

ფიზიკა

VIII კლასის
სახელმძღვანელო

2020

ფიზიკა

VIII კლასი

Don't Copy

შინაარსი

რუბრიკები.....	5
რჩევები მოსწავლეებს	6

I თავი

მექანიკური მუშაობა. სიმძლავრე. მექანიკური ენერგია

1.1 მექანიკური მუშაობა.....	10
1.2 სიმძლავრე. მარგი ქმედების კოეფიციენტი	16
1.3 მექანიკური ენერგია	21
1.4 კინეტიკური ენერგია	24
1.5 პოტენციური ენერგია.....	27
1.6 დრეკადად დეფორმირებული სხეულის პოტენციური ენერგია.....	30
1.7 მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი	30
შეამოწმე შენი ცოდნა	38

II თავი

სხეულთა წონასწორობა

2.1 არამბრუნავ სხეულთა წონასწორობა.....	46
2.2 სიმძიმის ცენტრი.....	48
2.3 წონასწორობის სახეები	51
2.4 ძალის მომენტი	54
2.5 მარტივი მექანიზმები. ბერკეტი	57
2.6 მექანიკის „ოქროს წესი“	63
2.7 ჭოჭონაქი	65
2.8 დახრილი სიბრტყე. მარტივი მექანიზმების მარგი ქმედების კოეფიციენტი.....	68
შეამოწმე შენი ცოდნა	71

III თავი

სითბური მოვლენები

3.1 სითბური მოვლენა. ტემპერატურა	78
3.2 შინაგანი ენერგია.....	81
3.3 თბოგადაცემა და მისი სახეები. თბოგამტარობა	85
3.4 კონვექცია.....	88
3.5 გამოსხივება	91
3.6 სითბოს რაოდენობა	93
3.7 ნივთიერების დნობა და გამყარება	98
3.8 აორთქლება. კონდენსაცია	103
3.9 დუღილი	106
3.10 წვის სითბო. სითბური ძრავები.....	111
დამატებითი მასალა.....	114
შეამოწმე შენი ცოდნა	121
პასუხები	126
დანართი	132
განმარტებითი ლექსიკონი.....	135

რ უ ბ რ ი კ ე ბ ი

1.1

თემა



უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები



ამოცანის ამოხსნის ნიმუში



შეამოწმე შენი ცოდნა

ექსპერიმენტული სამუშაო

პრაქტიკული დავალება

დამატებითი მასალა



დაიცავი უსაფრთხოების წესები

წლის ბოლოს შენ შეძლებ:

- მუშაობის დაკავშირებას ენერგიის ცვლილებასთან;
- მექანიკური ენერგიის მუდმივობაზე მსჯელობას;
- მარტივი მექანიზმების მოქმედების პრინციპის ექსპერიმენტულ შესწავლასა და პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრას;
- მარტივი მექანიზმების, წონასწორობისა და ენერგიის მუდმივობის კანონის როლის შეფასებას ბუნებასა და ყოფაცხოვრებაში;
- სხეულთა წონასწორობის პირობების ცოდნისა და მარტივი მექანიზმების გამოყენების დაკავშირებას სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან;
- სითბოს გადაცემის სახეების დახასიათებასა და მათ თავისებურებებზე არგუმენტირებულ მსჯელობას;
- სითბური ძრავების მოქმედების პრინციპსა და მათი მუშაობით შექმნილ ეკოლოგიურ პრობლემებზე არგუმენტირებულ მსჯელობას;
- ნივთიერების სითბოტევადობისა და წვის კუთრი სითბოს ექსპერიმენტულ შესწავლას;
- ნივთიერების სითბოტევადობისა და წვის კუთრი სითბოს როლის შეფასებას ბუნებასა და ყოფაცხოვრებაში;
- ბუნებაში მიმდინარე სითბური პროცესების შესახებ ცოდნის დაკავშირებას სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან.

რჩევები მოსწავლეებს

საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების განვითარებით ადამიანმა შექმნა თანამედროვე ტექნიკა უდიდესი შესაძლებლობებით. ფიზიკა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაა.

ფიზიკის სწავლების მიზანია, აზიაროს მოსწავლე მეცნიერების საფუძვლებს და განუვითაროს კვლევითი უნარები. ფიზიკა ადამიანს ეხმარება ბუნების შეცნობაში და აძლევს პრაქტიკული მოღვაწეობისათვის აუცილებელ ცოდნას.

სახელმძღვანელო უზრუნველყოფს არა მარტო ცოდნის შეძენას, არამედ გარკვეული უნარ-ჩვევების ჩამოყალიბებასა და განვითარებას. სახელმძღვანელოში მასალა ისეთ ნარმოდგენილი, რომ შენ შეძლებ, ჩასწვდე შესწავლილი მასალის არსს, ნასწავლი მასალა გამოიყენო სხვადასხვა სიტუაციაში, გააკეთო ანალიზი, სინთეზი, შეფასება.

შეეცადე, პასუხი გასცე პარაგრაფის ბოლოს დასმულ შეკითხვებს, ამოხსნა ამოცანები და ჩაატარო ექსპერიმენტული სამუშაოები. ეს დაგეხმარება უკეთ შეიცნო ბუნება, ადვილად უპასუხო მრავალ შეკითხვას.

შენთვის სასურველი ინფორმაცია შეიძლება მოიძიო ინტერნეტის საძიები სისტემებში, ენციკლოპედიებში, სამეცნიერო ლიტერატურაში და სხვ.

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

ჯგუფური სამუშაოს შესრულების შემდეგ სასურველია მოახდინო თვითშეფასება.

თვითშეფასების კითხვარი ჯგუფის თითოეული წევრისათვის:

1. რა გააკეთე ან თქვი ისეთი, რაც ჯგუფს დაეხმარა სამუშაოს შესრულებაში?
2. შენი აზრით, რამდენად ნაყოფიერად იმუშავა ჯგუფმა და რას თვლი ამის მიზეზად?
3. რას გააკეთებდი მომავალში, რომ ჯგუფის ეფექტურობა უფრო ამაღლებულიყო?
4. რა იყო ყველაზე მნიშვნელოვანი ერთობლივი მუშაობისას?
5. კმაყოფილი ხარ შენი წვლილით გუნდურ მუშაობაში?

ჯგუფის თვითშეფასების კითხვარი:

1. მიაღწიეთ თუ არა დასახულ მიზანს?
2. რა იყო ჯგუფის ყველაზე დიდი მიღწევა?
3. რა იყო ერთობლივი მუშაობის ნაკლი?

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

ამოცანის ამოხსნისას სასურველია გარკვეული თანმიმდევრობის დაცვა:

- ამოცანის ამოხსნა დაიწყე ამოცანის ყურადღებით წაკითხვით.
- წარმოიდგინე ის ფიზიკური მოვლენა, რომლის შესახებ ლაპარაკია ამოცანის პირობაში.
- თუ ამოცანა მოითხოვს გამოთვლების ჩატარებას, განსაზღვრე, რა სიდიდეებია ცნობილი და რა — უცნობი. დაადგინე მოცემულ შემთხვევაში რომელი მონაცემები ან გარემოებებია მნიშვნელოვანი და რომლის უგულებელყოფაა შესაძლებელი.
- შეადგინე ამოხსნის გეგმა. დაადგინე, რა გზით შეიძლება უცნობი სიდიდის პოვნა.
- მოცემული სიდიდეები ჩამოწერე ერთ სვეტში. სასურველია, სიდიდეები გამოსახო SI სისტემის ერთეულებით. ამოცანის პირობიდან გამომდინარე, ხშირად, უმჯობესია სიდიდეების გამოსახვა სხვა ერთეულებით. მაგალითად, სიჩქარის — კმ/სთ-ით, მოცულობის — ლ-ით და ა.შ. აუცილებელია, ფორმულაში შემავალი სიდიდეები გამოსახო ერთნაირი ერთეულებით. თუ სიჩქარე მოცემულია კმ/სთ-ით, მაშინ მანძილი უნდა გამოსახო კილომეტრებით, დრო კი — საათებით.
- მოცემულობის ჩანერისას ყურადღება მიაქციე სიდიდეთა ინდექსებს. მაგალითად, თუ სიჩქარე აღნიშნე ინდექსით „1“ — v_1 , მაშინ ამ სხეულის მიერ გავლილი მანძილიც აღნიშნე იმავე ინდექსით — S_1 -ით.
- ხშირად ამოცანის პირობაში არ არის მოცემული ამოხსნისათვის საჭირო ყველა სიდიდე, რომელიც მუდმივია ან ცხრილებითაა მოცემული (მაგალითად, ნივთიერების სიმკვრივე, დედამიწის რადიუსი). ამ სიდიდეთა მნიშვნელობები შეიძლება ჩანერო მოცემულობათა სვეტში.
- ამოცანის ამოხსნა გამარტივდება, თუ შეადგენ შესაბამის ნახაზს, დიაგრამას, სქემას ან ნახატს.
- სასურველია, ამოცანის ამოხსნა ზოგადი სახით (საბოლოო ფორმულის მიღება), მაგრამ, თუ ეს გაართულებს მათემატიკურ გარდაქმნებს, უმჯობესია, რიცხვითი გამოთვლები ჩაატარო თანდათან.
- შეამოწმე ამოცანის პასუხის სისწორე. იგი უნდა იყოს რეალური. მაგალითად, არ შეიძლება ავტომობილის სიჩქარე იყოს 100 კმ/წმ.
- სასურველია, ამოცანა ამოხსნა სხვა ხერხითაც.

პროექტი

პროექტი წარმოადგენს ამა თუ იმ საკითხზე მოსწავლის ან მოსწავლეთა ჯგუფის მიერ შესრულებულ სასწავლო-კვლევით სამუშაოს.

პროექტზე მუშაობა საინტერესო და შედეგიანი იქნება, თუ კლასში თანამოაზრენი გაერთიანდებით ერთ ჯგუფად.

პროექტზე მუშაობა სავარაუდოდ შეიძლება შემდეგი სქემის მიხედვით:

1. პრობლემის განსაზღვრა — სიტუაციის ანალიზიდან გამომდინარე პრობლემის ხაზგასმა;
2. მიზანი — მისაღწევი შედეგი;
3. ამოცანები — კონკრეტული ნაბიჯები მიზნის მისაღწევად;
4. განხორციელების გზები — ვინ და როგორ შეასრულებს კონკრეტულ საქმიანობებს;
5. საშუალო გეგმა — დროში განერილი საქმიანობები;
6. ბიუჯეტი — პროექტის განსახორციელებლად საჭირო რესურსები;
7. შედეგები — ყოველი ამოცანის გადაჭრის შემდეგ მიღებული კონკრეტული შედეგები;
8. შეფასება.

I თავი

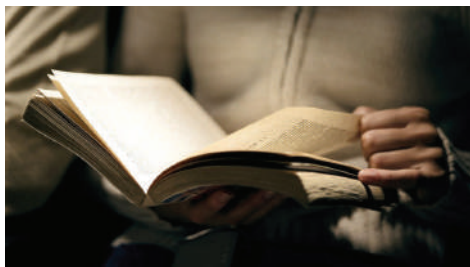
მექანიკური მუშაობა.
სიმძლავრე.
მექანიკური ენერგია



ამ თავის შესწავლის შემდეგ უნე შეძლებ:

- მუშაობის დაკავშირებას ენერგიის ცვლილებასთან;
- მუშაობას, ენერგიასა და სიმძლავრეს შორის კავშირის დადგენას;
- მექანიკური ენერგიის მუდმივობაზე მსჯელობას.





სურ. 1.1



სურ. 1.2

- დააკვირდი და აღწერე 1.1 და 1.2 სურათები.
- შენი აზრით, სრულდება თუ არა მუშაობა თითოეულ შემთხვევაში?

სიტყვა „მუშაობა“ ხშირად გვხვდება ყოველდღიურ ცხოვრებაში. მუშაობას ვუწოდებთ ნებისმიერ საქმიანობას, მათ შორის გონებრივს.

ფიზიკაში მუშაობას სხვაგვარად განიხილავენ.

ფიზიკის თვალსაზრისით მუშაობა სრულდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც სხეული გადაადგილდება ძალის მოქმედების შედეგად. ამ შემთხვევაში ამბობენ, რომ **სხეულზე მოქმედი ძალა ასრულებს მექანიკურ მუშაობას**.

მაგალითად, გარკვეულ სიმაღლეზე ტვირთის ატანისას ამნე ასრულებს მუშაობას. ავტომობილის, თვითმფრინავის, მატარებლის, გემის მოძრაობისას მათი ძრავები ასრულებენ მექანიკურ მუშაობას.

ადამიანს მოძრაობაში მოჰყავს სხეულები ან ამუხრუჭებს მათ. ეს სხეულები შეიძლება იყოს: ნიგნი, რვეული, ფანქარი, ბურთი, ჭადრაკის ფიგურები, სამუშაო იარაღები და სხვ. ყველა შემთხვევაში სრულდება მექანიკური მუშაობა, რომლის მნიშვნელობა დამოკიდებულია სხეულზე მოქმედი ძალისა და სხეულის გადაადგილების სიდიდეზე.

სხეულზე მოქმედი ძალის მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია ძალისა და ამ ძალის მიმართულებით სხეულის გადაადგილების სიდიდეთა ნამრავლისა:

$$\text{მუშაობა} = \text{ძალის სიდიდე} \times \text{გადაადგილების სიდიდე}$$

$$A = FS$$

სადაც A მუშაობაა, F — სხეულზე მოქმედი ძალის სიდიდე, S — სხეულის გადაადგილების სიდიდე.

ამ შემთხვევაში ძალას გადაადგილების მიმართულება აქვს.

მექანიკური მუშაობა სკალარული ფიზიკური სიდიდეა.

მუშაობის გამოსათვლელი ფორმულიდან გამომდინარე, რაც მეტია სხეულზე მოქმედი ძალის სიდიდე და სხეულის გადაადგილება, მით მეტი იქნება ამ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა.

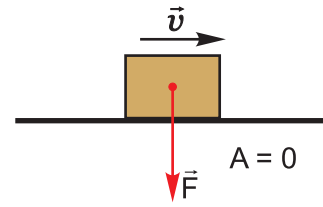
აღსანიშნავია, რომ მექანიკური მუშაობის შესრულებისას სხეულზე ძალა უნდა მოქმედებდეს გადაადგილების მთელი პროცესის განმავლობაში.

მუშაობა არ სრულდება იმ შემთხვევაში, თუ:

1. ძალის მოქმედებით სხეული არ გადაადგილდება;
2. სხეული მოძრაობს ძალის მოქმედების გარეშე;

3. სხეულზე ძალა მოქმედებს მოძრაობის მიმართულებისადმი მართობულად (სურ. 1.3).

- განიხილე ვარდნილი სხეულის მოძრაობა (სურ. 1.4). შეადარე ამ სხეულზე მოქმედი ძალებისა და სხეულის გადაადგილების მიმართულებები და გამოთქვი ვარაუდი, რა განსხვავება შეიძლება იყოს ამ ძალების მიერ შესრულებულ მუშაობებს შორის.



სურ. 1.3 F ძალა არ ასრულებს მუშაობას

ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი.

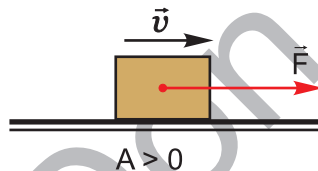
თუ სხეული მოძრაობს ძალის მიმართულებით, მაშინ ძალის მიერ შესრულებული **მუშაობა დადებითია** (სურ. 1.5).

თუ სხეული მოძრაობს ძალის საპირისპირო მიმართულებით, მაშინ ძალის მიერ შესრულებული **მუშაობა უარყოფითია** (სურ. 1.6).

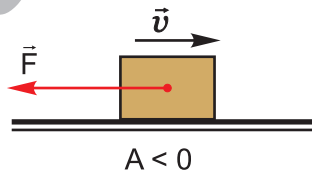
ამ შემთხვევაში მუშაობა გამოითვლება ფორმულით:

$$A = -FS$$

ძალისა და გადაადგილების მიმართულებებს შორის მახვილი ან ბლაგვი კუთხის შემთხვევაში მუშაობის გამოსათვლელ ფორმულას უფრო რთული სახე აქვს.



სურ. 1.5 F ძალის მუშაობა დადებითია



სურ. 1.6 F ძალის მუშაობა უარყოფითია

- დაასახელე მაგალითები, როდესაც ძალის მუშაობა დადებითი, უარყოფითი ან ნულის ტოლია;
- ახსენი, თითოეულ შემთხვევაში რატომ არის ძალის მუშაობა დადებითი, უარყოფითი ან ნულის ტოლი.

მუშაობის გასაზომად საჭიროა მისი ერთეულის ცოდნა.

მუშაობის ფორმულიდან გამომდინარე

მუშაობის ერთეული = ძალის ერთეული $\times$ გადაადგილების ერთეული
SI სისტემაში მუშაობის ერთეულს უწოდეს **ჯოული (ჯ)** ინგლისელი მეცნიერის ჯეიმს ჯოულის პატივსაცემად.

1ჯ არის მუშაობა, რომელსაც ასრულებს სხეულზე მოქმედი 16 ძალა სხეულის გადაადგილებისას 1მ მანძილზე ძალის მოქმედების მიმართულებით.

$$1\text{ჯ} = 16 \cdot 1\text{მ}$$

პრაქტიკაში გამოიყენებენ უფრო დიდ ან უფრო მცირე ერთეულებს:

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

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

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

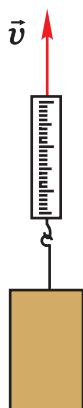
ექსპერიმენტული სამუშაო

მუშაობის გაზომვა

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, სახაზავი, დინამომეტრი, კაუჭიანი ძელი.

განიხილე ერთი და იმავე ძელის თანაბარი მოძრაობა ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებით. გამოთვალე წევის ძალის სიდიდე და ამ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა თითოეულ შემთხვევაში.

- დინამომეტრის საშუალებით ვერტიკალურად აწიე ძელი გარკვეულ h სიმაღლეზე (სურ. 1.7). შემდეგ ძელი გადაადგილე ჰორიზონტალურ ზედაპირზე $S=h$ მანძილზე (სურ. 1.8). შეეცადე, ორივე შემთხვევაში ძელმა იმოძრაოს თანაბრად. დინამომეტრი გვიჩვენებს წევის ძალის სიდიდეს.



სურ. 1.7 ძელი მოძრაობს ვერტიკალურად ზევით



სურ. 1.8 ძელი მოძრაობს ჰორიზონტალურად

- გაზომე ძელის გადაადგილება და გამოთვალე წევის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ორივე შემთხვევაში;
- ცხრილი გადაიტანე სამუშაო რვეულში;
- გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები შეიტანე ცხრილში (სურ. 1.9);

ცდის №	ვერტიკალური მოძრაობა			ჰორიზონტალური მოძრაობა		
	h	F	A	S	F	A

სურ. 1.9

- გააანალიზე ცხრილი: დაადგინე, რომელ შემთხვევაში უფრო მეტ მუშაობას შეასრულებს ძელზე მოქმედი წევის ძალა და შეეცადე, ახსნა ამის მიზეზი.

მითითება: გაიხსენე, რა შემთხვევაში მოძრაობს სხეული თანაბრად; რა ძალები მოქმედებს ძელზე ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მოძრაობისას და შეადარე ეს ძალები.

სხეულზე მოქმედი ძალის მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია ძალისა და ამ ძალის მიმართულებით სხეულის გადაადგილების სიდიდეთა ნამრავლისა:

$$A = FS$$

SI სისტემაში მუშაობის ერთეულია 1ჯოული (1ჯ).

1ჯ არის მუშაობა, რომელსაც ასრულებს 16 ძალა სხეულის გადაადგილებისას 1მ მანძილზე ძალის მოქმედების მიმართულებით.

$$1\text{ჯ} = 16 \cdot 1\text{მ}$$

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. სხეული აისროლეს ვერტიკალურად ზევით. დადებითია თუ უარყოფითი სიმძიმის ძალის მუშაობა სხეულის: ა) ზევით მოძრაობისას, ბ) ქვევით მოძრაობისას? პასუხი დაასაბუთე.

2. 206 წევის ძალის მოქმედებით სხეული მოძრაობს ჰორიზონტალურ ზედაპირზე ინერციით. გამოთვალე სხეულზე მოქმედი თითოეული ძალისა და ამ ძალთა ტოლქმედის მუშაობა სხეულის 100მ-ით გადაადგილებისას. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებ. ააგე მუშაობასა და სხეულის გადაადგილებას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი თითოეულ შემთხვევაში.

3. ამწეს 10მ სიმაღლეზე თანაბრად ააქვს 3ტ მასის ტვირთი. ტვირთზე მოქმედი ამწევი ძალა სიმძიმის ძალის ტოლია. გამოთვალე ამ ძალებისა და მათი ტოლქმედის მუშაობები. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებ.

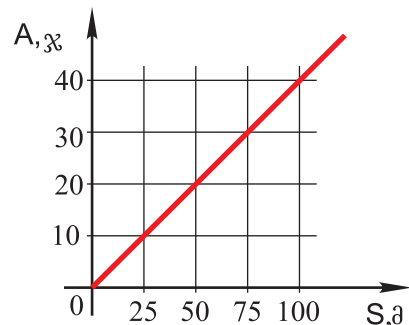
4. გრაფიკზე მოცემულია სხეულზე მოქმედი ძალის მუშაობის დამოკიდებულება მანძილზე (სურ. 1.10). გრაფიკის მიხედვით შეასრულე ა-ე დავალებები:

ა) რა სიდიდისაა ეს ძალა?
ბ) იცვლება თუ არა ძალის სიდიდე მოძრაობის განმავლობაში?

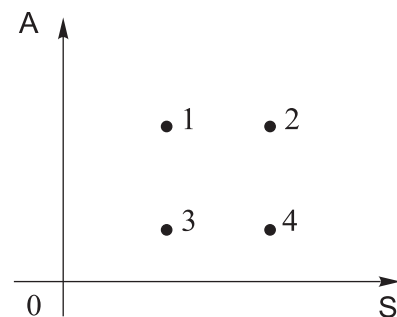
გ) რა მუშაობა შეასრულა ძალამ 50მ და 100მ-ზე გადაადგილებისას?

დ) შეადარე ეს მუშაობები;
ე) რა მანძილზე გადაადგილდა სხეული 10ჯ, 20ჯ, 30ჯ და 40ჯ მუშაობის შესრულებისას?

5. დიაგრამაზე (სურ.1.11) მოცემულია სხეულზე მოქმედი ძალის მუშაობასა და სხეულის გადაადგილებას შორის დამოკიდებულება. რომელი წერტილი შეესაბამება: ა) ძალის მაქსიმალურ მნიშვნელობას; ბ) ძალის მინიმალურ მნიშვნელობას?



სურ. 1.10



სურ. 1.11

პრაქტიკული დავალება

გამოთვალე მუშაობა, რომელსაც ასრულებ 100მ მანძილის თანაბრად გავლისას. ჩათვალე, რომ ყოველ ნაბიჯზე შესრულებული მუშაობა 15ჯ-ის ტოლია. აღწერე მუშაობის თანმიმდევრობა.



ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

ამოცანა

2500ტ მასის მატარებელი თანაბრად მოძრაობს 2კმ სიგრძის გზის ჰორიზონტალურ უბანზე. სახუნის ძალა შეადგენს მატარებლის წონის 0,002-ს. განსაზღვრე გზის ამ უბანზე მატარებლის მიერ შესრულებული მუშაობა.

ამოხსნა

A – ? მოც.: $m = 2500\text{ტ} = 2,5 \cdot 10^6\text{კგ};$ $S = 2\text{კმ} = 2000\text{მ};$ $F_b = 0,002P;$ $g = 10\text{მ/კგ}.$	მატარებლის მიერ შესრულებული მუშაობა $A = F_b S$ სადაც F_b წევის ძალაა. რადგან მატარებელი თანაბრად მოძრაობს, ამიტომ $F_b = F_g$ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოძრაობისას სხეულის წონა სიმძიმის ძალის ტოლია:
--	---

$$P = mg$$

ამიტომ, ამოცანის პირობის თანახმად,

$$F_b = 0,002mg$$

ამგვარად,

$$A = F_b S = 0,002mgS$$

ჩავსვათ რიცხვითი მნიშვნელობები:

$$A = 0,002 \cdot 2,5 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 2000 = 100000000(\text{ჯ})$$

პასუხი: მატარებლის მიერ შესრულებული მუშაობაა 100მგჯ.

ამოცანა

რა მუშაობა შესრულდება ტუმბოს დგუშის ერთი სვლისას, თუ დგუშზე წნევა 100კპა-ია? დგუშის ფართობია 100სმ², ერთი სვლა კი — 40სმ.

ამოხსნა

$$\begin{aligned} A - ? \\ \text{მოც.: } p = 100 \text{ კპა} = 10^5 \text{ პა}; \\ S = 100 \text{ სმ}^2 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ მ}^2; \\ h = 40 \text{ სმ} = 0,4 \text{ მ}. \end{aligned}$$

ტუმბოს დგუშზე მოქმედი ძალა აღვნიშნოთ F -ით, მაშინ დგუშის ერთი სვლის დროს ამ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა იქნება:

$$A = Fh$$

დგუშზე მოქმედი წნევის ძალა ტოლია დგუშზე წარმოებული წნევის და დგუშის ფართობის ნამრავლისა:

$$F = pS.$$

ამიტომ

$$A = pSh = 10^5 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4 = 400 (\text{ჯ})$$

პასუხი: დგუშის ერთი სვლისას შესრულდება 400ჯ მუშაობა.

ამოცანა

2ტ მასის ავტომობილი ჰორიზონტალურ გზაზე გადაადგილდა 1კმ-ით. რა მუშაობას შეასრულებს ავტომობილის ძრავა, თუ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა 500ნ-ია, ხახუნის ძალა კი შეადგენს ავტომობილის წონის 0,4-ს. ჩათვალო, რომ ავტომობილზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია.

ამოხსნა

$$\begin{aligned} A - ? \\ \text{მოც.: } S = 1 \text{ კმ} = 1000 \text{ მ}; \\ m = 2 \text{ ტ} = 2000 \text{ კგ}; \\ F_{\text{წ}} = 500 \text{ ნ}; \\ F_{\text{ხ}} = 0,4P; \\ g = 10 \text{ ნ/კგ}. \end{aligned}$$

რადგან გზატკეცილი ჰორიზონტალურია, ამიტომ ავტომობილის წონა ტოლია მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალისა:

$$P = mg$$

ამოცანის პირობიდან გამომდინარე

$$F_{\text{ხ}} = 0,4mg$$

ავაგოთ ავტომობილზე მოქმედი ძალების დიაგრამა. ავტომობილზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა $m\vec{g}$, საყრდენი ზედაპირის დრეკადობის ძალა $\vec{F}_{\text{დრ}}$, ძრავის წევის ძალა $\vec{F}$, ხახუნის ძალა $\vec{F}_{\text{ხ}}$ და ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა $\vec{F}_{\text{წ}}$ (სურ. 1.12).

ძრავის მიერ შესრულებული მუშაობა ტოლია წევის ძალის და გადაადგილების ნამრავლისა:

$$A = FS$$

რადგან ავტომობილზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია, ეს ნიშნავს, რომ სიმძიმის ძალა კომპენსირებულია საყრდენის დრეკადობის ძალით, წევის ძალა კი — ხახუნის ძალითა და ჰაერის წინააღმდეგობით:

$$mg = F_{\text{დრ}}$$

$$F = F_{\text{ხ}} + F_{\text{წ}}$$

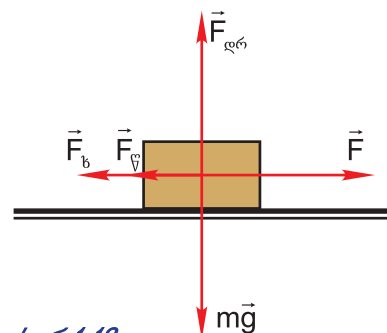
ამ ტოლობებისა და ამოცანის პირობის გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$A = (F_{\text{ხ}} + F_{\text{წ}}) \cdot S = (0,4mg + F_{\text{წ}}) \cdot S$$

ჩავსვათ რიცხვითი მნიშვნელობები:

$$A = (0,4 \cdot 2000 \text{ კგ} \cdot 10 \text{ ნ/კგ} + 500 \text{ ნ}) \cdot 1000 \text{ მ} = 8500000 \text{ ჯ} = 8500 \text{ კჯ}$$

პასუხი: ავტომობილი ძრავა შეასრულებს 8500კჯ მუშაობას.



სურ. 1.12

1.2

სიმძლავრე. მარტივი მანქანების კოეფიციენტი

- შენი აზრით, ერთი და იმავე რაოდენობის ყავას ელექტროსაფუძვავით უფრო სწრაფად დაფუძვავთ თუ მექანიკურით (სურ. 1.13, ა,ბ)?



ა) ელექტროსაფუძვავი



ბ) მექანიკური საფუძვავი

სურ. 1.13

- ერთი და იმავე ზომის მიწის ნაკვეთს ტრაქტორი უფრო სწრაფად დამუშავებს თუ ადამიანი (სურ. 1.14, ა,ბ)?



ა) მიწას ამუშავებს ტრაქტორი



ბ) მიწას ამუშავებს ადამიანი

სურ. 1.14

გარკვეული სამუშაოს შესრულებას სხვადასხვა მანქანა-დანადგარი სხვადასხვა დროს ანდომებს. ხშირად საჭიროა ვიცოდეთ არა მარტო შესრულებული მუშაობა, არამედ დროის შუალედიც, რომლის განმავლობაშიც ეს მუშაობა შესრულდა.

მუშაობის შესრულების სისწრაფეს ახასიათებენ **სიმძლავრით**.

სიმძლავრე არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია შესრულებული მუშაობის შეფარდებისა იმ დროის შუალედთან, რომლის განმავლობაშიც ეს მუშაობა შესრულდა:

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

სადაც N — სიმძლავრე, A — მუშაობა, t — დროის შუალედი.

დროის მოცემულ შუალედში რაც უფრო მეტი მუშაობის შესრულება შეუძლია ძრავას, მით მეტია მისი სიმძლავრე.

სიმძლავრე სკალარული სიდიდეა.

SI სისტემაში სიმძლავრის ერთეულია 1ვატი (1ვტ):

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

მექანიზმის სიმძლავრე 1ვტ-ის ტოლია, თუ იგი 1წმ-ში 1ჯ მუშაობას ასრულებს.

ტექნიკაში გამოიყენებენ სიმძლავრის უფრო დიდ ერთეულებს:

$$1\text{ჰვტ (ჰექტოვატი)} = 100\text{ვტ}$$

$$1\text{კვტ (კილოვატი)} = 1000\text{ვტ}$$

$$1\text{მგვტ (მეგავატი)} = 1000000\text{ვტ}$$

ტექნიკაში ჯერ კიდევ გამოიყენება სიმძლავრის ძველი ერთეული — **ცხენის ძალა (ცძ):**

$$1\text{ცძ} \approx 735\text{ვტ}$$

სიმძლავრე ნებისმიერი ძრავის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია.

- მოიძიე ინფორმაცია ზოგიერთი ძრავის სიმძლავრის შესახებ და წარმოადგინე ცხრილის სახით.

სხვადასხვა სახის ტრანსპორტი ხშირად მოძრაობს მუდმივი სიჩქარით. გავარკვიოთ, რაზეა დამოკიდებული ამ სიჩქარის სიდიდე. ცხადია, ამ შემთხვევაში მათზე მოქმედი F წევის ძალა განონასწორებულია წინააღმდეგობის ძალებით. წევის ძალის მუშაობა $A=FS$, ამიტომ სიმძლავრე

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

რადგან სიჩქარე მუდმივი სიდიდეა, ამიტომ მოძრაობა თანაბარია და

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

ამ ფორმულის გათვალისწინებით მივიღებთ:

$$N = Fv$$

საიდანაც

$$v = \frac{N}{F}$$

ამგვარად, სიჩქარე სიმძლავრის პროპორციულია. ამის გამო აქვთ დიდი სიმძლავრის ძრავები სწრაფმავალ მატარებლებსა და ავტომობილებს, თვითმფრინავებსა და რაკეტებს.

განიხილე მაგალითები:

I. ზებგერითი თვითმფრინავი ავითარებს 2300კმ/სთ-ზე მეტ სიჩქარეს (სურ. 1.15). ამ სიჩქარის მისაღწევად თვითმფრინავის ძრავა ასრულებს მუშაობას.

- შენი აზრით, ძრავის სიმძლავრე მთლიანად ხმარდება თუ არა თვითმფრინავის მუშაობის შესრულებას?



სურ. 1.15



სურ. 1.16

- შეეცადე, დაასაბუთო შენი ვარაუდის სისწორე.

II. მატარებლის ელექტროძრავის სიმძლავრეა 1000 კვტ. მისი წვევის ძალა თანაბარი მოძრაობისას 20 ნმ-ში ასრულებს 14000 ჯ მუშაობას (სურ. 1.16).

- გამოთვალე მატარებლის სიმძლავრე;
- შეადარე მატარებლის სიმძლავრე მისი ელექტროძრავის სიმძლავრეს და გააკეთე შესაბამისი დასკვნა.

თვითმფრინავის ან მატარებლის მიერ განვითარებული სიმძლავრე **სასარგებლო სიმძლავრეა**, მათ მიერ შესრულებული

მუშაობა — **სასარგებლო მუშაობა**, ელექტროძრავის სიმძლავრე **სრული სიმძლავრეა**, მის მიერ შესრულებული მუშაობა კი — **სრული მუშაობა**.

ყოველი მანქანა, ძრავა თუ მექანიზმი ხასიათდება სიდიდით, რომელიც გვიჩვენებს მათ ეფექტურობას. ამ სიდიდეს **მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ)** ეწოდება.

მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ტოლია სასარგებლო მუშაობის შეფარდებისა სრულ მუშაობასთან.

სასარგებლო მუშაობის აღნიშვნაა $A_{\text{სას}}$, სრული მუშაობის — $A_{\text{სრ}}$, მქკ-ის — η („ეტა“), ამიტომ

$$\eta = \frac{A_{\text{სას}}}{A_{\text{სრ}}}$$

ცხადია, ნებისმიერი მექანიზმის სასარგებლო მუშაობა სრული მუშაობის ნაწილია. სასარგებლო მუშაობის გარდა მუშაობა სრულდება ძრავის ნაწილებს შორის ხახუნის დაძლევაზე, მისი ცალკეული ნაწილების გადაადგილებაზე. მაგალითად, ტვირთის აწევისას ამწე დამატებით ასრულებს მუშაობას სხვადასხვა მექანიზმებისა და თოკების აწევაზე, ხახუნის ძალების დაძლევაზე.

ამგვარად, სასარგებლო მუშაობა ყოველთვის ნაკლებია სრულ მუშაობაზე:

$$A_{\text{სას}} < A_{\text{სრ}}$$

რაც იმაზე მიუთითებს, რომ მქკ 1-ზე ნაკლებია:

$$\eta < 1$$

ეს დასკვნა ეხება ნებისმიერ მოწყობილობას.

მქკ-ს გამოსახვევს წესიერი წილადით ან პროცენტებით:

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

სიმძლავრე არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია შესრულებული მუშაობის შეფარდებისა იმ დროის შუალედთან, რომლის განმავლობაშიც ეს მუშაობა შესრულდა:

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

SI სისტემაში სიმძლავრის ერთეულია **1 ვატი**.

მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ტოლია სასარგებლო მუშაობის შეფარდებისა სრულ მუშაობასთან:

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

ექსპერიმენტული სამუშაო

სიმძლავრის გამოთვლა

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, კიბე, სასწორი, სანტიმეტრი, წამმზომი.

გამოთვალე სიმძლავრე, რომელსაც ავითარებ კიბეზე თანაბარი ასვლისას.

- წინასწარ დაგეგმე ექსპერიმენტი;
- ამ შემთხვევისათვის გამოიყვანე სიმძლავრის გამოსათვლელი ფორმულა.

მითითება: მუშაობის გამოთვლისას ჩათვალე, რომ F ძალის სიდიდე არის შენზე მოქმედი სიმძიმის ძალის სიდიდის ტოლი: $F=mg$. კიბის H სიმაღლე ტოლია ერთი საფეხურის სიმაღლის h და n საფეხურების რაოდენობის ნამრავლისა: $H = nh$.

- ცხრილი გადაიტანე სამუშაო რვეულში;
- გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები შეიტანე ცხრილში (სურ. 1.17):

ცდის №	m , კგ	h , მ	n	H , მ	t , წმ	N , ვტ
1.						
2.						
3.						

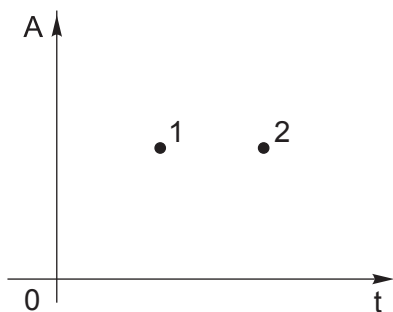
სურ. 1.17

- გამოთვლები ჩაატარე სხვადასხვა შემთხვევისათვის — როდესაც ერთი და იმავე სიმაღლეზე ადიხარ სწრაფად და ნელა;
- გააანალიზე ცხრილი — დაადგინე, რაზეა დამოკიდებული კიბეზე ასვლისას შენ მიერ განვითარებული სიმძლავრე;
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.

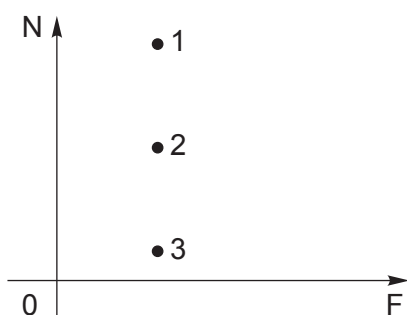


უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

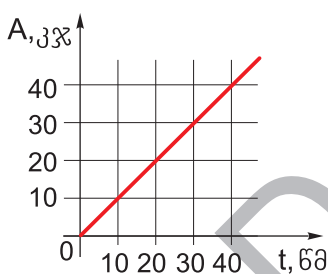
1. გარკვეულ სიმაღლეზე ტვირთის ასატანად ამწემ 3წთ-ში შეასრულა 1,8 მგჯ მუშაობა. რა სიმძლავრე განავითარა ამწემ?
2. რას უდრის ძრავის სიმძლავრე, თუ 5წთ-ში მის მიერ შესრულებული მუშაობა 3,6მგჯ-ის ტოლია? რა მუშაობას შეასრულებს ძრავა 2-ჯერ მეტ დროში?
3. რა სიმძლავრე უნდა ჰქონდეს ტრანსპორტიორს, რომ მისი საშუალებით 20წთ-ში 6მ სიმაღლეზე აიტანონ 20ტ ქვიშა?
4. რა მასის ტვირთის აწევა შეუძლია 10კვტ სიმძლავრის ამწეს 5მ/წთ სიჩქარით?
5. ნორმალური მუშაობის პირობებში ადამიანი ავითარებს 80ვტ სიმძლავრეს, დიდი სიჩქარით გარბენისას კი შეიძლება განავითაროს 2000ვტ სიმძლავრეც.



სურ. 1.18



სურ. 1.19



სურ. 1.20

გამოთვალე თითოეულ შემთხვევაში ადამიანის მიერ 10წთ-ში შესრულებული მუშაობა. შეადარე ეს მუშაობები და გამოიტანე დასკვნა.

6. რა სიმძლავრეა საჭირო იმისათვის, რომ 100კგ მასის ყუთი ჰორიზონტალურ ზედაპირზე თანაბრად გადავაადგილოთ 1მ/წმ სიჩქარით, თუ ხახუნის კოეფიციენტი 0,4-ის ტოლია?

7. 3კვტ სიმძლავრის ძრავას მექონე ტუმბოს წყალი ამოაქვს 18მ სიღრმის ჭიდან. გამოთვალე ტუმბოს მიერ 1სთ-ში ამოტანილი წყლის მასა, თუ ტუმბოს მექ 70%-ია?

8. დიაგრამაზე (სურ. 1.18) მოცემულია დამოკიდებულება სხვადასხვა ძრავის მუშაობასა და ამ მუშაობის შესასრულებლად საჭირო დროის შუალედს შორის. რომელი ძრავის სიმძლავრეა მეტი?

9. დიაგრამაზე (სურ. 1.19) მოცემულია დამოკიდებულება სამი სხვადასხვა ავტომობილის სიმძლავრესა და წვეის ძალას შორის. შეადარე ავტომობილთა სიჩქარეები.

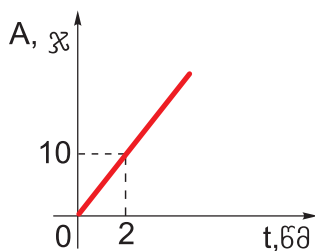
10. 1.20 სურათზე მოცემულია ძრავის მუშაობასა და დროის შუალედებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი. გრაფიკის მიხედვით უპასუხე კითხვებს:

ა) რა სიმძლავრე აქვს ძრავას?

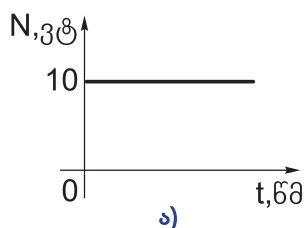
ბ) რა მუშაობას ასრულებს ძრავა 40წმ-ში?

გ) რა დროის შუალედში ასრულებს ძრავა 20კვტ მუშაობას?

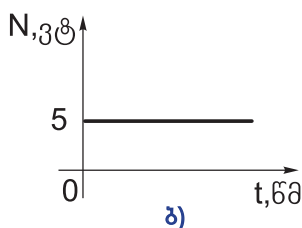
11. 1.21 სურათზე მოცემულია ძრავის მუშაობის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. რომელი გრაფიკი შეესაბამება ძრავის სიმძლავრის დროზე დამოკიდებულებას?



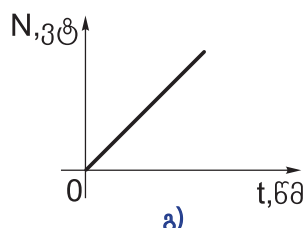
სურ. 1.21



ა)



ბ)



გ)

პლანეტებს შორის სივრცეში დიდი სიჩქარით მოძრავი მეტეორები (კოსმოსური სხეულები) ასრულებენ მუშაობას — პლანეტებისა და მათი თანამგზავრების ზედაპირზე დაცემისას წარმოქმნიან სხვადასხვა ზომის კრატერებს (ღრმულებს). ცნობილია არიზონის (აშშ) კრატერი, რომლის დიამეტრი 1265მ-ია, სიღრმე კი — 175მ (სურ. 1.22, ა,ბ).



ა)



ბ)

სურ. 1.22 არიზონის კრატერი

კოსმოსური ხომალდი რომ გავიდეს ორბიტაზე, ე.ი. შეასრულოს მუშაობა სიმძიმის ძალის დასაძლევად, მან უნდა განავითაროს 8კმ/წმ სიჩქარე (სურ. 1.23).

ამგვარად, გარკვეული სიჩქარით მოძრავ სხეულს შეუძლია მუშაობის შესრულება.

თუ სხეულს აქვს მუშაობის შესრულების უნარი, მაშინ ამბობენ, რომ ამ სხეულს აქვს ენერგია.

ენერგია არის სხეულის ან სხეულთა სისტემის მიერ მუშაობის შესრულების უნარი.

მეტეორებს და კოსმოსურ ხომალდებს აქვთ ენერგია, რადგან შეუძლიათ მუშაობის შესრულება.

ენერგია უმნიშვნელოვანესი ცნებაა არა მარტო საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, არამედ ცხოვრების ყველა სფეროში.

ენერგიის გარეშე ვერ იარსებებდა სიცოცხლე, არ იქნებოდა მოძრაობა, ურთიერთქმედება, სინათლე, სითბო, ბგერა. ენერგიის გარეშე წარმოუდგენელია ნებისმიერი საქმიანობა. ენერგიას საჭიროებს ფიზიკური შრომაც და აზროვნების პროცესიც.

ბუნების ყველა მოვლენა დაკავშირებულია ენერგიასთან.



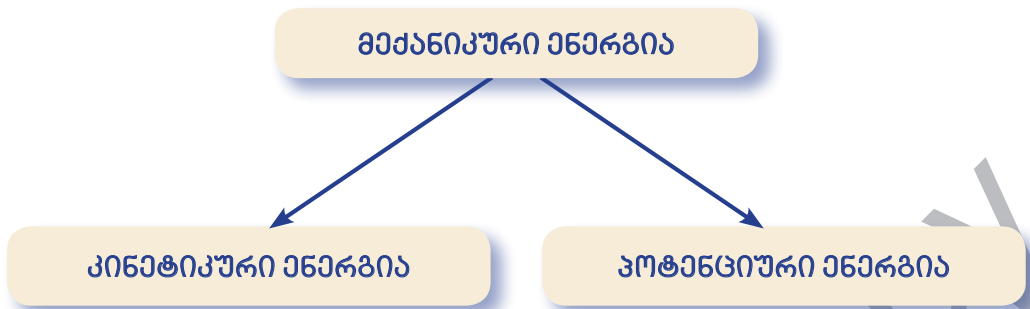
სურ. 1.23 $v = 8\text{კმ/წმ}$

- შენი აზრით, რა სახის ენერგიას მოიხმარს ტელევიზორი, მაცივარი, უთო და სხვა ელექტრული ხელსაწყოები?
- რა ენერგია განაპირობებს ავტომობილის, თვითმფრინავის, გემის მოძრაობას?

- როგორ ღებულობენ ენერგიას ადამიანები და ცხოველები?
არსებობს ენერგიის სხვადასხვა სახე: მექანიკური, შინაგანი, ელექტრომაგნიტური, ქიმიური, ბირთვული და სხვ.

მექანიკური ენერგია არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ახასიათებს სხეულთა ან მათი ნაწილების მოძრაობასა და ურთიერთქმედებას.

მექანიკური ენერგია ორი სახისაა: კინეტიკური და პოტენციური.



კინეტიკური ენერგია აქვს ნებისმიერ მოძრავ სხეულს. კინეტიკური ენერგია აქვს დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრს, მოძრავ ავტომობილს, ქარს, ზღვისა და ოკეანის ტალღებს.

ენერგიას, რომელიც სხეულს აქვს მოძრაობის შედეგად, კინეტიკური ენერგია ეწოდება.

