



ზვიად აღვაშვი

ახმრგაიკანელი ხალხის სამართო პრეზენტი ლიდერი

ფიზიკა

მირზალი მურგუშოვი
რასიმ აბდურაზაბოვი
როვზან ალიევი
დილბარ ალიევა

8

ზოგადსაგანმანათლებლო სკოლების მე-8 კლასისათვის ფიზიკის საგნის
სახელმძღვანელო

გთხოვთ სახელმძღვანელოსთან დაკავშირებული თქვენი გამოხმაურება,
შენიშვნები და წინადადებები გამოგზავნოთ bn@bakineshr.az და
derslik@edu.gov.az ელექტრონულ მისამართებზე.
წინასწარ მადლობას მოგახსენებთ ჩვენთან თანამშრომლობისათვის!

B

A

K

I



N

Ə

Ş

R

ბაქო – 2017

8

ფიზიკა

შინაარსი

გაეცანით სახელმძღვანელოს! 6

1. მოლეკულების სითბური მოძრაობა. შინაგანი ენერგია

1.1. მოლეკულების სითბური მოძრაობა. ტემპერატურა	8
1.2. სხეულების სითბური გაფართოება	11
1.3. სითბური წონასწორობა. ტემპერატურული სკალები	16
1.4. შინაგანი ენერგია	20
1.5. შინაგანი ენერგიის შეცვლის ხერხები: მექანიკური მუშაობის შესრულება და სითბოგადაცემა	23
1.6. თბოგამტარობა	26
1.7. კონვექცია	29
1.8. გამოსხივება	33
• შემაჯამებელი დავალებები	38

2. ენერგიის მუდმივობის კანონი სითბური პროცესებისათვის

2.1. სითბოს რაოდენობა	40
2.2. კუთრი სითბოტევადობა.	44
2.3. საწვავის წვის სითბო	47
2.4. ენერგიის მუდმივობის კანონი სითბური პროცესებისათვის	51
2.5. სითბური ბალანსის განტოლება	55
2.6. პრაქტიკული სამუშაო. სხეულის კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრა	60
• შემაჯამებელი დავალებები	62

3. სხეულის აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილება

3.1. დნობა და გამყარება	64
3.2. დნობის კუთრი სითბო	68
3.3. ორთქლადქცევა და კონდენსაცია	71
3.4. ნაჯერი და უჯერი ორთქლი. დუღილი	74
3.5. ორთქლადქცევის კუთრი სითბო	78
3.6. ჰაერის ტენიანობა	80
3.7. ტენიანობის საზომი ხელსაწყოები.	83
• შემაჯამებელი დავალებები	88

4. სითბური ძრავები

4.1. სითბური ძრავა. სითბური ძრავას მარგი ქმედების კოეფიციენტი	90
4.2. ორთქლის ტურბინა	93
4.3. შიგანის ძრავა	97
4.4. რეაქტიული ძრავა	101
4.5. სითბური ძრავები და გარემოს დაცვა	105
• შემაჯამებელი დავალებები.	109

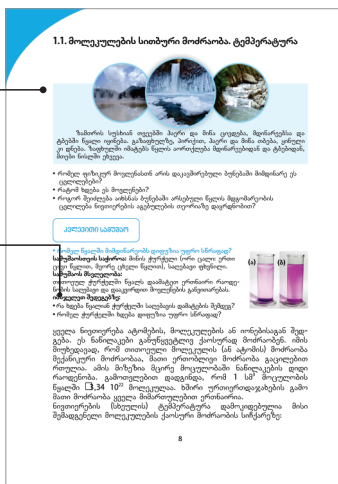
5. ელექტრული მუხტი. ელექტრული ველი

5.1. სხეულების დაელექტროება. ელექტრული მუხტი	112
5.2. ატომის აღნაგობა. დაელექტროების ბუნება	116
5.3. გამტარები და დიელექტრიკები	119
5.4. ელექტროსტატიკური ინდუქცია	122
5.5. ელექტროსკოპი. ელექტრომეტრი	125
5.6. ელექტრული მუხტის შენახვის კანონი	128
5.7. ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედება: კულონის კანონი	132
5.8. ელექტრული მუხტების გამყოფი, დამგროვებელი და გადამცემი მოწყობილობები	134
5.9. ელექტრული ველი. ელექტრული ველის დაძაბულობა	137
5.10. ელექტრული ველის ძალნიშები.	141
• შემაჯამებელი დავალებები	145

6. ელექტრული დენი

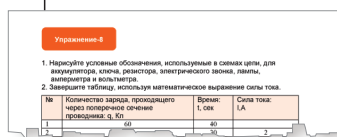
6.1. ელექტრული დენი	148
6.2. დენის წყაროები	151
6.3. ელექტრული წრედი და მისი ელემენტები	155
6.4. ელექტრული დენის მოქმედება	158
6.5. დენის ძალა და მისი გაზომვა.	162
6.6. ძაბვა და მისი გაზომვა.	165
6.7. ელექტრული წინაღობა. ომის კანონი წრედის უბნისათვის	169
6.8. რაზეა დამოკიდებული გამტარის წინაღობა?	173
6.9. გამტარების მიმდევრობით შეერთება	179
6.10. გამტარების პარალელური შეერთება	183
6.11. ელექტრული დენის მუშაობა. ჯოულ-ლენცის კანონი	189
6.12. ელექტრული დენის სიმძლავრე	192
6.13. ელექტრული დენის გამოყენება და მისი მოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე (დამატებითი საკითხავი)	195
• შემაჯამებელი დავალებები	198

მოტივაცია. საინტერესო სიტუაციებისა და მოვლენების აღწერა, რომელიც კითხვებით მთავრდება.



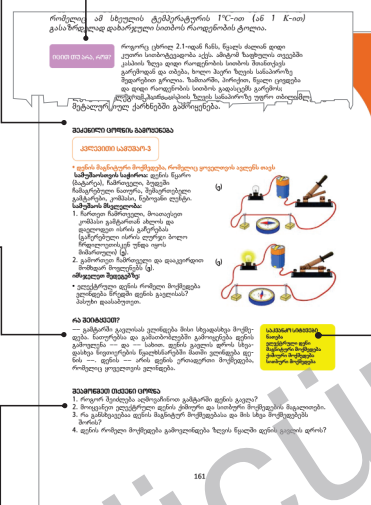
განმარტება. გაკვეთილის ძირითადი შინაარსი: ძირითადი ცნებები, ახსნა-განმარტებები თემის ირგვლივ, განსაზღვრებები და წესები.

სავარჯიშოები. შეძენილი ცოდნის გასაღრმავებლად და განსამტკიცებლად.

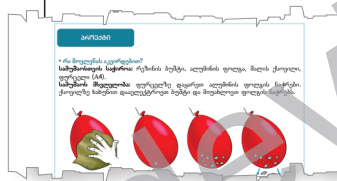


2
კვლევა. სხვადასხვა
დავალებები,
ლაბორატორიული
სამუშაოები და
ცდები, რომლებიც
მიმართულია
მოვლენების
მიზეზმედგობრივი
კავშირების
გამოვლენისა, კნ.

5 იცით თუ არა, რომ? თემასთან დაკავშირებული სასარგებლო ინფორმაცია.



პროექტი. პროექტები
ექსპერიმენტული ხასიათისაა. მათ
განსახორციელებლად შესაძლებელია
სხვადასხვა წყაროს გამოყენება.



7 რა შეიტყვეთ?
შეძენილი
ინფორმაციის
განზოგადება
საკვანძო
სიტყვების
გამოყენებით.

საკვანძო სიტყვები. ახალი
სიტყვები და ტერმინები.

9 **შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა.** კითხვები და დავალებები, რომლებიც მიმართულია შემოქმედებითი უნარების განვითარებასა და შეძენილი ცოდნის შეფასებისათვის.



მოლეკულების სითბური მოძრაობა. შინაგანი ენერგია

1

გვ. 7–38

- 1.1. მოლეკულების სითბური მოძრაობა.
ტემპერატურა
- 1.2. სხეულების სითბური გაფართოება.
- 1.3. სითბური წონასწორობა.
ტემპერატურული სკალები
- 1.4. შინაგანი ენერგია
- 1.5. შინაგანი ენერგიის შეცვლის ხერხები:
მექანიკური მუშაობის შესრულება და
სითბოგადაცემა
- 1.6. თბოგამტარობა
- 1.7. კონვექცია
- 1.8. გამოსხივება

• შემავსებელი დავალებები

1.1. მოლეკულების სითბური მოძრაობა. ტემპერატურა



ზამთრის სუსხიან თვეებში ჰაერი და მიწა ცივდება, მდინარეებსა და ტბებში წყალი იყინება. გაზაფხულზე, პირიქით, ჰაერი და მიწა თბება, ყინული კი დნება. ზაფხულში იმატებს წყლის აორთქლება მდინარეებიდან და ტბებიდან, მთები ნისლში ეხვევა.

- რომელ ფიზიკურ მოვლენასთან არის დაკავშირებული ბუნებაში მიმდინარე ეს ცვლილებები?
- რატომ ხდება ეს მოვლენები?
- როგორ შეიძლება აიხსნას ბუნებაში არსებული წყლის მდგომარეობის ცვლილება ნივთიერების აგებულების თეორიაზე დაყრდნობით?

კვლევის საფუძაო

• რომელ წყალში მიმდინარეობს დიფუზია უფრო სწრაფად?

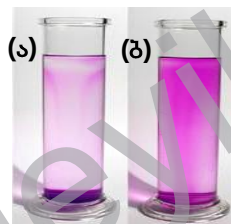
სამუშაოსთვის საჭიროა: მინის ჭურჭელი (ორი ცალი: ერთი ცივი წყლით, მეორე ცხელი წყლით), საღებავი ფხვნილი.

სამუშაოს მსვლელობა:

თითოეულ ჭურჭელში წყალს დაამატეთ ერთნაირი რაოდენობის საღებავი და დააკვირდით მოვლენების განვითარებას.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

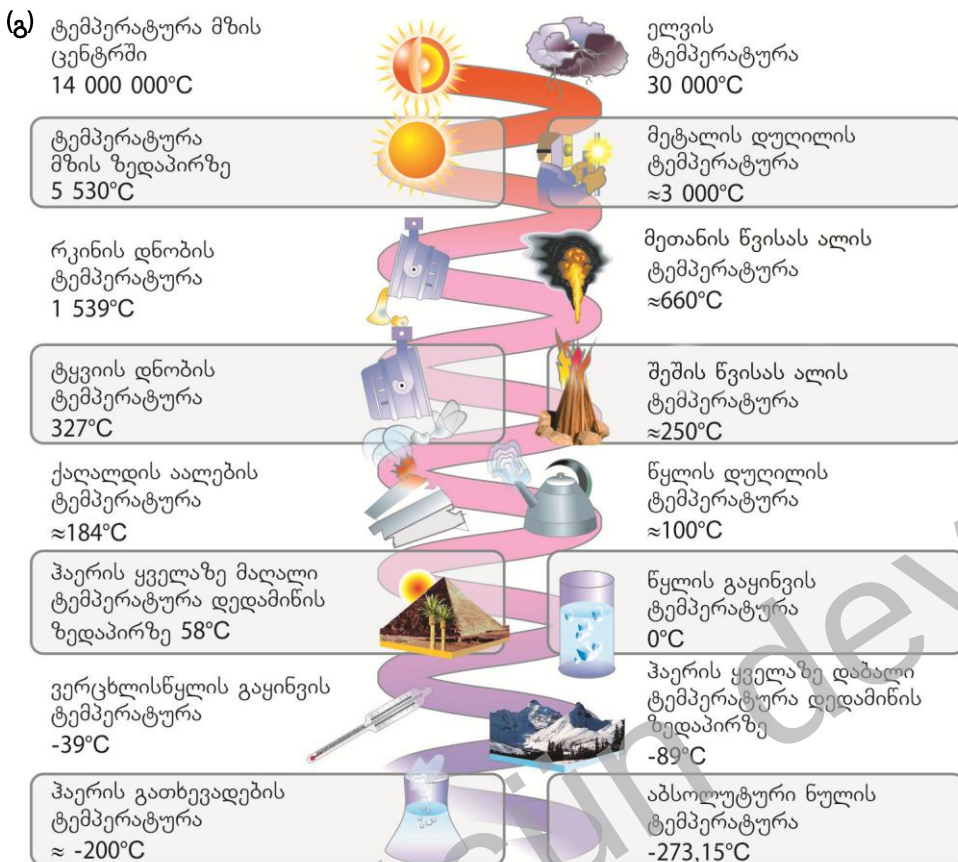
- რა ხდება წყლიან ჭურჭელში საღებავის დამატების შემდეგ?
- რომელ ჭურჭელში ხდება დიფუზია უფრო სწრაფად?



ყველა ნივთიერება ატომების, მოლეკულების ან იონებისაგან შედგება. ეს ნაწილაკები განუწყვეტლივ ქაოსურად მოძრაობენ. იმის მიუხედავად, რომ თითოეული მოლეკულის (ან ატომის) მოძრაობა მექანიკური მოძრაობაა, მათი ერთობლივი მოძრაობა გაცილებით რთულია. ამის მიზეზია მცირე მოცულობაში ნაწილაკების დიდი რაოდენობით არსებობა. გამოთვლებით დადგინდა, რომ 1 სმ³ მოცულობის წყალში $\approx 3,34 \cdot 10^{22}$ მოლეკულაა. ხშირი ურთიერთდაჯახების გამო ისინი ყველა მიმართულებით ერთნაირად მოძრაობენ. ნივთიერების (სხეულის) ტემპერატურა დამოკიდებულია მისი შემადგენელი მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარეზე:

• **სხეულის შემადგენელი მოლეკულების ქაოსურ მოძრაობას სითბური მოძრაობა ეწოდება.**

სხეულის შემადგენელი მოლეკულების სითბური მოძრაობის ინტენსივობა დაკავშირებულია ფიზიკურ სიდიდესთან, რომელსაც **ტემპერატურა** ეწოდება. სხეულის გაცხელების ხარისხს განსაზღვრავენ მისი ტემპერატურის მიხედვით; მაგალითად, წყლის ტემპერატურა მაღალია ნაყინის ტემპერატურაზე, მყარი რკინის ტემპერატურა უფრო დაბალია, ვიდრე მისი ნადნობის ტემპერატურა. ნახატზე (ა) წარმოდგენილია სხვადასხვა ტემპერატურა, რომლებზეც მიმდინარეობს ზოგიერთი ბუნებრივი, ტექნიკური თუ ყოფითი მოვლენა.



ერთსა და იმავე ნივთიერებას, მაგალითად თბილ და ცივ წყალს, ერთნაირი მოლეკულები აქვს, მაგრამ სხვადასხვა ტემპერატურის გამო განსხვავებულია მათი ქაოსური მოძრაობის სიჩქარეც: თბილი წყლის მოლეკულები უფრო დიდი სიჩქარით მოძრაობენ, ვიდრე ცივი წყლის მოლეკულები. ამის გამო თბილი წყლის მოლეკულები უფრო დიდი სიჩქარით ეჯახებიან წყალში მოთავსებული სხვა ნივთი-

ერების მოლეკულებს, მაგალითად საღებავის მოლეკულებს. ამიტომ დიფუზიის პროცესი თბილ წყალში უფრო სწრაფად მიმდინარეობს.

ტემპერატურის გარდა, კიდევ რაზეა დამოკიდებული მოლეკულების სიჩქარე?

დადგენილია, რომ ნორმალურ პირობებში წყალბადის მოლეკულების საშუალო სიჩქარე შეადგენს 1693 მ/წმ-ს, ჟანგბადის მოლეკულების საშუალო სიჩქარე – 425 მ/წმ-ს, ნახშირორჟანგის მოლეკულების საშუალო სიჩქარე – 362 მ/წმ-ს. როგორც ჩანს, ერთი და იმავე ტემპერატურის სხვადასხვა აირის მოლეკულების სიჩქარე განსხვავებულია. ე. ი. მოლეკულების საშუალო სიჩქარე, გარდა ტემპერატურისა, დამოკიდებულია აირის მოლეკულის მასაზე. ფიზიკური სიდიდე, რომელიც დამოკიდებულია მოლეკულის სიჩქარესა და მასაზე, მისი კინეტიკური ენერგიაა. ეს თეორიულადაც არის დადასტურებული – სხეულის ტემპერატურა დამოკიდებულია მისი შემადგენელი მოლეკულების საშუალო კინეტიკურ ენერგიაზე.

• ტემპერატურა სხეულის შემადგენელი მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგიის საზომია.

რაც უფრო დიდია სხეულის შემადგენელი მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგია, მით მეტია მისი ტემპერატურა.

შეამოწმოთ ცოდნის გამოყენება

- როგორ იცვლება აირის მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე მისი გაცხელებისა და გაცივების დროს?
- ჟანგბადის მოლეკულის მასა $5,12 \cdot 10^{-26}$ კგ-ია, ხოლო სიჩქარე $v_{O_2} = 425$ მ/წმ, წყალბადის მოლეკულის მასა $3,35 \cdot 10^{-27}$ კგ-ია, სიჩქარე $v_{H_2} = 1693$ მ/წმ, ნახშირორჟანგის მოლეკულის მასა $7,3 \cdot 10^{-26}$ კგ-ია, სიჩქარე $v_{CO_2} = 362$ მ/წმ. მოყვანილი მაგალითის მიხედვით გამოთვალეთ ამ ნაწილაკების საშუალო კინეტიკური ენერგიები.

მოცემულია	ფორმულა	გამოთვლა
$m_{O_2} = 5,12 \cdot 10^{-26}$ კგ, $m_{H_2} = 3,35 \cdot 10^{-27}$ კგ, $m_{CO_2} = 7,3 \cdot 10^{-26}$ კგ, $v_{O_2} = 425$ მ/წმ, $v_{H_2} = 1693$ მ/წმ, $v_{CO_2} = 362$ მ/წმ.	$E = \frac{m \cdot v^2}{2}$	$E_{კინO_2} = \frac{m_{O_2} \cdot v_{O_2}^2}{2} = \frac{5,12 \cdot 10^{-26} \cdot 425^2}{2} \frac{კგ \cdot მ^2}{წმ^2} = 4,62 \cdot 10^{-21}$ ჯ.
$E_{კინO_2} - ?$ $E_{კინH_2} - ?$ $E_{კინCO_2} - ?$		
პასუხი: $4,62 \cdot 10^{-21}$ ჯ.		

რა შიშვეთ?

სხეულის შემადგენელი მოლეკულების -- სითბური მოძრაობა ეწოდება. -- სხეულის შემადგენელი მოლეკულების -- საზომია.

საკვანძო სიტყვები

ტემპერატურა

ქაოსური მოძრაობა

საშუალო კინეტიკური ენერგია

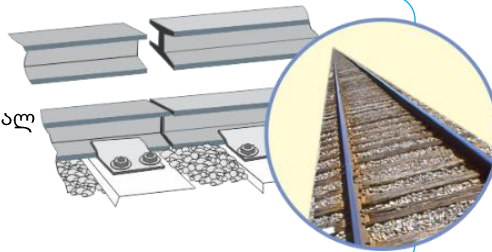
შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელ მოძრაობას ეწოდება სითბური მოძრაობა?
2. რაზე დამოკიდებული დიფუზიის სიჩქარე ნივთიერებაში?
3. რის საზომია ტემპერატურა?

1.2. სხეულების სითბური გავრთობა

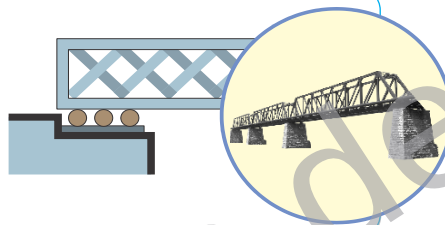
რკინიგზა ფოლადის უამრავი რელსისაგან შედგება.

- რატომ ტოვებენ რელსების გადაბმის ადგილებში თავისუფალ სივრცეს?



მეტალის კონსტრუქციის ხიდების თავისუფალი ბოლოები ლილვაკებს ეყრდნობა.

- რატომ?

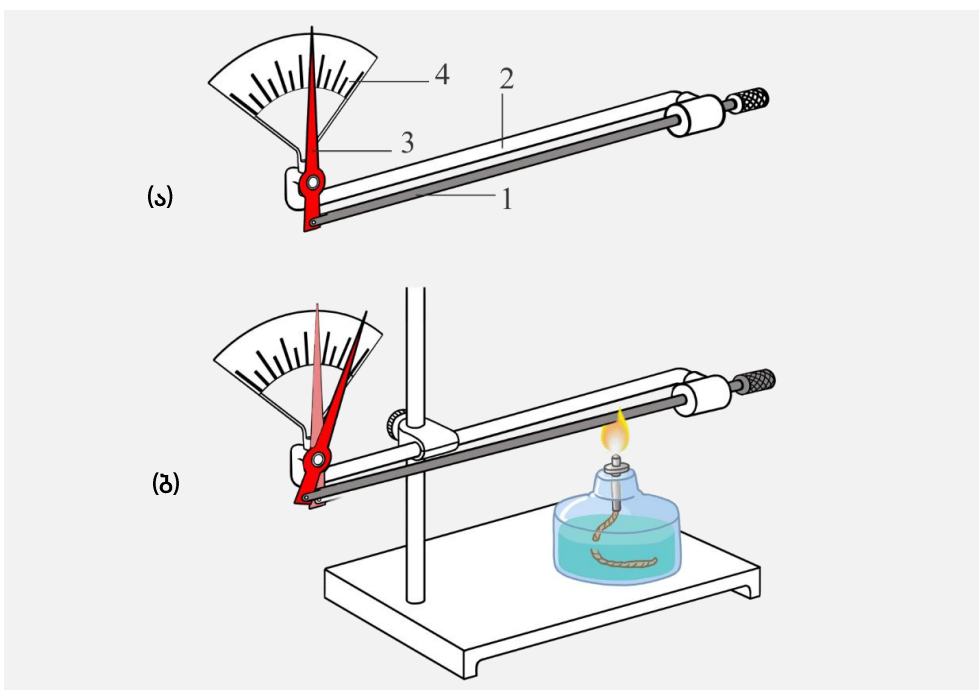


კვლევითი საფუძავი -1

- რატომ იცვლება მეტალის ფორფიტის სიგრძე?

სითბური გავრთობების გასაზომი მონეობილობა.

მონეობილობის ძირითადი ნაწილია ბიმეტალური ფორფიტა (1). ის ორი თხელი - ფოლადისა და ალუმინის - ფორფიტისგან შედგება, რომლებიც ერთმანეთზეა მიმაგრებული. ბიმეტალური ფორფიტის ერთ ბოლოს ფოლადის ღერზე ამაგრებენ (2), მეორე ბოლოს კი - ისარზე (3). ისარი დამაგრებულია ღერის (2) მეორე ბოლოზე და სკალის (4) გასწვრივ მარჯვნივ-მარცხნივ გადახრა შეუძლია.



სამუშაოსთვის საჭიროა: სითბური გაფართოების გასაზომი მოწყობილობა, სპირტ-ქურა (ან სანთელი), ასანთი, შტატივი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაამაგრეთ მოწყობილობა შტატივზე, როგორც ნაჩვენებია **(ბ)** ნახატზე. ყურადღება მიაქციეთ, რომ ამ დროს ისარი სკალის მარცხენა ნაწილში იყოს.
2. ბიმეტალური ფირფიტა გააცხელეთ სპირტქურით 1-2 წთ-ის განმავლობაში და დააკვირდით ისრის გადაადგილებას.
3. ჩააქრეთ სპირტქურა და გააგრძელეთ დაკვირვება 1-2 წთ-ის განმავლობაში.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ იცვლის მდებარეობას ისარი ბიმეტალური ფირფიტის გაცხელებისა და გაცივების დროს?
- რა დასკვნამდე მიხვედით კვლევითი სამუშაოს შემდეგ?

როგორც წესი, სხეულები გაცხელებით ფართოვდება. ეს შეიძლება აიხსნას სხეულის შემადგენელი მოლეკულებისა და ატომების საშუალო კინეტიკური ენერგიის გაზრდით; მაგალითად, მყარი სხეულის შემადგენელი ატომების საშუალო კინეტიკური ენერგიის გაზრდა იწვევს მათი რხევის ამპლიტუდის გაზრდას. ამისთვის მათ გაცილებით მეტი სივრცე სჭირდებათ, რაც იწვევს მყარი სხეულის გაფართოებას. სითხეებისა და აირების მოლეკულები საშუალო კინეტიკური ენერგიის გაზრდის გამო მეტ მანძილზე გადაადგილდებიან და

უფრო დიდ მოცულობას იკავებენ, რაც მათი სითბური გაფართოების მიზეზია.

სხეულების გაცივების დროს უკუპროცესი ხდება: მოლეკულების სითბური მოძრაობის საშუალო კინეტიკური ენერგია მცირდება. შედეგად მცირდება მყარი სხეულების მოლეკულების შემადგენელი ატომების რხევის ამპლიტუდა, ხოლო სითხეებსა და აირებში მოლეკულები ნაკლებად შორდებიან ერთმანეთს, რაც იწვევს სხეულების შეკუმშვას. აღსანიშნავია, რომ მეტალების სითბური გაფართოების თვისებას სერიოზული ყურადღება ექცევა წარმოებაში. მყარი სხეულების სითბური გაფართოების დროს დიდი ძალები აღიძვრება: ფოლადის რელსები შეიძლება გაიღუნოს, ტროსები – განყდეს, მეტალის ხიდები – დაინგრეს. ამის გათვალისწინებით, საჭირო ხდება სხეულების გაფართოებისა და შეკუმშვისათვის აუცილებელი პირობების შექმნა.

შეკუმშვის გამოყენება

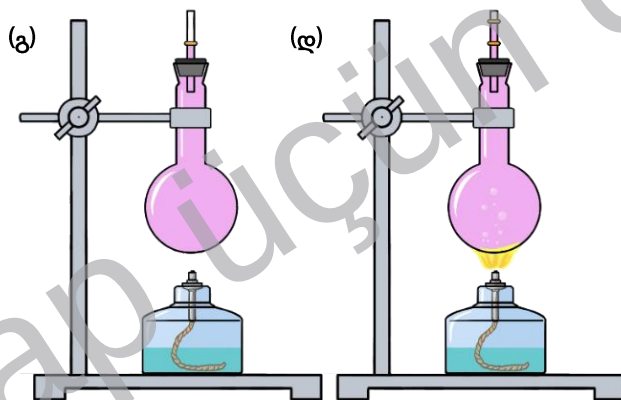
კვლევითი სამუშაო -2

• დავაკვირდეთ სითხეების სითბურ გაფართოებას

სამუშაოსთვის საჭიროა: მცირე ზომის კოლბა, შეფერადებული წყალი (1 ლიტრი), საცობი, რომლის ცენტრში მცირე დიამეტრის მინის მილია გატარებული, სპირტქურა (ან სანთელი), ასანთი, შტატივი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. შტატივზე დაამაგრეთ კოლბა, პირამდე გაავსეთ წყლით და მჭიდროდ დაახურეთ საცობი. მინის მილს ჩამოაცვით რეზინის ორი რგოლი, ერთი მათგანი მილში წყლის დონის გასწვრივ გააჩერეთ **(გ)**.
2. კოლბის ქვეშ დადგით სპირტქურა, აანთეთ და დააკვირდით მილში წყლის დონის ცვლილებას.
3. გარკვეული დროის შემდეგ (2-3 წთ) ჩააქრეთ სპირტქურა და რეზინის მეორე რგოლით მონიშნეთ წყლის ახალი დონე მინის მილში **(დ)**. დააკვირება გააგრძელეთ კოლბაში წყლის გაცივებამდე.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ იცვლება წყლის დონე მილში კოლბაში წყლის გაცხელების დროს?
- როგორ შეიცვალა წყლის დონე მილში წყლის გაცივების შემდეგ?
- რა დაასკვნით ჩატარებული ცდის შემდეგ?

რა შეიტყვეთ?

-- მოლეკულების შემადგენელი ატომების --
გაზრდა იწვევს მათი -- ამპლიტუდის გაზრდას.
შედეგად მყარი სხეული განიცდის --. სითხისა და
-- გაფართოების მიზეზია მოლეკულების --
საშუალო კინეტიკური ენერგიის გაზრდა.

საკვანძო სიტყვები

აირი

რხევითი მოძრაობა

სითბური მოძრაობა

მყარი სხეული

საშუალო კინეტიკური

ენერგია

სითბური გაფართოება

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა არის მყარი სხეულების სითბური გაფართოების მიზეზი?
2. რატომ მცირდება სხეულის მოცულობა მისი გაცივების დროს?
3. რატომ არის ნავთობსადენის (გაზსადენის ან წყალსადენის) ზოგიერთ უბანზე მილები შედუღებული სურათზე ნაჩვენები ფორმით?



პროექტი

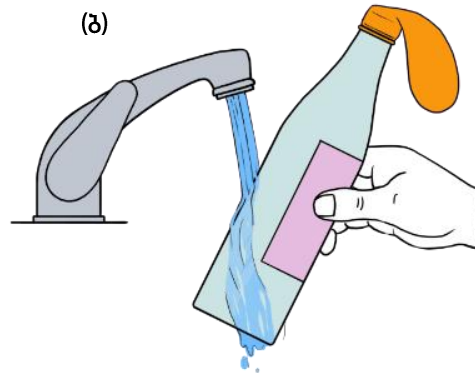
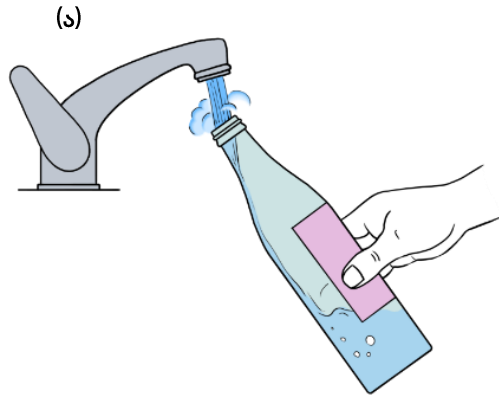
• რატომ შეიწოვა ბოთლმა ბუშტი?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მინის ბოთლი, რეზინის ბუშტი, ონკანი ცივი და ცხელი წყლით, ძაფი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. გაავსეთ ბოთლი ცხელი წყლით (ა).
2. რამდენიმე წუთის შემდეგ წყალი გადმოსახით და სწრაფად წამოაღწევით ბოთლის ყელს რეზინის ბუშტით.
3. მოათავსეთ ბოთლი ცივი წყლის ნაკადში (ბ) და დააკვირდით, თანდათან როგორ შეიწოვება რეზინის ბუშტი (გ).

• რატომ შეიწოვება ბუშტი ბოთლის გაცივების დროს? დანერეთ დასაბუთებული პასუხი.



1.3. სითბური წონასწორობა. ტემპერატურული სკალები

თერმომეტრის ჩვენებით, ოთახში ჰაერის ტემპერატურა 20°C -ია.

- როგორ განვსაზღვროთ ოთახში მდგარი მაგიდის, ასევე მაგიდაზე დანყობილი ფურცლის, ფანქრის, კალმის, მეტალის სახაზავის ტემპერატურა?
- აუცილებელია თუ არა, თითოეულ საგანს თერმომეტრით შევვსოთ?



ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად აუცილებელი არ არის, თითოეული ამ საგნის ტემპერატურა გავზომოთ. ოთახში არსებული ყველა საგანი ხანგრძლივ კონტაქტშია ოთახის ჰაერთან, ამის გამო მათ შორის დამყარებულია სითბური წონასწორობა.

სხეულების ხანგრძლივი კონტაქტის შემდეგ მათი მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგია თანაბრდება. სხეულებს შორის მყარდება სითბური წონასწორობა: „თბილი“ სხეული, რომლის მოლეკულებს მეტი ენერგია აქვთ, თავისი სითბოს ნაწილს გადასცემს „ცივ“ სხეულს, რომლის მოლეკულების კინეტიკური ენერგია ნაკლებია. სხეულებს შორის სითბოცვლა გრძელდება მათი მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგიების გათანაბრებამდე.

კვლევითი საფუძაო

• რა არის უფრო თბილი?

სამუშაოსთვის საჭიროა: განიერი ქილა, თბილი წყალი, დაახლოებით ერთნაირი სიდიდის მეტალისა და ხის კოვზები, მინისა და პლასტმასის ჩხირები, ლაბორატორიული თერმომეტრი.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. ქილა ნახევარზე მეტად შეავსეთ თბილი წყლით და ჩაუშვით მასში თერმომეტრი. 2. წყალში მოათავსეთ კოვზები და ჩხირები, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახატზე და 5-6 წთ-ის განმავლობაში დააკვირდით თერმომეტრის ჩვენებებს. 3. ხელით რიგრიგობით შეეხეთ ქილას, კოვზებსა და ჩხირებს. იმსჯელეთ თერმომეტრის ჩვენებასა და თქვენს შეგრძნებებზე წყალში მოთავსებული საგნების გათბობის ხარისხთან დაკავშირებით.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ტემპერატურას გვიჩვენებს წყალში მოთავსებული თერმომეტრი?
- რა შეგიძლიათ თქვით წყალში მოთავსებული საგნების ტემპერატურაზე?



- რომელი საგანი მოგეჩვენათ უფრო თბილი შეხების შემდეგ?
- რატომ ამზადებენ ტაფებს, ჩაიდნებსა და ქვაბებს მეტალისგან, ხოლო მათ სახელურებს პლასტმასის ან ხისგან?

თბილ წყალში მოთავსებული ყოველი სხეული „ცივ“ სხეულთან (ხელთან) შეხების დროს მას სითბოს გადასცემს. თუ სითბოს გადაცემა ნელა ხდება, ხელი სხეულთან (ხის კოვზთან, პლასტმასის ან მინის ჩხირთან) შეხების დროს ტემპერატურის სუსტ მომატებას შეიგრძნობს; თუ სითბოს გადაცემა უფრო ინტენსიურად ხდება, ხელი შეიგრძნობს, რომ სხეული უფრო თბილია (მაგ., რკინის კოვზი). სინამდვილეში წყალში მოთავსებული ყველა საგნის ტემპერატურა ერთნაირია და წყლის ტემპერატურის ტოლია.

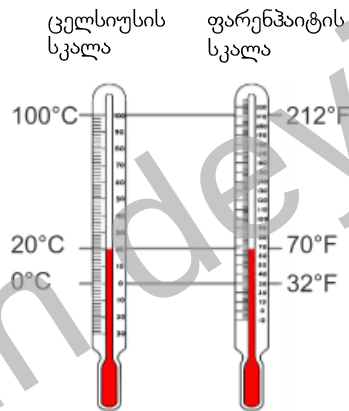
- თუ სხეულების ტემპერატურა ერთნაირია, ისინი სითბური წონასწორობის მდგომარეობაშია.
- თუ შეხებაში მყოფი სხეულების ტემპერატურა განსხვავებულია, მათ შორის ხდება სითბოს მიმოცვლა სითბური წონასწორობის დამყარებამდე.

ტემპერატურული სკალები

როგორც იცით, სხეულის ტემპერატურას ზომავენ ხელსაწყოთი, რომელსაც თერმომეტრი ეწოდება (იხ. „ფიზიკა – 6“). როგორც ნებისმიერ საზომ ხელსაწყოს, თერმომეტრსაც აქვს სკალა. თერმომეტრის სკალის დასაგრადუირებლად გამოყენებულია ორი ძირითადი ტემპერატურული წერტილი, შემდეგ მათ შორის მანძილი დაყოფილია ტოლ ნაწილებად და თითოეული ნაწილი წარმოადგენს ტემპერატურის საზომ ერთეულს. მაგალითად, ყოფა-ცხოვრებაში გამოყენებული თერმომეტრი ტემპერატურას გვიჩვენებს ცელსიუსის გრადუსებში ($^{\circ}\text{C}$). ამ ტემპერატურულ სკალაზე ძირითად ტემპერატურულ წერტილებად მიღებულია ყინულის დნობის ტემპერატურა – 0°C და წყლის დუღილის ტემპერატურა – 100°C .

ამერიკასა და ინგლისში გამოყენებული თერმომეტრების სკალები დაგრადუირებულია ფარენჰაიტის გრადუსებში ($^{\circ}\text{F}$). ყინულის დნობისა და წყლის დუღილის ტემპერატურა ფარენჰაიტის სკალაზე შესაბამისად 32°F და 212°F -ია. ცელსიუსის სკალის ერთეულებით გაზომილი ტემპერატურის გამოსახვა ფარენჰაიტის სკალის ერთეულებით შესაძლებელია ფორმულით:

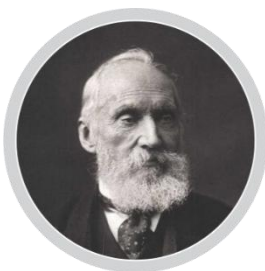
$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32)$$



$$t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32$$

1848 წელს ინგლისელმა ფიზიკოსმა უილიამ ტომსონმა (ლორდმა კელვინმა) საზოგადოებას შესთავაზა ახალი ტემპერატურული სკალა. მას აბსოლუტური ტემპერატურის სკალა ან კელვინის სკალა ეწოდება. აბსოლუტური ტემპერატურა აღინიშნება T ასოთი და მის საზომ ერთეულს ეწოდება კელვინი (K).

კელვინის სკალის ნულოვანი წერტილი (0K) შეესაბამება ბუნებაში შესაძლო ყველაზე დაბალ ტემპერატურას და მას ტემპერატურის აბსოლუტური ნული ეწოდება. ტემპერატურის აბსოლუტურ ნულზე ნივთიერების მოლეკულების სითბური მოძრაობა წყდება, ანუ მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგია ნულის ტოლი ხდება.



უილიამ ტომსონი (ლორდი კელვინი)
(1824 – 1907)

ინგლისელი ფიზიკოსი
თერმოდინამიკის – სითბური მოვლენების
შემსწავლელი მეცნიერების – ერთ-ერთი
ფუძემდებელი.

ცელსიუსის სკალაზე ტემპერატურის აბსოლუტური ნული შეესაბამება -273°C -ს (უფრო ზუსტად $-273,15^{\circ}\text{C}$ -ს). კელვინის სკალაზე ცინულის დნობის ტემპერატურა არის 273 K, ხოლო წყლის დუღილის ტემპერატურაა 373 K. ცელსიუსისა და კელვინის სკალებით გაზომილ ტემპერატურებს შორის შემდეგი შესაბამისობაა:

$$T \text{ (K)} = t \text{ (}^{\circ}\text{C)} + 273 \quad \text{ან} \quad t \text{ (}^{\circ}\text{C)} = T \text{ (K)} - 273.$$

შეპენილი ცოდნის გამოყენება

შეავსეთ ცხრილი:

№	t (°C)	t _F (°F)	T (K)
1	36	96,8	309
2		32	
3			253

რა შაიტყვით?

თუ სხეულების ტემპერატურა ერთნაირია, ისინი — მდგომარეობაში არიან. თუ შეხებაში მყოფი სხეულების ტემპერატურა განსხვავებულია, ამ სხეულებს შორის ხდება — სითბური წონასწორობის დამყარებამდე.

კელვინის სკალის ნულოვანი წერტილი (0K) ბუნებაში შესაძლო ყველაზე დაბალი ტემპერატურაა და ტემპერატურის — ენოდება.

საკვანძო სიტყვები
აბსოლუტური ნული
სითბოცვლა
სითბური წონასწორობა

შეამოვნეთ თქვენი ცოდნა

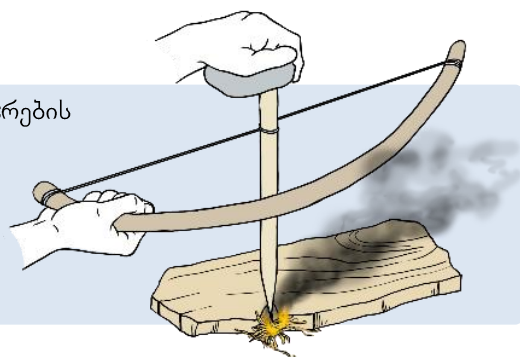
1. წყალში თერმომეტრის მოთავსების შემდეგ რა შემთხვევაში მიიღებს თერმომეტრი სითბოს და რა შემთხვევაში გასცემს?
2. გამოსახეთ თქვენი სხეულის ტემპერატურა $t_F(^{\circ}\text{F})$ -სა და $T(\text{K})$ -ში.
3. არის თუ არა კელვინის სკალაზე უარყოფითი ტემპერატურა? რატომ?

საპარჯიშო -1

1. ოთახში სველ და მშრალ ფიცრებთან შეხებისას რატომ გეჩვენებათ სველი ფიცარი უფრო ცივი?
2. ყინულის დნობის ტემპერატურასა და წყლის დუღილის ტემპერატურას შორის სხვაობა, ცელსიუსის სკალის მიხედვით, 100°C -ია. რამდენია ეს სხვაობა ფარენჰაიტის სკალისა და კელვინის სკალის მიხედვით?
3. ნივთიერების მოლეკულური აგებულების თეორიის მიხედვით, რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული ტემპერატურა?
4. ბაქოში ზამთრის საშუალო ტემპერატურა -2°C -ის ტოლია, ზაფხულის — 33°C -ის. გამოსახეთ ეს ტემპერატურები ფარენჰაიტის გრადუსებით.
5. თვითმფრინავი 10 კმ სიმაღლეზე მიფრინავს. თვითმფრინავის სალონში ტემპერატურა 20°C -ია, ხოლო ბორტის გარეთ — -58°C . როგორია ტემპერატურათა სხვაობა $t(^{\circ}\text{C})$ -სა და $T(\text{K})$ -ში?

