს, მისი ორგანიზმი ძილის დროსაც წამში რამდენიმე ასეულ ჯოულ ენერგიას მოიხმარს (სურ. 89).

საკვებიდან მიღებულ ენერგიას კალორიებში (შემოკლებით – კალ.) გამოსახვენ: 1 კალ = 4,2 ჯ. შესაბამისად, 1 ჯ = 0,24 კალ.

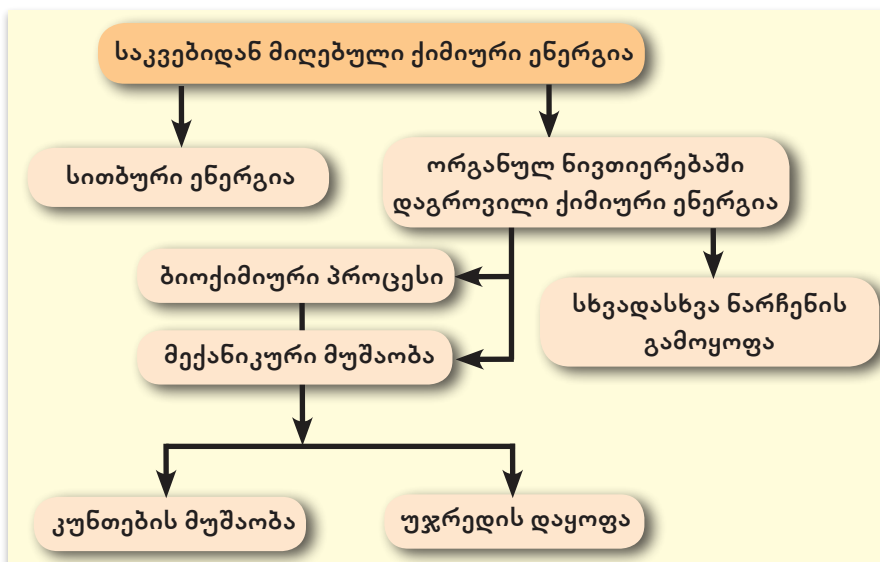


სურ.88



ბაზრება

1. სქემის მიხედვით იმსჯელე, ცოცხალ ორგანიზმებში ენერგიის გარდაქმნის შესახებ.



საშინაო დავალება

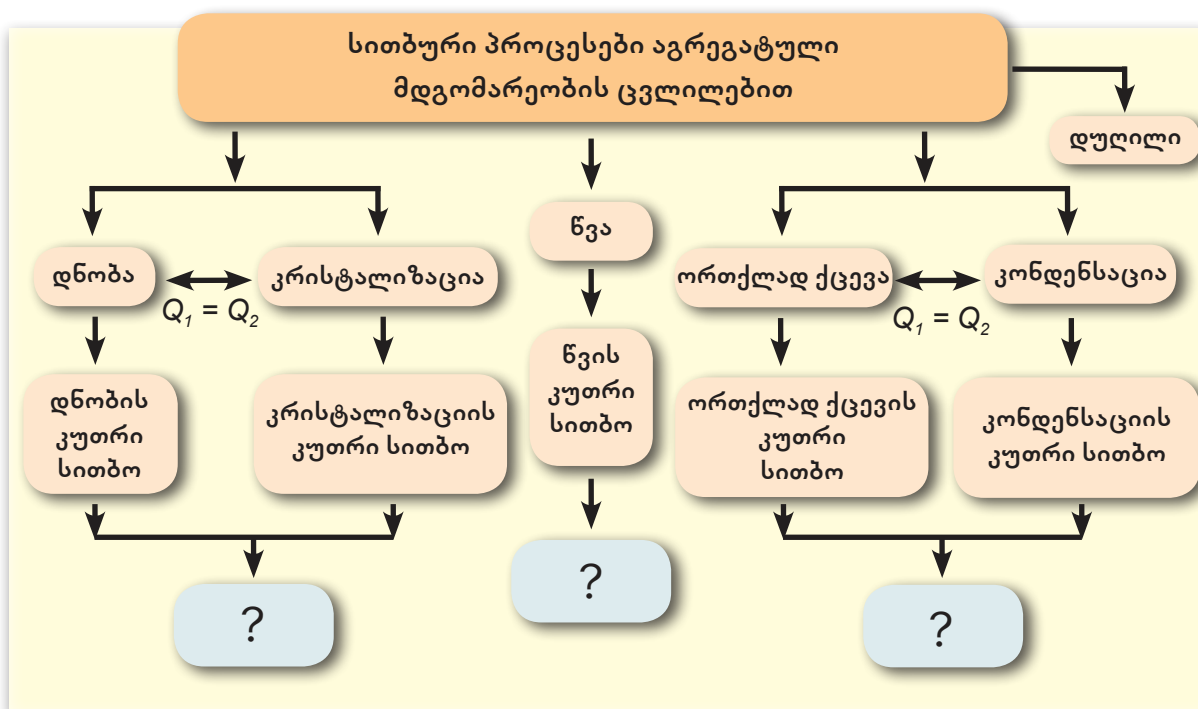
1. როდის უფრო მეტ „მზის ენერგიას“ ღებულობს ადამიანი, მცენარეული თუ ცხოველური საკვებით კვებისას?
2. სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოების ჩატარებისას შენ შეასრულე 1,8 მგჯ მუშაობა. რა მასის პური უნდა მიირთვა, რომ ენერგია აღიდგინო, თუ 1 კგ პურის მიღებით ადამიანის ენერგია დაახლოებით 9 მგჯ-ით იზრდება?
3. მოიძიე ინფორმაცია და მოამზადე პროექტი: „მზე ენერგიის მთავარი წყარო დედამიწაზე“, <http://animals.nationalgeographic.com/animals>.