პოტენციური ენერგია სხეულებს ან მათ ნაწილებს აქვს ურთიერთქმედების შედეგად.

პოტენციური ენერგია აქვს დედამიწის ზედაპირიდან რაიმე სიმაღლეზე ატანილ სხეულს, რადგან იგი ურთიერთქმედებს დედამიწასთან — სხეული და დედამიწა ურთიერთმიიზიდება.

პოტენციური ენერგია აქვს შეკუმშულ ან გაჭიმულ ზამბარას. ეს ენერგია განისაზღვრება ზამბარის ხვიების ურთიერთქმედებით. დეფორმირებულ ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალების მოქმედებით ზამბარა ცდილობს დაუბრუნდეს არადეფორმირებულ მდგომარეობას.

ენერგიას, რომელიც სხეულებს, ან მათ ნაწილებს აქვს ურთიერთქმედების შედეგად, პოტენციური ენერგია ეწოდება.



სურ. 1.24 ქარიშხალი



სურ. 1.25 ზღვის ტალღები

- აღწერე 1.24 და 1.25 სურათებზე წარმოდგენილი მოვლენები ენერგეტიკული თვალსაზრისით.

- შენი აზრით, რა ენერგია აქვთ სხეულებს ვარდნის პროცესში?
- რა ენერგია აქვს გარკვეულ სიმაღლეზე მოძრავ თვითმფრინავს?

უმრავლეს შემთხვევაში სხეულებს აქვთ როგორც კინეტიკური, ისე პოტენციური ენერგია, ამიტომ განიხილავენ სხეულის სრულ მექანიკურ ენერგიას.

სხეულის სრული მექანიკური ენერგია არის მისი კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი.

რაც უფრო მეტი ენერგია აქვს სხეულს, მით მეტი მუშაობის შესრულება შეუძლია მას.

მუშაობის შესრულებისას იცვლება სხეულის ენერგია. ცხადია, მუშაობა და ენერგია ერთი და იმავე ერთეულებით იზომება.

SI სისტემაში ენერგიის ერთეულია 1 ჯოული.

ენერგია სკალარული ფიზიკური სიდიდეა.

ძალის მოქმედების შედეგად იცვლება სხეულის ენერგია.

სხეულზე მოქმედი ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ამ სხეულის ენერგიის ცვლილების ტოლია.

მექანიკური ენერგია არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ახასიათებს სხეულთა ან მათი ნაწილების მოძრაობასა და ურთიერთქმედებას.

ენერგიას, რომელიც სხეულს აქვს მოძრაობის შედეგად, კინეტიკური ენერგია ეწოდება.

ენერგიას, რომელიც სხეულებს ან მათ ნაწილებს აქვს ურთიერთქმედების შედეგად, პოტენციური ენერგია ეწოდება.

სხეულის სრული მექანიკური ენერგია არის მისი კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი.

სხეულზე მოქმედი ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ამ სხეულის ენერგიის ცვლილების ტოლია.

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. სიარულის დროს ადამიანი ავითარებს 60ვტ სიმძლავრეს. რა ენერგიას დახარჯავს იგი, თუ სეირნობს 20წთ-ის განმავლობაში?

2. როგორ შეიცვლება გარკვეული სიმაღლიდან ვარდნილი სხეულის კინეტიკური ენერგია? პასუხი დაასაბუთე.

3. რა ენერგია აქვს ბურთს, როდესაც: ა) მოედანზე მიგორავს; ბ) ჰაერში მოძრაობს?

4. ფერდობზე დაშვებული ციგა გზის ჰორიზონტალურ უბანზე გაჩერდა. როგორ შეიცვალა ციგის კინეტიკური ენერგია? პოტენციური ენერგია?

5. რატომ აყენებს სეტყვა დიდ ზიანს ხეხილს, ვენახს, პურის ყანას?

6. რა მუშაობა შეასრულა სხეულზე მოქმედმა ძალამ, თუ სხეულის ენერგია შეიცვალა: ა) 10კჯ-დან 60კჯ-მდე; ბ) 60კჯ-დან 10კჯ-მდე?

1.4

კინეტიკური ენერგია

ნებისმიერ მოძრავ სხეულს აქვს კინეტიკური ენერგია (სურ. 1.26 ა,ბ). ამ ენერგიის ხარჯზე იგი ასრულებს მუშაობას.



ა) ჩანჩქერს აქვს კინეტიკური ენერგია
სურ. 1.26



ბ) ფეხბურთის თამაშის დროს ფეხბურთელებს და ბურთს აქვს კინეტიკური ენერგია

ცხადია, რაც მეტი ენერგია აქვს სხეულს, მით მეტი მუშაობის შესრულება შეუძლია მას.

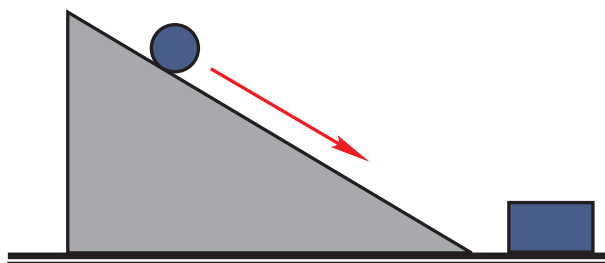
- შენი აზრით, რა სიდიდეებზე იქნება დამოკიდებული სხეულის კინეტიკური ენერგია?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმეთ ექსპერიმენტით.

ექსპერიმენტული სამუშაო

მოძრავი სხეულის ენერგია

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, დახრილი სიბრტყე, სხვადასხვა მასის ბურთულები, მსუბუქი ძელი, სასწორი, სახაზავი.

მითითება: სასურველია, ბურთულების მასები განსხვავდებოდეს 2-ჯერ ან 3-ჯერ.



სურ. 1.27

I.

- დახრილ სიბრტყეზე დააგორე ბურთულა ისე, რომ შეეჯახოს ძელს (სურ. 1.27);
- გაზომე ძელის გადაადგილება;
- შეადგინე ცხრილი და მასში შეიტანე გაზომვის შედეგები (ბურთულების მასები და ძელის გადაადგილებები);

- ძელი მოათავსე პირვანდელ მდებარეობაში და იმავე სიმაღლიდან დააგორე 2-ჯერ მეტი მასის ბურთულა;
- კვლავ გაზომე ძელის გადაადგილება;
- რომელი ბურთულა უფრო მეტად გადაადგილებს ძელს?
- შენი აზრით, შეჯახებისას რომელ ბურთულას აქვს მეტი ენერგია? რა დამოკიდებულებაა ბურთულის მასასა და ენერგიას შორის?

II.

- ერთი და იგივე ბურთულა დააგორე სხვადასხვა სიმაღლიდან. (ცხრილში შეიტანე სხვადასხვა სიმაღლისა და, შესაბამისად, ძელის გადაადგილების მნიშვნელობები);
- ძელთან შეჯახებისას ბურთულას რომელ შემთხვევაში ექნება მეტი სიჩქარე?
- როდის უფრო მეტია ძელის გადაადგილება?
- დამოკიდებულია თუ არა ბურთულის ენერგია მის სიჩქარეზე?
- გაანალიზე ექსპერიმენტი და დაადგინე, რა სიდიდეებზეა დამოკიდებული მოძრავი სხეულის ენერგია;
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.

ექსპერიმენტის ანალიზის შედეგად დაადგენ, რომ, რაც უფრო დიდია ბურთულის მასა და სიჩქარე, მით მეტია ძელის გადაადგილება, ე.ი. მით მეტია ბურთულის ენერგია.

სხეულის კინეტიკური ენერგია აღინიშნება E_k -ით. v სიჩქარით მოძრავი m მასის სხეულის კინეტიკური ენერგია გამოითვლება ფორმულით:

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

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

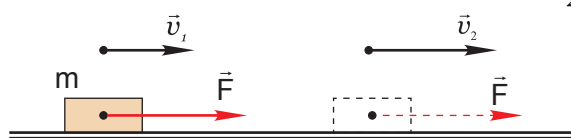
თუ სხეული უძრავია, მაშინ მისი სიჩქარე და, შესაბამისად, კინეტიკური ენერგია ნულის ტოლია.

უძრავ სხეულს რომ მიენიჭოს კინეტიკური ენერგია, ცხადია, უნდა შესრულდეს ამ ენერგიის ტოლი მუშაობა:

$$A = \frac{mv^2}{2}$$

თუ სხეულზე მოქმედებს ძალა, მაშინ სხეულის სიჩქარე იცვლება. შესაბამისად, ძალის მუშაობა დაკავშირებულია სიჩქარის ცვლელებასთან, სიჩქარის ცვლილება კი — კინეტიკური ენერგიის ცვლილებასთან.

ვთქვათ, $\vec{F}$ ძალის მოქმედებით m მასის სხეულის სიჩქარე გაიზარდა v_1 -დან v_2 -მდე (სურ. 1.28). ცხადია, სხეულის კინეტიკური ენერგია გაიზარდება $\frac{mv_1^2}{2}$ -დან $\frac{mv_2^2}{2}$ -მდე.



სურ. 1.28 სხეულის კინეტიკური ენერგია იზრდება

სხეულზე მოქმედი ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ტოლია სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილებისა:

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$A = E_{j2} - E_{j1}$$

დროის გარკვეულ შუალედში სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილება ტოლია იმ მუშაობისა, რომელსაც ასრულებს სხეულზე მოქმედი ძალა ამ დროის შუალედში.

სხეულის კინეტიკური ენერგია მოძრაობის ენერგიაა. იგი სხეულის მასისა და სიჩქარის კვადრატის ნამრავლის ნახევრის ტოლია:

$$E_j = \frac{mv^2}{2}$$

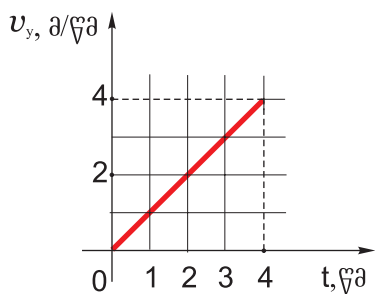
დროის გარკვეულ შუალედში სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილება ტოლია იმ მუშაობისა, რომელსაც ასრულებს სხეულზე მოქმედი ძალა ამ დროის შუალედში:

$$A = E_{j2} - E_{j1}$$

?

შპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

- როგორ შეიცვლება სხეულის კინეტიკური ენერგია, თუ მისი სიჩქარე: ა) გაიზარდება 2-ჯერ; ბ) შემცირდება 2-ჯერ?
- როგორ უნდა შეიცვალოს სხეულის სიჩქარე, რომ მისი კინეტიკური ენერგია გაიზარდოს 4-ჯერ?
- შეადარე ორი ერთნაირი ავტომობილის კინეტიკური ენერგიები, თუ:
 - მათი სიჩქარეები სხვადასხვაა;
 - სიჩქარეები ერთნაირია, მაგრამ ერთ-ერთი დატვირთულია.
- შესაძლებელია თუ არა, რომ სხეულის კინეტიკური ენერგია იყოს უარყოფითი სიდიდე? პასუხი დაასაბუთე.
- შენი აზრით, როგორ შეიცვლება სხეულის კინეტიკური ენერგია, თუ მასზე მოქმედი ძალის მუშაობა უარყოფითია?
- დაასახელე ძალები, რომელთა მოქმედებით სხეულის კინეტიკური ენერგია მცირდება. პასუხი დაასაბუთე.
- 2კგ მასის სხეულის სიჩქარის გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრე მისი კინეტიკური ენერგია მოძრაობის დაწყებიდან ყოველი მომდევნო წამის შემდეგ (სურ. 1.29).



სურ. 1.29

- ძალის მოქმედებით 2კგ მასის სხეულის სიჩქარე შემცირდა 4მ/წმ-დან 2მ/წმ-მდე. როგორ შეიცვალა სხეულის კინეტიკური ენერგია?
- რა მუშაობა შეასრულა 5კგ მასის სხეულზე მოქმედმა ძალამ, თუ სხეულის სიჩქარე გაიზარდა 2მ/წმ-დან 4მ/წმ-მდე?
- რა მანძილი გაიარა თანაბრად მოძრავმა 2კგ მასის ავტომობილმა 20წმ-ში, თუ მისი კინეტიკური ენერგია იყო 625კჯ?

შენ იცი, რომ პოტენციური ენერგია სხეულებს აქვთ ურთიერთქმედების შედეგად. პოტენციური ენერგია აქვს დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე ატანილ სხეულს. ვარდნისას სხეულის პოტენციური ენერგია მცირდება. შედეგად სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა ასრულებს მუშაობას.

ლითონის ჭედვისას მჭედელი ცდილობს, რაც შეიძლება მაღლა ასწიოს ურო. შეშის ჩეხვისას შეშის მჭრელი ცდილობს მაღლა აწიოს ცული (სურ. 1.30).



ა) ლითონის ჭედვა



ბ) შეშის ჩეხვა

სურ. 1.30

- რა მიზნით აკეთებენ ამას მჭედელი და შეშის მჭრელი?
- შენი აზრით, რა სიდიდეზე იქნება დამოკიდებული ვარდნილი სხეულის ენერგია?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმე ექსპერიმენტით.

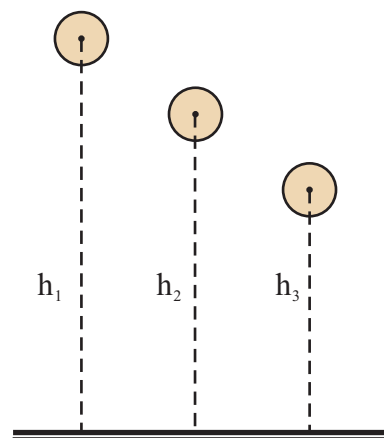
ექსპერიმენტული სამუშაო

ვარდნილი სხეულის ენერგია

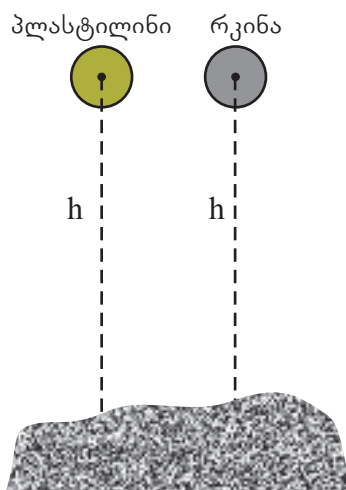
რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, ერთნაირი მოცულობის პლასტილინისა და რკინის ბურთულები, ქვიშა.

I

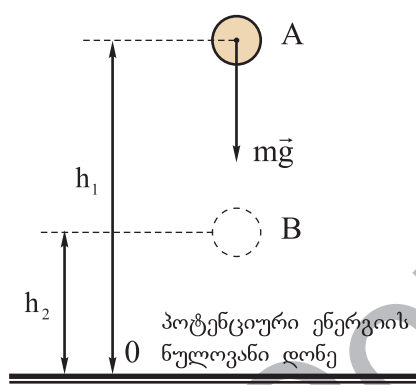
- დააკვირდი პლასტილინის ბურთულების ვარდნას სხვადასხვა სიმაღლიდან (სურ. 1.31). იატაკზე დაცემისას რომელი ბურთულა უფრო მეტად დეფორმირდება?
- რა შეიძლება იყოს ამ მოვლენის მიზეზი?



სურ. 1.31 ერთნაირი ბურთულების ვარდნა



სურ. 1.32 სხვადასხვა მასის ბურთულების ვარდნა



სურ. 1.33

ძალასა და სხეულის გადაადგილებას ერთი და იგივე მიმართულება აქვს, ამიტომ ამ ძალის მუშაობა

$$A = mg(h_1 - h_2)$$

ეს ფორმულა წარმოვადგინოთ სხვა სახით:

$$A = -(mgh_2 - mgh_1)$$

ტოლობის მარჯვენა მხარე წარმოადგენს პოტენციური ენერგიის ცვლილებას საპირისპირო ნიშნით:

$$A = -(E_{32} - E_{31})$$

სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მუშაობა ტოლია ამ სხეულის პოტენციური ენერგიის ცვლილებისა საპირისპირო ნიშნით.

- მიღებული ფორმულის გამოყენებით დაადგინე, როგორ შეიცვლება სხეულის პოტენციური ენერგია, თუ მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მუშაობა დადებითია, უარყოფითია? პასუხი დაასაბუთე.

რადგან მუშაობა განისაზღვრება ენერგიის ცვლილებით, ამიტომ ფიზიკური აზრი აქვს არა პოტენციურ ენერგიას, არამედ მის ცვლილებას. აქედან გამომ-

II

- იატაკზე დაყარე ქვიშა;
- დააკვირდი ერთნაირი მოცულობის რკინის და პლასტილინის ბურთულების ვარდნას ერთი და იმავე სიმაღლიდან (სურ. 1.32). რომელი ბურთულა უფრო ღრმად ჩავა ქვიშაში?
- შეეცადე, ახსნა ამ მოვლენის მიზეზი;
- გააანალიზე ექსპერიმენტი და დაადგინე, როგორ არის დამოკიდებული დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე ატანილი სხეულის ენერგია სხეულის მასასა და სიმაღლეზე;
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.

ცხადია, დედამიწის ზედაპირიდან h სიმაღლეზე ატანილი ბურთულები ურთიერთქმედებენ დედამიწასთან, ამის გამო მათ აქვთ პოტენციური ენერგია.

ექსპერიმენტის ანალიზის შედეგად დაადგენ, რომ რაც მეტია სხეულის მასა და სიმაღლე, მით მეტია სხეულის პოტენციური ენერგია.

პოტენციური ენერგია აღინიშნება E_3 -ით. h სიმაღლეზე ატანილი m მასის სხეულის პოტენციური ენერგია გამოითვლება ფორმულით:

$$E_3 = mgh$$

დავადგინოთ რა კავშირია სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობასა და სხეულის პოტენციურ ენერგიას შორის.

ვთქვათ, ვარდნისას სხეული გადაადგილდა A-დან B წერტილში (სურ. 1.33). ჩავთვალოთ, რომ სიმძიმის ძალა მუდმივი სიდიდეა. სიმძიმის

დინარე, შეიძლება ავირჩიოთ სხეულის ის მდებარეობა, რომელშიც სხეულის პოტენციურ ენერგიას ნულის ტოლად ჩავთვლით. ამ მდებარეობას შეესაბამება **პოტენციური ენერგიის ნულოვანი დონე** (სურ. 1.33). ნულოვან დონედ შეიძლება ჩავთვალოთ ნებისმიერი ზედაპირი: დედამიწის, მაგიდის და სხვ.

პოტენციური ენერგია აქვს არა ცალკე აღებულ სხეულს, არამედ ურთიერთქმედ სხეულებს. განვიხილოთ ექსპერიმენტში ურთიერთქმედი სხეულებია ბურთულები და დედამიწა.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ კინეტიკური ენერგია ერთი სხეულის ენერგიაა, პოტენციური კი — სხეულთა სისტემის (მინიმუმ ორი სხეულის ან სხეულის ნაწილების).

პოტენციური ენერგია ურთიერთქმედების ენერგიაა. h სიმაღლეზე ატანილი m მასის სხეულის პოტენციური ენერგია

$$E_p = mgh$$

სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მუშაობა ტოლია ამ სხეულის პოტენციური ენერგიის ცვლილების საპირისპირო ნიშნით:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1})$$

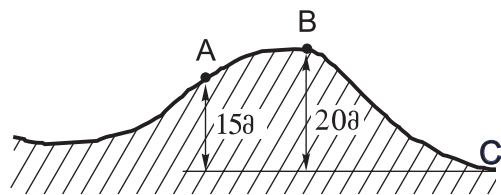
?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. გამოთვალე 3კგ მასის სხეულის პოტენციური ენერგია დედამიწის ზედაპირიდან 20მ და 40მ სიმაღლეებზე. შეადარე ეს ენერგიები.

2. 2კგ მასის ვერტმფრენი დედამიწის ზედაპირიდან 20მ სიმაღლეზეა. რა სიმაღლეზე უნდა ავიდეს ვერტმფრენი, რომ მისი პოტენციური ენერგია გაიზარდოს 600კჯ-ით?

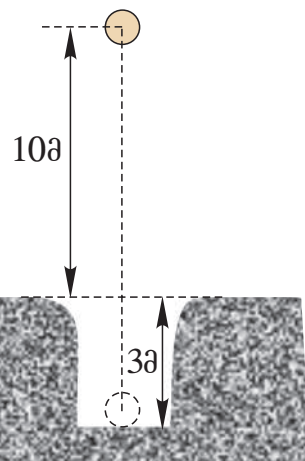
3. გამოთვალე 10ტ მასის ავტომობილის პოტენციური ენერგია ტრაექტორიის A, B და C წერტილებში (სურ. 1.34), როდესაც პოტენციური ენერგიის ნულოვანი დონე გადის: ა) A წერტილზე; ბ) B წერტილზე; გ) C წერტილზე.



სურ. 1.34

4. ვერტიკალურად ასროლილი სხეულის მოძრაობის ანალიზის საფუძველზე დაამტკიცე, რომ სიმძიმის ძალის მუშაობა შეკრულ ტრაექტორიაზე ნულის ტოლია.

5. 1კგ მასის სხეული 10მ სიმაღლიდან ჩავარდა 3მ სიღრმის ორმოში (სურ. 1.35). რა მუშაობა შეასრულა სიმძიმის ძალამ? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებ.



სურ. 1.35

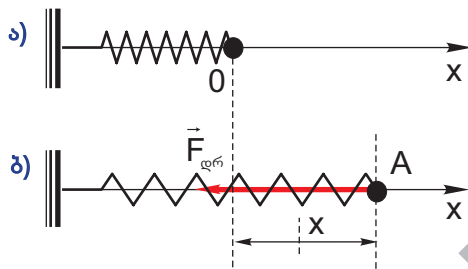
6. 8მ სიმაღლიდან უსაწყისო სიჩქარით ვარდება სხეული. რა სიმაღლეზე გაუტოლდება სხეულის კინეტიკური ენერგია პოტენციურს? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებ.

1.6

დრეკადად დეფორმირებადი სხეულის პოტენციური ენერგია

დრეკადი სხეულის დეფორმაციისას აღიძვრება დრეკადობის ძალა, რომელიც სხეულს აბრუნებს არადეფორმირებულ მდგომარეობაში. ე.ი. დრეკადობის ძალა ასრულებს მუშაობას. ეს ნიშნავს, რომ დრეკადად დეფორმირებულ სხეულს აქვს ენერგია.

გამოვთვალოთ მუშაობა, რომელსაც ასრულებს დეფორმირებულ ზამბარაში აღძრული დრეკადობის ძალა. ზამბარის ერთი ბოლო უძრავად დავამაგრეთ, მეორეზე კი მივამაგრეთ სხეული (სურ.1.36). x ღერძი მივმართოთ ზამბარის ღერძის გასწვრივ, კოორდინატა სათავე კი შევუთავსოთ სხეულის იმ მდებარეობას, როდესაც ზამბარა არადეფორმირებულია (სურ. 1.36,ა).



სურ. 1.36

ძალის მოქმედებით ზამბარა გამოვიყვანოთ ნონასწორობის მდებარეობიდან (სურ.1.36,ბ). აღვნიშნოთ ზამბარის წაგრძელება x -ით (A მდებარეობა). დეფორმაციის შედეგად ზამბარაში აღიძვრება საპირისპიროდ მიმართული იმავე სიდიდის დრეკადობის ძალა. დეფორმაციის გამომწვევი ძალის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ დრეკადობის ძალა ასრულებს მუშაობას — ზამბარას აბრუნებს საწყის მდებარეობაში.

ჰუკის კანონის თანახმად, მცირე დაფორმაციისას დეფორმირებულ სხეულში აღძრული დრეკადობის ძალის სიდიდე პროპორციულია სხეულის სიგრძის ცვლილებებისა:

$$F = kx$$

ცხადია, ზამბარის მაქსიმალური წაგრძელებისას დრეკადობის ძალის სიდიდე მაქსიმალურია, ნონასწორობის მდებარეობაში კი — ნულის ტოლი, ამიტომ განვიხილავთ დრეკადობის ძალის საშუალო მნიშვნელობას.

დრეკადობის ძალის მუშაობა

$$A = F_{\text{საშ}} x$$

დრეკადობის ძალის საშუალო მნიშვნელობა ტოლია დრეკადობის ძალის საწყისი და საბოლოო მნიშვნელობების საშუალო არითმეტიკულისა:

$$F_{\text{საშ}} = \frac{0 + F_{\text{დრ}}}{2} = \frac{kx}{2}$$

მუშაობის გამოსათვლელ ფორმულაში ჩავსვათ $F_{\text{საშ}}$ -ს მნიშვნელობა, მივიღებთ:

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

გამოსახულება $\frac{kx^2}{2}$ წარმოადგენს დეფორმირებული ზამბარის პოტენციურ ენერგიას:

$$E_3 = \frac{kx^2}{2}$$

თუ დეფორმირებული ზამბარის პოტენციური ენერგია შეიცვალა E_{31} -დან E_{32} -მდე, მაშინ

$$A = E_{31} - E_{32} = -(E_{32} - E_{31})$$

დეფორმირებულ სხეულში აღძრული დრეკადობის ძალის მუშაობა ტოლია ამ სხეულის პოტენციური ენერგიის ცვლილებისა შებრუნებული ნიშნით.

გავარკვიოთ დრეკადად დეფორმირებული სხეულის პოტენციური ენერგიის არსი. ჩავთვალოთ, რომ დრეკადობის ძალის მოქმედებით დეფორმირებული ზამბარა დაბრუნდა არადეფორმირებულ მდგომარეობაში (როდესაც ზამბარის პოტენციური ენერგია ნულის ტოლია), მაშინ

$$A = \frac{kx^2}{2} = E_3.$$

დრეკადად დეფორმირებული სხეულის პოტენციური ენერგია ტოლია იმ მუშაობისა, რომელსაც ასრულებს დრეკადობის ძალა დეფორმირებული სხეულის გადასვლისას არადეფორმირებულ მდგომარეობაში.

დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე ატანილი სხეულის პოტენციური ენერგია დედამიწისა და სხეულის ურთიერთქმედების ენერგიაა. დრეკადად დეფორმირებული სხეულის პოტენციური ენერგია კი — ამ სხეულის ცალკეული ნაწილაკების ურთიერთქმედების ენერგია.

ამგვარად, პოტენციური ენერგია სხეულის ან სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედების ენერგიაა.

დრეკადად დეფორმირებული სხეულის პოტენციური ენერგია:

$$E_3 = \frac{kx^2}{2}$$

დეფორმირებულ სხეულში აღძრული დრეკადობის ძალის მუშაობა ტოლია ამ სხეულის პოტენციური ენერგიის ცვლილებისა შებრუნებული ნიშნით:

$$A = -(E_{32} - E_{31})$$

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

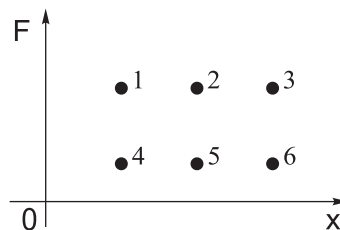
1. დინამომეტრზე დაკიდეს 2კგ მასის ტვირთი. გამოთვალეთ დინამომეტრის ზამბარის პოტენციური ენერგია, თუ იგი წაგრძელდა 3სმ-ით.

2. 2006/მ სიხისტის ზამბარა გაჭიმეს მისი სიგრძის 1/4-ით. გამოთვალეთ ზამბარის პოტენციური ენერგია, თუ მისი სიგრძე არადეფორმირებულ მდგომარეობაში 40სმ-ია.

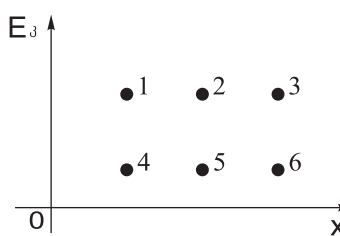
3. დრეკადობის ძალის მოქმედებით არადეფორმირებული ზამბარის წაგრძელება შემცირდა 20სმ-იდან 10სმ-მდე. რამუშაობა შეასრულა დრეკადობის ძალამ, თუ ზამბარის სიხისტე 10006/მ-ია?

4. 1.37 სურათზე მოცემულია გაჭიმულ ზამბარაში აღძრულ დრეკადობის ძალასა და ზამბარის წაგრძელებას შორის დამოკიდებულების დიაგრამა. რომელი წერტილი შეესაბამება მაქსიმალურ პოტენციურ ენერგიას?

5. 1.38 სურათზე მოცემულია გაჭიმული ზამბარის პოტენციურ ენერგიასა და ზამბარის წაგრძელებას შორის დამოკიდებულების დიაგრამა. რომელი წერტილი შეესაბამება მინიმალურ დრეკადობის ძალას?



სურ. 1.37



სურ. 1.38

მოძრავ სხეულს აქვს კინეტიკური ენერგია, რომელიც შეიძლება გამოვიყენოთ მუშაობის შესასრულებლად. მუშაობის შესრულება შეუძლია აგრეთვე გარკვეულ სიმაღლეზე ატანილ სხეულს ვარდნისას. მაგალითად, ვარდნილი წყლის ენერგიას იყენებენ ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტრული ენერგიის მისაღებად (სურ. 1.39).



სურ. 1.39 ჰიდროელექტროსადგურის კაშხალი

ელექტრული ენერგია შეიძლება გარდაიქმნას სითბურ, მექანიკურ, სინათლის ენერგიად.

ფიზიკაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ერთ-ერთ უნივერსალურ კანონს — **ენერგიის მუდმივობის კანონს**.

ურთიერთქმედ სხეულებს ერთდროულად შეიძლება ჰქონდეთ კინეტიკური ენერგია და პოტენციურიც.

განვიხილოთ იმ სხეულთა ენერგიის ცვლილება, რომლებიც ქმნიან **ჩაკეტილ სისტემას**.

ჩაკეტილია სხეულთა სისტემა, რომელშიც შემავალი სხეულები ურთიერთქმედებენ მხოლოდ ერთმანეთთან

(მათზე გარე ძალები არ მოქმედებს).

დროის ნებისმიერ მომენტში სხეულთა ჩაკეტილი სისტემის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამს სრული მექანიკური ენერგია ეწოდება:

$$E = E_k + E_p$$

მაგალითად, დედამიწა და მისი ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე ატანილი სხეული შეიძლება ჩავთვალოთ ჩაკეტილ სისტემად, თუ ჩავთვლით, რომ სისტემაზე არ მოქმედებს ხახუნისა და წინააღმდეგობის ძალები ან, სიმცირის გამო, შესაძლებელია ამ ძალების უგულებელყოფა. სიმძიმის ძალის მოქმედებით სხეული ვარდება დედამიწაზე (სურ. 1.40). გარკვეულ სიმაღლეზე სხეულის კინეტიკური ენერგია

აღვნიშნოთ E_{k1} -ით პოტენციური — E_{p1} -ით. დედამიწაზე დაცემისას, შესაბამისად — E_{k2} -ით და E_{p2} -ით.

სხეულის ვარდნისას მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალა ასრულებს მუშაობას. ამ მუშაობის შედეგად სხეულის კინეტიკური ენერგია გაიზრდება.

სიმძიმის ძალის მუშაობა ტოლია სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილებისა:

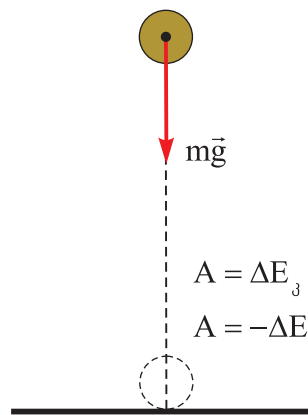
$$A = E_{k2} - E_{k1}$$

იმავე სიდიდით შემცირდება პოტენციური ენერგია, ამიტომ იგივე მუშაობა ტოლია პოტენციური ენერგიის ცვლილებისა საპირისპირო ნიშნით:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}) = E_{p1} - E_{p2}$$

ამ ტოლობების შედარებით მივიღებთ:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$



სურ. 1.40

ტოლობის ერთი მხარე წარმოადგენს სხეულის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამს ვარდნის დაწყებისას, მეორე მხარე — ამ ენერგიების ჯამს დედამიწის ზედაპირზე დაცემისას.

ამგვარად, სხეულის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი მუდმივი სიდიდეა. ეს ნიშნავს, რომ სხეულთა **ჩაკეტილი სისტემის სრული მექანიკური ენერგია არ იცვლება.**

ეს არის მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი სხეულთა ისეთი სისტემებისათვის, რომლებშიც სხეულები ურთიერთქმედებენ სიმძიმის ან დრეკადობის ძალებით.

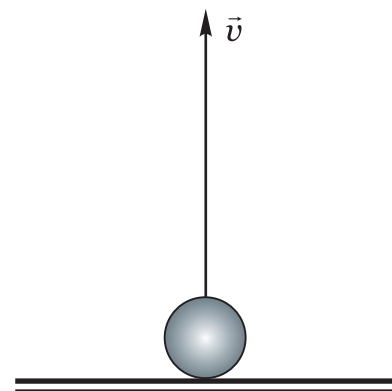
ექსპერიმენტული სამუშაო

სხეულთა ენერგეტიკული გარდაქმნები

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, ბურთულა, ძაფზე და ზამბარაზე დაკიდებული ბურთულები.

I.

- ბურთულა აისროლე ვერტიკალურად ზევით (სურ. 1.41) და დააკვირდი მის მოძრაობას.
- როგორ იცვლება ბურთულის სიჩქარე? როგორ შეიცვლება ბურთულის კინეტიკური ენერგია?
- რა ენერგია აქვს ბურთულას ასროლის მომენტში?
- როგორ იცვლება მანძილი ასროლის წერტილსა და ბურთულას შორის? როგორ შეიცვლება ბურთულის პოტენციური ენერგია?
- რა ენერგია აქვს ბურთულას მაქსიმალურ სიმაღლეზე?
- როგორ შეიცვლება ვარდნისას ბურთულის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები?



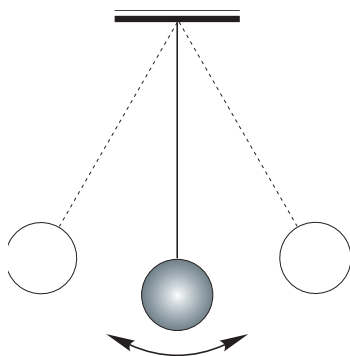
სურ. 1.41

II.

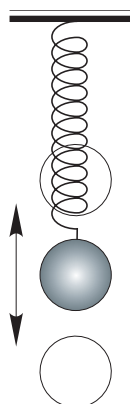
- დააკვირდი ძაფზე და ზამბარაზე დაკიდებული ბურთულების რხევებს (სურ. 1.42, 1.43).
- შეარჩიე ენერგიის ნულოვანი დონე და დაადგინე, რა ენერგია აქვს ბურთულებს წონასწორობის მდებარეობაში? მაქსიმალური გადახრისას?
- რა ენერგეტიკული გარდაქმნები ხდება ბურთულების მოძრაობისას?

ექსპერიმენტის ჩატარებისას ნახავ, რომ გარკვეული დროის შემდეგ ბურთულები გაჩერდება.

- შენი აზრით, ამ შემთხვევაში როგორ იცვლება ბურთულების ენერგია?
- ირლვევა თუ არა მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი?



სურ. 1.42



სურ. 1.43

ცხადია, განხილულ შემთხვევებში მექანიკური ენერგია მცირდება, მაგრამ ენერგიის მუდმივობის კანონი არ ირღვევა. სხეულის მოძრაობისას ხახუნისა და წინააღმდეგობის ძალების მოქმედებით მექანიკური ენერგია გარდაიქმნება შინაგან ენერგიად (სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი) ე.ი. მექანიკური ენერგია ან ენერგიის ნაწილი გარდაიქმნება სხვა სახის ენერგიად.

მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი არის კერძო შემთხვევა ზოგადად ენერგიის მუდმივობის კანონისა, რომლის თანახმად ნებისმიერი პროცესის დროს სხეულთა სისტემის სრული ენერგია მუდმივი სიდიდეა.

ენერგია თავისთავად არ წარმოიქმნება და არც უკვალოდ ქრება, იგი ერთი სახიდან გარდაიქმნება მეორე სახედ ან ერთი სხეულიდან გადაეცემა მეორეს.

ენერგიის მუდმივობის კანონს იყენებენ სხვადასხვა მექანიზმის, კოსმოსური ხომალდებისა და თანამგზავრების, პლანეტებისა და კოსმოსური სხეულების მოძრაობის შესასწავლად.

ჩაკეტილი სისტემის სრული მექანიკური ენერგია მუდმივი სიდიდეა.



უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. რა სახის მექანიკური ენერგია აქვს თვითმფრინავს: ა) ასაფრენ ზოლზე დგომისას? ბ) გაქანებისას? გ) ფრენისას? ენერგიის ნულოვან დონედ ჩათვალი ასაფრენი ზოლი.

2. აღწერე ენერგიის გარდაქმნა:

ა) მშვილდით ისრის გატყორცნისას (სურ. 1.44);

ბ) ჭოკით ხტომისას (სურ. 1.45);

გ) ბატუტზე ხტომისას (სურ. 1.46)

3. დედამიწაზე დავარდნილი ბურთი რალაც დროის განმავლობაში ხტუნავს დედამიწაზე. რატომ მცირდება თანდათან ახტომის სიმაღლე?

4. დედამიწის ზედაპირიდან ვერტიკალურად ზევით 10 მ/წმ სიჩქარით აისროლეს 1 კგ მასის სხეული, რომელმაც მიაღწია 5 მ სიმაღლეს. გამოთვალე სხეულის



სურ. 1.44 ისრის ტყორცნა



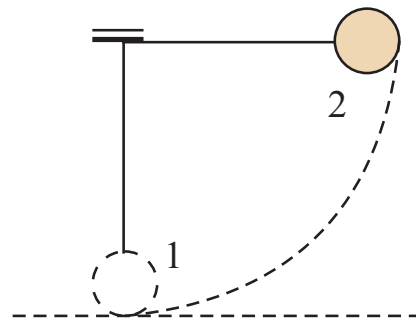
სურ. 1.45 ჭოკით ხტომა

კინეტიკური ენერგია ასროლის მომენტში და პოტენციური ენერგია მაქსიმალურ სიმაღლეზე. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებ. როგორ შეიცვლება გამოთვლების შედეგები ჰაერის წინააღმდეგობის გათვალისწინების შემთხვევაში?

5. 1მ სიგრძის ძაფზე დაკიდებული 300გ მასის ბურთულა გადახარეს 1-დან 2 მდებარეობაში და გაუშვეს ხელი (სურ. 1.47). გამოთვალე ბურთულის პოტენციური ენერგია უმაღლეს წერტილში და კინეტიკური ენერგია უდაბლეს წერტილში. ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებ.



სურ. 1.46 პატუტზე ხტომა



სურ. 1.47



ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

ამოცანა

გამოთვალე 1,5ტ მასის ავტომობილის კინეტიკური ენერგია, თუ იგი მოძრაობს ჰორიზონტალურ გზაზე მუდმივი 20მ/წმ სიჩქარით. როგორ შეიცვლება ავტომობილის მექანიკური ენერგია, თუ იგი იმავე სიჩქარით ავა 100მ სიმაღლის მთაზე? დაირღვევა თუ არა ენერგიის მუდმივობის კანონი?

ამოხსნა

$E_j = ?$	$\frac{E}{E_j} = ?$
მოც.: $m = 1,5 \text{ ტ} = 1500 \text{ კგ};$	
$v = 200 \text{ მ/წმ};$	
$h = 100 \text{ მ}.$	

პოტენციური ენერგიის ნულოვანი დონე დავუკავშიროთ გზის ჰორიზონტალურ ზედაპირს. გზაზე მოძრაობისას ავტომობილის კინეტიკური ენერგია იქნება:

$$E_j = \frac{mv^2}{2}$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$E_j = 300000 \text{ ჯ}$$

მთაზე ასვლისას ავტომობილის პოტენციური ენერგია იზრდება. 100 მ სიმაღლეზე მისი პოტენციური ენერგია იქნება

$$E_p = mgh = 1500000 \text{ ჯ}$$

სრული მექანიკური ენერგია ტოლია კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამის:

$$E = E_j + E_p$$

რადგან ავტომობილის სიჩქარე არ შეიცვალა, უცვლელი იქნება მისი კინეტიკური ენერგიაც, ამიტომ

$$E = 300000 \text{ ჯ} + 1500000 \text{ ჯ} = 1800000 \text{ ჯ}$$

გამოვთვალოთ რამდენჯერ გაიზარდა ავტომობილის ენერგია

$$\frac{E}{E_j} = \frac{1800000 \text{ ჯ}}{300000 \text{ ჯ}} = 6$$

ამგვარად, მთაზე ასვლისას ავტომობილის ენერგია 6-ჯერ გაიზარდა. ეს არ ნიშნავს ენერგიის მუდმივობის კანონის დარღვევას — სანჯავის წვის ენერგია გარდაიქმნა ავტომობილის მექანიკურ ენერგიად.

პასუხი: $E_j = 300000 \text{ ჯ}; \frac{E}{E_j} = 6$. ავტომობილის მოძრაობისას ენერგიის

მუდმივობის კანონი არ დაირღვევა.

ამოცანა

10 გ მასის ტყვია 800 მ/წმ სიჩქარით მოხვდა გლუვ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოთავსებულ 200 გ მასიურ ყუთს და გავიდა მეორე მხარეს 100 მ/წმ სიჩქარით. ტყვიის შეჯახების შედეგად ყუთი ამოძრავდა 35 მ/წმ სიჩქარით. როგორ შეიცვალა ამ დროს სისტემის (ტყვია-ყუთი) შინაგანი ენერგია?

ამოხსნა

ΔE – ?

მოც.: $v_{01} = 800 \text{ მ/წმ};$
 $m_1 = 10 \text{ გ} = 0,01 \text{ კგ};$
 $m_2 = 200 \text{ გ} = 0,2 \text{ კგ};$
 $v_1 = 1000 \text{ მ/წმ};$
 $v_{02} = 0;$
 $v_2 = 35 \text{ მ/წმ};$

ტყვია და ყუთი ჩავთვალოთ ჩაკეტილ სისტემად. აღვნიშნოთ ტყვიის სიჩქარე შეჯახებამდე v_{01} -ით, ყუთში გავლის შემდეგ — v_1 -ით, ყუთის სიჩქარე ტყვიის შეჯახებამდე — v_{02} -ით, შეჯახების შემდეგ — v_2 -ით.

ყუთში ტყვიის მოძრაობისას აღიძვრება ხახუნის ძალა, რომლის მოქმედებით სისტემის მექანიკური ენერგიის ნაწილი ΔE გარდაიქმნება მის შინაგან ენერგიად — სისტემის შინაგანი ენერგია გაიზრდება.

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

სადაც E_1 არის სისტემის მექანიკური ენერგია ურთიერთქმედებამდე (ტყვიის ყუთზე შეჯახებამდე), E_2 კი — ურთიერთქმედების შემდეგ (ტყვიის ყუთიდან გასვლის მომენტში). სისტემის ენერგია შეჯახებამდე ტოლია:

$$E_1 = \frac{m_1 v_{01}^2}{2} + \frac{m_2 v_{02}^2}{2}.$$

იმის გამო, რომ ყუთი მოთავსებულია გლუვ ზედაპირზე, შესაძლებელია ყუთსა და ამ ზედაპირს შორის ხახუნი უგულებელვყოთ.

ყუთთან ურთიერთქმედების შემდეგ ტყვიის კინეტიკური ენერგია იქნება

$$\frac{m_1 v_1^2}{2}$$

ტყვიის შეჯახების შემდეგ ყუთი შეიძენს ენერგიას

$$\frac{m_2 v_2^2}{2}$$

ამგვარად, შეჯახების შემდეგ სისტემის ენერგია იქნება:

$$E_2 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}.$$

E_1 და E_2 ენერგიების მნიშვნელობები ჩავსვათ ΔE -ის გამოსათვლელ ფორმულაში:

$$\Delta E = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \left(\frac{m_1 v_{01}^2}{2} + \frac{m_2 v_{02}^2}{2} \right)$$

ამ ტოლობაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$\Delta E = -3027,5 \text{ ჯ} \approx -3 \text{ კჯ}.$$

ნიშანი „-“ მიუთითებს სისტემის მექანიკური ენერგიის შემცირებაზე. ცხადია, გაიზრდება სისტემის შინაგანი ენერგია.

პასუხი: სისტემის შინაგანი ენერგია გაიზარდა 3 კჯ-ით.



შეამოწმე შენი ცოდნა

I მართებულია თუ არა მტკიცება

1. ფიზიკის თვალსაზრისით მუშაობა სრულდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც სხეული გადაადგილდება.
ა) დიახ; ბ) არა.
2. ფიზიკის თვალსაზრისით მუშაობა სრულდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც სხეულზე ძალა მოქმედებს.
ა) დიახ; ბ) არა.
3. ფიზიკის თვალსაზრისით მუშაობა სრულდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც სხეული გადაადგილდება ძალის მოქმედების შედეგად.
ა) დიახ; ბ) არა.
4. ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა დადებითია, თუ სხეული მოძრაობს ძალის მიმართულებით.
ა) დიახ; ბ) არა.
5. ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა უარყოფითია, თუ სხეული მოძრაობს ძალის საპირისპირო მიმართულებით.
ა) დიახ; ბ) არა.
6. ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია, თუ ძალის მოქმედებით სხეული არ გადაადგილდება.
ა) დიახ; ბ) არა.
7. ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია, თუ სხეული მოძრაობს ძალის მოქმედების გარეშე.
ა) დიახ; ბ) არა.
8. ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა ნულის ტოლია, თუ სხეულზე ძალა მოქმედებს მოძრაობის მიმართულებისადმი მართობულად.
ა) დიახ; ბ) არა.
9. სხეულის ვარდნისას მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მუშაობა დადებითია.
ა) დიახ; ბ) არა.
10. სიმძლავრე ახასიათებს მუშაობის შესრულების სისწრაფეს.
ა) დიახ; ბ) არა.
11. ნებისმიერი ძრავის $\eta < 1$, რადგან სასარგებლო მუშაობა სრული მუშაობის ნაწილია.
ა) დიახ; ბ) არა.
12. ენერგია არის სხეულის ან სხეულთა სისტემის მიერ მუშაობის შესრულების უნარი.
ა) დიახ; ბ) არა.
13. ნებისმიერ სხულს აქვს კინეტიკური ენერგია.
ა) დიახ; ბ) არა.
14. პოტენციური ენერგია სხეულის ან სხეულის ნაწილების ურთიერთქმედების ენერგიაა.
ა) დიახ; ბ) არა.
15. სხეულის ვარდნისას მისი პოტენციური ენერგია გარდაიქმნება კინეტიკურ ენერგიად.
ა) დიახ; ბ) არა.