1.4. შინაგანი ენერგია

ძველად ადამიანებს მშრალი ხის ნაჭრების ერთმანეთზე ხახუნით შეეძლოთ ცეცხლის მოპოვება.



- რომელი ენერგიის ხარჯზე ხდება ცეცხლის წარმოქმნა?

სპილენძის მავთული ერთსა და იმავე ადგილას რამდენჯერმე მოხარეთ და გაშალეთ. ეს ადგილი ოდნავ გასქელდება და გაცხელდება.

- რა არის მავთულის მოხრის ადგილის გასქელებისა და გაცხელების მიზეზი?

კვლევითი სამუშაო -1

• სად გაქრა მექანიკური ენერგია?

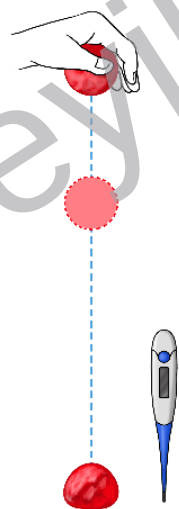
სამუშაოსთვის საჭიროა: პლასტილინის ბურთულა (6-8 სმ დიამეტრით), მეტალის ფირფიტა, ელექტრონული თერმომეტრი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. გაზომეთ ბურთულისა და ფირფიტის ტემპერატურა და ჩაინერეთ სამუშაო რეგულში.
2. მეტალის ფირფიტა მოათავსეთ იატაკზე. ბურთულა ჩამოაგდეთ 1,5 მ სიმალიდან ისე, რომ ფირფიტას დაეცეს.
3. ფირფიტაზე დაცემის შემდეგ ბურთულა გაჩერდება.
ამ დროს:
 - ა) გაზომეთ ბურთულისა და ფირფიტის ტემპერატურა და ჩაინერეთ სამუშაო რეგულში;
 - ბ) ყურადღება მიაქციეთ ბურთულის დეფორმაციას.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- ენერგიის რა გარდაქმნები ხდება ბურთულის თავისუფალი ვარდნის დროს?
- ფირფიტაზე დაცემის შემდეგ ბურთულა ჩერდება. გაქრა თუ არა ბურთულის მექანიკური ენერგია? შეიძლება თუ არა იმის მტკიცება, რომ დაირღვა ენერგიის მუდმივობის კანონი?
- როგორ იცვლება ბურთულის ფორმა ფირფიტაზე დაცემის შემდეგ?
- რა დასკვნისკენ გვიბიძგებს ბურთულისა და ფირფიტის ტემპერატურის მომატება მათი ურთიერთქმედების შემდეგ და ბურთულის დეფორმაცია?



გარკვეულ სიმაღლეზე აწეულ სხეულს (პლასტილინის ბურთულას) პოტენციური ენერგია აქვს. თავისუფლად ვარდნის დროს ბურთულა კარგავს სიმაღლეს, მაგრამ იზრდება მისი სიჩქარე, ანუ მცირდება პოტენციური ენერგია და იზრდება კინეტიკური ენერგია. ფირფიტაზე დაცემის მომენტში ბურთულის სრული მექანიკური ენერგია მის კინეტიკურ ენერგიად გარდაიქმნება. ფირფიტაზე დაცემის შემდეგ ბურთულა ენებება მას და ჩერდება. ე. ი. ბურთულამ დაკარგა როგორც პოტენციური, ისე კინეტიკური ენერგია. დაირღვა თუ არა მექანიკური ენერგიის მუდმივობის კანონი?

სად გაქრა მექანიკური ენერგია?

მეტალის ფირფიტაზე დაცემის შემდეგ პლასტილინის ბურთულა დეფორმირდება და ფირფიტას მიეწებება. ამ დროს ბურთულის მოლეკულები „აღიგზნებიან“ და მისი ტემპერატურა გაიზრდება. დეფორმაცია დაკავშირებულია მოლეკულებს შორის მანძილისა და მათი ურთიერთქმედების ცვლილებასთან, ხოლო ტემპერატურის მომატება – მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგიის გაზრდასთან. ამგვარად, პლასტილინის ბურთულის მექანიკური ენერგია უკვალოდ არ ქრება. ის გარდაიქმნება ბურთულის შინაგან ენერგიად, ანუ მისი მოლეკულების მოძრაობის კინეტიკურ და მათი ურთიერთქმედების პოტენციურ ენერგიად.

- შინაგანი ენერგია არის სხეულის შემადგენელი მოლეკულების მოძრაობის კინეტიკური და ერთმანეთთან ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგიების ჯამი. შინაგანი ენერგია აღინიშნება U ასოთი და მისი საზომი ერთეული SI სისტემაში არის ჯოული (1 ჯ).
- სხეულის სრული ენერგია არის მისი მექანიკური და შინაგანი ენერგიების ჯამი:

$$E = E_{\text{მექ}} + U = E_{\text{კინ}} + E_{\text{პოტ}} + U.$$

რაზეა დამოკიდებული შინაგანი ენერგია?

- **შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია სხეულის ტემპერატურაზე.**

რაც უფრო დიდია მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე (საშუალო კინეტიკური ენერგია), მით მეტია სხეულის ტემპერატურა. ტემპერატურის მატებასთან ერთად სხეულის შინაგანი ენერგია იზრდება, კლებასთან ერთად კი – მცირდება.

- **შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია სხეულის აგრეგატულ მდგომარეობაზე.**

მყარ, თხევად და აირად მდგომარეობაში განსხვავებულია სხეულის მოლეკულების სითბური მოძრაობის ხასიათი და მათ შორის მანძილი. ამის გამო განსხვავებულია სხეულის მოლეკულების მოძრაობის საშუალო კინეტიკური და მათი ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგიები.

• შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია სხეულის მასაზე.

სხეულის მასა არის მისი შემადგენელი მოლეკულების საერთო მასა. ვინაიდან სხეულის შინაგანი ენერგია მისი მოლეკულების კინეტიკური და პოტენციური ენერგიების ჯამია, თუ სხვა პირობები ერთნაირია (ერთნაირია ტემპერატურა და წნევა), მეტი მასის სხეულს მეტი შინაგანი ენერგია აქვს.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

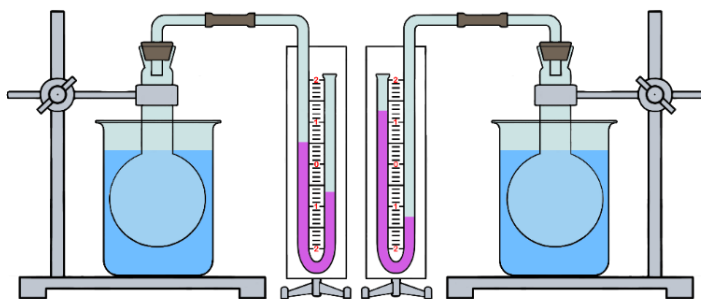
კვლევითი სამუშაო -2

• რომელ კოლბაში აქვს ჰაერს მეტი შინაგანი ენერგია?

ორ ერთნაირ კოლბას უერთებენ ერთნაირ მანომეტრებს. ერთ კოლბას ათავსებენ ჭურჭელში, რომელშიც თბილი წყალია, მეორეს – ჭურჭელში, რომელშიც ცივი წყალია.

განსაზღვრეთ:

1. რომელ ჭურჭელშია თბილი წყალი?
2. რომელ კოლბაში გაიზარდა ჰაერის შინაგანი ენერგია და რომელში შემცირდა? რატომ?



რა შეიტყვით?

სამუშაო რვეულში დახაზეთ და საკვანძო სიტყვების გამოყენებით შეავსეთ ცხრილი:



საკვანძო სიტყვები

შინაგანი ენერგია
მექანიკური ენერგია
სხეულის კინეტიკური ენერგია
სხეულის მოლეკულების მოძრაობის საშუალო
კინეტიკური ენერგია
სხეულის პოტენციური ენერგია
სხეულის მოლეკულების ურთიერთქმედების
პოტენციური ენერგია

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელი ენერგიაა სხეულის შინაგანი ენერგია?
2. რისგან შედგება სხეულის სრული ენერგია?
3. რაზეა დამოკიდებული სხეულის შინაგანი ენერგია?
4. მოიყვანეთ სხეულის მექანიკური ენერგიის შინაგან ენერგიად გარდაქმნის მაგალითები.

1.5. შინაგანი ენერგიის შეცვლის ხერხები: მექანიკური მუშაობის შესრულება და სითბოგადაცემა



ასანთის ყუთზე ასანთის ღერის ხახუნით ცეცხლის მიღების ხერხი ფართოდ არის გავრცელებული ყოფა-ცხოვრებაში.

რომელი პროცესის შედეგია ასანთის ღერის აალება (მისი შინაგანი ენერგიის გაზრდა)?

ფიცრის გახერხვის დროს ხერხი ხურდება.

რა არის ხერხის შინაგანი ენერგიის გაზრდის მიზეზი?

კვლევითი სამუშაო -1

• ჰაერის სანთებელა

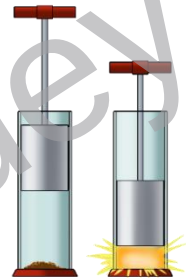
სამუშაოსთვის საჭიროა: ორგანული მინის სქელკედლიანი ცილინდრი დგუშით და ასანთის ღერებიდან მოცილებული გოგირდი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ამოიღეთ დგუში და ცილინდრში გოგირდი ჩაყარეთ.
2. ჩადგით დგუში და მკვეთრი დარტყმით შეკუმშეთ ჰაერი ცილინდრში.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა შენიშნეთ დგუშზე მკვეთრი დარტყმის შემდეგ?
- რატომ ააღდა გოგირდი? რატომ ეწოდება ამ მარტივ მოწყობილობას „ჰაერის სანთებელა“?



მექანიკური მუშაობის შესრულებით შესაძლებელია სხეულის შინაგანი ენერგიის შეცვლა (გაზრდა ან შემცირება). მაგალითად, გათბობის მიზეზი ხელების ერთმანეთზე ხახუნის ან ფიცრის გახერხვის და სხვ. დროს არის სხეულების შინაგანი ენერგიის გაზრდა ხახუნის ძალის მიერ შესრულებული მექანიკური მუშაობის შედეგად.

ეს კარგად ჩანს კვლევით სამუშაოში „ჰაერის სანთებელა“. დარტყმის შედეგად ღვუმის მკვეთრი გადაადგილების დროს ჰაერის მიმართ სრულდება მუშაობა, ჰაერი იკუმშება. შედეგად ჰაერის ტემპერატურა მკვეთრად იზრდება: იზრდება ჰაერის შინაგანი ენერგია, რაც იწვევს გოგირდის აალებას.

• სხეულზე მექანიკური მუშაობის შესრულების დროს მისი შინაგანი ენერგია იზრდება, ხოლო თუ მუშაობას სხეული ასრულებს, მისი შინაგანი ენერგია მცირდება.

შეამინილი ცოდნის გამოყენება

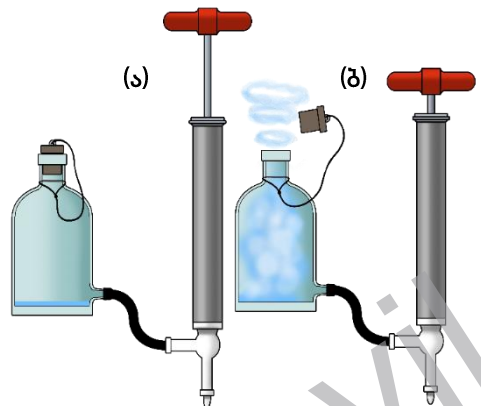
კვლევითი სამუშაო -2

• ნისლის წარმოქმნა ჭურჭელში

სამუშაოსთვის საჭიროა: სქელკედლიანი მინის ჭურჭელი, რეზინის საცობი, რეზინის მოქნილი მილი, ჰაერის ტუმბო, ძაფი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ჭურჭელში ჩაასხით მცირე რაოდენობის წყალი და მჭიდროდ დაახურეთ საცობი. ჭურჭელში ჰაერის ტენიანობის გასაზრდელად ის რამდენჯერმე შეანჯღრიეთ.
2. ჭურჭელს ყელზე ძაფით მიაბით საცობი და მიუერთეთ ჰაერის ტუმბოს (ა).
3. ჩატუმბეთ ჭურჭელში ჰაერი საცობის ამოგდებად და დააკვირდით მოვლენებს (ბ).



კვლევითი სამუშაოს განმარტება: ჭურჭელში ჰაერის ჩატუმბვის დროს თქვენ ასრულებთ მუშაობას. ჭურჭელში ჰაერის მოლეკულების რაოდენობა იზრდება, იზრდება მათი სიჩქარე და ურთიერთქმედებაც. შედეგად იზრდება ჰაერის შინაგანი ენერგია და ტემპერატურა. შემდეგ შეკუმშული ჰაერი ასრულებს მუშაობას – ამოაგდებს საცობს. ამის გამო ჰაერის შინაგანი ენერგია და ტემპერატურა მცირდება და ჭურჭელში წარმოიქმნება ნისლი.

შესაძლებელია თუ არა სხეულის შინაგანი ენერგიის შეცვლა მუშაობის შესრულების გარეშე?

თუ ჩაიდანს, რომელშიც ცხელი წყალია, დავდგამთ ცივ სადგამზე, გარკვეული დროის შემდეგ წყალი გაცივდება. პირიქით, თუ ჩაიდანს დავდგამთ ქურაზე, წყლის ტემპერატურა გაიზრდება და წყალი

ადუღდება. თუ წყლიან ჭიქაში ყინულის ნაჭრებს მოვათავსებთ, წყალი გაცივდება. მოყვანილ მაგალითებში სხეულები არ მოძრაობდნენ, ანუ მექანიკური მუშაობა არ სრულდებოდა, მაგრამ ზოგიერთი სხეული გაცხელდა – მისი შინაგანი ენერგია გაიზარდა, ზოგიერთი გაცივდა – მისი შინაგანი ენერგია შემცირდა.



ამგვარად, განსხვავებული ტემპერატურის მქონე ორი სხეულის შეხების დროს მათ შორის ხდება სითბოს მიმოცვლა: მაღალი ტემპერატურის სხეულისგან სითბო გადაეცემა დაბალი ტემპერატურის სხეულს. შედეგად იმ სხეულის შინაგანი ენერგია, რომელიც სითბოს გასცემს, მცირდება, იმ სხეულისა კი, რომელიც სითბოს იღებს, იზრდება.

• თბილი სხეულიდან (ან სხეულის ნაწილიდან) ცივი სხეულისთვის (ან სხეულის ნაწილისთვის) სითბოს გადაცემის პროცესს თბოგამტარობა ეწოდება.

არსებობს სითბოს გადაცემის სამი სახე: თბოგამტარობა, კონვექცია და გამოსხივება.

რა შეიძლება?

სხეულზე — შესრულების შედეგად მისი შინაგანი ენერგია იზრდება, სხეულის მიერ მუშაობის შესრულების შედეგად კი მისი — მცირდება. თბილი სხეულიდან (ან სხეულის ნაწილიდან) ცივი სხეულისთვის (ან სხეულის ნაწილისთვის) სითბოს გადაცემის პროცესს — ეწოდება.

საკვანძო სიტყვები
შინაგანი ენერგია
თბოგამტარობა
მექანიკური მუშაობა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რატომ არის სახიფათო ბაგირზე სწრაფად ჩამოსრიალება?
2. როგორ შეიცვლება სხეულის ტემპერატურა და შინაგანი ენერგია მასზე მუშაობის შესრულების შედეგად?
3. მოიყვანეთ შინაგანი ენერგიის ხარჯზე მუშაობის შესრულების მაგალითი.
4. რით განსხვავდება სითბოგადაცემით შინაგანი ენერგიის შეცვლის გზა მუშაობის შესრულებით შინაგანი ენერგიის შეცვლის გზისაგან?

1.6. თბოგამტარობა

თუ ჭიქაში, რომელშიც ცხელი ჩაია, კოვზს მოვათავსებთ, გაცხელდება როგორც კოვზის ჩაძირული ნაწილი, ისე ჩაის ზევით დარჩენილი ნაწილი.



- ამ პროცესში რომელ სხეულებს შორის ხდება სითბოცვლა?
- სითბოცვლის დროს რომელი სხეულის შინაგანი ენერგია მცირდება და რომლის იზრდება?
- რა გზით მოხდა კოვზის შინაგანი ენერგიის ცვლილება?

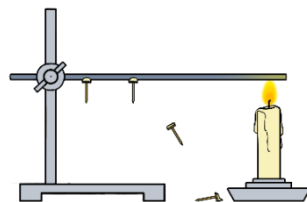
კვლევითი სამუშაო -1

• როგორ ხდება შინაგანი ენერგიის ცვლილება?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მეტალის ღერი, წვრილი ლურსმნები (4-5 ცალი), პარაფინი (ან პლასტილინი), სანთლები (ან სპირტქურა), შტატივი, ასანთი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მეტალის ღერი დაამაგრეთ შტატივზე და მასზე ერთმანეთისგან თანაბარი დაშორებით პარაფინით მიამაგრეთ ლურსმნები.
2. ანთებული სანთელი მოათავსეთ ღერის თავისუფალი ბოლოს ქვეშ და დააკვირდით ლურსმნების ჩამოცვენის თანმიმდევრობას.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი მიმართულებით და როგორ იცვლება ღერის შინაგანი ენერგია? პასუხი დაასაბუთეთ.
- როგორ ახსნით სხეულის მოლეკულური აგებულების პოზიციიდან მეტალის ღერის შინაგანი ენერგიის ცვლილებას?

როგორც ყველა მყარ სხეულში, მეტალის ღერის ატომებიც რხევით მოძრაობას ასრულებენ გარკვეული წონასწორობის მდგომარეობის მიმართ. მეტალის ღერის თავისუფალი ბოლოს გაცხელების დროს იზრდება მეტალის ატომების რხევითი მოძრაობის სიჩქარე და რხევის ამპლიტუდა. ეს ატომები თავისი ენერგიის ნაწილს მეზობელ ატომებს გადასცემენ. ღერის გასწვრივ მიმდინარეობს სითბოგადაცემის პროცესი და ღერი თანდათან გათბება. აღსანიშნავია, რომ მყარი სხეულის ატომების მიერ ენერგიის გადაცემის დროს არ ხდება მათი რხევის წონასწორობის წერტილის გადანაცვლება, ანუ სხეულში ნივთიერების გადატანა არ ხდება.

- სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორე ნაწილისთვის ან ერთი სხეულიდან მასთან შეხებაში მყოფი მეორე სხეულისთვის ენერგიის გადაცემის პროცესს **თბოგამტარობა** ეწოდება.

თბოგამტარობის დროს ხდება მხოლოდ ენერგიის გადატანა, ნივთიერების გადატანა არ ხდება.

სხვადასხვა ნივთიერებას თბოგამტარობის სხვადასხვა უნარი აქვს. ბუნებაში არსებული ნივთიერებებიდან მეტალებს უკეთესი თბოგამტარობა აქვთ, თუმცა მათი თბოგამტარობა ერთნაირი არ არის.

სითხეების თბოგამტარობა ნაკლებია მეტალების თბოგამტარობაზე, აირების თბოგამტარობა – კიდევ უფრო ნაკლები. ეს იმით აიხსნება, რომ აირის მიერ მიღებული ენერგიის ხარჯზე მის მოლეკულებს შორის მანძილი იზრდება. რადგან თბოგამტარობის პროცესში კინეტიკური ენერგია ერთი მოლეკულიდან მეორეს გადაეცემა, მათ შორის დიდი დაშორება ასუსტებს ამ პროცესს.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

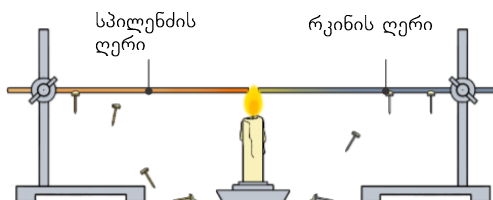
კვლევითი სამუშაო -2

• სხვადასხვა მეტალს სხვადასხვა თბოგამტარობა აქვს

სამუშაოსთვის საჭიროა: ერთნაირი ზომის რკინისა და სპილენძის ღერები, წვრილი ლურსმნები (8-10 ცალი), პარაფინი (ან პლასტილინი), სანთელი (ან სპირტქურა), შტატივი (2 ცალი), ასანთი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. შტატივებზე ცალ-ცალკე დაამაგრეთ რკინისა და სპილენძის ღერები და მათზე პარაფინით თანაბარი ინტერვალებით მიამაგრეთ ლურსმნები.
2. განალაგეთ ღერები, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები, მათი თავისუფალი ბოლოების ქვეშ დადგით ანთებული სანთელი და დააკვირდით ლურსმნების ჩამოცვენის თანმიმდევრობას.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ მეტალს აქვს უკეთესი თბოგამტარობა? პასუხი დაასაბუთეთ.

კვლევითი სამუშაო-3

• სითხეებისა და აირების თბოგამტარობა

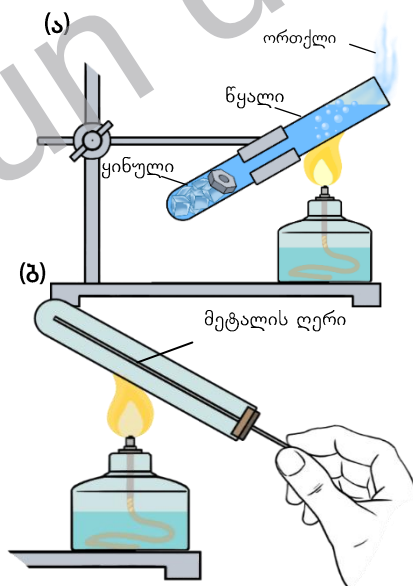
სამუშაოსთვის საჭიროა:

სინჯარა (2 ცალი), ყინულის ნაჭერი, წყლიანი ჭიქა, საცობი, მეტალის წვრილი ღერი, ქანჩი, სპირტქურა, შტატივი სამაგრიტ.

სამუშაოს მსვლელობა:

I ეტაპი.

1. სინჯარა ნახევარზე მეტად შეავსეთ წყლით და ჩააგდეთ მასში ყინული. შემდეგ ჩააგდეთ ქანჩი ისე, რომ ისიც წყლით დაიფაროს.
2. სინჯარა დაამაგრეთ შტატივზე, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები და გააცხელეთ სპირტქურით მისი ზედა ნაწილი (ა).



3. ყურადღება მიაქციეთ: სინჯარის რომელ ნაწილში დუღს წყალი; დნება თუ არა ამ დროს ყინული?

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ხდება სინჯარაში წყლის გაცხელების დროს?
- რატომ არ გადნა ყინული, იმის მიუხედავად, რომ სინჯარაში წყლის ნაწილი დუღდა?
- რა დასკვნამდე მიხვედით წყლის თბოგამტარობის უნარის შესახებ?

II ეტაპი.

1. დაახურეთ სინჯარას საცობი, რომელის ცენტრში მეტალის ღერია გატარებული.
2. დაიჭირეთ სინჯარა მეტალის ღერის თავისუფალი ბოლოთი და გააცხელეთ სპირტქურაზე (ბ).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- იგრძენით თუ არა მეტალის ღერის გაცხელება სინჯარის გაცხელებასთან ერთად? რატომ? პასუხი დაასაბუთეთ.

იციოთ თუ არა, რომ?

ჰაერის თბოგამტარობა 20 000-ჯერ ნაკლებია სპილენძის თბოგამტარობაზე. ვაკუუმის თბოგამტარობა კი, მასში ატომებისა და მოლეკულების არარსებობის გამო, ნულის ტოლია.

რა შეიტყვეთ?

სხეულის ერთი ნაწილიდან მეორისთვის ან შეხებაში მყოფი ერთი სხეულიდან მეორე სხეულისთვის — გადაცემის პროცესს — ეწოდება. თბოგამტარობის დროს ხდება მხოლოდ ენერგიის გადატანა, — არ ხდება.

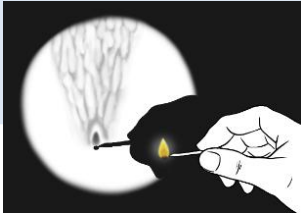
საკვანძო სიტყვები
თბოგამტარობა
ნივთიერების გადატანა
ენერგია

შაამონათ თქვენი ცოდნა

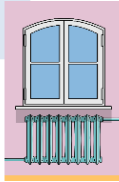
1. რატომ არის ჰაერის თბოგამტარობა მრავალჯერ ნაკლები სპილენძის თბოგამტარობაზე?
2. სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილების დროს რის გადატანა ხდება თბოგამტარობით?
3. ზოგიერთ წელიწადს ცივ ზამთარში ხორბლის საშემოდგომო ნათესი არ იყინება, ზოგჯერ კი იყინება. რატომ? პასუხი დაასაბუთეთ.
4. რა მიზნებით იყენებენ მეტალების მაღალი თბოგამტარობის უნარს? მოიყვანეთ მაგალითები.

1.7. კონვექცია

ფარნის სხივი გაატარეთ ანთებული ასანთის ალში და მიიღეთ გამოსახულება კედელზე.



- რის ნაკადები გამოჩნდა ასანთის ალის ზევით? რატომ არის ეს ნაკადები ზევით მიმართული?
- რატომ არის გათბობის რადიატორები განთავსებული ოთახის ქვედა ნაწილში?
- რატომ არის ხშირად რადიატორები სექციებად დაყოფილი?



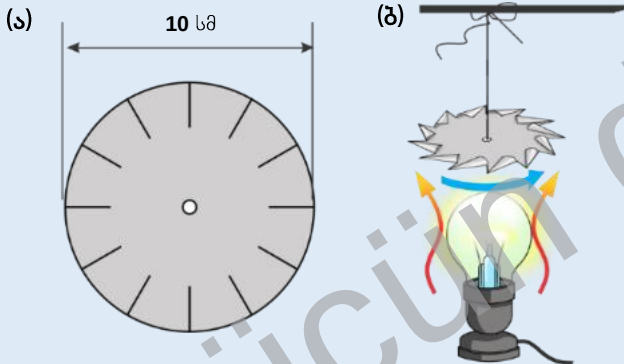
- მიუხედავად იმისა, რომ ფანჯრები მჭიდროდ არის დახურული, ზამთარში ზოგჯერ გვცოვა. რატომ?

კვლევითი სამუშაო -1

• რა აბრუნებს პროპელერს?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ალუმინის ფოლგა (10×10 სმ), ფანქარი, მაკრატელი, მაგიდის ნათურა, წვრილი ძაფი.

პროპელერის დამზადება: გამოჭერით ფოლგისგან 10 სმ დიამეტრის წრე. წრის ნაპირზე ფანქრით აღნიშნეთ თანაბრად დამორებული 12 წერტილი, გაავლეთ ამ წერტილებიდან, რადიუსის გასწვრივ, $7-8$ სმ-ის მონაკვეთები და მაკრატლით გაჭერით. მიღებული ფრთების ნაპირები შეაბრუნეთ საპირისპირო მიმართულებით წრის სიბრტყის მართობულად (ა). წრე ცენტრში გახვრიტეთ და გაადვრინეთ მასში ძაფის ერთი ბოლო, მეორე ბოლო განასკვეთ. პროპელერი მზადაა.



სამუშაოს მსვლელობა:

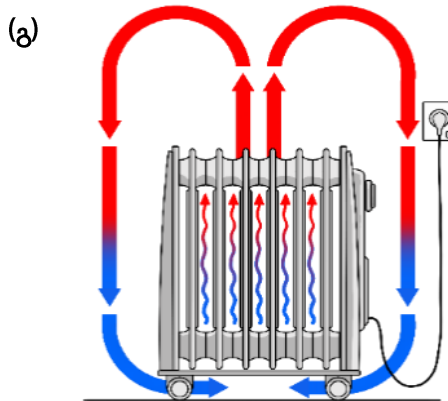
აიღეთ ძაფის თავისუფალი ბოლო, მოათავსეთ პროპელერი ნათურის თავზე $5-8$ სმ სიმაღლეზე და აანთეთ ნათურა (ბ). დააკვირდით მოვლენებს.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ იწყებს მოძრაობას ანთებული ნათურის თავზე მოთავსებული პროპელერი? პასუხი დაასაბუთეთ.

კონვექცია აირებში

გამათბობელთან ახლოს შევიგრძნობთ, რომ მისგან თბილი ჰაერი ვრცელდება. ასეთივე შეგრძნება გვაქვს, როდესაც ანთებულ ნათურას მიუახლოვებთ ხელს. გამათბობლისა და ანთებული ნათურის ირგვლივ ჰაერის გათბობის პროცესი მიმდინარეობს. გამთბარი ჰაერი ფართოვდება და მისი სიმკვრივე მცირდება ირგვლივ არსებული ცივი ჰაერის სიმკვრივესთან შედარებით. ამიტომ გამთბარი ჰაერის მასაზე ცივი ჰაერის მხრიდან მოქმედებს არქიმედეს ძალა (ა), რომელიც მას ზევით განდევნის. ამის შემდეგ თბილი ჰაერის ადგილს ცივი ჰაერი იკავებს, თბება და ა.შ., ანუ წარმოიქმნება ჰაერის ნაკადი.



ამგვარად, თბილი ჰაერის ნაკადს, რომელსაც გამათბობლის სიახლოვეს ან ანთებულ ნათურასთან შევიგრძნობთ, მოძრაობაში მოჰყავს პროპელერი, რასაც კვლევითი სამუშაოს დროს ვაკვირდებოდით.

- სითხის ან აირის ნაკადით (ე. ი. ნივთიერების გადაადგილებით) ენერგიის გადატანის პროცესს **კონვექცია** ეწოდება.

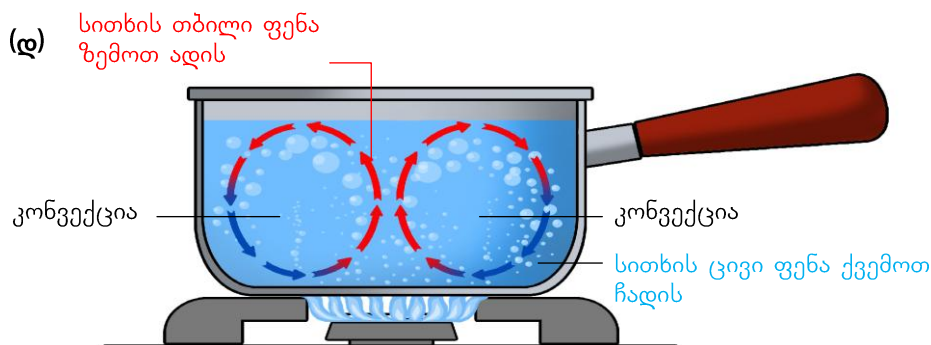
კონვექციის პროცესში წარმოქმნილ სითხის ან აირის ნაკადს ზოგჯერ კონვექციურ ნაკადს უწოდებენ.

რადგან მყარ სხეულებში სითბოგადაცემის დროს ნივთიერება არ გადაადგილდება, კონვექცია მყარ სხეულებში არ ხდება.

კონვექცია სითხეებში

სითბოგადაცემა სითხეებშიც ნივთიერების გადატანით ხორციელდება: სითბური მოძრაობის გამო სითხის გამთბარი ფენის მოლეკულები ყველა მიმართულებით გადაადგილდებიან, რაც იწვევს სითხის ამ ფენის გაფართოებას. მისი სიმკვრივე მცირდება და მასზე მოქმედი სიმძიმის ძალა ნაკლები ხდება არქიმედეს ძალაზე, რომელიც სითხის ამ ფენაზე მოქმედებს მისი გარემომცველი სითხის მხრიდან.

შედეგად სითხის გამთბარი ფენა ზემოთ ადის და მის ადგილს იკავებს სითხის ცივი ფენა, ანუ წარმოიქმნება სითხის ნაკადი (დ). ეს პროცესი მთელი სითხის ერთგვაროვან გათბობამდე, ანუ სითბური წონასწორობის დამყარებამდე, გრძელდება.



კონვექცია ბუნებაში

თოვლის სქელი ფენა მიწას გაყინვისგან იცავს. ამის მიზეზია ფიფქებს შორის არსებული უძრავი ჰაერი, რომელიც ცუდად ატარებს სითბოს. მაგრამ თოვლით დაუფარავი მიწაც ჰაერის ფენის ქვევითაა. რატომ იყინება მიწა თოვლის გარეშე? ამის მიზეზია ჰაერის კონვექცია: ჰაერსა და მიწას შორის ხდება სითბოს მიმოცვლა, გამთბარი ჰაერის ფენა ზემოთ გადაადგილდება, ცივდება და უკან, მიწის ზედაპირთან ბრუნდება.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო -2

• კონვექცია სითხეში

სამუშაოსთვის საჭიროა: მინის ფართოცელიანი ქილა, ცივი წყალი (1 ლ), მცირე ზომის კერამიკული კოლბა, შეფერადებული თბილი წყალი (0,2 ლ).

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ქილა ნახევარზე მეტად შეავსეთ წყლით.
2. გაავსეთ კერამიკული კოლბა შეფერადებული წყლით, თითქმის დაუცეთ ყელი, ჩაუშვით ცივწყლიან ქილაში და მოაშორეთ ხელი.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ მოძრაობს კოლბიდან გამოსული შეფერადებული თბილი წყალი ცივი წყლის ზედაპირისკენ?
- რა ხერხით ხდება ამ პროცესის დროს სითბოგადაცემა? პასუხი დაასაბუთეთ.

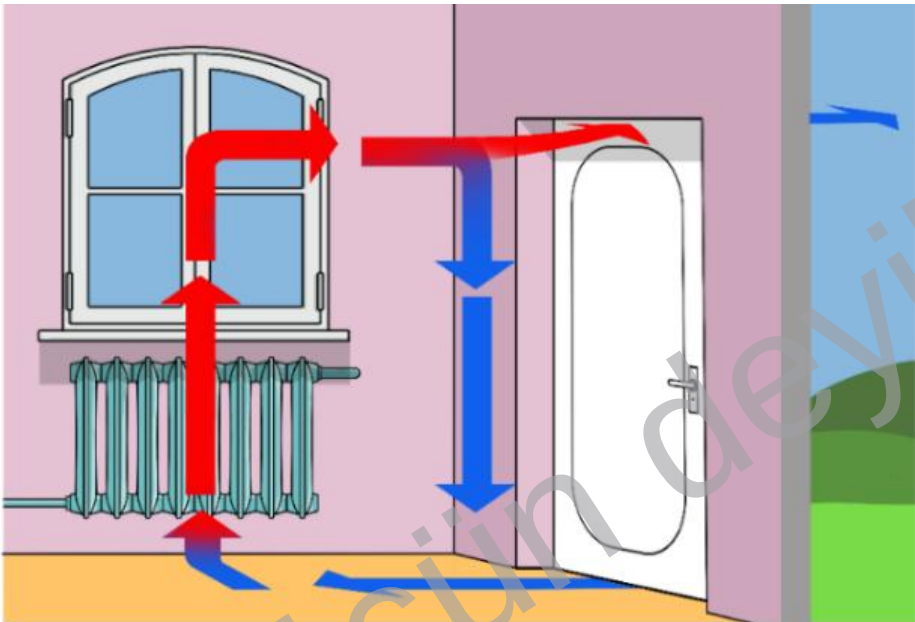
რა შეიტყვეთ?

ენერგიის გადატანას სითხის ან აირის ნაკადით (ნივთიერების გადატანით) — ეწოდება. კონვექციის პროცესში წარმოქმნილ სითხის ან აირის ნაკადს — ეწოდება. კონვექციის პროცესი მიმდინარეობს — დამყარებამდე.

საკვანძო სიტყვები
კონვექციური ნაკადი
სითბური წონასწორობა
კონვექცია

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რატომ არ ხდება კონვექცია მყარ სხეულებში?
2. ნახატზე წარმოდგენილია ოთახში ჰაერის კონვექციური ნაკადების სქემა. ახსენით მიმდინარე პროცესი.
3. ბუნებაში მიმდინარე კონვექციური პროცესების რომელი მაგალითების მოყვანა შეგიძლიათ?
4. როგორც წესი, რატომ ათბობენ სითხეებსა და აირებს ქვემოდან?



1.8. გამოსხივება

ყველა პლანეტისთვის, მათ შორის დედამიწისთვისაც, ენერგიის ძირითადი წყარო მზეხა. როგორც მეცნიერებმა დაადგინეს, მიუხედავად იმისა, რომ დედამიწა მზისგან 150 000 000 კმ-ითაა დაშორებული, იგი მისგან ყოველ წამში 10^{14} ჯ ენერგიას იღებს. ეს ენერგია ატომბს ატმოსფეროს, მიწას, ზღვებსა და ოკეანეებს, უზრუნველყოფს სიცოცხლეს დედამიწაზე.

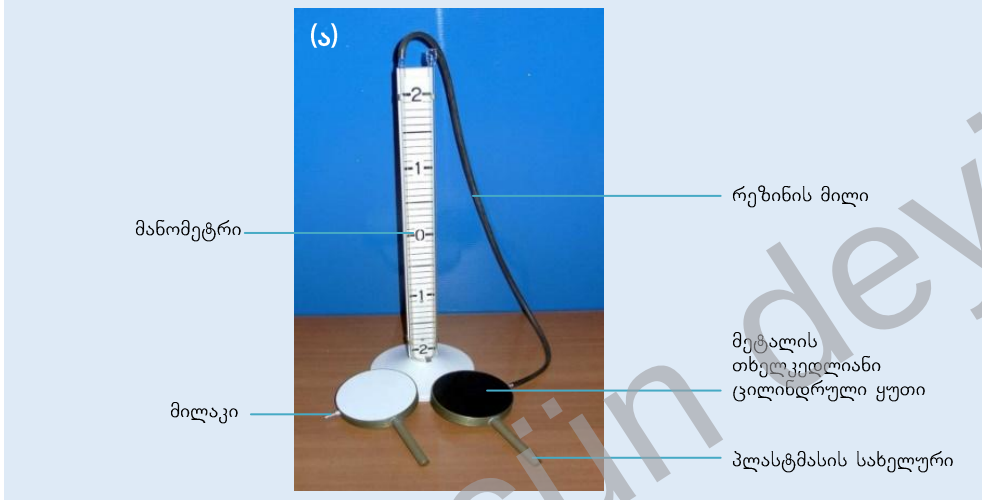
- რომელი ხერხით გადაეცემა მზის ენერგია დედამიწას და სხვა პლანეტებს?

კვლევითი საშუაო -1

• ექსპერიმენტი სითბოს მიმღების გამოყენებით

სამუშაოსთვის საჭიროა: სითბოს მიმღები (2 ცალი), რეზინის მოქნილი მილი, სითხიანი მანომეტრი (2 ცალი), მაგიდის ნათურა (2 ცალი: 60 ვტ და 100 ვტ სიმძლავრის), შტატივის სადგამი.

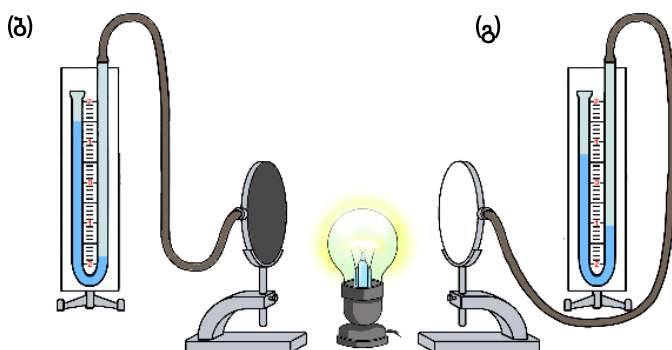
სითბოს მიმღები მოწყობილობა: ხელსაწყო, რომელსაც სითბოს მიმღები ეწოდება, ცილინდრული ფორმის მეტალის ყუთია. ყუთს პლასტმასის სახელური აქვს. ყუთში არსებულ ჰაერს ადვილად შეუძლია გამოსვლა ხელსაწყოს მილაკიდან. ამ მილაკს რეზინის მოქნილი მილის საშუალებით მანომეტრს უერთებენ. ხელსაწყოს ერთი მხარე შავადაა შეღებილი, მეორე – თეთრად (ა).



სამუშაოს მსვლელობა:

1. მანომეტრები რეზინის მილების საშუალებით მიუერთეთ შტატივის სადგამებზე დამაგრებულ სითბოს მიმღებ ხელსაწყოებს. ხელსაწყოები სხვადასხვა ფერის ზედაპირით შეაბრუნეთ ერთმანეთისკენ.
2. ანთეთ 60 ვტ-იანი ნათურა და მოათავსეთ სითბოს მიმღებებს შორის მათგან თანაბარ მანძილზე. დაელოდეთ 1 წუთს და დააკვირდით მანომეტრებში სითხის დონეების ცვლილებას (მანომეტრები გვიჩვენებს ჰაერის წნევას მეტალის ყუთებში).