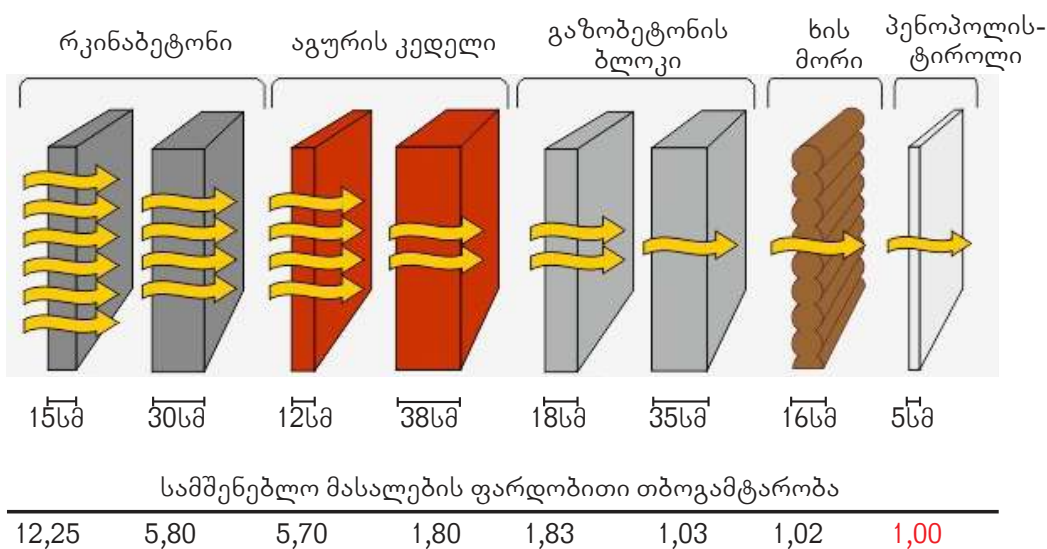
სურ. 89

III თავის შეჯამება

1. იმსჯელე სითბური პროცესების შესახებ. კითხვის ნიშნების ნაცვლად მიუთითე შესაბამისი ფორმულა საშინაო დავალების რვეულში.



2. სურათზე გამოსახულია თბოგამტარობის მიხედვით დალაგებული სხვადასხვა სამშენებლო მასალა. იმსჯელე, თბოგამტარობის ფარდობითი მაჩვენებლის მიხედვით, როგორ არის დამოკიდებული თბოგამტარობა ნივთიერების გვარობასა და ზომაზე. რომელი ნივთიერებაა ყველაზე კარგი თბოიზოლატორი?



3. დაუკავშირე ფიზიკური სიდიდეები შესაბამის ფორმულებს.