16. სხეულის ასროლისას მისი კინეტიკური ენერგია გარდაიქმნება პოტენციურ ენერგიად.

ა) დიახ; ბ) არა.

17. სხეულთა სისტემის მექანიკური ენერგიის შემცირებისას იზრდება სისტემის შინაგანი ენერგია.

ა) დიახ; ბ) არა.

18. სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მუშაობა ტოლია ამ სხეულის პოტენციური ენერგიის ცვლილებისა.

ა) დიახ; ბ) არა.

19. მექანიკური ენერგია ახასიათებს სხეულთა ან მათი ნაწილების მოძრაობასა და ურთიერთქმედებას.

ა) დიახ; ბ) არა.

20. დროის გარკვეულ შუალედში სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილება ტოლია იმ მუშაობისა, რომელსაც ასრულებს სხეულზე მოქმედ ძალთა ტოლქმედი ამ დროის შუალედში.

ა) დიახ; ბ) არა.

21. კინეტიკური ენერგია ერთი სხეულის ენერგიაა, პოტენციური კი — სხეულთა სისტემის ან სხეულის ნაწილების ენერგია.

ა) დიახ; ბ) არა.

22. სხეულის ან სხეულთა სისტემის მექანიკური ენერგია ყოველთვის მუდმივი სიდიდეა.

ა) დიახ; ბ) არა.

23. სხეულის ან სხეულთა სისტემის სრული ენერგია გარკვეულ პირობებში შეიძლება არ იყოს მუდმივი სიდიდე.

ა) დიახ; ბ) არა.

II. რომელია სწორი პასუხი?

1. რამდენი მტკიცებაა მართებული: 1) სხეულის სრული მექანიკური ენერგია არის მისი კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი; 2) სხეულის კინეტიკური ენერგია მოძრაობის ენერგიაა, პოტენციური კი — ურთიერთქმედების ენერგია; 3) სიმძლავრე ახასიათებს მუშაობის შესრულების სისწრაფეს; 4) ენერგია არის სხეულის ან სხეულთა სისტემის მიერ მუშაობის შესრულების უნარი.

ა) ორი; ბ) სამი; გ) ოთხი.

2. მუშაობა გამოითვლება ფორმულით:

ა) $A=FS$; ბ) $N = \frac{A}{t}$; გ) $A= mgh$.

3. სიმძლავრე გამოითვლება ფორმულით:

ა) $A=FS$; ბ) $N = \frac{A}{t}$; გ) $A= mgh$.

4. სხეულის კინეტიკური ენერგია გამოითვლება ფორმულით:

ა) $E_k = \frac{mv^2}{2}$; ბ) $E_k = mgh$; გ) $E_k = \frac{kx^2}{2}$.

5. თუ 2006 ძალის მოქმედებით სხეული ამ ძალის მიმართულებით გადის 1კმ მანძილს, მაშინ ამ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობაა:

- ა) 200ჯ; ბ) 200კჯ; გ) 2000ჯ.

6. რომელ შემთხვევაშია სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა უარყოფითი?

- ა) სხეული ვარდება;
ბ) სხეული მოძრაობს ვერტიკალურად ზევით;
გ) სხეული მოძრაობს ჰორიზონტალურად.

7. 2კგ მასის სხეულის 50სმ სიმაღლეზე ატანისას სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა ასრულებს

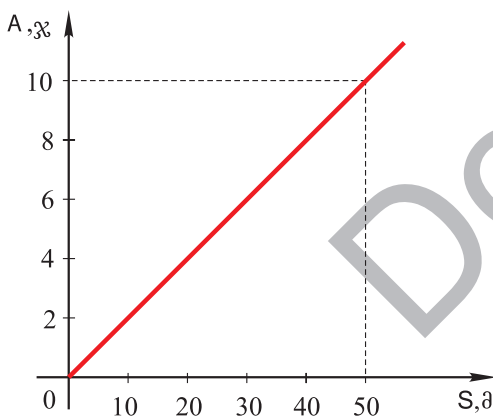
- ა) 10ჯ მუშაობას; ბ) -10ჯ მუშაობას; გ) -20ჯ მუშაობას.

8. 100კგტ სიმძლავრის ძრავას მიერ 5წმ-ში შესრულებული მუშაობაა:

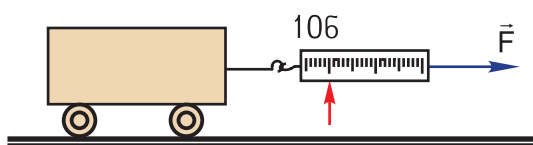
- ა) 500კჯ; ბ) 500ჯ; გ) 50ჯ.

9. რა სიმძლავრე განავითარა ამწემ, თუ 200კგ მასის ტვირთი 15მ სიმაღლეზე აიტანა 20წმ-ში?

- ა) 15კგტ; ბ) 1500კგტ; გ) 150კგტ;



სურ. 1.48



სურ. 1.49

10. გრაფიკი გვიჩვენებს სხეულზე მოქმედი ძალის მუშაობის დამოკიდებულებას სხეულის გადაადგილებაზე (სურ. 1.48). რა სიდიდისაა ეს ძალა?

- ა) 26; ბ) 0,26; გ) 206.

11. გამოთვალე ურიკაზე მოქმედი ძალის მუშაობა ურიკის 1მ-ით გადაადგილებისას (სურ. 1.49).

- ა) 10ჯ; ბ) 1ჯ; გ) 1კჯ.

12. თუ 2წმ-ში ძრავა ასრულებს 400კჯ მუშაობას, მაშინ 10წმ-ში შეასრულებს

- ა) 2000კჯ მუშაობას;
ბ) 2მგჯ მუშაობას;
გ) 20000ჯ მუშაობას.

13. თუ სხეულის სიჩქარე შემცირდება 3-ჯერ, მაშინ მისი კინეტიკური ენერგია

- ა) გაიზრდება 3-ჯერ;
ბ) შემცირდება 3-ჯერ;
გ) შემცირდება 9-ჯერ.

14. დედამიწის ზედაპირის მიმართ კინეტიკური და პოტენციური ენერგია აქვს:

- ა) დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე ატანილ უძრავ სხეულს;
- ბ) დედამიწის ზედაპირზე მოძრავ სხეულს;
- გ) დედამიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე ატანილ მოძრავ სხეულს;

15. 1.50 სურათზე მოცემულია 3კგ მასის სხეულის სიჩქარის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. გამოთვალე სხეულის კინეტიკური ენერგია ათვლის დაწყებიდან მე-2, მე-4 და მე-8წმ-ის ბოლოს.

- ა) 18ჯ; 18ჯ; 8ჯ; ბ) 27ჯ; 27ჯ; 0; გ) 54ჯ; 54ჯ; 0.

16. 1.51 სურათზე მოცემულია ტოლი მასის ორი სხეულის მოძრაობის გრაფიკი. შეადარე სხეულთა კინეტიკური ენერგიები.

- ა) პირველის 4-ჯერ ნაკლებია;
- ბ) პირველის 4-ჯერ მეტია;
- გ) მეორის 2-ჯერ მეტია.

17. 80მ სიმაღლიდან ვარდება 2კგ მასის სხეული. როგორ შეიცვლება სხეულის პოტენციური ენერგია დედამიწაზე დაცემისას?

- ა) შემცირდება 160ჯ-ით;
- ბ) შემცირდება 1600ჯ-ით;
- გ) გაიზრდება 160ჯ-ით.

18. 80მ სიმაღლიდან ვარდება 2კგ მასის სხეული. როგორ შეიცვლება სხეულის პოტენციური ენერგია 20მ-ის გავლის შემდეგ?

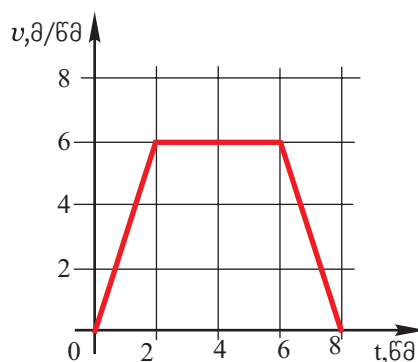
- ა) შემცირდება 200ჯ-ით;
- ბ) შემცირდება 400ჯ-ით;
- გ) შემცირდება 40ჯ-ით.

19. რომელი ბურთულის კინეტიკური ენერგიაა მეტი (სურ. 1.52)?

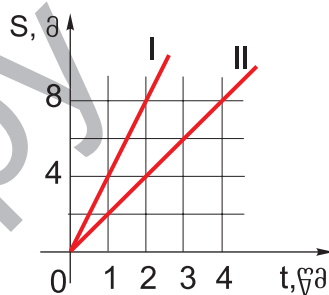
- ა) პირველის; ბ) მეორის; გ) მესამის.

20. 1.53 სურათზე მოცემულია ბურთულების მდებარეობა ვარდნის დაწყების მომენტში. რომელი ბურთულის პოტენციური ენერგიაა მეტი ამ მომენტში?

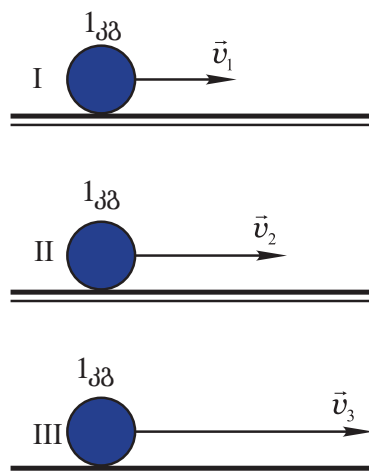
- ა) პირველის, ბ) მეორის, გ) ტოლია.



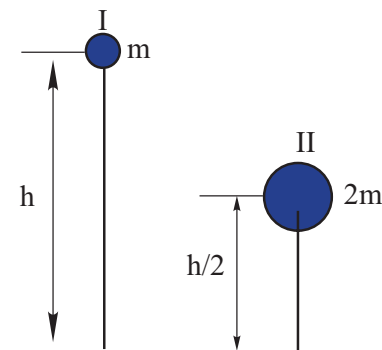
სურ. 1.50



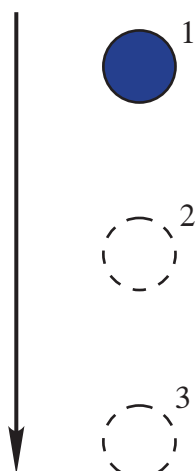
სურ. 1.51



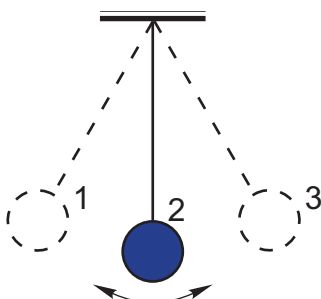
სურ. 1.52



სურ. 1.53



სურ. 1.54



სურ. 1.55

21. 2 კგ მასის სხეულის პოტენციური ენერგია 20მ სიმაღლეზე 2-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე

- ა) 30მ სიმაღლეზე;
- ბ) 10მ სიმაღლეზე;
- გ) 40მ სიმაღლეზე.

22. ბურთულა ვარდება A წერტილიდან (სურ. 1.54). ტრაექტორიის რომელ წერტილში აქვს ბურთულას კინეტიკური ენერგიის მაქსიმალური მნიშვნელობა?

- ა) 1; ბ) 2; გ) 3.

23. ძაფზე დაკიდებული ბურთულა ასრულებს რხევით მოძრაობას (სურ. 1.55). რომელ წერტილში აქვს ბურთულას მინიმალური კინეტიკური ენერგია?

- ა) 1 და 2 წერტილებში; ბ) 2 და 3 წერტილებში; გ) 1 და 3 წერტილებში.

24. თუ ვერტიკალურად ასროლილმა სხეულმა მიღწია 5მ სიმაღლე, მაშინ ასროლის მომენტში სხეულის სიჩქარე იყო

- ა) 5მ/წმ; ბ) 10მ/წმ; გ) 2მ/წმ.

25. 10მ სიმაღლიდან ვარდნილი 400გ მასის ბურთის სიჩქარე დედამიწის ზედაპირზე დაცემისას 10მ/წმ-ია. ეს ნიშნავს, რომ ჰაერის წინააღმდეგობის ძალა

- ა) 10გ-ია; ბ) 2გ-ია; გ) 4გ-ია.

26. 1ტ მასის ავტომობილი ავიდა 500მ სიმაღლის მთაზე. როგორ შეიცვალა მისი პოტენციური ენერგია?

- ა) გაიზარდა 5მგჯ-ით; ბ) გაიზარდა 3მგჯ-ით; გ) გაიზარდა 500კჯ-ით.

27. რა სიმძლავრეს ავითარებს 50კგ მასის ბიჭი, თუ იგი 1წთ-ში ადის 30მ სიმაღლის კიბეზე?

- ა) 25ვტ; ბ) 250ვტ; გ) 2,5კვტ.

28. თუ სირბილის დროს ადამიანი ავითარებს 1,5კვტ სიმძლავრეს, მაშინ 10წთ-ში იგი დახარჯავს

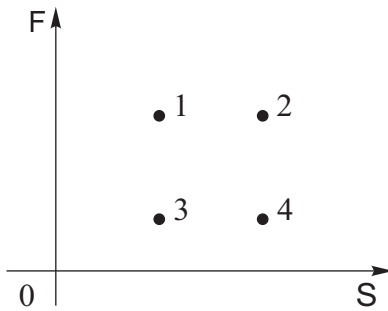
- ა) 900კჯ ენერგიას; ბ) 15კჯ ენერგიას; გ) 90კჯ ენერგიას.

29. 4ტ მასის ავტომობილის სიჩქარე გაიზარდა 5მ/წმ-დან 10მ/წმ-მდე. გამოთვალე ავტომობილის კინეტიკური ენერგიის ცვლილება და წევის ძალის მუშაობა.

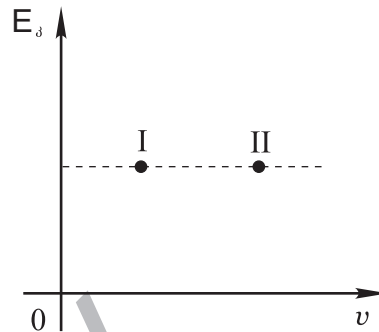
- ა) 150კჯ, 150კჯ;
- ბ) 1500ჯ, -1500ჯ;
- გ) 150კჯ, -150კჯ.

30. რა ენერგია აქვს 5ტ მასის დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავს, რომელიც მოძრაობს დედამიწის ზედაპირიდან 100კმ სიმაღლეზე 8კმ/წმ სიჩქარით?

- ა) $1,65 \cdot 10^9$ ჯ; ბ) $1,65 \cdot 10^6$ ჯ; გ) $1,65 \cdot 10^{11}$ ჯ.



სურ. 1.56



სურ. 1.57

31. დიაგრამაზე მოცემულია სხეულზე მოქმედ ძალასა და გადაადგილებას შორის დამოკიდებულება (სურ. 1.56). რომელ შემთხვევაში სრულდება მაქსიმალური მუშაობა?

- ა) 1; ბ) 2; გ) 3.

32. შეადარე I და II სხეულის მასები (სურ. 1.57).

- ა) I სხეულის მასა მეტია;
ბ) II სხეულის მასა მეტია;
გ) ტოლია.

33. დიაგრამაზე მოცემულია სამ სხვადასხვა სხეულზე მოქმედ ძალასა და ამ ძალის მუშაობას შორის დამოკიდებულება (სურ. 1.58). შეადარეთ სხეულთა გადაადგილებები.

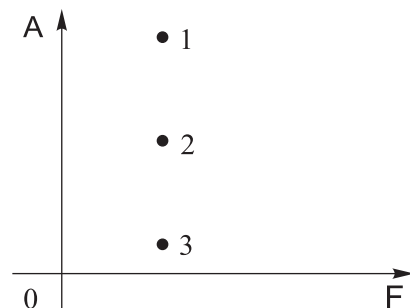
- ა) $S_1 < S_2 < S_3$;
ბ) $S_1 = S_2 = S_3$;
გ) $S_1 > S_2 > S_3$.

34. დიაგრამაზე მოცემულია სხეულზე მოქმედი ძალის მუშაობასა და სხეულის გადაადგილებას შორის დამოკიდებულება (სურ. 1.59). რომელი წერტილი შეესაბამება ძალის მინიმალურ მნიშვნელობას?

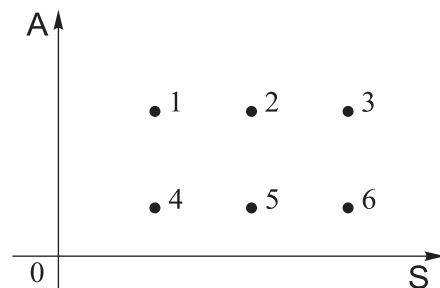
- ა) 1; ბ) 4; გ) 6.

35. 1.60 სურათზე მოცემულია ზამბარის სიგრძესა და მასზე მოქმედ ძალას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი. გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრე, რა მუშაობა უნდა შესრულდეს, რომ ზამბარის სიგრძე გახდეს 6სმ?

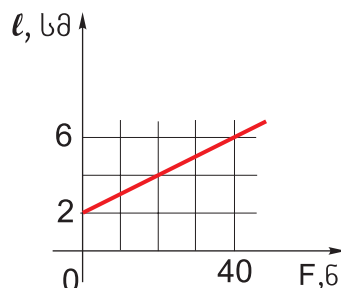
- ა) 8ჯ; ბ) 1,6ჯ; გ) 0,8ჯ.



სურ. 1.58



სურ. 1.59



სურ. 1. 60

II თავი

სახელთა მონასწორობა



A large red crane is positioned on the deck of an offshore oil rig. The rig's structure is made of white metal lattice. The background shows a vast blue ocean under a clear sky. The text is overlaid on the upper right portion of the image.

ამ თავის შესწავლის შედეგად შენ შეძლებ:

- მარტივი მექანიზმების მოქმედების პრინციპის ექსპერიმენტულ შესწავლასა და პრობლემაზე დაფუძნებული ამოცანების გადაჭრას;
- მარტივი მექანიზმების, წონასწორობისა და ენერგიის მუდმივობის კანონის როლის შეფასებას ბუნებასა და ყოფაცხოვრებაში;
- სხეულთა წონასწორობის პირობების ცოდნისა და მარტივი მექანიზმების გამოყენების დაკავშირებას სხვადასხვა პროფესიასთან/სამიანობის სფეროსთან.

2.1

არამბრუნავ სხეულთა წონასწორობა

სხეულთა წონასწორობის პირობების ცოდნას უდიდესი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს სამშენებლო საქმეში, მანქანათმშენებლობასა და ტექნიკის მრავალ დარგში — შენობების, ხიდების, მანქანების კონსტრუირებისას საჭიროა მათი წონასწორობის პირობების დადგენა.

- დააკვირდი 2.1 — 2.2 სურათებს;
- აღწერე და შეადარე უჯრის და კარის მოძრაობა.



სურ. 2.1 გადატანითი მოძრაობა



სურ. 2.2 ბრუნვითი მოძრაობა

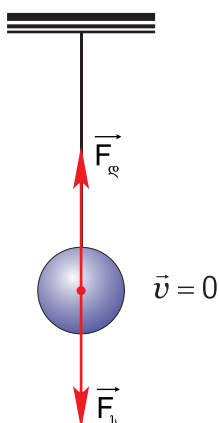
ძალის მოქმედებით სხეულმა შეიძლება შეასრულოს გადატანითი ან ბრუნვითი მოძრაობა.

გადატანითი მოძრაობის დროს სხეულის ყველა წერტილი ერთნაირად მოძრაობს, ბრუნვითი მოძრაობისას კი სხეულის წერტილების მოძრაობა განსხვავებულია. უძრავი სხეულის შესახებ ამბობენ, რომ იგი წონასწორობაშია.

სხეულის წონასწორობის ქვეშ იგულისხმება არამართო უძრავობის, არამედ წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობაც.

განვიხილოთ არამბრუნავი სხეულის წონასწორობა.

2.3 და 2.4 სურათებზე მოცემულია არამბრუნავი სხეულები — ძაფზე დაკიდებული ბურთულა და ჰორიზონტალურ ზედაპირზე წრფივად და თანაბრად მოძრავი ურიკა.



სურ. 2.3 უძრავი ბურთულა წონასწორობაშია

ძაფზე დაკიდებული ბურთულა (სურ. 2.3) ურთიერთქმედებს დედამიწასთან მიზიდულობის ძალით, მაგრამ ეს ძალა არ იწვევს ბურთულის მოძრაობას. ამ მოძრაობას აბრკოლებს მოდულით ტოლი და საპირისპიროდ მიმართული ძაფის დრეკადობის ძალა. სიმძიმის და დრეკადობის ძალები ერთმანეთს აწონასწორებენ, ამიტომ მათი ტოლქმედი ნულის ტოლია:

$$\vec{F}_g + \vec{F}_t = 0.$$

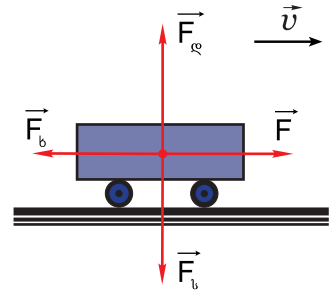
განვიხილოთ ჰორიზონტალურ ზედაპირზე თანაბრად მოძრავი სხეული (სურ. 2.4). სხეულის მოძრაობა წრფივი და თანაბარია, თუ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია:

$$\vec{F} + \vec{F}_b + \vec{F}_l + \vec{F}_g = 0.$$

მართლაც, სხეულზე მოქმედი $\vec{F}_b$ სიმძიმის ძალა კომპენსირებულია საყრდენი ზედაპირის დეფორმაციით გამოწვეული $\vec{F}_l$ დრეკადობის ძალით, $\vec{F}$ წევის ძალა კი — $\vec{F}_g$ ხახუნის ძალით.

უძრავი ან წრფივად და თანაბრად მოძრავი სხეული წონასწორობაშია.

თუ არამბრუნავ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია, მაშინ სხეული წონასწორობაშია.



სურ. 2.4 თანაბრად მოძრავი ურეკა წონასწორობაშია

სხეულის წონასწორობის ქვეშ იგულისხმება უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობა.

თუ არამბრუნავ სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია, მაშინ სხეული წონასწორობაშია.



უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. არის თუ არა წონასწორობაში ავტომობილი (სურ. 2.5, 2.6)? პასუხი დაასაბუთე.



სურ. 2.5 ავტომობილი უძრავია



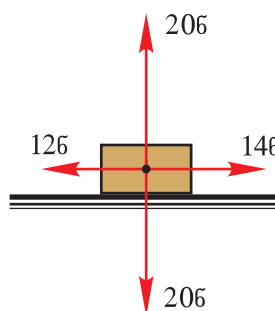
სურ. 2.6 ავტომობილი მოძრაობს წრფივად და თანაბრად

2. 2.7 და 2.8 სურათების მიხედვით დაადგინე სხეულები: ა) წონასწორობაშია თუ არა; ბ) მოძრავია თუ უძრავი.

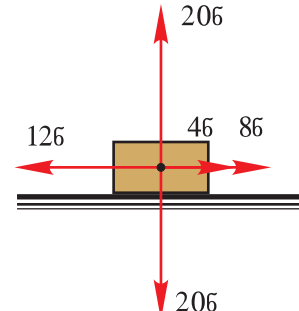
მითითება: კითხვებზე პასუხის გასაცემად დააკვირდი თითოეულ სხეულზე მოქმედი ძალების დიაგრამას და გააკეთე რიცხვითი მონაცემების ანალიზი.

3. სხეულზე მოქმედებს 46 და 86 ძალები. ჩამოთვლილთაგან რომელი შეიძლება იყოს ამ ძალების ტოლქმედი: 26, 46, 106, 126, 146?

4. რას უდრის 306 და 506 ძალების ტოლქმედის მაქსიმალური და მინიმალური მნიშვნელობები. ააგე შესაბამისი დიაგრამები.



სურ. 2.7



სურ. 2.8

2.2

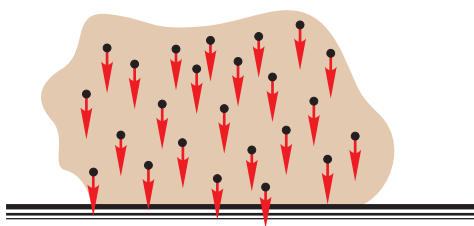
სიმძიმის ცენტრი

სხეულის სიმძიმის ცენტრის განსაზღვრა უმნიშვნელოვანესი ტექნიკური ამოცანაა, რადგან სიმძიმის ცენტრის მდებარეობაზე დამოკიდებულია შენობა-ნაგებობისა თუ მცირე ზომის სხეულთა წონასწორობა.

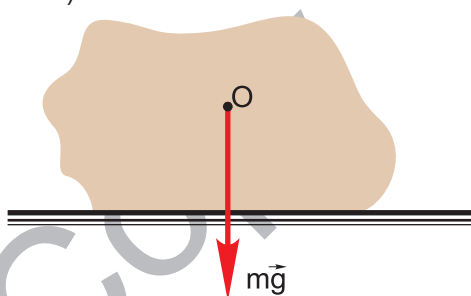
- გაიხსენე, რა არის სიმძიმის ძალა და რა მიმართულება აქვს მას?

სიმძიმის ძალა მოქმედებს ნებისმიერ სხეულზე.

სხეული შედგება უამრავი ნაწილაკისაგან. ცხადია, თითოეულ მათგანზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა (სურ. 2.9). ამ ძალების შეკრებით მიიღება მათი ტოლქმედი — სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა (სურ. 2.10).



სურ. 2.9 სხეულის შემადგენელ ნაწილაკზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა



სურ. 2.10 O წერტილი სიმძიმის ცენტრია

სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მოდების წერტილს (O) ამ სხეულის სიმძიმის ცენტრი ეწოდება.

სიმძიმის ცენტრით დამაგრებული სხეული წონასწორობაშია.

უმრავლეს შემთხვევაში სხეულის მოძრაობის ნაცვლად შეიძლება განვიხილოთ მისი სიმძიმის ცენტრის მოძრაობა.

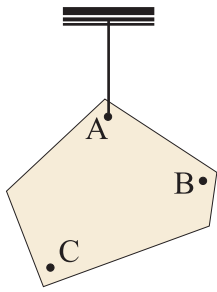
ექსპერიმენტული სამუშაო

სხეულის სიმძიმის ცენტრის მდებარეობის განსაზღვრა

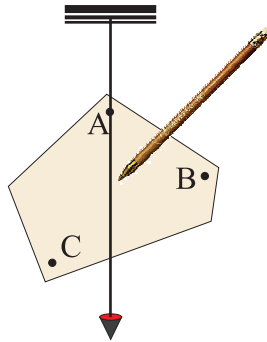
რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, მუყაოს ფირფიტა, შვეული (ძაფზე დაკიდული ტვირთი), მაკრატელი, სადგისი ან ნემსი, ფანქარი, კალამი.

- მუყაოს ფირფიტისგან გამოჭერი ნებისმიერი ფორმის სხეული;
- სადგისით ფრთხილად გახვრიტე სხეულის კიდეები სამ-ოთხ წერტილში;
- ერთ-ერთი წერტილით (A) დაკიდე სხეული (სურ. 2.11) და შვეულის გასწვრივ გაავლე ვერტიკალური წრფე (სურ. 2.12).

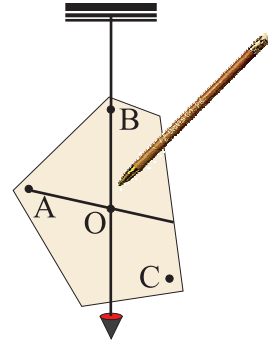
მითითება: წრფის გავლება დაიწყე მას შემდეგ, რაც შვეული სხეულის მიმართ უძრავად გაჩერდება.



სურ. 2.11



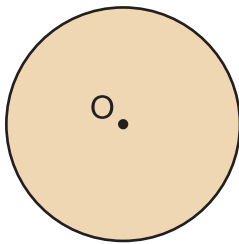
სურ. 2.12



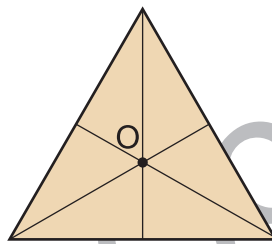
სურ. 2.13

- შემდეგ სხეული დაკიდეს სხვა წერტილებით (B და C) და კვლავ გაავლე ვერტიკალური წრფეები (სურ. 2.13).

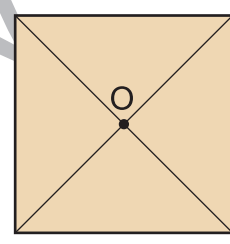
წრფეთა გადაკვეთის O წერტილი წარმოადგენს სიმძიმის ცენტრს.



ა)



ბ)



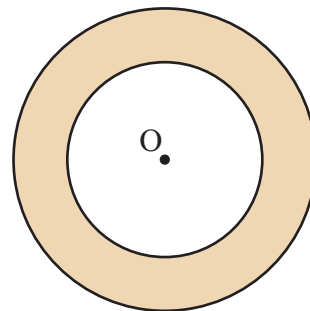
გ)

სურ. 2.14 სხეულის სიმძიმის ცენტრი მდებარეობს სხეულის შიგნით

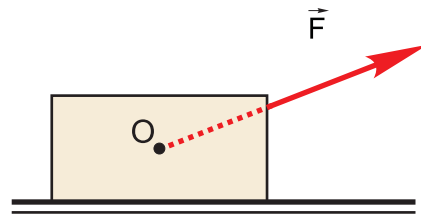
- შეამოწმე ჩატარებული ექსპერიმენტის სისწორე, რისთვისაც სხეული O წერტილით დაკიდეს საკიდელზე ან მოათავსე წვეტიან საყრდენზე. თუ სხეულის წონასწორობა არ დაირღვა, ეს ნიშნავს, რომ სიმძიმის ცენტრი სწორადაა განსაზღვრული;
 - გააკეთე ექსპერიმენტის პრეზენტაცია.
- სხეულის სიმძიმის ცენტრი შეიძლება მდებარეობდეს სხეულის შიგნით ან მის გარეთ. 2.14, ა-გ სურათებზე წარმოდგენილი სხეულების სიმძიმის ცენტრი სხეულის შიგნითაა, 2.15 სურათზე წარმოდგენილი სხეულის სიმძიმის ცენტრი კი — სხეულის გარეთ.

შენიშვნა: იგულისხმება, რომ სხეულები დამზადებულია ერთგვაროვანი მასალისაგან.

ძალის მოქმედებით სხეულმა შეიძლება შეასრულოს გადატანითი ან ბრუნვითი მოძრაობა. თუ სხეულზე მოდებული ძალის მოქმედების წრფე (წრფე, რომლის გასწვრივაც მოქმედებს ძალა) სიმძიმის ცენტრზე გადის, მაშინ სხეული ასრულებს გადატანით მოძრაობას (სურ. 2.16).



სურ. 2.15 სხეულის სიმძიმის ცენტრი მდებარეობს სხეულის გარეთ



სურ. 2.16 სხეული ასრულებს გადატანით მოძრაობას

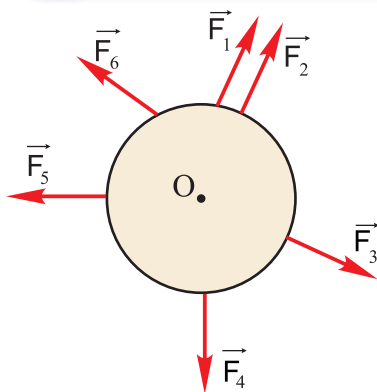
თუ ძალის მოქმედების წრფე არ გადის სიმძიმის ცენტრზე, მაშინ სხეული ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას.

ცხადია, სიმძიმის ძალის მოქმედებით სხეული ასრულებს გადატანით მოძრაობას, რადგან ამ ძალის მოქმედების წრფე სიმძიმის ცენტრზე გადის.

სიმძიმის ძალის მოდების წერტილს სიმძიმის ცენტრი ეწოდება.
თუ სხეულზე მოდებული ძალის მოქმედების წრფე სიმძიმის ცენტრზე გადის, მაშინ სხეული ასრულებს გადატანით მოძრაობას.

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები



სურ. 2.17



სურ. 2.18

1. რატომ ვიყენებთ შვეულს ვერტიკალური წრფის გასავლებად?

2. სხეულზე მოქმედი ძალებიდან რომელი გამოიწვევს სხეულის გადატანით მოძრაობას და რომელი — ბრუნვით. (სურ. 2.17)? O წერტილი სიმძიმის ცენტრია.

3. როგორ მოძრაობას ასრულებს გარკვეული სიმაღლიდან ვარდნილი სხეული? პასუხი დაასაბუთე.

4. ერთი წრფის გასწვრივ მიმართული 206 და 326 ძალების ტოლქმედი $F=126$ (სურ. 1.18). ააგეთ ძალთა დიაგრამა.

5. 206 ძალის ერთ-ერთი მდგენელი 66-ია. რას უდრის მეორე მდგენელი, თუ მდგენელი ძალები მიმართულია ერთი წრფის გასწვრივ ერთი მიმართულებით?

6. 156 და 256 ძალები მიმართულია ერთი წრფის გასწვრივ ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით. რას უდრის ამ ძალების ტოლქმედი?

პრაქტიკული დავალება

ექსპერიმენტულად დაამტკიცე, რომ წესიერი გეომეტრიული ფორმის (წრის, ტოლგვერდა სამკუთხედის, კვადრატის) ერთგვაროვანი მასალისაგან დამზადებული ფირფიტის სიმძიმის ცენტრი მის გეომეტრიულ ცენტრშია.

- განსაზღვრე კვლევის აქტივობების თანმიმდევრობა;
- შეარჩიე საჭირო ხელსაწყოები;
- რვეულში ჩანერე სამუშაოს თანმიმდევრობა;
- შეასრულე შესაბამისი ნახატები;
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.

პრაქტიკულად მნიშვნელოვანია არა მარტო სხეულთა წონასწორობის პირობების, არამედ წონასწორობის მდგრადობის დადგენაც.

უმეტეს შემთხვევაში აუცილებელია, რომ წონასწორობა იყოს მდგრადი.

სხეულის წონასწორობა მდგრადია, თუ წონასწორობის მდებარეობიდან მცირე გადახრის შემდეგ სხეული უბრუნდება ამ მდებარეობას.

ზოგ შემთხვევაში წონასწორობა ირლევია, არამდგრადია.

სხეულის წონასწორობა არამდგრადია, თუ წონასწორობის მდებარეობიდან მცირე გადახრის შემდეგ სხეული შორდება ამ მდებარეობას.

გავარკვიოთ მდგრადობის მიზეზი. განვიხილოთ ბურთულის წონასწორობა ჩაზნექილ (სურ. 2.19) და ამოზნექილ (სურ. 2.20) ზედაპირებზე. წონასწორობის მდებარეობაში (O წერტილი) ბურთულაზე ორივე შემთხვევაში მოქმედებს $\vec{F}_1$ სიმძიმის და $\vec{N}$ საყრდენის დრეკადობის ძალები, რომელთა ტოლქმედი ნულის ტოლია. წონასწორობიდან გამოყვანის შემდეგ ეს ძალები ვეღარ აწონასწორებს ერთმანეთს, რადგან დრეკადობის ძალა მიმართულია ზედაპირისა და ბურთულის შეხების წერტილში ამ ზედაპირის მართობულად.

ჩაზნექილ ზედაპირზე დრეკადობისა და სიმძიმის ძალების $\vec{F}_1$ ტოლქმედი ისეა მიმართული, რომ ბურთულა უბრუნდება წონასწორობის მდებარეობას, ამიტომ წონასწორობა მდგრადია.

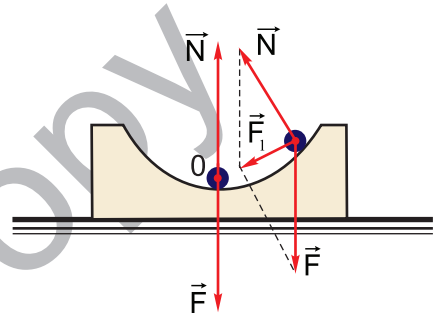
მდგრადი წონასწორობისას სხეულის სიმძიმის ცენტრი მის შესაძლო მდებარეობებიდან ყველაზე დაბლაა (სურ. 2.19).

ამოზნექილ ზედაპირზე დრეკადობისა და სიმძიმის ძალების $\vec{F}_2$ ტოლქმედი იწვევს ბურთულის დაშორებას წონასწორობის მდებარეობიდან — წონასწორობა არამდგრადია.

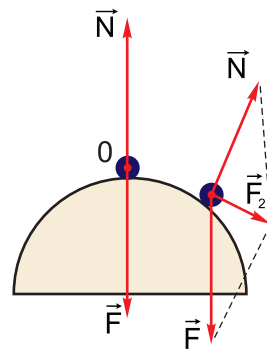
სხეული შეიძლება იმყოფებოდეს **განურჩეველ წონასწორობაში**. ამ შემთხვევაში წონასწორობის მდებარეობიდან გადახრისას სხეულზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია (სურ. 2.21).

არამდგრადმა წონასწორობამ შეიძლება გამოიწვიოს შენობების ნგრევა, მთიდან ქვების ცვენა, თოვლის ზვავი და სხვ (სურ. 2.22 და სურ. 2.23).

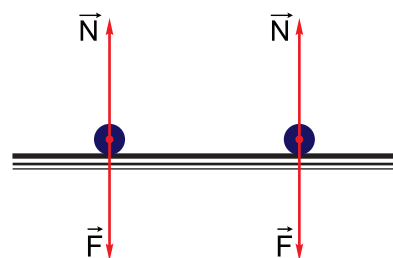
განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საყრდენი ფართობის მქონე სხეულის წონასწორობის მდგრადობის გარკვევა, რადგან შენობები, ფაბრიკა-ქარხნების მიწები, ავტომობილები,



სურ. 2.19 მდგრადი წონასწორობა



სურ. 2.20 არამდგრადი წონასწორობა



სურ. 2.21 განურჩეველი წონასწორობა



სურ. 2.22 ქვის ცვენა



სურ. 2.23 თოვლის ზვავი

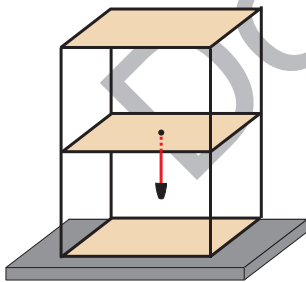
ამწვები, ჩარხები, საოჯახო მოხმარების საგნების უმრავლესობა, ეყრდნობა რა გარკვეულ ფართობს, იმყოფება წონასწორობაში.

ექსპერიმენტული სამუშაო

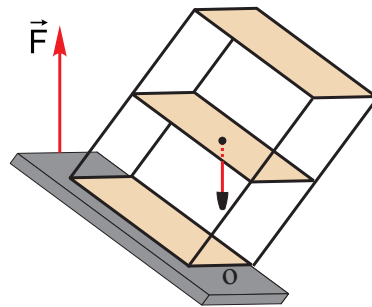
დაკვირვება საყრდენი ფართობის მქონე სხეულის წონასწორობაზე

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, პრიზმის ფორმის სხეული, თხელი ფიცარი, შვეული, ფანქარი, კალამი.

- პრიზმის ფორმის სხეულში ჩაამაგრე შვეული და სხეული მოათავსე ჰორიზონტალურ ფიცარზე (სურ. 2.24);
- თანდათან აწიე ფიცრის კიდე (სურ. 2.25);



სურ. 2.24



სურ. 2.25

- დააკვირდი, სხეულის წონასწორობისას სიმძიმის ძალის მოქმედების წრფე კვეთს თუ არა საყრდენ ფართობს;
- როდის არის სხეული არამდგრად წონასწორობაში (როდის გადაბრუნდება სხეული)?
- დასკვნები შეიტანე სამუშაო რვეულში;
- გააკეთე ესპერიმენტული სამუშაოს პრეზენტაცია.

მითითება: ფიცრის ზედაპირი არ უნდა იყოს გლუვი, რომ არ მოხდეს სხეულის ჩამოსრილება.

ექსპერიმენტით დაადგენ, რომ სხეული წონასწორობაშია მანამ, სანამ სიმძიმის ძალის მოქმედების წრფე გადის სხეულის საყრდენ ფართობში.

მდგრადობის გასაზრდელად ზრდიან საყრდენ ფართობს. მაგალითად, ზრდიან მანძილს ავტომობილის საბურავებს შორის (სურ. 2.26). ამ დროს იზრდება საყრდენი ფართობი.

შენიშვნა. ავტომობილის საყრდენი ფართობია არა მხოლოდ დედამიწის ზედაპირთან საბურავების შეხების ფართობი, არამედ საბურავებს შორის მოთავსებული ფართობიც



სურ. 2.26

სხეულის წონასწორობა მდგრადია, თუ წონასწორობის მდებარეობიდან მცირე გადახრის შემდეგ სხეული თავისთავად უბრუნდება ამ მდებარეობას.

სხეულის წონასწორობა არამდგრადია, თუ წონასწორობის მდებარეობიდან მცირე გადახრის შემდეგ სხეული შორდება ამ მდებარეობას.

თუ სხეულის სიმძიმის ძალის მოქმედების წრფე გადის სხეულის საყრდენ ფართობში, მაშინ სხეული მდგრად წონასწორობაშია.

წონასწორობა მით უფრო მდგრადია, რაც უფრო დაბლაა სიმძიმის ცენტრი და რაც მეტია საყრდენი ფართობი.

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. ჩამოთვალე მდგრადი, არამდგრადი და განურჩეველი წონასწორობის მაგალითები. თითოეულ შემთხვევაში პასუხი დაასაბუთე.

2. 2.27 სურათის მიხედვით წარმოიდგინე სიმძიმის ცენტრზე გამავალი წრფის მდებარეობა მიახლოებით. დაადგინე, ამ გზაზე მოძრაობისას არის თუ არა ავტომობილის გადაბრუნების საშიშროება.

3. მდგრადობის გასაზრდელად ამწეს ქვემოთ ტვირთავენ ბეტონის ფილებით (სურ.2.28). ნახაზის გამოყენებით ახსენი, ამ შემთხვევებში რა განაპირობებს ამწის მდგრადობის ზრდას.



სურ. 2.27

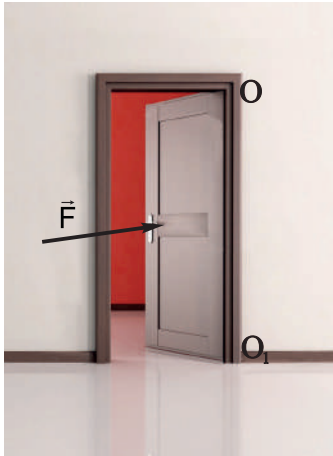


სურ. 2.28

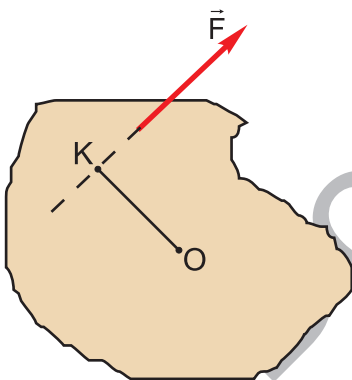
2.4

ქალის მომენტი

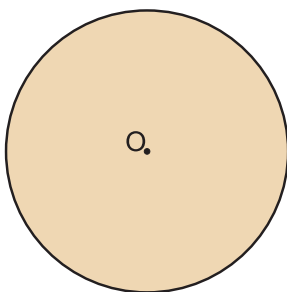
მყარი სხეულის წონასწორობისათვის აუცილებელია მასზე მოქმედ ძალთა ტოლქმედი ნულის ტოლი იყოს, მაგრამ ეს პირობა არ არის საკმარისი.



სურ. 2.29 OO , ბრუნვის ღერძია



სურ. 2.30



სურ. 2.31 სხეულს შეუძლია ბრუნვა O წერტილზე გამავალი ღერძის ირგვლივ

- კარის გასაღებად მიაწევი მას ბრუნვის ღერძთან ახლოს. შეძლებ კარის გაღებას?
- ახლა კარს მიაწევი ისეთივე ძალით სახელურთან.
- როდის უფრო ადვილად იღება კარი?
- შენი აზრით, რა შეიძლება იყოს ამის მიზეზი?

ამ მარტივი ცდით დაადგენ, რომ ძალის მბრუნებელი მოქმედების შედეგი დამოკიდებულია არა მხოლოდ ძალის სიდიდესა და მიმართულებაზე, არამედ მანძილზეც ბრუნვის ღერძიდან ძალის მოქმედების წრფემდე (სურ. 2.29).

უმოკლეს მანძილს სხეულის ბრუნვის ღერძიდან ძალის მოქმედების წრფემდე ძალის მხარი ეწოდება.

ძალის მხრის ასაგებად განვიხილოთ 2.30 სურათი. სურათზე გამოსახულია სხეული, რომლის უძრავი ბრუნვის ღერძი სურათის სიბრტყის მართობულია და გადის O წერტილზე. სხეულზე მოქმედი F ძალის მხრის ასაგებად ჯერ უნდა გავავლოთ ამ ძალის მოქმედების წრფე — წრფე, რომლის გასწვრივაც მოქმედებს ძალა. შემდეგ O წერტილიდან ძალის მოქმედების წრფემდე დავუშვათ მართობი. მართობის სიგრძე (OK) F ძალის მხარია.

- კარის გაღების ორივე შემთხვევაში განსაზღვრე ძალის მხრის მიახლოებითი მნიშვნელობა და დაადგინე, ძალის მოქმედების შედეგი როგორ არის დამოკიდებული ძალის მხრის სიდიდეზე.