3. ჩაატარეთ ნათურა, შეცვალეთ 100 ვტ-იანი ნათურით და გაიმეორეთ ცდა. ყურადღება მიაქციეთ მანომეტრებში წნევის ცვლილებას.
4. სითბოს მიმღები შავი ზედაპირით მოათავსეთ ნათურასთან და დააკვირდით მანომეტრს.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ გვიჩვენებს ანთებულ ნათურასთან მდგარ შავზედაპირიან სითბოს მიმღებთან მიერთებული მანომეტრი უფრო მაღალ წნევას, ვიდრე თეთრზედაპირიან სითბოს მიმღებთან მიერთებული მანომეტრი (ბ და გ)?
- როგორ შეიცვალა მანომეტრების ჩვენება უფრო მძლავრი ნათურის შემთხვევაში?
- თუ ხელსაწყოს შავ ზედაპირს თანდათან მივუახლოვებთ ნათურას, რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება მანომეტრის ჩვენების ცვლილების მიხედვით?
- რომელი ხერხით და როგორი სიჩქარით გადაეცემა სითბო ნათურისგან სითბოს მიმღებ ხელსაწყოს? რატომ ხდება სითბოს გადაცემა სწრაფად?

გამოსხივება

სივრცე დედამიწის ატმოსფეროს მიღმა – კოსმოსური სივრცე მზესა და დედამიწას შორის – შეიძლება ითქვას, ვაკუუმს წარმოადგენს. მაგრამ სითბური ენერგიის გადაცემა *თბოგამტარობით* ან *კონვექციით* ვაკუუმში სრულიად შეუძლებელია. ამიტომ, როდესაც ვამბობთ, რომ დედამიწა მზისაგან კოლოსალური რაოდენობის ენერგიას იღებს, ჩვენ სითბოგადაცემის ახალ ხერხთან მივიღვართ. ეს არის **გამოსხივება**.

• **გამოსხივება არის ერთი სხეულიდან მეორისთვის ენერგიის გადაცემა (ხილული და უხილავი) სხივების საშუალებით.**

ზოგიერთი თვისებით გამოსხივება განსხვავდება სითბოგადაცემის სხვა ხერხებისგან:

- გამოსხივებას შეუძლია გავრცელება ვაკუუმში (გარემოში, სადაც არ არსებობს ნივთიერება);
- გამოსხივებას შეუძლია გავრცელება დიდ მანძილებზე;
- გამოსხივებას შეუძლია გავრცელება დიდი სიჩქარით ($\approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$);
- გამოსხივება ვრცელდება ყველა მიმართულებით.

გამოსხივების წყარო შეიძლება იყოს ბუნებრივი და ხელოვნური (ადამიანის შექმნილი). დედამიწისთვის გამოსხივების ყველაზე დიდი ბუნებრივი წყაროა მზე, რომელიც ასხივებს როგორც სინათლეს,

ისე სითბოს. ციკინათელები, მედუზები და სხვები, რომლებსაც სინათლეში ნათების უნარი აქვთ, ასევე სინათლის ბუნებრივი წყაროებია.



ადამიანის შექმნილი ვარვარების ნათურა, ნავთის ღამპა და სხვ. სინათლის ხელოვნური წყაროებია.



სინათლის არეკვლა და შთანთქმა

სხეულის მიერ გამოსხივებული ენერგიის სხვა სხეულის ზედაპირზე მოხვედრის დროს ამ ენერგიის ნაწილს ზედაპირი შთანთქმავს, ნაწილი კი აირეკლება. სხეულის მიერ ენერგიის შთანთქმის დროს მისი შინაგანი ენერგია იზრდება და სხეული თბება. მუქი და ღია ფერის ზედაპირს გამოსხივების შთანთქმის სხვადასხვა უნარი აქვს. მუქი (შავი) ზედაპირი უკეთესად შთანთქმავს გამოსხივებას. ღია ფერის ზედაპირი, პირიქით, გამოსხივებას უკეთესად ირეკლავს. თქვენ ეს შეამოწმეთ კვლევით სამუშაოში სითბოს მიმღები ხელსაწყოს გამოყენებით: სითბოს მიმღების შავი ზედაპირით შთანთქმული უფრო მეტი ენერგიით ხელსაწყოში არსებული ჰაერის შინაგანი ენერგია და ტემპერატურა გაიზარდა, რამაც გამოიწვია წნევის გაზრდა და სითხის სვეტის დანევა მანომეტრის მუხლში. სითბოს მიმღები ხელსაწყო თეთრი ზედაპირი უკეთესად ირეკლავს გამოსხივებას, ანუ მცირე რაოდენობის ენერგიას შთანთქმავს; ჰაერის შინაგანი ენერგია და ტემპერატურა ხელსაწყოში უმნიშვნელოდ იცვლება, ასევე მცირეა ჰაერის წნევის ცვლილება, ამიტომ სითხის სვეტი მანომეტრის მუხლში უმნიშვნელოდ დაიწევს.

სხეულის შთანთქმის უნარის დამოკიდებულება მისი ზედაპირის ფერზე ფართოდ გამოიყენება ტექნიკასა და ყოფა-ცხოვრებაში. მაგალითად, როგორც წესი, თვითმფრინავის ზედაპირი ვერცხლის-

ფერი საღებავითაა დაფარული გამოსხივების არეკვლის უნარის გასაზრდელად ატმოსფეროს ზედა ფენებში ფერენის დროს. პირიქით, მზის ენერგიის გამოყენების მიზნით ზოგიერთი მონყო-ბილობის ზედაპირს მუქი საღებავით ფარავენ. ასეთი მონყობი-ლობის მაგალითია მზის ბატარეა, წყლის გამაცხელებლები და სხვ.

იცით თუ არა, რა?

ყველა სხეული, თავისი ტემპერატურის მიუხედავად, ენერ-გიას ასხივებს. თუ სხეულის ტემპერატურა დაბალია, ის თვალისთვის უხილავ სხივებს ასხივებს. ტემპერატურის მატებასთან ერთად სხეული ნათებას იწყებს და მისი გამოსხივება ხილული ხდება.

ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ, თუ სხეულის ტემპე-რატურა 5800°C -ია, მისი გამოსხივება ძირითადად ყვითე-ლი ფერისაა. ამ ნიშნის მიხედვით განსაზღვრეს ტემპერა-ტურა მზის ზედაპირზე.

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო -2

ნახატზე წარმოდგენილია კოცონზე ხელების გათ-ბობისა და მეტალის ღერის გაცხელების პროცესი. რომელი ციფრებით არის აღნიშნული სითბოგა-დაცემის პროცესები: თბოგამტარობა, კონვექცია და გამოსხივება?

პასუხი დაასაბუთეთ.



რა შეიტყვეთ?

ერთი სხეულიდან მეორისათვის ენერგიის გადაცემის პროცესს (ხილული და უხილავი) — სამუშაოებით — ეწოდება. მუქი და ღია ფერის ზედაპირს — სხვადასხვა უნარი აქვს. მუქი ფერის ზედაპირი უკეთესად შთანთქმავს გამოსხივებას, ხოლო ღია ფერის ზედაპირი, პირიქით, უკეთესად — გამოსხივებას.

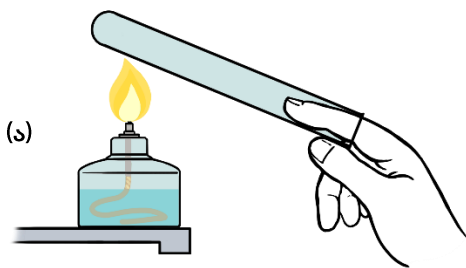
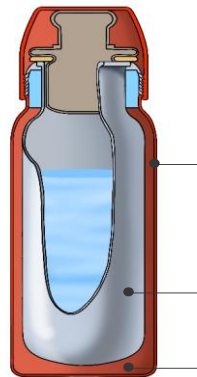
საკვანძო სიტყვები
სხივი
გამოსხივების შთანთქმა
არეკვლა
გამოსხივება

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

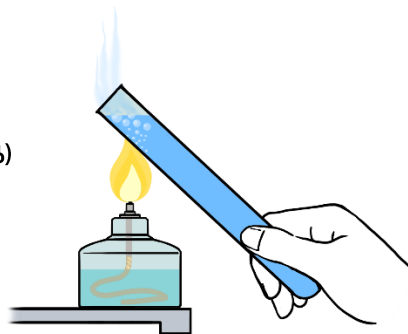
1. რით განსხვავდება გამოსხივება სითბოგადაცემის სხვა ხერხებისგან?
 2. რატომ ანიჭებენ უპირატესობას ზაფხულში ღია ფერის ტანსაცმელს, ზამთარში კი — მუქს?
 3. რატომ დნება ნაცრით დაფარული თოვლი სუფთა თოვლზე უფრო სწრაფად?
 4. რომელ ნიადგას ათბობს მზე უფრო სწრაფად: შავმიწას თუ ყვითელმიწას?
- პასუხი დაასაბუთეთ.

საპარჯიშო -2

1. ნახატზე ნაჩვენებია თერმოსის ჭრილი. ის შედგება ორკედლიანი კოლბისგან. კედლებს შორის ჰაერი ამოტუმბულია. კოლბის ზედაპირი დაფარულია ვერცხლის პრიალა ფენით. რატომ არის კოლბა ორკედლიანი და პრიალაზედაპირიანი?
2. ზოგიერთი ფრინველი, მაგალითად როჭო, ნიბლია, სოლო, სიცივეს თოვლის ზვინში ემალება, სადაც რამდენიმე დღის განმავლობაში შეუძლიათ ყოფნა. რატომ?
3. ჰაერი სინჯარაში თბება (ა), წყალი კი დუღს (ბ). მაგრამ ხელი ვერ გრძნობს მაღალ ტემპერატურას. რატომ? პასუხი დაასაბუთეთ.



(ბ)



4. დედამიწის ირგვლივ ორბიტაზე არსებული კოსმოსური სადგურიდან სიტბოს გაცემა ძნელია. რატომ?
5. რომელი ხერხით ხდება სიტბოცვლა ვაკუუმში არსებულ სხეულებს შორის: კონვექციით, გამოსხივებით თუ თბოგამტარობით?

შემაჯავებელი ღვაწლები

1. როგორ შეიცვლება სხეულის შინაგანი ენერგია და ტემპერატურა, თუ მის მიერ შთანთქმული ენერგია მეტია მის მიერ გამოსხივებულ (არეკლილ) ენერგიაზე?

- ა) სხეულის შინაგანი ენერგია გაიზრდება, ტემპერატურა შემცირდება;
- ბ) სხეულის შინაგანი ენერგია შემცირდება, ტემპერატურა შემცირდება;
- გ) სხეულის შინაგანი ენერგია გაიზრდება, ტემპერატურა გაიზრდება;
- დ) სხეულის შინაგანი ენერგია შემცირდება, ტემპერატურა გაიზრდება;
- ე) სხეულის შინაგანი ენერგია არ შეიცვლება, ტემპერატურა არ შეიცვლება.

2. როგორ იცვლება ორი სხეულის შინაგანი ენერგია, რომელთა ტემპერატურები 20°C (I სხეული) და 65°C (II სხეული), მათ შორის სითბოცვლის დროს?

- ა) I სხეულის შინაგანი ენერგია გაიზრდება, II სხეულის შინაგანი ენერგია შემცირდება;
- ბ) I სხეულის შინაგანი ენერგია შემცირდება, II სხეულის შინაგანი ენერგია გაიზრდება;
- გ) I სხეულის შინაგანი ენერგია არ შეიცვლება, II სხეულის შინაგანი ენერგია შემცირდება;
- დ) I სხეულის შინაგანი ენერგია გაიზრდება, II სხეულის შინაგანი ენერგია არ შეიცვლება;
- ე) I სხეულის შინაგანი ენერგია არ შეიცვლება, II სხეულის შინაგანი ენერგია არ შეიცვლება.

3. რომელი ფიზიკური სიდიდის ცვლილება შეიძლება გახდეს სხეულის შინაგანი ენერგიის შეცვლის მიზეზი? (წინააღმდეგობისა და ხახუნის ძალები არ გაითვალისწინოთ)

- ა) სხეულის პოტენციური ენერგიის;
- ბ) სხეულის კინეტიკური ენერგიის;
- გ) სხეულის სიჩქარის;
- დ) სხეულის ტემპერატურის;
- ე) სხეულიდან დედამიწამდე მანძილის.

4. რომელ სხეულშია კონვექცია შეუძლებელი?

- ა) მხოლოდ სითხეში;
- ბ) მხოლოდ აირში;
- გ) მხოლოდ მყარ სხეულში;
- დ) სითხესა და აირში;
- ე) მყარ სხეულსა და სითხეში.

5. ქალაქ შექიში ზამთარში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა -5°C -ია, ზაფხულში კი -28°C . გამოსახეთ ეს ტემპერატურები კელვინის გრადუსებში.

- ა) 278°K და 301°K .
- ბ) 278°K და 245°K .
- გ) 268°K და 301°K .
- დ) 268°K და 245°K .
- ე) 5°K და 29°K .

6. სხეულის ტემპერატურა დამოკიდებულია სხეულის შემადგენელი მოლეკულების ...

- ა) რაოდენობაზე;
- ბ) ზომებზე;
- გ) განლაგებაზე;
- დ) დაშორებაზე;
- ე) სიჩქარეზე.

ენერგიის მუდმივობის კანონი სითბური პროცესებისათვის

2

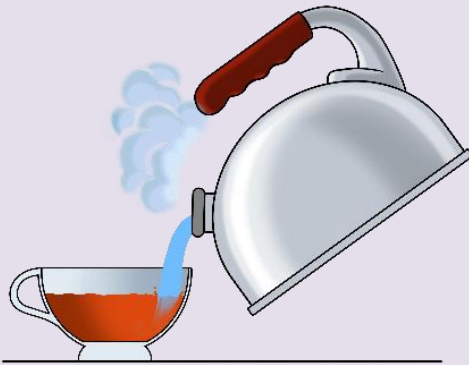
გვ. 39–62

- 2.1. სითბოს რაოდენობა
- 2.2. კუთრი სითბოტევადობა
- 2.3. საწვავის წვის სითბო
- 2.4. ენერგიის მუდმივობის კანონი სითბური პროცესებისთვის
- 2.5. სითბური ბალანსის განტოლება
- 2.6. **პრაქტიკული სამუშაო.** სხეულის კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრა

- შემაჯამებელი დავალებები

2.1. სითბოს რაოდენობა

როგორც წესი, იმისათვის, რომ ჭიქაში თბილი ჩაი გაცხელონ, მას გარკვეული რაოდენობის ცხელ წყალს უმატებენ. თბილ ჩაისა და ცხელ წყალს შორის დაიწყება სითბოცვლის პროცესი წყალში სითბური წონასწორობის დამყარებამდე. წყლის შინაგანი ენერგია შეიცვლება.



- როგორ იცვლება ჩაისა და წყლის შინაგანი ენერგიები სითბოცვლის პროცესში: რომელი სითხის შინაგანი ენერგია შემცირდება? რომლის გაიზრდება? რატომ?
- შესაძლებელია თუ არა განვსაზღვროთ, რამდენით გაიზარდა ან შემცირდა ნივთიერებების შინაგანი ენერგიები?

სითბოს გადაცემით სხეულების შინაგანი ენერგიის ცვლილების პროცესი ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც *სითბოს რაოდენობა* ეწოდება.

- **სითბოს რაოდენობა არის ენერგია, რომელსაც სხეული მიიღებს ან გაცემს სითბოგადაცემის პროცესში.**

სითბოს რაოდენობა აღინიშნება Q ასოთი და SI სისტემაში მისი საზომი ერთეული არის ჯოული: $[Q] = 1 \text{ ჯ.}$

იცით თუ არა, რამ?

არის სითბოს რაოდენობის საზომი სხვა ერთეულიც, რომელსაც *კალორია* ეწოდება. კალორია არის სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1 გ მასის წყლის 1°C -ით გასაცხელებლად. ჯოულსა და კალორიას შორის შემდეგი კავშირია:

$$1 \text{ კალ.} \approx 4,19 \text{ ჯ.}$$

საერთოდ, კალორიებით (ან კილოკალორიებით) აფასებენ საკვები პროდუქტების ენერგეტიკულ ღირებულებას. საკვებ პროდუქტებში კალორიების რაოდენობას განსაზღვრავს ენერგიის რაოდენობა, რომელსაც ორგანიზმი მიიღებს საკვები პროდუქტის მოხმარების შემდეგ. ორგანიზმი ენერგიას იღებს საკვები პროდუქტების შემადგენელი ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლებისაგან.

რაზეა დამოკიდებული სითბოს რაოდენობა?

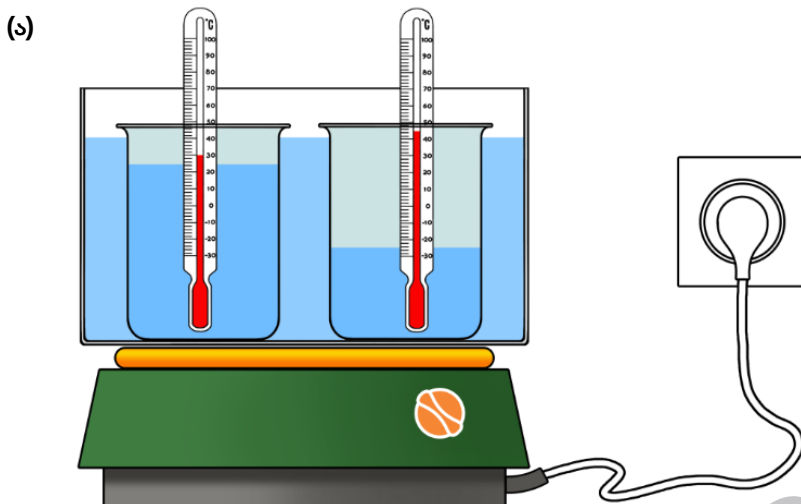
კვლევითი სამუშაო-1

• როგორ არის დამოკიდებული სითბოს რაოდენობა მასაზე?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტროქურა (გამათბობელი), ალუმინის ბრტყელი ჭურჭელი (დიამეტრით 18–24 სმ), ლაბორატორიული ჭიქა (2 ცალი, 150 გ-იანი), წყალი (2 ლ), ლაბორატორიული თერმომეტრი (2 ცალი), მენზურა.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ერთ ჭიქაში ჩაასხით 100 გ, მეორეში – 50 გ წყალი და მოათავსეთ ისინი ალუმინის ჭურჭელში. შეავსეთ ალუმინის ჭურჭელი წყლით პირველ ჭიქაში წყლის დონეზე უფრო მეტად და დადგით ელექტროქურაზე (ა).



2. თერმომეტრები მოათავსეთ ჭიქებში. დაელოდეთ 1 წუთს და ჩაინიშნეთ ჭიქებში წყლის საწყისი ტემპერატურები (ისინი ტოლია).
3. ჩართეთ ელექტროქურა და დაიწყეთ წყლის გაცხელება ალუმინის ჭურჭელსა და ჭიქებში. დაელოდეთ 5 წუთს და ჩაინიშნეთ თერმომეტრების ჩვენება.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- თქვენ ორივე ჭიქას ერთდროულად გადაეცით ერთნაირი რაოდენობის სითბო. რა მოხდა ამ დროს?
- რა შედეგამდე მივყავართ ექსპერიმენტს: რაზეა დამოკიდებული სითბის გარკვეულ ტემპერატურამდე გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა?

როგორც კვლევითმა სამუშაომ გვიჩვენა, იმის მიუხედავად, რომ წყალი ჭიქებში ერთნაირი დროის განმავლობაში სითბოს ერთნაირ რაოდენობას მიიღებს, მეტი მასის წყალი ნაკლებად გათბება, ვიდრე ნაკლები მასის წყალი.

შენიშვნა.

წყლისმიერი ფიზიკური სიდიდის ცვლილება აღინიშნება ბერძნული ასოთი (Δ) ამ ფიზიკური სიდიდის წინ. მაგალითად, თუ სხეულის საწყისი ტემპერატურა არის t_1 , ხოლო სითბოცვლის შემდეგ გახდა t_2 , ტემპერატურის ცვლილება ჩაინერება შემდეგნაირად:

$$\Delta t = t_2 - t_1.$$

- მოცემული სხეულის გარკვეულ ტემპერატურამდე გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია ამ სხეულის მასაზე. ეს ნიშნავს, რომ სხვადასხვა მასის სხეულების ერთსა და იმავე ტემპერატურამდე გასათბობად მეტი მასის სხეულს სითბოს მეტი რაოდენობა უნდა გადავცეთ.

უკუპროცესის დროს შემდეგ კანონზომიერებას ვხედავთ:

- სხვადასხვა მასის სხეულების გაცივების დროს მეტი მასის სხეული გარემოცველ სხეულებს სითბოს მეტ რაოდენობას გადასცემს.

რომელ შემთხვევაშია საჭირო სითბოს

მეტი რაოდენობა: 100 გ წყლის ოთახის ტემპერატურიდან (მაგ., $t_1 = 18^\circ\text{C}$), ვთქვათ, $t_2 = 50^\circ\text{C}$ -მდე გასათბობად, თუ ამავე წყლის ასადულებლად ($t_2 = 100^\circ\text{C}$)?

რა თქმა უნდა, 100 გ წყლის გასაცხელებლად ოთახის ტემპერატურიდან დუღილის ტემპერატურამდე სითბოს უფრო მეტი რაოდენობაა საჭირო. ამ შემთხვევაში წყლის ტემპერატურის ცვლილება მეტია:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 100^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C} = 82^\circ\text{C}.$$

- სხეულის გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია ამ სხეულის ტემპერატურის ცვლილებაზე.

ერთსა და იმავე ტემპერატურამდე გასათბობად რომელ სხეულს ესაჭიროება სითბოს მეტი რაოდენობა: 200 გ წყალს თუ 200 გ მზესუმზირას ზეთს?

ცდებით დადგინდა, რომ ერთნაირი მასისა და საწყისი ტემპერატურის სხვადასხვა სხეულის ერთსა და იმავე ტემპერატურამდე გასათბობად საჭიროა, მათ სითბოს სხვადასხვა რაოდენობა გადავცეთ. ეს ნიშნავს, რომ:

- სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა გადავცეთ სხეულს გარკვეულ ტემპერატურამდე გასათბობად, დამოკიდებულია ნივთიერებაზე, რომლისგანაც დამზადებულია სხეული.

ამგვარად:

- სხეულის გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა (ან მისი გაცივების დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა) დამოკიდებულია სხეულის მასაზე, მისი ტემპერატურის ცვლილებასა და ნივთიერებაზე, რომლისგანაც შედგება სხეული.

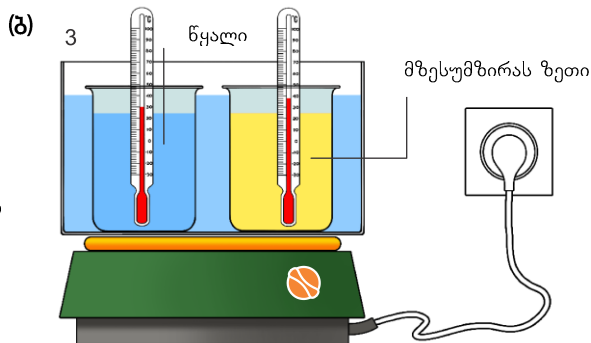
კვლევითი სამუშაო-2

• სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია სხეულის შემადგენელ ნივთიერებაზე

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტროქურა (ან გამათბობელი), ალუმინის ბრტყელი ჭურჭელი, ლაბორატორიული ჭიქა (2 ცალი, 150 გ-იანი), წყალი (2 ლ), მზესუმზირას ზეთი (100 გ), ლაბორატორიული თერმომეტრი (2 ცალი), მენზურა.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ერთ ჭიქაში ჩაასხით 100 გ წყალი, მეორეში – 100 გ ზეთი, ჭიქები მოათავსეთ ალუმინის ჭურჭელში, როგორც კვლევით სამუშაო-1-ში (ბ).
2. თერმომეტრები მოათავსეთ ჭიქებში, დაელოდეთ 1 წუთს და ჩაინიშნეთ სითბების ტემპერატურა; ის ერთნაირია.
3. ჩართეთ გამათბობელი, დაიწყეთ ჭიქებში სითბების გაცხელება. დაელოდეთ 5 წუთს და ჩაინიშნეთ თერმომეტრების ჩვენება.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- ამ ექსპერიმენტში თქვენ ორივე ჭიქას ერთდროულად სითბოს ერთი და იგივე რაოდენობა გადაეცით. რა შედეგი მიიღეთ?
- რაზეა დამოკიდებული სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა მოცემული სითბების გარკვეულ ტემპერატურამდე გასათბობად?

რა შეიტყვით?

— არის ენერგია, რომელსაც სხეული იღებს ან გაცემს სითბოგადაცემის პროცესში. სხეულის გასათბობად მიღებული (ან გაცივების დროს გამოყოფილი) სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია სხეულის —, — და —, რომლისგანაც შედგება სხეული.

საკვანძო სიტყვები
სითბოს რაოდენობა
მასა
ნივთიერება
ტემპერატურის ცვლილება

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. სითბოგადაცემის დროს რომელი ფიზიკური სიდიდე ახასიათებს სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილებას?
2. სხეულის ტემპერატურის ცვლილების დროს რატომ იცვლება სხეულის შინაგანი ენერგია?
3. რაზეა დამოკიდებული სხეულის გაცივების დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა?
4. სითბოს რაოდენობის საზომი რომელი ერთეულები იცით?

2.2. კუთრი სითბოტევადობა

თქვენ იცით, რომ სითბოს რაოდენობა, რომელიც სხეულს გადაეცემა გათბობის დროს და სითბოს რაოდენობა, რომელსაც სხეული გასცემს გაცივების დროს, დამოკიდებულია სხეულის მასაზე, მისი ტემპერატურის ცვლილებასა და ნივთიერებაზე, რომლისგანაც სხეულია დამზადებული.

- როგორია ეს დამოკიდებულება?

კვლევითი საფუძავი-1

- როგორ არის სითბოს რაოდენობა დამოკიდებული სხეულის მასაზე და მისი ტემპერატურის ცვლილებაზე?

ამოცანა 1. ცდებით დადგინდა, რომ 1 კგ მასის წყლის ტემპერატურის 1°C -ით გასაზრდელად საჭიროა 4200 ჯ სითბოს რაოდენობა, ხოლო 1 კგ მასის ნავთის ტემპერატურის 1°C -ით გასაზრდელად საჭიროა 2100 ჯ სითბოს რაოდენობა. 2 კგ მასის წყლის ტემპერატურის 1°C -ით გასაზრდელად საჭიროა 8400 ჯ სითბოს რაოდენობა, ხოლო 1°C -ით იმავე მასის ნავთის ტემპერატურის გასაზრდელად დაიხარჯება 4200 ჯ სითბოს რაოდენობა. როგორ არის სითბოს რაოდენობა დამოკიდებული სხეულის მასაზე?

ამოცანა 2. როგორც ცდებით დადგინდა, 1 კგ მასის წყლის ტემპერატურის 10°C -ით გასაზრდელად საჭიროა 42000 ჯ სითბოს რაოდენობა, ხოლო 1 კგ მასის ნავთის ტემპერატურის 10°C -ით გასაზრდელად – 21000 ჯ სითბოს რაოდენობა. როგორ არის სითბოს რაოდენობა დამოკიდებული სხეულის ტემპერატურის ცვლილებაზე?

სხეულის გათბობის დროს მისთვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა პირდაპირპროპორციულია სხეულის მასისა და მისი ტემპერატურის ცვლილებისა:

$$Q \sim m\Delta t$$

ან

$$Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1),$$

სადაც Q სითბოს რაოდენობაა, m – სხეულის მასა, t_1 – სხეულის საწყისი ტემპერატურა, t_2 – სხეულის საბოლოო ტემპერატურა, c კი – პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელსაც სხეულის კუთრი სითბოტევადობა ეწოდება:

ფორმულა	საზომი ერთეული
$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$	$c = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C}} = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot \text{K}}$
განმარტება	განმარტება
კუთრი სითბოტევადობა ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც 1 კგ მასის სხეულის 1°C -ით (ან 1 K-ით) გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობის ტოლია.	1 ჯოული შეფარდებული კილოგრამ/გრადუსთან არის იმ ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა, რომლის 1 კგ-ის 1°C -ით (ან 1 K-ით) გასათბობად საჭიროა 1 ჯ სითბოს რაოდენობა.

კუთრი სითბოტევადობა დამოკიდებულია ნივთიერების გვარობაზე. ცხრილ 2.1-ში მოყვანილია ზოგიერთი ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა, რომელიც ცდებით არის დადგენილი.

ცხრილი 2.1. ზოგიერთი ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა.

ნივთიერება	$c, \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^\circ\text{C}}$	ნივთიერება	$c, \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^\circ\text{C}}$	ნივთიერება	$c, \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^\circ\text{C}}$
ოქრო	130	ფოლადი	500	ჰაერი	1000
ვერცხლისწყალი	140	თუჯი	540	მზესუმზირას ზეთი	1700
ტყვია	140	ქვა	800	წყლის ორთქლი	2000
კალა	230	მინა	840	ყინული	2100
ვერცხლი	250	მარმარილო	840	ნავთი	2100
სპილენძი	400	აგური	880	სპირტი	2500
რკინა	460	ალუმინი	920	წყალი	4200

ფიზიკურ სიდიდეს, რომელიც ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობისა და მისი მასის ნამრავლის ტოლია, **ნივთიერების სითბოტევადობა (C)** ეწოდება:

$$C = cm.$$

სხეულის სითბოტევადობის გამოსათვლელად საჭიროა, მის გასათბობად საჭირო სითბოს რაოდენობა გავეყოთ მისი ტემპერატურის ცვლილებაზე:

$$C = \frac{Q}{(t_2 - t_1)}.$$

სითბოტევადობის საზომი ერთეული ჯოული გავეყოთ ცელსიუსის გრადუსზე ან ჯოული გავეყოთ კელვინზე:

$$[C] = \frac{[Q]}{[t_2 - t_1]} = 1 \frac{\text{ჯ}}{^\circ\text{C}} = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{K}}.$$

ამგვარად, სხეულის სითბოტევადობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ამ სხეულის ტემპერატურის 1°C -ით (ან 1 K -ით) გასაზრდელად დახარჯული სითბოს რაოდენობის ტოლია.

იცით თუ არა, რა?

როგორც ცხრილ 2.1-იდან ჩანს, წყალს ძალიან დიდი კუთრი სითბოტევადობა აქვს. ამიტომ ზაფხულის თვეებში კასპიის ზღვა დიდი რაოდენობის სითბოს შთანთქავს გარემოდან და თბება, ხოლო ჰაერი ზღვის სანაპიროზე შედარებით გრილია. ზამთარში, პირიქით, წყალი ცივდება და დიდი რაოდენობის სითბოს გადასცემს გარემოს; ამიტომ ჰაერი კასპიის ზღვის სანაპიროზე უფრო თბილია, ვიდრე სხვა ადგილებში.

ყურადღება. ფორმულა $Q = cm(t_2 - t_1)$ საშუალებას იძლევა, გამოვთვალოთ სხეულის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობაც. რადგან გაციებული სხეულის საბოლოო ტემპერატურა t_2 ნაკლებია მის საწყის t_1 ტემპერატურაზე, სხეულის ტემპერატურის ცვლილების მნიშვნელობა უარყოფითია, ამიტომ სხეულის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობასაც უარყოფითი მნიშვნელობა აქვს. ეს კი იმის მაჩვენებელია, რომ მოცემული სხეულის შინაგანი ენერგია მცირდება.

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• ამოხსენით ამოცანები

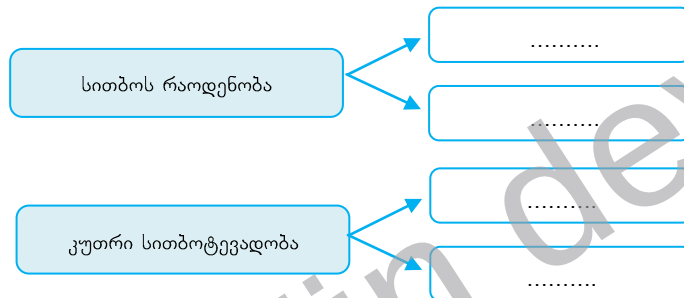
- რომელი გათბება 20°C -იდან 100°C -მდე უფრო სწრაფად: 100 გ მასის ფოლადის სხეული თუ იმავე მასის ალუმინის სხეული? რატომ?
- სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო 2 კგ მასის სპირტის 18°C -იდან 43°C -მდე გასათბობად?

მოცემულია	ფორმულა	გამოთვლები
$m = 2 \text{ კგ},$ $t_1 = 18^{\circ}\text{C},$ $t_2 = 43^{\circ}\text{C},$ $c_{\text{სპირტი}} = 2500 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C}}.$	$Q = cm(t_2 - t_1).$	$Q = 2500 \cdot 2 \cdot (43 - 18) \times$ $\times \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot \text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C} = 125000 \text{ჯ} =$ $= 125 \text{ კჯ}.$
Q – ?		პასუხი: 125 კჯ.

- 0,05 კგ მასის სხეულის ტემპერატურის 200°C -ით გასაზრდელად 4 კჯ სითბოს რაოდენობა იხარჯება. რომელი ნივთიერებისგან არის სხეული დამზადებული?

რა შეიტყვით?

ჩაიხაზეთ სქემა რვეულში და მრავალწერტილის ნაცვლად ჩანერეთ ფიზიკური სიდიდეების შესაბამისი ფორმულები და SI სისტემის საზომი ერთეულები.



შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

- რა არის კუთრი სითბოტევადობა?
- რა არის კუთრი სითბოტევადობის საზომი ერთეული SI სისტემაში?
- 120°C -იდან 20°C -მდე გაცივების დროს რომელი სხეული გამოყოფს მეტ სითბოს: 200 გ მასის თუჯი თუ იმავე მასის წყალი? რატომ?

2.3. საწვავის წვის სითბო

უძველესი დროიდან დღემდე სხვადასხვა საწვავის წვის შედეგად მიღებულ სითბოს ადამიანები იყენებენ საკვების მოსამზადებლად, შენობების გასათბობად, სხვადასხვა დანადგარების მოძრაობაში მოსაყვანად და ა. შ.

- რა სახის საწვავი გამოიყენება ჩვენს დროში ყოფა-ცხოვრებასა და ტექნიკაში?
- რაზე დამოკიდებული სითბოს რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა საწვავის წვის დროს? შესაძლებელია თუ არა ამ სითბოს რაოდენობის გამოთვლა?

კვლევის საფეხი-1

• საწვავის წვის დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა

ამოცანა. 1 კგ ბენზინის სრული წვის დროს გამოიყოფა $44 \cdot 10^6$ ჯ სითბოს რაოდენობა, იმავე მასის მშრალი შეშის სრული წვის დროს კი გამოიყოფა $11 \cdot 10^6$ ჯ სითბოს რაოდენობა.
2 კგ ბენზინის სრული წვის დროს გამოიყოფა $88 \cdot 10^6$ ჯ სითბოს რაოდენობა, იმავე მასის მშრალი შეშის სრული წვის დროს კი გამოიყოფა $22 \cdot 10^6$ ჯ სითბოს რაოდენობა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რაზე დამოკიდებული სხვადასხვა საწვავის სრული წვის დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა?

ბუნებაში სხვადასხვა სახის საწვავი არსებობს: შეშა, ტორფი, ქვანახშირი, ნავთობი, ბუნებრივი აირი, სპირტი, ბენზინი, დიზელის საწვავი, დენთი და სხვ. მაგრამ ყოფა-ცხოვრებაში ხელსაყრელია იმ საწვავის გამოყენება, რომელიც გავრცელებულია ბუნებაში, ადვილად მოიპოვება, ადვილია ტრანსპორტირებისთვის, წვისას გამოყოფს მეტ სითბოს, აქვს მცირე რაოდენობის ნარჩენები და უსაფრთხოა ჯანმრთელობისთვის.

• ენერგიას, რომელიც გამოიყოფა საწვავის სრული წვის დროს, საწვავის წვის სითბო ეწოდება.

კვლევების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საწვავის წვის სითბო დამოკიდებულია საწვავის მასაზე და სახეობაზე:

$$Q = qm,$$

სადაც Q საწვავის წვის სითბოა, m – საწვავის მასა, q – საწვავის წვის კუთრი სითბო.



სანვავის წვის კუთრი სითბო ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც გამო-
ხატავს განსხვავებას ერთნაირი მასის სხვადასხვა სანვავის წვის
შედეგად გამოყოფილ სითბოს რაოდენობას შორის:

ფორმულა	საზომი ერთეული
$q = \frac{Q}{m},$ სადაც q სანვავის წვის კუთრი სითბოა, m – სანვავის მასა, Q – სანვავის წვის სითბო.	$[q] = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}}$
განსაზღვრება	განმარტება
სანვავის წვის კუთრი სითბო არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც 1 კგ სანვავის სრული წვის შედეგად გამოყოფილი სითბოს ტოლია.	1 ჯოული შეფარდებული კილოგრამთან იმ სანვავის წვის კუთრი სითბოა, რომლის 1 კგ მასის წვის შედეგად გამოიყოფა 1 ჯ სითბოს რაოდენობა.

სანვავის წვის კუთრი სითბო დამოკიდებულია სანვავის სახეობაზე.
ცხრილ 2.2.-ში მოყვანილია ზოგიერთი სანვავის წვის კუთრი
სითბოს მნიშვნელობები, რომლებიც მიღებულია ცდების შედეგად.

ცხრილი 2.2. ზოგიერთი სანვავის წვის კუთრი სითბო.

სანვავი	q, $\frac{\text{მჯ}}{\text{კგ}}$	სანვავი	q, $\frac{\text{მჯ}}{\text{კგ}}$	სანვავი	q, $\frac{\text{მჯ}}{\text{კგ}}$
დენთი	3,8	სპირტი	28	ნავთი	41
მშრალი შეშა	11	ქვანახშირი	29	დიზელის სანვავი	43
ტორფი	14	ხის ნახშირი	31	ბენზინი	44
ფიქალი	15	ბუნებრივი აირი	32	პროპანი	48
მეთანოლი	23	მაზუთი	40	წყალბადი	120

მიღებული საკვების „წვის“ შედეგად გამოყოფილი ენერგიის ხარჯზე
ადამიანის ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის პროცესი მიმდინა-
რობს. საკვების „წვა“ არის ორგანიზმში ცხიმების, ცილებისა და
ნახშირწყლების ჟანგვის ქიმიური რეაქციები.

ამგვარად, ადამიანის ორგანიზმში საწვავის როლს ასრულებს საკვები, რომელსაც ადამიანი მზა სახით იღებს. საკვებ პროდუქტებს ისევე, როგორც საწვავს, სხვადასხვა წვის კუთრი სითბო აქვს (ცხრილი 2.3).

ცხრილი 2.3. ზოგიერთი საკვები პროდუქტის წვის კუთრი სითბო ადამიანის ორგანიზმში.

საკვები პროდუქტი	$q, \frac{\text{მჯ}}{\text{კგ}}$	საკვები პროდუქტი	$q, \frac{\text{მჯ}}{\text{კგ}}$	საკვები პროდუქტი	$q, \frac{\text{მჯ}}{\text{კგ}}$
ახალი კიტრი	0,5	მანონი	2,7	ნაყინი	8
სტაფილო	1,7	რძე	2,8	ხორბლის პური	9,3
მარწყვი	1,7	თევზი	3,5	ცხვრის ხორცი	9,6
ვაშლი	2	კარტოფილი	3,7	თაფლი	15
ყურძენი	2,4	ქათმის ხორცი	5,4	შაქარი	17
მოცხარი	2,5	კვერცხი	7	კარაქი	32, 7
ბალი	2,7	ძროხის ხორცი	7,5	მზესუმზირას ზეთი	39

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საფუძაო-2

• ამოხსენით ამოცანები

- რა უნდა ვიცოდეთ იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ საწვავის წვის კუთრი სითბო?
- რა რაოდენობის სითბო გამოიყოფა 0,8 ლ მოცულობის ნავთის სრული დაწვის დროს ($\rho_{\text{ნავთი}} = 800 \frac{\text{კგ}}{\text{ლ}}$)?
- თქვენი ასაკის მოსწავლისთვის საკვების „წვის“ შედეგად მიღებული ენერგიის დღიური ნორმა 1,2 მჯ-ს შეადგენს. შეავსებთ თუ არა დღიური ენერგიის ნორმას, თუ მიიღებთ 200 გ მანონს, 100 გ ხორბლის პურს, 100 გ ახალ კიტრს, 100 გ ყურძენს, 100 გ ქათმის ხორცს, 50 გ კარაქს და 100 გ ნაყინს (გამოთვლებისთვის საჭირო დამატებითი ინფორმაციისთვის ისარგებლეთ ცხრილით 2.3)? პასუხი დაასაბუთეთ.

რა შეიტყვით?