1. კუთრი სითბოტევადობა;

ა. $q = \frac{Q}{m}$

2. სხეულის გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა

ბ. $L = \frac{Q}{m}$

3. ორთქლად ქცევის კუთრი სითბო

გ. $Q = cm(t_2 - t_1)$

4. დნობის კუთრი სითბო

დ. $c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$

5. წვის კუთრი სითბო

ე. $\lambda = \frac{Q}{m}$

	ა	ბ	გ	დ	ე
1					
2					
3					
4					
5					

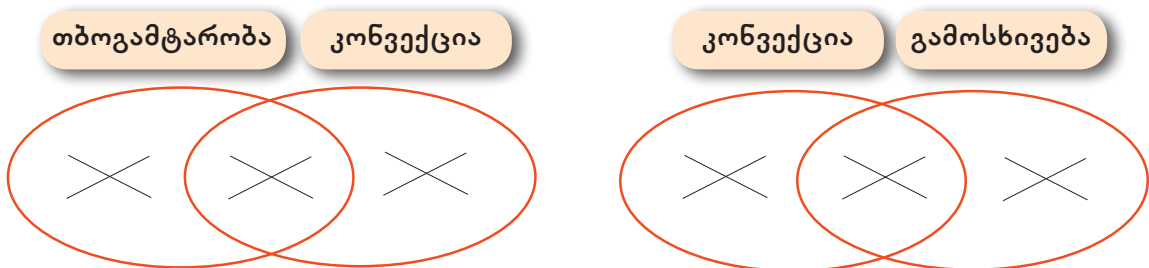
4. იმსჯელე, რატომ ბოლავს ლამპა მინის სახუფავის გარეშე? შეადარე ლამპები ერთმანეთს. რომელ ლამპას ექნება მეტი წევა და უკეთ გაანათებს?



5. შეუსაბამე ფიზიკურ სიდიდეებს მათი ერთეულები.



6. ვენის დიაგრამის გამოყენებით შეადარე თბოგადაცემის სახეები.