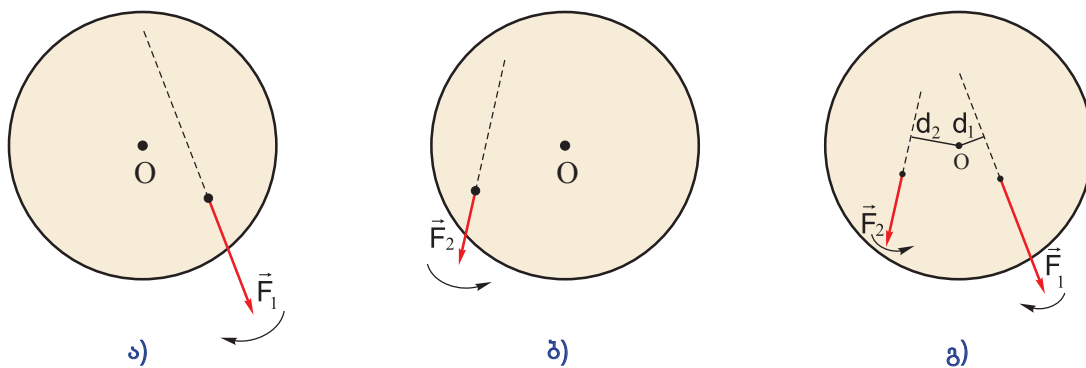
განვიხილოთ უძრავი ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულის წონასწორობის პირობები.

- სხეული დაამაგრე ისე, რომ შეეძლოს ბრუნვა O წერტილზე გამავალი ღერძის ირგვლივ (სურ. 2.31).

- სხეულზე იმოქმედე ჯერ $\vec{F}_1$ (სურ. 2.32, ა), შემდეგ — $\vec{F}_2$ (სურ. 2.32, ბ) ძალით;

- როგორ იმოძრავეს სხეული მხოლოდ $\vec{F}_1$ ძალის მოქმედებით? მხოლოდ $\vec{F}_2$ ძალის მოქმედებით?

ორივე ძალის ერთდროული მოქმედებით შესაძლებელია სხეული იყოს წონასწორობაში (სურ. 2.32, გ).



სურ. 2.32

ცდებით დადგენილია, რომ უძრავი ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულის წონასწორობისათვის უნდა შესრულდეს პირობა:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

სადაც d_1 არის $\vec{F}_1$ ძალის მხარი, d_2 — $\vec{F}_2$ ძალის მხარი.

ძალისა და მისი მხრის ნამრავლს ძალის მომენტი ეწოდება.

ძალის მომენტი = ძალის სიდიდე $\times$ ძალის მხარი

ძალის მომენტი აღინიშნება M ასოთი:

$$M = Fd$$

SI სისტემაში ძალის მომენტის ერთეულია **1 ნიუტონ-მეტრი (1ნ·მ)**. ეს არის **მომენტი 16 ძალისა, რომლის მხარი 1მ-ია.**

ძალის მომენტი სკალარული სიდიდეა.

ძალის მომენტი განიხილება ბრუნვის ღერძის მიმართ, რადგან ძალის მხრის სიგრძე დამოკიდებულია ძალისა და ბრუნვის ღერძის ურთიერთმდებარეობაზე.

$\vec{F}_1$ ძალა სხეულს დააბრუნებს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, $\vec{F}_2$ კი — საათის ისრის მოძრაობის საპირისპიროდ (სურ. 2.32).

აღვნიშნოთ $\vec{F}_1$ ძალის მომენტი M_1 -ით, $\vec{F}_2$ ძალის მომენტი — M_2 -ით, მაშინ წონასწორობის პირობა ასე ჩაიწერება:

$$M_1 = M_2$$

ეს ტოლობა გამოსახავს **მომენტების წესს.**

განხილულ შემთხვევაში სხეულზე ორი ძალა მოქმედებს. უძრავი ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულზე რამდენიმე ძალა რომ მოქმედებდეს, მაშინ მომენტების წესი ასე ჩამოყალიბდება:

უძრავი ბრუნვის ღერძის მქონე სხეული წონასწორობაშია, თუ მასზე მოქმედი საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამი ტოლია მის საპირისპიროდ მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამისა.

ეს წესი სამართლიანია ნებისმიერი მყარი სხეულისათვის, რომელსაც შეუძლია ბრუნვა დამაგრებული ღერძის ირგვლივ.

მომენტების წესი ახასიათებს ძალების მაბრუნებელ მოქმედებას. ეს მოქმედება დამოკიდებულია როგორც ძალის, ისე მისი მხრის სიდიდეზე.

ამგვარად, შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ უძრავი ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულის **წონასწორობის პირობა:**

რამდენიმე ძალის ერთდროული მოქმედებისას უძრავი ბრუნვის ღერძის მქონე სხეული წონასწორობაშია, თუ ამ ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია და საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამი ტოლია მის საპირისპიროდ მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამისა.

უმოკლეს მანძილს ბრუნვის ღერძიდან ძალის მოქმედების წრფემდე ძალის მხარი ეწოდება.

ძალისა და მისი მხრის ნამრავლს ძალის მომენტი ეწოდება:

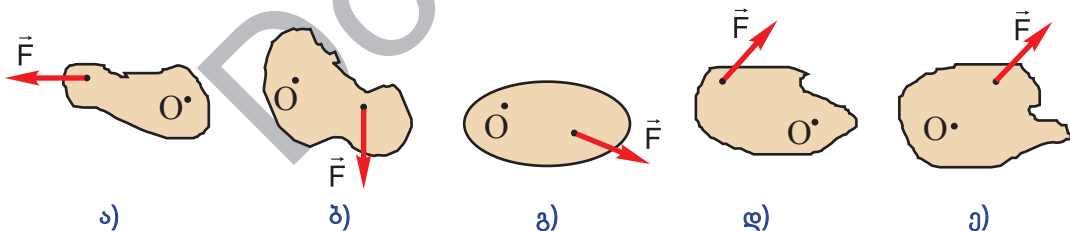
$$M = Fd$$

რამდენიმე ძალის ერთდროული მოქმედებისას უძრავი ბრუნვის ღერძის მქონე სხეული წონასწორობაშია, თუ ამ ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია და საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამი ტოლია მის საპირისპიროდ მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამისა.

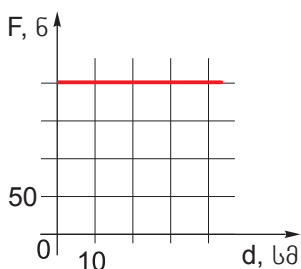
?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. გამოთვალე 106 ძალის მხარი, თუ ძალის მომენტი 56-მ-ია.
2. როგორ შეიცვლება ძალის მომენტი, თუ ძალის მხარს: ა) გავზრდით 2-ჯერ; ბ) შევამცირებთ 2-ჯერ?
3. 2.33, ა-ე სურათზე გამოსახულია სხეულები და მათზე მოქმედი ძალები. სხეულის უძრავი ბრუნვის ღერძი გადის O წერტილზე.
 - ა) როგორ იმოძრავენ თითოეული სხეული $\vec{F}$ ძალის მოქმედებით?
 - ბ) სურათზე აღნიშნე თითოეული სხეულის $\vec{F}$ ძალის მხარი;
 - გ) რომელ შემთხვევაშია ძალის მომენტი მაქსიმალური, მინიმალური?



სურ. 2.33



სურ. 2.34

4. 2.34 სურათზე წარმოდგენილია უძრავი ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულზე მოქმედ ძალასა და ძალის მხარს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი. გრაფიკის მიხედვით დაადგინე:

- ა) სხეულზე მოქმედი ძალის სიდიდე;
- ბ) ძალის მომენტის მნიშვნელობა იმ შემთხვევისათვის, როდესაც ძალის მხარია: 0, 10სმ, 20სმ, 30სმ;
- გ) გაანალიზე მონაცემები და გამოიტანე დასკვნა.

2.5

მარტივი მექანიზმები. პარკატი

უხსოვარი დროიდან სხვადასხვა სამუშაოს შესასრულებლად ადამიანი იყენებდა მარტივ მექანიზმებს. 30 საუკუნის წინ ეგვიპტის პირამიდების მშენებლობაზე მძიმე ქვის ფილების გადაადგილება მარტივი მექანიზმების გამოყენებით ხდებოდა (სურ. 2.35).

ადამიანი მარტივი მექანიზმის გამოყენებით საკუთარ ძალას გარდაქმნის დიდ ძალად ან ცვლის ძალის მიმართულებას, ამიტომ მას იყენებს სხვადასხვა სამუშაოს შესასრულებლად.

მარტივი მექანიზმი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომლის საშუალებით შესაძლებელია ძალის გარდაქმნა.

ნებისმიერი მანქანა შედგება მარტივი მექანიზმებისაგან. მარტივი მექანიზმებია: ბერკეტი, ჭოჭონაქი, დახრილი სიბრტყე.

მძიმე ტვირთის ასანევად ხშირად იყენებენ ბერკეტს (სურ. 2.36).

ბერკეტი ყველაზე მარტივი და გავრცელებული მექანიზმია.

ბერკეტი წარმოადგენს მყარ სხეულს, რომელსაც შეუძლია ბრუნვა უძრავი საყრდენის ირგვლივ.

ბერკეტის გამოყენებით შესაძლებელია მოვიგოთ ძალაში. ეს ნიშნავს, რომ მცირე ძალით შეიძლება ავწიოთ დიდი წონის ტვირთი. მაგალითად, 2.39 სურათზე გამოსახული ბერკეტის გამოყენებით 1006 ძალით შეიძლება 4006 წონის, ე.ი. 4-ჯერ მეტი წონის სხეულის აწევა, ამიტომ ამ ბერკეტით ძალაში მოვიგებთ 4-ჯერ.

მარტივი მექანიზმების გამოყენებისას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მომენტების წესის ცოდნას.

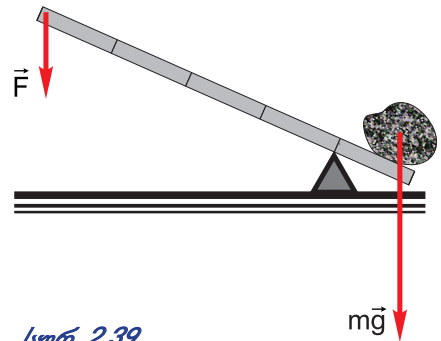
განვიხილოთ ბერკეტი, რომელსაც შეუძლია ბრუნვა O წერტილზე გამავალი ღერძის ირგვლივ (სურ. 2.40). ბერკეტის A და B წერტილებზე დაკიდებულია ტვირთები, რომლებიც ბერკეტზე მოქმედებენ $\vec{F}_1$ და $\vec{F}_2$ ძალებით. მხოლოდ $\vec{F}_1$ ძალა ბერკეტს დააბრუნებს საათის ისრის მოძრაობის საპირისპიროდ, $\vec{F}_2$ ძალა კი — საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით.



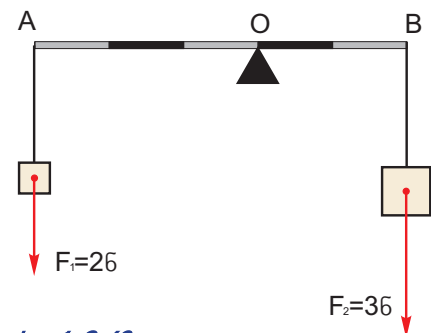
სურ. 2.35 პირამიდის მშენებლობა



სურ. 2.36



სურ. 2.39



სურ. 2.40

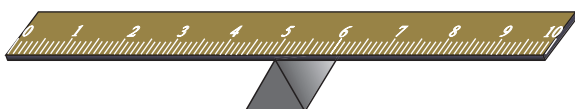
- შენი აზრით, შესაძლებელია თუ არა, ასეთი ძალების ერთდროული მოქმედებით ბერკეტი იყოს წონასწორობაში?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმე ექსპერიმენტით.

ექსპერიმენტული სამუშაო

ბერკეტის წონასწორობის პირობის დადგენა

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, სახაზავი (ბერკეტი), საყრდენი, სასწორი, მცირე მასის ტვირთები და საწონები, ფანქარი, კალამი.

მითითება: ტვირთებად შესაძლებელია გამოიყენოთ პლასტილინისაგან დამზადებული ბურთულები.



სურ. 2.41 სახაზავი წონასწორობაშია

- სახაზავი შუა ხაზით მოათავსე საყრდენზე (სურ. 2.41). თუ ეს მოქმედება სწორად შეასრულე, მაშინ სახაზავი იქნება წონასწორობაში;
- აწონე ტვირთები;
- შემდეგ სახაზავის სხვადასხვა ბოლოზე მოათავსე ტვირთი და სა-

წონი;

- ტვირთის და საწონის გადაადგილებით სახაზავი გააწონასწორე;
- დაადგინე თითოეულ შემთხვევაში ბერკეტზე მოქმედი ძალების სიდიდეები (F_1 და F_2) და ძალების მხრები (d_1 და d_2);
- ცხრილი გადაიტანე სამუშაო რვეულში. გაზომვებისა და გამოთვლების შედეგები შეიტანე ცხრილში (სურ. 2.42).

№	F_1 , გ	F_2 , გ	d_1 , მ	d_2 , მ	F_1/F_2	d_2/d_1
1.						
2.						
3.						

სურ. 2.42

- შეცვალე ტვირთები და ცდა ჩაატარე განმეორებით;
- გააანალიზე ცხრილი — თითოეულ შემთხვევაში შეადარე თანაფარდობები ძალებსა და მათ მხრებს შორის. დაადგინე მათ შორის კავშირი;
- გააკეთე სამუშაოს პრეზენტაცია.

ექსპერიმენტის შედეგად დაადგენ, რომ

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

ბერკეტის გამოყენებით ძალაში ვიგებთ იმდენჯერ, რამდენჯერაც მცირე ძალის მხარი მეტია დიდი ძალის მხარზე, ე.ი. რამდენჯერაც ვიგებთ ძალაში იმდენჯერ ვაგებთ მანძილში.

მიღებული ტოლობიდან

$$F_1 d_1 = F_2 d_2 \text{ ან } M_1 = M_2$$

ეს არის ბერკეტის წონასწორობის პირობა.

ბერკეტი წონასწორობაშია, თუ მასზე მოქმედი საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მაბრუნებელი ძალის მომენტი ტოლია საათის ისრის მოძრაობის საპირისპიროდ მაბრუნებელი ძალის მომენტისა.

ბერკეტის წონასწორობის პირობა სამართლიანია რამდენიმე ძალის მოქმედების შემთხვევაშიც.

ბერკეტის წონასწორობის პირობა დაადგინა ბერძენმა მეცნიერმა არქიმედემ. ამ აღმოჩენისას არქიმედემ განაცხადა: **„მომეცით საყრდენი და მე გადავაბრუნებ დედამიწას“** (სურ. 2.43).



სურ. 2.43

- შენი აზრით, რას გულისხმობდა არქიმედე ამ გამონათქვამში?

არსებობს სხვადასხვა სახის ბერკეტი: თუ საყრდენი წერტილი ბერკეტზე მოქმედი ძალების მოდების წერტილებს შორისაა, მაშინ ბერკეტი **პირველი გვარისაა**; თუ ძალების მოდების წერტილები საყრდენი წერტილის ერთ მხარესაა, ბერკეტი **მეორე გვარისაა**.

მარტივი მექანიზმი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომლის საშუალებით შესაძლებელია ძალის გარდაქმნა.

ბერკეტი წარმოადგენს მყარ სხეულს, რომელსაც შეუძლია ბრუნვა უძრავი საყრდენის ირგვლივ.

ბერკეტი წონასწორობაშია, თუ მასზე მოქმედი საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამი ტოლია საათის ისრის მოძრაობის საპირისპიროდ მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამისა.

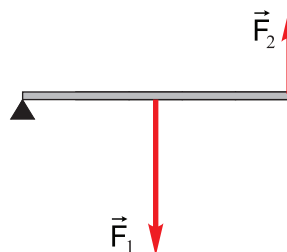


უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. რა სახის ბერკეტებია გამოსახული 2.44 და 2.45 სურათებზე?
2. 5კგ მასის ტვირთი ბერკეტზე განთავსებულია 106 ძალით. გამოთვალე ამ ძალის მხარი, თუ ტვირთზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მხარი 40სმ-ია.

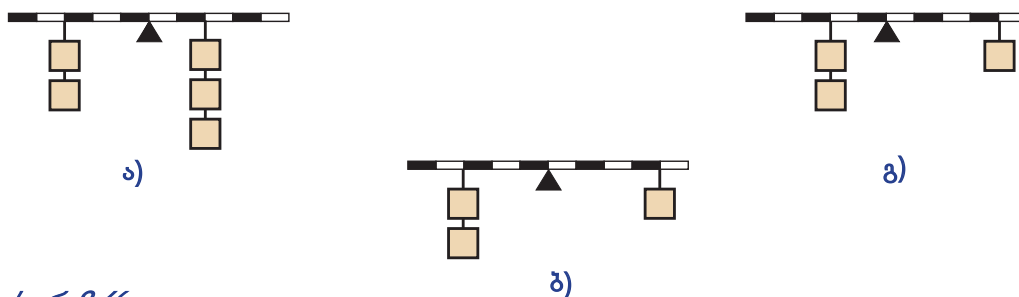


სურ. 2.44



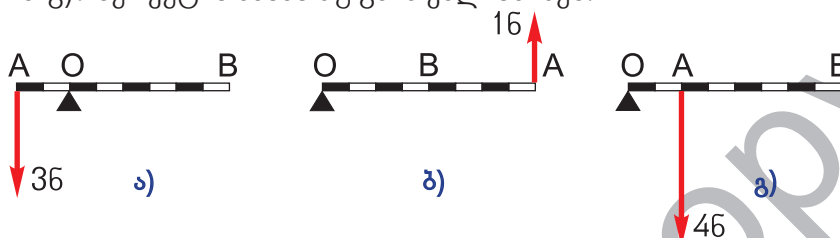
სურ. 2.45

3. რომელი ბერკეტია წონასწორობაში, თუ ტვირთების მასები ერთნაირია (სურ. 2.46 ა-გ)? ბერკეტის მასას ნუ გაითვალისწინებ.



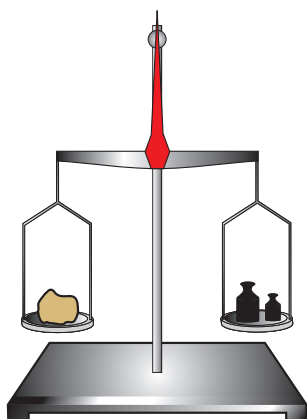
სურ. 2.46

4. რა ძალა უნდა მოვდოთ B წერტილში, რომ ბერკეტი იყოს წონასწორობაში (სურ. 2.47 ა-გ)? ბერკეტის მასას ნუ გაითვალისწინებ.



სურ. 2.47

პრაქტიკული დაავალება



სურ. 2.48 ბერკეტოვანი სასწორი

სხეულის მასის განსაზღვრის ერთ-ერთი მეთოდი აწონვაა. უმარტივეს სასწორს წარმოადგენს ბერკეტოვანი სასწორი, რომლის ძირითადი ნაწილია ბერკეტი. ბერკეტის შუაში დამაგრებულია ისარი, ბერკეტის ბოლოებში კი — პინები (სურ. 2.48).

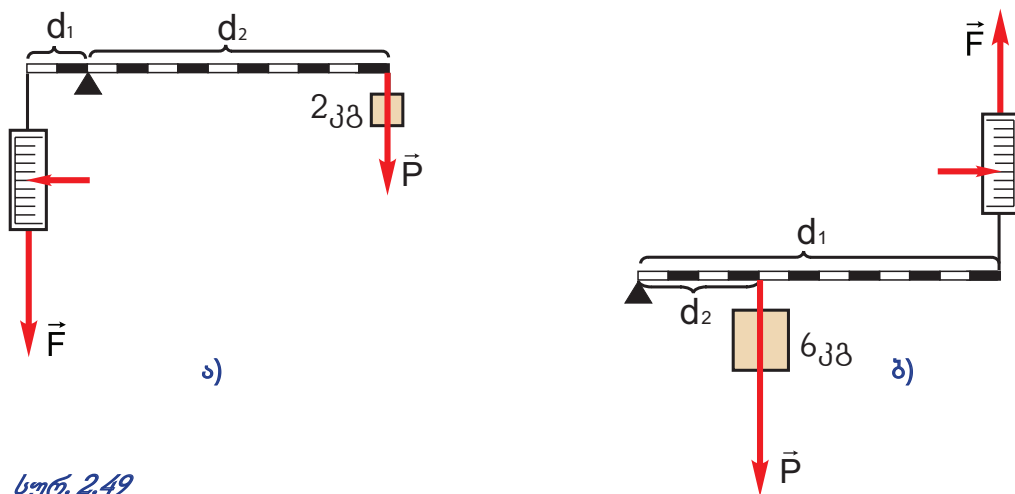
- აწონე სხვადასხვა მასის სხეულები, გამოიყენე ბერკეტის წონასწორობის პირობა და ახსენი ბერკეტოვანი სასწორის მოქმედების პრინციპი;
- სამუშაო რვეულში ჩაწერე შესრულებული დავალების თანმიმდევრობა.



ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

ამოცანა

განსაზღვრე დინამომეტრის დანაყოფის ფასი, თუ ბერკეტი გაწონასწორებულია (სურ. 2.49, ა,ბ). ბერკეტის მასას ნუ გაითვალისწინებ.



სურ. 2.49

ამოხსნა

დინამომეტრის დანაყოფის ფასი არის დინამომეტრის სკალაზე უმცირესი დანაყოფის მნიშვნელობა.

დანაყოფის ფასის განსაზღვრისათვის გავარკვიოთ დინამომეტრის ჩვენება ბერკეტის წონასწორობის შემთხვევაში.

ბერკეტი წონასწორობაშია, თუ

$$\frac{F}{P} = \frac{d_2}{d_1}$$

სადაც F არის დინამომეტრზე მოქმედი ძალა, P — ტვირთის წონა. d_1 და d_2 — შესაბამისად F და P ძალების მხრები.

ა) შემთხვევაში ბერკეტი პირველი გვარისაა. ტვირთის მასა 2კგ-ია, ამიტომ მისი წონა

$$P = mg = 206$$

ბერკეტზე თითოეული დანაყოფის სიგრძე აღვნიშნოთ d -თი, მაშინ

$$d_1 = 2 \cdot d;$$

$$d_2 = 10 \cdot d$$

ბერკეტის წონასწორობის პირობა მიიღებს სახეს:

$$\frac{F}{206} = \frac{10d}{2d}$$

საიდანაც

$$F = 1006.$$

ე.ი. დინამომეტრის ჩვენებაა 1006.

დინამომეტრის სკალაზე ათი დანაყოფია, ისარი გაჩერებულია მეხუთე დანაყოფზე (ხუთ დანაყოფს შეესაბამება 1006), ამიტომ დინამომეტრის დანაყოფის ფასი იქნება:

$$\frac{100 - 0}{5} = 20(6)$$

ბ) შემთხვევაში ბერკეტი მეორე გვარისაა. ტვირთის მასა 6კგ-ია, შესაბამისად მისი წონა

$$P = mg = 606$$

$$d_1 = 12 \cdot d;$$

$$d_2 = 4 \cdot d$$

ბერკეტის წონასწორობის პირობა მიიღებს სახეს:

$$\frac{F}{606} = \frac{4d}{12d}$$

საიდანაც

$$F = 206$$

დინამომეტრის ისარი გაჩერებულია სკალის მეოთხე დანაყოფზე, ამიტომ დანაყოფის ფასი იქნება:

$$\frac{20-0}{4} = 5(6)$$

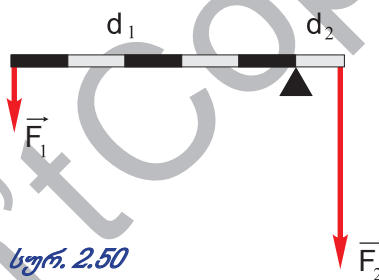
პასუხი: პირველი დინამომეტრის დანაყოფის ფასია 206, მეორის — 56.

ამოცანა

ბერკეტის ბოლოებზე მოქმედებს ვერტიკალურად ქვევით მიმართული 106 და 506 ძალები. ბერკეტის სიგრძე 1,2მ-ია. სად მდებარეობს ბერკეტის საყრდენი წერტილი, თუ იგი გაწონასწორებულია? ბერკეტის მასას ნუ გაითვალისწინებ.

ამოხსნა

$d_1 - ?$
მოც.: $F_1 = 106;$
$F_2 = 506;$
$d = 1,2\text{მ}.$



ამოცანის პირობიდან გამომდინარე, ბერკეტზე მოქმედი სიმძიმის ძალა შეიძლება ჩავთვალოთ ნულის ტოლად.

მცირე ძალის მხარი აღვნიშნოთ d_1 -ით (სურ. 2.50), მაშინ დიდი ძალის მხარი

$$d_2 = d - d_1$$

ბერკეტის წონასწორობის პირობა ასე ჩაიწერება:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d - d_1}{d_1}$$

საიდანაც

$$d_1 = \frac{F_2 d}{F_1 + F_2}$$

ჩავსვათ რიცხვითი მნიშვნელობები:

$$d_1 = \frac{50 \cdot 1,2}{50 + 10} = 1\text{მ}$$

ამგვარად, ბერკეტის საყრდენი წერტილი მდებარეობს 106 ძალის მოდების წერტილიდან 1მ მანძილზე.

პასუხი: მცირე ძალის მოდების წერტილიდან 1მ მანძილზე.

2.6

მექანიკის „ოქროს წესი“

მარტივი მექანიზმების გამოყენებით შესაძლებელია მოვიგოთ ძალაში, მანძილში ან შევცვალოთ ძალის მიმართულება.

დავადგინოთ, შესაძლებელია თუ არა მარტივი მექანიზმებით მუშაობაში მოგება.

ვთქვათ, უნონო ბერკეტის ბოლოებზე მოქმედებს $\vec{F}_1$ და $\vec{F}_2$ ძალები. ამ ძალების მოქმედებით უძრავი საყრდენის ირგვლივ ბერკეტი შემობრუნდა მცირე კუთხით ისე, რომ $\vec{F}_1$ ძალის მოდების წერტილი გადაადგილდა

$\vec{S}_1$ -ით, $\vec{F}_2$ ძალის მოდების წერტილი — $\vec{S}_2$ -ით (სურ.2.51). ბერკეტის მცირე კუთხით შემობრუნებისას შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ძალა და მისი მოდების წერტილის გადაადგილება მიმართულია ერთი წრფის გასწვრივ.

$\vec{F}_1$ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა $A_1 = F_1 S_1$

$\vec{F}_2$ ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა $A_2 = F_2 S_2$

მომენტების წესის თანახმად,

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

2.51 ნახაზიდან ჩანს, რომ ძალების მოდების წერტილთა გადაადგილებები პროპორციულია ბერკეტის ძალის მხრების:

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

ამიტომ

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

ამგვარად, **რამდენჯერაც ვიგებთ ძალაში, იმდენჯერ ვაგებთ მანძილში.**

ეს წესი იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ მას მექანიკის „ოქროს წესი“ უწოდეს.

ტოლობიდან გამომდინარეობს, რომ

$$F_1 S_1 = F_2 S_2$$

ე.ი.

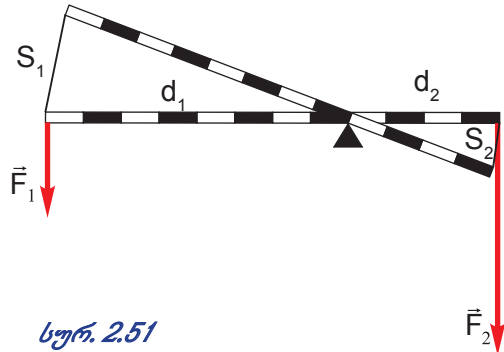
$$A_1 = A_2$$

ბერკეტზე მოქმედი ძალების მიერ შესრულებული მუშაობები ტოლია. ეს კი ნიშნავს, **რომ ბერკეტი არ იძლევა მუშაობაში მოგებას.**

ეს დასკვნა არ ეხება მხოლოდ ბერკეტს — ის ვრცელდება ნებისმიერ მარტივ მექანიზმზე.

არცერთი მარტივი მექანიზმი არ იძლევა მუშაობაში მოგებას.

მექანიკის „ოქროს წესი“ უდევს საფუძვლად სხვადასხვა ინსტრუმენტის მოქმედებას. ასეთი ინსტრუმენტებია: მაკრატელი ქსოვილის, ქაღალდის ან ლითონის სხეულების გასაჭრელად, მკვნეტარა მავთულის გადასაჭრელად და ა.შ. (სურ. 2.52).



სურ. 2.51



სურ. 2.52



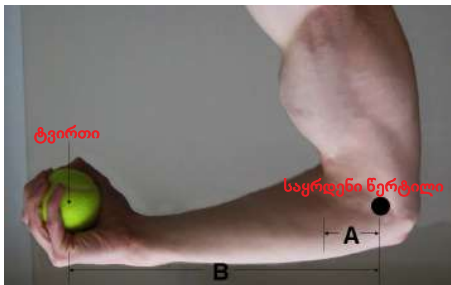
სურ. 2.53

- დააკვირდი 2.53 სურათს, რომელი ქანჩის გასაღებით უფრო ადვილია ქანჩის მოხსნა? რატომ?

ბერკეტი შეიძლება აღმოვაჩინოთ ცოცხალ ორგანიზმებში. მაგალითად ბერკეტის მსგავსად მოქმედებენ ადამიანის კიდურები (სურ. 2.54, ა). ტვინის დაჭერისას მკლავის კუნთების ძალა უზრუნველყოფს მის წონასწორობას.

ბუნებაში მრავალი სახის ბერკეტი არსებობს. მაგალითად ზოგიერთი მცენარის

(პიტნა, რეჰანი, ქონდარი და ა.შ.) ყვავილებს ორი ფურცელი აქვს (სურ. 2.54, ბ). როდესაც ქვედა ფურცელზე ჯდება ფუტკარი, ფურცელი, ბერკეტის ანალოგიურად, ქვევით იწევს და ფუტკარი იღებს ნექტარს, ზედა ფურცლიდან კი ეყრება მტვერი, რომელიც გადააქვს ერთი მცენარიდან მეორეზე და ახდენს დამტვერვას.



სურ. 2.54 ა)



ბ)

მცენარის ღერო და ფესვები წარმოადგენენ ბერკეტს, რომლის საყრდენი ნიადაგია.

ჩვეულებრივ პირობებში მცენარე წონასწორობაშია. ძლიერმა ქარმა შესაძლებელია მოგლიჯოს მცენარე — წონასწორობა დაირღვეს.

არც ერთი მარტივი მექანიზმი არ იძლევა მუშაობაში მოგებას. რამდენჯერაც ვიგებთ ძალაში, იმდენჯერ ვაგებთ მანძილში.

მოამზადე თემა პრეზენტაციისთვის: „ბერკეტის ანალოგია ცოცხალ ორგანიზმებში“.

პრაქტიკული დავალება

- დააკვირდი სხვადასხვა მაკრატელს და გამოთქვი ვარაუდი, რომელი მაკრატლის გამოყენებით მოიგებთ მეტად ძალაში;
- დაასახელე მაკრატლის გამოყენების მაგალითები.
- შეასრულე ნახაზები. თითოეულ ნახაზზე აღნიშნე მაკრატლის ბრუნვის ღერძი;
- ნახაზების ანალიზის საფუძველზე ახსენი, კონკრეტულ შემთხვევაში რომელ მაკრატელს გამოიყენებ და რატომ.

2.7

ჭოჭონაქი

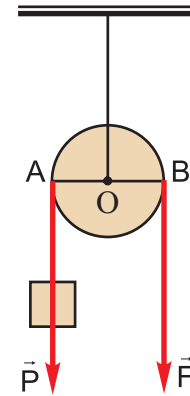
გარკვეულ სიმაღლეზე ტვირთის ასანევიად ხშირად იყენებენ მარტივ მექანიზმს — ჭოჭონაქს.

ჭოჭონაქი წარმოადგენს გარსაკრში ჩამაგრებულ ღარიან ბორბალს. ღარზე გადადებულია თოკი ან ჯაჭვი.

ჭოჭონაქი ორგვარია: უძრავი და მოძრავი.



სურ. 2.56
უძრავი ჭოჭონაქი



სურ. 2.57

ჭოჭონაქს, რომლის ღერძი დამაგრებულია და ტვირთის მოძრაობისას არ გადაადგილდება, უძრავი ჭოჭონაქი ეწოდება (სურ. 2.56).

უძრავი ჭოჭონაქი შეიძლება განვიხილოთ როგორც ტოლმხრიანი ბერკეტი (სურ.2.57), ამიტომ წონასწორობის პირობა ასე ჩაინერება

$$\frac{P}{F} = \frac{OB}{OA}$$

თითოეული ძალის მხარი ტოლია ბორბლის რადიუსისა:

$$OB=OA$$

ამიტომ

$$P=F$$

უძრავ ჭოჭონაქზე მოქმედი ამნევი ძალა ასანევი ტვირთის წონის ტოლია.

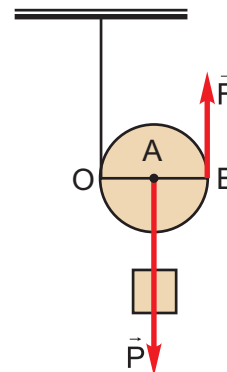
უძრავი ჭოჭონაქი ძალის მოგებას არ იძლევა, იგი ცვლის მხოლოდ ძალის მიმართულებას.

ჭოჭონაქს, რომლის ღერძი ტვირთთან ერთად მოძრაობს, მოძრავი ჭოჭონაქი ეწოდება (სურ. 2.58). იგი შეიძლება განვიხილოთ როგორც მეორე გვარის ბერკეტი (სურ. 2.59).

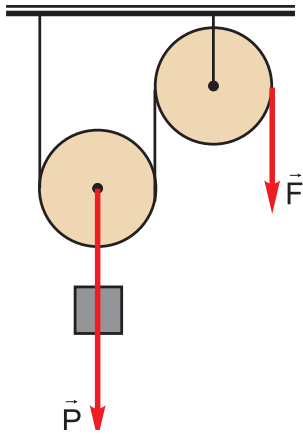
2.59 სურათის მიხედვით მოძრავი ჭოჭონაქის წონასწორობის პირობა ასე ჩაინერება:



სურ. 2.58 მოძრავი ჭოჭონაქი



სურ. 2.59



სურ. 2.60 მოძრავი და უძრავი ჭოჭონაქების კომბინაცია

$$\frac{F}{P} = \frac{OA}{OB}$$

OA ბორბლის რადიუსია, OB კი — დიამეტრი, ამიტომ

$$\frac{F}{P} = \frac{1}{2}$$

საიდანაც

$$P = 2F$$

ე.ი. მოძრავი ჭოჭონაქით ძალაში ვიგებთ 2-ჯერ.

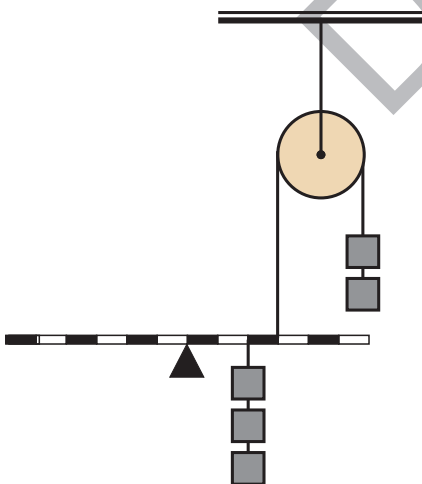
პრაქტიკაში ტვირთების ასანეევად ხშირად იყენებენ უძრავი და მოძრავი ჭოჭონაქების კომბინაციას — პოლისპასტს (სურ. 2.60).

უძრავი ჭოჭონაქი ძალის მოგებას არ იძლევა, იგი ცვლის მხოლოდ ძალის მიმართულებას.
მოძრავი ჭოჭონაქით ძალას ვიგებთ 2-ჯერ.

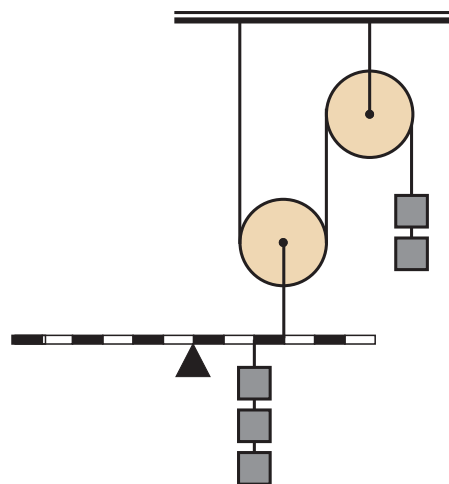
?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. რა ძალაა საჭირო 2კგ ტვირთის ასანეევად: ა) უძრავი ჭოჭონაქით, ბ) მოძრავი ჭოჭონაქით? ? ხახუნს, ჭოჭონაქისა და თოკის წონას ნუ გაითვალისწინებ.
2. უძრავი ჭოჭონაქით ტვირთი აიტანეს 2მ სიმაღლეზე. რა მანძილზე დაეშვა თოკის თავისუფალი ბოლო?
3. არის თუ არა ბერკეტი წონასწორობაში (სურ. 2.61, ა,ბ)? ხახუნს, ჭოჭონაქისა და თოკის წონას ნუ გაითვალისწინებ. ჩათვალე, რომ ტვირთების მასები ერთნაირია.



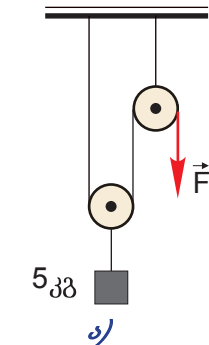
ა)



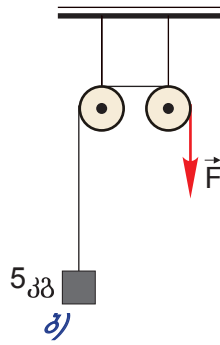
ბ)

სურ. 2.61

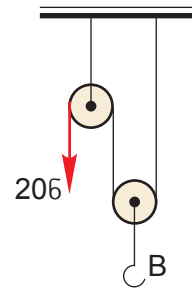
4. გამოთვალე ტვირთის ასანევად საჭირო F ძალის სიდიდე (სურ. 2.62, ა,ბ).
 5. გამოსახე მოძრავი ჭოჭონაქის B კაუჭზე მოქმედი ძალა (სურ.2.63).



სურ. 2.62



ბ)



სურ. 2.63



ამოცანის ამოხსნის ნიშნები

ამოცანა

რა წონის ტვირთის აწევა შეიძლება $F = 4006$ ძალის მოქმედებით (სურ. 2.64)? ჭოჭონაქების და თოკის წონას, აგრეთვე ხახუნს ნუ გაითვალისწინებ. ჩათვალე, რომ ტვირთის მოძრაობა თანაბარია.

ამოხსნა

ტვირთის აწევა ხდება უძრავი და მოძრავი ჭოჭონაქების კომბინაციით. რადგან ჭოჭონაქების და თოკის წონები მხვედელობაში არ მიიღება, ამიტომ B და C წერტილებში იმოქმედებს $F = 4006$ ძალები.

მოძრავი ჭოჭონაქისათვის

$$\frac{P}{F} = \frac{O_1 B}{O_1 A}$$

საიდანაც

$$P = F \cdot \frac{O_1 B}{O_1 A}$$

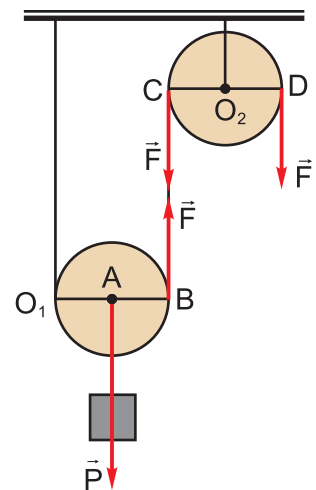
$$O_1 B = 2 \cdot O_1 A$$

ამიტომ

$$P = 2F = 8006.$$

ამგვარად, ჭოჭონაქების ასეთი კომბინაციით შესაძლებელია ძალაში მოგებაც და მიმართულების შეცვლაც.

პასუხი: 4006 ძალით შესაძლებელია 8006 წონის ტვირთის აწევა.

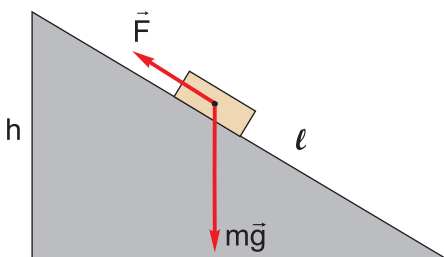


სურ. 2.64

2.8

დახრილი სიბრტყე. მარტივი მექანიზმების მარბი ქმედების კოეფიციენტი

მარტივი მექანიზმია დახრილი სიბრტყე, რომელსაც იყენებენ სხეულის რაიმე სიმაღლეზე ასატანად.



სურ. 2.65

განვიხილოთ ℓ სიგრძის და h სიმაღლის დახრილი სიბრტყე, რომელზეც $\vec{F}$ ნევის ძალის მოქმედებით თანაბრად ააქვთ m მასის ტვირთი (სურ. 2.65). ჩათვალო, რომ ხახუნი უმნიშვნელოა, ამიტომ შეიძლება უგულებელვყოთ.

$\vec{F}$ ნევის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა

$$A = F \ell$$

რადგან სხეულის სიჩქარე არ იცვლება, ამიტომ $\vec{F}$ ნევის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობის შედეგად მისი კინეტიკური ენერგია არ შეიცვლება. ამ დროს იცვლება (იზრდება) სხეულის პოტენციური ენერგია.

თუ ენერგიის ნულოვან დონეს დაფუძავთ დახრილი სიბრტყის ფუძეს, მაშინ h სიმაღლეზე სხეულის ატანისას შესრულებული მუშაობა

$$A = mgh$$

ამგვარად,

$$F \ell = mgh$$

აქედან

$$\frac{mg}{F} = \frac{\ell}{h}$$

ცხადია, $h < \ell$, ამიტომ $F < mg$. ეს ნიშნავს, რომ დახრილი სიბრტყის გამოყენებით გარკვეულ სიმაღლეზე სხეულის ატანა შესაძლებელია უფრო მცირე ძალით, ვიდრე ამ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალაა.

შეფარდება $\frac{mg}{F}$ გვიჩვენებს ძალაში მოგებას.

დახრილი სიბრტყის გამოყენებით ძალაში ვიგებთ იმდენჯერ, რამდენჯერაც დახრილი სიბრტყის სიგრძე მეტია მის სიმაღლეზე.

მარტივი მექანიზმების მონოპოლიზობისა და მოქმედების პრინციპის განხილვისას არ იყო გათვალისწინებული ხახუნი, ჰაერის წინააღმდეგობა, მექანიზმების წონა და სხვ. ცხადია, ამ დაშვებების მიხედვით, მექანიზმზე მოქმედი ძალის მუშაობა ტვირთის გადაადგილებაზე შესრულებული მუშაობის ტოლია. სინამდვილეში მექანიზმების გამოყენებისას სრული მუშაობის ნაწილი სრულდება ხახუნის და ჰაერის წინააღმდეგობის დაძლევაზე, მექანიზმის ნაწილების გადაადგილებაზე.

- დააკვირდი მოძრავ ჭოჭონაქს და გაარკვიე, ამ ჭოჭონაქის გამოყენებისას, ტვირთის აწევის გარდა, რა დამატებითი მუშაობის შესრულებაა საჭირო.

მარტივი მექანიზმის გამოყენებისას განიხილება სასარგებლო და სრული მუშაობა.

მუშაობას, რომელიც სრულდება მექანიზმზე მის მოძრაობაში მოსაყვანად და

ტვირთის გადასატანად **სრული მუშაობა** ეწოდება.

მუშაობას, რომელსაც ასრულებს მექანიზმი უშუალოდ სხეულის გადასაადგილებლად, **სასარგებლო მუშაობა** ეწოდება.

სასარგებლო მუშაობის შეფარდებას სრულ მუშაობასთან მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ) ეწოდება:

$$\eta = \frac{A_{\text{სას}}}{A_{\text{სრ}}}$$

ცხადია, სასარგებლო მუშაობა ყოველთვის ნაკლებია სრულ მუშაობაზე ($A_{\text{სას}} < A_{\text{სრ}}$), ამიტომ $\eta < 1$.

მქკ-ს ხშირად გამოსახავენ პროცენტებით:

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

ნებისმიერი მექანიზმის მქკ ნაკლებია 100%-ზე:

$$\eta < 100\%$$

მქკ-ის გაზრდის მიზნით კონსტრუქტორები ცდილობენ შეამცირონ ხახუნი (რამდენადაც ეს შესაძლებელია), მექანიზმის ზოგიერთი ნაწილის წონა და სხვ.

დახრილი სიბრტყის გამოყენებით ძალაში ვიგებთ იმდენჯერ, რამდენჯერაც დახრილი სიბრტყის სიგრძე მეტია მის სიმაღლეზე.

სასარგებლო მუშაობის შეფარდებას სრულ მუშაობასთან მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ეწოდება:

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

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. დახრილი სიბრტყის სიგრძე 10მ-ია, სიმაღლე — 2მ. რა მასის ტვირთის ატანაა შესაძლებელი სიბრტყის პარალელური 600ნ წევის ძალის გამოყენებით? ხახუნს ნუ გაითვალისწინებ.

2. ბერკეტის გამოყენებით 40კგ მასის ტვირთი აწიეს 20სმ სიმაღლეზე 100ნ ძალის მოქმედებით, რომლის მოდების წერტილმა 1მ-ით დაიწია. გამოთვალე სასარგებლო და სრული მუშაობები.

3. მოძრავი ჭოჭონაქის მქკ 70%-ია. რა მასის ტვირთის აწევას შესაძლებელი ამ ჭოჭონაქით, თუ თოკის თავისუფალ ბოლოზე მოვდებთ 200ნ ძალას?

4. 4მ სიმაღლის დახრილ სიბრტყეზე ტვირთის ატანისას შესრულდა 20კჯ მუშაობა. განსაზღვრე ტვირთის მასა, თუ დახრილი სიბრტყის მქკ 75%-ია.



ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

ამოცანა

1მ სიმაღლის და 10მ სიგრძის დახრილ სიბრტყეზე 200კგ მასის ტვირთის ასატანად მასზე იმოქმედეს სიბრტყის პარალელური 2306 ძალით. განსაზღვრე დახრილი სიბრტყის მქკ.