— სრული წვის შედეგად გამოყოფილ ენერგიას საწვავის — ენოდება. — არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც 1 კგ მასის საწვავის სრული წვის შედეგად გამოიყოფა.

საკვანძო სიტყვები
წვის სითბო
წვის კუთრი სითბო
საწვავი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. საწვავის რომელი სახეობები იცით?
2. რომელი ფორმულით გამოითვლება საწვავის სრული წვის შედეგად გამოყოფილი ენერგია?
3. რას ნიშნავს: კარაქის წვის კუთრი სითბო არის 32,7 მჯ/კგ?
4. რა რაოდენობის სითბო გამოიყოფა 20 კგ ქვანახშირის სრული წვის დროს?

საპარჯიშო-3

1. თუ 250 გ მასის ფოლადის ღერს 8 კჯ სითბოს რაოდენობას გადავცემთ, ის 80°C -მდე გაცხელდება. განსაზღვრეთ ღერის საწყისი ტემპერატურა (გამოთვლებისთვის საჭირო დამატებითი ინფორმაციისთვის ისარგებლეთ ცხრილით 2.2).
2. 3 ლ ტევადობის ჩაიდან შეავსეთ 16°C ტემპერატურის წყლით და დადგით ელექტროქურაზე. გარკვეული დროის შემდეგ წყალი ადუღდება. გამოთვალეთ სითბოს რაოდენობა, რომელიც წყალს გადაეცა (გამოთვლებისთვის საჭირო დამატებითი ინფორმაციისთვის ისარგებლეთ ცხრილით 2.2).
3. 0,5 კგ მასის ნაკეთობის 10°C -იდან 90°C -მდე გასათბობად იხარჯება 16000 ჯ სითბოს რაოდენობა. განსაზღვრეთ ნაკეთობის კუთრი სითბოტევადობა. რომელი ნივთიერებისგან არის ნაკეთობა დამზადებული?
4. რა რაოდენობის სითბო გამოიყოფა 5 ლ მაზუტის სრული წვის დროს? მაზუტის სიმკვრივეა $890 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$.
5. კამფეტის ყუთზე არის წარწერა: კალორიულობა 100 გ – 580 კკალ. გამოხატეთ პროდუქტის კალორიულობა ჯოულებში.

2.4. ენერგიის გუდგოვობის კანონი სითბური პროცესებისათვის

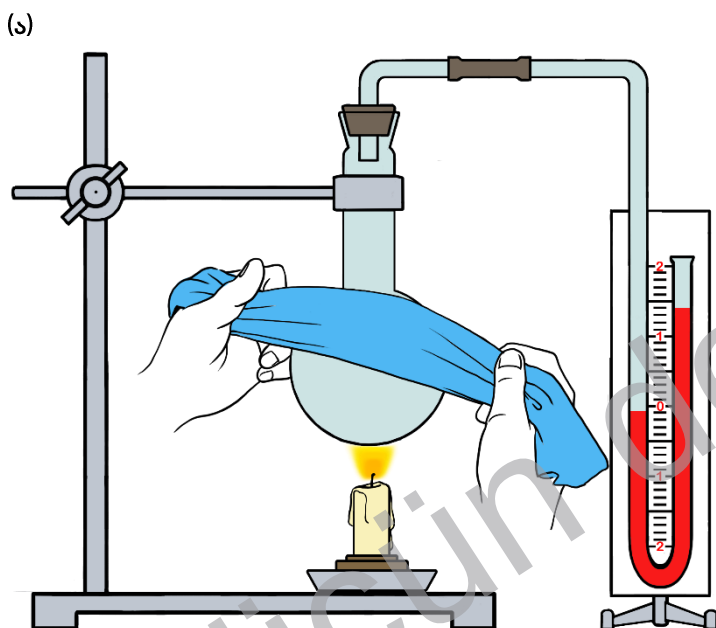
ყველა სითბური პროცესი სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილებით აიხსნება.

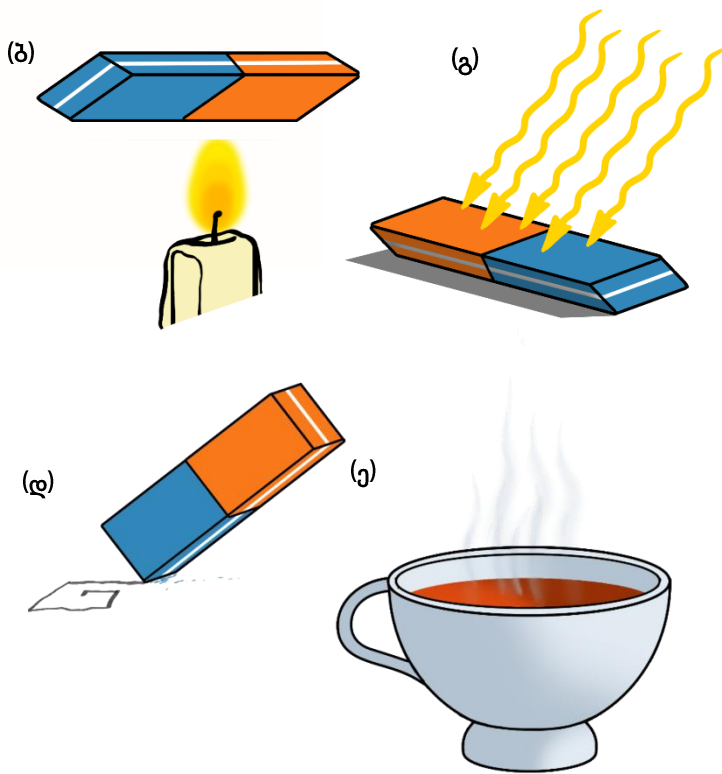
- რა მიზეზით შეიძლება შეიცვალოს სხეულის შინაგანი ენერგია?

კვლევითი სამუშაო-1

- რის ტოლია სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილება?

შეისწავლეთ ნახატი: კოლბას, რომელშიც ჰაერია და მიერთებულია მანომეტრთან, ერთდროულად ათბობენ და ნაჭერს უხახუნებენ (ა). რეზინის საშლელი ცხელდება სანთლის ალში (ბ), შლის ხაზს ფურცლიდან (დ), განათებულია მზის სხივებით (გ). ჭიქაში ცივდება ჩაი (ე).





იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ ნახატზეა წარმოდგენილი სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილება მხოლოდ მექანიკური მუშაობის შესრულების ხარჯზე? რის ტოლია შინაგანი ენერგიის ცვლილება ამ შემთხვევაში?
- რომელ ნახატზეა წარმოდგენილი სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილება მხოლოდ სითბოგადაცემით? რის ტოლია შინაგანი ენერგიის ცვლილება ამ შემთხვევაში?
- რომელ ნახატზეა წარმოდგენილი სხეულის შინაგანი ენერგიის ცვლილება როგორც მექანიკური მუშაობის შესრულებით, ისე სითბოგადაცემით? რის ტოლია შინაგანი ენერგიის ცვლილება ამ შემთხვევაში?
- რომელ ნახატზეა წარმოდგენილი სხეულის შინაგანი ენერგიის გაზრდის პროცესი, რომელზე – შემცირების პროცესი?

სხეულის შინაგანი ენერგია იზრდება მხოლოდ მექანიკური მუშაობის შესრულებით ან მხოლოდ სითბოგადაცემით, ან ერთდროულად მუშაობის შესრულებითა და სითბოგადაცემით:

- თუ სხეულის ან სხეულთა სისტემის შინაგანი ენერგია იცვლება მხოლოდ მექანიკური მუშაობის შესრულებით, შინაგანი ენერგიის ცვლილება შესრულებული მექანიკური მუშაობის ტოლია:

$$\Delta U = A;$$

- თუ სხეულთა სისტემის შინაგანი ენერგია იცვლება მხოლოდ სითბოგადაცემით, შინაგანი ენერგიის ცვლილება ტოლია სითბოს რაოდენობისა, რომელიც სხეულთა სისტემას გადაეცა:

$$\Delta U = Q;$$

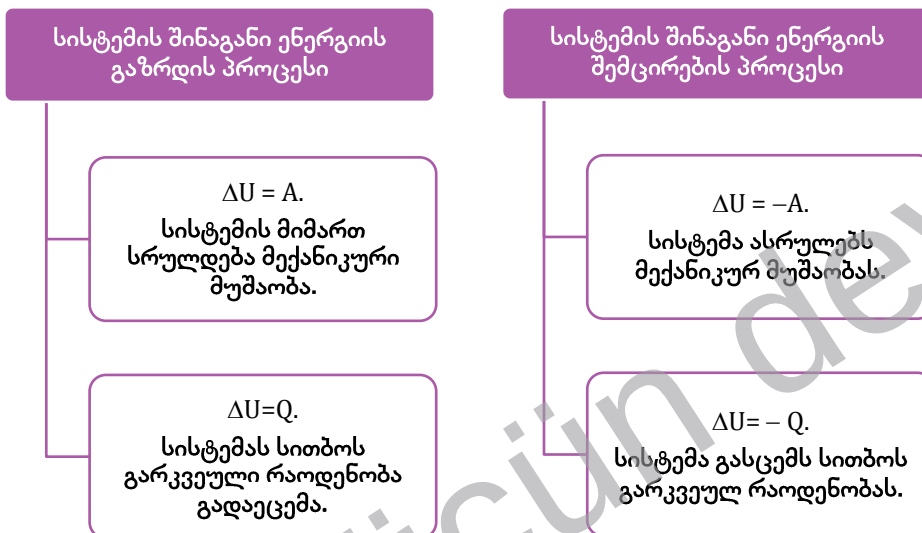
- თუ სხეულთა სისტემის შინაგანი ენერგია იცვლება ერთდროულად მუშაობის შესრულებითა და სითბოგადაცემით, შინაგანი ენერგიის ცვლილება შესრულებული მუშაობისა და გადაცემული სითბოს რაოდენობის ჯამის ტოლია:

$$\Delta U = A + Q.$$

ეს არის ენერგიის მუდმივობის კანონი სითბური პროცესებისათვის.

როგორ უნდა გამოვთვალოთ შინაგანი ენერგიის ცვლილების სიდიდე სხეულთა სისტემის შინაგანი ენერგიის გაზრდის ან შემცირების პროცესში?

ქვემოთ ნაჩვენებია, რის ტოლია სხეულთა სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილება სხვადასხვა პროცესის დროს:

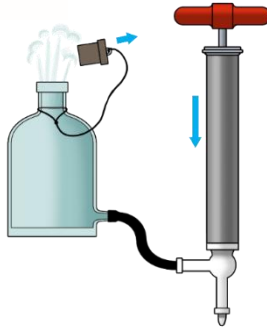


შედეგითი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• ამოსხენით ამოცანა

თუ სქელკედლიან ჭურჭელში ჰაერის ჩატუმბვის დროს შესრულებულია $2 \cdot 10^7$ ჯ მუშაობა, საცობი ჭურჭლის ყელიდან ამოხტება:



ამ დროს:

- რის ხარჯზე შეიცვალა ჭურჭელში ჰაერის შინაგანი ენერგია: მექანიკური მუშაობისა თუ სითბოგადაცემის?
- რამდენი ჯოულით შეიცვალა ჭურჭელში ჰაერის შინაგანი ენერგია?
- როგორ შეიცვალა ჭურჭელში ჰაერის შინაგანი ენერგია: გაიზარდა თუ შემცირდა? პასუხი დაასაბუთეთ.

რა შეიტყვით?

თუ სისტემის შინაგანი ენერგია შეიცვალა ერთდროულად — და სითბოგადაცემის შედეგად, — შესრულებული მუშაობისა და გადაცემული — ჯამის ტოლია. ეს არის — კანონი სითბური პროცესებისათვის.

საკვანძო სიტყვები
შინაგანი ენერგიის ცვლილება
ენერგიის მუდმივობა
სითბოს რაოდენობა
მექანიკური მუშაობის შესრულება

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

- რა შემთხვევაში შეიძლება შემცირდეს სხეულის შინაგანი ენერგია?
- როგორ გამოითქმება ენერგიის მუდმივობის კანონი სითბური პროცესებისათვის?
- 5,5 კჯ მექანიკური მუშაობის შესრულების შედეგად აირი შეიკუმშა. შეკუმშვის პროცესში გარემოს გადაეცა 3,3 კჯ სითბოს რაოდენობა. გამოთვალეთ აირის შინაგანი ენერგიის ცვლილება. ამ პროცესში აირის შინაგანი ენერგია შემცირდა თუ გაიზარდა?
- რას გამოხატავს ფორმულები $\Delta U = A$ ან $\Delta U = -A$? მოიყვანეთ ასეთი პროცესების მაგალითები.
- რას გამოხატავს ფორმულები $\Delta U = Q$ ან $\Delta U = -Q$? მოიყვანეთ ასეთი პროცესების მაგალითები.

2.5. სითბური ბალანსის განტოლება

დედამ მერვე კლასის მოსწავლეს, ნაზრინს, დახმარება სთხოვა უმცროსი ძმის – არიფის დაბანის დროს:

– ნაზრინ, აბაზანაში 18°C ტემპერატურის 10 კგ წყალი ჩავასხი. რამდენი 88°C ტემპერატურის წყალის დამატებაა საჭირო, რომ წყლის ტემპერატურა აბაზანაში 38°C გახდეს?

- რა უნდა იცოდეს ნაზრინმა, დედას რომ დაეხმაროს?
- რომელი ფორმულით შეუძლია მას დასამატებელი წყლის მასის გამოთვლა?

სხვადასხვა ტემპერატურის მქონე სხეულების შეხებისას მათ შორის სითბოგადაცემის პროცესი იწყება: თბილი სხეული ცივდება და თავისი შინაგანი ენერგიის ნაწილს ცივ სხეულს გადასცემს. ცივი სხეული იღებს ამ ენერგიას და ცოტა თბება. სითბოგადაცემა გრძელდება სხეულების ტემპერატურის გათანაბრებამდე. თუ ეს სისტემა, რომელიც ორი სხეულისგან შედგება, იზოლირებულია, ანუ თუ გარეშე სხეულები სითბოგადაცემის პროცესში არ მონაწილეობენ (გარეშე სხეულები არ გასცემენ და არ იღებენ სითბოს), სისტემის სრული შინაგანი ენერგია არ იცვლება, მუდმივი რჩება:

$$U_0 = U_{\text{საბ}},$$

ან

$$U_{\text{საბ}} - U_0, \quad (1)$$

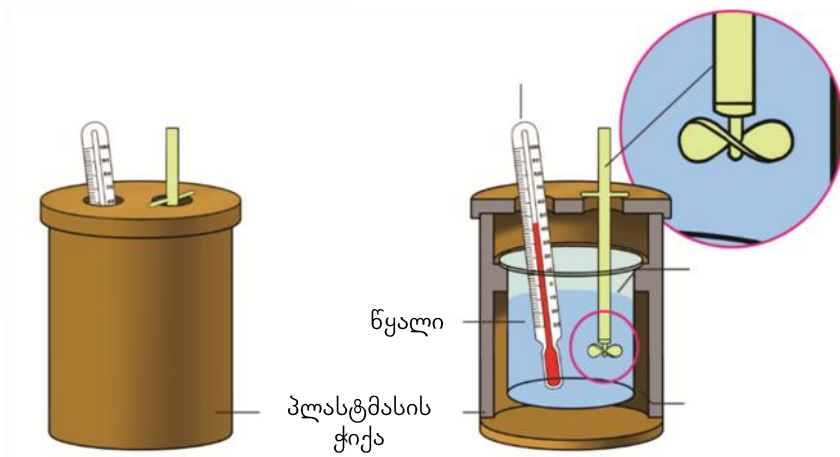
სადაც U_0 სისტემის საწყისი შინაგანი ენერგიაა, $U_{\text{საბ}}$ – სისტემის საბოლოო შინაგანი ენერგია. ეს ნიშნავს, რომ იზოლირებულ სისტემაში თბილი სხეულის (ან სხეულების) მიერ გაცემული სითბოს რაოდენობა ($Q_{\text{გაც.}}$) ცივი სხეულის (ან სხეულების) მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობის ტოლია ($Q_{\text{მიღ.}}$):

$$|Q_{\text{გაც.}}| = Q_{\text{მიღ.}} \cdot (2)$$

(2) ტოლობას სითბური ბალანსის განტოლება ეწოდება და (1) გამოსახულებასთან ერთად ენერგიის მუდმივობის კანონს გამოხატავს:

- თუ იზოლირებულ სისტემაში მხოლოდ სითბოგადაცემის პროცესი მიმდინარეობს, ამ სისტემაში შინაგანი ენერგია არ იცვლება.

იზოლირებულ სისტემაში სხეულების მიერ მიღებული ან გაცემული სითბოს რაოდენობის, ასევე სხეულების კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ხელსაწყო, რომელსაც კალორი-მეტრი ეწოდება (ა).



სიტყვა კალორიმეტრი წარმოიშვა ლათინური სიტყვებიდან calor – სითბო და metor – გაზომვა. მარტივი სასკოლო კალორიმეტრი შედგება ცილინდრის ფორმის ალუმინის ჭიქისგან. გარემოდან სითბური ზემოქმედებისგან დასაცავად იგი მოთავსებულია შედარებით დიდი ზომის პლასტმასის ჭიქაში. პლასტმასის ჭიქას აქვს თავსახური ორი ხვრელით – თერმომეტრისა და შემრევისთვის. ჭიქები ერთმანეთისგან იზოლირებულია ჰაერის ფენით (ბ).

შეკიდული ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საფუძაო

• სითბური ბალანსის განტოლების გამოყენება

1. დავებმართ ნაზრინს პრობლემის მოგვარებაში:

მოცემულია	ფორმულა
$t_{\text{სკ}} = 18^{\circ}\text{C}$, $m_{\text{წყ}} = 10 \text{ კგ}$, $t_{\text{წყ}} = 88^{\circ}\text{C}$, $\theta = 38^{\circ}\text{C}$ $(\theta - \text{ბერძნული ასო თეტა})$, $c_{\text{წყლის}} = 4200 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C}}$, $m_2 = ?$	თბილი წყლის მიერ გაცემული სითბოს რაოდენობა: $Q_{\text{გაც.}} = cm_2(\theta - t_2)$, ცივი წყლის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა: $Q_{\text{მიღ.}} = cm_1(\theta - t_1)$. სითბური ბალანსის განტოლებიდან მივიღებთ (სითბოს დანაკარგებს და აბაზანის სითბოტევადობას არ ვითვალისწინებთ): $Q_{\text{გაც.}} = Q_{\text{მიღ.}}$ ან $cm_2(t_2 - \theta) = cm_1(\theta - t_1)$ ან $m_2(t_2 - \theta) = m_1(\theta - t_1)$, $m_2 = \frac{m_1(\theta - t_1)}{(t_2 - \theta)}$
გამოთვლები	$m_2 = \frac{m_1(\theta - t_1)}{(t_2 - \theta)} = \frac{10 \text{ კგ} \cdot (38 - 18)^{\circ}\text{C}}{(88 - 38)^{\circ}\text{C}} = \frac{10 \text{ კგ} \cdot 20^{\circ}\text{C}}{50^{\circ}\text{C}} = 4 \text{ კგ}.$
პასუხი: 4 კგ.	

2. ჭიქაში 50 გ მასისა და 20°C ტემპერატურის მზესუმზირას ზეთია. დაამატეთ 120 გ მასისა და 80°C ტემპერატურის მზესუმზირას ზეთი და დაახურეთ თავსახური. განსაზღვრეთ ჭიქაში დამყარებული ტემპერატურა (სითბური დანაკარგები და ჭიქის სითბოტევადობა არ გაითვალისწინოთ).

- რა უნდა გამოვიყენოთ დავალების შესასრულებლად?
- რა უნდა ვიცოდეთ გამოთვლების ჩასატარებლად?

რა შეიტყავით?

თუ — სისტემაში მხოლოდ — მიმდინარეობს, ამ სისტემაში — არ იცვლება. იზოლირებულ სისტემაში თბილი სხეულის (ან სხეულების) მიერ გაცემული — აბსოლუტური მნიშვნელობა ცივი სხეულის (ან სხეულების) მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობის ტოლია. ამ ტოლობას — ეწოდება.

საკვანძო სიტყვები
სითბოგადაცემა
შინაგანი ენერგია
სითბური ბალანსის განტოლება
სითბოს რაოდენობა
იზოლირებული

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა კანონზომიერებას გამოხატავს სითბური ბალანსის განტოლება?
2. ალუმინის ბურთულას $\Delta t = 120^{\circ}\text{C}$ -ით გასათბობად 450 ჯ სითბოს რაოდენობას გადასცემენ. სითბოს რა რაოდენობას გამოყოფს ეს ბურთულა $\Delta t = 120^{\circ}\text{C}$ -ით გაცივების შემდეგ? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. ჭურჭელში, რომელშიც ცხელი წყალია ($t = 100^{\circ}\text{C}$), სხვადასხვა მასისა და სანყისი ტემპერატურის მქონე მინისა და სპილენძის ბურთულები ჩაუშვებს.
ა) როგორია განსხვავება ბურთულების ტემპერატურის ცვლილებას შორის?
ბ) მიიღებენ თუ არა ბურთულები სითბოს ერთსა და იმავე რაოდენობას?

საპარჯიშო-4

1. 86°C ტემპერატურის რამდენი წყალი უნდა დავამატოთ 500 გ მასისა და 6°C ტემპერატურის წყალს, რომ წარევის ტემპერატურა 36°C გახდეს? (სითბოს დანაკარგები არ გაითვალისწინოთ).
2. როგორი სისტემის შინაგანი ენერგია რჩება უცვლელი სითბოგადაცემის პროცესში? პასუხი დაასაბუთეთ.
3. 100 გ წყლის სპირტქურით გაცხელების დროს დაიწვა 3 გ სპირტი. რამდენით შეიცვლება წყლის ტემპერატურა?

მოცემულია	SI სისტემის ერთეულებით	ფორმულა
$m_c = 3 \text{ გ},$ $m_b = 100 \text{ გ},$ $c_b = 4200 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C}},$ $q = 28 \frac{\text{თჯ}}{\text{კგ}}.$	$0,003 \text{ კგ}$ $0,1 \text{ კგ}$ $28 \cdot 10^6 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}}$	რადგან, სითბოგადაცემის პროცესებისათვის ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად, საწვავის წვის სითბო სხეულის გათბობაზე იხარჯება, მივიღებთ: $Q_2 = Q_{\text{წვ}}$ ან $q_{\text{სკ}} \cdot m_{\text{სკ}} = c_{\text{წყ}} m_{\text{წყ}} \Delta t.$ $\Delta t = \frac{q_{\text{სკ}} m_{\text{სკ}}}{c_{\text{წყ}} m_{\text{წყ}}}.$
$\Delta t - ?$		
ამოხსნა $\Delta t = \frac{q_{\text{სკ}} m_{\text{სკ}}}{c_{\text{წყ}} m_{\text{წყ}}} = \frac{28 \cdot 10^6 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}} \cdot 0,003 \text{ კგ}}{4200 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 0,1 \text{ კგ}} = 20^{\circ}\text{C}$ პასუხი: $\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$.		

4. რამდენი გრადუსით გათბება 2 კგ მასის ვერცხლისწყალი, თუ მას სითბოს იმავე რაოდენობას გადავცემთ, რაც საჭიროა 1 კგ წყლის 5°C -ით გასათბობად? (სითბოს დანაკარგები არ გაითვალისწინოთ)
5. კალორიმეტრში 150 გ მასისა და 18°C ტემპერატურის წყალია. თუ წყალში 80 გ მასისა და 100°C ტემპერატურის სხეულს მოვათავსებთ, გარკვეული დროის შემდეგ კალორიმეტრში წყლის ტემპერატურა 70°C გახდება.
განსაზღვრეთ სხეულის კუთრი სითბოტევადობა (კალორიმეტრის სითბოტევადობა არ გაითვალისწინოთ).

6. კალორიმეტრში 250 გ მასისა და 100°C ტემპერატურის წყალი ჩაასხეს. გარკვეული დროის შემდეგ ტემპერატურა კალორიმეტრში 95°C გახდა.

განსაზღვრეთ კალორიმეტრის სითბოტევადობა, თუ მისი საწყისი ტემპერატურა 20°C იყო.

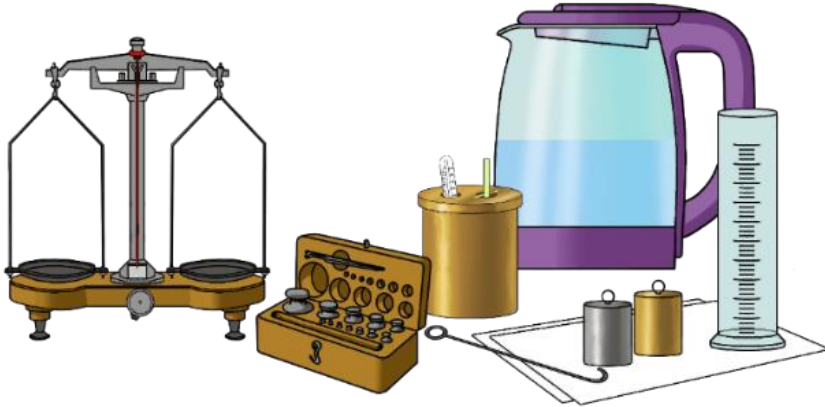
მოცემულია	SI სისტემის ერთეულებით	ფორმულა
$m_{\text{წყ}} = 250\text{ გ},$ $t_{\text{წყ}} = 100^{\circ}\text{C},$ $t_{\text{კალ}} = 20^{\circ}\text{C},$ $\theta = 95^{\circ}\text{C},$ $c_{\text{წყ}} = 4200 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C}}$	0,25 კგ	ცხელი წყლის მიერ გაცემული სითბოს რაოდენობა: $Q_{\text{წყ}} = c_{\text{წყ}} m_{\text{წყ}} (t_{\text{წყ}} - \theta).$ კალორიმეტრის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა: $Q_{\text{კალ}} = C_{\text{კალ}}(\theta - t_{\text{კალ}}).$
$C_{\text{კალ}} = ?$		სითბური ბალანსის განტოლებიდან მივიღებთ: $Q_{\text{წყ}} = Q_{\text{კალ}}$ ან $c_{\text{წყ}} m_{\text{წყ}} (t_{\text{წყ}} - \theta) = C_{\text{კალ}}(\theta - t_{\text{კალ}}).$ $C_{\text{კალ}} = \frac{c_{\text{წყ}} m_{\text{წყ}} (t_{\text{წყ}} - \theta)}{(\theta - t_{\text{კალ}})}.$
ამოხსნა $C_{\text{კალ}} = \frac{c_{\text{წყ}} m_{\text{წყ}} (t_{\text{წყ}} - \theta)}{(\theta - t_{\text{კალ}})} = \frac{4200 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 0,25 \text{ კგ} \cdot (100 - 95)^{\circ}\text{C}}{(95 - 20)^{\circ}\text{C}} = 70 \frac{\text{ჯ}}{^{\circ}\text{C}}.$ პასუხი: $C_{\text{კალ}} = 70 \frac{\text{ჯ}}{^{\circ}\text{C}}.$		

2.6. პრაქტიკული სამუშაო

სხეულის კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრა

სამუშაოს მიზანი: ექსპერიმენტის საშუალებით მეტალის ცილინდრის კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრა.

სამუშაოსთვის საჭიროა: კალორიმეტრი, ლაბორატორიული თერმომეტრი, სასწორი, საწონების წყაროები, მენზურა, ალუმინისა და სპილენძის ცილინდრები, მოკაუჭებული მავთული, წყალი, ფილტრის ქაღალდი, ელექტროჩაიდანის.



სამუშაოს მსვლელობა:

1. სასწორის საშუალებით განსაზღვრეთ კალორიმეტრის ჭიქის მასა. ჩაასხით ჭიქაში 200 გ ცივი წყალი და განსაზღვრეთ მისი ტემპერატურა. ეს არის როგორც წყლის, ისე ჭიქის საწყისი ტემპერატურა.
2. ჩართეთ ელექტროჩაიდანის და აადუღეთ წყალი.
3. სასწორის საშუალებით განსაზღვრეთ ალუმინის ცილინდრის მასა და მოკაუჭებული მავთულის საშუალებით ჩაუშვით ცხელ წყალში. ცოტა ხანს დაელოდეთ, შემდეგ სწრაფად ამოიღეთ, გააშრეთ ფილტრის ქაღალდით და მოათავსეთ კალორიმეტრში. კალორიმეტრს დაახურეთ თავსახური. ალუმინის ცილინდრის საწყისი ტემპერატურა ცხელი წყლის ტემპერატურის ტოლია, ანუ 100°C -ია.
4. აურეთ წყალი კალორიმეტრში ერთი წუთის განმავლობაში და ტემპერატურის სტაბილიზაციის შემდეგ ჩაიწერეთ თერმომეტრის ჩვენება.
5. გაზომვის შედეგები შეიტანეთ სამუშაო ცხრილში:

№	$m_{\text{ცილ}},$ (კგ)	$t_{\text{სხ.}} (^{\circ}\text{C})$		$m_{\text{წყ}},$ (კგ)	$m_{\text{კალ}},$ (კგ)	$t_{\text{წყ}} = t_{\text{კალ}}, (^{\circ}\text{C})$		$c_{\text{წყ}},$ $\frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}^{\circ}\text{C}}$	$c_{\text{კალ}},$ $\frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}^{\circ}\text{C}}$	$c_{\text{სხ}},$ $\frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}^{\circ}\text{C}}$
		საწყ.	საბ.			საწყ.	საბ.			
1		100						4200	920	
2		100						4200	920	

6. გაზომვის დამთავრების შემდეგ დაწერეთ სითბური ბალანსის განტოლება სამი სხეულისთვის, რომლებიც სითბოგადაცემის პროცესში მონაწილეობდა: წყალი, მეტალის ცილინდრი და კალორიმეტრის ჭიქა.

ამგვარად:

$$|Q_{sb}| = Q_{წყალი} + Q_{კალ}$$

სადაც Q_{sb} . სითბოს რაოდენობა, რომელსაც ალუმინის ცხელი ცილინდრი გასცემს, $Q_{წყ.}$ – სითბოს რაოდენობა, რომელიც წყალმა მიიღო, $Q_{კალ.}$ – სითბოს რაოდენობა, რომელიც კალორიმეტრის ჭიქამ მიიღო.

სითბოს რაოდენობა, რომელიც 100°C ტემპერატურის ცილინდრის ჩაძირვის შედეგ წყალმა და კალორიმეტრის ჭიქამ მიიღო, შესაბამისად, არის:

$$Q_{წყ} = c_{წყ} m_{წყ} (\theta - t_1)$$

ან

$$Q_{კალ} = c_{კალ} m_{კალ} (\theta - t_1),$$

სადაც t_1 და θ წყლისა და კალორიმეტრის საწყისი და საბოლოო ტემპერატურაა.

სითბოს რაოდენობა, რომელსაც ალუმინის ცილინდრი გასცემს გაცივების დროს:

$$|Q_{sb}| = |c_{sb} m_{sb} (\theta - t_2)|$$

ან

$$Q_{sb} = c_{sb} m_{sb} (t_2 - \theta),$$

სადაც t_2 და θ ცილინდრის საწყისი და საბოლოო ტემპერატურაა, c_{sb} – მისი კუთრი სითბოტევადობა.

დავწეროთ სითბური ბალანსის განტოლება:

$$c_{sb} m_{sb} (t_2 - \theta) = c_{წყ} m_{წყ} (\theta - t_1) + c_{კალ} m_{კალ} (\theta - t_1).$$

აქედან განესაზღვროთ ცილინდრის კუთრი სითბოტევადობა:

$$c_{sb} = \frac{c_{წყ} m_{წყ} (\theta - t_1) + c_{კალ} m_{კალ} (\theta - t_1)}{m_{sb} (t_2 - \theta)}.$$

7. შეადარეთ ალუმინის კუთრი სითბოტევადობის მიღებული მნიშვნელობა ცხრილებში მოცემულ მის მნიშვნელობას.

8. ექსპერიმენტი გაიმეორეთ სპილენძის ცილინდრისთვის.

შემაჯამებელი ღვაწლუბები

1. სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო სხეულის გასათბობად 18°C -იდან 52°C -მდე, თუ მისი სითბოტევადობაა $490 \frac{\text{ჯ}}{\text{გრად}}$?

- ა) 34300 ჯ.
- ბ) 25480 ჯ.
- გ) 8820 ჯ.
- დ) 16660 ჯ.
- ე) 7 ჯ.

2. სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო წყლის 25°C -მდე გასათბობად აუზში, რომლის სიგრძეა 100 მ, სიგანე – 6 მ, სიღრმე – 2 მ? წყლის საწყისი ტემპერატურაა 16°C ($c_{\text{წყ}} = 4200 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}^{\circ}\text{C}}$, $\rho_{\text{B}} = 1000 \frac{\text{კგ}}{\text{მ}^3}$)?

- ა) 45360 ჯ.
- ბ) 4536 ჯ.
- გ) 453,6 ჯ.
- დ) 4,536 ჯ.
- ე) 45,36 ჯ.

3. 400 გ მასის მქონე ფოლადის ფირფიტის სპირტქურით გაცხელების დროს იწვება 2 გ მასის სპირტი. რამდენით შეიცვლება ამ დროს ფირფიტის ტემპერატურა?

($c_{\text{ფოლ}} = 500 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}^{\circ}\text{C}}$, $q_{\text{c}} = 28 \frac{\text{მჯ}}{\text{კგ}}$)?

- ა) 280°C
- ბ) 28°C
- გ) 2800°C
- დ) $2,8^{\circ}\text{C}$
- ე) $0,28^{\circ}\text{C}$

4. 50 კგ მასის საწვავის სრული წვის დროს გამოიყოფა 1450 მჯ სითბოს რაოდენობა. რომელია ეს საწვავი?

- ა) მშრალი შეშა;
- ბ) ქვანახშირი;
- გ) ტორფი;
- დ) სპირტი;
- ე) ფიქალი.

5. რა ტემპერატურა დამყარდება $m_1 = 200$ გ მასისა და $t_1 = 40^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის და $m_2 = 30$ გ მასისა და $t_2 = 10^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის წყლის შერევის შემდეგ?

- ა) 22°C
- ბ) 69°C
- გ) 36°C
- დ) 18°C
- ე) 30°C

ნივთიერების აბრეგატული მდგომარეობის ცვლილება

3

გვ. 63–88

- 3.1. დნობა და გამყარება
- 3.2. დნობის კუთრი სითბო
- 3.3. ორთელადქცევა და კონდენსაცია
- 3.4. ნაჯერი და უჯერი ორთელი. დუღილი
- 3.5. ორთელადქცევის კუთრი სითბო
- 3.6. ჰაერის ტენიანობა
- 3.7. ტენიანობის საზომი ხელსაწყოები

• შემაჯამებელი დავალებები

3.1. დნობა და გაყინვა

როგორც იცით, ერთი და იგივე ნივთიერება შეიძლება სამ აგრეგატულ – მყარ, თხევად და აირად – მდგომარეობაში არსებობდეს. ზამთრის, შემოდგომისა და გაზაფხულის თვეებში, თუ ჰაერის ტემპერატურა 0°C -ია, თოვლი და ყინული დნება – სითხედ იქცევა, მაგრამ, დნობასთან ერთად, ამავე ტემპერატურაზე წყალი შეიძლება გაიყინოს – გამყარდეს. ჩრდილოეთსა და ანტარქტიდაში ყინვის დროს ტემპერატურა -40°C -მდე ეცემა. ამ დროს ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრის გამოყენება შეუძლებელი ხდება (რადგან ვერცხლისწყალი -39°C -ზე იყინება), ამიტომ სპირტიან თერმომეტრებს იყენებენ (სპირტის გაყინვის ტემპერატურაა -114°C).

- ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობის ცვლილების დროს:
 - ა) როგორ იცვლება ნივთიერების შინაგანი ენერგია?
 - ბ) როგორ იცვლება ნივთიერების მოლეკულური სტრუქტურა?
 - გ) როგორ იცვლება ტემპერატურა?

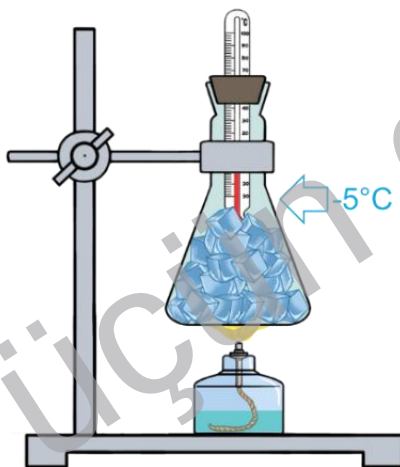
კვლევითი საშუალო -1

• ყინულის დნობა

სამუშაოსთვის საჭიროა: ყინულის ნატეხები (მაცივრის საყინულიდან), კოლბა, თერმომეტრი, სპირტქურა (ან სხვა გამაცხელებელი), შტატივი, ასანთი, საცობი, რომელსაც აქვს ხვრელი, წამმზომი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. კოლბაში ჩაყარეთ -5°C ტემპერატურიანი ყინულის ნატეხები და დაახურეთ თერმომეტრიანი საცობი.



2. კოლბა დაამაგრეთ შტატივზე და გაათბეთ სპირტქურით.
3. სამუშაო რვეულში გადაიხაზეთ ცხრილი 3.1. და ჩანერეთ თერმომეტრის ჩვენება ყინულის დნობის დაწყების მომენტში. ჩართეთ წამმზომი.

4. ჩაინიშნეთ თერმომეტრისა და წამმზომის ჩვენებები ცინულის დნობის პროცესში სრულ დადნობამდე.
5. გააგრძელეთ დაკვირვება. ჩაინიშნეთ წყლის ტემპერატურის ცვლილება და ამ ცვლილებისთვის საჭირო დრო.

ცხრილი 3.1.

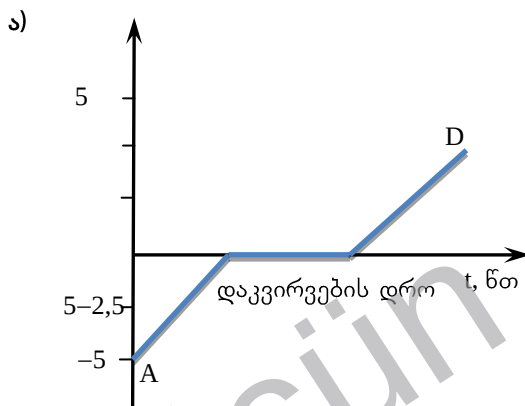
დრო (t, წთ)	0	1	2	3	4	5	6	...
ტემპერატურა (t, °C)								

იმჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ ტემპერატურაზე დაიწყო დნობა ცინულმა?
- როგორ იცვლება ტემპერატურა ცინულის დნობის პროცესში?
- რა დროის შემდეგ იწყებს კოლბაში წყლის ტემპერატურა მატებას? რატომ?
- როგორ შეიცვალა ცინულის შინაგანი ენერგია მისი დნობის პროცესში?

• **ნივთიერების მყარი მდგომარეობიდან თხევად მდგომარეობაში გადასვლის პროცესს დნობა ეწოდება.**

მყარი სხეულის დნობა რთული ფიზიკური პროცესია. ამ პროცესის სირთულეს ადასტურებს ცხრილ 3.1.-ის მონაცემების მიხედვით აგებული ცინულის ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. ცხრილის მონაცემები მიღებულია კვლევითი სამუშაოს დროს, რომელშიც ცინულის დნობის პროცესს ვაკვირდებოდით (ა).



როგორც გრაფიკიდან ჩანს, გარკვეული დროის განმავლობაში ცინული -5°C -იდან 0°C -მდე თბება (გრაფიკის **AB** უბანი). 0°C ტემპერატურის დროს ცინული დნობას იწყებს. ეს ტემპერატურა არ იცვლება ცინულის სრულ დადნობამდე, იმის მიუხედავად, რომ გამათბობლიდან ცინულისთვის სითბოს გადაცემა უწყვეტად ხდება (გრაფიკის **BC** უბანი) (ა).

რაზე იხარჯება გადაცემული სითბოს რაოდენობა?

0°C ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ ყინულისთვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა იხარჯება მისი კრისტალური მესერის დაშლაზე. ყინულის მოლეკულებს შორის მოქმედი მიზიდულობის ძალები მათ პირვანდელ მდგომარეობაში ვეღარ აკავებს. ისინი ვეღარ ინარჩუნებენ მოწესრიგებულ განლაგებას და ყინული თხევად მდგომარეობაში იწყებს გადადის. დნობის პროცესში ნივთიერების ტემპერატურის უცვლელობა ნიშნავს, რომ ნივთიერების მოლეკულების კინეტიკური ენერგია არ იცვლება. სრული დადნობის შემდეგ ნივთიერების (წყლის) მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობის ხარჯზე იზრდება მისი მოლეკულების სიჩქარე და კინეტიკური ენერგია და როგორც შედეგი – იზრდება სითხის ტემპერატურა (გრაფიკის **CD** უბანი) (**ა**).

მრავალი ცდით დადგინდა, რომ ყოველ ნივთიერებას თავისი დნობის ტემპერატურა აქვს (იხ. ცხრილი 3.2).