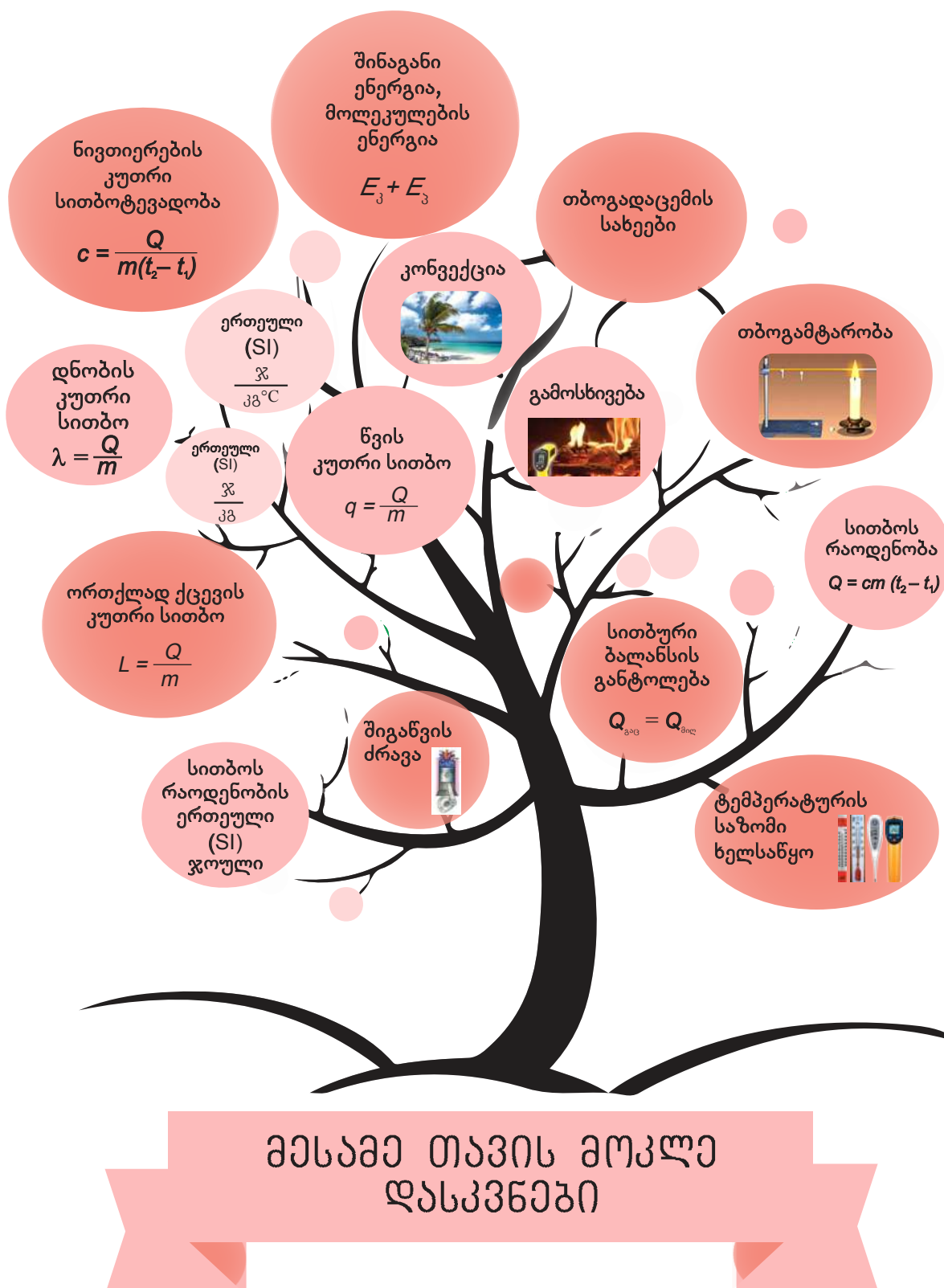


7. ცხრილის მიხედვით იმსჯელე, რომელ აგრეგატულ მდგომარეობაში იქნება ლითონები 900°C ტემპერატურაზე.

ლითონი	დნობის ტემპერატურა
ალუმინი	660°C
სპილენძი	1083°C

8. ვენის დიაგრამის გამოყენებით შეადარე სითბური პროცესები.





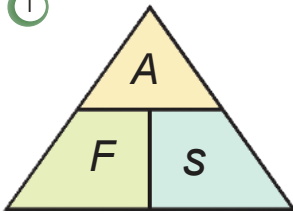
ცოდნის შეჯამება

1. მოცემული სქემის მიხედვით, იმსჯელე მექანიკურ და სითბურ მოვლენებზე, შესაბამის ფორმულებსა და მათ ერთეულებზე. ასევე იმსჯელე, როგორ გამოიყენებ მიღებულ ცოდნას ყოფა-ცხოვრებაში.

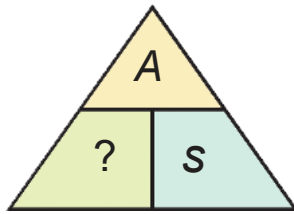


2. იმჯელე, რომელი ფორმულა უნდა ეწეროს კითხვის ნიშნის ნაცვლად.