ამოხსნა

$\eta - ?$	დახრილი სიბრტყის მქკ ტოლია სასარგებლო და სრული მუშაობების შეფარდებისა:
მოც.: $h = 1\text{მ};$	$\eta = \frac{A_{\text{სას}}}{A_{\text{სრ}}} \cdot 100\%$
$\ell = 10\text{მ};$	
$m = 200\text{კგ};$	სასარგებლო მუშაობა არის h სიმაღლეზე ტვირთის აწევისას შესრულებული მუშაობა (ტვირთზე მოქმედი სიმძიმის ძალის დაძლევაზე შესრულებული მუშაობა):
$F_{\text{წ}} = 2306.$	

$$A_{\text{სას}} = mgh$$

სრული მუშაობა არის დახრილ სიბრტყეზე ტვირთის ატანისას შესრულებული მუშაობა:

$$A_{\text{სრ}} = F\ell$$

ამიტომ

$$\eta = \frac{mgh}{F\ell} \cdot 100\% = 87\%$$

პასუხი: დახრილი სიბრტყის მქკ 87%-ია.



შეამოწმე შენი ცოდნა

I. მართებულია თუ არა მტკიცება?

1. სხეულის წონასწორობის ქვეშ იგულისხმება უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობა.

ა) დიახ; ბ) არა

2. არამბრუნავი სხეული წონასწორობაშია, თუ მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია.

ა) დიახ; ბ) არა

3. წრფე, რომლის გასწვრივაც მოქმედებს ძალა, ძალის მოქმედების წრფეა.

ა) დიახ; ბ) არა

4. შესაძლებელია სხეულზე ერთდროულად მოქმედებდეს რამდენიმე ძალა, მაგრამ იგი იყოს უძრავი.

ა) დიახ; ბ) არა

5. სხეული შეიძლება მოძრაობდეს იმ შემთხვევაშიც, როდესაც მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია.

ა) დიახ; ბ) არა

6. თუ სხეულზე ძალა არ მოქმედებს, მაშინ სხეული უძრავია.

ა) დიახ; ბ) არა

7. ძალის მომენტი არის ძალისა და მისი მხრის ნამრავლი.

ა) დიახ; ბ) არა

8. ძალის მხარი არის უმოკლესი მანძილი ბრუნვის ღერძიდან ძალის მოქმედების წრფემდე.

ა) დიახ; ბ) არა

9. მარტივი მექანიზმი არის მოწყობილობა, რომლის საშუალებით შესაძლებელია ძალის გარდაქმნა.

ა) დიახ; ბ) არა

10. ბერკეტი წონასწორობაშია, როდესაც მასზე მოქმედი საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამი ტოლია საათის ისრის მოძრაობის საპირისპიროდ მაბრუნებელი ძალების მომენტების ჯამისა.

ა) დიახ; ბ) არა

11. მარტივი მექანიზმით რამდენჯერაც ვიგებთ ძალაში, იმდენჯერ ვაგებთ მანძილში.

ა) დიახ; ბ) არა

12. მდგრადი წონასწორობისას სხეულის სიმძიმის ცენტრი მისი შესაძლო მდებარეობიდან ყველაზე დაბლაა.

ა) დიახ; ბ) არა

13. არამდგრადი წონასწორობიდან სხეულის გამოყვანისას სიმძიმის ცენტრი დაბლა იწევს.

ა) დიახ; ბ) არა

14. განუზრჩეველი წონასწორობის დროს სიმძიმის ცენტრის მდებარეობა ერთ დონეზეა.

ა) დიახ; ბ) არა

15. ბერკეტის გამოყენებით შესაძლებელია მუშაობაში მოგება.

ა) დიახ; ბ) არა

16. უძრავი ჭოჭონაქით ძალაში ვიგებთ 2-ჯერ.

ა) დიახ; ბ) არა

17. მოძრავი ჭოჭონაქი ძალაში მოგებას არ იძლევა.

ა) დიახ; ბ) არა

18. დახრილი სიბრტყე მუშაობაში მოგებას არ იძლევა.

ა) დიახ; ბ) არა

19. მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი არის სასარგებლო მუშაობის შეფარდება სრულ მუშაობასთან.

ა) დიახ; ბ) არა

20. სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მოდეების წერტილს ამ სხეულის სიმძიმის ცენტრი ეწოდება.

ა) დიახ; ბ) არა

21. საყრდენი ფართობის მქონე სხეულის წონასწორობა მდგრადია, თუ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის მოქმედების წრფე გადის სხეულის საყრდენ ფართობში.

ა) დიახ; ბ) არა

22. თუ სხეულზე მოქმედი ძალის მოქმედების წრფე სიმძიმის ცენტრზე გადის, მაშინ სხეული ასრულებს გადატანით მოძრაობას.

ა) დიახ; ბ) არა

II. რომელია სწორი პასუხი?

1. რომელი მტკიცებაა მართებული: 1) უძრავობის მდგომარეობაში სხეული წონასწორობაშია; 2) წრფივად და თანაბრად მოძრავი სხეული არ არის წონასწორობის მდგომარეობაში; 3) სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მოდებულია ამ სხეულის სიმძიმის ცენტრზე; 4) თუ სხეულზე მოდებული ძალის მოქმედების წრფე სიმძიმის ცენტრზე გადის, მაშინ სხეული ასრულებს გადატანით მოძრაობას.

- ა) 1, 2, 3;
- ბ) 1, 3, 4;
- გ) 1, 2, 4;

2. არამბრუნავი სხეული მხოლოდ იმ შემთხვევაშია წონასწორობაში, თუ

- ა) მასზე სხვა სხეულები არ მოქმედებენ;
- ბ) მასზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია;
- გ) მასზე ტოლი ძალები მოქმედებს.

3. ძალის მომენტი გამოითვლება ფორმულით:

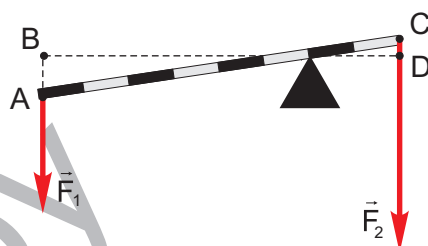
ა) $M = \frac{F}{d}$;

ბ) $M = Fd$;

გ) $M = \frac{d}{F}$.

4. ბერკეტზე მოქმედი F_1 ძალის მხარია (სურ. 2.66) ...

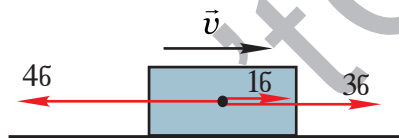
- ა) OB; ბ) OA; გ) AC.



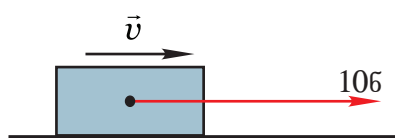
სურ. 2.66

5. არის თუ არა სხეული წონასწორობაში (სურ. 2.67)?

- ა) არის; ბ) არ არის.



სურ. 2.67



სურ. 2.68

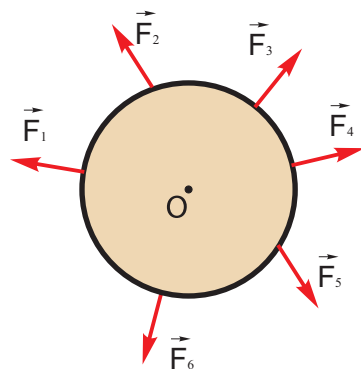
6. განსაზღვრე სხეულზე მოქმედი ხახუნის ძალა, თუ სხეული მოძრაობს მუდმივი სიჩქარით (სურ. 2.68).

- ა) 86; ბ) 106; გ) 126.

7. თუ ძალის სიდიდეს გავზრდით 2-ჯერ, მის მხარს კი ამდენჯერვე შევამცირებთ, მაშინ ამ ძალის მომენტი ...

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

8. სხეულზე მოქმედი ძალებიდან რომელი მათგანი გამოიწვევს სხეულის გადატანით მოძრაობას და რომელი — ბრუნვით (სურ. 2.69)? O წერტილი სხეულის სიმძიმის ცენტრია და უძრავ ბრუნვის ღერძზე მდებარეობს.

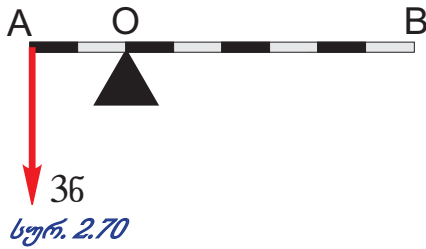


სურ. 2.69

ა) F_1, F_3, F_4 და F_6 ძალები გამოიწვევს სხეულის გადატანით მოძრაობას, F_2 და F_5 ძალები კი — ბრუნვით.

ბ) F_1, F_2 და F_5 ძალები გამოიწვევს სხეულის გადატანით მოძრაობას, F_3, F_4 და F_6 ძალები კი — ბრუნვით.

გ) F_1, F_3, F_4 და F_5 ძალები გამოიწვევს სხეულის გადატანით მოძრაობას, F_2 და F_6 ძალები კი — ბრუნვით.

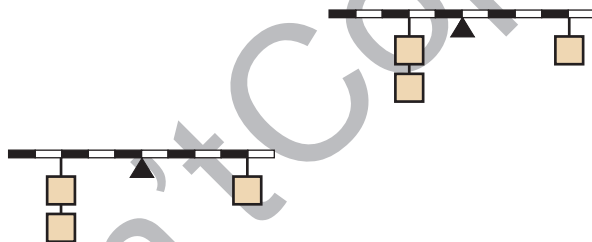
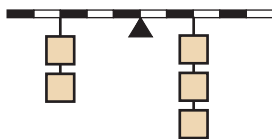


9. ბერკეტის A წერტილზე მოქმედებს 36 ძალა (სურ. 2.70). რა ძალა უნდა მოვდეთ B წერტილზე, რომ ბერკეტი იყოს წონასწორობაში?

ა) 26; ბ) 16; გ) 36.

10. რომელი ბერკეტია წონასწორობაში (სურ. 2.71)? ჩათვალე, რომ ტვირთების მასები ტოლია.

- ა) I და II ბერკეტები;
ბ) II და III ბერკეტები;
გ) მხოლოდ II ბერკეტი.



სურ. 2.71

11. 18 სიგრძის ბერკეტის ბოლოებზე მოქმედებს ვერტიკალურად ქვევით მიმართული 26 და 86 ძალები. სად მდებარეობს საყრდენი წერტილი, თუ ბერკეტი წონასწორობაშია? ბერკეტის მასას ნუ გაითვალისწინებთ.

- ა) 20სმ-ზე დიდი ძალის მოდების წერტილიდან;
ბ) 40სმ-ზე დიდი ძალის მოდების წერტილიდან;
გ) 60სმ-ზე მცირე ძალის მოდების წერტილიდან.

12. როგორ შეიძლება 10კგ მასის ერთგვაროვანი ძელის განწონასწორება 20კგ მასის სხეულით, თუ საყრდენი მოთავსებულია ძელის ერთ-ერთი ბოლოდან მისი სიგრძის $1/4$ მანძილზე?

- ა) არ შეიძლება;
ბ) თუ საყრდენს მოვათავსებთ სხეულიდან ძელის სიგრძის $1/8$ მანძილზე;
გ) თუ საყრდენს მოვათავსებთ სხეულიდან ძელის სიგრძის $1/4$ მანძილზე;

13. 5კგ მასის ერთგვაროვანი ღეროს საყრდენი მოთავსებულია ღეროს მარცხენა ბოლოდან მისი სიგრძის მეოთხედის ტოლ მანძილზე (სურ. 2.72). ამ ბოლოზე მოთავსებულია 14 კგ მასის ტვირთი. ღეროს წონასწორობისათვის მეორე ბოლოზე უნდა მოვათავსოთ ტვირთი, რომლის მასაა

- ა) 4კგ; ბ) 2კგ; გ) 3კგ.

14. ბერკეტის ერთი მხარია 1მ, მეორე — 4მ. ამ ბერკეტით შესაძლებელია ძალაში მოგება...

ა) 6-ჯერ; ბ) 4-ჯერ; გ) 8-ჯერ.



15. რამდენჯერ მოვიგებთ ძალაში დახრილ სიბრტყეზე სხეულის თანაბრად ატანისას, თუ დახრილი სიბრტყის სიგრძეა 4მ, სიმაღლე კი — 1მ.

სურ. 2.72

ა) 2-ჯერ; ბ) 2,5-ჯერ; გ) 4-ჯერ.

16. რა ძალაა საჭირო 60კგ მასის ცილინდრული ფორმის სხეულის ასაგორებლად 2მ სიმაღლისა და 6მ სიგრძის დახრილ სიბრტყეზე? ხახუნს ნუ გაითვალისწინებთ.

ა) 2006; ბ) 1806; გ) 1206.

17. 1ტ მასის ტვირთის 8მ სიმაღლეზე ატანისას შესრულდა 100კჯ მუშაობა. გამოთვალე მექანიზმის მქკ.

ა) 40%; ბ) 60%; გ) 80%.

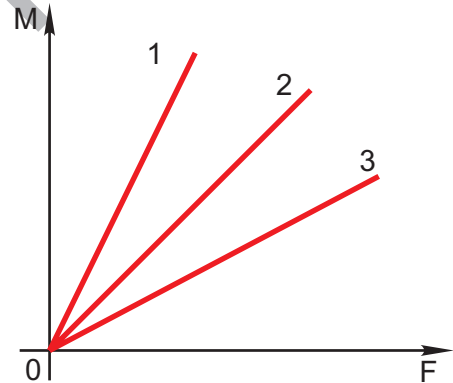
18. რა მუშაობა უნდა შესრულდეს, რომ მოძრავმა ჭოჭონაქმა, რომლის მქკ 75%-ია, 1,5ტ მასის ტვირთი აიტანოს 10მ სიმაღლეზე?

ა) 200კჯ; ბ) 20000ჯ; გ) 100კჯ.

19. რა სიმაღლეზე აიტანს მოძრავი ჭოჭონაქი 200კგ მასის სხეულს, თუ ამ დროს სრულდება 10კჯ მუშაობა? ჭოჭონაქის მქკ-ია 0,8.

ა) 40მ; ბ) 4მ; გ) 10მ.

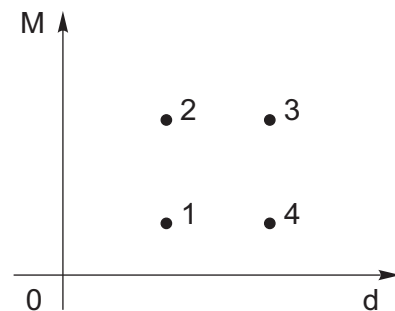
20. 2.73 სურათზე მოცემულია დამაგრებული ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულზე მოქმედი სამი სხვადასხვა ძალისა და ამ ძალების მომენტებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი. რომელი ძალის მხარია მაქსიმალური?



სურ. 2.73

ა) 1; ბ) 2; გ) 3.

21. 2.74 სურათზე მოცემულია დამაგრებული ბრუნვის ღერძის მქონე სხეულზე მოქმედი ძალის მომენტისა და ამ ძალის მხარის შორის დამოკიდებულების დიაგრამა. რომელ შემთხვევაშია სხეულზე მოქმედი ძალა მინიმალური?



სურ. 2.74

ა) 2; ბ) 4; გ) 3.

**III
თავი
სიტყური
მოვლენები**

ამ თავის შესწავლის შემდეგ შენ შეძლებ:

- სიტყვოს გადაცემის სახეების დახასიათებასა და მათ თავისებურებაზე არგუმენტირებულ მსჯელობას;
- სიტყური ქრავების მოქმედების პრინციპსა და მათი მუშაობით შექმნილ ეკოლოგიურ პრობლემაზე არგუმენტირებულ მსჯელობას;
- ნივთიერების კუთრი სიტგოტევალოგისა და წვის კუთრი სიტგოს ექსპერიმენტულ შესწავლას;
- კუთრი სიტგოტევალოგისა და წვის კუთრი სიტგოს როლის შეფასებას გუნებასა და ყოფაცხოვრებაში;
- გუნებაში მიმდინარე სიტგური პროცესების შესახებ ცოდნის დაკავშირებას სხვადასხვა პროფესიასთან/საქმიანობის სფეროსთან.

3.1

სითბური მოვლენა. ტემპერატურა

როდესაც ვლაპარაკობთ სხეულის კინეტიკურ და პოტენციურ ენერგიაზე, არ ვითვალისწინებთ სხეულის შინაგან სტრუქტურას. მექანიკური მოვლენების განხილვისას ასეთი მიდგომა გამართლებულია, მაგრამ სითბური მოვლენების შემთხვევაში საკმარისი არ არის.

ფიზიკურ მოვლენას, რომელიც დაკავშირებულია ტემპერატურის ან აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებასთან, სითბური მოვლენა ეწოდება.

ტემპერატურა სხეულის სითბური მდგომარეობის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდეა.

ტემპერატურასთან არის დაკავშირებული წარმოდგენა ცხელსა და ცივ სხეულებზე. მაგალითად, ცხელი წყლის ტემპერატურა მეტია, ვიდრე ცივის.

რა ცვლილებები ხდება წყალში ტემპერატურის შეცვლისას?

განსხვავება მოლეკულათა მოძრაობის სიჩქარეშია — ცხელი წყლის მოლეკულები უფრო სწრაფად მოძრაობენ, ვიდრე ცივის. მაგალითად, შაქარი ცხელ წყალში უფრო სწრაფად იხსნება, ვიდრე ცივში. შაქრის გახსნა განპირობებულია დიფუზიით. დიფუზიის მიზეზი კი მოლეკულათა ქაოსური მოძრაობაა. ტემპერატურის გაზრდით დიფუზიის სისწრაფე იზრდება. ეს ნიშნავს, რომ მოლეკულათა მოძრაობის სიჩქარესა და ტემპერატურას შორის არსებობს კავშირი — ტემპერატურის გაზრდით სხეულის შემადგენელი მოლეკულების სიჩქარე იზრდება. მაგალითად, წყალბადის მოლეკულის საშუალო სიჩქარე 0°C -ზე 1693მ/წმ -ია, 20°C -ზე კი — 1755მ/წმ .

სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების უწყვეტ, ქაოსურ მოძრაობას **სითბური მოძრაობა** ეწოდება.

ნებისმიერ ტემპერატურაზე სხეულის შემადგენელ ნაწილაკებს სხვადასხვა სიჩქარე აქვთ, ამიტომ განვიხილავთ მოლეკულათა საშუალო სიჩქარესა და საშუალო კინეტიკურ ენერგიას. რაც მეტია სხეულის შემადგენელი მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგია, მით მეტია სხეულის ტემპერატურა.

ტემპერატურა ფიზიკური სიდიდეა, ამიტომ იგი იზომება.

როგორ ხდება სხეულის ტემპერატურის გაზომვა?

თუ გაცხელებ კოლბას, რომელშიც ასხია ცივი წყალი, ნახავ, რომ კოლბაში წყლის დონე მოიმატებს, ე.ი. წყლის მოცულობა გაიზრდება.

ნივთიერების სითბური გაფართოება დაედო საფუძვლად ტემპერატურის საზომი ხელსაწყოს — **თერმომეტრის** დამზადებას. თერმომეტრის მრავალი სახე არსებობს. ერთ-ერთი სახეა **ცელსიუსის თერმომეტრი**.

1742წელს შვედმა მეცნიერმა ანდერს ცელსიუსმა დაამზადა თერმომეტრი, რომელიც შედგება რეზერვუართან მიერთებული წვრილი მილისა და სკალისაგან (სურ. 3.1). უმეტეს შემთხვევაში რეზერვუარში ჩასხმულია ვერცხლისწყალი. ცელსიუსმა შემოიღო ტემპერატურის ასგრადუსიანი სკალა. სკალაზე 0°C შეესაბამება ყინულის დნობის ტემპერატურას, 100°C — წყლის დუღილის ტემპერატურას ნორმალური ატმოსფერული წნევის (101325პა) პირობებში. 0°C -სა და 100°C -ს შორის სკალა დაყო-



სურ. 3.1

ფილია 100 ტოლ ნაწილად. ერთ ნაწილს შეესაბამება 1°C (ცელსიუსის ერთი გრადუსი).

თერმომეტრით ტემპერატურის გასაზომად საჭიროა გარკვეული დროის შუალედი. განიხილე ექსპერიმენტი.

ექსპერიმენტული სამუშაო



დაკვირვება სითბურ წონასწორობაზე

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რეგული, ფანქარი, კალამი, ჭიქა, ლითონის კოვზი, თერმომეტრი, ცხელი წყალი.

- ჭიქაში ჩაასხი ცხელი წყალი;
- ჭიქაში მოათავსე თერმომეტრი და ლითონის კოვზი ისე, რომ კოვზის ნაწილი იყოს წყალში;
- შეეხე ხელით კოვზის ბოლოს. რას გრძნობ? იცვლება თუ არა კოვზის ტემპერატურა?
- როგორ შეიცვლება წყლის ტემპერატურა?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმე თერმომეტრით;
- როდის შეწყდება კოვზისა და წყლის ტემპერატურის ცვლილება?

ცხადია, სითბოცვლის პროცესი გაგრძელდება მანამ, სანამ წყალსა და კოვზს შორის არ დამყარდება სითბური წონასწორობა.

სითბური წონასწორობის დროს კონტაქტში მყოფი სხეულების ტემპერატურები ერთნაირია.

სითბური წონასწორობის დამყარებისათვის საჭიროა გარკვეული დროის შუალედი.

სხეულის ტემპერატურის გაზომვისას საჭიროა:

- სხეული კონტაქტში იყოს თერმომეტრთან;
- თერმომეტრის ჩვენება დაფიქსირდეს სხეულთან სითბური წონასწორობის დამყარების შემდეგ.



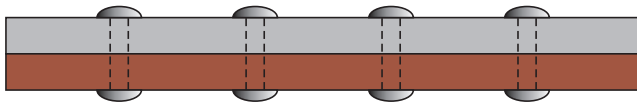
შპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. შესაძლებელია თუ არა სამედიცინო თერმომეტრით (სურ. 3.2) ცივი და ცხელი წყლის ტემპერატურის გაზომვა? პასუხი დაასაბუთე.

2. რკინიგზის რელსები გადაბმის ადგილებში ერთმანეთისაგან დაშორებულია. რა მიზნით აკეთებენ ამას?



სურ. 3.2



სურ. 3.3 ბიმეტალური ფირფიტა

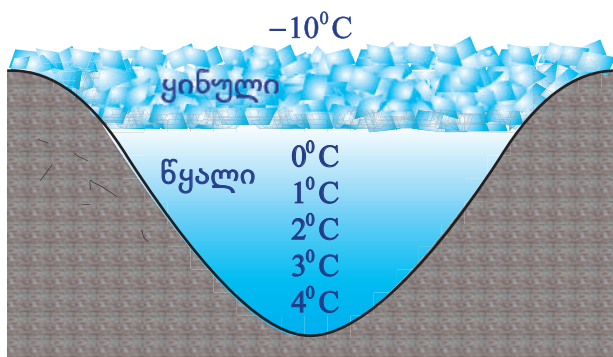
3. ორი სხვადასხვა ლითონისაგან დამზადებულ ფირფიტას ბიმეტალურ ფირფიტას (სურ. 3.3) უწოდებენ. რკინისა და სპილენძისაგან დამზადებული ბიმეტალური ფირფიტა

გაცხელების შედეგად დეფორმირდა. ახსენი ამ მოვლენის მიზეზი. შეეცადე შეასრულო ნახატი: ბიმეტალური ფირფიტა გაცხელებამდე და გაცხელების შემდეგ.

დამატებითი მასალა

წყლის სითბური გაფართოების თავისებურება

რა განაპირობებს ყინვიან ამინდში წყალსატევებში სიცოცხლის არსებობას? ამის მიზეზი **წყლის ანომალია** (კანონზომიერების დარღვევა — საერთო წესისაგან, ნორმისაგან გადახვევა).



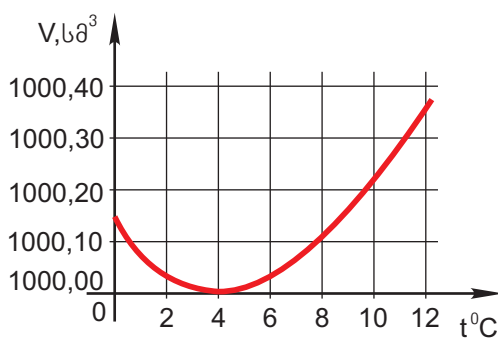
სურ. 3.4 4°C წყლის სიმკვრივე მაქსიმალურია

სხვა ნივთიერებებისაგან განსხვავებით წყალი 0°C-დან 4°C-მდე გათბობისას იკუმშება, შემდეგ კი ფართოვდება. ეს ნიშნავს, რომ წყალს ყველაზე დიდი სიმკვრივე აქვს 4°C-ზე.

ყინვის დროს წყალსატევების ზედაპირზე წარმოიქმნება ყინულოვანი ფენა, რომელიც, ნაკლები სიმკვრივის გამო, წყლის ზედაპირზე რჩება. ყინული სითბოს ცუდი გამტარია, ამიტომ იცავს წყალს გაყინვისაგან. ყინულის ქვეშ მოქცეული წყალი კი ტემპერატურის ზრდის და სიმკვრივის შესაბამისად ნანილდება — ყველაზე „მძიმე“ წყალი წყალსატევის ფსკერზეა (სურ. 3.4). ამის გამო ყინულოვანი ოკეანის ფსკერზეც კი წყლის ტემპერატურა +4°C-ია.

წყლის სითბური გაფართოების ეს თავისებურება განაპირობებს წყალსატევებში სიცოცხლის არსებობას.

3.5 სურათზე მოცემულია წყლის მოცულობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.



სურ. 3.5

- გრაფიკის მიხედვით აღწერე, როგორ იცვლება წყლის მოცულობა და სიმკვრივე ტემპერატურის ცვლილებით;
- რას უდრის წყლის სიმკვრივე 4°C-ზე?

გაიხსენე!

- რაში მდგომარეობს ენერგიის მუდმივობის კანონი?
- რა შემთხვევაშია ეს კანონი სამართლიანი?

სითბური მოვლენების შესწავლა და ანალიზი მოითხოვს იმის გათვალისწინებას, რომ ნებისმიერი სხეული შედგება უმცირესი ნაწილაკებისაგან. ეს ნაწილაკები მოძრაობენ და ურთიერთქმედებენ, ამიტომ მათ აქვთ კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები.

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

ნებისმიერ სხეულს აქვს შინაგანი ენერგია.

ცალკეული ნაწილაკის კინეტიკური და პოტენციური ენერგიები მცირე სიდიდეებია, მაგრამ სხეულში ნაწილაკთა რიცხვი ძალიან დიდია, ამიტომ სხეულის შინაგანი ენერგია მნიშვნელოვანი სიდიდეა.

შინაგანი ენერგიის აღნიშვნაა U , შინაგანი ენერგიის ცვლილების — ΔU .

თუ შინაგანი ენერგია შეიცვალა U_1 -დან U_2 -მდე, მაშინ შინაგანი ენერგიის ცვლილება

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

შენ იცი, რომ ჩაკეტილ სისტემაში სხეულის კინეტიკური ენერგია შეიძლება გარდაიქმნას პოტენციურ ენერგიად, პოტენციური კი — კინეტიკურად ისე, რომ სრული მექანიკური ენერგია მუდმივი დარჩეს. მაგრამ ნებისმიერ რეალურ სისტემაში მოქმედებს ხახუნის, წინააღმდეგობის ძალები, ადგილი აქვს სხეულთა შეჯახებებს და სხვ. ცხადია, ამ შემთხვევაში სრული მექანიკური ენერგია მცირდება, ე.ი. სრული მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი ირღვევა.

მაგალითად, ვარდნილი სხეულის პოტენციური ენერგია გარდაიქმნება კინეტიკურ ენერგიად. ცხადია, დედამიწაზე დაცემისას (ერთხელ ან რამდენჯერმე) იგი ჩერდება. იქმნება შთაბეჭდილება, რომ სხეულს აღარ აქვს ენერგია. სინამდვილეში აღმოჩნდა, რომ შეჯახებისას სხეულთა ტემპერატურა იზრდება. ეს კი ნიშნავს, რომ იზრდება სხეულთა შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსური მოძრაობის კინეტიკური ენერგია. გარდა ამისა, ტემპერატურის ზრდა იწვევს სხეულთა გაფართოებას, ე.ი. მათ შემადგენელ ნაწილაკებს შორის მანძილების გაზრდას, რაც ნიშნავს ამ ნაწილაკების ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგიის ზრდას. ამგვარად, დედამიწის ზედაპირზე დაცემისას სხეულის მექანიკური ენერგია გარდაიქმნება სხეულისა და დედამიწის შინაგან ენერგიად.

ფიზიკური სხეულისათვის შესაძლებელია მოვძებნოთ ათვლის სისტემა, რომლის მიმართ სხეულის მექანიკური ენერგია ნულის ტოლი იქნება. შინაგანი ენერგიის მნიშვნელობა კი არ არის დამოკიდებული ათვლის სისტემაზე. მაგალითად, მაგიდაზე წიგნის გადაადგილებისას წიგნის მექანიკური ენერგია განსხვავებულია სხვადასხვა ათვლის სისტემის მიმართ, წიგნის შინაგანი ენერგია კი ყველა ათვლის სისტემის მიმართ ერთნაირია.



სურ. 3.6



სურ. 3.7

ძელზე ან რგოლებზე ვარჯიშის დროს ტანმოვარჯიშის ხელისგულები ხურდება (სურ. 3.6), ბაგირზე სწრაფმა დაშვებამ კი შესაძლებელია ხელისგულების დანაცვაც კი გამოიწვიოს (სურ. 3.7).

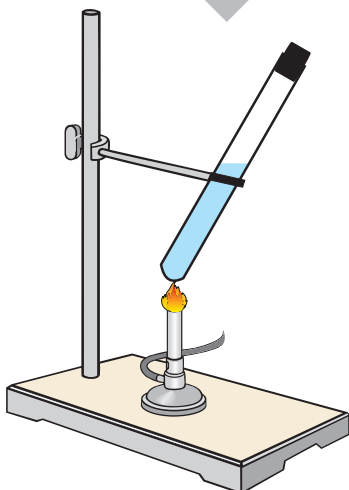
- როგორ ახსნი ამ მოვლენებს?
- როგორ შეიცვლება წყლის შინაგანი ენერგია მისი გაცხელებისას? გაციებისას? რა არის შინაგანი ენერგიის შეცვლის მიზეზი?

ექსპერიმენტული სამუშაო



დაკვირვება პროცესებზე, რომლის დროსაც იცვლება სხეულის შინაგანი ენერგია

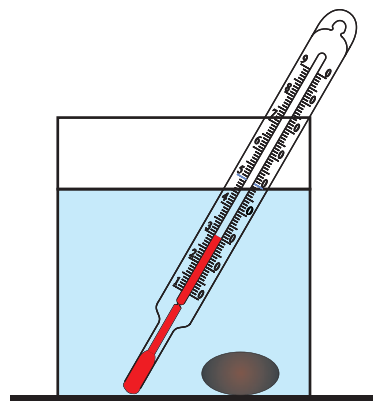
რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, შტატივზე დამაგრებული წყლიანი სინჯარა საცობით, ჭურჭელი ცივი წყლით, თერმომეტრი, მცირე ზომის ლითონის სხეული, ბრტყელტუჩა, ქურა.



სურ. 3.8

- I.
 - დაიწყე წყლიანი სინჯარის გაცხელება და დააკვირდი საცობს (სურ. 3.8) — გარკვეული დროის შემდეგ ამოვარდება თუ არა იგი კოლბიდან?
 - შესრულდა თუ არა მუშაობა?
 - გააანალიზე მოვლენა და ახსენი მისი მიზეზი.
- II.
 - ჭურჭელში ჩაასხი ცივი წყალი;
 - წყალში მოათავსე თერმომეტრი და ჩაინიშნე მისი ჩვენება;

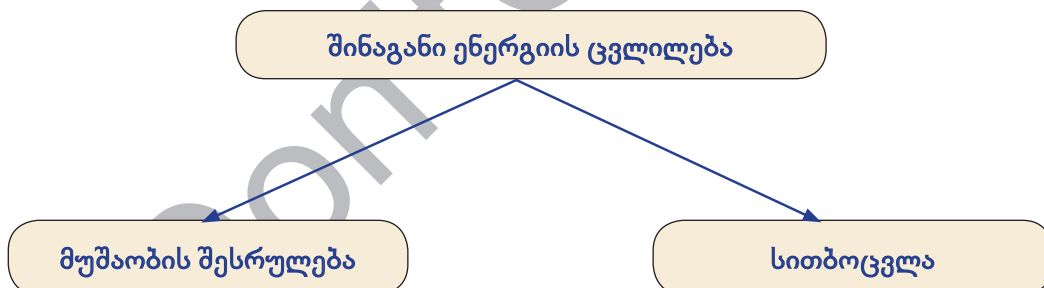
- ბრტყელტუჩით აიღე ლითონის ნაჭერი, ქურაზე გაახურე და ჩაუშვი ცივ წყალში (სურ. 3.9);
- კვლავ ჩაინიშნე თერმომეტრის ჩვენება. როგორ შეიცვალა იგი?
- შენი აზრით, როგორ შეიცვლება წყლის, ჭურჭლის და ლითონის სხეულის შინაგანი ენერგია?
- რა არის ამ ცვლილების მიზეზი?
- ამ პროცესების დროს სრულდება თუ არა მუშაობა?
- გაანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.



სურ. 3.9

განხილული მოვლენების კვლევის საფუძველზე დაადგენ, რომ სხეულის შინაგანი ენერგია არ წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს — ის შეიძლება შეიცვალოს სითბური პროცესებისა და მუშაობის შესრულების დროს.

სითბური პროცესები დაკავშირებულია სხეულის ტემპერატურის ან ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებასთან. **მუშაობის შესრულების** დროს კი იცვლება ნაწილაკთა ურთიერთგანლაგება, რაც იწვევს სხეულის მოცულობის და, შესაბამისად, შინაგანი ენერგიის ცვლილებას (სურ. 3.10). ცხადია, შესაძლებელია ისეთი შემთხვევა, როდესაც ერთდროულად მიმდინარეობს ორივე პროცესი — მუშაობის შესრულებაც და სითბოცვლაც.



სურ. 3.10

სხეულზე მუშაობის შესრულებისას მისი შინაგანი ენერგია იზრდება. მაგალითად, ხახუნის ძალების მუშაობის შედეგად იზრდება სხეულთა შინაგანი ენერგია.

თუ შინაგანი ენერგიის ხარჯზე სხეული ასრულებს მუშაობას, მაშინ მისი შინაგანი ენერგია მცირდება.

სხეულის შინაგანი ენერგია შეიძლება შეიცვალოს მუშაობის შესრულების გარეშე.

შინაგანი ენერგიის ცვლილებას მუშაობის შესრულების გარეშე სითბოცვლა ეწოდება.

სითბოცვლისას სითბო გადაეცემა ცხელი სხეულიდან მასთან კონტაქტში მყოფ ცივ სხეულს. შებრუნებული პროცესი თავისთავად არ ხდება.

ხახუნის ძალების მუშაობის შედეგად სხეულის შინაგანი ენერგიის ზრდას ითვალისწინებენ ტექნიკაში. მაგალითად, ლითონთა დამუშავებისას (ბურღვის,

ქლიბვის და სხვ.) ხახუნის ძალების მუშაობის ხარჯზე იზრდება როგორც დასამუშავებელი დეტალების, ისე სამუშაო იარაღების ტემპერატურა. ტემპერატურის შესამცირებლად ხშირად იყენებენ გამაგრილებელ სითხეს.

ხახუნის შედეგად ტემპერატურის ზრდა ზოგჯერ სასარგებლოცაა. ამ გზით მოიპოვებდნენ ცეცხლს პირველყოფილი ადამიანები.

მეცნიერებასა და ტექნიკაში დიდი ყურადღება ექცევა შინაგანი ენერგიის გამოყენებას. სხეულს შეუძლია მუშაობის შესრულება შინაგანი ენერგიის ხარჯზე. ამ ენერგიის გამოყენებამ განაპირობა მრავალი მიღწევა ტექნიკის განვითარებაში.

თბოელექტროსადგურებში სათბობის დანვისას გამოყოფილი ენერგია აბრუნებს უზარმაზარ ტურბინებს, რის შედეგადაც მიიღება ელექტროენერგია.

სანვავის შინაგანი ენერგია განაპირობებს სხვადასხვა სახის ტრანსპორტის მოძრაობას — შინაგანი ენერგია გარდაიქმნება ავტომობილების, თბომავლების, თვითმფრინავების მექანიკურ ენერგიად. ამ ენერგიას იყენებენ ატომურ ელექტროსადგურებში, კოსმოსურ ხომალდებში, გემებში და ა.შ.

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

სითბური წონასწორობის დროს კონტაქტში მყოფი სხეულების ტემპერატურა ერთნაირია.

სხეულის შინაგანი ენერგია შეიძლება შეიცვალოს ორი გზით: მუშაობის შესრულებით და სითბოცვლით.

?

უპასუხე კითხვას, ამოხსენი ამოცანები

1. ჩანჩქერში სად მეტია წყლის შინაგანი ენერგია — ზედა თუ ქვედა უბანზე? როგორ დაასაბუთებ შენი პასუხის სისწორეს?



სურ. 3.11

2. 2კგ მასის სხეული დედამიწაზე დაეცა 5მ/წმ სიჩქარით. როგორ შეიცვალა მისი შინაგანი ენერგია? ჩათვალე, რომ სხეულის მექანიკური ენერგია მთლიანად გარდაიქმნა შინაგან ენერგიად.

3. დედამიწის ზედაპირიდან 3მ სიმაღლეზე ატანილია 1კგ მასის სხეული. დედამიწის ზედაპირზე დაცემისას სხეულის მექანიკური ენერგიის 60% გარდაიქმნა მის შინაგან ენერგიად. გამოთვალე სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილება.

4. თუ ჩაქუჩს რამდენჯერმე დაარტყამ ლურსმანს (სურ. 3.11), გათბება ჩაქუჩიც და ლურსმანიც. ახსენი ეს მოვლენა.

3.3

თბოგადაცემა და მისი სახეები. თბოგამტარობა

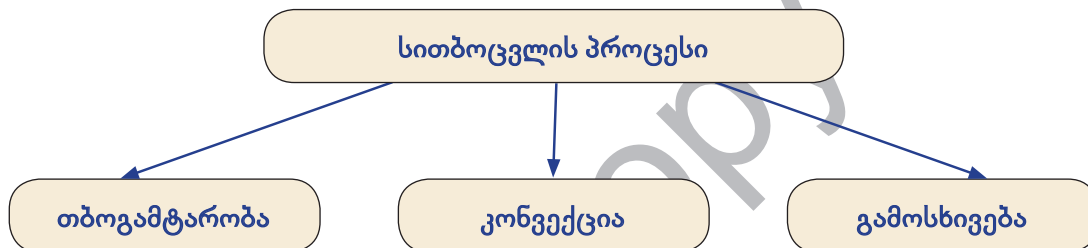
- გამოცდილი დიასახლისი მინის ჭიქაში, მდულარე წყლის ჩასხმამდე, დებს ლითონის კოვზს (სურ. 3.12). შენი აზრით, რა მიზნით აკეთებს ამას?

შენ იცი, რომ სითბოცვლის დროს ენერგია გადაეცემა ცხელიდან ცივ სხეულს.

არსებობს სითბოცვლის პროცესის სამი სახე: თბოგამტარობა, კონვექცია და გამოსხივება (სურ. 3.13).



სურ. 3.12



სურ. 3.13

გავარკვიოთ როგორ ხდება შინაგანი ენერგიის გადაცემა თბოგამტარობით. შინაგანი ენერგიის გადაცემას ერთი სხეულიდან მასთან კონტაქტში მყოფ მეორე სხეულზე ან სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორეზე თბოგამტარობა ეწოდება.

თბოგამტარობისას ნივთიერების გადატანა არ ხდება — გადაეცემა მხოლოდ ენერგია. მაღალი ტემპერატურის სხეულიდან დაბალი ტემპერატურის სხეულს ან სხეულის თბილი ნაწილიდან შედარებით ცივ ნაწილს. ენერგიის გადაცემა სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორეში ხორციელდება სხეულის შემადგენელი მოლეკულების მოძრაობისა და ურთიერთქმედების შედეგად.

განვიხილოთ მაგალითი. ოთახში მოთავსებულ ლითონისა და ხის სხეულებზე შეხებისას შევიგრძნობთ, რომ ლითონის სხეული ცივია, ხის — თბილი. ოთახში ლითონის და ხის სხეულებს ერთნაირი ტემპერატურა აქვთ. ჩვენი ტემპერატურა მეტია ორივე სხეულის ტემპერატურაზე. ცხადია, ხელი სითბოს გადასცემს ორივე სხეულს. ლითონის თბოგამტარობა მეტია ხისაზე, ამიტომ ხელიდან სითბო უფრო სწრაფად გადაეცემა ლითონის სხეულს და გვეჩვენება, რომ ლითონის სხეული უფრო ცივია, ვიდრე ხის.

- სხვადასხვა ნივთიერების თბოგამტარობა განსხვავდება თუ არა ერთმანეთისაგან?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმეთ ექსპერიმენტით.



დაკვირვება თბოგამტარობაზე

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რეგული, ფანქარი, კალამი, ჭურჭელი ცხელი წყლით, ალუმინის და ხის ღეროები.

- ჭურჭელში, რომელშიც ასხია ცხელი წყალი, მოათავსე ალუმინის და ხის ღეროები;
- მეორე ნაწილებზე შეეხე ხელით. რას გრძნობ? გაცხელდა თუ არა ალუმინის ღერო? ხის ღერო?
- გაანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.

კარგი თბოგამტარობის უნარი აქვს ლითონებს, განსაკუთრებით ვერცხლს და სპილენძს.

ლითონის ღეროს შემადგენელი ნაწილაკების სითბური მოძრაობისა და ურთიერთქმედების შედეგად სითბო გადაეცემა ცხელი უბნიდან ცივს.

განვიხილოთ თბოგამტარობის პროცესი ლითონის ღეროში. ღერო შედგება მოლეკულებისაგან. ღეროს ცხელ უბანში მოლეკულათა საშუალო კინეტიკური ენერგია დიდია, ვიდრე ცივში, ამიტომ სითბო გადაეცემა ცხელი უბნიდან ცივს. შესაბამისად, მოიმატებს ღეროს ამ ნაწილის ტემპერატურა. ნაწილაკთა ურთიერთქმედების შედეგად გაიზრდება მეზობელ ნაწილაკთა სიჩქარე, ე.ი ღეროს გასწვრივ მოიმატებს ტემპერატურაც.

სითხეებში მოლეკულებს შორის მანძილები შედარებით დიდია და ენერგიის გადაცემის პროცესი ნელა მიმდინარეობს, ამიტომ სითხეები ცუდი თბოგამტარებია. კიდევ უფრო ნაკლებია აირების თბოგამტარობა. მაგალითად ჰაერის თბოგამტარობა 25-ჯერ ნაკლებია წყლის თბოგამტარობაზე, წყლის თბოგამტარობა კი — 698 - ჯერ ნაკლები ვერცხლისაზე.

თბოგამტარობის მოვლენას ადგილი აქვს ყოველთვის, როდესაც სხეულის ცალკეულ უბნებს შორის ტემპერატურათა სხვაობაა.

ნივთიერებები, რომელთა თბოგამტარობა მცირეა, გამოიყენება როგორც **თბოიზოლატორები**. მრავალი სამშენებლო მასალა გამოიყენება შენობების სითბური იზოლაციისათვის. კარგი თბოიზოლატორია: ფანჯარა ორმაგი მინით (მინებს შორის ჰაერის ფენაა), ბენვი, ბუმბული, მატყლი, ბამბა, ქაღალდი, აგური, კერამი-



სურ. 3.13



სურ. 3.14

კა და სხვა ფოროვანი სხეულები. ამ ნივთიერებათა ბოჭკოებს შორის ჰაერია, რის გამოც ისინი სითბოს ცუდი გამტარებია.

- როდის იყენებენ თბოიზოლაციურებს?
- რისთვისაა საჭირო შალის ტანსაცმელი?
- რა იცავს ფრინველებსა და ცხოველებს სიცხისაგან (სურ. 3.13, 3.14)?

ამგვარად, თბოგამტარობით სითბოს გადაცემა ხდება სხეულთა უშუალო შეხებით. სხვადასხვა ნივთიერება სითბოს სხვადასხვანაირად ატარებს — მყარი სხეულების თბოგამტარობა მეტია, ვიდრე სითხეების, სითხეების კი უფრო მეტი, ვიდრე აირების.

შინაგანი ენერგიის გადაცემას ერთი სხეულიდან მასთან კონტაქტში მყოფ მეორე სხეულზე ან სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორეზე თბოგამტარობა ეწოდება.

თბოგამტარობით სითბოს გადაცემა ხდება სხეულთა უშუალო შეხებით.

თბოგამტარობის დროს ნივთიერება არ გადაადგილდება, ენერგია გადააქვს სხეულის შემადგენელ ნაწილაკებს.

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. თუ რკინის ლურსმნის ერთ ბოლოს მოათავსებ ცეცხლის ალში, მთელი ლურსმანი სწრაფად გაცხელდება და შეუძლებელი იქნება მისი ხელში დაჭერა. თუ ლურსმნის ნაცვლად ალში მოათავსებთ მინის ღეროს ერთ ნაწილს, მაშინ ეს ნაწილი გახურდება, ღეროს დანარჩენი ნაწილის ტემპერატურა კი არ შეიცვლება. გაანალიზე ეს მოვლენები და გამოიტანე დასკვნა.

2. რატომ არის ცხელი ჩაის დაღევა უფრო ადვილი ფაიფურის ჭიქიდან, ვიდრე ვერცხლის ჭიქიდან?

3. თხევადი ალუმინის თბოგამტარობა 3-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე მყარის. რა არის ამის მიზეზი?

პ რ ო ე ქ ტ ი

თბოიზოლაცია

პროექტის მიზანი:

შენობის სითბური იზოლაცია

ამოცანები:

1. შენობების სითბური იზოლაციისათვის საჭირო მეთოდებისა და საშუალებების დადგენა;

2. მოძიებული ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე საჭირო მასალების შერჩევა.