- ტემპერატურას, რომლის დროსაც დნება კრისტალური ნივთიერება, **დნობის ტემპერატურა** ეწოდება.
- სითხის გარკვეულ ტემპერატურამდე გაცივების შემდეგ ის მყარ მდგომარეობაში გადადის.
- ნივთიერების გადასვლას თხევადი მდგომარეობიდან მყარ მდგომარეობაში **კრისტალიზაცია** ან **გამყარება** ეწოდება. მოცემული ნივთიერების გამყარების (კრისტალიზაციის) ტემპერატურა მისი დნობის ტემპერატურის ტოლია.
- ტემპერატურას, რომლის დროსაც ნივთიერება თხევადი მდგომარეობიდან მყარ მდგომარეობაში გადადის, **კრისტალიზაციის ან გამყარების ტემპერატურა** ეწოდება.

ცხრილი 3.2. ზოგიერთი ნივთიერების დნობის ტემპერატურა ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს.

ნივთიერება	t _{დნ} , °C	ნივთიერება	t _{დნ} , °C	ნივთიერება	t _{დნ} , °C
წყალბადი	-259	კალიუმი	63	ალუმინი	660
ჟანგბადი	-219	ნაფტალინი	80	ვერცხლი	962
აზოტი	-210	ნატრიუმი	98	ოქრო	1064
სპირტი	-114	კალა	232	სპილენძი	1085
ვერცხლისწყალი	-39	ტყვია	327	ფოლადი	1500
ყინული	0	ქარვა	360	რკინა	1539
ცეზიუმი	29	თუთია	420	ვოლფრამი	3387

შპქანილი ცოდნის გამოყენება

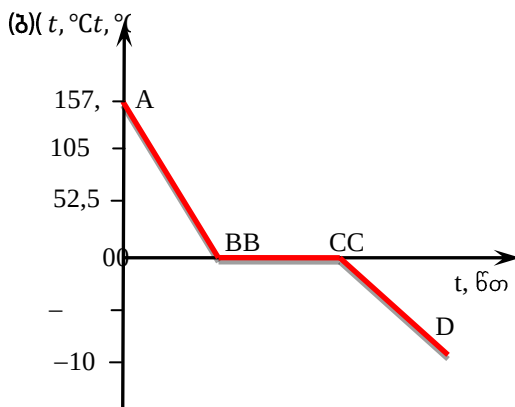
კვლევითი სამუშაო -2

• „ნაიკითხეთ“ სითხის გამყარების გრაფიკი

მოცემულია მაცივრის საყინულეში მოთავსებული წყლის ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი (ბ).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რას წარმოადგენს გრაფიკის AB უბანი?
- რომელ პროცესს შეესაბამება გრაფიკის BC უბანი? რატომ არის ამ პროცესში ტემპერატურა უცვლელი?
- რომელ პროცესს გამოხატავს გრაფიკის CD უბანი?



რა შეიტყავით?

ჩაიხაზეთ სქემა სამუშაო რეჟულში და წერტილების ნაცვლად ჩაწერეთ შესაბამისი განმარტებები.

დნობა

→ ...

დნობის ტემპერატურა

→ ...

გამყარების ტემპერატურა

→ ...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რაზე იხარჯება დნობის პროცესში ნივთიერებისთვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა?
2. შესაძლებელია თუ არა კალის დადნობა ფოლადის კოვზზე და ფოლადის დადნობა კალის კოვზზე? რატომ?
3. რომელ პროცესის დროს – დნობისა თუ გამყარების – შთაინთქმება და რომელი პროცესის დროს გამოიყოფა ენერგია?

3.2. დნობის კუთრი სითბო

ცნობილია, რომ მყარი ნივთიერების დასადნობად მას სითბოს რაოდენობა უნდა გადაეცეთ, ხოლო კრისტალიზაციის დროს ნივთიერება გასცემს სითბოს.

- რაზეა დამოკიდებული ნივთიერების დნობისა და გამყარების (კრისტალიზაციის) სითბო?

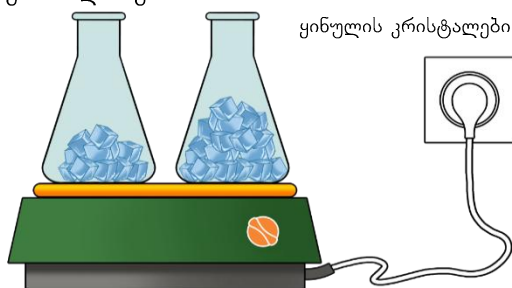
კვლევითი სამუშაო-1

• რაზეა დამოკიდებული დნობის სითბო?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ცინულის კრისტალები, კალის საფანტი (20 გ), კოლბა (4 ცალი), ელექტროგამაცხელებელი, წამმზომი.

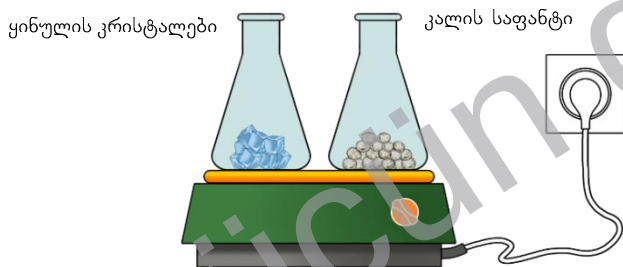
სამუშაოს მსვლელობა: I ეტაპი:

- ერთ კოლბაში მოათავსეთ 50 გ მასის ცინული, მეორეში – 100 გ მასის ცინული. კოლბები ერთდროულად გაათბეთ ერთსა და იმავე გამაცხელებელზე.
- ჩართეთ წამმზომი, განსაზღვრეთ კოლბებში ცინულის კრისტალების სრული დადნობისთვის საჭირო დროები.



II ეტაპი:

- ერთ კოლბაში მოათავსეთ 20 გ ცინული, მეორეში – 20 გ კალის საფანტი. კოლბები ერთდროულად გაათბეთ ერთსა და იმავე გამაცხელებელზე.



- ჩართეთ წამმზომი, განსაზღვრეთ კოლბებში კრისტალების სრული დადნობისთვის საჭირო დროები.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ კოლბაში დასჭირდა კრისტალების გადნობას სითბოს მეტი რაოდენობა?

• ჩატარებული კვლევითი სამუშაოს მიხედვით, რაზეა დამოკიდებული მყარი სხეულის გასადნობად საჭირო სითბოს რაოდენობა?

- **დნობის ტემპერატურის მქონე კრისტალური ნივთიერების გასადნობად საჭირო სითბოს რაოდენობას დნობის სითბო ეწოდება.**

კვლევითი სამუშაოს დროს თქვენ გაარკვიეთ, რომ დნობის სითბო დამოკიდებულია კრისტალური ნივთიერების მასასა და ნივთიერების გვარობაზე:

$$Q = \lambda m,$$

სადაც Q დნობის სითბოა, m – ნივთიერების მასა, λ – ნივთიერების დნობის კუთრი სითბო. დნობის კუთრი სითბო არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც დნობის ტემპერატურის მქონე 1 კგ მასის სხვადასხვა ნივთიერების სრული გადნობისთვის საჭირო სითბოს რაოდენობის ტოლია.

ფორმულა	საზომი ერთეული
$\lambda = \frac{Q}{m}$	$[\lambda] = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}}$
განმარტება	განმარტება
ნივთიერების დნობის კუთრი სითბო არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც 1 კგ მასის, დნობის ტემპერატურის მქონე კრისტალური ნივთიერების გადნობისთვის საჭირო სითბოს რაოდენობის ტოლია.	1 ჯოული შეფარდებული კილოგრამთან არის დნობის კუთრი სითბო, თუ მისი 1 კგ-ის დასადნობად 1 ჯ სითბოს რაოდენობა იხარჯება.

დნობის კუთრი სითბო დამოკიდებულია ნივთიერების გვარობაზე. ცხრილ 3.3.-ში მოყვანილია ზოგიერთი ნივთიერების დნობის კუთრი სითბოს მნიშვნელობები.

ცხრილი 3.3. ზოგიერთი ნივთიერების დნობის კუთრი სითბო

ნივთიერება	$\lambda, \text{კჯ/კგ}$	ნივთიერება	$\lambda, \text{კჯ/კგ}$	ნივთიერება	$\lambda, \text{კჯ/კგ}$
ვერცხლისწყალი	12	ოქრო	67	ნაფტალინი	150
ჟანგბადი	14	ფოლადი	84	სპილენძი	210
ტყვია	25	ვერცხლი	87	რკინა	270
კალა	59	თუთია	120	ყინული	340
წყალბადი	59	პარაფინი	150	ალუმინი	390

გამყარების პროცესში სითხე გარემოს თავისი შინაგანი ენერგიის ნაწილს გადასცემს. ამიტომ გამყარების დროს სითხის ენერგია მცირდება.

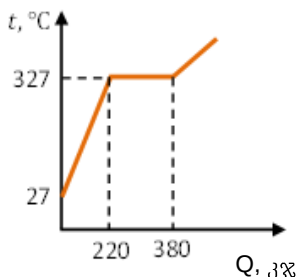
- ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად, სითბოს რაოდენობა, რომელიც მოცემული მასის სითხის კრისტალიზაციის პროცესში გამოიყოფა, ტოლია სითბოს რაოდენობისა, რომელიც მიიღო იმავე მასის ამ ნივთიერებამ მყარი მდგომარეობიდან თხევად მდგომარეობაში გადასვლის პროცესში.

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• ამოხსენით ამოცანა

მოცემული მასის ტყვიის ტემპერატურის მის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობაზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით განსაზღვრეთ სითბოს რაოდენობა, რომელიც დაიხარჯა ტყვიის დასადნობად.



რა შეიტყვით?

სითბოს რაოდენობას, რომელიც გადაეცა გასადნობად — მქონე — ნივთიერებას, ეწოდება —. — არის სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1 კგ დნობის ტემპერატურის მქონე კრისტალური ნივთიერების გასადნობად.

საკვანძო სიტყვები
დნობის სითბო
დნობის კუთრი სითბო
დნობის ტემპერატურა
კრისტალური

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორ გამოითვლება სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა დნობის ტემპერატურის მქონე კრისტალური სხეულის გასადნობად?
2. რას ნიშნავს: ვერცხლისწყლის დნობის კუთრი სითბო არის $12 \frac{\text{კჯ}}{\text{კგ}}$.
3. რაზეა დამოკიდებული კრისტალური (მყარი) სხეულის დნობის კუთრი სითბო?

3.3. ორთქლადქცევა და კონდენსაცია

ზოგჯერ ცხელ ჩაის ლამბაქიდან ვსვამთ, ვუბერავთ კოვზს, როცა ცხელ წვნიანს ვჭამთ, ზაფხულის ცხელ დღეებში კი მარაოს ვიყენებთ.

- რა აქვს საერთო ამ ყოფით მოვლენებს?

თუ ჭურჭელს, რომელშიც ცხელი წყალია, სახურავს დავახურებთ და გარკვეული დროის შემდეგ ავხდით, სახურავის შიდა ზედაპირზე წყლის წვეთებს დავინახავთ.

- საიდან წარმოიქმნა წყლის წვეთები სახურავის შიდა ზედაპირზე?

კვლევითი სამუშაო-1

- რა ცვლილება განიცადა ნივთიერების მდგომარეობამ?

სამუშაოსთვის საჭიროა: კოლბა, ჭიქა, საცობში ჩარჭობილი მინის მილი, წყალი (50 მლ), სპირტქურა, მეტალის ფირფიტა, ასანთი, შტატივი (2 ცალი).

სამუშაოს მსვლელობა:

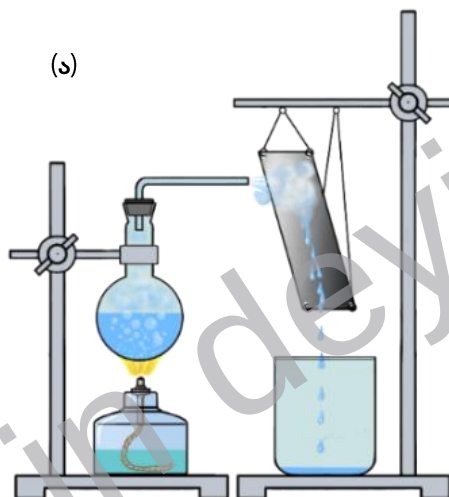
1. შტატივზე დაამაგრეთ კოლბა, ნახევრამდე შეავსეთ წყლით და დაახურეთ საცობი.
2. ანთეთ სპირტქურა. დაელოდეთ წყლის ადულებას და ორთქლის წარმოქმნას (ა).
3. მიმართეთ მინის მილიდან გამომავალი წყლის ორთქლი მეტალის ფირფიტისკენ, რომელიც შტატივზეა დაკიდებული. ფირფიტის ქვემოთ დადგით ჭიქა.
4. რამდენიმე წუთის განმავლობაში დააკვირდით ორთქლის წარმოქმნის პროცესს.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- მეტალის ფირფიტის ცივ ზედაპირთან შეხების შემდეგ რატომ იქცევა ორთქლი ისევ წყლად?
- ნივთიერების მდგომარეობის როგორი ცვლილებები ხდება კვლევითი სამუშაოს პროცესში? რატომ?

ყოველდღიური დაკვირვებები გვიჩვენებს, რომ სუნამოს, სპირტის, წყლისა და სხვა სითხეების მოცულობები, თუ ისინი თავდია ჭურჭელშია, თანდათან იკლებს. ამის მიზეზია სითხეების აორთქლება.

- ნივთიერების გადასვლას თხევადი მდგომარეობიდან აირად (ორთქლის) მდგომარეობაში ორთქლადქცევა ეწოდება.



არსებობს ორთქლადქცევის ორი სახის პროცესი: აორთქლება და დუღილი.

აორთქლება

აორთქლება არის ორთქლადქცევის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს სითხის ღია ზედაპირიდან. როგორ აიხსნება აორთქლება?

ცნობილია, რომ სითხის მოლეკულები სხვადასხვა სიჩქარით ქაოსურად მოძრაობენ. მოძრაობის დროს მოლეკულები ერთმანეთს ეჯახებიან და კინეტიკურ ენერგიას გადასცემენ. ამის გამო ზოგიერთი მოლეკულის სიჩქარე მნიშვნელოვნად იზრდება. სითხის ზედაპირთან ახლოს მყოფი მოლეკულები, რომლებმაც დიდი სიჩქარე შეიძინეს, გადალახავენ მეზობელი მოლეკულების მიზიდულობას და სითხიდან ამოხტებიან. ისინი სითხის თავისუფალი ზედაპირის ზევით ორთქლს წარმოქმნიან.

აორთქლება არის სითხის თავისუფალი ზედაპირიდან მოლეკულების ამოსვლის პროცესი. აორთქლების დროს სითხეს ტოვებენ დიდი კინეტიკური ენერგიის მქონე მოლეკულები, რაც იწვევს დარჩენილი მოლეკულების საშუალო კინეტიკური ენერგიის შემცირებას და სითხის გაცივებას. ე. ი. აორთქლების პროცესში სითხის შინაგანი ენერგია მცირდება. ეს შეგვიძლია შევამოწმოთ მარტივი ცდით: დაინვეთეთ ხელზე სუნამოს რამდენიმე წვეთი. თქვენ უმაღლესი გრძნობით ხელის ამ ადგილის გაგრილებას. აორთქლების დროს სუნამო ცივდება და ხელს სითბოს გარკვეულ რაოდენობას ართმევს.

აორთქლება სითხის ნებისმიერი ტემპერატურის დროს ხდება, მაგრამ აორთქლების სიჩქარე სხვადასხვა ფაქტორზეა დამოკიდებული:

- **აორთქლების სიჩქარე დამოკიდებულია სითხის გვარობაზე.** მაგალითად, თუ მინაზე დაეანვეთებთ ერთი და იმავე რაოდენობის წყალს, სპირტს და მზესუმზირას ზეთს, დავინახავთ, რომ პირველად სპირტი აორთქლდება, შემდეგ – წყალი. ზეთის სრულად აორთქლებას შეიძლება რამდენიმე დღე დასჭირდეს;
- **აორთქლების სიჩქარე დამოკიდებულია სითხის ზედაპირის ფართობზე.** მაგალითად, ცხელი ჩაი ღამბაქზე უფრო სწრაფად ცივდება, ვიდრე ჭიქაში;
- **აორთქლების სიჩქარე დამოკიდებულია სითხისა და გარემოს ტემპერატურებზე.** მაგალითად, წყალი გამათბობელთან ახლოს მდგარი ჭიქიდან უფრო სწრაფად აორთქლდება, ვიდრე მაგიდაზე მდგარი ჭიქიდან;
- **აორთქლების სიჩქარე დამოკიდებულია ჰაერის მოძრაობასა და მის ტენიანობაზე.** მაგალითად, აივანზე გაფენილი სველი სარეცხი ჰაერის ერთსა და იმავე ტემპერატურაზე ქარიან ამინდში უფრო სწრაფად შრება, ვიდრე უქარო ამინდში.

კონდენსაცია

სითხის ზედაპირიდან მოლეკულების ამოსვლის პროცესთან ერთად მიმდინარეობს უკუპროცესიც: სითხის ზედაპირის ახლოს ქაოსური მოძრაობის დროს მოლეკულების ნაწილი ისევ სითხეში ბრუნდება.

- **ორთქლის სითხედ გარდაქმნის პროცესს კონდენსაცია ეწოდება.**

კონდენსაციის პროცესში ორთქლიდან გამოიყოფა ენერგია.

იცით თუ არა,
რომ?

კონდენსაცია ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც ორთქლი სითხეს ეხება. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ღრუბლების წარმოქმნა: წყლის ორთქლის მოლეკულები დედამიწის ზედაპირიდან ზევით მოძრაობის დროს ატმოსფეროს შედარებით ცივ ფენებში ჯგუფდებიან და წყლის წვეთებს წარმოქმნიან. ეს წვეთები წარმოქმნიან ცაში „მოლივლივე“ ღრუბლებს.

ორთქლდება თუ არა მყარი სხეულები?

მყარი სხეულის აორთქლების პროცესს *სუბლიმაცია* ეწოდება, უკუპროცესს კი – *დესუბლიმაცია*.

- **სუბლიმაცია არის ნივთიერების მყარი მდგომარეობიდან პირდაპირ აირად მდგომარეობაში გადასვლის პროცესი.**

მაგალითად, „მშრალი ყინული“ (CO_2 მყარ მდგომარეობაში) თხევად მდგომარეობაში გადასვლის გარეშე ორთქლდება. ზოგიერთი მყარი ნივთიერების სუნს, მაგალითად ნაფტალინის სუნს მისი სუბლიმაციის გამო შევიგრძნობთ.

- **დესუბლიმაცია არის ნივთიერების აირადი მდგომარეობიდან პირდაპირ მყარ მდგომარეობაში გადასვლის პროცესი.**

მაგალითად, ყინვიან ამინდში ფანჯრის მინებზე თრთვილის წარმოქმნა: თრთვილი წარმოიქმნება ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის პირდაპირ ყინულად გარდაქმნის შედეგად.

შეჩენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

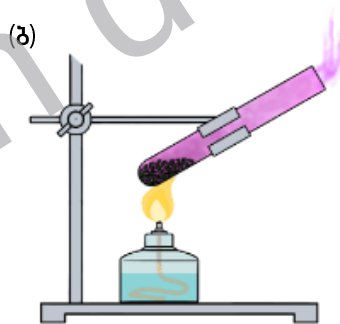
- **რაზეა დამოკიდებული აორთქლების სიჩქარე?**

სამუშაოსთვის საჭიროა: სინჯარა, სპირტქურა, იოდის კრისტალები, ასანთი, შტატივი.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. იოდის კრისტალები ჩაყარეთ სინჯარაში და დაამაგრეთ შტატივზე. 2. სინჯარა გაცხელეთ სპირტქურაზე და დააკვირდით იოდის კრისტალების ცვლილებას (ბ).

იმსჯელეთ შედეგები:

- რა არის სინჯარის გაცხელების დროს მისი შიგნითა კედლის იისფრად შეღების მიზეზი?
- რა მოვლენას დააკვირდით კვლევითი სამუშაოს დროს?



რა შეიტყვით?

ნივთიერების გარდაქმნის პროცესს თხევადი მდგომარეობიდან აირად (ორთქლის) მდგომარეობაში — ეწოდება. — არის ორთქლადქცევა, რომელიც ხდება სითხის თავისუფალი ზედაპირიდან. ორთქლის სითხედ გარდაქმნის პროცესს — ეწოდება. — არის ნივთიერების მყარი მდგომარეობიდან უშუალოდ აირად მდგომარეობაში გადასვლის პროცესი. — არის ნივთიერების აირადი მდგომარეობიდან უშუალოდ მყარ მდგომარეობაში გადასვლის პროცესი.

საკვანძო სიტყვები
აორთქლება
დესუბლიმაცია
სუბლიმაცია
ორთქლადქცევა
კონდენსაცია

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რატომ უწოდებენ ოკეანისა და ზღვის ზედაპირის ნავთობით დაბინძურებას ეკოლოგიურ კატასტროფას?
2. რატომ ცივდება ცხიმიანი წვნიანი დიდი ხნის განმავლობაში?
3. მინის ბოთლი და თიხის დოქი წყლით გავავსოთ. რომელ ჭურჭელში დარჩება წყალი გრილი? რატომ?
4. რატომ შევიგრძნობთ სიგრილეს წყლიდან ნაპირზე ამოსვლის დროს?

3.4. ნაჯერი და უჯერი ორთქლი

თქვენ შეიტყვეთ, რომ წყალი დახურულ ჭურჭელშიც ორთქლდება.

- რით განსხვავდება დახურულ ჭურჭელში სითხის აორთქლება იმავე სითხის აორთქლებისგან ღია ჭურჭელში?

ორთქლის სახეობები

არსებობს ორთქლის ორი სახეობა: **ნაჯერი და უჯერი ორთქლი**. მოლეკულები, რომლებიც დახურულ ჭურჭელში ტოვებენ წყალს, წყლის ზედაპირსა და ჭურჭლის თავსახურს შორის სივრცეში გროვდება. ზოგიერთი მოლეკულა წყალში ბრუნდება. რადგან ჭურჭელი დახურულია, ორთქლის დიდი ნაწილი კონდენსირდება და ისევ სითხედ გარდაიქმნება.

ამ პროცესში დგება მომენტი, როდესაც დროის ერთეულში სითხიდან ამოსული მოლეკულების რაოდენობა გაუტოლდება სითხეში დაბრუნებული მოლეკულების რაოდენობას. ამ მდგომარეობას დინამიკური წონასწორობა ეწოდება. დინამიკური წონასწორობის დროს ჭურჭელში ორთქლისა და სითხის რაოდენობა არ იცვლება.

- **ორთქლს, რომელიც დინამიკურ წონასწორობაშია თავის სითხესთან, ნაჯერი ორთქლი ეწოდება.**

რა ზეა დამოკიდებული ნაჯერი ორთქლის წნევა და სიმკვრივე?

დავუშვათ, დახურულ ჭურჭელში არის სითხე და მისი ნაჯერი ორთქლი. ჭურჭელი ცხელდება. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იმ მოლეკულების რაოდენობა, რომლებიც სითხეს ტოვებენ, სითხეში დაბრუნებული მოლეკულების რაოდენობაზე მეტი გახდება. ამ დროს დინამიკური წონასწორობა და ორთქლის ნაჯერი მდგომარეობა დაირღვევა. გარკვეული დროის შემდეგ დინამიკური წონასწორობა აღდგება, მაგრამ სითხის ზევით დახურულ სივრცეში ორთქლის მოლეკულების რაოდენობის მომატების გამო ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივე გაიზრდება. ორთქლის სიმკვრივის ზრდასთან ერთად გაიზრდება ორთქლის წნევაც. ამგვარად:

- **ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივე და წნევა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე: ტემპერატურის გაზრდა იწვევს ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივისა და წნევის გაზრდას.**

ღია ჭურჭელში დინამიკური წონასწორობა არ წარმოიშობა, რადგან მოლეკულების უმეტესობა, რომელიც სითხეს ტოვებს, სივრცეში გაიბნევა. ორთქლს ამ მდგომარეობაში უჯერი ეწოდება.

- **ორთქლს, რომელიც არ არის დინამიკურ წონასწორობაში თავის სითხესთან, უჯერი ორთქლი ეწოდება.**

დუღილი

სახლში თქვენ ხშირად აკვირდებით ჩაიდანში წყლის დუღილის პროცესს.

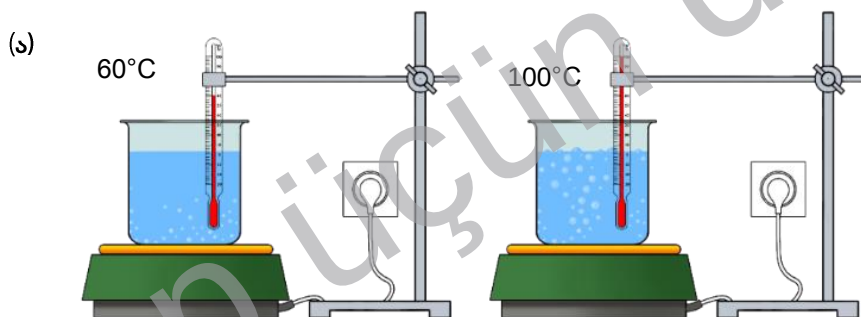
- როგორ მიმდინარეობს დუღილის პროცესი?
- დუღილის დაწყებამდე წყალი იწყებს ხმაურს, შემდეგ წყალი დუღდება და ხმა ქრება. რატომ?

კვლევითი სამუშაო-1

- **როგორ წარმოიშობა დუღილის პროცესი?**

სამუშაოსთვის საჭიროა: მინის ჭურჭელი, გამაცხელებელი, წყალი, თერმომეტრი, შტატივი.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. ჩართეთ გამაცხელებელი. ნახევარზე მეტად შევსებული ჭურჭელი დადგით გამაცხელებელზე. 2. თერმომეტრი ჩაუშვით ჭურჭელში და დაამაგრეთ შტატივზე. დააკვირდით, როგორ იზრდება წყლის ტემპერატურა, იმავედროულად დააკვირდით წყალში მიმდინარე პროცესს (ა).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ იცვლება ბუშტუკების ზომა წყლის გაცხელების პროცესში და როგორ მოძრაობენ ისინი?
- როგორ „იქცევიან“ ბუშტუკები წყლის გაცხელების პროცესში? რატომ?

წყლის გაცხელების დაწყებიდან რამდენიმე წუთის შემდეგ მის შიგნით იწყება დიდი რაოდენობით ბუშტუკის წარმოქმნა. ბუშტუკების წარმოქმნის მიზეზი წყალში გახსნილი ჰაერი და შენონილი მყარი ნაწილაკებია. გაცხელებასთან ერთად წყალი ამ ბუშტუკებში ორთქლდება. ტემპერატურის მატების პარალელურად იზრდება ორთქლის რაოდენობა თითოეულ ბუშტუკში, ე. ი. იზრდება ბუშტუკის კედელზე მოქმედი ორთქლის წნევა. შედეგად იზრდება ბუშტუკის ზომები და არქიმედეს ძალის მოქმედებით ის იწყებს წყლის ზედაპირისკენ მოძრაობას. წყლის ნაკლებად გამტარ ფენებში გადასვლის შემდეგ ბუშტუკებში არსებული ორთქლი იწყებს კონდენსირებას, ბუშტუკების მოცულობა მცირდება და ისინი ქრება. ამ პროცესს თან ახლავს დამახასიათებელი ხმაური (შიშინი). გაცხელების პროცესში კონვექციის გამო წყლის ფენების ტემპერატურა თანდათან თანაბრდება და 100°C -ზე წყლის ტემპერატურა მთელ მოცულობაში ერთნაირია. ამ დროს წყლის ორთქლით სავსე ბუშტუკები ინტენსიურად ამოდიან წყლის ზედაპირიდან.

- გარკვეულ ტემპერატურაზე სითხის მთელ მოცულობაში მიმდინარე ორთქლადქცევის პროცესს **დუღილი ეწოდება**.

დუღილი იწყება, როცა ბუშტუკებში არსებული ნაჯერი ორთქლის წნევა სითხის ზედაპირზე არსებულ წევას გაუტოლდება. ცდებით დადგინდა, რომ დუღილის დროს სითხისა და მისი ორთქლის ტემპერატურა არ იცვლება.

- ტემპერატურას, რომელზეც სითხე დუღს, **დუღილის ტემპერატურა ეწოდება**.

ცხრილ 3.4.-ში მოყვანილია ზოგიერთი ნივთიერების დუღილის ტემპერატურა ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს.

ცხრილი 3.4. ზოგიერთი ნივთიერების დუღილის ტემპერატურა ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს.

ნივთიერება	t, °C	ნივთიერება	t, °C
წყალბადი	- 253	ვერცხლისწყალი	357
ჟანგბადი	- 183	ტყვია	1740
ეთერი	35	სპილენძი	2567
სპირტი	78	რკინა	2750
წყალი	100	ოქრო	2950

დუღილის ტემპერატურა დამოკიდებულია სითხის ზედაპირზე მოქმედ გარე წნევაზე. გარე წნევის ზრდასთან ერთად დუღილის ტემპერატურა იზრდება, ხოლო წნევის შემცირებასთან ერთად, პირიქით, მცირდება.

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუალო-2

• ამოხსენით ამოცანა

სად არის წყლის დუღილის ტემპერატურა: ა) დაბალი; ბ) მაღალი; გ) 100°C ? რატომ?

1. ზღვის დონეზე;
2. პირგულიში (ზღვის დონიდან 1500 მ სიმაღლეზე);
3. სომის მაღაროში (2000 მ ზღვის დონეზე დაბლა).

რა შეიტყვით?

ორთელს, რომელიც — თავის სითხესთან, — ეწოდება. ორთელს, რომელიც არ არის დინამიკურ წონასწორობაში თავის სითხესთან, — ეწოდება. გარკვეულ ტემპერატურაზე სითხის მთელ მოცულობაში ორთელის წარმოქმნის პროცესს — ეწოდება. ტემპერატურას, რომელზეც სითხე დუღს, — ეწოდება.

საკვანძო სიტყვები
დუღილი
უჯერი ორთელი
ნაჯერი ორთელი
დინამიკური წონასწორობა
დუღილის ტემპერატურა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რაზეა დამოკიდებული ნაჯერი ორთელის წნევა და სიმკვრივე?
2. რატომ არ იცვლება სითხის ტემპერატურა დუღილის დროს?
3. რომელ ჭურჭელში ადუღდება წყალი უფრო სწრაფად: ღიაში თუ დახურულში? რატომ?
4. სითხეზე მოქმედი წნევის მომატების დროს სითხის დუღილის ტემპერატურა იზრდება, წნევის შემცირების დროს — მცირდება. რატომ?

3.5. ორთქლადქცევის კუთრი სიბო

ასაორთქლებლად სითხეს სითბოს გარკვეულ რაოდენობას გადასცემენ. კონდენსაციის დროს ორთქლი სითბოს გარკვეულ რაოდენობას გასცემს.

- რაზეა დამოკიდებული სითბოს ეს რაოდენობა?

სხვადასხვა ნივთიერების თხევადი მდგომარეობიდან აირად მდგომარეობაში გადასაყვანად სხვადასხვა რაოდენობის ენერგიაა საჭირო. ამ ენერგიას ახასიათებენ ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც **ორთქლადქცევის კუთრი სიბო** ეწოდება.

კვლევითი სამუშაო-1

- რაზეა დამოკიდებული ორთქლადქცევის სიბო?**

ამოცანა

ცდით დადგინდა, რომ 1 კგ წყლის ასაორთქლებლად მას 2,3 მგჯ სითბოს რაოდენობა უნდა გადაეცეთ, ხოლო იმავე რაოდენობის სპირტს – 0,9 მგჯ სითბოს რაოდენობა. 2 კგ წყლის ასაორთქლებლად მას უნდა გადაეცეთ 4,6 მგჯ სითბოს რაოდენობა, ხოლო იმავე რაოდენობის სპირტს – 1,8 მგჯ სითბოს რაოდენობა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რაზეა დამოკიდებული სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა სხვადასხვა სითხის ასაორთქლებლად?

- სითბოს რაოდენობას, რომელიც საჭიროა გარკვეული მასის სითხის ორთქლად გადასაქცევად მუდმივი ტემპერატურის დროს, ორთქლადქცევის სიბო ეწოდება.**

კვლევის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ორთქლადქცევის სიბო დამოკიდებულია სითხის მასასა და სითხის გვარობაზე:

$$Q = Lm,$$

სადაც Q ორთქლადქცევის სიბოა, m – სითხის მასა, L – სითხის ორთქლადქცევის კუთრი სიბო.

სითხის ორთქლადქცევის კუთრი სიბო არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც განასხვავებს სითხეებს ორთქლადქცევისთვის საჭირო სითბოს რაოდენობის მიხედვით.

ფორმულა	საზომი ერთეული
$L = \frac{Q}{m}$	$[L] = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{კგ}}$
განმარტება	განმარტება
სითხის ორთქლადქცევის კუთრი სიბო არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც 1 კგ სითხის ასაორთქლებლად საჭირო სითბოს რაოდენობის ტოლია.	1 ჯოული შეფარდებული კილოგრამთან იმ სითხის ორთქლადქცევის კუთრი სიბო, რომლის 1 კგ-ის ასაორთქლებლად საჭიროა 1 ჯ სითბოს რაოდენობა.

ორთქლადქცევის კუთრი სითბო დამოკიდებულია სითხის გვარობაზე. ცხრილ 3.5.-ში მოყვანილია ზოგიერთი სითხის ორთქლადქცევის კუთრი სითბოს მნიშვნელობები.

ცხრილი 3.5. ზოგიერთი ნივთიერების ორთქლადქცევის კუთრი სითბო (ნივთიერების დუღილის ტემპერატურაზე და ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს).

ნივთიერებები	L, მგჯ/კგ
გათბევადებული ჰაერი	0,2
ვერცხლისწყალი	0,3
ეთერი	0,4
სპირტი	0,9
თხევადი ამიაკი	1,4
წყალი	2,3

მოცემული მასის ორთქლის კონდენსაციის დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა იმავე მასის შესაბამისი სითხის აორთქლებისთვის საჭირო სითბოს რაოდენობის ტოლია მუდმივი ტემპერატურის დროს.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუალო-2

• ამოხსენით ამოცანები

- რა უნდა ვიცოდეთ ორთქლადქცევის კუთრი სითბოს განსაზღვრისათვის? 2. სითბოს რა რაოდენობა გამოიყოფა 1 კგ წყლის ორთქლის კონდენსაციის დროს 100°C ტემპერატურაზე.
- ვერცხლის ორთქლი კონდენსირდება 2466 K ტემპერატურაზე. სითბოს რა რაოდენობა გამოიყოფა 0,5 კგ ვერცხლის ორთქლის კონდენსაციის დროს? ვერცხლის ორთქლადქცევის კუთრი სითბო 2,34 მგჯ/კგ-ია.

რა შეიტყვით?

სითბოს რაოდენობას, რომელიც დაიხარჯა მუდმივ ტემპერატურაზე სითხის ორთქლად გადასაქცევად, ეწოდება --. სითბოს რაოდენობას, რომელიც საჭიროა 1 კგ მასის სითხის ორთქლად გადასაქცევად, ეწოდება --. --, რომელიც გამოიყოფა მოცემული მასის ორთქლის -- დროს, ტოლია სითბოს რაოდენობისა, რომელიც საჭიროა იმავე მასის შესაბამისი სითხის -- მუდმივი ტემპერატურის დროს.

საკვანძო სიტყვები
 სითბოს რაოდენობა
 კონდენსაცია
 აორთქლება
 ორთქლადქცევის სითბო
 ორთქლადქცევის კუთრი სითბო

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

- რატომ ახასიათებს ორთქლადქცევის კუთრი სითბო ნივთიერებას და არა სხეულს?
- რას ნიშნავს: ვერცხლისწყლის ორთქლადქცევის კუთრი სითბო 0,3 მგჯ/კგ-ია?
- სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო 5 კგ მასის წყლის ასაორთქლებლად?

3.6. ჰაერის ტენიანობა

ბაქოს მოსახლეობის უმრავლესობა ძნელად იტანს ზამთრის სიცხესა და ზაფხულის სიცხეს.

- ბაქოს ბევრი მცხოვრები თავს ცუდად გრძნობს 25°C სითბოს დროსაც კი, ქურდემირის მცხოვრებლები კი უფრო ცხელ ამინდსაც ადვილად იტანენ. რატომ?

ჰაერში ყოველთვის არის წყლის ორთქლი. ის წარმოიქმნება დედამიწის ზედაპირიდან (ოკეანებიდან, ზღვებიდან, ტბებიდან და სხვ.) წყლის აორთქლების შედეგად. ადამიანების განწყობა, ცხოველებისა და მცენარეების სიცოცხლე, აგრეთვე სამშენებლო ობიექტებისა და ტექნიკის მდგომარეობა დამოკიდებულია ჰაერში წყლის ორთქლის რაოდენობაზე. ჰაერში წყლის ორთქლის რაოდენობა განსაზღვრავს ჰაერის ტენიანობას.

ჰაერის ტენიანობის შეფასება შეიძლება ორი ფიზიკური სიდიდით: აბსოლუტური ტენიანობითა და ფარდობითი ტენიანობით.

- **აბსოლუტური ტენიანობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც რიცხობრივად 1 მ^3 ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის მასის ტოლია:**

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

სადაც ρ არის აბსოლუტური ტენიანობა (ანუ ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის სიმკვრივე), V – ჰაერის მოცულობა, m – ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის მასა.

იმის გამო, რომ ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის მასა ძალიან მცირეა, მას გრამებით გამოსახავენ და აბსოლუტური ტენიანობის საზომ ერთეულად მიღებულია გრამი შეფარდებული კუბურ მეტრთან:

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

აბსოლუტური ტენიანობა $\rho = 20 \frac{\text{გ}}{\text{მ}^3}$ ნიშნავს, რომ 1 მ^3 ჰაერში 20 გ წყლის ორთქლია.

აღსანიშნავია, რომ, თუ მხოლოდ ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობა გვეცოდინება, ვერ განვსაზღვრავთ, რამდენად შორს არის ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი ნაჯერი მდგომარეობისაგან. თუ ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი ნაჯერ მდგომარეობაში იქნება, დედამიწის მთელი ზედაპირი დაფარული იქნება წყლის წვეთებით, რომლებიც არასდროს აორთქლდება. პირიქით, თუ ჰაერში გაცილებით ნაკლები წყლის ორთქლი იქნება, ვიდრე ნაჯერი მდგომარეობის დროს, დაიწყება გვალვა, რომელიც ზიანს მოუტანს ბუნებას. ამი-

ტომ ჰაერის ტენიანობის განსასაზღვრად შემოტანილია ფიზიკური სიდიდე, რომელსაც ფარდობითი ტენიანობა ეწოდება და რომელიც გვიჩვენებს, რამდენად განსხვავდება ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის მდგომარეობა მოცემულ პირობებში წყლის ნაჯერი ორთქლის მდგომარეობისაგან.

• **ფარდობითი ტენიანობა არის მოცემულ ტემპერატურაზე ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის სიმკვრივის შეფარდება ამავე ტემპერატურაზე წყლის ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივესთან და გამოისახება პროცენტებით:**

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%,$$

სადაც φ ფარდობითი ტენიანობაა, ρ – ჰაერში წყლის ორთქლის სიმკვრივე მოცემულ ტემპერატურაზე, ρ_0 – ჰაერში წყლის ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივე იმავე ტემპერატურაზე.

ადამიანის კანიდან წყლის აორთქლების სიჩქარე დამოკიდებულია ჰაერის ფარდობით ტენიანობაზე. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის მომატებისას ადამიანის კანის ზედაპირიდან წყლის აორთქლება მცირდება. ამის გამო ადამიანის ორგანიზმში ირღვევა სითბოს ცვლის პროცესი, ადამიანი ოფლიანდება და თავს ცუდად გრძნობს. მშრალ ამინდში კი ადამიანის კანიდან წყალი სწრაფად ორთქლდება და მართალია, ტუჩებსა და სასუნთქ გზებს ლორწოვანი გარსი იცავს, მაგრამ ადამიანი თავს მაინც ცუდად გრძნობს. ყველაზე კომფორტული ადამიანის სიცოცხლისთვის არის ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 50-60%.

ცხრილ 3.6.-ში მოცემულია წყლის ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივის (ρ_0 -ს) მნიშვნელობები სხვადასხვა ტემპერატურის დროს.

ცხრილი 3.6. წყლის ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივე ρ_0 სხვადასხვა ტემპერატურაზე.

t, °C	$\rho, \text{გ/მ}^3$	t, °C	$\rho, \text{გ/მ}^3$	t, °C	$\rho, \text{გ/მ}^3$
-5	3,2	7	7,8	15	12,8
0	4,8	8	8,3	16	13,6
1	5,2	9	8,8	17	14,5
2	5,6	10	9,4	18	15,4
3	6,0	11	10,0	19	16,3
4	6,4	12	10,7	20	17,3
5	6,8	13	11,4	30	30,3
6	7,3	14	12,1	50	83,0

როგორ განისაზღვრება მოცემულ ტემპერატურაზე ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის სიმკვრივე ρ ? ამისთვის საჭიროა ვიცოდეთ ნამის წერტილი.