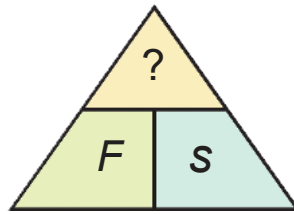
1



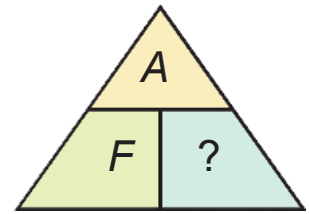
ა



ბ

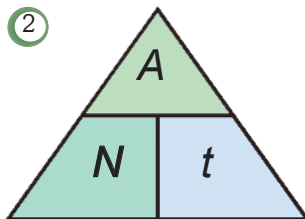


გ

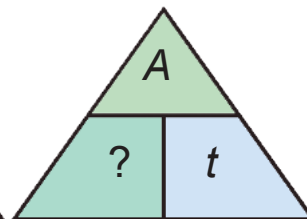


დ

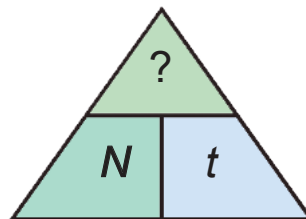
2



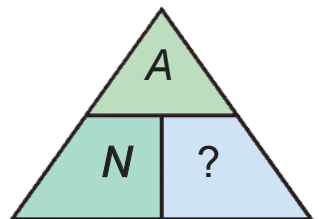
ა



ბ

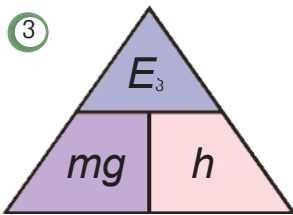


გ

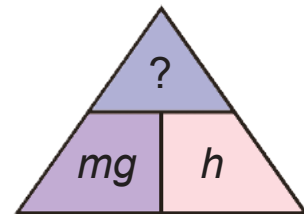


დ

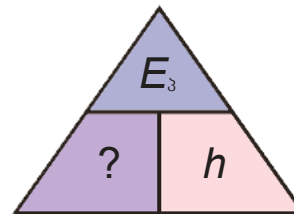
3



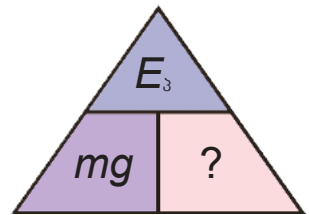
ა



ბ

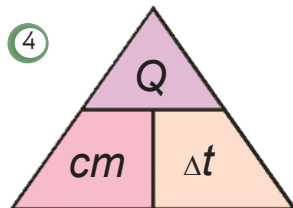


გ

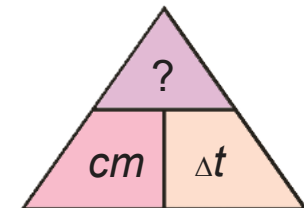


დ

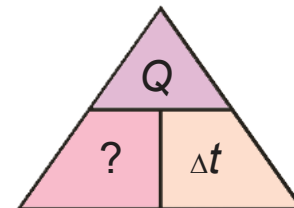
4



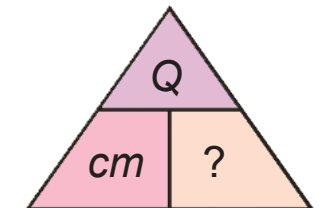
ა



ბ

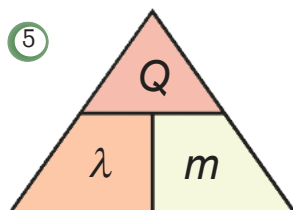


გ

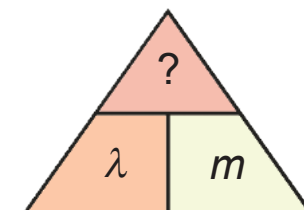


დ

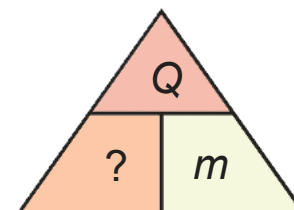
5



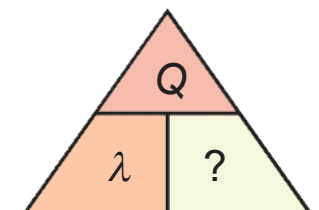
ა



ბ



გ



დ

ზოგიერთი ნივთიერების დნობისა და გამყარების ტემპერატურა (°C)
(ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს)

ალუმინი	660	კალიუმი	63	სპირტი	-114
აზოტი	-210	ნაფთალინი	80	ტყვია	327
ეთერი	123	ნატრიუმი	98	ფოლადი	1500
ვერცხლისწყალი	-39	ოქრო	1064	ქარვა	360
ვერცხლი	962	ოსმიუმი	5500	ცეზიუმი	29
ვოლფრამი	3380	პლატინა	1772	წყალბადი	-259
თუჯი	1200	ჟანგბადი	-219	წყალი	0
თუთია	420	რკინა	1539	ყინული	0
კალა	232	სპილენძი	1085	მინა	-