- ანთებული სანთლის ზემოთ დაიჭირე ბუმბული და გაუშვი ხელი (სურ. 3.15). ნახავ, რომ ბუმბული დაიწყებს ზევით მოძრაობას.
- შენი აზრით, რა შეიძლება იყოს ამ მოვლენის მიზეზი?

ექსპერიმენტული სამუშაო



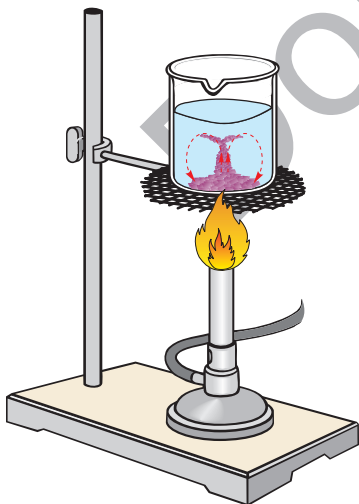
დაკვირვება კონვექციის მოვლენაზე



სურ. 3.15

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, შტატივზე დამაგრებული წყლიანი ჭურჭელი, საღებავის კრისტალები, სპირტქურა.

- ჭურჭელში ჩაუშვი საღებავი ნივთიერების მცირე კრისტალები და ფრთხილად დაასხი წყალი (სურ. 3.16);
- გააცხელე წყალი; დააკვირდი შედეგილი წყლის ფენების მოძრაობას და დაადგინე, როგორ ხდება წყლისგატბობა;
- გააანალიზე ექსპერიმენტი და გამოიტანე დასკვნა.



სურ. 3.16

სითხეებსა და აირებში თბოგადაცემის პროცესს, რომლის დროსაც ენერგიის გადაცემა ხდება სითხის ან აირის ჭავლის მიერ, კონვექცია ეწოდება.

ცხადია, სითხის ან აირის ფენები მოძრაობს ნივთიერების არათანაბარი გატბობის შედეგად.

კონვექციის ახსნა შესაძლებელია არქიმედეს კანონითა და სითბური გაფართოების მოვლენით.

გაიხსენე არქიმედეს კნონი: სითხეში ან აირში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედებს ვერტიკალურად ზევით მიმართული ამომგდები ძალა, რომლის სიდიდე ტოლია სხეულის მოცულობის მქონე სითხის ან აირის წონისა.

- როგორ იცვლება სითხის ან აირის მოცულობა ტემპერატურის გაზრდით?
- როგორ შეიცვლება ამ მოცულობის სითხესა ან აირზე მოქმედი არქიმედეს ძალა?

ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად დაადგენ, რომ კოლბაში წყლის შეღებვა ხდება წყლის ჭავლის მიერ — ტემპერატურის გაზრდით წყლის ფსკერზე წყალი

ფართოვდება. ცხადია, მცირდება მოცულობის ერთეულში მოლეკულათა რიცხვი, ე.ი. მცირდება წყლის სიმკვრივე. შესაბამისად, იზრდება წყლის ნაკლებად მკვრივ ფენებზე მოქმედი, ვერტიკალურად ზევით მიმართული არქიმედეს ძალა, რაც იწვევს წყლის ამ ფენების ზევით მოძრაობას. წყლის ნაკადს მიჰყვება საღებავის ნაწილაკები. წყლის ცივი (მკვრივი) ფენები მოძრაობენ ზედაპირიდან ფსკერისკენ, ფართოვდებიან და კვლავ ზევით მიემართებიან.

ამგვარად, წყლის შეღებვა ხდება კონვექციის შედეგად.

წყალი მოძრაობს წრიულად, რაც იწვევს ჭურჭელში წყლის თანაბარ გათბობას.

შეიცვლება თუ არა ჰაერის ან სითხის ტემპერატურა, თუ მათ გავათბობთ არა ქვემოდან, არამედ ზემოდან? ზედა ფენები შეიძლება ძალიან გაცხელდეს, ქვედა კი ცივი დარჩეს. ცხადია, ამ შემთხვევაში კონვექცია არ მოხდება — გამთბარი ჰაერი ან სითხე ზევიდან ქვევით არ გადაადგილდება. შესაძლებელია, სითხის ქვედა ფენები ოდნავ გათბეს თბოგამტარობით, თუმცა ამას დიდი დრო დასჭირდება.

კონვექციის შედეგად სითხეებსა და აირებში აღძრულ ასეთ მოძრაობას **კონვექციური ნაკადები** ეწოდება.

დედამიწის ირგვლივ ქარების მოძრაობა კონვექციური ნაკადებითაა გამოწვეული. ამის მიზეზი დედამიწის ზედაპირის არათანაბარი გათბობაა. ქარი წარმოადგენს დიდი მასშტაბის ბუნებრივ კონვექციურ ნაკადს.

კონვექციის შედეგად ხდება ოთახში ჰაერის გათბობაც და გაციებაც (სურ. 3.17).



სურ. 3.17

- 3.17 სურათის მიხედვით ახსენი, როგორ ხდება ოთახის გათბობა;
- როგორ ხდება კონდენციონერით ოთახის გაგრილება?

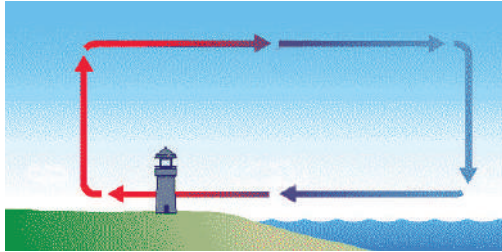
არსებობს კონვექციის ორ სახე: **ბუნებრივი (თავისუფალი) და იძულებითი.**

განხილული მაგალითები ბუნებრივი კონვექციის მაგალითებია. ამ შემთხვევაში კონვექცია თავისუფლად, გარედან ჩარევის გარეშე მიმდინარეობს.

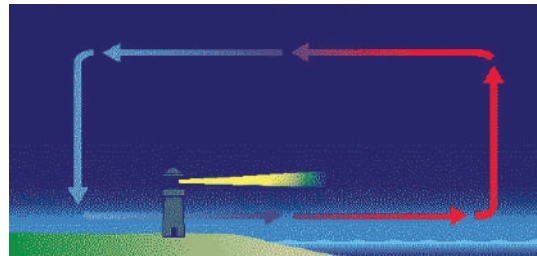
კონვექციის შედეგად წარმოიქმნება **ბრიზი** („ბრიზი“ ფრანგული სიტყვაა და ნიშნავს ნიავს) — დღელამური პერიოდულობის ქარი. ბრიზი წარმოიქმნება ზღვების, დიდი ტბებისა და წყალსაცავების სანაპიროებზე წყლისა და ხმელეთის არათანაბარი გათბობა-გაციების შედეგად.

ბრიზი დღე-ღამეში ორჯერ იცვლის მიმართულებას. ზაფხულში, დღისით ხმელეთი უფრო სწრაფად თბება, ვიდრე წყალი, ამიტომ ჰაერის ტემპერატურა ხმელეთზე მეტია. შესაბამისად, დედამიწის ზედაპირზე ჰაერის სიმკვრივე და ნნევა

ნაკლებია, ვიდრე წყლის ზედაპირზე არსებული ჰაერისა. ეს იწვევს კონვექციას — ჰაერის ნაკადის მოძრაობას ზღვიდან ხმელეთისაკენ (სურ. 3.18, ა). ღამით ხმელეთი უფრო სწრაფად ცივდება, ვიდრე წყალი ზღვაში, ამიტომ ჰაერის ნაკადი მოძრაობს ხმელეთიდან ზღვისკენ (სურ. 3.18, ბ).



ა) დღის ბრიზი



ბ) ღამის ბრიზი

სურ. 3.18

იძულებითია კონვექცია, რომელიც მიმდინარეობს გარკვეული ზემოქმედებით. მაგალითად, არათანაბრად გამთბარი სითხის ან აირის მორევით, ცხელი (ან ცივი) სითხის ან აირის გადატანით ტუმბოს საშუალებით.

იძულებით კონვექციას იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც ბუნებრივი კონვექცია ნაკლებად ეფექტურია.

მყარ სხეულში კონვექცია არ ხდება, მოლეკულათა ურთიერთქმედების გამო შეუძლებელია მასში ნივთიერების ნაკადის წარმოქმნა. მყარ სხეულში სითბოს გადაცემა ხდება მხოლოდ თბოგამტარობით.

- სითხის ან აირის მოლეკულები წარმოიდგინეთ პატარა ბურთულების სახით და კონვექციის პროცესი ახსენით ნახატის საშუალებით.

სითხეებსა და აირებში თბოგადაცემის პროცესს, რომლის დროსაც ენერგიის გადაცემა ხდება სითხის ან აირის ქაფლის მიერ, კონვექცია ეწოდება.

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. როგორ ხდება ოთახის გათბობა და გაციება? სად ამონტაჟებენ ოთახის გამათბობელ და გამაგრილებელ მოწყობილობებს — ჭერთან თუ იატაკთან? რა მიზნით აკეთებენ ამას?

2. რატომ აქვს სანთლის ალს ვერტიკალური მიმართულება?

3. იალქნიანი ნავით ზღვაში გასვლა მეთევზეებს ურჩევნიათ ღამით, ნაპირზე დაბრუნება კი — დღისით. რა არის ამის მიზეზი?

4. რატომ არის გამახურებელი ელემენტი მოთავსებული ელექტროჩაიდნის ფსკერზე? რა მოხდებოდა, რომ გამახურებელი ელემენტი მოთავსებული ყოფილიყო ჩაიდანის სახურავთან?

როგორ აღწევს ენერგია მზიდან დედამიწამდე?
ცხადია, ამის მიზეზი არ შეიძლება იყოს თბო-
გამტარობა ან კონვექცია, რადგან დედამიწის ატ-
მოსფეროში სითბო (ენერგია) შემოდის კოსმოსური
სივრციდან, რომელშიც ნივთიერების რაოდენობა
უმნიშვნელოა.

- მოათავსე ხელი ანთებული ნათურის ქვეშ
(სურ. 3.19). რას გრძნობ?



სურ. 3.19

ცხადია, ამ შემთხვევაში სითბოს გადაცემა არ
ხდება თბოგამტარობით, რადგან ჰაერი სითბოს ცუდი
გამტარია. სითბოს გადაცემა არ ხდება არც კონვექ-
ციით, რადგან კონვექციის დროს თბილი ჰაერის ნა-
კადი მიემართება ზემოთ. ხელის გათბობას იწვევს
ნათურის გამოსხივება.

გამოსხივების დროს ენერგია გადაეცემა უხილავი სხივების საშუალებით,
რომელსაც ასხივებს გახურებული სხეული, ამიტომ მათ სითბურ გამოსხივებას
უწოდებენ.

გამოსხივება არის ენერგიის გადაცემის პროცესი სხივების საშუალებით.

ბუნებაში გამოსხივების როლი ძალიან დიდია. მზის გამოსხივება განაპირო-
ბებს სიცოცხლეს დედამიწაზე. გამოსხივების შედეგად ვგრძნობთ სითბოს ღუმე-
ლიდან, კოცონიდან და ა.შ. (სურ. 3.20, ა, ბ).



ა)

სურ. 3.20 გამოსხივება



ბ)

სითბურ სხივებს ასხივებს ყველა სხეული, თუმცა დაბალი ტემპერატურის სხე-
ულებისათვის ეს გამოსხივება სუსტია. **რაც მეტია სხეულის ტემპერატურა, მით
მეტ ენერგიას გამოასხივებს იგი.** როდესაც სხეულიდან გამოსხივება მიაღწევს სხვა
სხეულამდე, მაშინ გამოსხივების ნაწილი აირეკლება ამ სხეულებიდან, ნაწილი
— შთანთქმდება. სითბური გამოსხივების შთანთქმული ენერგია გარდაიქმნება ამ
სხეულების შინაგან ენერგიადა და სხეულები თბება.

გამოსხივება განსხვავდება თბოგადაცემის სხვა სახეებისაგან. იგი შეიძლება
განხორციელდეს ვაკუუმშიც, რომელიც სითბოს ცუდი გამტარია.

სხეულის ტემპერატურის გაზრდით იზრდება გამოსხივების ინტენსივობა. მაგალითად, 600°C -მდე გახურებული სხეული ასხივებს უხილავ სხივებს, 6000°C ტემპერატურისას (მიახლოებით მზის ზედაპირის ტემპერატურა) გამოსხივება ხილულია — მოცისფრო-თეთრი. 10000°C და უფრო მაღალი ტემპერატურისას გამოსხივება ცისფერია.

გამოსხივების ფერის მიხედვით ასტრონომები განსაზღვრავენ ვარსკვლავთა ტემპერატურას.

გამოსხივებისა და შთანთქმის ინტენსივობა დამოკიდებულია სხეულის ფერზე — მუქი სხეული ენერგიას უკეთ ასხივებს და შთანთქმავს, ვიდრე ღია ფერის. ამიტომ მუქი სხეულები სწრაფად ხურდებიან დასხივებისას და სწრაფად ცივდებიან გამოსხივებისას.



ა)



ბ)

სურ. 3.21

როდესაც საჭიროა გამოსხივებისაგან სხეულის დაცვა, მას ღებავენ ღია ფერის საღებავით. მაგალითად, ღია ფერი აქვს ნავთობპროდუქტების ცისტერნებს, თვითმფრინავებს (სურ. 3.21, ა, ბ). ეს იცავს მათ მზის სხივებისაგან. მზის ენერგიის გამოყენებისათვის კი მოწყობილობებს მუქად ღებავენ. ასე ღებავენ ხელოვნურ თანამგზავრზე მოთავსებულ იმ მოწყობილობებს, რომელთა გათბობაა საჭირო.

ამგვარად, კონვექციით სითბოს გადაცემა ხდება სხეულთა უშუალო შეხებით, გამოსხივებით კი — შეხების გარეშე.

გამოსხივება არის ენერგიის გადაცემის პროცესი სხივების საშუალებით.

?

უპასუხე კითხვას, ამოხსანი ამოცანები

1. შავი და თეთრი ერთნაირი ჩაიდანი სავსეა ერთი და იმავე ტემპერატურის ცხელი წყლით. რომელი ჩაიდანი გაცივდება უფრო სწრაფად? პასუხი დაასაბუთე.
2. ერთსა და იმავე პირობებში რომელი ნიადაგი გათბება მეტად — მუქი თუ შედარებით ღია ფერის?
3. ზაფხულში რატომ იცვამენ ადამიანები ღია ფერის ტანსაცმელს?

3.6

სითბოს რაოდენობა

- ცივ წყალს შეურიე ცხელი წყალი; როგორ შეიცვლება მათი შინაგანი ენერგია?
- როგორ ხდება ცივი და ცხელი წყლის შინაგანი ენერგიის ცვლილება?

სითბოცვლის პროცესში ცხელი სხეული გასცემს ენერგიას, ცივი — მიიღებს. **ენერგიას, რომელსაც გასცემს ან მიიღებს სხეული სითბოცვლის პროცესში, სითბოს რაოდენობა ეწოდება.**

ზღვებსა და ოკეანეებში წყალი ჰაერიდან შთანთქავს დიდი რაოდენობის სითბოს, ამიტომ ჰაერი გრილდება.

სითბოს რაოდენობა აღინიშნება Q ასოთი.

სითბოს რაოდენობა ენერგიაა, ამიტომ მისი ერთეულია 1 ჯოული.

ხშირად სითბოს რაოდენობას ზომავენ კალორიებით (კალ.):

$$1 \text{ კალ} = 4,2 \text{ ჯ}$$

კალორია სითბოს ის რაოდენობაა, რომელიც საჭიროა 1 გ წყლის გასათბობად 1°C -ით.

- რა ფიზიკურ სიდიდეებზე იქნება დამოკიდებული სითბოს რაოდენობა?
- შენი ვარაუდის სისწორე შეამოწმე ექსპერიმენტით.

ექსპერიმენტული სამუშაო



სითბოს რაოდენობის გამოთვლა

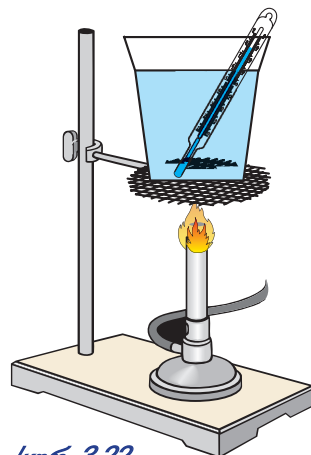
რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რეგული, ფანქარი, კალამი, სახაზავი, ცეცხლგამძლე ჭურჭელი, ქურა, წყალი, მცენარეული ზეთი, ჭურჭლები, მენზურა, საათი, თერმომეტრი.

I. სხეულის მასასა და სითბოს რაოდენობას შორის დამოკიდებულების დადგენა

- ცეცხლგამძლე ჭურჭელში ჩაასხი გარკვეული მასის წყალი და აადუღე (სურ. 3.22);

მითითება: 1 ლ წყლის მასა 1 კგ-ია.

- ჩაინიშნე, რა დროა საჭირო წყლის ასადუღებლად;
- შემდეგ ჭურჭელში ჩაასხი ისეთივე ტემპერატურის 2-ჯერ მეტი მასის წყალი და აადუღე;
- კვლავ ჩაინიშნე წყლის ასადუღებლად საჭირო დრო;
- გადაიტანე ცხრილი სამუშაო რეგულში და მონაცემები შეიტანე ცხრილში (სურ. 3.23);



სურ. 3.22

m, კგ				
t, °C				

სურ. 3.23

- გაანალიზე ცხრილი და დაადგინე კავშირი წყალზე გადაცემულ სითბოს რაოდენობასა და წყლის მასას შორის.

მითითება: გაითვალისწინე, რომ წყლის გაცხელების პირობები უცვლელი უნდა იყოს. ამ შემთხვევაში რამდენჯერაც იზრდება ასადულებელად საჭირო დრო, იმდენჯერვე გაიზრდება გადაცემული სითბოს რაოდენობა.

მეტი სიზუსტისათვის ცდა შეიძლება გაიმეორო რამდენჯერმე.

II. სითბოს რაოდენობასა და ტემპერატურის ცვლილებას შორის დამოკიდებულების დადგენა

- ჭურჭელში ჩაასხი წყალი, მასში მოათავსე თერმომეტრი და დაიწყე წყლის გაცხელება. შეეცადე, დროის ტოლ შუალებებში წყალს ტოლი სითბოს რაოდენობა გადაეცეს;
- რა პირობებია ამისათვის საჭირო?
- გაზომე წყლის ტემპერატურა დროის ტოლი შუალებების შემდეგ;
- გადაიტანე ცხრილი (სურ. 3.24) სამუშაო რვეულში და ცხრილში შეიტანე გაზომვის შედეგები;
- გაანალიზე ცხრილი და დაადგინე დამოკიდებულება სითბოს რაოდენობასა და ტემპერატურის ცვლილებას შორის.

t, °C				
(t ₂ - t ₁)°C				

სურ. 3.24

III. სითბოს რაოდენობის ნივთიერების გვარობაზე დამოკიდებულების დადგენა

- სხვადასხვა ჭურჭელში ჩაასხი ერთნაირი ტემპერატურისა და ტოლი მასის წყალი და მცენარეული ზეთი;
- ორივე ჭურჭელი გააცხელე ერთნაირ პირობებში;
- დააკვირდი, ერთი და იმავე ტემპერატურამდე გასაცხელებლად, წყალს მეტი დრო დასჭირდება თუ ზეთს;
- დაადგინე სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია თუ არა ნივთიერების გვარობაზე.

ექსპერიმენტული სამუშაოს ანალიზის შედეგად დაადგენ, რომ სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია სხეულის მასაზე, ტემპერატურის ცვლილებასა და ნივთიერების გვარობაზე.

ეს დამოკიდებულება მათემატიკურად გამოისახება ფორმულით:

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

სადაც t_1 არის m მასის ნივთიერების საწყისი ტემპერატურა, t_2 — საბოლოო

ტემპერატურა, C კი — ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა.
სითბოს რაოდენობის გამოსათვლელი ფორმულიდან

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

კუთრი სითბოტევადობა ახასიათებს სითბოს რაოდენობის დამოკიდებულებას მის გვარობაზე.

ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა უნდა მიიღოს ან გასცეს 1კგ მასის ნივთიერებამ, რომ მისი ტემპერატურა $1^{\circ}C$ - ით შეიცვალოს.

სითბოს რაოდენობის ერთეულია 1ჯ, მასის — 1კგ, ტემპერატურის — $1^{\circ}C$, ამიტომ კუთრი სითბოტევადობის ერთეული იქნება **1ჯ/კგ.გრდ.**

სახელმძღვანელოს დანართში მოცემულია ზოგიერთი ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობის მნიშვნელობები.

წყლის კუთრი სითბოტევადობაა 4200ჯ/კგ.გრდ. ეს ნიშნავს, რომ 1კგ მასის წყალი $1^{\circ}C$ -ით გათბობისას შთანთქმავს 4200ჯ სითბოს რაოდენობას.

ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობისა და მასის ნამრავლი წარმოადგენს ნივთიერების **სითბოტევადობას**. სითბოტევადობა აღინიშნება C ასოთი:

$$C = cm$$

ნივთიერების სითბოტევადობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა უნდა მიიღოს ან გასცეს მოცემული მასის ნივთიერებამ, რომ მისი ტემპერატურა $1^{\circ}C$ - ით შეიცვალოს.

კალორიმეტრი. კალორიმეტრი არის ხელსაწყო, რომელიც გამოიყენება სითბური პროცესების შესასწავლად. კალორიმეტრი შედგება ორი ჭურჭლისაგან, რომლებიც ერთმანეთისაგან გამოყოფილია ჰაერის ფენით. შედარებით მცირე მოცულობის შიგა ჭურჭელი დგას სითბოგაუმტარ სადგარზე (სურ. 3.25). კალორიმეტრის გამოყენებით შესაძლებელია სითბური დანაკარგების შემცირება (ჭურჭელსა და გარემოს შორის სითბოცვლის შემცირება).



სურ. 3.25 კალორიმეტრი

სხეულის გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია სხეულის მასაზე, ტემპერატურის ცვლილებასა და ნივთიერების გვარობაზე:

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

კუთრი სითბოტევადობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა უნდა მიიღოს ან გასცეს 1კგ მასის ნივთიერებამ, რომ მისი ტემპერატურა $1^{\circ}C$ -ით შეიცვალოს.

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

ნივთიერების სითბოტევადობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა უნდა მიიღოს ან გასცეს მოცემული მასის ნივთიერებამ, რომ მისი ტემპერატურა $1^{\circ}C$ - ით შეიცვალოს.

$$C = cm$$



უპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. ერთი და იმავე მასის და ერთნაირი ტემპერატურის სპილენძისა და რკინის სხეულები გააციეს ერთსა და იმავე ტემპერატურამდე. რომელი გასცემს მეტ სითბოს რაოდენობას?

2. რა სითბოს რაოდენობაა საჭირო 2კგ წყლის 10°C -ით გასათბობად?

3. ერთნაირ ტემპერატურამდე გახურებული ტოლი მასების ტყვიისა და ალუმინის ბურთულები მოათავსეს ერთნაირ ჭურჭლებში, რომლებშიც ესხა ტოლი მოცულობის ოთახის ტემპერატურის წყალი. რომელ ჭურჭელში გათბება წყალი უფრო მეტად? პასუხი დაასაბუთე.

4. 1კგ ნივთიერების 20°C -ით გასათბობად საჭიროა 40კჯ სითბოს რაოდენობა. რა ნივთიერებაა ეს?

5. 5მ სიმაღლიდან ჩამოვარდა 3კგ მასის სხეული. როგორ შეიცვლება მისი შინაგანი ენერგია დედამიწის ზედაპირზე დაცემის შემდეგ? ჰაერის წინააღმდეგობას ნუ გაითვალისწინებ.



ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

ამოცანა

200გ მინის ჭიქაში, რომლის ტემპერატურაა 20°C , ჩაასხეს 90°C ტემპერატურის 200სმ³ წყალი. რა ტემპერატურა იქნება ჭიქაში სითბური წონასწორობის დროს? სითბოცვლა ჰაერთან უგულებელყავი.

ამოხსნა

$t - ?$	
მოც.: $m_1 = 200\text{გ} = 0,2\text{კგ};$	რადგან ჭიქის და წყლის ტემპერატურები განსხვავებულია, ამიტომ ჭიქაში წყლის ჩასხმისას მოხდება სითბოცვლის პროცესი — წყალი გასცემს სითბოს რაოდენობას, ჭიქა — მიიღებს.
$t_1 = 20^{\circ}\text{C};$	ვთქვათ, სითბური წონასწორობის დამყარების დროს ჭიქაში წყლის ტემპერატურაა t , მაშინ წყლის ტემპერატურა შემცირდება ($t_2 - t$) სიდიდით, ჭიქის კი გაიზრდება ($t - t_1$) სიდიდით.
$t_2 = 90^{\circ}\text{C};$	რადგან ჰაერთან სითბოცვლას არ ვითვალისწინებთ, ამიტომ ჭიქა მიიღებს სითბოს იმ რაოდენობას (Q_1), რასაც გასცემს წყალი (Q_2):
$c_1 = 830\text{ჯ/კგ} \cdot \text{გრდ};$	$Q_1 = Q_2$
$c_2 = 4200\text{ჯ/კგ} \cdot \text{გრდ};$	
$V = 200\text{სმ}^3 = 0,0002\text{მ}^3;$	
$\rho = 1000\text{კგ/მ}^3.$	

ეს არის სითბური ბალანსის განტოლება.

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1)$$

წყლის მასა მისი სიმკვრივის და მოცულობის ნამრავლის ტოლია, ამიტომ

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t) = c_2 \rho V (t_2 - t)$$

სითბური ბალანსის განტოლება მიიღებს სახეს:

$$c_1 m_1 (t - t_1) = c_2 \rho V (t_2 - t)$$

აქედან

$$t = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 \rho V t_2}{c_1 m_1 + c_2 \rho V}$$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$t = 78,4^\circ\text{C}$$

პასუხი: სითბური წონასწორობის დროს ჭიქაში იქნება $78,4^\circ\text{C}$ ტემპერატურა.

ამოცანა

ალუმინის ქვაბში აცხელებენ წყალს. 3.26 სურათზე მოცემულია ქვაბსა და წყალზე გადაცემული სითბოს რაოდენობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების გრაფიკები. რომელი გრაფიკი შეესაბამება წყალს და რომელი — ქვაბს? ჩათვალი, რომ წყლისა და ქვაბის მასები ტოლია.

ამოხსნა

სხეულის გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$Q = cm\Delta t$$

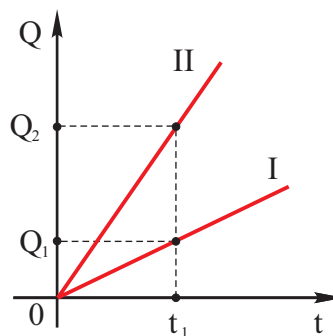
რადგან წყლისა და ქვაბის ტემპერატურის ცვლილება და მასები ერთნაირია, ამიტომ ერთსა და იმავე დროის შუალედში მეტ სითბოს რაოდენობას მიიღებს ის სხეული, რომლის კუთრი სითბოტევადობაც მეტია.

წყლის კუთრი სითბოტევადობაა $4200 \text{ ჯ/კგ}\cdot\text{გრ}$, ალუმინის — $880 \text{ ჯ/კგ}\cdot\text{გრ}$, ამიტომ მეტ სითბოს რაოდენობას მიიღებს წყალი.

გრაფიკიდან ჩანს, რომ გარკვეულ t_1 დროის მომენტში I გრაფიკს შეესაბამება Q_1 სითბოს რაოდენობა, II გრაფიკს — Q_2 სითბოს რაოდენობა.

რადგან $Q_2 > Q_1$ ამიტომ II გრაფიკი შეესაბამება წყალს, I — ალუმინის ქვაბს.

პასუხი: II გრაფიკი შეესაბამება წყალს, I — ქვაბს.



სრუ. 3.26

3.7

ნივთიერების დნობა და გამყარება

გაიხსენე!

ნივთიერება შეიძლება იმყოფებოდეს სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში.



სურ. 3.27 ყინული, წყალი, წყლის ორთქლი

აგრეგატულია მდგომარეობა, რომელშიც ნივთიერება არის გარკვეული პირობების (ტემპერატურა, წნევა) არსებობის დროს.

ამ პირობების შეცვლა იწვევს ნივთიერების გადასვლას ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში.

- რა განსხვავებაა ყინულს, წყალსა და წყლის ორთქლს შორის (სურ. 3.27)?
- რა მოხდება თუ ყინულიან ჭურჭელს გავაცხელებთ?

ამ მოვლენის შესასწავლად ჩაატარე ექსპერიმენტი.

ექსპერიმენტული სამუშაო



დაკვირვება დნობის პროცესზე

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რეგული, ფანქარი, კალამი, სახაზავი, ცეცხლგამძლე ჭურჭელი, ყინულის ნატეხები, ქურა, შტატივი, საათი, თერმომეტრი.



- ჭურჭელში ჩაყარე ყინულის ნატეხები, შემდეგ ნატეხებს შორის მოათავსე თერმომეტრი და დაიწყე ჭურჭლის გაცხელება (სურ. 3.28);
- დააკვირდი თერმომეტრის ჩვენებას:
 - ა) ყინულის დნობის დაწყებამდე;
 - ბ) დნობის პროცესში;
 - გ) დნობის პროცესის შემდეგ.

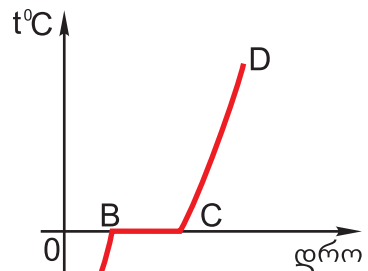
მითითება: შეეცადე, რომ ჭურჭელს სითბო გადაეცეს თანაბრად.

სურ. 3.28

- ჩაინიშნე თითოეული პროცესისთვის საჭირო დროის შუალედები;
- შეადგინე ცხრილი, თერმომეტრის ჩვენებები და შესაბამისი დროის შუალედების მნიშვნელობები შეიტანე ცხრილში;

- შეეცადე, ცხრილის მონაცემების მიხედვით ააგო ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

გრაფიკს ექნება სურ.3.29-ზე წარმოდგენილი სახე. ცინულის საწყისი ტემპერატურა უარყოფითია და ამ მდგომარეობას გრაფიკზე შეესაბამება A წერტილი. ჭურჭლის გაცხელებისას ტემპერატურა თანდათან იზრდება და უახლოვდება 0°C -ს (AB უბანი), თუმცა ჭურჭელში ცვლილება არ ჩანს — მასში კვლავ ცინულია. ცვლილება იწყება 0°C -ზე, როდესაც ცინული იწყებს დნობას. დნობის პროცესში ცინულის და მისგან მიღებული წყლის ტემპერატურა არ იცვლება (BC უბანი).



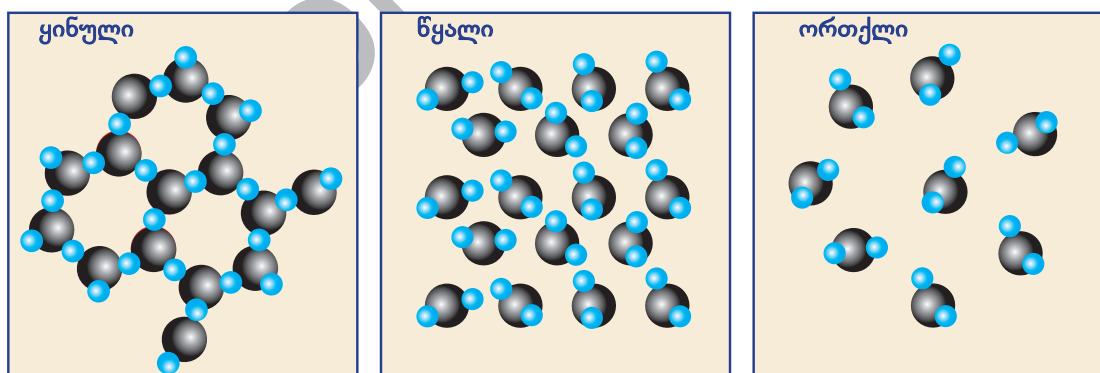
სურ. 3.29

მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ ცინულისა და წყლის ნარევეს არ გადაეცემა ენერგია. გადაცემული ენერგია ხმარდება ცინულის კრისტალების რღვევას. ჭურჭელში ტემპერატურის ზრდა დაიწყება მას შემდეგ, როდესაც ცინული სრულად გადნება (C წერტილი). CD უბანი შეესაბამება ცინულის დნობისაგან მიღებული წყლის გათბობას. ამ პროცესის განმავლობაში ცინული და მისგან წარმოქმნილი წყალი შთანთქავს ენერგიას.

გარკვეულ პირობებში ნივთიერება შეიძლება გადავიდეს ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან მეორეში.

ერთი და იმავე ნივთიერების სხვადასხვა აგრეგატული მდგომარეობა ერთმანეთისაგან განსხვავდება არა მოლეკულათა შედგენილობით, არამედ მოლეკულათა ურთიერთმდებარეობითა და მოძრაობით.

- 3.30 სურათზე გამოსახულია წყლის სამი სხვადასხვა აგრეგატული მდგომარეობის მოლეკულათა ურთიერთმდებარეობა. შეადარე ეს მდგომარეობები.



სურ. 3.30 ერთი და იმავე ნივთიერების სხვადასხვა აგრეგატული მდგომარეობა

ნივთიერების გადასვლას მყარიდან თხევად მდგომარეობაში დნობა ეწოდება, შებრუნებულ პროცესს — თხევადიდან მყარ მდგომარეობაში გადასვლას — კრისტალიზაცია ანუ გამყარება ეწოდება.

დნობის პროცესში შთანთქმული ენერგიის ხარჯზე იზრდება ცინულის შემადგენელი ნაწილაკების პოტენციური ენერგია. კრისტალიზაციის დროს კი ხდება

კრისტალური მესერის აღდგენა. ამ დროს მცირდება ნაწილაკთა პოტენციური ენერგია. გამოყოფილი ენერგიის ნაწილი გადაეცემა გარემოს.

ტემპერატურას, რომელზეც სხეული დნება, **დნობის ტემპერატურა** ეწოდება, რომელზეც მყარდება — **გამყარების ტემპერატურა**.

ერთი და იმავე ნივთიერების დნობისა და გამყარების ტემპერატურები ერთნაირია. მაგალითად, ყინულის დნობისა და წყლის გამყარების ტემპერატურა 0°C -ია, ტყვიის დნობისა და გამყარების ტემპერატურა — 327°C .

დნობის პროცესების შესწავლით დადგინდა, რომ ერთი და იმავე მასის სხვადასხვა ნივთიერების გასადნობად საჭიროა სხვადასხვა სითბოს რაოდენობა.

სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა უნდა გადავცეთ დნობის ტემპერატურის მქონე 1კგ მასის კრისტალურ სხეულს, რომ იგი მთლიანად გადნეს, დნობის კუთრი სითბო ეწოდება.

დნობის კუთრი სითბო აღინიშნება λ („ლამბდა“) ასოთი.

დნობის ტემპერატურაზე m მასის კრისტალური სხეულის გასადნობად საჭირო სითბოს რაოდენობა

$$Q = \lambda m$$

საიდანაც დნობის კუთრი სითბო

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

SI სისტემაში სითბოს რაოდენობის ერთეულია 1ჯ , მასის — 1კგ , ამიტომ დნობის კუთრი სითბოს ერთეული იქნება **1ჯ/კგ** .

სახემძღვანელოს დანართში მოცემულია ზოგიერთი ნივთიერების დნობის კუთრი სითბოს მნიშვნელობები.

ცხრილიდან ჩანს, რომ ყინულის დნობის კუთრი სითბოა 340ჯ/კგ . ეს ნიშნავს, რომ დნობის ტემპერატურის მქონე 1კგ ყინულის მთლიანად გასადნობად საჭიროა 340ჯ სითბოს რაოდენობა.

გამყარების დროს კრისტალური სხეული გამოყოფს იმდენივე სითბოს რაოდენობას, რამდენსაც შთანთქავს დნობის პროცესში.

გამყარების დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$Q = -\lambda m$$

ნიშანი „-“ მიუთითებს, რომ კრისტალიზაციის დროს სხეულის შინაგანი ენერგია მცირდება.

სახემძღვანელოს დანართში მოცემულია ნივთიერებათა დნობისა და გამყარების ტემპერატურათა ცხრილი.

ლითონები, რომელთა დნობის ტემპერატურა მაღალია, გამოიყენება თვითმფრინავთმშენებლობაში, კოსმონავტიკაში, ატომურ ენერგეტიკაში და ა.შ.

მყარ მდგომარეობაში სხეული ხასიათდება სტაბილური ფორმით.

მყარი სხეულები ორგვარია: **კრისტალური და ამორფული.**

კრისტალური სხეულებია: ალმასი, კვარცი, რკინა, ალუმინი, სპილენძი და სხვ.

ამორფულია: მინა, ქარვა, კანიფოლი და სხვ.

ამორფულ სხეულებში მოლეკულებისა და ატომების განლაგება ქაოსურია. ამორფულ სხეულებს არ აქვთ დნობისა და გამყარების ტემპერატურა, გათბობისას ისინი თანდათან რბილდებიან, გაციებისას კი — მყარდებიან.

ნივთიერების გადასვლას მყარიდან თხევად მდგომარეობაში დნობა ეწოდება, თხევადიდან მყარ მდგომარეობაში გადასვლას — კრისტალიზაცია ანუ გამყარება.

ერთი და იმავე ნივთიერების დნობისა და გამყარების ტემპერატურები ერთნაირია.

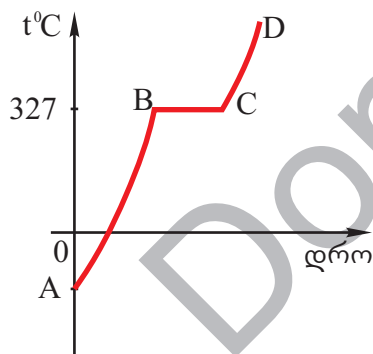
სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა უნდა გადავცეთ დნობის ტემპერატურის მქონე 1კგ მასის კრისტალურ სხეულს, რომ იგი მთლიანად გადნეს, დნობის კუთრი სითბო ეწოდება.

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

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. 3.31 სურათზე გამოსახულია ტყვიის დნობის პროცესის ამსახველი გრაფიკი. რას გვიჩვენებს AB, BC, და CD უბნები? რას უდრის ტყვიის დნობის ტემპერატურა? შეადარე ტყვიის შინაგანი ენერგია B და C წერტილებში.



სურ. 3.31

2. 1000°C-ზე მყარია თუ თხევადი შემდეგი ლითონები: ალუმინი, რკინა, ოქრო, სპილენძი, ტყვია, კალა, ვერცხლი, პლატინა, ვოლფრამი?

3. რატომ იყენებენ ნათურებში ვოლფრამის მავთულს?

4. შესაძლებელია თუ არა -45°C ჰაერის ტემპერატურა გავზომოთ ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრით? პასუხი დაასაბუთე.

5. ერთნაირი ფიზიკური აზრი აქვს თუ არა გამოთქმებს: „სხეულს გადაეცა სითბო“, „სხეული გათბა“? პასუხი დაასაბუთე.

6. შესაძლებელია თუ არა თუთიის ჭურჭელში გავადნოთ: ალუმინი, კალა, ვერცხლი?

7. დახაზე ნივთიერებათა ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების მიახლოებითი გრაფიკები შემდეგი პროცესებისთვის:

ა) ყინული (-20°C) → წყალი (0°C); ბ) წყალი (0°C) → ყინული (-5°C);

გ) ყინული (-15°C) → წყალი (100°C); დ) წყალი (80°C) → ყინული (-30°C);
აღწერე გრაფიკებზე წარმოდგენილი პროცესები.

8. რა სითბოს რაოდენობა უნდა გადავცეთ დნობის ტემპერატურამდე გაცხელებულ 3კგ მასის ტყვიის სხეულს გასადნობად? შეიცვლება თუ არა ამ პროცესში სხეულის ტემპერატურა? შინაგანი ენერგია?

9. რამდენჯერ მეტია 1კგ 0°C ტემპერატურაზე ყინულის გასადნობად საჭირო

სითბოს რაოდენობა იმ სითბოს რაოდენობაზე, რომელიც საჭიროა მისი ტემპერატურის შესაცვლელად -5°C -დან -4°C -მდე?

10. ტოლი მასის ტყვიის, სპილენძისა და ფოლადის ბურთულები გააცხელეს ერთნაირ ტემპერატურამდე და მოათავსეს პარაფინზე. რომელი ბურთულა უფრო მეტ პარაფინს გაადნობს? პასუხი დაასაბუთე.



ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

ამოცანა

წყლის გუბე, რომლის ზედაპირის ფართობი 2მ^2 -ია, დაიფარა 1სმ სისქის ყინულის ფენით. როგორ შეიცვალა წყლის შინაგანი ენერგია გაყინვისას? გამოთვალე ამ ენერგიის რიცხვითი მნიშვნელობა.

ამოხსნა

$\Delta U = ?$	ყინულის წარმოქმნის დროს გამონთავისუფლება სითბოს რაოდენობა:
მოც.: $S = 2\text{მ}^2$;	$Q = -\lambda m$
$d = 1\text{სმ} = 0,01\text{მ}$;	ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად, შინაგანი ენერგიის ცვლილება ტოლია წყლის გაყინვისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობისა, ამიტომ
$\lambda = 330000\text{ჯ/კგ}$;	$\Delta U = -\lambda m$
$\rho = 900\text{კგ/მ}^3$.	m არის წარმოქმნილი ყინულის მასა. სიმკვრივის გამოსათვლელი ფორმულიდან
	$m = \rho V$
	ყინულის V მოცულობა მისი სისქისა და გუბის ზედაპირის ფართობის ნამრავლის ტოლია:
	$V = dS$
	მასის მნიშვნელობა ჩავსვათ შინაგანი ენერგიის გამოსათვლელ ფორმულაში:
	$\Delta U = -\lambda \rho dS$
	ამ ტოლობაში რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ, რომ შინაგანი ენერგიის ცვლილება
	$\Delta U = - 5940\text{კჯ}$

პასუხი: ყინულის წარმოქმნისას წყლის შინაგანი ენერგია შემცირდა 5940კჯ -ით.

დედამიწასა და ატმოსფეროს შორის მუდმივად ხდება წყლის მიმოქცევა — მდინარეებიდან, ტბებიდან, ზღვებიდან და ოკეანეებიდან განუწყვეტლივ ორთქლდება წყალი. ატმოსფეროს ცივ ფენებში მოხვედრისას წყლის ორთქლი წარმოქმნის წყლის პანანინა წვეთებს, რომლებიც ქმნიან ღრუბლებს. ღრუბლებიდან კი დედამიწას წყალი უბრუნდება წვიმის, თოვლის ან სეტყვის სახით (სურ. 3.32).

ნივთიერების გადასვლას თხევადიდან აირად მდგომარეობაში ორთქლადქცევა ეწოდება.

ორთქლადქცევა შეიძლება განხორციელდეს აორთქლებითა და დუღილით.

აორთქლება მიმდინარეობს სითხის ღია ზედაპირიდან (სურ. 3.33). სითხის მოლეკულები განუწყვეტელ ქაოსურ მოძრაობაშია, მათ სხვადასხვა სიჩქარე აქვთ, ამიტომ განსხვავებულია მათი კინეტიკური ენერგიები. როდესაც დიდი ენერგიის მოლეკულა მოხვდება სითხის ზედაპირზე, მან შეიძლება დაძლიოს მეზობელი მოლეკულების მიზიდვა და სითხიდან ამოვარდეს (სურ. 3.34).

ასეთი მოლეკულების ერთობლიობა ქმნის **სითხის ორთქლს**.

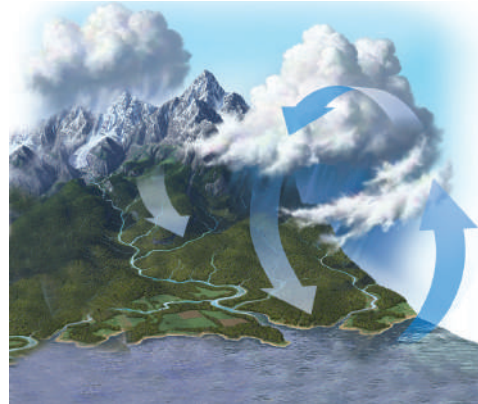
სითხის აორთქლების პროცესში სითხეში რჩება ნაკლები კინეტიკური ენერგიის მქონე მოლეკულები და სითხის ტემპერატურა მცირდება.

სითხიდან ამოტყორცნილი მოლეკულები ქაოსურად მოძრაობენ, ამიტომ მათი ნაწილი შეიძლება დაბრუნდეს სითხეში ან დაშორდეს სითხის ზედაპირს.

ნივთიერების გადასვლას აირადიდან თხევად მდგომარეობაში **კონდენსაცია** ეწოდება.

ორთქლდება არა მარტო სითხეები, არამედ მყარი სხეულებიც.

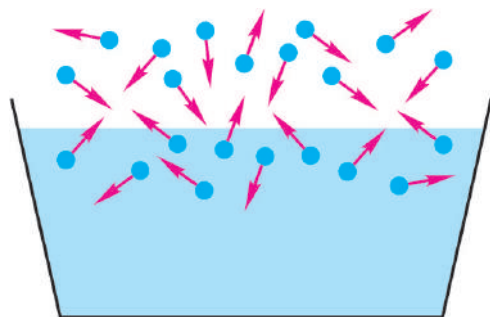
ნივთიერების გადასვლას მყარიდან აირად მდგომარეობაში **სუბლიმაცია** ეწოდება. შებრუნებულ პროცესს — ნივთიერების გადასვლას აირადიდან მყარ მდგომარეობაში **დესუბლიმაცია** ეწოდება. მაგალითად, მშრალი ყინული მყარიდან გადადის აირად მდგომარეობაში.



სურ. 3.32 წყლის მიმოქცევა ბუნებაში



სურ. 3.33 აორთქლება



სურ. 3.34 აორთქლების პროცესი

აორთქლების პროცესს სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს ჩვენი ორგანიზმის ტემპერატურის შენარჩუნებისათვის.