• **ნამის წერტილი არის ტემპერატურა, რომელზეც ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი ნაჯერ მდგომარეობაში გადადის.**

ჰაერის ნამის წერტილამდე გაცივების დროს იწყება ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის კონდენსაცია: წარმოიქმნება ნისლი, გამოიყოფა ნამი. ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის სიმკვრივე გაუტოლდება ნამის წერტილზე წყლის ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივეს.

შეამნილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუალო

• ამოხსენით ამოცანები

1. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 80%-ია, ტემპერატურა – 4°C . როგორია ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის სიმკვრივე? ამ ტემპერატურაზე წყლის ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივე $6,4 \frac{\text{გ}}{\text{მ}^3}$ -ია.
2. ჰაერის ტემპერატურა 100 მ^3 მოცულობის ოთახში 20°C -ია, ტენიანობა – 60%. რამდენი გრამი წყალია ჰაერში?

რა შეიტყვით?

ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი ხასიათდება --.

-- არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც

რიცხობრივად 1 მ^3 მოცულობის ჰაერში არსებული

წყლის ორთქლის მასის ტოლია. -- არის მოცემულ

ტემპერატურაზე ჰაერში არსებული -- სიმკვრივის

შეფარდება ამავე ტემპერატურაზე წყლის ნაჯერი

ორთქლის სიმკვრივესთან, გამოსახული

პროცენტებით. -- არის ტემპერატურა,

რომელზეც ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი ნაჯერ მდგომარეობაში გადადის.

საკვანძო სიტყვები

ნამის წერტილი
აბსოლუტური ტენიანობა
წყლის ორთქლი
ტენიანობა
ფარდობითი ტენიანობა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რას ნიშნავს: ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობა არის $9,5 \frac{\text{გ}}{\text{მ}^3}$?
2. რა პირობებში ხდება ნამის წარმოქმნა?
3. რა როლს ასრულებს ადამიანის ცხოვრებაში ტენიანობა?
4. გარემოს ტემპერატურის მომატების დროს რატომ იზრდება ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობა?

3.7. ტენიანობის საზომი ხელსაწყოები

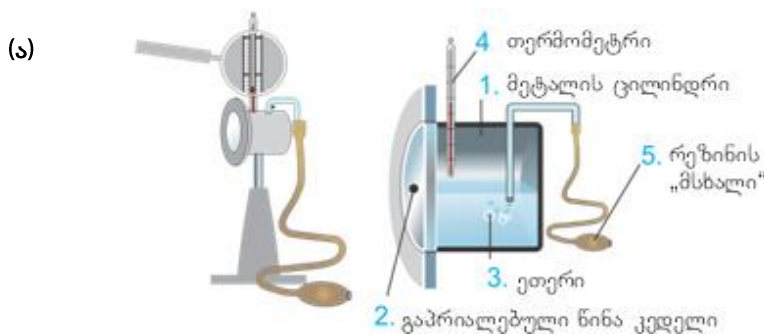
სინოპტიკოსების შეტყობინება ამინდის პროგნოზის შესახებ, როგორც წესი, შეიცავს ინფორმაციას ჰაერის ტენიანობაზე.

- როგორ იღებენ ინფორმაციას ჰაერის ტენიანობის შესახებ?
- შეგვიძლია თუ არა, დამოუკიდებლად განვსაზღვროთ ჰაერის აბსოლუტური და ფარდობითი ტენიანობა ოთახში, ფიზიკის კაბინეტში ან ეზოში?

ჰაერის ტენიანობა იზომება სპეციალური ხელსაწყოებით: *ჰიგრომეტრი* და *ფსიქრომეტრი*. ბერძნული სიტყვა *higos* ნიშნავს „ტენიანს“, *psychros* კი – „ცივს“.

კონდენსაციური ჰიგრომეტრი

ამ ხელსაწყოთი საზღვრავენ უშუალოდ ნამის წერტილს. კონდენსაციური ჰიგრომეტრი შედგება მეტალის ცილინდრისგან (1), რომლის წინა კედელი მეტალის გაპრიალებული ფირფიტაა (2).



ცილინდრში ასხამენ სწრაფად აორთქლებად სითხეს – ეთერს (3) და ათავსებენ თერმომეტრს (4). ეთერის აორთქლების დასაჩქარებლად ცილინდრიდან გამომავალ მილს, რომელშიც სითხეა ჩაშვებული, უერთებენ რეზინის „მსხალს“ (5) (ა). რეზინის „მსხლის“ საშუალებით სითხეში ტუმბავენ ჰაერს. ამ დროს ეთერი სწრაფად აორთქლდება და ცილინდრი ცივდება. ცილინდრის გაპრიალებულ გარე ზედაპირზე წარმოიქმნება ნამის წვეთები.

ეს ნიშნავს, რომ ცილინდრის ზედაპირთან ჰაერში არსებული წყლის აორთქლი ნაჯერი აორთქლის მდგომარეობაში გადავიდა. ამ მომენტში ხელსაწყოს თერმომეტრი გვიჩვენებს ტემპერატურას, რომელიც ოთახში არსებული ჰაერისთვის ნამის წერტილს შეესაბამება. თუ გვეცოდინება ნამის წერტილი და ჰაერის ტემპერატურა ოთახში, სპეციალური ცხრილებით (იხ. ცხრილი 3.6. და 3.7.) შევძლებთ ჰაერის ფარდობითი და აბსოლუტური ტენიანობის განსაზღვრას.

კვლევითი საშუალო-1

• ამოხსენით ამოცანა მოცემული ნიმუშის მიხედვით

ნიმუში

ჰაერის ტემპერატურა 20°C -ია, ჰიგრომეტრით განსაზღვრული ნამის წერტილის ტემპერატურა კი -8°C . განსაზღვრეთ ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა.

ამოხსნა და განმარტებები:

ცხრილ 3.6.-ში მოვძებნოთ წყლის ნაჯერი ორთქლის სიმკვრივე 20°C -ზე ($\rho_0 = 17,3 \frac{\text{გ}}{\text{მ}^3}$) და წყლის ორთქლის სიმკვრივე 8°C ტემპერატურაზე ($\rho = 8,3 \frac{\text{გ}}{\text{მ}^3}$) (8°C ტემპერატურაზე ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი მთლიანად ნაჯერ მდგომარეობაში გადადის). შემდეგ გამოვთვალოთ ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 20°C ტემპერატურის დროს:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\% = \frac{8,3 \frac{\text{გ}}{\text{მ}^3}}{17,3 \frac{\text{გ}}{\text{მ}^3}} 100\% \approx 50\%.$$

ამოცანა

ჰაერის ტემპერატურაა 18°C , ჰიგრომეტრით განსაზღვრული ნამის წერტილის ტემპერატურა კი -10°C . განსაზღვრეთ ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა.

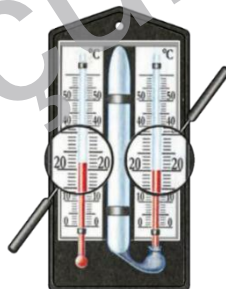
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ ტემპერატურაზეა ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა უფრო მაღალი: 20°C -ზე თუ 18°C -ზე?

ფსიქრომეტრი

ერთ-ერთი ხელსაწყო, რომელიც ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა, არის ფსიქრომეტრი. მისი მუშაობა ეფუძნება ასაორთქლებელი წყლის გაცივების ხარისხს. ფსიქრომეტრი შედგება ორი ერთნაირი თერმომეტრისგან. ერთი მათგანი ჰაერის ტემპერატურას ზომავს. მეორე თერმომეტრის ბოლოს შემოხვეული აქვს მარლა, რომელიც ჩაშვებულია წყლიან მოცულობაში. რადგან წყალი აორთქლების დროს ცივდება, მეორე თერმომეტრის ჩვენება ნაკლებია მშრალი თერმომეტრის ჩვენებაზე (ბ).

(ბ)



რაც უფრო მშრალია (ტენის გარეშეა) ჰაერი, მით უფრო სწრაფად ორთქლდება წყალი სველი მარლიდან და დაბალია სველი თერმომეტრის ჩვენება; შესაბამისად დიდია თერმომეტრების ჩვენებებს შორის სხვაობა.

თუ ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი ნაჯერ მდგომარეობაშია, მარლიდან წყალი არ აორთქლდება და თერმომეტრების ჩვენება ერთნაირი იქნება.

ამ შემთხვევაში ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა იქნება 100%. ე. ი. თერმომეტრების ჩვენებას შორის სხვაობა დამოკიდებულია ჰაერის ფარდობით ტენიანობაზე. მშრალი და სველი თერმომეტრების ჩვენებას შორის სხვაობის საფუძველზე სპეციალური ფსიქრომეტრული ცხრილის დახმარებით (იხ. ცხრილი 3.7.) შეგვიძლია განვსაზღვროთ ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა.

ცხრილი 3.7. ფსიქრომეტრული ცხრილი.

მშრალი თერმო- მეტრის ჩვენება, °C	მშრალი და სველი თერმომეტრების ჩვენებას შორის სხვაობა, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ფარდობითი ტენიანობა, %										
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	4
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

შედეგის ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საფეხი-2

• ამოხსენით ამოცანა

ფსიქრომეტრული ცხრილის დახმარებით და სახელმძღვანელოში გამოსახული ფსიქრომეტრის ჩვენების მიხედვით განსაზღვრეთ ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა (იხ. ნახ. ბ).

რა შეიტყვეთ?

ჰაერის ტენიანობა იზომება ხელსაწყოებით — და —. — განსაზღვრავენ უშუალოდ — ჰიგრომეტრით. ფსიქრომეტრის მუშაობის საფუძველია — გაცივება.

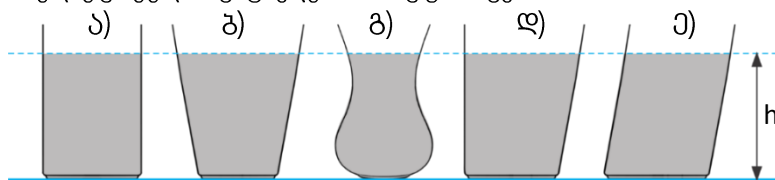
საკვანძო სიტყვები
კონდენსაციური
ასაორთქლებელი წყალი
ფსიქრომეტრი
ნამის წერტილი
ჰიგრომეტრი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რის ტოლია ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა, თუ ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი ნაჯერ მდგომარეობაშია?
2. როგორ განისაზღვრება ნამის წერტილი კონდენსაციური ჰიგრომეტრის საშუალებით?
3. როგორ განისაზღვრება ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა ფსიქრომეტრის საშუალებით?

საპარჯიშო-5

1. რომელ ჭურჭელში გაცივდება ჩაი უფრო გვიან?



2. როგორია დნობის კუთრი სითბოს ფიზიკური შინაარსი?

1. დნობის კუთრი სითბო არის სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა დნობის ტემპერატურის მქონე კრისტალური ნივთიერების ერთეული მასის გასადნობად.
2. დნობის კუთრი სითბო არის სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა დნობის ტემპერატურის მქონე ნებისმიერი მასის კრისტალური ნივთიერების გასადნობად.
3. დნობის კუთრი სითბო არის სითბოს რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა გამყარების ტემპერატურის მქონე ერთეული მასის თხევადი ნივთიერების მყარ მდგომარეობაში გადასვლის დროს.
4. დნობის კუთრი სითბო არის სითბოს რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა გამყარების ტემპერატურის მქონე ნებისმიერი მასის თხევადი ნივთიერების მყარ მდგომარეობაში გადასვლის დროს.

ა) მხოლოდ 3;

ბ) მხოლოდ 2;

გ) 1 და 3;

დ) 2 და 4;

ე) მხოლოდ 1.

3. ნახატზე მოცემულია კრისტალური ნივთიერების დნობის პროცესში

ნივთიერების ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. რომელ პროცესს შეესაბამება გრაფიკის 3-4 უბანი?

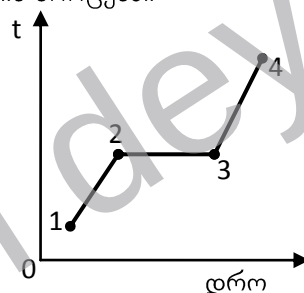
ა) დნობას;

ბ) აორთქლებას;

გ) კრისტალური ნივთიერების გაცხელებას;

დ) ნადნობის გაცხელებას;

ე) გამყარებას.



4. ორთქლდება თუ არა წყალი ღია ჭურჭლიდან 0°C ტემპერატურის დროს?

ა) არა, იმიტომ რომ წყალი ამ ტემპერატურაზე გაყინულია;

ბ) კი, იმიტომ რომ წყალი ნებისმიერ ტემპერატურაზე ორთქლდება;

გ) არა, იმიტომ რომ წყალი მხოლოდ 100°C ტემპერატურაზე ორთქლდება;

დ) არა, იმიტომ რომ წყალი მხოლოდ 0°C მაღალ ტემპერატურაზე ორთქლდება;

ე) კი, იმიტომ რომ წყალი მხოლოდ მის ზედაპირზე ნორმალურ ატმოსფერულ წნევაზე უფრო მაღალი წნევის მოქმედების დროს ორთქლდება.

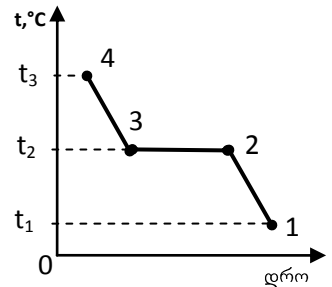
შემაჯამებელი ღაპალები

1. დნობის ტემპერატურის მქონე რამდენი კალის გადნობა შეიძლება, თუ მას 2,95 მგჯ სითბოს რაოდენობას გადავცემთ ($\lambda = 59$ კჯ/კგ)?

- ა) 20 კგ.
- ბ) 30 კგ.
- გ) 40 კგ.
- დ) 50 კგ.
- ე) 60 კგ.

2. ნახატზე მოცემულია სითხის კრისტალიზაციის პროცესში ნივთიერების ტემპერატურის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი. რომელ პროცესს შეესაბამება გრაფიკის 3-2 უბანი?

- ა) დნობას;
- ბ) სუბლიმაციას;
- გ) კრისტალის გაცხელებას;
- დ) მყარი სხეულის გაცივებას;
- ე) კრისტალიზაციას.



3. სითბოს რა რაოდენობაა საჭირო დნობის ტემპერატურის მქონე 2 კგ მასის სპილენძის სრულად გადნობისთვის ($\lambda = 180$ კჯ/კგ)?

- ა) 180 კჯ.
- ბ) 360 კჯ.
- გ) 240 კჯ.
- დ) 420 კჯ.
- ე) 300 კჯ.

4. როგორი სითბოცვლა ხდება გარემოსთან სითხის აორთქლებისა და ორთქლის კონდენსაციის დროს?

- ა) სითხის აორთქლების დროს სითბო გადაეცემა გარემოს, ორთქლის კონდენსაციის დროს გარემო გასცემს სითბოს;
- ბ) სითხის აორთქლების დროს გარემო გასცემს სითბოს, ორთქლის კონდენსაციის დროს გარემოში გამოიყოფა სითბო;
- გ) სითხის აორთქლების დროსაც და ორთქლის კონდენსაციის დროსაც გარემო გასცემს სითბოს;
- დ) სითხის აორთქლების დროსაც და ორთქლის კონდენსაციის დროსაც სითბო გამოიყოფა გარემოში;
- ე) არც სითხის აორთქლების დროს და არც ორთქლის კონდენსაციის დროს გარემოსთან სითბოცვლა არ ხდება.

5. გამოთვალეთ სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1 კგ სპირტის ორთქლად გადასაქცევად მუდმივი ტემპერატურის დროს ($L = 9 \cdot 10^5$ ჯ/კგ).

- ა) 500 კჯ.
- ბ) 600 კჯ.
- გ) 700 კჯ.
- დ) 800 კჯ.
- ე) 900 კჯ.

სითბური ძრავები

4

გვ. 89–110

- 4.1. სითბური ძრავა. სითბური ძრავას მარგი ქმედების კოეფიციენტი
- 4.2. ორთქლის ტურბინა
- 4.3. შიდაწვის ძრავები
- 4.4. რეაქტიული ძრავა
- 4.5. სითბური ძრავები და გარემოს დაცვა

• შემაჯამებელი დავალებები

4.1. სითბური ძრავა. სითბური ძრავას მარბი ქმედების კოეფიციენტი



- რა აქვს საერთო სხვადასხვა სახის სატრანსპორტო საშუალებას?
- რომელი ენერგიის ხარჯზე ხდება სატრანსპორტო საშუალებების მექანიკური მოძრაობა?

კვლევითი სამუშაო-1

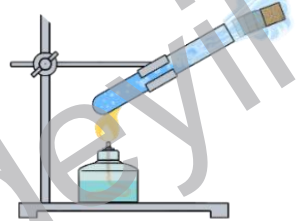
• მარტივი სითბური ძრავები

სამუშაოსთვის საჭიროა: სინჯარა, სპირტქურა, შტატივი დამჭერით, საცობი, წყალი (40-50 მლ), ასანთი.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. სინჯარა გაავსეთ წყლით და მჭიდროდ დაახურეთ საცობი. 2. სინჯარა დაამაგრეთ შტატივზე, როგორც ეს ნახატზეა ნაჩვენები და გააცხელეთ სპირტქურის ალზე. დააკვირდით, რა მოხდება წყლის ადულების შემდეგ.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ხდება სინჯარაში წყლის ადულების შემდეგ?
- ენერგიის როგორი გარდაქმნები მოხდა ექსპერიმენტის დროს: რისთვის დაიხარჯა სითბოს რაოდენობა, რომელიც სპირტქურამ გადასცა წყალს სინჯარაში?



მე-18 საუკუნის დასაწყისში შეიქმნა სითბური ძრავები, რომლებიც მექანიკურ მუშაობას ასრულებდნენ სხვადასხვა საწვავის შინაგანი ენერგიის ხარჯზე, რამაც სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუცია გამოიწვია. შიდაწვის ძრავა, ორთქლისა და აირის ტურბინა, რეაქტიული ძრავები – სითბური ძრავების სახეობებია. ეს ძრავები რომ არ ყოფილიყო, არ იქნებოდა უამრავი მანქანა და მოწყობილობა, ისეთები, როგორებიცაა ელექტროსადგურები, ავტომობილები, თვითმფრინავები, კოსმოსური ხომალდები, გემები, ლოკომოტივები, ტრაქტორები და ექსკავატორები.

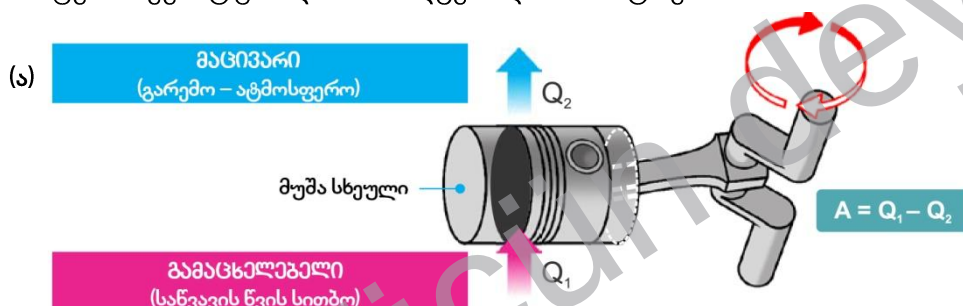
- **სითბური ძრავა არის მონყობილობა, რომელიც სანვავის შინაგან ენერგიას მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნის.**
ყველა სითბური ძრავას მუშაობას საფუძვლად უდევს საერთო კანონზომიერებები.

სითბური ძრავები შედგება სამი ნაწილისაგან: **გამაცხელებელი** (სითბოს წყარო, რომელიც სანვავის წვის ან სხვა ენერგიის ხარჯზე მიიღება), **მუშა სხეული** (ორთქლი ან სანვავის წვის პროდუქტები) და **მაცივარი** (გარემო – ატმოსფერო). ეს ნაწილები უზრუნველყოფს ძრავას უწყვეტ მუშაობას.

1. ძრავას მუშაობის პროცესში მუშა სხეული გამაცხელებლისგან იღებს სითბოს გარკვეულ რაოდენობას Q_1 .
2. გამაცხელებლისგან მიღებული სითბოს ხარჯზე მუშა სხეული ასრულებს A მუშაობას – ფართოვდება და მოძრაობაში მოჰყავს ძრავას მოძრავი ნაწილი (დგუში, ტურბინის ლილვი და სხვ.).
3. მუშა სხეულის გაფართოების პროცესი ძალიან ხანმოკლეა. იმისთვის, რომ პროცესი გამეორდეს, მუშა სხეული უნდა დაბრუნდეს საწყის მდგომარეობაში – შეიკუმშოს. მუშა სხეულის შეკუმშვისთვის მისგან მაცივარს სითბოს გარკვეული რაოდენობა Q_2 ($Q_2 < Q_1$) გადაეცემა.
ე. ი. ყველა სითბურ ძრავაში სანვავის შინაგანი ენერგიის მხოლოდ ნაწილი ($Q_1 - Q_2$) იხარჯება სასარგებლო მუშაობის ($A_{სსს}$) შესრულებაზე:

$$A_{სსს} = Q_1 - Q_2.$$

ამგვარად, ნებისმიერი სითბური ძრავას მუშაობა **ციკლების** (ბერძნულად *kiklos* – „წრე“, „ჩაკეტილი პროცესი“) გამეორებაა. ეს პროცესი სქემატურად წარმოდგენილია ნახატზე (ა).



სითბური ძრავას მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მისი **მარგი ქმედების კოეფიციენტი** (მეკ). მეკ გვიჩვენებს, გამაცხელებლისგან მიღებული სრული ენერგიის რა ნაწილი დაიხარჯა სასარგებლო მუშაობის შესრულებაზე.

- **ძრავას მიერ შესრულებული სასარგებლო მუშაობის შეფარდებას გამაცხელებლისგან მიღებული სითბოს რაოდენობასთან ძრავას მარგი ქმედების კოეფიციენტი ეწოდება.**

მეკ აღინიშნება ბერძნული ასოთი η (ეტა) და გამოისახება პროცენტებით:

$$\eta = \frac{A_{\text{სას}}}{Q_1} \cdot 100\%$$

ან

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.$$

სითბური ძრავას მეკ-ის გასაზრდელად საჭიროა, გავზარდოთ გამაცხელებლისგან მიღებული სითბოს რაოდენობა და შევამციროთ მაცივრისთვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა.

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• ამოხსენით ამოცანები

1. სითბური ძრავას მუშა სხეულმა გამაცხელებლისგან მიიღო 0,5 მგჯ სითბოს რაოდენობა, მაცივარს გადაეცა 0,4 მგჯ სითბოს რაოდენობა. რა სასარგებლო მუშაობა შეასრულა მუშა სხეულმა?
2. სითბური ძრავას მუშა სხეულმა გამაცხელებლისგან მიიღო 100 მგჯ სითბოს რაოდენობა და შეასრულა 40 მგჯ მექანიკური მუშაობა. განსაზღვრეთ ძრავას მეკ.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- სანჯავის შინაგანი ენერგიის რა ნაწილი იხარჯება სითბურ ძრავაში სასარგებლო მუშაობის შესრულებაზე?
- რას ნიშნავს სითბური ძრავას მეკ?

რა შეიტყვით?

— არის მექანიზმი, რომელიც სანჯავის შინაგან ენერგიას მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნის. ყველა სითბური ძრავა შედგება — (სითბური ენერგიის წყარო), — (ორთელი ან სანჯავის წვის სხვა პროდუქტები) და — (გარემო, ანუ ატმოსფერო). ძრავას სასარგებლო მუშაობის შეფარდებას გამაცხელებლისგან მიღებულ სითბოს რაოდენობასთან ძრავას — ეწოდება.

საკვანძო სიტყვები
მაცივარი
მუშა სხეული
მარგი ქმედების კოეფიციენტი
სითბური ძრავა
გამაცხელებელი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. მიუთითეთ რომელია სანჯავი, გამაცხელებელი, მუშა სხეული და მაცივარი თქვენ მიერ სინჯარისა და სპირტქურისაგან დამზადებულ მარტივ სითბურ ძრავაში (იხ. 4.1, კვლევითი სამუშაო-1).
2. რომელი სქემა უზრუნველყოფს სითბური ძრავას მუშაობის ციკლურობას?
3. რას ნიშნავს: სითბური ძრავას მეკ არის 50%?
4. შესაძლებელია თუ არა სითბური ძრავას მთელი შინაგანი ენერგიის მექანიკურ მუშაობად გარდაქმნა? პასუხი დაასაბუთეთ.

4.2. ორთქლის ტურბინა

თანამედროვე ტექნიკასა და წარმოებაში გამოიყენება ისეთი სითბური ძრავები, რომლებიც წყლის ორთქლის შინაგან ენერგიას მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნის.

- რა ენოდება ძრავას, რომელიც წყლის ორთქლის შინაგან ენერგიას მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნის და სად გამოიყენება ის?
- რა ასრულებს ამ ძრავებში გამაცხელებლის, მუშა სხეულისა და მაცივრის ფუნქციას?

კვლევითი სამუშაო-1

• რომელი ძრავას მოდელი დაამზადეთ?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მცირე ზომის კოლბა, რეზინის საცობი მასში გატარებული მცირე დიამეტრის მილით, სპირტქურა, შტატივი სამაგრით, კორპის საცობი, მეტალის წვრილი ღერი, ფრინველის ბუმბული, სადგისი, სპილენძის ან ალუმინის მავთული (50-70 სმ), წყალი.

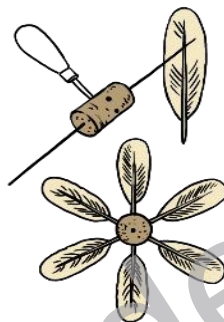
სამუშაოს მსვლელობა:

1. კოლბაში ჩაასხით წყალი და მჭიდროდ დაახურეთ რეზინის საცობი. კოლბა დაამაგრეთ შტატივზე ანთებული სპირტქურის ზევით.
2. კორპის საცობში გაატარეთ მეტალის წვრილი ღერი. სადგისით საცობის ირგვლივ სიმეტრიულად გააკეთეთ ექვსი ნახვრეტი და ჩაამაგრეთ მათში ბუმბულები. თქვენ დაამზადეთ ექვსფრთიანი ბორბალი (ა).
3. სპილენძის მავთული მოკეცეთ შუაში და მოკეცვის ადგილი ჩაამაგრეთ სადგარში. მავთულის ბოლოები ისე მოხარეთ, რომ შურდულის ფორმა მიიღოს. ფრთებიანი ბორბალი მოათავსეთ შურდულზე ისე, რომ თავისუფლად ბრუნვა შეეძლოს.
4. კოლბაში წყლის ადუღების შემდეგ ფრთებიანი ბორბალი მიუახლოეთ კოლბის მილიდან გამომავალ ორთქლის ნაკადს (ბ). იმსჯელეთ მოვლენის შესახებ.

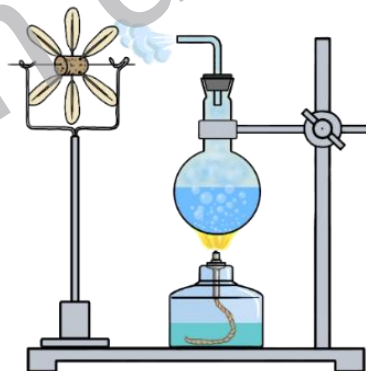
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი ძრავას მოდელი დაამზადეთ?
- როგორი თანმიმდევრობით ხდება ენერგიის გარდაქმნა ამ ძრავაში?
- თქვენ მიერ დამზადებულ ძრავაში რომელია გამაცხელებელი, მუშა სხეული და მაცივარი?

(ა)



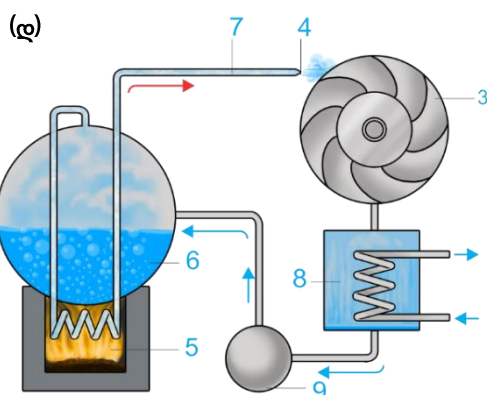
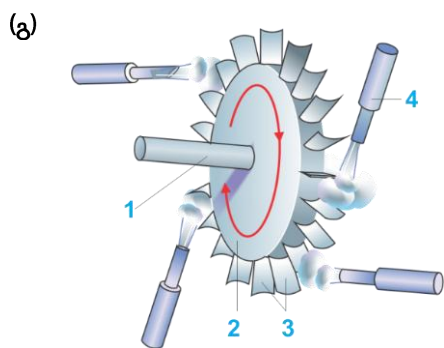
(ბ)



ორთელის ტურბინა პირველი სითბური ძრავაა, რომელიც ადამიანმა წარმოებასა და ტექნიკაში გამოიყენა.

- ორთელის ტურბინა არის სითბური ძრავა, რომელიც წყლის ორთელის შინაგან ენერგიას მექანიკურ ენერგიად გარდაქმნის.

ყველაზე მარტივი ორთელის ტურბინა შედგება ლილვის (1), მასზე წამოცმული დისკოს, (2) დისკოზე მიმაგრებულია ფრთებისა (3) და მილისაგან, რომელსაც საქშენი (4) ჰქვია. ლილვსა და ფრთებიან



წყლად გარდაიქმნება და ტუმბოს (9) საშუალებით ორთელის ქვაბში ბრუნდება.

თანამედროვე ორთელის ტურბინა შედგება არა ერთი როტორისგან, არამედ ათეულობით დისკოსაგან. თითოეულ დისკოსთან მიყ-

დისკოს ერთად ორთელის ტურბინის როტორი ეწოდება და ის სპეციალურ კორპუსშია მოთავსებული. გარეგნული სიმარტივის მიუხედავად, ორთელის ტურბინა რთული აგებულების ორთელის მანქანაა. მისი მუშაობის პრინციპი სქემატურად ნაჩვენებია (დ) ნახატზე. სითბო, რომელსაც გამაცხელებელი (5) გასცემს, ორთელის ქვაბში (6) წყალს ადუღებს. წარმოქმნილი ორთელი (მუშა სხეული) გამაცხელებელ მილში (7) გაივლის და კიდევ ერთხელ გაცხელდება. მისი წნევა $\approx 10^6$ პა-ს მიაღწევს, ხოლო ტემპერატურა – 500°C -ს.

საქშენიდან გამოსული ორთელი ფართოვდება და მისი შინაგანი ენერგია ორთელის ნაკადის კინეტიკურ ენერგიად გარდაიქმნება. დიდი კინეტიკური ენერგიის მქონე ორთელის ნაკადი წნევით მოქმედებს ტურბინის ფრთებზე, გადასცემს მათ თავისი ენერგიის ნაწილს და როტორი იწყებს დიდი სიჩქარით ბრუნვას. გამოყენებული ორთელი სპეციალურ მოწყობილობაში, რომელსაც კონდენსატორი (8) ეწოდება, ცივდება,

ვანილია რამდენიმე საქმენი (ე). საქმენებიდან გამოსული ორთქლი დისკოებს 50 წმ^{-1} სიხშირით (3000 ბრუნი/წთ-ში) აბრუნებს.

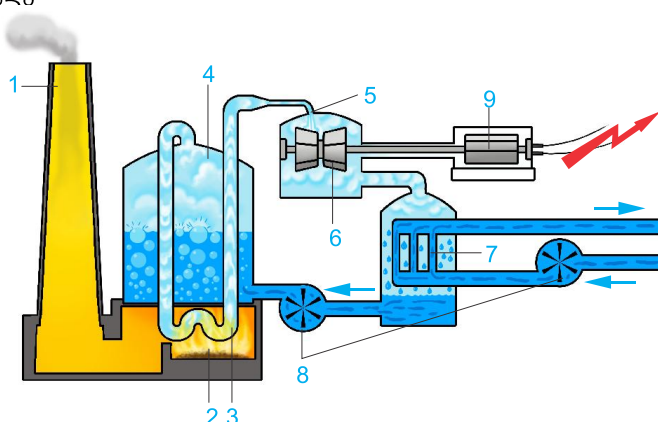
ორთქლის ტურბინები შეუცვლელი სითბური ძრავებია თანამედროვე თბოელექტროსადგურებისა და ატომური ელექტროსადგურებისათვის. ორთქლის ტურბინების მქკ 40%-ია.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საფუძო-2

• თბოელექტროსადგურის აგებულების სქემა

ნახატზე წარმოდგენილია თბოელექტროსადგურის (თესის) აგებულების სქემა. შეისწავლეთ სადგურის მუშაობის პრინციპი ნახატზე აღნიშნული ციფრებისა და ისრების მიხედვით.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- თესის რომელი ნაწილებია ციფრებით აღნიშნული?
- რომელია ორთქლის ტურბინის გამაცხელებელი, მუშა სხეული და მაცივარი?

რა შეიტყვით?

— არის —, რომელიც წყლის ორთქლის შინაგან ენერგიას გარდაქმნის მექანიკურ ენერგიად. ორთქლის ტურბინის ძირითადი ნაწილებია: გამაცხელებელი — —, მუშა სხეული — — და მაცივარი — —.

საკვანძო სიტყვები
ორთქლი
ორთქლის ტურბინა
ორთქლის ქვაბი
კონდენსატორი
სითბური ძრავა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელი ძირითადი ნაწილებისგან შედგება ორთქლის ტურბინა?
2. ახსენით ორთქლის ტურბინის მუშაობის პრინციპი.
3. საქმენიდან გამოდის 500°C ტემპერატურის ორთქლი, კონდენსატორში ხვდება 300°C ტემპერატურის ორთქლი. რა არის ორთქლის ტემპერატურის შემცირების მიზეზი?

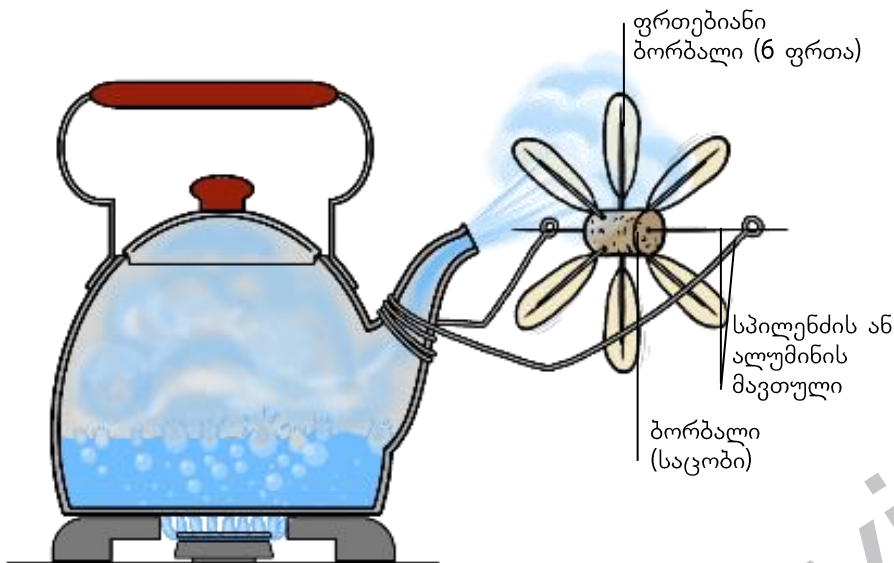
პროექტი

• სამზარეულოში დამზადებული „ორთქლის ტურბინა“

სამუშაოსთვის საჭიროა: ჩაიდანი, თქვენ მიერ დამზადებული ექვსფრთიანი ბორბალი, სპილენძის ან ალუმინის მავთული (50 – 70 სმ).

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მავთულის ბოლოებზე გააკეთეთ რგოლები და დაამაგრეთ ჩაიდნის ცხვირზე, როგორც ნაჩვენებია ნახატზე.



2. გააძვრინეთ საცობში გატარებული მეტალის ღერი მავთულის რგოლებში. მოახერხეთ, რომ ბორბალი თავისუფლად ბრუნავდეს.
3. ჩაიდანში ჩაასხით ნახევარზე ნაკლები წყალი და აადუღეთ. ჩაიდნის ცხვირიდან გამოსული ორთქლის მოქმედებით ფრთებიანი ბორბალი ბრუნვას დაიწყებს.

• მოამზადეთ ესე თქვენ მიერ დამზადებული ორთქლის ტურბინის მუშაობის პრინციპის შესახებ.

არ დაგავიწყდეთ აღნიშვნა, რომელია ორთქლის ტურბინაში გამაცხელებელი, მუშა სხეული და მაცივარი.

4.3. შიგანვის ძრავები

ავტომობილის საყიდლად მამამ არიფიც წაიყვანა. არიფმა დაინახა, რომ ერთი და იმავე მარკის ორი ავტომობილიდან ერთი 11 000 მანათი ღირს, მეორე – 14 000 მანათი.

არიფმა გამყიდველს ჰკითხა ავტომობილების ფასების განსხვავების მიზეზი და გაარკვია, რომ იაფი ავტომობილის ძრავა ბენზინზე მუშაობს, ხოლო უფრო ძვირი ავტომობილის ძრავა – დიზელის საწვავზე.

„შვილო, რომელ ავტომობილს აირჩევდი?“ – ჰკითხა მამამ არიფს.

„უფრო იაფს“, – უპასუხა არიფმა.

- თქვენ რომელ ავტომობილს აირჩევდით? რატომ?
- რით განსხვავდება ბენზინზე მომუშავე ძრავა დიზელის საწვავზე მომუშავე ძრავასგან?
- რატომ არ იყენებენ ორთქლის ძრავებს ავტომობილებში?

შეიძლება ითქვას, რომ ყველა ავტომობილს, რომლითაც დიდ მანძილებზე გადავადგილდებით ან რომელთაც მძიმე ტვირთი გადააქვთ, შიგანვის ძრავები ამოძრავებს.

- შიგანვის ძრავა არის სითბური ძრავა, რომელშიც საწვავი ინვეზიცილინდრში, ანუ უშუალოდ ძრავას შიგნით.

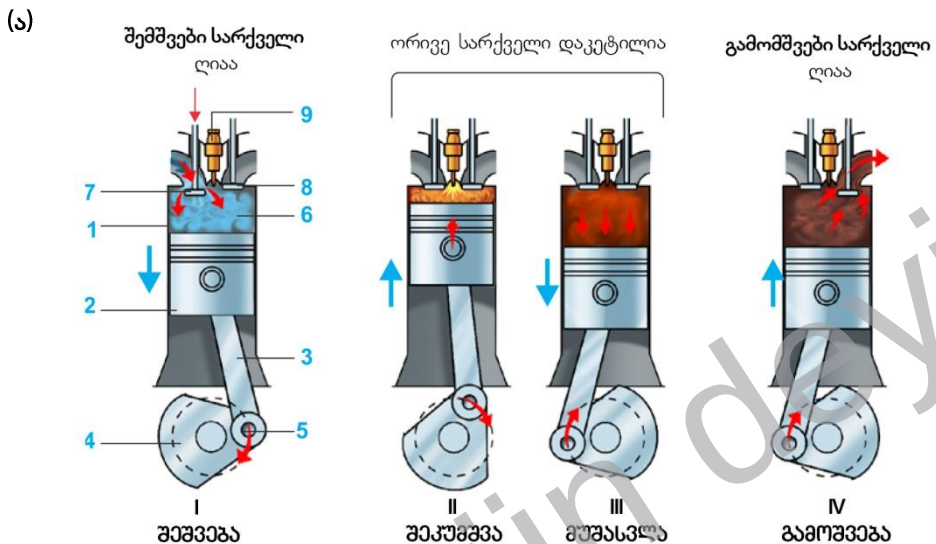
პირველი დგუშიანი შიგანვის ძრავა 1860 წელს გამოიგონა ფრანგმა ინჟინერმა ეტიენ ლენუარმა (1822–1900). დღეს არსებობს ორი სახის შიგანვის ძრავა: კარბურატორიანი ძრავა (1876 წელს გამოიგონა გერმანელმა ინჟინერმა ოტო ნიკოლაუსმა (1832–1891)) და დიზელის ძრავა (1897 წელს გამოიგონა გერმანელმა ინჟინერმა რუდოლფ დიზელმა (1858–1913)).

კარბურატორიან ძრავაში საწვავი ნარევი (ბენზინის ორთქლისა და ჰაერის ნარევი) წინასწარ მზადდება ძრავას გარეთ, სპეციალურ მონყობილობაში, რომელსაც კარბურატორი ეწოდება და შემდეგ მიეწოდება ძრავას ცილინდრს. დიზელის ძრავაში საწვავი ნარევი უშუალოდ ძრავაში მზადდება.