ზოგიერთი ნივთიერების სიმკვრივე (ρ) 20°C-ზე

ნივთიერება	ρ , კგ/მ ³	ρ , გ/სმ ³	ნივთიერება	ρ , კგ/მ ³	ρ , გ/სმ ³
აგური	1800	1,8	ოქრო	19300	19,3
ალუმინი	2700	2,7	ორგანული მინა	1200	1,2
გრანიტი	2600	2,6	პლატინა	21500	21,5
ვერცხლი	10500	10,5	რეზინი	910-1400	0,9-1,4
თითბერი	8500	8,5	საწერი ქაღალდი	1000	1,0
თუჯი	7000	7,0	სპილენძი	8900	8,9
თუთია	7100	7,1	სუფრის მარილი	2160	2,16
კალა	7300	7,3	ფაიფური	2300	2,3
კორპი	240	0,24	ქარვა	1070	1,07
მინა ფანჯრის	2500	2,5	ყინული	900	0,90
ნიკელი	8900	8,9	ცარცი	2200	2,2
ბენზინი	710	0,71	წყალი	1000	1,0
ზეთი	900	0,90	ჰაერი (0°C-ზე)	1,290	0,00129
სპირტი	800	0,80	წყლის ორთქლი (100°C-ზე)	0,590	0,00059

საშინაო დავალების პასუხები

1.1

1. 1.6 ჯ
2. 30 მ
3. 0
4. 1

1.2

1. 5 მ
2. $8 \cdot 10^8$ ჯ. ვერტმფრენი ასრულებს დადებით მუშაობას, სიმძიმის ძალა – უარყოფითს.
3. -0,016 ჯ
4. 1020 ნ/მ

1.3

1. 0
2. 48 ჯ
3. 0
4. AB მონაკვეთზე სიმძიმის ძალის მუშაობა უარყოფითია, CD მონაკვეთზე – დადებითი, BC და DE მონაკვეთზე ნულის ტოლია, EF მონაკვეთზე – დადებითი.
5. 530 კჯ

1.4

1. 15,6 კვტ

1.5

I

1. 10 ტ
2. ≈ 16 მ/წმ
3. 750 ვტ

II

1. 12 ჯ
2. $\approx 6,75$ -ჯერ
3. 660 კჯ

III

1. 7200 ნ
2. 250 ვტ
3. 1; 1/2

IV

1. 5400 ვტ
2. $3672 \cdot 10^8$ ჯ
3. 160 ვტ

1.6

1. 16 ჯ
2. №3

1.7

1. 12 ჯ
2. $225 \cdot 10^6$ ჯ
3. 350 კჯ
4. გაიზარდა 3-ჯერ.

1.9

1. 10,5 ჯ
2. $E_{33} > E_{32} > E_{31}$
 $E_{33} > E_{32} > E_{31}$.
3. E_3
4. 251 ნ