როდესაც სითხე თავლია ჭურჭელშია, აორთქლების პროცესი მიმდინარეობს მთელი სითხის აორთქლებამდე.

თუ აორთქლება მიმდინარეობს დახურულ ჭურჭელში, მაშინ თავდაპირველად სითხიდან ამოვარდნილი მოლეკულების რიცხვი მეტი იქნება, ვიდრე სითხეში დაბრუნებული მოლეკულებისა, ამიტომ ჭურჭელში ორთქლის სიმკვრივე თანდათან გაიზრდება. გაიზრდება სითხეში დაბრუნებული მოლეკულების რიცხვიც. ბოლოს სითხიდან ამოსული მოლეკულების რიცხვი გაუტოლდება სითხეში დაბრუნებულ მოლეკულათა რიცხვს. ამ დროს ამბობენ, რომ დამყარდა ე.წ. დინამიკური წონასწორობა სითხესა და ორთქლს შორის.

ორთქლს, რომელიც დინამიკურ წონასწორობაშია თავის სითხესთან ნაჯერი ორთქლი ეწოდება.

სითხე მუდმივად ორთქლდება მიუხედავად იმისა, ათბობენ თუ არა მას. გავარკვიოთ რა ფაქტორებზეა დამოკიდებული აორთქლებისა და კონდენსაციის პროცესი.

ექსპერიმენტული სამუშაო



დაკვირვება აორთქლებისა და კონდენსაციის პროცესებზე

რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, სინჯარა, ფინჯანი, მინისა და ლითონის ფირფიტები, ქურა, სარკე, წყალი, მცირე რაოდენობით: სპირტი, აცეტონი.

მითითება: სამუშაო შედგება სხვადასხვა მარტივი ცდისაგან.

I ლითონის ორ ფირფიტაზე დაანვეთე ორი-ორი წვეთი წყალი. ერთი ფირფიტა მოათავსე მაგიდაზე, მეორე — გახურებულ ქურაზე. რომელი ფირფიტიდან უფრო სწრაფად აორთქლდება წყალი?

II მინის ფირფიტაზე დაანვეთე წყლის, სპირტის და აცეტონის თითო წვეთი. რომელი ნივთიერება აორთქლდება უფრო სწრაფად?

III ორ სხვადასხვა მინის ფირფიტაზე დაასხი ორ-ორი წვეთი სპირტი; ერთს მაღ-მაღლე შეუბერე. რომელი ფირფიტიდან უფრო სწრაფად აორთქლდება სპირტი?

IV ერთი და იმავე რაოდენობის სპირტი ჩაასხი ვიწრო სინჯარასა და განიერ ფინჯანში. რომელი ჭურჭლიდან უფრო სწრაფად აორთქლდება სპირტი?

V სარკესთან ახლოს ამოისუნთქე. რას ამჩნევ, რა მოხდება სარკეზე?

გაანალიზე ექსპერიმენტი და დაადგინე: ა) რა ფაქტორებზეა დამოკიდებული აორთქლების პროცესი; ბ) როდის ხდება აორთქლის კონდენსაცია.

აორთქლება ნებისმიერ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს, მაგრამ ტემპერატურის გაზრდით აორთქლების ინტენსივობა იზრდება — რაც მაღალია ტემპერატურა, მით მეტ მოლეკულას ექნება სითხიდან ამოსასვლელად საჭირო კინეტიკური ენერგია.

თუ ჰაერის ნაკადი წარიტაცებს სითხის ზედაპირზე წარმოქმნილ აორთქლს, მაშინ სითხე უფრო სწრაფად აორთქლდება, რადგან შემცირდება აორთქლის მოლეკულების სითხეში დაბრუნების შესაძლებლობა.

გარდა ამისა, რაც უფრო დიდია სითხის ზედაპირის ფართობი, მით მეტი მოლეკულა ამოვარდება სითხიდან, ე.ი. მით მეტი აორთქლი წარმოიქმნება.

აორთქლების ინტენსივობა დამოკიდებულია სითხის გვარობაზე.

ამგვარად, **სითხის აორთქლების ინტენსიობა დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე, ჰაერის ნაკადზე, ასაორთქლებელი ზედაპირის ფართობსა და სითხის გვარობაზე.**

ნივთიერების გადასვლას თხევადიდან აირად მდგომარეობაში აორთქლადქცევა ეწოდება, აირადიდან თხევად მდგომარეობაში — კონდენსაცია ეწოდება.

სითხის აორთქლების ინტენსიობა დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე, სითხის ზედაპირზე არსებული ჰაერის ნაკადზე, ასაორთქლებელი ზედაპირის ფართობზე და სითხის გვარობაზე.

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

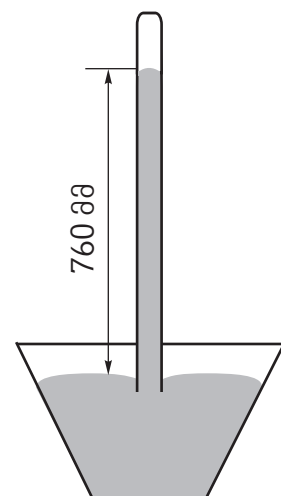
1. როგორ იმოქმედებს გარემოს წნევა აორთქლების სიჩქარეზე — წყალი მთაში უფრო ადვილად აორთქლდება თუ ბარში? პასუხი დაასაბუთე.

2. ნაწვიმარზე როდის უფრო სწრაფად ამოშრება წყლის გუბეები: წყნარ თუ ქარიან ამინდში, სითბოს თუ სიცივის დროს? პასუხები დაასაბუთე.

3. რატომაა თავლია ჭურჭელში წყლის ტემპერატურა ოთახის ტემპერატურაზე ნაკლები.

4. რატომ შრება სარეცხი სწრაფად მზიან და ქარიან ამინდში?

5. გაიხსენე ატმოსფერული წნევის განსაზღვრის ტორიჩელის ცდა (სურ. 3.35). ცდის ჩატარების შემდეგ ვერცხლისწყლის ზემოთ ჰაერი არ არის. რა შეიძლება იყოს ამ სივრცეში?



სურ. 3.35 ტორიჩელის ცდა

დუღილი არის ორთქლადქცევის ინტენსიური პროცესი როგორც სითხის ზედაპირიდან, ისე სითხის შიგნით (სურ. 3.36).

დააკვირდი დუღილის პროცესს ექსპერიმენტის საშუალებით.

ექსპერიმენტული სამუშაო



დაკვირვება დუღილის პროცესზე



სურ. 3.36 დუღილი

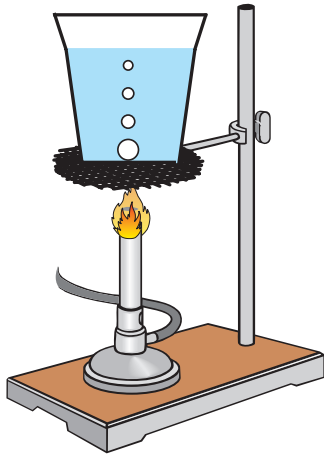
რესურსები: სახელმძღვანელო, სამუშაო რვეული, ფანქარი, კალამი, ცეცხლგამძლე ჭურჭელი წყლით, ქურა, თერმომეტრი.

- წყლიან ჭურჭელში მოათავსე თერმომეტრი და ჭურჭელი დადგი ანთებულ ქურაზე;
- გათბობის დასაწყისში დააკვირდი ჭურჭლის ფსკერსა და კედლებს, რას ამჩნევ?
- დააკვირდი თერმომეტრის ჩვენებას წყლის გაცხელებისა და დუღილის პროცესში;
- შეადგინე ცხრილი და თერმომეტრის

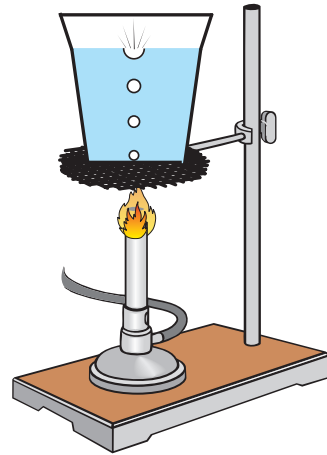
ჩვენებები შეიტანე ცხრილში;

- გააანალიზე ცხრილი — შეადარე წყლის ტემპერატურები გაცხელებისა და დუღილის პროცესში. ტემპერატურა როდის იცვლება და როდის არა?
- ცხრილის მონაცემების მიხედვით ააგე ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

წყალში ყოველთვის არის ჰაერის პატარა ბუშტები (ზოგჯერ თვალთ შუემჩნეველიც), რომლებიც ჩნდება ჭურჭლის ფსკერსა და კედლებზე. გარდა ჰაერისა, ბუშტებში არის წყლის ორთქლი. წყლის ქვედა ფენებში ტემპერატურის ზრდისას ბუშტებში წყლის აორთქლების ინტენსიობა იზრდება, რაც იწვევს ბუშტებში ორთქლის რაოდენობის და, შესაბამისად, ბუშტების მოცულობის ზრდას. ეს იწვევს თითოეულ ბუშტზე მოქმედი ამომგდები ძალის გაზრდას. ამ ძალის მოქმედებით ბუშტი წყდება ჭურჭლის ფსკერს და მიემართება წყლის ზედაპირისაკენ. წყლის ზედა ცივ ფენებში მოხვედრისას, ბუშტებში არსებული ორთქლის ნაწილი კონდენსირდება და გადადის წყალში, ამიტომ ბუშტების მოცულობა თანდათან მცირდება (სურ. 3.37). სიმძიმის ძალის მოქმედებით ისინი ეშვებიან ფსკერზე, სადაც მათი მოცულობა კვლავ იზრდება და ისევ იწყებენ ზევით მოძრაობას. ამ პროცესს ახლავს წყლის შიშინი. როდესაც წყლის მთელ მოცულობაში ტემპერატურა იქნება ერთნაირი, ბუშტების მოცულობა აღარ შეიცვლება. ზედაპირთან მიღწევი-



სურ. 3.37



სურ. 3.38

სას ბუშტები სკდება და აფრქვევს ორთქლს (სურ. 3.38) — წყალი იწყებს დუღილს.

დუღილი იწყება იმ ტემპერატურაზე, რომლის დროსაც ბუშტებში ნაჯერი ორთქლის წნევა გაუტოლდება გარე წნევას.

დუღილის პროცესში სითხის ტემპერატურა არ იცვლება.

განსხვავებით აორთქლებისაგან, სითხის დუღილი სრულიად გარკვეულ ტემპერატურაზე — **დუღილის ტემპერატურაზე** მიმდინარეობს.

დუღილის ტემპერატურა დამოკიდებულია ნივთიერებასა და ატმოსფერულ წნევაზე.

ცხადია, რაც უფრო ნაკლები იქნება ატმოსფერული წნევა, მით უფრო შემცირდება დუღილის ტემპერატურა და პირიქით, ატმოსფერული წნევის გაზრდა გამოიწვევს დუღილის ტემპერატურის გაზრდას. ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს (დაახლოებით 101 კპა) წყალი დუღს 100°C -ზე.

- როგორ შეიცვლება დუღილის ტემპერატურა მთაზე ასვლისას?
- როგორ ახსნი შენი ვარაუდის სისწორეს?
- ჰაერტუმბოს ზარხუფის ქვეშ წყალი შეიძლება ავადუღოთ ოთახის ტემპერატურაზეც (სურ. 3.39). რა არის ამის მიზეზი?



სურ. 3.39 ვაკუუმში წყალი დუღს ოთახის ტემპერატურაზე

ხშირად დიდი მნიშვნელობა აქვს სითხის დუღილის ტემპერატურის შემცირებას. ნორმალური ატმოსფერული წნევისას სწრაფად აქროლადი თხევადი ფრეონი დუღს დაახლოებით 30°C -ზე. წნევის შემცირებით ფრეონის დუღილის ტემპერატურა შეიძლება გახდეს 0°C -ზე ნაკლები. ეს მოვლენა გამოიყენება მაცივარში. კომპრესორის საშუალებით ხდება წნევის შემცირება, ფრეონი იწყებს აორთქლებას, სითბოს ართმევს მაცივრის კამერის კედლებს. ეს იწვევს მაცივრის შიგნით ტემპერატურის შემცირებას.

დუღილის ტემპერატურის წნევაზე დამოკიდებულებას იყენებენ მედიცინაში სტერილიზაციისათვის — სამედიცინო ინსტრუმენტებისა და სხვადასხვა მასალის

სტერილიზაცია ხდება მაღალი წნევის პირობებში ჰერმეტიკულად დახურულ ჭურჭელში, რომელშიც წყლის დუღილის ტემპერატურა გაცილებით მეტია 100°C -ზე (სურ. 3.40).



სურ. 3.40 სტერილიზატორი

ნავთობის გამოხდის პროცესში მისი 360°C -მდე გაცხელებისას მასში რჩება მაზუთი, რომლის დუღილის ტემპერატურა მეტია 360°C -ზე. ხოლო ნივთიერება, რომლის დუღილის ტემპერატურა ნაკლებია 360°C -ზე, ორთქლდება. ამ ორთქლის კონდენსაციით მიიღება ბენზინი.

დუღილის ტემპერატურაზე ერთი და იმავე მასის სხვადასხვა ნივთიერების ორთქლადქცევისათვის საჭიროა სხვადასხვა სითბოს რაოდენობა.

სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა უნდა გადავცეთ დუღილის ტემპერატურაზე 1კგ მასის სითხეს, რომ იგი მთლიანად აორთქლდეს, ორთქლადქცევის კუთრი სითბო ეწოდება.

ორთქლადქცევის კუთრი სითბო აღინიშნება r ასოთი.

დუღილის ტემპერატურაზე მოცემული მასის სითხის ორთქლადქცევისათვის საჭირო სითბოს რაოდენობას **ორთქლადქცევის სითბო** ეწოდება.

m მასის სითხის ორთქლადქცევის სითბო გამოითვლება ფორმულით:

$$Q = rm$$

სითბოს რაოდენობა, რომელსაც დუღილის ტემპერატურაზე კონდენსაციისას გამოყოფს m მასის სითხის ორთქლი, გამოითვლება ფორმულით:

$$Q = -rm$$

ნიშანი „—“ მიუთითებს, რომ კონდენსაციისას ნივთიერების შინაგანი ენერგია მცირდება.

ორთქლადქცევის კუთრი სითბოს ერთეულია 1ჯ/კგ.

სახელმძღვანელოს დანართში მოცემულია ზოგიერთი ნივთიერების ორთქლადქცევის კუთრი სითბო ნორმალური ატმოსფერული წნევისას.

ცხრილიდან ჩანს, რომ წყლის ორთქლადქცევის კუთრი სითბოა 2260კჯ/კგ. ეს ნიშნავს, რომ დუღილის ტემპერატურაზე 1კგ წყლის ორთქლადქცევას ესაჭიროება 2260კჯ სითბოს რაოდენობა.

დუღილი არის ორთქლადქცევის ინტენსიური პროცესი როგორც სითხის ზედაპირიდან, ისე სითხის შიგნით.

დუღილის პროცესში სითხის ტემპერატურა არ იცვლება

სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა უნდა გადავცეთ დუღილის ტემპერატურაზე 1კგ მასის სითხეს, რომ იგი მთლიანად აორთქლდეს, ორთქლადქცევის კუთრი სითბო ეწოდება.

დუღილის ტემპერატურაზე სითხის ორთქლადქცევისათვის საჭირო სითბოს რაოდენობას ორთქლადქცევის სითბო ეწოდება.

$$Q = r m$$

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსანი ამოცანები

1. 100°C ტემპერატურის მდულარე წყლის შინაგანი ენერგიაა მეტი თუ იმავე მასის 100°C ტემპერატურის წყლის ორთქლის? პასუხი დაასაბუთე.

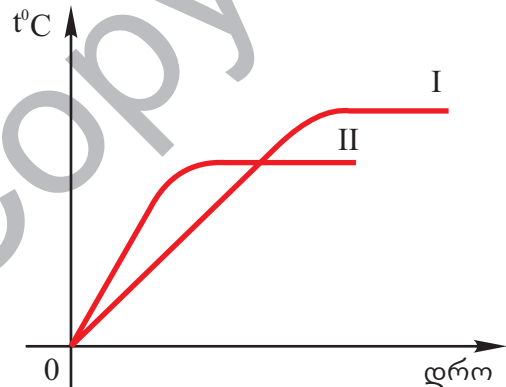
2. რა სითბოს რაოდენობაა საჭირო 1ლ წყლის 20°C -დან 100°C -მდე გასაცხელებლად და ასაორთქლებლად? ააგე წყლის ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი.

3. რა სითბოს რაოდენობა უნდა გადავცეთ -5°C ტემპერატურის მქონე 4კგ ყინულს, რომ იგი გადნეს, მისგან მიღებული წყალი ადუღდეს და აორთქლდეს?

4. 3.41 სურათზე მოცემულია წყლისა და სპირტის გაცხელებისა და დუღილის გრაფიკები. რომელი გრაფიკი შეესაბამება წყალს და რომელი — სპირტს? დაასაბუთე შენი ვარაუდის სისწორე?

5. შეადარე მდულარე წყლის ტემპერატურა ზღვის დონეზე და მთაზე? პასუხი დაასაბუთე.

6. მთაში სადილის მოხარშვას დიდი დრო სჭირდება, ვიდრე ბარში. რა არის ამის მიზეზი?



სურ. 3.41

!

ამოცანის ამოხსნის ნიმუში

ამოცანა

ყინულის ნაჭერს გადასცეს გარკვეული სითბოს რაოდენობა, რის შედეგადაც ყინული გადნა, მიღებული წყალი გაცხელდა, ადუღდა და მთლიანად აორთქლდა. გამოთვალე ყინულის საწყისი ტემპერატურა, თუ აორთქლებას მოხმარდა გადაცემული სითბოს $3/4$ ნაწილი.

ჩათვალი, რომ გამახურებლის სიმძლავრე უცვლელია და სითბოგადაცემა თანაბრად მიმდინარეობს.

ამოხსნა

$t - ?$	
მოც.: $t_1 = 0^{\circ}\text{C};$	ამოცანაში განხილული სითბური პროცესის დროს გადაცემული სითბოს რაოდენობა
$t_2 = 100^{\circ}\text{C};$	$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$
$rm = \frac{3}{4} Q;$	სადაც Q_1 არის ის სითბოს რაოდენობა, რომელიც უნდა გადავცეთ t ტემპერატურის m მასის ყინულს დნობის ტემპერატურამდე ($t = 0^{\circ}\text{C}$) მისაყვანად:
$c_1 = 2100 \text{ჯ/კგ} \cdot \text{გრად};$	$Q_1 = c_1 m (t_1 - t)$
$c_2 = 4200 \text{ჯ/კგ} \cdot \text{გრად};$	Q_2 არის დნობის სითბო:
$\lambda = 330 \cdot 10^3 \text{ჯ/კგ};$	$Q_2 = \lambda m$
$r = 2260 \cdot 10^3 \text{ჯ/კგ}.$	Q_3 არის ის სითბოს რაოდენობა, რომელიც უნდა გადავცეთ ყინულისაგან მიღებულ 0°C ტემპერატურის წყალს დუღილის ტემპერატურამდე (100°C) მისაყვანად:
	$Q_3 = c_2 m (t_2 - t_1)$

Q_4 არის 100°C ტემპერატურის წყლის ას-
აორთქლებლად საჭირო სითბოს რაოდენობა:

$$Q_4 = rm$$

ამოცანის პირობის თანახმად

$$rm = \frac{3}{4} Q$$

საიდანაც

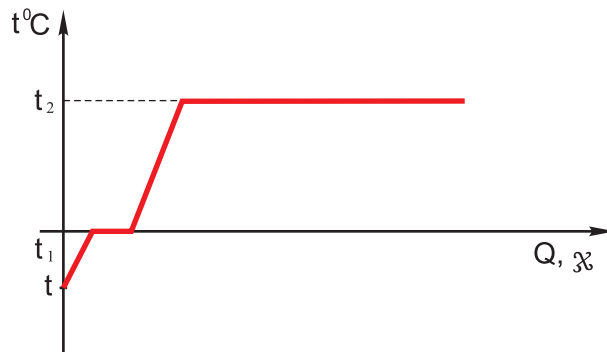
$$Q = \frac{4}{3} rm$$

სითბოს რაოდენობის გამოსათვლელ ფორმულაში ჩავსვით შესაბამისი გამო-
სახულებები და მიღებული ტოლობიდან გამოვთვალოთ ყინულის საწყისი ტემპერ-
ატურა:

$$t = \frac{3c_1 t_1 + 3\lambda + 3c_2 (t_2 - t_1) - r}{3c_1} = -1,6^{\circ}\text{C}$$

პროცესი შეიძლება გამოვსახოთ გრაფიკულად (3.42):
გრაფიკი პროცესს აღწერს მიახლოებით.

პასუხი: $-1,6^{\circ}\text{C}.$



სურ. 3.42

შენ იცი, რომ სხეულის ან სხეულთა სისტემის მექანიკური ენერგია შეიძლება გარდაიქმნას სითბურ ენერგიად. განვიხილოთ შებრუნებული პროცესი — სითბური ენერგიის გარდაქმნა მექანიკურ ენერგიად.

- როდის უფრო სწრაფად ადუღდება წყალი ჩაიდანში, როდესაც მას ავადუღებთ გაზქურაზე თუ ნავთქურაზე? შენი აზრით, რა არის ამის მიზეზი?

წარმოებებში, ტრანსპორტზე, სოფლის მეურნეობასა და ყოფაცხოვრებაში ენერგიის წყაროდ გამოიყენება სხვადასხვა სახის საწვავი.

3.43 სურათზე ნაჩვენებია საწვავის წვის ენერგიის გამოყენება ფოლადის დნობის პროცესში.

ენერგიას, რომელიც გამოიყოფა საწვავის სრული დაწვისას, საწვავის წვის სითბო ეწოდება.



სურ. 3.43 ფოლადის დნობა

წვის სითბო დამოკიდებულია საწვავის გვარობასა და მის მასაზე.

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა გამოიყოფა 1 კგ მასის საწვავის სრული დაწვისას, საწვავის წვის კუთრი სითბო ეწოდება.

წვის კუთრი სითბო აღინიშნება q ასოთი. ეს ნიშნავს, რომ 1 კგ მასის საწვავის სრული დაწვისას გამოიყოფა q სითბოს რაოდენობა. ცხადია, m მასის საწვავის სრული დაწვისას გამოიყოფილი სითბოს რაოდენობა იქნება:

$$Q = qm$$

ამგვარად, საწვავის წვის სითბო ტოლია საწვავის მასისა და წვის კუთრი სითბოს ნამრავლისა.

წვის სითბოს გამოსათვლელი ფორმულიდან წვის კუთრი სითბო

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

SI სისტემაში სითბოს რაოდენობის ერთეულია 1 ჯ, მასის — 1 კგ, ამიტომ წვის კუთრი სითბოს ერთეული იქნება **1 ჯ/კგ**.

სახელმძღვანელოს დანართში მოცემულია ზოგიერთი ნივთიერების წვის კუთრი სითბოს ცხრილი.

ცხრილიდან ჩანს, რომ ბუნებრივი აირის წვის კუთრი სითბოა $44 \cdot 10^6$ ჯ/კგ. ეს ნიშნავს, რომ 1 კგ ბუნებრივი აირის სრული დაწვისას გამოიყოფა $44 \cdot 10^6$ ჯ სითბოს რაოდენობა.



- დააკვირდი წყლის დუღილს თავდახურულ ქვაბში ან ჩაიდანში;
- დუღილის პროცესში მოძრაობს თუ არა ქვაბის თავსახური? როგორ ახსნი ამ მოვლენას?

კაცობრიობის პროგრესი წარმოუდგენელია ტექნიკის განვითარების გარეშე, რაც დამოკიდებულია საწვავის შინაგანი ენერგიის გამოყენებაზე.

გაიხსენე ცდა, რომელიც ჩაატარე შინაგანი ენერგიის განხილვისას — საცობით დახურულ სინჯარაში წყლის ადუღებისას საცობი ამოვარდა სინჯარიდან (სურ. 3.8). საწვავის ენერგია გარდაიქმნა ორთქლის შინაგან ენერგიად, ორთქლი გაფართოვდა და შეასრულა მუშაობა — საცობი ამოაგდო სინჯარიდან.

წარმოიდგინე, რომ სინჯარის ნაცვლად გაქვთ ლითონის ცილინდრი, საცობის ნაცვლად კი — ცილინდრზე მჭიდროდ მორგებული დგუში, რომელსაც შეუძლია ცილინდრის შიგნით მოძრაობა. ეს იქნება უმარტივესი **სითბურ ძრავის მოდელი**.

მონყობილობას, რომელიც საწვავის შინაგან ენერგიას გარდაქმნის მექანიკურ ენერგიად, სითბური ძრავა ეწოდება.

სითბური ძრავები სხვადასხვა სახისაა: ორთქლის მანქანა, შიგანვის ძრავა, ორთქლის ტურბინა, რეაქტიული ძრავა.



სურ. 3.44 ბენზინიანი ძრავი



სურ. 3.45 ძრავის მუშაობის პროცესში გამოიყოფა სიცოცხლისათვის საშიში ნივთიერებები

მიუხედავად მრავალსახეობისა, სითბური ძრავების მოქმედების პრინციპი ერთი და იგივეა: საწვავის ენერგია გარდაიქმნება აირის შინაგან ენერგიად, რის შედეგადაც იგი ფართოვდება და ასრულებს მუშაობას — მოძრაობაში მოჰყავს ესა თუ ის მექანიზმი. ამ დროს აირის შინაგანი ენერგია მცირდება — აირი ცივდება.

ავტომობილების უმრავლესობა ბენზინის ან დიზელის ძრავით მუშაობს (სურ. 3.44).

ნებისმიერ სითბურ ძრავაში მექანიკურ ენერგიად გარდაიქმნება საწვავის ენერგიის ნაწილი. რაც მეტია ენერგიის ეს ნაწილი, მით ეკონომიურია ძრავა.

სითბური ძრავების გამოყენებას თან ახლავს ეკოლოგიური პრობლემები.

პრაქტიკულად შეუძლებელია მექანიკური ენერგიის ისე წარმოება, რომ გარემოს არ გადაეცეს სითბოს

რაოდენობა. ძრავაში არ ხდება საწვავის სრული წვა. გარდა ამისა, საწვავი შეიცავს სხვადასხვა მინარევს, ამიტომ ძრავის მუშაობის პროცესში ატმოსფეროში გამოიყოფა სიცოცხლისათვის საშიში ნივთიერებები (სურ. 3.45).

გამონაბოლქვი შეიცავს მომწამლავ აირებსა და ტყვიის მტვრის ნაწილაკებს, რაც იწვევს ჰაერის დაბინძურებას.

იმისათვის, რომ სითბური ძრავების მუშაობისას შევამციროთ გარემოს დაბინძურება, აუცილებელია უზრუნველყოთ სათბობის შედარებით სრული წვა, გამონაბოლქვი აირების განმენდა.

კაცობრიობისათვის ამ პრობლემების გადაწყვეტა ძალიან მნიშვნელოვანია.

ეკოლოგიური თვალსაზრისით სითბურძრავიან ავტომობილთან შედარებით დიდი უპირატესობა აქვს ელექტროძრავიან ავტომობილს — ამ შემთხვევაში ჰაერის დაბინძურება მნიშვნელოვნად მცირდება.

ენერგიას, რომელიც გამოიყოფა საწვავის სრული დაწვისას, საწვავის წვის სითბო ეწოდება.

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა გამოიყოფა 1კგ მასის საწვავის სრული დაწვისას, საწვავის წვის კუთრი სითბო ეწოდება.

საწვავის წვის სითბო ტოლია საწვავის მასისა და წვის კუთრი სითბოს ნამრავლის:

$$Q = qm$$

?

უპასუხე კითხვებს, ამოხსენი ამოცანები

1. ერთი და იმავე მასის რომელი ნივთიერება — ბუნებრივი აირი, ქვანახშირი, ბენზინი თუ ნავთი — გამოყოფს მეტ ენერგიას სრული დაწვისას?
2. რა სითბოს რაოდენობას გამოყოფს 100გ ნავთი და ამავე მასის სპირტი სრული დაწვისას?
3. რა მასის ტორფი უნდა დაიწვას, რომ მივიღოთ 700000კჯ ენერგია?
4. რამდენი სპირტია საჭირო 2ლ წყლის გასაცხელებლად 23°C-დან 50°C-მდე? ჩათვალე, რომ სპირტის დაწვისას გამოყოფილი ენერგია სრულად მოხმარდა წყლის გაცხელებას.
5. თბომავლის მქკ 25%-ია. გამოთვალე ბენზინის ხარჯი საათში 800კვტ სიმძლავრის დროს.
6. 100მგვტ სიმძლავრის საცეცხლურში საათში იწვის 40ტ ქვანახშირი. განსაზღვრე ორთქლის ტურბინის მქკ.
7. განსაზღვრე ტრაქტორის ძრავის მქკ, თუ მას 15მგჯ მუშაობის შესასრულებლად ესაჭიროება 1,2კგ დიზელის საწვავი.

დამატებითი მასალა

ენერგიის სახეები. ენერგიის წყაროები

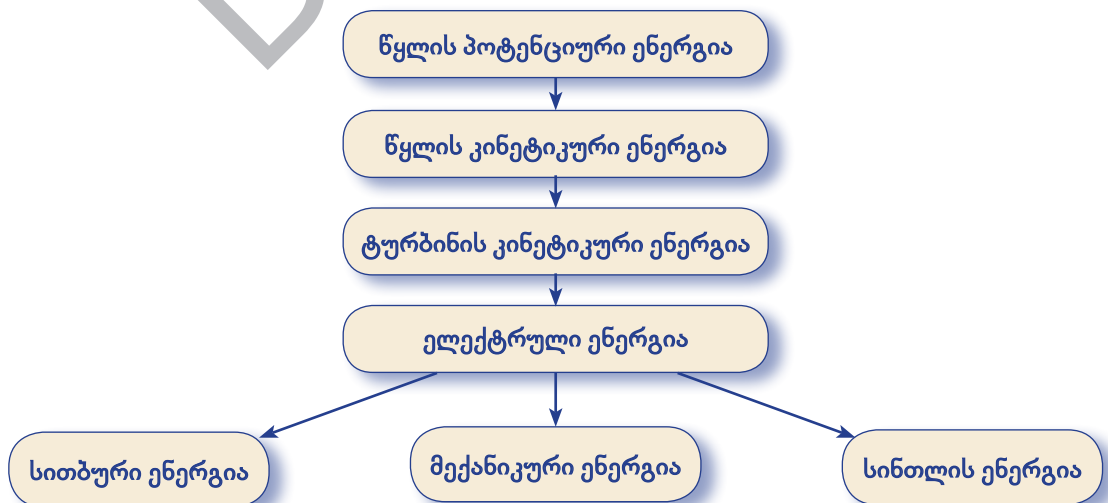
ენერგია არის სხეულის ან სხეულთა სისტემის მიერ მუშაობის შესრულების უნარი, ამიტომ ნებისმიერი საქმიანობა დაკავშირებულია ენერგიასთან. ენერგიის გარეშე წარმოუდგენელია შენობების გათბობა და განათება, ტრანსპორტით მგზავრობა, ტელეგადაცემების ყურება, კომპიუტერის გამოყენება, სატელეფონო კავშირი და ა.შ.

- რა სახის ენერგიას მოიხმართ ბინის გასათბობად? სადილის მოსამზადებლად?
- რა ენერგია აქვს ანთებულ სანთელს? ნათურას?
- რა ენერგია განაპირობებს ელექტროხელსაწყოების მუშაობას?
- რა ენერგიის ხარჯზე ასრულებს მუშაობას სითბური ძრავები?
- რა ენერგია აქვს კოსმოსურ ხომალდს ორბიტაზე მოძრაობისას?

ენერგეტიკული გარდაქმნები. ნებისმიერი ფიზიკური მოვლენა ენერგეტიკული გარდაქმნების პროცესია — ერთი სახის ენერგია გარდაიქმნება მეორე სახედ ან ერთი სხეულიდან (ან სხეულის ნაწილიდან) გადაეცემა მეორეს. სითბოს გადაცემით იცვლება სხეულის შინაგანი ენერგია, ამიტომ სითბო ენერგიის ერთ-ერთი სახეა.

ჰიდროელექტროსადგურში დიდი სიმაღლიდან ვარდნისას წყლის პოტენციური ენერგია გარდაიქმნება კინეტიკურ ენერგიად, კინეტიკური კი — ტურბინის ფრთების ბრუნვის ენერგიად. ამ ენერგიის ხარჯზე გენერატორში მიიღება ელექტრული ენერგია, რომელიც ნათურაში გარდაიქმნება სინათლის და სითბურ ენერგიად, ელექტროძრავებში — მექანიკურ ენერგიად, ელექტროგამათბობლებში — სითბურ ენერგიად და ა.შ.

აღნიშნული ენერგეტიკული გარდაქმნები შეიძლება წარმოვადგინოთ სქემის სახით (სურ. 3.46):



სურ. 3.46

თბოელექტროსადგურში საწვავის სითბური ენერგია გარდაიქმნება ელექტრულ ენერგიად. ქარის ელექტროსადგურში ქარის ენერგია გარდაიქმნება ელექტრულ ენერგიად. კოსმოსური ხომალდის გაშვებისას საწვავის წვის სითბო გარდაიქმნება ჰაერისა და კოსმოსური ხომალდის მექანიკურ ენერგიად, სინათლისა და ბგერის ენერგიად (სურ. 3.47).



სურ. 3.47 კოსმოსური ხომალდის გაშვება

ცოცხალ ორგანიზმებში მუდმივად მიმდინარეობს ენერგიისა და ნივთიერების გარდაქმნის პროცესები: საჭმლის მომნელებელ სისტემაში სახამებლისგან მიიღება გლუკოზა, რაც ორგანიზმისთვის წარმოადგენს საწვავს. გლუკოზას და ფილტვებიდან მიღებულ ჟანგბადს სისხლი აწვდის მთელ ორგანიზმს. გლუკოზის წვის შედეგად მიიღება სითბური ენერგია, რომელიც უზრუნველყოფს ორგანიზმისათვის მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებას. სითბური ენერგია გარდაიქმნება კუნთების მექანიკურ ენერგიად, ნერვულ უჯრედებში — ელექტრულ ენერგიად.

ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე პროცესებისათვის საჭიროა ენერგია. ამ ენერგიას ორგანიზმები ღებულობენ მცენარეებისაგან, რომლებიც მზის ენერგიის შთანთქმის შედეგად უზრუნველყოფენ სასიცოცხლო პროცესებს დედამიწაზე.

ენერგიის რაოდენობას, რომელიც მიიღება საკვები ნივთიერებისაგან, **ენერგეტიკულ ღირებულებას** უწოდებენ და მას კილოჯოულებით (კჯ) ან კილოკალორით (კკალ) გამოსახავენ:

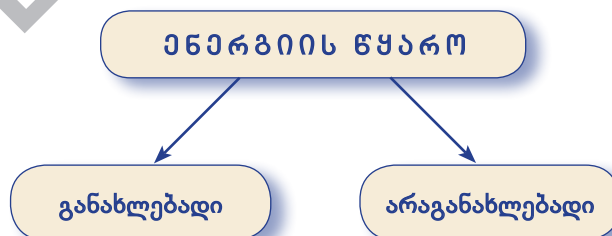
$$1 \text{ კკალ} = 4,2 \text{ კჯ}$$

$$1 \text{ კჯ} = 0,24 \text{ კკალ}$$

ენერგიის წყაროები. ნებისმიერი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისათვის საჭიროა მისი სტაბილური და უსაფრთხო მომარაგება ელექტროენერგიითა და სათბო-ენერგეტიკული რესურსებით.

არსებობს ენერგიის განახლებადი და არაგანახლებადი წყაროები (სურ. 3.48).

ენერგიის განახლებადი წყაროებია: მზე, წყალი, ქარი, გეოთერმული წყლები, ბიომასა.

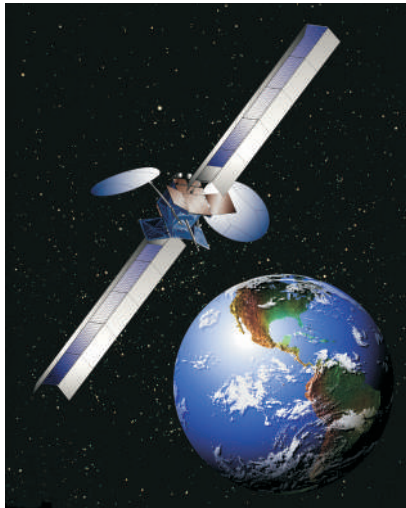


სურ. 3.48

გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე, საქართველოში მზის გამოსხივება ხანგრძლივი და ეფექტურია, რაც საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ენერგიის განახლებადი წყაროების სრული სპექტრი.



სურ. 3.49 შენობების გათბობა მზის პატარეებით



სურ. 3.50 მზის პატარეა სატელიტურ ანტენაზე

მზის სინათლის ენერგია. მზე წარმოადგენს ენერგიის წყაროს ყველა ცოცხალი ორგანიზმისათვის.

დედამიწა გაცილებით მეტ ენერგიას იღებს მზისგან, ვიდრე მთელი მსოფლიოს ენერგოსისტემებში გამომუშავდება.

მზის ენერგიას ადამიანი იყენებს სხვადასხვა მიზნისათვის: წყლის გასაცხელებლად, შენობების გასათბობად, ელექტრული ენერგიის მისაღებად და ა.შ.

ქვეყნებში, სადაც მზის გამოსხივება ეფექტური და ხანგრძლივია, იყენებენ თბომომარაგების სისტემებს, რომელთა ენერგიის წყაროა მზე (სურ. 3.49).

მზის პატარეებში სინათლის ენერგია გარდაიქმნება უშუალოდ ელექტრულ ენერგიად. კოსმოსური ხომალდების, დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების, სატელიტური ანტენების ენერგიით უზრუნველყოფაც მათზე დამონტაჟებული მზის პატარეებით ხორციელდება (სურ. 3.50).

წყლის ენერგია. წყლის ენერგია განახლებადი ენერგიის ყველაზე გავრცელებული ფორმაა.

ოკეანეების, ზღვების, მდინარეების, დედამიწის ზედაპირებიდან მუდმივად ორთქლდება წყალი. ატმოსფეროს ზედა ფენებში კონდენსირდება — წარმოიქმნება ღრუბელი. შემდეგ წვიმის, სეტყვის ან თოვ-

ლის სახით წყალი ბრუნდება დედამიწაზე. ამის გამო წარმოიქმნება წყლის დიდი მარაგი, რომელიც ჩამოედინება მთიდან ბარისაკენ ნაკადულების და მდინარეების სახით. ადამიანმა დიდი ხნის წინ დაიწყო წყლის ენერგიის გამოყენება.

მოძრავი წყლის ენერგია ძირითად გამოიყენება ჰიდროელექტროსადგურებში ელექტრული ენერგიის მისაღებად, ნისქვილების ასამუშავებლად (სურ. 3.51).

დიდი ენერგია აქვს ზღვებსა და ოკეანეებში მოქცევის ტალღებს (სურ. 3.52), თუმცა, პულსაციური ხასიათის გამო, მათი გამოყენება ძნელდება.



სურ. 3.51 წყლის ნისქვილი



სურ. 3.52 დიდი ენერგია აქვთ ოკეანისა და ზღვის მოქცევისას ტალღებს

საქართველო მდიდარია წყლის რესურსებით. მის ტერიტორიაზე მიედინება 26 ათასზე მეტი მდინარე. ამჟამად საქართველოში ელექტროენერგიის 75%-ზე მეტი ჰიდროელექტროსადგურებში გამო-
მუშავდება.

ქარის ენერგია. ქარის ენერგიას ჯერ კიდევ ძველად იყენებდნენ იალქ-
ნიანი გემების მოძრაობისათვის, ქარის
წისქვილების ასამუშავებლად.

ქარის ელექტროსადგურებში ქარის
კინეტიკური ენერგია გარდაიქმნება ელექ-
ტროენერგიად (სურ. 3.53)

ქარის სიჩქარე და, შესაბამისად, ენ-
ერგია დამოკიდებულია ჰაერის ფენების
ტემპერატურათა სხვაობაზე — რაც მე-
ტია ტემპერატურათა სხვაობა, მით უფრო
ძლიერია ქარი. ქარის ენერგია განახლება-
დი, მაგრამ პერიოდული რესურსია.

გეოთერმული ენერგია. გეოთერმული ენერგია მიწისქვეშა ქანების სითბური
ენერგიაა. ამ ენერგიის უპირატესობა ენერგიის სხვა წყაროებთან შედარებით სტა-
ბილურობაა. მზის ელემენტები მუშაობენ მხოლოდ დღისით და მისი სიმძლავრე
დამოკიდებულია ამინდზე, ქარის ენერგია კი დამოკიდებულია ქარის სიძლიერესა
და მოძრაობის მიმართულებაზე.

დედამიწის სიღრმეში წნევა და ტემპერატურა იზრდება, ამიტომ წყალგამტარ
ქანებში ყოველთვის არის ცხელი წყალი, რომლის დუღილის ტემპერატურა 100°C-
ზე მეტია.

თუ მიწისქვეშა წყალმა მოძებნა გამოსასვლე-
ლი დედამიწის ზედაპირზე, მაშინ წარმოიქმნება
ცხელი წყლის წყაროები ან გეიზერები (სურ. 3.54).
გეიზერი არის ვულკანური წარმოშობის ცხელი
წყარო, საიდანაც პერიოდულად იფრქვევა ცხელი
წყლისა და ორთქლის შადრევნები.

დედამიწის ზედაპირის გაბურღვით შესაძლე-
ბელია ცხელი წყლის ამოყვანა ზედაპირზე და მისი
ენერგიის გამოყენება.

საქართველოში დღეისათვის ცნობილია 250-
ზე მეტი ბუნებრივი და ხელოვნურად გაბურღული
წყლის გამოსასვლები.

გეოთერმულ ენერგიას იყენებენ გეოთერ-
მულ ელექტროსადგურებში — წყლის ორთქლი
აბრუნებს ელექტროსადგურის ტურბინას, რომ-
ლის ენერგია გარდაიქმნება ელექტრულ ენერ-
გიად.

გეოთერმულ ენერგიას იყენებენ შენობების
გასათბობად. მაგალითად, ისლანდიაში გათბობის
სისტემები ძირითადად გეიზერებისა და ცხელი
წყლის ორთქლის ენერგიით მუშაობს.

გეოთერმული წყაროები, რომელთა ტემპერატურა ნაკლებია 100°C-ზე, გამო-
იყენება სამკურნალო აბაზანებში.



სურ. 3.53 ქარის ელექტროსადგური



სურ. 3.54 გეიზერი

ბიომასის ენერგია. ენერგიის განახლებად წყაროებს შორის თავისი მრავალფეროვნებითა და რაოდენობის მიხედვით განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ბიომასას.

ბიომასა ორგანული ნივთიერებების საერთო რაოდენობაა. ბიომასის მნიშვნელოვანი წყაროებია: სატყეო და ხის გადამამუშავებელი მრეწველობის, ქაღალდის წარმოების და სოფლის მეურნეობის ბიოლოგიური ნარჩენები. ბიომასაში განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითაა მცენარეული ნარჩენები.

ბიომასა გავრცელებულია თითქმის მთელ დედამიწაზე.

საქართველოსათვის შედარებით ახალი პრაქტიკაა მეცხოველეობის ნარჩენების გადამამუშავება და მისგან ბიოგაზის წარმოება.

ბიოგაზს იყენებენ საწვავად, ელექტროენერგიის, სითბოს, ორთქლის მისაღებად. ბიოგაზით ათბობენ ფერმებს. მუშავდება ახალი ტექნოლოგიები ბიოგაზის მოსაპოვებლად.

კაცობრიობის მოთხოვნილება ენერგიაზე სულ უფრო და უფრო იზრდება, ამიტომ მეცნიერები ეძებენ გზებს ენერგიის ახალი წყაროების მოსაპოვებლად.

დედამიწაზე მოხმარებული ენერგიის დიდი ნაწილი მიიღება **არაგანახლებადი წყაროებიდან** — ქვანახშირის, ნავთობის, ბუნებრივი აირისაგან. ეს საწვავი შექმნილია დედამიწის წიაღში მილიონობით წლის განმავლობაში დალექილი მცენარეებისა და ცხოველების ნარჩენებისაგან.

ბუნებრივი საწვავი შეიცავს დიდი რაოდენობით ნახშირბადს, ამიტომ კარგად ინვის და გამოყოფს სითბოს.

ამჟამად ადამიანი ქვანახშირის, ბუნებრივი აირის, ნავთობის უზარმაზარ რაოდენობას მოიხმარს. მაგრამ დედამიწაზე ეს მარაგი ამოუწურავი არ არის.

ქვანახშირი. მცენარეული წარმოშობის მყარი საწვავია. იგი წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად ენერგეტიკულ წედლეულს (სურ. 3.55).

ქვანახშირის წარმოქმნის საწყის სტადიაში მცენარეული ნაშთები გარდაიქმნება ტორფად. ტორფი კი, დიდი წნევისა და ტემპერატურის ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად, გარდაიქმნება ქვანახშირად. მას იყენებენ საწვავად თბოელექტროსადგურებში, მეტალურგიაში, ქიმიურ მრეწველობაში (სურ. 3.56). საქართველოში ნახშირის საბადოებია: ტყიბულ-შაორის, ტყვარჩელის და ახალციხის.



სურ. 3.55 ქვანახშირი



სურ. 3.56 ქვანახშირის წვით მიიღება დიდი ენერგია

ნავთობი. მუქი ყავისფერი ან ოდნავ მომწვანო ფერის ზეთოვანი, სპეციფიკური სუნის სითხეა. იგი ფორმირდება დედამიწის დანალექ ფენებში და წარმოადგენს ძვირფას სასარგებლო წიაღისეულს. ნავთობი წარმოიქმნება ბუნებრივ

აირთან ერთად ზღვებისა და ოკეანეების წყალმცენარეებისა და ცხოველების გახრწნის შედეგად.