შიგანვის ძრავების მთავარი უპირატესობა მანამდე არსებულ სითბურ ძრავებთან შედარებით ის არის, რომ, მცირე ზომისა და მასის მიუხედავად, ისინი წვეის დიდ ძალას ავითარებენ. ამიტომაც შიგანვის ძრავა უკვე 130 წელია ფართოდ გამოიყენება ტრანსპორტში (ავტომობილი, ტრაქტორი, მატარებელი), ავიაციასა და ნაოსნობაში (დიზელ-თბომავალი, კატერი და სხვ.).

შიგანვის ძრავას მონყობილობა და მუშაობის პრინციპი

კარბურატორიანი შიგანვის ძრავა შედგება შემდეგი ნაწილებისგან (ა): საწვავი ნარევი იწვება ძრავას ცილინდრში (1). ცილინდრში დგუში (2) მიერთებულია ბარბაცასთან (3). დგუშის გადატანით მოძრაობა ბარბაცას საშუალებით გადაეცემა მუხლა ლილვს (4) და აიძულებს ლილვს, შეასრულოს ბრუნვითი მოძრაობა. ლილვზე მიერთებულია მქნევარა (იხ. ნახ. ბ). ზევით მოძრაობის დროს დგუში ცილინდრის სახურავამდე არ ადის. ცილინდრის სახურავსა და დგუშს შორის რჩება თავისუფალი სივრცე, რომელიც წარმოადგენს წვის კამერას (6). ცილინდრის სახურავში არსებული სარქველები: შემშვები (7) და გამომშვები (8) დაკავშირებულია ორ არხთან. სარქველები საჭირო დროს იღება: შემშვები სარქველით ცილინდრში შედის საწვავი ნარევი, გამომშვები სარქველით გამოტყორცნება საწვავის წვის ნარჩენები. ცილინდრის სახურავში აგრეთვე ჩამაგრებულია ანთების სანთელი (9). ელექტრული ნაპერწკალი, რომელსაც სანთელი იძლევა, აალებს საწვავ ნარევს.



შიგანვის ძრავას დგუშის თითოეულ სვლას ზევით ან ქვევით ტაქტი ეწოდება. ძრავას სრული მუშაობა ოთხი ტაქტის შემდეგ სრულდება. ამის გამო ამ ძრავებს **ოთხტაქტიანი ძრავები** ეწოდება:

I ტაქტი - შეშვება. დგუში მოძრაობს ქვევით. ცილინდრში წარმოიქმნება გაიშვიათება და იღება სარქველი 7, რომლითაც ცილინდრში საწვავი ნარევი შედის. ტაქტის ბოლოს სარქველი 7 იკეტება. დაკეტილია აგრეთვე სარქველი 8.

II ტაქტი – შეკუმშვა. დგუში მოძრაობს ზევით და კუმშავს სანვავ ნარევს. შეკუმშვისას სანვავი ნარევი მკვეთრად ცხელდება. შეკუმშვის ტაქტის ბოლოს, როცა დგუშის ზედა მდგომარეობამდე მცირე მანძილი რჩება, აალების სანთლის ნაპერწკალი აალებს სანვავ ნარევს.

III ტაქტი – მუშასვლა. აირები, რომლებიც სანვავი ნარევის წვის დროს წარმოიქმნება, დიდ წნევას ავითარებენ დგუშზე და მას ქვევით გადაადგილებენ. შედეგად მუხლა ლილვზე დამაგრებული მქნევარა იწყებს ბრუნვას. ინერციის გამო მუხლა ლილვი აგრძელებს ბრუნვას, რაც უზრუნველყოფს დგუშის მოძრაობას შემდეგ ტაქტებში.

IV ტაქტი – გამოშვება. ილება სარქველი **8** (სარქველი **7** დაკეტილია), დგუში გადაადგილდება ზევით და წვის პროდუქტები ცილინდრიდან ატმოსფეროში გამოიტყორცნება. ტაქტის ბოლოს სარქველი **8** იკეტება და ისევ იწყება პირველი ტაქტი – შეშვება.

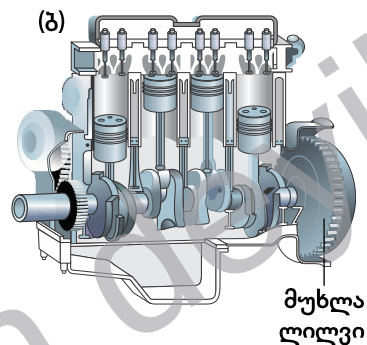
ამგვარად, შიგანვის ძრავაში გამაცხელებელი თვითონ სანვავია; მუშა სხეული არის სანვავის აალების შემდეგ ცილინდრში წარმოქმნილი აირი, რომელიც ფართოვდება და ასრულებს მექანიკურ მუშაობას; მაცივრის ფუნქციას კი ატმოსფერო ასრულებს.

ავტომობილებში უმეტესად ოთხცილინდრიანი შიგანვის ძრავები გამოიყენება. თითოეული ცილინდრის დგუში რიგრიგობით გადასცემს ბრუნვით მოძრაობას მუხლა ლილვს (**ბ**). არსებობს უფრო მძლავრი – რვაცილინდრიანი და თორმეტცილინდრიანი – ძრავებით აღჭურვილი ავტომობილები.

დიზელის ძრავა

ეს ძრავაც ოთხტაქტიანია, მაგრამ კარბურატორიანი ძრავასგან იმით განსხვავდება, რომ პირველ ტაქტში ცილინდრში სანვავი ნარევის მაგივრად ჰაერი შედის. მეორე ტაქტის ბოლოს ცილინდრში შეშვებული ჰაერი 15-20-ჯერ იკუმშება და მისი ტემპერატურა 500-600°C-მდე იზრდება. მესამე ტაქტის ბოლოს სპეციალური ტუმბოს საშუალებით ცილინდრში შეიფრქვევა დიზელის სანვავი. შეკუმშული და მაღალი ტემპერატურის ჰაერთან კონტაქტისას სანვავი ალდება. აალების შედეგად გამოყოფილი აირი დიდი წნევით მოქმედებს დგუშზე და მას ქვევით გადაადგილებს. მეოთხე ტაქტის დროს ილება გამომშვები სარქველი და ნამუშევარი აირი ატმოსფეროში გამოიტყორცნება. დიზელის ძრავას გარკვეული უპირატესობები აქვს კარბურატორიან ძრავებთან შედარებით:

- დიზელის ძრავას მეკ უფრო მაღალია;
- იყენებს ნაკლები რაოდენობის სანვავს;
- დიზელის ძრავებში გამოიყენება უფრო იაფი სანვავი (დიზელის სანვავი);
- შეუძლია წარმოქმნას დიდი წნეის ძალა.



ამ უპირატესობების გამო ტანკებში, ტრაქტორებში, ორთქლმავლებსა და გემებში, სატვირთო ავტომობილებში, ავტობუსებში და ზოგიერთ მსუბუქ ავტომობილში დიზელის ძრავებს იყენებენ.

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

• კიდევ ერთხელ შევისწავლოთ შიგანვის ძრავა

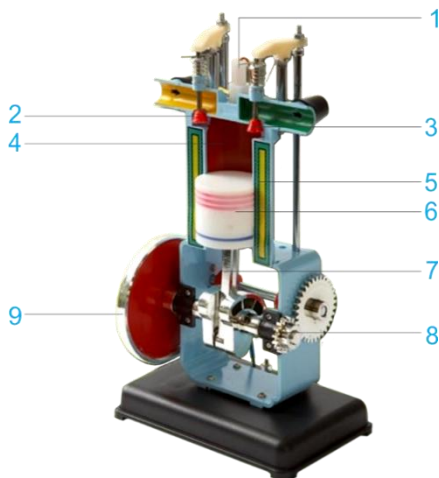
სამუშაოსთვის საჭიროა: კარბურატორიანი ძრავას მოდელი.

სამუშაოს მსვლელობა:

გამოიყენეთ ციფრული აღნიშვნები და გაარკვეთ ძრავას მუშაობის პრინციპი.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- ძრავას რომელი ნაწილებია შესაბამისი ციფრებით აღნიშნული?
- შიგანვის ძრავას მოდელზე რომელი ნაწილია გამაცხელებელი, მუშა სხეული და მაცივარი?



რა შეიტყვეთ?

— არის სითბური ძრავა, რომელშიც სანვავი ინვება ცილინდრში, ანუ უშუალოდ ძრავას შიგნით. სრულ მუშაობას ძრავა ასრულებს ოთხი — განმავლობაში. ამის გამო ამ ძრავას ეწოდება —.

საკვანძო სიტყვები
ტაქტი
შიგანვის ძრავა
ოთხტაქტიანი ძრავა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა განსხვავებაა კარბურატორიან შიგანვის ძრავასა და დიზელის ძრავას შორის?
2. რომელი ფიზიკური პროცესი ხდება შეშვების ტაქტის დროს?
3. რომელი ფიზიკური პროცესები ხდება შეკუმშვის, მუშასვლისა და გამოშვების ტაქტების დროს?

4.4. რეაქტიული ძრავა



წარმოიდგინეთ, რომ კოსმონავტი ხარ და კოსმოსური სადგურის გარეთ სარემონტო სამუშაოს ასრულებთ. შემთხვევით ბაგირი, რომელიც სადგურთან გაკავშირებდათ, იხსნება და თქვენ ღია კოსმოსში რჩებით, შეწონილ მდგომარეობაში, სადგურიდან 5-6 მ მანძილზე. სადგური ნელ-ნელა გშორდებათ. თქვენ არაფერი გაქვთ სარემონტო ინსტრუმენტების გარდა. თუ სადგურზე დაბრუნებას ვერ შეძლებთ, შეიძლება, დიდხანს დარჩეთ კოსმოსში და დაიღუპოთ.

- რას იზამთ ორბიტულ სადგურზე დასაბრუნებლად, რომელიც კოსმოსურ სივარდიელებში გშორდებათ?

კვლევითი სამუშაო-1

• რომელი სითბური ძრავას მოდელია?

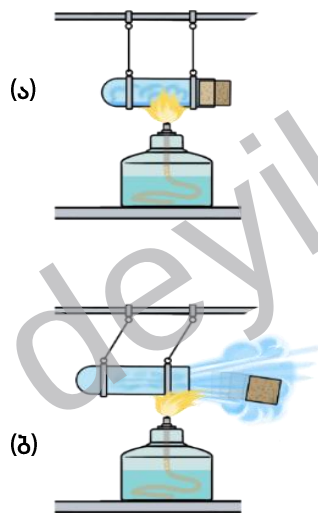
სამუშაოსთვის საჭიროა: სინჯარა, სპირტქურა, შტატივი სამაგრით, კორპის საცობი, წყალი (40-50 მლ) და ძაფი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ჩაასხით სინჯარაში წყალი და მჭიდროდ დაახურეთ საცობი.
2. სინჯარა დაკიდეთ შტატივზე ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში და გაათბეთ სპირტქურის ალით (ა).
3. მეგობრებთან ერთად იმსჯელეთ მოვლენაზე, რომელიც წყლის აბუღების შემდეგ მოხდა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა უბიძგებს სინჯარას საპირისპირო მიმართულებით მას შემდეგ, რაც წყლის ორთქლი სინჯარიდან საცობს ამოაგდებს (ბ)?
- ენერგიის რა გარდაქმნები მოხდა სამუშაოს პროცესში: რისთვის დაიხარჯა წყლის ორთქლის შინაგანი ენერგია?
- რომელი სითბური ძრავას მოდელი შექმენით?



ჩატარებულ კვლევაში ნახეთ, რომ ორი სხეული (საცობი და სინჯარა) ურთიერთქმედების შემდეგ განიზიდება და საპირისპირო მიმართულებით მოძრაობს.

- **რეაქტიული მოძრაობა არის მოძრაობა, რომელიც წარმოიშობა, როდესაც სხეულს გარკვეული სიჩქარით გამოეყოფა მისი ნაწილი.**

თანამედროვე სითბურ ძრავას, რომელიც სხეულის რეაქტიულ მოძრაობას იწვევს, რეაქტიული ძრავა ეწოდება.

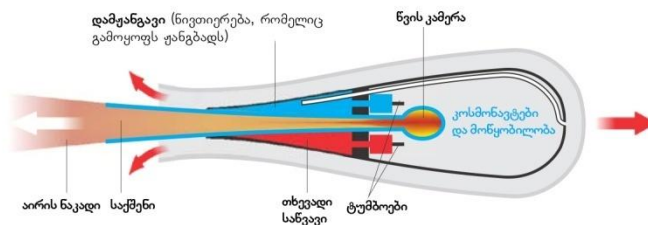
• **რეაქტიული ძრავა არის სითბური ძრავა, რომელიც საწვავის შინაგან ენერგიას აირის კინეტიკურ ენერგიად გარდაქმნის და წარმოქმნის მოძრაობისთვის საჭირო წევის ძალას.**

არსებობს რეაქტიული ძრავას ორი სახეობა: რაკეტის ძრავა და ჰაერის რეაქტიული ძრავა.

1. რაკეტის ძრავა არის რეაქტიული ძრავა, რომლის მუშაობისთვის არ არის საჭირო გარემო, მაგალითად, ატმოსფერული ჰაერი. ძრავას მუშაობისთვის საჭიროა საწვავი და დამჟანგავი ნივთიერება (რომელიც აუცილებელია საწვავის წვის პროცესისთვის უჰაერო სივრცეში), რომლებიც ძრავასთან ერთად გადაადგილდება.

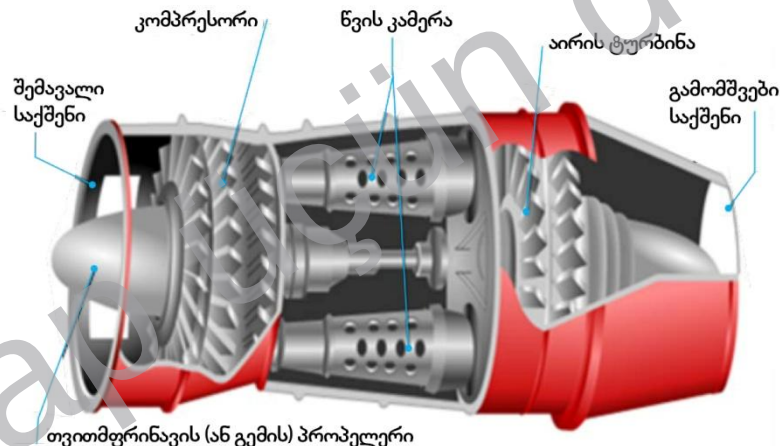
ძრავას წვის კამერაში (გამაცხელებელში) ტუმბავენ საწვავს და დამჟანგავ ნივთიერებას. საწვავი ნარევის აალების შემდეგ კამერაში წარმოიქმნება მაღალი წნევისა და ტემპერატურის აირები (მუშა სხეული). აირის ნაკადი მაღალი წნევით გამოიტყორცნება რაკეტის საქმენიდან ატმოსფეროში (მაცივარი) და რაკეტაში აღიძვრება წევის ძალა (გ).

(გ)



2. ჰაერის რეაქტიული ძრავა არის რეაქტიული ძრავა, რომლის საწვავი ძრავასთან ერთად გადაადგილდება და დამჟანგავ ნივთიერებად ატმოსფერულ ჰაერს იყენებს (დ).

(დ)



წვის კამერაში (გამაცხელებელში) კომპრესორით ტუმბავენ 200°C ტემპერატურის ჰაერს და მაღალი წნევით შეაფრქვევენ თხევად სანავას (ნავთს). სანავას წვის შედეგად ჰაერი, რომელიც მუშა სხეულს წარმოადგენს, $1500-2000^{\circ}\text{C}$ -მდე ცხელდება.

აირების წარღვრის ნაკადი, რომელიც ჰაერისა და წვის პროდუქტების სწრაფი სითბური გაფართოების შედეგად წარმოიქმნება, დიდი სიჩქარით მოძრაობს გამოსასვლელი საქმენისაკენ. მოძრაობის დროს აირი გაივლის ტურბინებში და თავის ენერგიას ხარჯავს ტურბინის დატრიალებაზე. შეძენილი მექანიკური ენერგიით მბრუნავი ტურბინის პროპელერები წარმოქმნიან წვეის ძალას. გამოყოფილი ჰაერი და წვის პროდუქტები გამომშვები საქმენიდან $\approx 500 \frac{\text{მ}}{\text{წმ}}$ სიჩქარით გამოიტყორცნება ატმოსფეროში (იხ. ნახ. დ)

შეძენილი ცოდნის გამოყენება

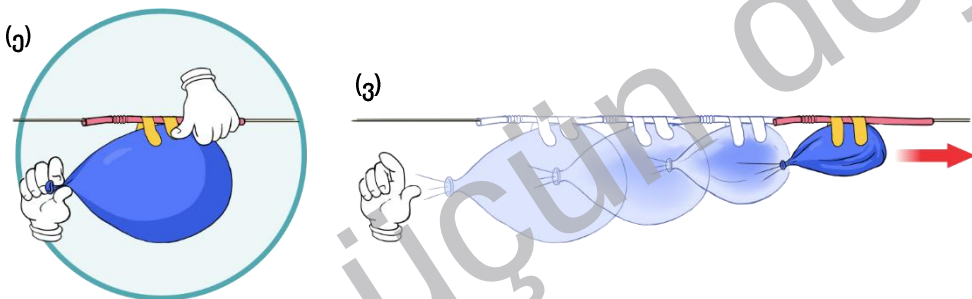
კვლევითი სამუშაო-2

• ეს რომელი მოძრაობაა?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ბუშტი, ძუა (12-15 მ), წვეის საწრუპი მილი, წებოვანი ლენტა.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ძუა გააძვრინეთ მილში, გაჭიმეთ ოთახში და მისი ბოლოები უძრავ სხეულებს, მაგალითად კარის და ფანჯრის სახელოებს, მიამაგრეთ.
2. ბუშტი გაბერეთ და წებოვანი ლენტით მიამაგრეთ მილზე (ე).
3. გაუსხენით ბუშტს ყელი და დააკვირდით წარმოქმნილ მოვლენას (ვ).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ინვეს ბუშტის მოძრაობას?
- რომელი მოძრაობის მოდელი შექმენით?

იცით თუ არა, რომ?

რეაქტიული ძრავათი პირველი წარმატებული გაფრენა 1633 წელს განახორციელა თურქმა გამომგონებელმა ლაგარი ჰასან ჩელებიმ. პრიმიტიული რაკეტით, რომლის წვის კამერაში დენთი იყო, იგი 20 წმ-ის განმავლობაში 300 მ სიმაღლეზე აფრინდა. ლაგარი წყალზე დაეშვა თვითნაკეთი ფრთების დახმარებით, რომლებმაც პარაშუტის როლი შეასრულეს (ნახატის ავტორი: შუკრუ ჩაგლაიანი; ადგილმდებარეობა: საჰაერო ძალების ბიბლიოთეკა-მუზეუმი. tr.wikipedia.org/wiki/lagari_hasan_çelebi).



რა შეიტყვით?

— ეწოდება მოძრაობას, რომელიც წარმოიშობა, როდესაც სხეულს გამოეყოფა მისი ნაწილი და საწინააღმდეგო მიმართულებით დაიწყებს მოძრაობას.

— არის სითბური ძრავა, რომელიც საწვავის — გარდაქმნის აირის ნაკადის კინეტიკურ ენერგიად და წარმოქმნის წევის ძალას, რომელიც საწვავის ნაკადის რეაქციის ძალის ტოლია.

საკვანძო სიტყვები
რეაქტიული ძრავა
შინაგანი ენერგია
რეაქტიული მოძრაობა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა არის რეაქტიული მოძრაობა?
2. რა არის ძირითადი განსხვავება რეაქტიულ ძრავასა და სხვა სითბურ ძრავებს შორის?
3. რომელია გამაცხელებელი, მუშა სხეული და მაცივარი რეაქტიულ ძრავაში?

4.5. სიტუირი ქრავები დ გარემოს დცვა

არიფმა მამასთან ერთად განაგრძო სეირნობა საავტომობილო სალონში. მათ ნახეს, რომ ერთი და იმავე მარკის ორი ავტომობილიდან ერთი 9000 მანათი ღირს, მეორე – 9500 მანათი. ისინი დაინტერესდნენ, რა იყო ფასების განსხვავების მიზეზი და გამყიდველისგან შეიტყვეს, რომ პირველ ავტომობილს არ აქვს კატალიზური ნეიტრალიზატორი (მონყობილობა, რომელიც იჭერს სანვავის მავნე ნარჩენებს). „რომელ ავტომობილს აირჩევი?“ – ჰკითხა მამამ არიფს. „უფრო იაფფასიანს“, – უპასუხა არიფმა.

- თქვენ რომელ ავტომობილს აირჩევდით: შედარებით იაფფასიანს თუ ძვირს? რატომ?
- რა ეკოლოგიურ პრობლემებს ქმნის სიტუირი ძრავები? რას შემოგვთავაზებდით ამ პრობლემების მოსაგვარებლად?

კვლევითი საფუაო-1

• რომელი ძრავა აბინძურებს უფრო მეტად გარემოს?

ნახატზე წარმოდგენილია მანქანები დიზელისა და კარბურატორიანი ძრავებით. ყურადღებით გამოიკვლიეთ ამ ძრავების მიერ ატმოსფეროში გამოშვებული წვის ნარჩენების რაოდენობები.

დიზელის ძრავა

$N_2 - 76 - 78\%$
 $O_2 - 2 - 19\%$
 $H_2O - 0,5 - 4,0\%$
 $CO_2 - 1,0 - 10,0$
 $H_2 - 0\%$

არატოქსიკური
(არამომწამლავი)

$CO - 0,01 - 0,5\%$
 $NO_x - 0,0002 - 0,5\%$
 ნახშირწყალბადები $- 0,009 - 0,5\%$
 ალდეჰიდები $- 0,001 - 0,09 \frac{მგ}{ლ}$
 მური $- 0,01 - 1,1 \frac{მგ}{გ}$
 ბენზაპირენი $- 10 \frac{მგ}{გ}$

ტოქსიკური
ნივთიერებები



ბენზინზე მომუშავე კარბურატორიანი ძრავა

$N_2 - 74 - 77\%$
 $O_2 - 0,3 - 8\%$
 $H_2O - 0,3 - 8$
 $CO_2 - 5,0 - 12,0$
 $H_2 - 0 - 0,5\%$

არატოქსიკური
(არამომწამლავი)

$CO - 0,5 - 12,0\%$
 $NO_x - 0,8\%$
 ნახშირწყალბადები $- 0,2 - 3,0\%$
 ალდეჰიდი $- 0,2 \frac{მგ}{გ}$
 მური $- 0 - 0,04 \frac{მგ}{გ}$
 ბენზაპირენი $- (10 + 20) \frac{მგ}{გ}$

მომწამლავი
ნივთიერებები



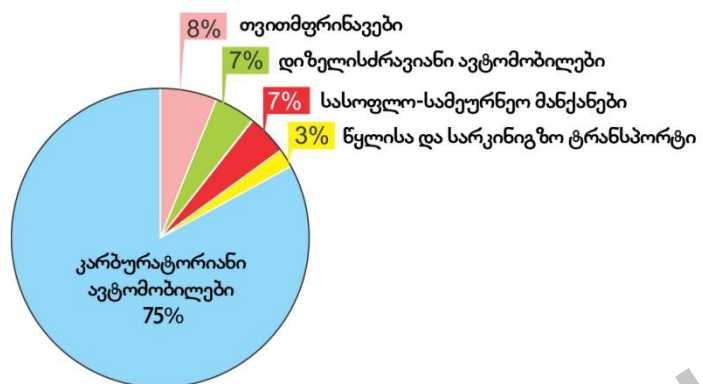
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი ძრავა აბინძურებს გარემოს უფრო მეტად: დიზელის თუ კარბურატორიანი?

სითბური ძრავა ერთი სახის ენერგიის გარკვეულ ნაწილს (როგორც წესი, 30-40%-ს) მეორე სახის ენერგიად გარდაქმნის. ენერგიის დარჩენილი ნაწილი ატმოსფეროში გამოიყოფა. ატმოსფეროში გამოყოფილი ენერგია სერიოზულ ზიანს აყენებს გარემოს: ჯერ ერთი, საწვავის წვისას დიდი რაოდენობით ატმოსფერული ჟანგბადი იხარჯება; მეორე, გამოიყოფა დიდი რაოდენობის სითბო, რაც იწვევს დედამიწის ზედაპირთან ატმოსფეროს ტემპერატურის მომატებას; მესამე, წვის პროდუქტების ნარჩენები აბინძურებს ატმოსფეროს, წყალს, ნიადაგს; მეოთხე, სითბური ძრავა მუშაობის დროს წარმოქმნის ხმაურს და ა. შ.

კვლევების შედეგად სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალების მიერ მიყენებული ზარალი შემდეგნაირადაა შეფასებული:

სატრანსპორტო
საშუალებებით
გარემოს
დაბინძურების
ხარისხი



ატმოსფეროში მავნე ნარჩენების რაოდენობის შემცირების მიზნით სპეციალისტებმა დაამზადეს სპეციალური კატალიზური ნეიტრალიზატორი. ის ატმოსფეროში გამოყოფილი მხუთავი აირის (CO) რაოდენობას 80%-ით ამცირებს, აზოტის ოქსიდების რაოდენობას (NO_x) – 50%-ით. სატრანსპორტო საშუალებების სითბური ძრავების მავნე შედეგებთან ბრძოლა რამდენიმე მიმართულებით მიმდინარეობს:

1. სითბური ძრავების გაუმჯობესება: ნაკლები რაოდენობის საწვავის დაწვით იმავე რაოდენობის მექანიკური ენერგიის მიღება.
2. საწვავის სრული დაწვა: მაგალითად, ბენზინის ნაცვლად ბუნებრივი ან თხევადი აირის გამოყენება.
3. ელექტრომობილების სრულყოფა და მასობრივი წარმოება.
4. ავტომობილებში ძრავის ბატარეების გამოყენება.
5. ელექტრული ძრავების გამოყენება მაგნიტური ან პნევმატიკური დაკიდების ბატარეებისთვის და ა. შ.

თბოელექტროსადგურებში გამოყენებული ძრავებიც ზიანის მომტანია გარემოსთვის. მავნე ნარჩენების გარდა, რომლებიც ზიანს

აყენებენ ცოცხალ ორგანიზმებს, ისინი ხელს უწყობენ გლობალური დათბობის პროცესს.

დღეს ადამიანის წინაშე დგას ამოცანა – შეინარჩუნოს ბუნებრივი საარსებო გარემო. ამ პრობლემის მოგვარების ერთ-ერთი გზაა ენერგიის ალტერნატიული წყაროების: მზის, ქარის, ზღვის მოქცევისა და სხვა ენერგიის გამოყენება.

შეჯამებული ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საგუაშაო-2

• რამდენად სუფთა ატმოსფეროა ქალაქ ბაქოში?

ამოცანა

ჩატარებულმა პრაქტიკულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ მსუბუქი ავტომობილი კარბურატორიანი ძრავათი წლის განმავლობაში ატმოსფეროდან შთანთქმავს 40 ტ ჟანგბადს, სამაგიეროდ, წვის ნარჩენებთან ერთად გამოტყორცნის 800 კგ მსუბუქ აირს (CO), 40 კგ აზოტის ოქსიდებს და 200 კგ ნახშირწყალბადს. ინფორმაციის თანახმად, 2014 წლის განმავლობაში ბაქოს ქუჩებში ყოველდღიურად მოძრაობდა 750 000 მსუბუქი ავტომობილი. რა ზიანს აყენებენ ეს ავტომობილები გარემოს წლის განმავლობაში?

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა როდენობის ჟანგბადს შთანთქმავს და რა როდენობის მსუბუქ აირსა და აზოტის ოქსიდებს გამოიყოფენ მსუბუქი ავტომობილები ქალაქ ბაქოში ერთი წლის განმავლობაში?
- რას შემოგვთავაზებდით ავტომობილების მავნე ზემოქმედების შესამცირებლად?

რა შეიტყავით?

სითბური ძრავას მუშაობის — სერიოზულ ზიანს აყენებს გარემოს: პირველი, — დროს იხარჯება დიდი რაოდენობის ატმოსფერული —, მეორე, გამოიყოფა დიდი —, რაც ზრდის დედამიწის ატმოსფეროს ქვედა ფენების ტემპერატურას, მესამე, ატმოსფეროში, წყალსა და ნიადაგში დიდი რაოდენობით მოხვედრილი წვის ნარჩენები აბინძურებს მათ და მეოთხე, ძრავების მუშაობა წარმოქმნის დიდ — და ა. შ.

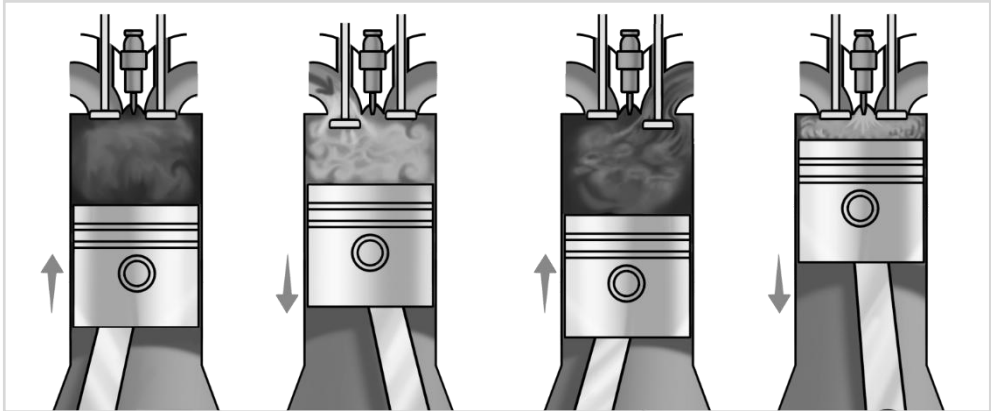
საკვანძო სიტყვები
ჟანგბადი
ნარჩენები
ხმაური
სითბოს რაოდენობა
საწვავის წვა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა მავნე ნივთიერებები გამოიყოფა ატმოსფეროში სითბური ძრავას მუშაობის დროს?
2. რით შეიძლება ამ მავნე ზემოქმედების შემცირება?
3. ქალაქ ბაქოს რომელ რაიონებშია ატმოსფერო უფრო მეტად დაბინძურებული?
4. გარემოს დაცვის მიზნით რომელ ავტომობილს შეიძენდით: კარბურატორიანი თუ დიზელის ძრავათი? რატომ?

საპარჯიშო-6

1. რატომ არ იყენებენ წყალქვეშა ნაგები წყალქვეშ ცურვის დროს შიგანვის ძრავას?
2. რამდენჯერ იღება ოთხტაქტიანი ძრავას შემშვები და გამომშვები სარქველები მისი მუხლა ლილვის ორი სრული ბრუნის დროს?
3. ნახატზე წარმოდგენილია ოთხტაქტიანი ძრავას ცილინდრის ქრილი. რომელი ციფრებით არის აღნიშნული შემშვებისა და გამომშვების ციკლები?



1

2

3

4

4. რომელ სიტბურ ძრავას არ აქვს დგუში, ბარბაცა და მუხლა ლილვი და ძრავას მაღალ ტემპერატურამდე გაცხელებული ორთქლის ან აირის ნაკადი აბრუნებს?
5. კოსმოსური ხომალდი ძირითადად დედამიწის ატმოსფეროს საზღვრებს გარეთ მოძრაობს. ახსენით უჰაერო სივრცეში რაკეტის მოძრაობის მიზეზი.
6. სიტბური ძრავა გამაცხელებლისგან იღებს 0,8 მგჯ სიტბოს რაოდენობას, მაცივარს გადასცემს 0,6 მგჯ სიტბოს რაოდენობას. როგორია მისი მქკ? რას ნიშნავს მქკ-ის მიღებული მნიშვნელობა?

შემაჯავებელი დავალებები

1. ორთქლის ტურბინის მქ 35%-ის ტოლია.

ეს ნიშნავს, რომ...

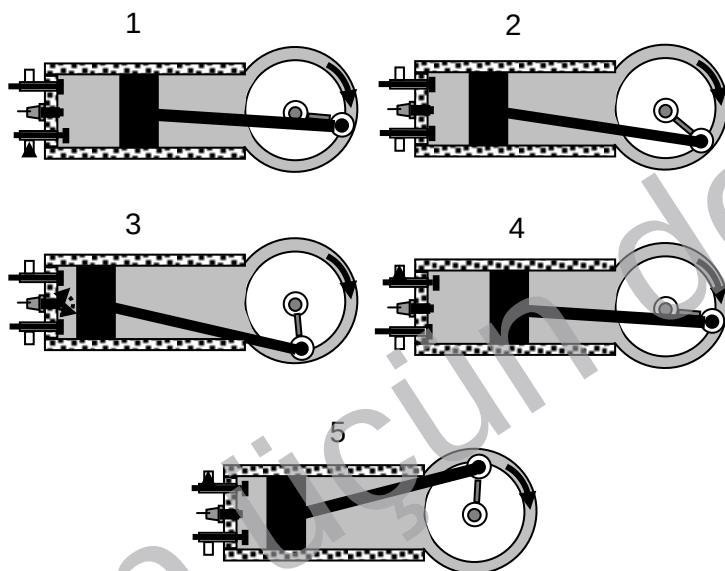
- ა) ...საწვავის სრული დანვის შემდეგ გამოყოფილი ენერგიის 65% იხარჯება სასარგებლო მუშაობის შესრულებაზე.
- ბ) ...საწვავის სრული დანვის შემდეგ გამოყოფილი ენერგიის 35% იხარჯება სასარგებლო მუშაობის შესრულებაზე.
- გ) ...საწვავის სრული დანვის შემდეგ გამოყოფილი ენერგიის 65% გარდაიქმნება ძრავას დეტალების შინაგან ენერგიად.
- დ) ...საწვავის სრული დანვის შემდეგ გამოყოფილი ენერგიის 35% გარდაიქმნება ძრავას დეტალების შინაგან ენერგიად.
- ე) ...საწვავის სრული დანვის შემდეგ გამოყოფილი ენერგიის 35% გარდაიქმნება ორთქლის შინაგან ენერგიად.

2. რისგან შედგება საწვავი ნარევი, რომელიც კარბურატორიანი ძრავას ცილინდრს მიეწოდება?

- ა) სხვადასხვა სახის თხევადი საწვავისგან;
- ბ) შეფრქვეული ნავთისა და ჰაერისგან;
- გ) ჰაერისა და ბენზინის ორთქლისგან;
- დ) სამანქანო ზეთისა და ბენზინისგან;
- ე) წყლის, სამანქანო ზეთისა და ბენზინისგან.

3. რომელ ნახატზეა ნაჩვენები მუშა სვლის ტაქტი?

- ა) 1 და 3; ბ) მხოლოდ 2; გ) მხოლოდ 3; დ) მხოლოდ 4; ე) 2 და 4.



4. რომელია რეაქტიული ძრავას გამაცხელებელი, მუშა სხეული და მაცივარი?

- ა) გამაცხელებელი – წვის კამერაა, მუშა სხეული – სანავის წვის პროდუქტები, მაცივარი – ატმოსფერო.
- ბ) გამაცხელებელი – სანავის წვის პროდუქტებია, მუშა სხეული – წვის კამერა, მაცივარი – ატმოსფერო.
- გ) გამაცხელებელი – ატმოსფეროა, მუშა სხეული – წვის კამერა, მაცივარი – სანავის წვის პროდუქტები.
- დ) გამაცხელებელი – ატმოსფეროა, მუშა სხეული – სანავის წვის პროდუქტები, მაცივარი – წვის კამერა.
- ე) გამაცხელებელი – სანავის წვის პროდუქტებია, მუშა სხეული – ატმოსფერო, მაცივარი – წვის კამერა.

5. რისთვის არის საჭირო სითბურ ძრავაში გამაცხელებელი?

- ა) შინაგანი ენერგიის მექანიკურ ენერგიად გარდასაქმნელად;
- ბ) გამოუყენებელი ენერგიის მოსაშორებლად;
- გ) მექანიკური ენერგიის შინაგან ენერგიად გარდასაქმნელად;
- დ) სანავი ნარევის დასანავად;
- ე) მუშა სხეულისთვის სითბოს გადასაცემად.

ელექტრული მუხტი. ელექტრული ველი

5

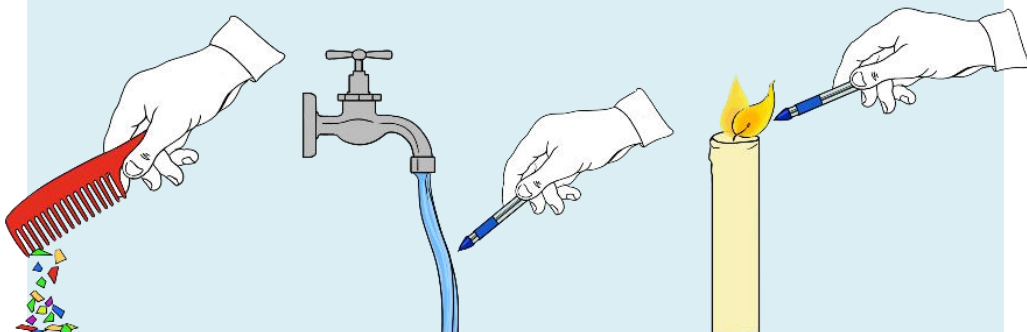
გვ. 111–146

- 5.1. სხეულების დაელექტროება. ელექტრული მუხტი
- 5.2. ატომის აგებულება. დაელექტროების ბუნება
- 5.3. გამტარები და დიელექტრიკები
- 5.4. ელექტროსტატიკური ინდუქცია
- 5.5. ელექტროსკოპი. ელექტრომეტრი
- 5.6. ელექტრული მუხტის მუდმივობის კანონი
- 5.7. ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედება: კულონის კანონი
- 5.8. ელექტრული მუხტის გამაცალკევებელი, დამგროვებელი და გადამცემი მონაცხილობები
- 5.9. ელექტრული ველი. ელექტრული ველის დაძაბულობა
- 5.10. ელექტრული ველის ძალწირები

• შემავსებელი დავალებები

5.1. სხეულების დაელექტროება. ელექტრული მუხტი

სუფთა და მშრალი თმის დავარცხნის შემდეგ სავარცხელი ქაღალდის ნაკუნებს მიუახლოეთ. ნახავთ, რომ სავარცხელი ქაღალდის ნაკუნებს მიიზიდავს. გაიხახუნეთ სანერი კალამი თმაზე და წყლის წვრილ ჭავლს ან სანთლის ალს მიუახლოეთ. ნახავთ, როგორ გადაიხრება კალმისკენ წყლის ჭავლი და სანთლის ალი.



- რატომ იზიდავს დავარცხნის შემდეგ სავარცხელი ქაღალდის ნაკუნებს?
- რა არის წყლის ჭავლისა და სანთლის ალის კალმისკენ გადახრის მიზეზი?

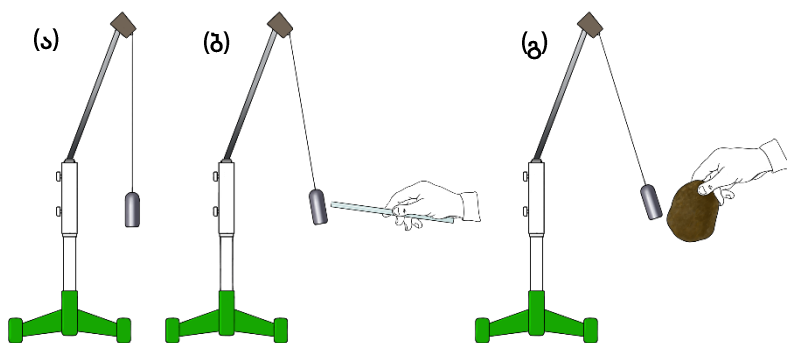
კვლევითი სამუშაო -1

• რა ახალ თვისებებს ავლენენ სხეულები ხახუნის შემდეგ?

სამუშაოსთვის საჭიროა: პლასტმასის შტატივი, მეტალის ღერი ბოლოზე წამოცმული რეზინის საცობით, ძაფზე მიბმული ალუმინის ფოლგისგან დამზადებული პატარა ცილინდრი (ალუმინის ჰილზი), მინის წკირი, შალის ნაჭერი, სარჭი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მეტალის ღერი დაამაგრეთ შტატივზე. ძაფის თავისუფალი ბოლო მოაბით სარჭს, რომელიც ჩარჭობილია რეზინის საცობში (ა).
2. მიუახლოეთ ალუმინის ჰილზს ჯერ მინის წკირი, შემდეგ შალის ნაჭერი. დააკვირდით, რა მოხდება.
3. გაუხახუნეთ მინის წკირი შალის ნაჭერს და თითოეული მათგანი მიუახლოეთ ძაფზე დაკიდებულ ალუმინის ჰილზს. დააკვირდით, რა მოხდება (ბ და გ).



იმსჯელოთ შედეგებზე:

- რა მოხდა, როცა მინის წკირი და შალის ნაჭერი პირველად მიუახლოეთ ძაფზე დაკიდებულ ალუმინის ჰილზს?
- რა ახალი თვისებები გამოავლინეს სხეულებმა, როცა მინის წკირი შალის ნაჭერზე ხახუნის შემდეგ მიუახლოეთ ძაფზე დაკიდებულ ალუმინის ჰილზს?