1.10

I

1. 15 ჯ
2. 50 ჯ
3. 510 ჯ

II

1. 5 მ
2. 0
3. 20 ჯ

III

1. 45 მჯ
2. 16-ჯერ
3. 0

2.1

1. 20 სმ

2.4

1. მდგრადია ბ ლამპა
2. მდგრადია ბ ხე

2.5

2. 110 ნ

2.6

1. $d_2 = 20d_1$

2.7

1. 3-ჯერ

2.8

I

1. 2 მ
2. 100 ნ
3. 13-ჯერ

II

1. 120 სმ

- 16 სმ; 36 სმ
- 1,2-ჯერ

III

- 16
- 2 სმ
- 2,5-ჯერ

2.9

- 200 გ; 100 გ
- 21 კგ

2.10

- 1800 ჯ
- 3-ჯერ ნაკლებია
- 4-ჯერ

2.12

- 80%
- 5,6 კჯ

2.13

- 75%
- 80%

2.14

I

- 200 გ
- 100 გ
- 800 ჯ

II

- 200 გ
- 600 გ
- 75%

III

- 20 კგ
- 200 გ
- 200 ჯ

I* 1 კგ

II* 10

III* 500 გ

3.12

- 5980 ჯ
- 924120 ჯ

3.13

- 1,36 მგჯ
- 260 კჯ
- 3225 ჯ

3.14

I

- 5320 ჯ
- 772560 ჯ
- 17 800 ჯ
- 1957600 ჯ

II

- 1008000 ჯ
- 1692160 ჯ
- 148600 ჯ
- 1209000 ჯ

III

- 73600 ჯ
- 82850 ჯ
- 1273320 ჯ
- 69380 ჯ

IV

- 432000 ჯ
- $q_1 q_2$
- 32250 ჯ
- 54400 ჯ

3.15

- ბ ჭურჭელი

3.16

- $4,6 \cdot 10^5$ ჯ
- $2016 \cdot 10^4$ ჯ

3.17

- $2,7 \cdot 10^7$ ჯ/კგ
- 14,6 გ
- $\approx 9,6$ გ

3.19

- 20 %

3.20

- 0,32 გ
- $2,3 \cdot 10^8$ ჯ
- 7258 კგ
- 30,6 კჯ
- 55°C
- 130 კჯ

II

- 270 მგჯ
- 11,2 გ
- 1339 კჯ
- 2016 ჯ; 2016 ჯ
- 45°C
- 17 %

III

- 483°-ით
- 55°C
- 1402 კჯ
- 1,2 გ
- 32°C
- 270 კჯ

3.21

- 10-ჯერ მეტი
- 0,2 კგ

გავიხსენოთ გავლილი მასალა



საბნობრივი საძიებელი

ბერკეტი — გვ. 40, 42, 48, 50
გამოსხივება — გვ. 78
დახრილი სიბრტყე — გვ. 49, 54
დესუბლიმაცია — გვ. 87
დისტანციური თერმომეტრი — გვ. 79
დიუარის ჭურჭელი — გვ. 73
დნობის კუთრი სითბო — გვ. 82
დნობის ტემპერატურა — გვ. 82
დრეკადობის ძალის პოტენციური ენერგია — გვ. 18
დულილი — გვ. 88
დულილის ტემპერატურა — გვ. 88
ვატი — გვ. 15
ზოგიერთი ნივთიერების დნობის კუთრი სითბო — გვ. 82
ზოგიერთი ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა — გვ. 80
ზოგიერთი ნივთიერების დულილის ტემპერატურა — გვ. 88
ზოგიერთი ნივთიერების ორთქლად ქცევის კუთრი სითბო — გვ. 86
ზოგიერთი სათბობის წვის კუთრი სითბო — გვ. 90
თბოგამტარობა — გვ. 72, 74
თბოიზოლატორი — გვ. 73
თერმოსი — გვ. 73
ინფრანითელი გამათბობლები — გვ. 78
იძულებითი კონვექცია — გვ. 77
კალორიმეტრი — გვ. 93
კინეტიკური ენერგია — გვ. 20, 23
კონდენსაცია — გვ. 86
კონვექცია — გვ. 75, 76
კუთრი სითბოტევადობა — გვ. 80
მანქანებისა და მექანიზმების მარგი ქმედების კოეფიციენტი — გვ. 52
მარტივი მექანიზმი — გვ. 40, 48, 50
მექანიკური ენერგია — გვ. 18, 22, 24, 28
მექანიკის „ოქროს წესი“ — გვ. 49
მუშაობა — გვ. 10, 12, 19, 20, 28
ორთქლად ქცევა — გვ. 86
ორთქლის ძრავა — გვ. 95
ორთქლად ქცევის კუთრი სითბო — გვ. 86
პოლისპასტი — გვ. 47
რეაქტიული ძრავა — გვ. 95
სითბური მოვლენები — გვ. 62, 69, 70
სითბოს რაოდენობა — გვ. 80

სითბოტევადობა — გვ. 81
სითბური ბალანსი — გვ. 92
სითბური მოძრაობა — გვ. 62
სითბური ძრავა — გვ. 94
სითხის თავისუფალი ზედაპირი — გვ. 89
სიმძლავრე — გვ. 15, 16, 28
სიმძიმის ძალის პოტენციური ენერგია — გვ. 18, 22
სიმძიმის ცენტრი — გვ. 32, 34
სუბლიმაცია — გვ. 87
შინაგანი ენერგია — გვ. 64, 66, 67
შიგანვის ძრავა — გვ. 94
ძალის მხარი — გვ. 41
ძალის მომენტი — გვ. 43
წონასწორობის სახეები — გვ. 36, 38
წვის კუთრი სითბო — გვ. 90
ჭოჭონაქი — გვ. 46, 48
ჯოული — გვ. 10, 19, 21, 80