ნავთობი ძირითადად დედამიწის ქანების სიღრმეშია, ამიტომ მის ამოსაღებად საჭიროა ძვირადღირებული ჭაბურღილები (სურ. 3.57). მოპოვებული ნავთობი ტანკერებით (თხევადი ტვირთის გადასაზიდი გემი) ან მილსადენებით მიაქვთ ნავთობ-გადასამუშავებელ საწარმოებში შემდგომი დამუშავებისათვის. მაგალითად, ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის (1760 კმ სიგრძის) დანიშნულებაა გადაუმუშავებელი ნავთობის ტრანსპორტირება კასპიის ზღვაში აზერბაიჯანის ნავთობის საბადოდან ხმელთაშუა ზღვის სანაპირომდე.



სურ. 3.57 ჭაბურღილი

ნავთობი ენერგეტიკის ერთ-ერთი ძირითადი წყაროა. თბოენერგეტიკაში მისი წილი ბუნებრივ აირთან ერთად 75%-ია.

ნავთობის გამოხდის შედეგად მიიღება სხვადასხვა ნავთობპროდუქტი: ბენზინი, ნავთი, მაზუთი, პარაფინი, გუდრონი და სხვ.

საავიაციო და ავტომობილების შიგანვის ძრავებში იყენებენ ნავთობის პირდაპირი გამოხდის პროდუქტებს.

ბუნებრივი აირი არის მსუბუქი, უფერო, უსუნო, ადვილად აალებადი ნივთიერება, რომელიც შეიცავს დიდი რაოდენობით მეთანს. ბუნებრივი აირი უმრავლეს შემთხვევაში ნავთობის საბადოებთანაა. საბადოდან ამოტუმბული აირი მილებით მიეწოდება მოსახლეობას, ელექტროსადგურებს, ქარხნებს და სხვა მომხმარებელს (სურ. 3.58). იქ, სადაც ბუნებრივი აირი არ მიეწოდება, იყენებენ თხევად დაჭირხნილ აირს — პროპანს.



სურ. 3.58 ბუნებრივი აირის ტრანსპორტირება

დაჭირხნილი ბუნებრივი აირი ძირითადად გამოიყენება ავტომობილებში, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს დანახარჯებს სანავთობზე.

ენერგიის წყაროები და ეკოლოგია. არაგანახლებადი ენერგიის წყაროების ინტენსიური მოხმარება საერთაშორისო საზოგადოების შეშფოთებას იწვევს ერთი მხრივ, ამ რესურსების ამოწურვის, ხოლო მეორე მხრივ, ეკოლოგიური პრობლემის თვალსაზრისით.

არაგანახლებადი წყაროების გამოყენება მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ ზიანს აყენებს ბუნებას.

სანვავზე მომუშავე მანქანების გამონაბოლქვი მომწამლავ აირებს შეიცავს, ამიტომ ბინძურდება ჰაერი.

სხვადასხვა საწარმოში ნახშირის, ნავთობის და აირის წვისას დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ნახშირორჟანგი, რაც იწვევს ატმოსფეროს ტემპერატურის ზრდას.

ეკოლოგიური კატასტროფაა ნავთობის გიგანტური ტანკერების ჩაძირვა. შედეგად ინამლება ზღვები და ოკეანეები, რაც ზღვის ცოცხალი ორგანიზმების მასობრივ განადგურებას იწვევს.

განახლებადი ენერგიის წყაროები ნაკლებად აყენებენ ზიანს ბუნებას ვიდრე არაგანახლებადი ენერგიის წყაროები.

პ რ ო ე ქ ტ ი

საქართველოს ენერგეტიკული რესურსები და ეკოლოგია

პროექტის მიზანი:

ენერგეტიკული რესურსების გამოყენებასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემების ანალიზი და ამ პრობლემების გამოსწორების გზების ძიება.

პროექტის ამოცანები:

1. ენერგეტიკული რესურსების გამოყენებასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემების შესწავლა და ანალიზი;
2. ეკოლოგიური პრობლემების ანალიზის საფუძველზე ბუნების დაცვის საკითხების განხილვა.

მითითება: პროექტი შეიძლება შესრულდეს ჯგუფებში.



შეამოწმე შენი ცოდნა

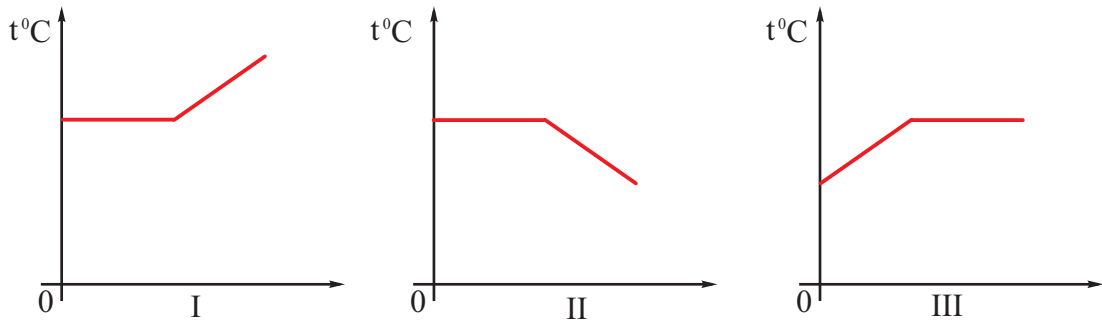
I. მართებულია თუ არა მტკიცება

1. სხეულის შინაგანი ენერგია არის მისი შემადგენელი ნაწილაკების კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი.
ა დიახ; ბ) არა
2. სითბოცვლა ეწოდება შინაგანი ენერგიის ცვლილებას მუშაობის შესრულების გარეშე.
ა დიახ; ბ) არა
3. თბოგამტარობა ეწოდება შინაგანი ენერგიის გადაცემას ერთი სხეულიდან მასთან კონტაქტში მყოფ მეორე სხეულზე ან სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორეზე.
ა დიახ; ბ) არა
4. კონვექცია არის სითხეებსა და აირებში თბოგადაცემის პროცესი, რომლის დროსაც ენერგიის გადაცემა ხდება სითხის ან აირის ქაფლის მიერ.
ა დიახ; ბ) არა
5. გამოსხივება არის ენერგიის გადაცემის პროცესი სხივების საშუალებით.
ა დიახ; ბ) არა
6. მყარი სხეულებისაგან განსხვავებით სითხეების თბოგამტარობა მცირეა, რადგან მოლეკულებს შორის მანძილები შედარებით დიდია და ენერგიის გადაცემის პროცესი ნელა მიმდინარეობს.
ა დიახ; ბ) არა
7. ნებისმიერ სხეულს აქვს შინაგანი ენერგია, რადგან იგი შედგება ნაწილაკებისაგან, რომლებიც უწყვეტად მოძრაობენ და ურთიერთქმედებენ.
ა დიახ; ბ) არა
8. სითბური პროცესების დროს იცვლება შინაგანი ენერგია.
ა დიახ; ბ) არა
9. ხახუნის ძალების მუშაობის შედეგად სხეულის შინაგანი ენერგია იზრდება.
ა დიახ; ბ) არა
10. დუღილი იწყება იმ ტემპერატურაზე, რომლის დროსაც ბუშტებში ნაჯერი ორთქლის წნევა გაუტოლდება გარე წნევას.
ა დიახ; ბ) არა
11. აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებისას სხეულის ტემპერატურა და შინაგანი ენერგია არ იცვლება.
ა დიახ; ბ) არა

12. სითბო ენერგიის ერთ-ერთი ფორმაა, ამიტომ მისი ერთეულია 1ჯოული.
ა დიახ; ბ) არა
13. შინაგანი ენერგია იცვლება მუშაობის შესრულებით და სითბოცვლით.
ა დიახ; ბ) არა
14. ერთი და იმავე ნივთიერების სხვადასხვა მდგომარეობა ერთმანეთისაგან განსხვავდება არა მოლეკულებით, არამედ მოლეკულათა ურთიერთმდებარეობითა და მოძრაობით.
ა დიახ; ბ) არა
15. ნივთიერების დნობისა და გამყარების ტემპერატურები სხვადასხვაა.
ა დიახ; ბ) არა
16. ორთქლადქცევა შეიძლება განხორციელდეს აორთქლებითა და დუღილით.
ა დიახ; ბ) არა
17. აორთქლება მიმდინარეობს სითხის ღია ზედაპირიდან.
ა დიახ; ბ) არა
18. დუღილი ნებისმიერ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს.
ა დიახ; ბ) არა
19. დუღილის პროცესში სითხის ტემპერატურა არ იცვლება.
ა დიახ; ბ) არა
20. საწვავის წვის კუთრი სითბო გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენობა გამოიყოფა 1 კგ მასის საწვავის სრული დაწვისას.
ა დიახ; ბ) არა
21. თუ საწვავის წვის კუთრი სითბო 14მგჯ/კგ-ია, მაშინ 1კგ ამ საწვავის სრული დაწვისას გამოიყოფა 14მგჯ სითბო.
ა დიახ; ბ) არა
22. სითბური ძრავა არის მოწყობილობა, რომელიც საწვავის შინაგან ენერგიას გარდაქმნის მექანიკურ ენერგიად.
ა დიახ; ბ) არა

II. რომელია სწორი პასუხი?

1. 3.59 სურათებზე მოცემულია ნივთიერების ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკები. რომელ გრაფიკზეა ნივთიერების გაციების შესაბამისი უბანი? ჩათვალე, რომ ნივთიერების მიერ მიღებული და გაცემული სითბოს რაოდენობა დროის პროპორციულად იცვლება.
- ა) მხოლოდ I გრაფიკზე;
 - ბ) I და III გრაფიკებზე;
 - გ) მხოლოდ II გრაფიკზე.



სურ. 3.59

2. ზღ წყლის გასათბობად 20°C -დან 30°C –მდე საჭირო სითბოს რაოდენობაა
 - ა) 84კჯ ;
 - ბ) 200კჯ ;
 - გ) 4200ჯ .

3. თუ 2კგ მასის ფოლადის სხეულს გადავცემთ 4600ჯ სითბოს რაოდენობის, მაშინ მისი ტემპერატურა გაიზრდება
 - ა) 10°C -ით;
 - ბ) 1°C -ით;
 - გ) 5°C -ით.

4. 100მ^3 მოცულობის ოთახის გასათბობად 10°C -დან 20°C – მდე საჭიროა:
 - ა) 12900ჯ სითბოს რაოდენობა;
 - ბ) $1,29\text{მგჯ}$ სითბოს რაოდენობა;
 - გ) 200კჯ სითბოს რაოდენობა.

5. თუ 5კგ ალუმინის სხეულს გავათბობთ 20°C -ით, მაშინ მისი შინაგანი ენერგია გაიზრდება
 - ა) 880ჯ -ით;
 - ბ) 88ჯ -ით;
 - გ) 88კჯ -ით.

6. ჭურჭელში, რომელშიც ასხია 0°C ტემპერატურის წყალი, ჩააგდეს -30°C ტემპერატურის 1კგ მასის ყინულის ნაჭერი. რა მასის ყინული იქნება ჭურჭელში სითბური წონასწორობის დამყარების შემდეგ?
 - ა) $1,2\text{კგ}$;
 - ბ) 1კგ ;
 - გ) $0,4\text{კგ}$.

7. 60კგ მასის მოციგურავე 10მ/წმ სიჩქარით მისრიალებს 0°C ტემპერატურის ყინულის ზედაპირზე და ჩერდება. რა მასის ყინული გადნება, თუ იგი შთანთქავს ხახუნის შედეგად გამოყოფილი ენერგიის 50%-ს?

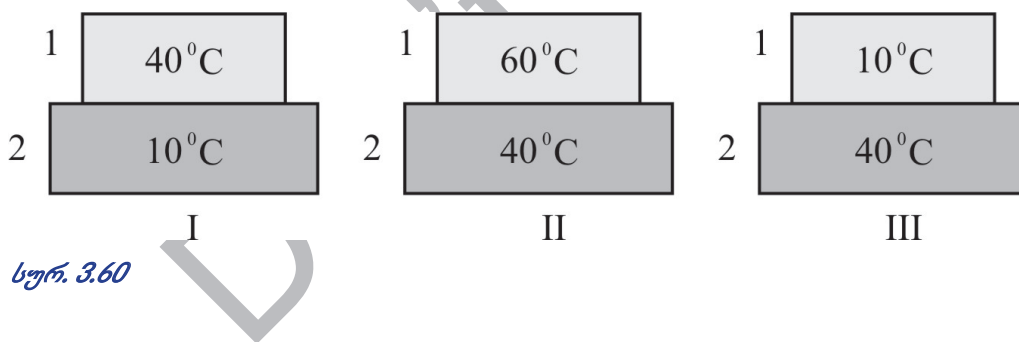
- ა) 45გ;
- ბ) 5გ;
- გ) 4,5გ.

8. 20გ მასის რკინის ლურსმანს 5მ/წმ სიჩქარით ურტყამენ 6კგ მასის ჩაქუჩს. რამდენი გრადუსით გათბება ლურსმანი ხუთი დარტყმის შემდეგ? ჩათვალე, რომ ლურსმანი მთლიანად შთანთქამს დარტყმისას გამოყოფილ სითბოს.

- ა) 44°C ;
- ბ) 41°C ;
- გ) 38°C .

9. სხვადასხვა ძელები ერთმანეთს ეხებიან წახნაგებით (სურ. 3.60). რომელ შემთხვევაში მოხდება სითბოს გადაცემა 1-დან 2 სხეულში?

- ა) მხოლოდ I შემთხვევაში;
- ბ) I და II შემთხვევაში;
- გ) მხოლოდ III შემთხვევაში.



10. 2კგ 100°C ტემპერატურის მდულარე წყლის შინაგანი ენერგია ნაკლებია ამავე მასის 100°C -ტემპერატურის წყლის ორთქლის შინაგან ენერგიაზე

- ა) 45,2მგჯ-ით;
- ბ) 4,52მგჯ-ით;
- გ) 2260ჯ-ით.

11. 100გრ სპირტის სრული დაწვისას მიიღება

- ა) 270კჯ სითბოს რაოდენობა;
- ბ) 1000კჯ სითბოს რაოდენობა;
- გ) 2700კჯ სითბოს რაოდენობა.

12. თუ ქვანახშირის სრული წვისას გამოიყო 90000კჯ სითბოს რაოდენობა, მაშინ ქვანახშირის მასა

- ა) 300კგ-ია;
- ბ) 30კგ-ია;
- გ) 3კგ-ია.

13. 0,5ლ წყლის 20°C-დან 70°C-მდე გასაცხელებლად დაიხარჯა 8გ სპირტი. წყალი ასხია 40ჯ/გრდ სითბოტევადობის ჭურჭელში. გამოთვალე სპირტქურის მქკ.

- ა) 40,5%;
- ბ) 42,5%;
- გ) 49,5%.

14. 100კგ ქვანახშირის სრული დაწვისას გამოიყოფა

- ა) $3 \cdot 10^6$ ჯ ენერგია;
- ბ) $3 \cdot 10^9$ ჯ ენერგია;
- გ) 300კჯ ენერგია.

15. 15კვტ სიმძლავრის ნავთქურა 20წთ-ში დაწვავს

- ა) 390 გ ნავთს;
- ბ) 300გ ნავთს;
- გ) 560გ ნავთს.

16. 200გრ სპირტის სრული დაწვისას მიიღება

- ა) 540კჯ სითბოს რაოდენობა;
- ბ) 2000კჯ სითბოს რაოდენობა;
- გ) 5400კჯ სითბოს რაოდენობა.

17. შეადარეთ 1კგ ქვანახშირისა და ამავე მასის ტორფის სრული წვისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობები.

- ა) ქვანახშირის მეტია 2,1-ჯერ;
- ბ) ტორფის მეტია 2,1-ჯერ;
- გ) ერთნაირია.

18. რა მასის ქვანახშირი უნდა დაიწვას, რომ მივიღოთ იგივე ენერგია, რაც 20ლ ბენზინის სრული დაწვის დროს მიიღება?

- ა) 210კგ;
- ბ) 21კგ;
- გ) 12კგ.

პასუხები

I თავი

1.1

1. ა) უარყოფითია; ბ) დადებითია.
2. სიმძიმის, ზედაპირის დრეკადობისა და ძალთა ტოლქმედის მუშაობა ნულის ტოლია, ამიტომ სამივე შემთხვევაში მუშაობის გრაფიკი გადაადგილების ღერძზე გამავალი წრფეა. წვეის ძალის მუშაობაა 2კჯ, ხახუნის ძალის მუშაობაა -2კჯ.
3. ამწევი ძალის მუშაობაა 300კჯ, სიმძიმის ძალის მუშაობაა -300კჯ.
4. ა) 0,46; ბ) არ იცვლება; გ) 20ჯ, 40ჯ; დ) 100მ-ზე გადაადგილებისას 2-ჯერ მეტი მუშაობა სრულდება; ე) 25მ, 50მ, 75მ, 100მ.
5. ა) წერტილი 1; ბ) წერტილი 4.

1.2

1. 10კვტ.
2. 12კვტ; 7,2მგჯ.
3. 1კვტ.
4. 12ტ.
5. 48კჯ; 1200კჯ. გარბენისას ადამიანს შეუძლია შეასრულოს 25-ჯერ მეტი მუშაობა, ვიდრე ნორმალური მუშაობის პირობებში.
6. 400ვტ.
7. 42ტ.
8. 1 ძრავის.
9. $v_1 > v_2 > v_3$.
10. ა) 1000ვტ; ბ) 40კჯ; გ) 206მ.
11. ბ).

1.3

1. 72კჯ.
2. გაიზრდება, რადგან იზრდება სხეულის სიჩქარე.
3. ა) კინეტიკური; ბ) კინეტიკური და პოტენციური.
4. ფერდობზე დაშვებისას ციგის კინეტიკური ენერგია იზრდება, გზის ჰორიზონტალურ უბანზე გადასვლისას ციგის კინეტიკური ენერგია მაქსიმალურია, შემდეგ მცირდება და ნულის ტოლი ხდება. დაშვებამდე ციგის პოტენციური ენერგია მაქსიმალურია, დაშვებისას მცირდება და ფერდობის ბოლოს და გზის ჰორიზონტალურ უბანზე ნულის ტოლია.
5. ვარდნისას სეტყვის კინეტიკური ენერგია იზრდება, ამიტომ სეტყვა აზიანებს ხეხილს, ვენახს, პურის ყანას.
6. ა) 50კჯ; ბ) -50კჯ.

1.4

1. ა) გაიზრდება 4-ჯერ; ბ) შემცირდება 4-ჯერ.
2. სიჩქარე უნდა გაიზარდოს 2-ჯერ.
3. ა) დიდი სიჩქარით მოძრავის მეტია; ბ) დატვირთულის მეტია.
4. არა, რადგან მასაც და სიჩქარის კვადრატიც დადებითია.
5. შემცირდება.
6. წინააღმდეგობის ძალების მოქმედებით მცირდება სხეულის კინეტიკური ენ-

ერგია, რადგან მცირდება სხეულის სიჩქარე.

7. 1ჯ; 4ჯ; 9ჯ; 16ჯ.
8. შემცირდა 12ჯ-ით.
9. 30ჯ.
10. 30კმ.

1.5

1. 600ჯ; 1200ჯ; 40მ სიმაღლეზე 2-ჯერ მეტია.
2. 50მ.
3. ა) 0; 500კჯ; -1500კჯ. ბ) -500კჯ; 0; -2000კჯ. გ) 1500კჯ; 2000კჯ; 0.
5. 130ჯ.
6. 4მ.

1.6

1. 0,3ჯ;
2. 1ჯ;
3. 15ჯ;
4. წერტილი 3;
5. წერტილი 6.

1.7

1. ა) მექანიკური ენერგია ნულის ტოლია; ბ) კინეტიკური; გ) კინეტიკური და პოტენციური.
4. 50ჯ; 50ჯ; ჰაერის წინააღმდეგობის გათვალისწინების შემთხვევაში ასროლის მომენტში კინეტიკური ენერგია არ შეიცვლება, მაქსიმალურ სიმაღლეზე პოტენციური ენერგია შემცირდება.
5. 3ჯ; 3ჯ.

შეამოწმე შენი ცოდნა

I. მართებულია თუ არა მტკიცება?

1. არა. 2. არა. 3. დიახ. 4. დიახ. 5. დიახ. 6. დიახ. 7. დიახ. 8. დიახ. 9. დიახ. 10. დიახ. 11. დიახ. 12. დიახ. 13. არა. 14. დიახ. 15. დიახ. 16. დიახ. 17. დიახ. 18. არა. 19. დიახ. 20. დიახ. 21. დიახ. 22. არა. 23. არა.

II. რომელია სწორი პასუხი?

1. გ) 2. ა) 3. ბ) 4. ა) 5. ბ) 6. ბ) 7. ბ) 8. ა) 9. ბ) 10. ბ) 11. ა) 12. ა) 13. გ) 14. გ) 15. გ) 16. ბ) 17. ბ) 18. ბ) 19. გ) 20. გ) 21. გ) 22. გ) 23. გ) 24. ბ) 25. ბ) 26. ა) 27. ბ) 28. ა) 29. ა) 30. გ) 31. ბ) 32. ა) 33. გ) 34. გ) 35. გ) 36. გ) 37. გ)

II თავი

2.1

1. ავტომობილები წონასწორობაშია, რადგან მათზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია.
2. 2.7 სურათზე სხეული არ არის წონასწორობაში, რადგან მათზე მოქმედი ძალების ტოლქმედი ნულის ტოლია, სხეული მოძრაობს 26 ძალის მოქმედებით. 2.8 სურათზე სხეული წონასწორობაშია — იგი შეიძლება უძრავი იყოს ან მოძრაობდეს

წრფივად და თანაბრად.

3. 46; 106; 126.

4. 806; 206.

2.2

1. რადგან, სიმძიმის ძალის მოქმედებით, შვეული ვერტიკალურია.

2. F_2 , F_3 , F_4 და F_5 ძალები გამოიწვევს სხეულის გადატანით მოძრაობას, F_1 და F_6 ძალები კი — ბრუნვით მოძრაობას.

5. 146.

6. 106.

2.4

1. 50 სმ.

2. ა) გაიზრდება 2-ჯერ; ბ) შემცირდება 2-ჯერ.

4. ა) 2006; ბ) 0; 206.მ; 406.მ; 606.მ.

2.5

1. პირველი გვარის; მეორე გვარის.

2. 2მ.

3. ა) და გ)

4. ა) ქვევით მიმართული 16 ძალა; ბ) ქვევით მიმართული 26 ძალა; გ) ზევით მიმართული 16 ძალა.

2.7

1. ა) 206; ბ) 106.

2. 2მ.

3. ა) წონასწორობაშია; ბ) არ არის წონასწორობაში.

4. ა) 256; ბ) 506.

5) 406.

2.8

1. 300 კგ.

2. 80 ჯ; 100 ჯ.

3. 28 კგ.

4. 375 კგ.

შეამოწმე შენი ცოდნა

I. მართებულია თუ არა მტკიცება?

1. დიახ. 2. დიახ. 3. დიახ. 4. დიახ. 5. დიახ. 6. არა. 7. დიახ. 8. დიახ. 9. დიახ. 10. დიახ. 11. დიახ. 12. დიახ. 13. დიახ. 14. დიახ. 15. არა. 16. არა. 17. არა. 18. დიახ. 19. დიახ. 20. დიახ. 21. დიახ. 22. დიახ.

II. რომელია სწორი პასუხი?

1. ბ) 2. ბ) 3. ბ) 4. ა) 5. ა) 6. ბ) 7. გ) 8. ა) 9. ბ) 10. ა) 11. ა) 12. ბ) 13. გ) 14. ბ) 15. გ) 16. ა) 17. გ) 18. ა) 19. ბ) 20. ა) 21. ბ)

III თავი

3.1

2. რელსებს რომ ჰქონდეს გაფართოების საშუალება.
3. ბიმეტალური ფირფიტა დეფორმირდა, რადგან გათბობისას სპილენძი მეტად ფართოვდება, ვიდრე რკინა.

3.2

1. ჩანჩქერის ვარდნისას წყლის კინეტიკური ენერგია და, შესაბამისად, სიჩქარე იზრდება. ჩანჩქერის ქვედა უბანზე დიდი სიჩქარით მოძრავი წყლის წვეთების ერთმანეთთან და ჰაერთან ხახუნის შედეგად იზრდება წყლის შინაგანი ენერგია.
2. გაიზარდა 25ჯ-ით.
3. გაიზარდა 18ჯ-ით.
4. ჩაქუჩის მექანიკური ენერგია გარდაიქმნება ჩაქუჩისა და ლურსმნის შინაგან ენერგიად, ამიტომ გათბა ჩაქუჩიც და ლურსმანიც.

3.3

1. რკინა კარგი თბოგამტარია, ამიტომ ლურსმნის ცეცხლში მოთავსებული ბოლოდან სითბო სწრაფად გადაეცემა მთელ ლურსმანს. მინა ცუდი თბოგამტარია, ამიტომ გახურებული ბოლოდან მეორე ბოლოზე სითბოს გადაცემა არ ხდება.
2. ფაიფურის თბოგამტარობა ნაკლებია, ვიდრე ვერცხლის. ფაიფურის ჭიქასა და ცხელ ჩაის შორის სითბოცვლა ნელა მიმდინარეობს, ამიტომ ფაიფურის ჭიქა გვიან ცხელდება. ვერცხლის ჭიქასა და ცხელ ჩაის შორის კი სითბოცვლა სწრაფად მიმდინარეობს, ამიტომ ვერცხლის ჭიქა სწრაფად ცხელდება.
3. თხევად ალუმინში მოლეკულებს შორის მანძილები უფრო დიდია, ვიდრე მყარში, ამიტომ თხევადში ენერგიის გადაცემის პროცესი ნელა მიმდინარეობს.

3.4

1. გამათბობელ მოწყობილობას ამონტაჟებენ იატაკთან. გამთბარი ჰაერი ფართოვდება, კონვექციის გამო, მოძრაობს ზევით. ცივ ფენებში მოხვედრისას იკუმშება და მოძრაობას იწყებს იატაკისკენ. გამათბობელ მოწყობილობასთან შეხებისას კვლავ ფართოვდება და მიემართება ჭერისკენ. გარკვეული დროის შემდეგ ოთახში ჰაერი თბება.

გამაგრილებელ მოწყობილობას ამონტაჟებენ ჭერთან. ცივი, შეკუმშული ჰაერი მოძრაობს ქვევით, თბილი — ზევით, გრილდება და კვლავ მოძრაობს ქვევით. ამგვარად, ოთახში ჰაერი გრილდება.

2. რადგან, კონვექციის გამო, ჰაერი მოძრაობს ქვევიდან ზევით.

3. ღამით ხმელეთი უფრო სწრაფად ცივდება, ვიდრე წყალი ზღვაში. ჰაერის სიმკვრივე და წნევა ხმელეთზე მეტია, ვიდრე წყლის ზედაპირზე. ჰაერის ნაკადი მოძრაობს ხმელეთიდან ზღვისკენ, ამიტომ იალქნიანი ნავით ზღვაში გასვლა მოსახერხებელია ღამით.

დღისით ხმელეთი უფრო სწრაფად თბება, ვიდრე წყალი ზღვაში. ჰაერის სიმკვრივე და წნევა წყლის ზედაპირზე მეტია, ვიდრე ხმელეთზე. ჰაერის ნაკადი მოძრაობს ზღვიდან ხმელეთისაკენ, ამიტომ ხმელეთზე დაბრუნება მეთევზეებს ურჩევნიათ დღისით.

4. ელექტროჩაიდანის ფსკერზე გაცხელებული წყალი, კონვექციის გამო, მოძრაობს ზევით. წყლის ზედა, ცივი ფენები კი — ქვევით. ფსკერზე წყალი ცხელდება

და კვლავ მოძრაობს ზევით. გარკვეული დროის შემდეგ ჩაიდანში წყალი ცხელდება.

გამახურებელი ელემენტი მოთავსებული რომ იყოს ჩაიდნის სახურავთან, წყლის გაცხელებას გაცილებით მეტი დრო დასჭირდებოდა. ამ შემთხვევაში წყლის გაცხელება მოხდებოდა თბოგამტარობით.

3.5

1. გამოსხივების ინტენსივობა მეტია მუქი ფერის სხეულისათვის, ამიტომ შავი ჩაიდანი უფრო სწრაფად გაცივდება.

2. მუქი.

3. რადგან ღია ფერის ტანსაცმელი ნაკლებდ შთანთქავს მზის ენერგიას.

3.6

1. რკინის სხეული.

2. 84კჯ.

3. რომელშიც ალუმინის ბურთულაა, რადგან ალუმინის კუთრი სითბოტევადობა მეტია ტყვიისაზე.

4. მცენარეული ზეთი.

5. გაიზრდება 150ჯ-ით.

3.7

1. ტყვიის დნობის ტემპერატურა 327°C -ია. C წერტილზე ტყვიის შინაგანი ენერგია მეტია B წერტილზე ტყვიის შინაგან ენერგიაზე დნობის სითბოს ტოლი სიდიდით.

2. მყარია: რკინა, ოქრო, სპილენძი, პლატინა, ვოლფრამი.

თხევადია: ალუმინი, ტყვია, კალა, ვერცხლი.

3. რადგან ვოლფრამის დნობის ტემპერატურა მაღალია.

4. არა, რადგან ვერცხლისყალი იყინება -39°C -ზე.

5. არა.

6. ალუმინის და ვერცხლის დნობის ტემპერატურა მეტია თუთიის დნობის ტემპერატურაზე, კალის — ნაკლები, ამიტომ თუთიის ჭურჭელში ალუმინს და ვერცხლს ვერ დავადნობთ, კალას — დავადნობთ.

8. 75კჯ, ტემპერატურა არ შეიცვლება. შინაგანი ენერგია გაიზრდება 75კჯ-ით.

9. 162-ჯერ.

10. ფოლადის კუთრი სითბოტევადობა მეტია, ვიდრე სპილენძისა და ტყვიის, ამიტომ ფოლადის ბურთულა მეტ პარაფინს დაადნობს.

3.8

1. ატმოსფერული წნევის შემცირებით აორთქლების სიჩქარე იზრდება. მთაში ატმოსფერული წნევა დაბალია, ვიდრე ბარში, ამიტომ წყალი მთაში უფრო სწრაფად აორთქლდება.

2. ქარიან ამინდში, სითბოში, რადგან ჰაერის ნაკადი წარიტაცებს გუბეების ზედაპირზე წარმოქმნილ წყლის ორთქლს და წყალი სწრაფად აორთქლდება. ტემპერატურის გაზრდით კი იზრდება მოლეკულების კინეტიკური ენერგია და შესაბამისად, იზრდება აორთქლების ინტენსიობა.

3. რადგან თავლია ჭურჭლიდან მუდმივად ხდება წყლის აორთქლება.

4. მზიან ამინდში სარეცხში წყლის მოლეკულების სიჩქარე და მაშასადამე, კინეტიკური ენერგია, იზრდება, ამიტომ წყლის მოლეკულების აორთქლების ინ-

ტენსიობა იზრდება და სარეცხი სწრაფად შრება. გაშრობას აჩქარებს ქარიც — აორთქლებისას სარეცხიდან ამოსულ მოლეკულების ნაწილი უკან ბრუნდება. ამ მოლეკულებს ქარი წარიტაცებს და მათი უკან დაბრუნება აღარ ხდება.

5. ვერცხლისწყლის ორთქლი.

3.9

1. წყლის ორთქლის, რადგან ორთქლადქცევისათვის საჭიროა სითბოს გარკვეული რაოდენობა. დუღილის პროცესში ეს სითბოს რაოდენობა გადაეცემა წყლის ორთქლს.

2. 2,6მგჯ.

3. 12,1მგჯ.

4. წყლის დუღილის ტემპერატურა მეტია სპირტისაზე, ამიტომ I გრაფიკი შეესაბამება წყალს, II — სპირტს.

5. ზღვის დონეზე დუღილის ტემპერატურა მეტია ვიდრე მთაში.

6. რადგან ატმოსფერული წნევა და, შესაბამისად, წყლის დუღილის ტემპერატურა დაბალია.

3.10

1. მეტ ენერგიას გამოყოფს ნივთიერებები შემდეგი თანმიმდევრობით: ბენზინი, ნავთი, ბუნებრივი აირი, ქვანახშირი.

2. 4,6მგჯ; 2,7მგჯ.

3. 50კგ;

4. 8,4გ.

5. 250კგ.

6. 30%.

7. 30%.

შეამოწმე შენი ცოდნა

I. მართებულია თუ არა მტკიცება?

1. დიახ. 2. დიახ. 3. დიახ. 4. დიახ. 5. დიახ. 6. დიახ. 7. დიახ. 8. დიახ. 9. დიახ. 10. დიახ. 11. არა. 12. დიახ. 13. დიახ. 14. დიახ. 15. არა. 16. დიახ. 17. დიახ. 18. არა. 19. დიახ. 20. დიახ. 21. დიახ. 22. დიახ.

II. რომელია სწორი პასუხი?

1. გ) 2. ა) 3. გ) 4. ბ) 5. გ) 6. ა) 7. გ) 8. ბ) 9. ბ) 10. ბ) 11. გ) 12. გ) 13. გ) 14. ბ) 15. ა) 16. გ) 17. ა) 18. ბ)

დანართი

ათჟერადი თავსართები

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

ნივთიერებათა სიმკვრივე (კგ/მ³) მყარი

კორპი	240	ალმასი	3500
შშრალი ფიჭვი	450	თუჯი	7000
შშრალი მუხა	750	თუთია	7100
პარაფინი	900	ქრომი	7200
ყინული	900	კალა	7300
ქარვა	1070	რკინა, ფოლადი	7900
ქვიშა	1500	თითბერი	8500
აგური	1800	ნიკელი	8900
სუფრის მარილი	2160	სპილენძი	8900
ბეტონი	2200	ვერცხლი	10500
ფაიფური	2300	ტყვია	11300
მინა ფანჯრის	2500	ოქრო	19000
გრანიტი	2600	ვოლფრამი	19300
კვარცი	2650	პლატინა	21500
მარმარილო	2700	ირიდუმი	22400
ალუმინი	2700		

სითხე

ბენზინი	700	ზეთი (მცენარეული)	930
ეთერი	710	წყალი (4°C -ზე)	1000
აცეტონი	790	ზღვის წყალი	1030
ნავთობი	800	რძე	1030
დიზელის საწვავი	800	გლიცერინი	1260
სპირტი	800	თაფლი	1350
ნავთი	800	ვერცხლისწყალი	13600
სკიპიდარი	870		

აირი

წყალბადი	0,09	ნახშირბადის დიოქსიდი	1,25
ჰელიუმი	0,18	ჰაერი (0°C -ზე)	1,29
მეთანი	0,71	ჟანგბადი	1,43
ამიაკი	0,71	არგონი	1,78
ბუნებრივი აირი	0,8	აზოტი	2,14
ნეონი	0,9	ქლორი	3,21
აზოტი	1,25		

ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა ჯ/კგ·გრდ

ვერცხლისწყალი	120	თუჯი	540
ტყვია	130	აგური	750
ვერცხლი	240	მინა	830
კალა	230	ალუმინი	880
თითბერი	380	ჰაერი	1000
თუთია	380	მცენარეული ზეთი	2000
სპილენძი	390	ყინული	2100
რკინა	460	ნავთი	2100
ფოლადი	460	სპირტი	2400
ნიკელი	460	წყალი	4200

ნივთიერების დნობის კუთრი სითბო კჯ/კგ

ტყვია	25	თუთია	120
კალა	59	სპილენძი	180
ოქრო	67	რკინა	270
ფოლადი	82	ყინული	340
ვერცხლი	87	ალუმინი	380

ნივთიერების დნობისა და გამყარების ტემპერატურა, °C

ჟანგბადი	-219	ალუმინი	660
სპირტი	-114	ვერცხლი	960
ვერცხლისწყალი	-39	თითბერი	1000
ნაფტალინი	80	სპილენძი	1083
ყინული	0	ფოლადი	1400
წყალი	0	რკინა	1530
კალა	232	პლატინა	1774
ტყვია	327	ოქრო	1963
თუთია	420	ვოლფრამი	3380

ნივთიერების დუღილის ტემპერატურა, °C (ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს)

ჰელიუმი	-269	თუთია	907
წყალბადი	-253	ტყვია	1750
ბენზინი	40	ალუმინი	2330
სპირტი	78	კალა	2337
წყალი	100	სპილენძი	2582
ვერცხლისწყალი	357	რკინა	3050

ნივთიერების ორთქლადქცევის კუთრი სითბო, კჯ/კგ

ვერცხლისწყალი	300	სპირტი	850
სკიპიდარი	300	წყალი	2260

ნივთიერების წვის კუთრი სითბო, მგჯ/კგ

დენთი	3,8	სპირტი	30
მშრალი ხე	10	ნავთი	40,8
ტორფი	15	დიზელის საწვავი	42
ქვანახშირი	30	ბენზინი	44

ბანმარტაპითი ლექსიკონი

ა

ანომალია — კანონზომიერების დარღვევა, საერთო წესისაგან, ნორმისაგან გადახვევა.

აორთქლება — ორთქლადქცევა სითხის ღია ზედაპირიდან.

ბ

ბერკეტი — მარტივი მექანიზმი, რომელსაც შეუძლია ბრუნვა უძრავი საყრდენის ირგვლივ.

ბერკეტი პირველი გვარის — ბერკეტი, რომლის საყრდენი წერილი მასზე მოქმედი ძალების მოდების წერტილებს შორისაა.

ბერკეტი მეორე გვარის — ბერკეტი, რომელზეც მოქმედი ძალების მოდების წერტილები საყრდენი წერტილის ერთ მხარესაა.

ბიმეტალური ფირფიტა — ორი სხვადასხვა ლითონისაგან დამზადებული ფირფიტა.

ბრიზი — კონვექციის შედეგად წარმოქმნილი დღელაღმური პერიოდულობის ქარი, რომელიც დღისით უბერავს ზღვიდან ხმელეთისაკენ, ღამით — ხმელეთიდან ზღვისკენ.

გ

გამოსხივება — ენერგიის გადაცემის პროცესი სხივების საშუალებით.

გამყარება (კრისტალიზაცია) — ნივთიერების გადასვლა თხევადიდან მყარ მდგომარეობაში.

დ

დახრილი სიბრტყე — მარტივი მექანიზმი, რომელსაც იყენებენ ტვირთის ასან-ევად რაიმე სიმაღლეზე. დახრილი სიბრტყის გამოყენებით ძალაში ვიგებთ იმდენ-ჯერ, რამდენჯერაც დახრილი სიბრტყის სიგრძე მეტია მის სიმაღლეზე.

დინამომეტრი — ძალის საზომი ხელსაწყო.

დნობა — ნივთიერების გადასვლა მყარიდან თხევად მდგომარეობაში.

დნობის კუთრი სითბო — სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს რა სითბოს რაოდენო-ბა უნდა გადავცეთ დნობის ტემპერატურის მქონე 1 კგ მასის კრისტალურ სხეულს, რომ იგი მთლიანად გადნეს.

დრეკადობის ძალა — სხეულის დეფორმაციისას აღძრული ძალა.

დუღილი — ორთქლადქცევის ინტენსიური პროცესი როგორც სითხის ზედა-პირიდან, ისე სითხის შიგნით.

დუღილის ტემპერატურა — ტემპერატურა, რომელზეც სითხე დუღს.

ე

ენერგია — მუშაობის შესრულების უნარი

თ

თბოგამტარობა — შინაგანი ენერგიის გადაცემა ერთი სხეულიდან მასთან კონ-ტაქტში მყოფ მეორე სხეულზე ან სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორეზე. თბოგამ-ტარობის დროს ნივთიერება არ გადაადგილდება, ენერგია გადააქვს ნივთიერების შემადგენელ ნაწილაკებს.

თბოიზოლატორი — ნივთიერება, რომლის თბოგამტარობა მცირეა.

თერმომეტრი — ტემპერატურის საზომი ხელსაწყო.

კ

კონდენცაცია — ნივთიერების გადასვლა აირადიდან თხევად მდგომარეობაში.

კინეტიკური ენერგია — მოძრავი სხეულის ენერგია.

კონვექცია — სითხეებსა და აირებში თბოგადაცემის პროცესი, რომლის დრო-

საც ენერგიის გადაცემა ხდება სითხის ან აირის ჭავლის მიერ.

კონვექცია ბუნებრივი — კონვექცია, რომელიც გარედან ჩარევის გარეშე მიმდინარეობს.

კონვექცია იძულებითი — კონვექცია, რომელიც გარკვეული ზემოქმედებით მიმდინარეობს.

კუთრი სითბოტევადობა — ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს სითბოს რა რაოდენობა უნდა მიიღოს ან გასცეს 1კგ მასის ნივთიერებამ, რომ მისი ტემპერატურა 1°C-ით შეიცვალოს.

მ

მარგი ქმედების კოეფიციენტი — სიდიდე, რომელიც ტოლია მექანიზმის მიერ შესრულებული სასარგებლო მუშაობის შეფარდებისა სრულ მუშაობასთან.

მარტივი მექანიზმი — მოწყობილობა, რომლის საშუალებით შესაძლებელია ძალის გარდაქმნა.

მექანიკის „ოქროს წესი“ — რამდენჯერაც ვიგებთ ძალაში, იმდენჯერ ვაგებთ მანძილში.

მექანიკური ენერგია — ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ახასიათებს სხეულთა ან მათი ნაწილების მოძრაობასა და ურთიერთქმედებას.

მექანიკური მუშაობა — ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია სხეულზე მოქმედი ძალისა და ამ ძალის მიმართულებით სხეულის გადაადგილების სიდიდეთა ნამრავლისა.

ნ

ნაჯერი ორთქლი — ორთქლი, რომელიც დინამიკურ წონასწორობაშია თავის სითხესთან.

ნიუტონ-მეტრი (ნ-მ) — ძალის მომენტის ერთეული SI სისტემაში.

ო

ორთქლადქცევა — ნივთიერების გადასვლა თხევადიდან აირად მდგომარეობაში.

ორთქლადქცევის კუთრი სითბო — სითბოს რაოდენობა, რომელიც უნდა გადავცეთ დუღილის ტემპერატურაზე 1კგ მასის სითხეს, რომ იგი მთლიანად აორთქლდეს.

ორთქლადქცევის სითბო — სითბოს რაოდენობა, რომელიც უნდა გადავცეთ დუღილის ტემპერატურაზე მოცემული მასის სითხეს, რომ იგი მთლიანად აორთქლდეს.

პ

პოლისპასტი — უძრავი დამოძრავი ჭოჭონაქების ერთობლიობა.

პოტენციური ენერგია — სხეულის ან სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთქმედების ენერგია.

პოტენციური ენერგიის ნულოვანი დონე — მდებარეობა, რომელშიც სხეულის პოტენციურ ენერგიას ნულის ტოლად ჩავთვლით

ს

საწვავის წვის კუთრი სითბო — სითბოს რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა 1კგ მასის საწვავის სრული დაწვისას.

საწვავის წვის სითბო — ენერგია, რომელიც გამოიყოფა საწვავის სრული დაწვისას.

სითბოს რაოდენობა — ენერგია, რომელსაც გასცემს ან მიიღებს სხეული სითბოცვლის პროცესში.

სითბოცვლა — შინაგანი ენერგიის ცვლილება მუშაობის შესრულების გარეშე.

სითბოტევადობა — ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს სითბოს რა რა-

ოდენობა უნდა მიიღოს ან გასცეს მოცემული მასის ნივთიერებამ, რომ მისი ტემპერატურა 1°C -ით შეიცვალოს.

სითბური მოვლენა — ფიზიკური მოვლენა, რომელიც დაკავშირებულია ტემპერატურის ან აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილებასთან.

სითბური მოძრაობა — სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების უწყვეტი, ქაოსური მოძრაობა.

სითბური ძრავა — მოწყობილობა, რომელიც საწვავის შინაგან ენერგიას გარდაქმნის მექანიკურ ენერგიად.

სითბური წონასწორობა — სხეულთა იზოლირებული სისტემის მდგომარეობა, როდესაც ამ სხეულთა ტემპერატურები ერთნაირია.

სიმძლავრე — ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია შესრულებული მუშაობის შეფარდებისა იმ დროის შუალედთან, რომლის განმავლობაში ეს მუშაობა შესრულდა.

სუბლიმაცია — ნივთიერების გადასვლა მყარიდან აირად მდგომარეობაში.

სხეულის წონასწორობა — სხეულის უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობა.

ტ

ტემპერატურა — სხეულის სითბური მდგომარეობის მახასიათებელი ფიზიკური სიდიდე.

უ

შინაგანი ენერგია — სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამი.

ჩ

ჩაკეტილი სისტემა — სხეულთა სისტემა, რომლებზეც არ მოქმედებს ხახუნის და წინააღმდეგობის ძალები.

ძ

ძალის მომენტი — ძალისა და მისი მხრის ნამრავლი.

ძალის მოქმედების წრფე — წრფე, რომლის გასწვრივაც მოქმედებს ძალა.

ძალის მხარი — უმოკლესი მანძილი ბრუნვის ღერძიდან ძალის მოქმედების წრფემდე.

წ

წონასწორობა — სხეულის უძრაობის ან წრფივი თანაბარი მოძრაობის მდგომარეობა.

წონასწორობა მდგრადი — წონასწორობის მდებარეობიდან მცირე გადახრის შემდეგ სხეული თავისთავად უბრუნდება ამ მდებარეობას.

წონასწორობა არამდგრადი — წონასწორობის მდებარეობიდან მცირე გადახრის შემდეგ სხეული შორდება ამ მდებარეობას.

ჭ

ჭოჭონაქი — მარტივი მექანიზმი, რომელიც წარმოადგენს გარსაკრში ჩამაგრებულ ღარიან ბორბალს, ღარზე გადადებული თოკით ან ჯაჭვით. მას იყენებენ ტვირთის ასაწევად გარკვეულ სიმაღლეზე.

ჭოჭონაქი უძრავი — ჭოჭონაქი, რომლის ღერძი დამაგრებულია და ტვირთის მოძრაობისას არ გადაადგილდება. უძრავი ჭოჭონაქი ძალის მოგებას არ იძლევა, იგი ცვლის მხოლოდ ძალის მიმართულებას.

ჭოჭონაქი მოძრავი — ჭოჭონაქი, რომლის ღერძი ტვირთთან ერთად მოძრაობს. მოძრავი ჭოჭონაქით ძალაში ვიგებთ 2-ჯერ.

ჯ

ჯოული — მუშაობისა და ენერგიის ერთეული SI სისტემაში.