ასეთი მოვლენები ადამიანისთვის უძველესი დროიდან იყო ცნობილი. ძველი წელთაღრიცხვით 624–547 წლებში ძველმა ბერძენმა ფილოსოფოსმა თალეს მილეტელმა გაარკვია, რომ ყვითელი ქარვა (რომელსაც ადამიანები მყარი ფისის სახით მოიპოვებდნენ მინიდან) აბრეშუმის ან შალის ნაჭერზე ხახუნის შემდეგ ხანგრძლივად ინარჩუნებს თმის, ფოთლების, მშრალი ბალახის ღერისა და სხვათა მიზიდვის უნარს. ძველბერძნულად ქარვის სახელია „ელექტრონი“. თუ ქარვა იზიდავს სხვა სხეულებს, ამბობენ, რომ ქარვა დაელექტროებულია.

- თუ ხახუნის შემდეგ სხეული მიიზიდავს (ან განიზიდავს) სხვა სხეულებს, ამბობენ, რომ ეს სხეული **დაელექტროებულია**: მას გადაეცა **ელექტრული მუხტი** ან დაკარგა **ელექტრული მუხტი**. სხეულისთვის ელექტრული მუხტის გადაცემის ან სხეულის მიერ ელექტრული მუხტის დაკარგვის პროცესს **დაელექტროება** ეწოდება.

- **რა შემთხვევაში მიიზიდავენ და რა შემთხვევაში განიზიდავენ ერთმანეთს დაელექტროებული სხეულები?**

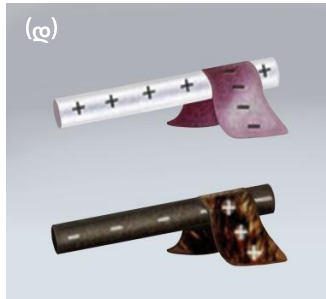
ჩატარებული კვლევებით გაირკვა, რომ:

- 1) ორი ერთნაირი სხეულის ერთნაირ ნაჭერზე ხახუნის დროს სხეულები ერთნაირი მუხტით ელექტროვდება;
- 2) ერთნაირი მუხტით დაელექტროებული სხეულები განიზიდავენ;
- 3) სხვადასხვანაირი მუხტით დაელექტროებული სხეულები მიიზიდება.

- **რა სახის მუხტით ელექტროვდება ორი სხეული, მაგალითად ებონიტისა და მინის ღერები, ხახუნის შემდეგ?**

მრავალრიცხოვანი ცდით დადგინდა, რომ ერთმანეთთან ხახუნის შემდეგ სხეულები სხვადასხვა სახის მუხტით ელექტროვდება.

მიღებული იყო, რომ მინის წკირი, რომელიც აბრეშუმის ნაჭერს გაუხახუნეს, დადებითი („+“) ელექტრული მუხტით დაელექტროვდა, ხოლო აბრეშუმის ნაჭერი – უარყოფითი („-“) ელექტრული მუხტით. ებონიტის ღერი, რომელიც შალის ნაჭერს გაუხახუნეს, უარყოფითი („-“) ელექტრული მუხტით ელექტროვდება, ხოლო შალის ნაჭერი – დადებითი („+“) ელექტრული მუხტით (დ).



• ბუნებაში არსებობს ორი სახის ელექტრული მუხტი, რომლებსაც პირობითად დადებითი ელექტრული მუხტი და უარყოფითი ელექტრული მუხტი ეწოდება.

ელექტრულ მუხტებს, რომლებსაც ერთნაირი ნიშანი აქვთ (ორივე ელექტრული მუხტი დადებითია ან ორივე უარყოფითი), ერთსახელიანი ეწოდება, ელექტრულ მუხტებს, რომლებსაც სხვადასხვა ნიშანი აქვთ (ერთი მუხტი დადებითია, მეორე კი – უარყოფითი), სხვადასხვასახელიანი ეწოდება.

ელექტრული მუხტი აღინიშნება q ასოთი. ყველა დაელექტროვებულ სხეულს ნულისგან განსხვავებული ელექტრული მუხტი აქვს. სხეულებს, რომლებსაც ელექტრული მუხტი არ გააჩნიათ, ეწოდება ელექტრონეიტრალური (ელექტრულად ნეიტრალური) ან სხეულები, რომლებსაც მუხტი არ აქვთ. SI სისტემაში მუხტის საზომი ერთეულია კულონი ($კ$), რომელიც ერთეულს ფრანგი ფიზიკოსის შარლ კულონის პატივსაცემად ეწოდა:

$$[q] = 1კ.$$

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

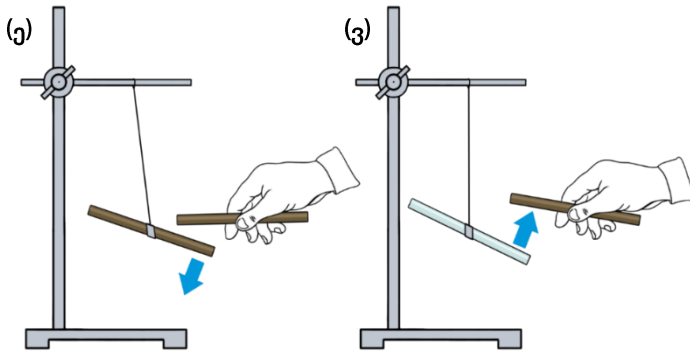
კვლევითი სამუშაო-2

დაელექტროვებული სხეულების ურთიერთქმედება

სამუშაოსთვის საჭიროა: ებონიტის ღერი (2 ცალი), მინის წკირი, აბრეშუმისა და შალის ქსოვილები, აბრეშუმის ძაფი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. გაუხახუნეთ ებონიტის ღერები შალის ქსოვილს. ერთი ღერი აბრეშუმის ძაფით დაკიდეთ შტატივზე, ხოლო მეორე ღერი მიუახლოეთ მას (ე).



2. გაუხახუნეთ მინის წკირი აბრეშუმის ქსოვილს და დაკიდეთ შტატივზე. ებონიტის ღერი გაუხახუნეთ შალის ქსოვილს და მიუახლოეთ დაკიდებულ მინის წკირს (ვ). შეადარეთ შედეგები.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ განიზიდავს დაელექტროებული ებონიტის ღერი ძაფზე დაკიდებულ დაელექტროებულ ებონიტის ღერს, ხოლო ძაფზე დაკიდებულ დაელექტროებულ მინის წკირს მიიზიდავს?
- რა დასკვნების გაკეთება შეიძლება კვლევის საშუალო შემდეგ?

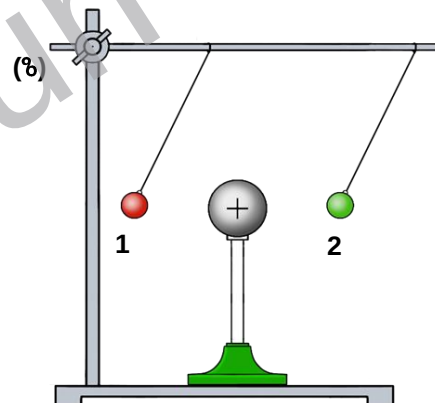
რა შეიტყვით?

თუ ხახუნის შემდეგ სხეული მიიზიდავს (ან განიზიდავს) სხვა სხეულებს, ამბობენ, რომ ეს სხეული $+$, სხეულს გადასცეს $-$ ან მან დაკარგა ელექტრული მუხტი. სხეულებს, რომლებსაც არ აქვთ ელექტრული მუხტი, ეწოდება $-$ (ელექტრულად ნეიტრალური) ან $-$. SI სისტემაში ელექტრული მუხტის ერთეულია $-$.

საკვანძო სიტყვები
ელექტრული მუხტი
ელექტრონეიტრალური
კულონი
სხეული, რომელსაც არ
აქვს მუხტი
დაელექტროება

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რას ნიშნავს სხეულის დაელექტროება?
2. რა თვისებას ავლენს დაელექტროებული სხეული?
3. რატომ იზიდავს სუფთა და მშრალი თმის დავარცხნის შემდეგ სავარცხელი ქაღალდის ნაკუნებს?
4. ძაფზე დაკიდებული ქაღალდის ბურთულები დაელექტროებულია. განსაზღვრეთ მათი ელექტრული მუხტის ნიშანი (ზ).



5.2. ატომის აგებულება. დაელექტროების გუნება

მეცნიერებისთვის მრავალი ქიმიური ელემენტია ცნობილი. ეს ელემენტები ერთმანეთისგან თავისი ატომებით განსხვავდება.

- რით განსხვავდება ერთმანეთისგან ქიმიური ელემენტების ატომები?
- რა ნაწილაკებისგან შედგება ატომი? რა როლს ასრულებენ ეს ნაწილაკები სხეულების დაელექტროებაში?

ატომის აგებულება

პირველი ნაწილაკი, რომელსაც უარყოფითი ელექტრული მუხტი აქვს, 1897 წელს აღმოაჩინა ინგლისელმა მეცნიერმა ჯოზეფ ტომსონმა. ამ ნაწილაკს, რომელსაც *ელექტრონი* ეწოდება, ყველაზე პატარა უარყოფითი მუხტი აქვს.

- ყველაზე პატარა ელექტრული მუხტის აბსოლუტურ მნიშვნელობას *ელემენტარული მუხტი* ეწოდება.

ელემენტარული მუხტი აღინიშნება e ასოთი და ტოლია:

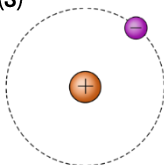
$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}$$

ცდებით დადგინდა, რომ ნებისმიერი ნაწილაკი ან ელექტრულად ნეიტრალურია, ან ელემენტარული მუხტის მოდულის ჯერადი ელექტრული მუხტი აქვს:

$$q = \pm ne,$$

სადაც $n = 1, 2, 3, \dots$ მთელი რიცხვებია.

ელემენტარული მუხტი ძალიან პატარაა, მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ მცირე მოცულობის ნივთიერებაში ათეულობით მილიონი ატომია, მაშინ არსებული ელექტრონების უსასრულო რაოდენობის მხოლოდ წარმოდგენას თუ შევძლებთ. ელექტრონები ატომის შემადგენელი ნაწილაკებია. ჩვეულებრივ, ატომი ელექტრონეიტრალურია. ეს ნიშნავს, რომ ატომის შემადგენლობაში უნდა იყოს ნაწილაკი, რომელსაც ელექტრონების მუხტების ჯამის ტოლი დადებითი მუხტი აქვს. ეს ნაწილაკი კვლევების შედეგად 1911 წელს აღმოაჩინა ინგლისელმა მეცნიერმა ერნესტ რეზერფორდმა. მან გაარკვია, რომ ატომი შედგება ბირთვისგან, რომელსაც დადებითი მუხტი აქვს და ელექტრონებისგან, რომლებსაც უარყოფითი მუხტები აქვთ და (ა)



ბირთვის ირგვლივ მოძრაობენ. შემდგომში გაირკვა, რომ ატომის ბირთვი, თავის მხრივ, პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან შედგება. პროტონი არის ნაწილაკი, რომელსაც დადებითი ელექტრული მუხტი აქვს. ნეიტრონს ელექტრული მუხტი არ გააჩნია, ის ელექტრონეიტრალურია. ყველაზე მარტივი ბირთვი წყალბადის ატომს აქვს. ის ერთი პროტონისა და ერთი ნეიტრონისაგან შედგება. ატომის ბირთვის ირგვლივ ბრუნავს ერთი ელექტრონი (ა).

პროტონის დადებითი მუხტის მოდული ელექტრონის უარყოფითი მუხტის მოდულის ტოლია:

$$|q_p| = |-q_e| = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{კ.}$$

ბირთვში პროტონების რაოდენობა ელემენტების პერიოდულ სისტემაში ქიმიური ელემენტის რიგითი ნომრის (N) ტოლია. ამიტომ ნებისმიერი ატომის ბირთვის დადებითი მუხტი ამ ატომის რიგითი ნომრისა და ელემენტარული მუხტის ნამრავლის ტოლია:

$$q_N = Ne.$$

ნეიტრალურ ატომში ელექტრონების რაოდენობაც N-ის ტოლია. შეუძლებელია ცალკეული პროტონის ან ცალკეული ელექტრონის მუხტის სიდიდის გაზრდა ან შემცირება.



ჯოზეფ ტომსონი
(1856–1940)

ინგლისელი მეცნიერი. მან აღმოაჩინა ელექტრონი და შექმნა ატომის აგებულების პირველი მოდელი.



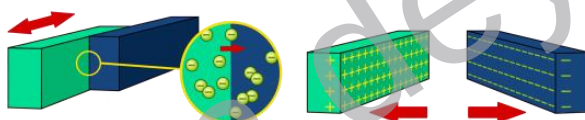
ერნესტ რეზერფორდი
(1871–1937)

ინგლისელი მეცნიერი, ატომის აგებულების პლანეტური მოდელის ავტორი. პირველმა განახორციელა ბირთვული რეაქცია.

დაელექტროების ბუნება

შეიძლება ითქვას, რომ ყველა სხეული, რომელიც ცხოვრებაში გვხვდება, ელექტრონეიტრალურია: ატომის ბირთვის დადებითი მუხტი კომპენსირებულია ელექტრონების უარყოფითი მუხტით. სხეულების დაელექტროება იმით აიხსნება, რომ ორი სხეულის ურთიერთშეხების ან ხახუნის დროს ელექტრონები ერთი სხეულიდან მეორე სხეულზე გადადიან. ამის გამო ორივე სხეული იძენს ელექტრულ მუხტს – ელექტროვდება: უარყოფითი მუხტით დაელექტროება ნიშნავს სხეულის მიერ „ზედმეტი“ ელექტრონების შეძენას, ხოლო დადებითი მუხტით დაელექტროება – სხეულის მიერ ელექტრონების დაკარგვას (ზ).

(ზ)



იონებსაც აქვთ ელექტრული მუხტი

• **იონი** არის ატომი, რომელმაც დაკარგა ან მიიერთა დამატებითი ელექტრონი. ატომი, რომელმაც დაკარგა ელექტრონი, **დადებით იონად** გადაიქცევა, ხოლო ატომი, რომელმაც მიიერთა დამატებითი ელექტრონი, **უარყოფით იონად** გადაიქცევა. მაგალითად, სუფრის მარილის წყალხსნარში (ქიმიური ფორმულა: **NaCl**) ელექტრული

მუხტი აქვს დადებითად დამუხტულ ნატრიუმის იონს (Na^+) და უარყოფითად დამუხტულ ქლორის იონს (Cl^-).

• ელექტრული მუხტი მხოლოდ დამუხტულ ნაწილაკებს გადააქვთ; ეს ნიშნავს, რომ ელექტრული მუხტი ნაწილაკების გარეშე არ არსებობს. ამიტომ დამუხტულ ნაწილაკებს ელექტრული მუხტის მატარებლები ეწოდება.

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საფუძავი

ამოცანები

1. ქიმიური ელემენტების პერიოდულ სისტემაში სპილენძი (Cu) 29-ე უჯრაშია მოთავსებული, იოდი (I) – 53-ე უჯრაში, ხოლო ტყვია (Pb) – 82-ე უჯრაში. განსაზღვრეთ ამ ელემენტების ატომების ბირთვების ელექტრული მუხტები.

2. რას ნიშნავს: სხეულს აქვს $q = 1$ კ-ის ტოლი ელექტრული მუხტი?

ამოხსნა: თუ ელემენტარული მუხტი $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ კ-ის ტოლია, შეგვიძლია გამოვთვალოთ რამდენი ელემენტარული მუხტია 1 კ:

$$q = Ne \rightarrow N = \frac{q}{e}$$

$$q = 1 \text{ კ} = \frac{q}{e} \cdot e = \frac{1 \text{ კ}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ კ}} \cdot e = 0,625 \cdot 10^{19} e = 6,25 \cdot 10^{17} e.$$

პასუხი: ეს ნიშნავს, სხეულს, რომელსაც აქვს $q = 1$ კ მუხტი, აკლია $6,25 \cdot 10^{17}$ ელექტრონი.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი ქიმიური ელემენტის ატომის ბირთვს აქვს უფრო დიდი ელექტრული მუხტი? რატომ?
- რამდენი ელექტრონია ამ ქიმიური ელემენტების ნეიტრალურ ატომებში?
- რას ნიშნავს: სხეულს აქვს $q = -16$ კ ელექტრული მუხტი?

რა შეიტყვით?

ატომი შედგება ცენტრში განლაგებული დადებითად დამუხტული — და ბირთვის ირგვლივ მოძრავი უარყოფითად დამუხტული —. ატომის ბირთვი შედგება — და —. ელექტრონის ელექტრულ მუხტს ეწოდება —. — არის ატომი, რომელმაც დაკარგა ან შეიძინა დამატებითი ელექტრონი. ატომს, რომელმაც დაკარგა ელექტრონი, ეწოდება —, ხოლო ატომს, რომელმაც შეიძინა დამატებითი ელექტრონი, ეწოდება —.

საკვანძო სიტყვები

ბირთვი
პროტონი
დადებითი იონი
ელემენტარული მუხტი
უარყოფითი იონი
ელექტრონი
იონი
ნეიტრონი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელ ნაწილაკს აქვს უმცირესი უარყოფითი ელექტრული მუხტი და რომელს — უმცირესი დადებითი ელექტრული მუხტი?
2. ჩვეულებრივ მდგომარეობაში რატომ არის ატომი ელექტრულად ნეიტრალური?
3. რას ნიშნავს სხეულის დაელექტროება უარყოფითი ელექტრული მუხტით?
4. რას ნიშნავს სხეულის დაელექტროება დადებითი ელექტრული მუხტით?

5.3. გამტარები და დიელექტრიკები

ელექტროშემკეთებლები მუშაობის დროს იყენებენ რეზინის ხელთათმანებს ან ხელსაწყოებს, რომლებსაც რეზინის ან პლასტმასის სახელურები აქვს.



- რატომ იყენებენ ელექტროსამუშაოების შესრულების დროს ხელსაწყოებს, რომლებსაც რეზინის (ან პლასტმასის) სახელურები აქვს?

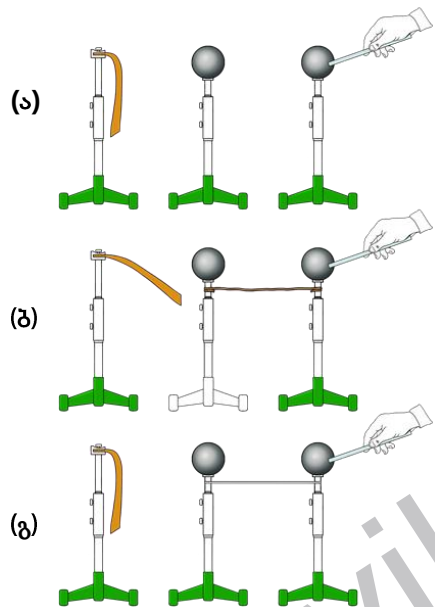
კვლევითი სამუშაო-1

- ელექტრობის გამტარი და არაგამტარი სხეულები

სამუშაოსთვის საჭიროა: პლასტმასის შტატივზე დამაგრებული მეტალის სფერო (2 ცალი), ქაღალდის ვიწრო ლენტი, რომელიც მიმაგრებულია პლასტმასის შტატივზე, ალუმინის (ან სპილენძის) მავთული, პოლიეთილენის (ან რეზინის) ძაფი, მინის ღერი, შალის (ან აბრეშუმის) ქსოვილი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. პლასტმასის შტატივები მწკრივად დააწყვეთ მაგიდაზე. დამუხტეთ მინის ღერი და შეახეთ მარჯვენა სფეროს (ა). მიაქციეთ ყურადღება, როგორ „იქცევა“ ამ დროს ქაღალდის ლენტი.
2. შეაერთეთ ალუმინის (ან სპილენძის) მავთულით მეტალის სფეროები და გაიმეორეთ ცდა. დააკვირდით, რა ცვლილებებს განიცდის ქაღალდის ლენტი (ბ).
3. შეცვალეთ სფეროების დამაკავშირებელი მავთული პოლიეთილენის ძაფით და კიდევ ერთხელ გაიმეორეთ ცდა. დააკვირდით ქაღალდის ლენტს (გ).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- შეიცვალა თუ არა ქაღალდის ლენტის მდგომარეობა მინის ღერით მარჯვენა სფეროს დაელექტროების დროს?
- რატომ მიიზიდება ქაღალდის ლენტი მარცხენა სფეროსკენ მარჯვენა სფეროს დაელექტროების დროს, თუ სფეროები მეტალის მავთულითაა დაკავშირებული?
- რატომ რჩება ქაღალდის ლენტი უძრავად მარჯვენა სფეროს დაელექტროების დროს, თუ სფეროები პოლიეთილენის (ან რეზინის) ძაფითაა დაკავშირებული?
- რა დასკვნების გაკეთება შეიძლება ჩატარებული სამუშაოს შედეგად?

გამტარები

კვლევითი სამუშაოს შედეგად თქვენ გამოავლინეთ სხეულების ახალი თვისება: სხეულები არსებობს ელექტრობის გამტარი და არა-გამტარი. მეტალის სფეროების მავთულით შეერთების შემდეგ ელექტრული მუხტი მარჯვენა სფეროდან მარცხენა სფეროზე გადადის და ქაღალდის ლენტი მიიზიდება. ე. ი. მეტალის მავთული კარგად ატარებს ელექტრულ მუხტს.

• ნივთიერებებს, რომლებიც ელექტრულ მუხტს ატარებს, **გამტარები** ეწოდება. გამტარებია: მეტალები, მარილებისა და მჟავების წყალხსნარები და სხვ.

რატომ ატარებენ გამტარები ადვილად ელექტრულ მუხტს?

გამტარ ნივთიერებებში არსებობს მუხტის მატარებლები, რომლებსაც ყველა მიმართულებით თავისუფლად გადაადგილება შეუძლიათ. მეტალებში მუხტის მატარებლებია ატომებისგან მოწყვეტილი თავისუფალი ელექტრონები, ხსნარებში – დადებითი და უარყოფითი იონები.

გამტარების დაელექტროების დროს მუხტის მატარებლები სხეულის მთელ ზედაპირზე ნაწილდება. ამის გამო შეუძლებელია ხახუნით მეტალის ღერის დაელექტროება, თუ ის ხელში გიჭირავთ – ღერიდან ელექტრული მუხტი თქვენს სხეულში გადავა, რადგან ადამიანის სხეულიც გამტარია.

დიელექტრიკები

ჩატარებულ კვლევით სამუშაოში მეტალის სფეროების პლასტმასის ძაფით შეერთებისას ელექტრული მუხტი მარჯვენა სფეროდან მარცხენაზე არ გადადის. ამიტომ ქაღალდის ლენტი უძრავად რჩება. ე. ი. პლასტმასის (ან რეზინის) ძაფი არ ატარებს ელექტრულ მუხტს.

• ნივთიერებებს, რომლებიც ელექტრულ მუხტს არ ატარებს, **დიელექტრიკები** ეწოდება.

დიელექტრიკებს განეკუთვნება: პლასტმასა, რეზინი, მინა, ებონიტი, მშრალი ხე, ჰაერი, კერამიკა და სხვ. დიელექტრიკისგან დამზადებულ სხეულებს იზოლატორები ჰქვია. ელექტრობის გამტარი ხელსაწყოების სახელურები იზოლატორებისგან მზადდება.

დიელექტრიკები შესაძლებელია დავმუხტოთ, მაგრამ მათში ელექტრული მუხტი არ გადაადგილდება: ხახუნით ან შეხებით დიელექტრიკში გაჩენილი ელექტრული მუხტი იმავე ადგილზე რჩება, სადაც გაჩნდა. მაგალითად, მინის ღერის ერთი ბოლო შალის ქსოვილზე ხახუნით შეგვიძლია დავმუხტოთ უარყოფითი მუხტით, მეორე ბოლო – აბრეშუმის ქსოვილზე ხახუნით – დადებითი მუხტით.

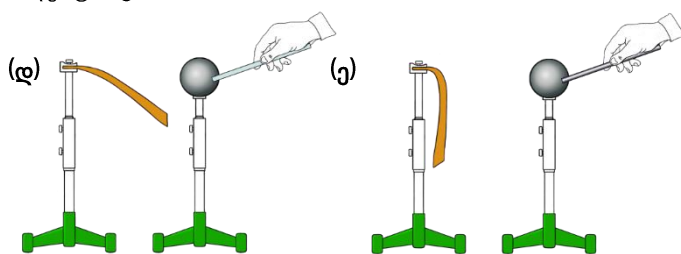
კვლევითი სამუშაო-2

• გამტარებისა და დიელექტრიკების დაელექტროების შემოწმება

სამუშაოსთვის საჭიროა: პლასტმასის შტატივზე დამაგრებული მეტალის სფერო, პლასტმასის შტატივზე დამაგრებული ქაღალდის ვიწრო ლენტი, მეტალის ღერი, მინის ღერი, შალის (ან აბრეშუმის) ქსოვილი, რეზინის ხელთათმანი, სპილენძის მავთული.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. შტატივები ერთმანეთის გვერდით მოათავსეთ მაგიდაზე. სფეროს შეახეთ ქსოვილზე ხახუნით დაელექტროებული მინის ღერი **(დ)**. მეგობართან ერთად იმსჯელეთ ქაღალდის ლენტის სფეროსთან მიზიდვის მიზეზზე.
2. ხელის შეხებით განმუხტეთ სფერო. მეტალის ღერი გაუხახუნეთ შალის ქსოვილს და შეახეთ მეტალის სფეროს. დააკვირდით, რა ცვლილებას განიცდის ქაღალდის ლენტი **(ე)**.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- თუ მეტალის სფეროს დაელექტროებულ მინის ღერს შევახებთ, ქაღალდის ლენტი მეტალის სფეროსკენ მიიზიდება, ხოლო თუ სფეროს შევახებთ მეტალის ღერს, რომელიც მანამდე შალის ნაჭერს გაუხახუნეთ, ქაღალდის ლენტი უძრავად რჩება. რატომ?

რა შეიტყვით?

ნივთიერებებს, რომლებიც ელექტრულ მუხტს ატარებენ, — ეწოდება. ნივთიერებებს, რომლებიც ელექტრულ მუხტს არ ატარებენ, — ეწოდება. გამტარების დაელექტროების დროს მუხტის მატარებლები — სხეულის მთლიან ზედაპირზე ყველა მიმართულებით. ხახუნით ან შეხებით წარმოქმნილი — დიელექტრიკებში იმავე ადგილზე რჩება, სადაც წარმოიქმნა.

საკვანძო სიტყვები
დიელექტრიკები
ელექტრული მუხტები
განანილება
გამტარები

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელ ნივთიერებებს ეწოდება გამტარები? მოიყვანეთ მაგალითები.
2. რომელ ნივთიერებებს ეწოდება დიელექტრიკები? მოიყვანეთ მაგალითები.
3. რის გაკეთებაა საჭირო გამტარების დასაელექტროებლად?
4. თქვენ მიერ ჩატარებულ კვლევით სამუშაოში რატომ განიმუხტა ხელის შეხების შემდეგ დაელექტროებული მეტალის სფერო, ხოლო ქაღალდის ლენტი სანცის მდგომარეობას დაუბრუნდა?

5.4. ელექტროსტატიკური ინდუქცია

თმის დავარცხნის შემდეგ დაელექტროებული სავარცხლის ქაღალდის ნაკუნებთან მიახლოების დროს ისინი გარკვეული მანძილიდან მიიზიდებიან სავარცხლისკენ.

- რა არის დაელექტროებული სავარცხლისკენ დაულექტროებული ქაღალდის ნაკუნების მიზიდვის მიზეზი?
- შესაძლებელია თუ არა სხეულის სანინალმდეგო ნიშნის მუხტით დაელექტროება დაელექტროებულ სხეულთან მისი შეხების გარეშე?

კვლევის საფუძავი-1

• სხეულის დაელექტროება შეხების გარეშე

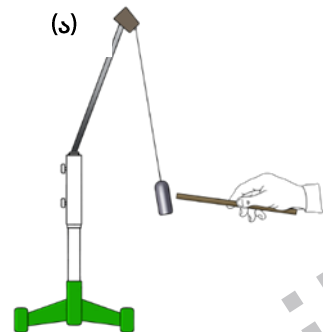
სამუშაოსთვის საჭიროა: დიელექტრიკული შტატივი, აბრეშუმის ძაფზე დაკიდებული ალუმინის ჰილზი, ებონიტის ან მინის ღერი, შალის ქსოვილი.

სამუშაოს მსვლელობა:

მიუახლოეთ დაელექტროებული ებონიტის ღერი ძაფზე დაკიდებულ ალუმინის ჰილზს და მეგობრებთან ერთად იმსჯელეთ მოვლენის შესახებ.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ მიიზიდება მიახლოების დროს დაელექტროებული ღერისკენ ელექტრულად ნეიტრალური სხეული (ა)?

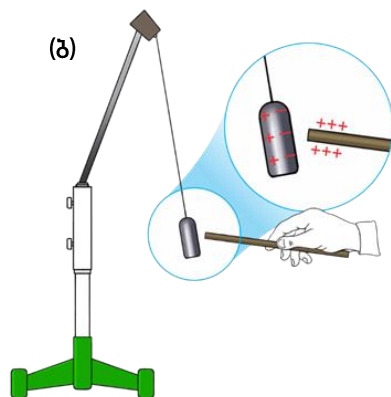


კვლევამ გვიჩვენა, რომ სხეულის დაელექტროება შესაძლებელია სხვა დაელექტროებულ სხეულთან შეხების გარეშეც.

• სხეულების დაელექტროების მოვლენას შეხების გარეშე ელექტროსტატიკური ინდუქცია ეწოდება.

რა მიზეზით წარმოიშობა ელექტროსტატიკური ინდუქცია? მაგალითად, დადებითი ელექტრული მუხტით დაელექტროებული ებონიტის ღერის ალუმინის ჰილზთან მიახლოებისას ჰილზში არსებული თავისუფალი ელექტრონები ებონიტის ღერისკენ მიიზიდებიან. ისინი ჰილზის იმ მხარეს გროვდებიან, რომელიც ახლოს არის ებონიტის ღერთან და ჰილზის ეს ნაწილი უარყოფითი ელექტრული მუხტით ელექტროვდება. ჰილზის სხვა ნაწილი, თავისუფალი ელექტრონების ნაკლებობის გამო, დადებითი მუხტით ელექტროვდება. რადგან უარყოფითი მუხტი უფრო ახლოა ებონიტის ღერთან, ჰილზი ღერისკენ მიიზიდება (ბ).

მსგავს მოვლენას დავაკვირდებით, თუ დაელექტრობულ სხეულს დაუელექტრობელ დიელექტრიკს მივუახლოვებთ. ამ დროს დიელექტრიკის ზედაპირზე სხვადასხვა ნიშნის მუხტები გაჩნდება: დიელექტრიკის ზედაპირის იმ ნაწილზე, რომელიც სხეულთან ახლოსაა, სხეულის მუხტის საპირისპირო ნიშნის მუხტები დაგროვდება. ამიტომ სხეულსა და დიელექტრიკს შორის აღიძვრება ურთიერთმიზიულობა. აღსანიშნავია, რომ დიელექტრიკის ზედაპირზე ელექტრული მუხტი წარმოიშობა არა თავისუფალი ელექტრონების ხარჯზე (დიელექტრიკებში თავისუფალი ელექტრონები არ არის), არამედ დიელექტრიკის მოლეკულების ფორმის ცვლილებით ან მათი შემობრუნებით.



შეკენილი ცოდნის გამოყენება

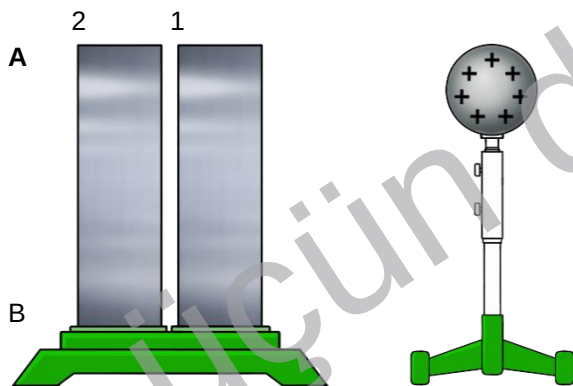
კვლევითი საფუძაო-2

• ელექტროსტატიკური ინდუქცია

ამოცანა

დიელექტრიკულ სადგამზე პარალელურად დამაგრებულია მეტალის ფირფიტები 1 და 2. თუ დადებითი მუხტით დაელექტრობულ მეტალის სფეროს მივუახლოვებთ ფირფიტა 1-ს:

- როგორ განაწილდება ელექტრული მუხტი ფირფიტებზე?
- რომელი ელექტრული მუხტით დაელექტროვდება ფირფიტა 2-ის AB მონაკვეთი? პასუხი დაასაბუთეთ.



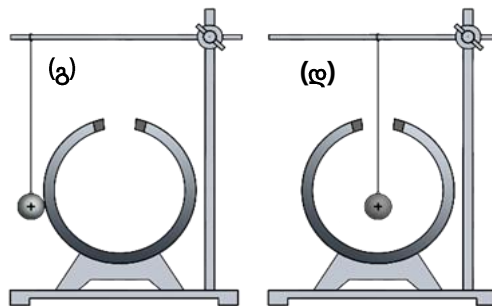
რა შეიტყვით?

სხეულების დაელექტრობას შეხების გარეშე — ეწოდება.

საკვანძო სიტყვები
ელექტროსტატიკური ინდუქცია

შაპრონითი თაქანი ცოდნა

1. რით განსხვავდება ელექტროსტატიკური ინდუქციის მოვლენა გამტარებსა და დიელექტრიკებში?
2. აბრეშუმის ძაფზე დაკიდებული მეტალის ბურთი დადებითი მუხტითაა დაელექტროვებული:
 - ა) როგორი ნიშნის მუხტით დაელექტროვდება დიელექტრიკულ სადგამზე მოთავსებული ღრუ სფერო, თუ მეტალის ბურთს მის გარე ზედაპირს შევახებთ (გ)?
 - ბ) როგორი ნიშნის მუხტით დაელექტროვდება დიელექტრიკულ სადგამზე მოთავსებული ღრუ სფერო, თუ მეტალის ბურთს მოვათავსებთ მის შიგნით ისე, რომ შიდა ზედაპირს არ შევახებთ (დ)?

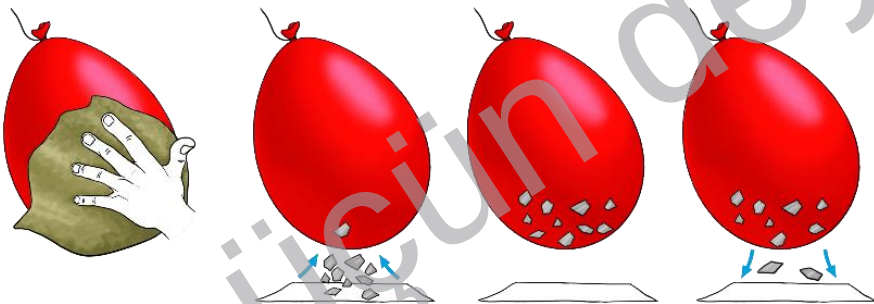


პროექტი

• რა მოვლენას აკვირდებით?

სამუშაოსთვის საჭიროა: რეზინის ბუშტი, ალუმინის ფოლგა, შალის ქსოვილი, ფურცელი (A4).

სამუშაოს მსვლელობა: ფურცელზე დაყარეთ ალუმინის ფოლგის ნაჭრები. ქსოვილზე ხახუნით დააელექტროვეთ ბუშტი და მიუახლოვეთ ფოლგის ნაჭრებს.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- მოამზადეთ ესე ამ მოვლენის მიზეზის შესახებ.

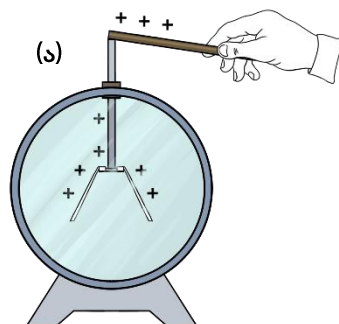
5.5. ელექტროსკოპი. ელექტრომეტრი

მინის ღერის აბრეშუმის ქსოვილზე ხახუნის დროს ორივე სხეული – მინის ღერიც და აბრეშუმის ქსოვილიც – იმუხტება.

- როგორ იცვლება ამ სხეულების ელექტრული მუხტის საერთო რაოდენობა?

ელექტროსკოპი

ყველაზე მარტივ ხელსაწყოს, რომელიც გამოიყენება ლაბორატორიის პირობებში სხეულების დაელექტროების ხარისხზე დასაკვირვებლად, ელექტროსკოპი ეწოდება (მიღებულია ბერძნული სიტყვებიდან *elektron* + *skopeo* – „დაკვირვება“, „აღმოჩენა“). მისი მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია დაელექტროებული სხეულების ურთიერთქმედების მოვლენაზე. ელექტროსკოპის ძირითადი ნაწილია მეტალის ღერი, რომლის ბოლოზე დამაგრებულია ქაღალდის ან ალუმინის ფოლგის ორი პატარა ფურცელი. მეტალის ღერი დიელექტრიკული საცობის საშუალებით ჩაშვებულია ხელსაწყო კორპუსში. კორპუსი ორივე მხრიდან დახურულია მინით (ა). დამუხტული სხეულის ხელსაწყო მეტალის ღერთან მიახლოებისას ღერი და ფურცლები ერთნაირი ნიშნის მუხტით ელექტროვდებიან და ერთმანეთს განიზიდავენ. რაც უფრო დიდია ელექტროსკოპის მუხტი, მით მეტია ფურცლების გამლის კუთხე.



კვლევის საგნაო-1

• ელექტროსკოპის დამზადება

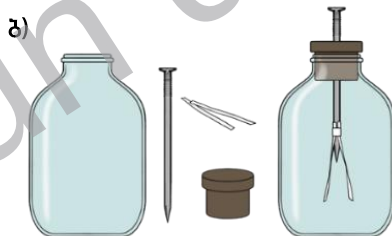
სამუშაოსთვის საჭიროა: მინის ფართოყელიანი ბოთლი (ან ქილა), რეზინის საცობი (ან პოლიეთილენის თავსახური), მეტალის ღერი (ან ლურსმანი), ქაღალდის ზოლი (2 ცალი), ნებო, კალამი (ბ).

სამუშაოს მსვლელობა:

1. მეტალის ღერი ჩაარჩეთ საცობში და გრძელ ბოლოზე მიანებეთ ქაღალდის ორი ზოლი.
2. დაახურეთ საცობი ქილას, მეტალის ღერის სიგრძე დაარეგულირეთ ისე, რომ ქაღალდის ზოლები ჭურჭლის ფსკერს არ ეხებოდეს.
3. შეამოწმეთ თქვენი დამზადებული ხელსაწყო დაელექტროებული კალმის გამოყენებით.

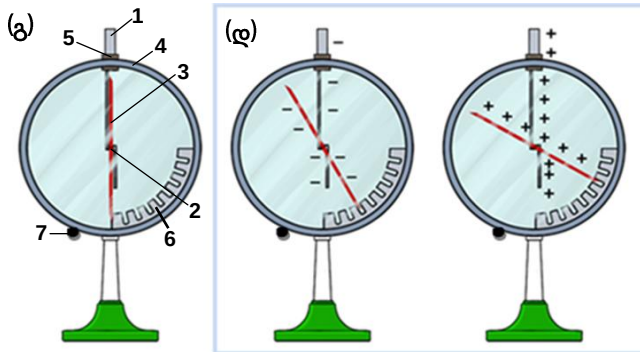
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- ახსენით ელექტროსკოპის მუშაობის პრინციპი.



ელექტრომეტრი

დაელექტროვებული სხეულების თვისებების, მათი ელექტრული მუხტის შესწავლისა და მუხტის სიდიდის უფრო ზუსტი რაოდენობრივი შეფასებისათვის გამოიყენება ხელსაწყო, რომელსაც *ელექტრომეტრი* ეწოდება. მისი მუშაობის პრინციპი, ელექტროსკოპის მსგავსად, დაფუძნებულია დაელექტროვებული სხეულების ურთიერთქმედების მოვლენაზე. ბრუნვის ღერძზე (2), რომელიც უძრავი გამტარი ღერის (1) ბოლოზეა, დამაგრებულია მეტალის ისარი (3). ისრის გარეშე ზემოქმედებისგან დასაცავად ხელსაწყო კორპუსი ორივე მხრიდან მინებითაა დახურული. მეტალის ღერი იზოლირებულია კორპუსისგან რეზინის (ან პლასტმასის) საცობით (5). ხელსაწყო კორპუსს აქვს დანაყოფებიანი სკალა (6) და მომჭერი (7), ხელსაწყო დამინებისათვის (8).



ელექტრომეტრის მეტალის ღერთან დაელექტროვებული სხეულის შეხების შემდეგ ღერი და მეტალის ისარი ერთნაირი ნიშნის მუხტით ელექტროვდებიან და ისარი ღერისგან განიზიდება (დ). ისრის გადახრის კუთხის მიხედვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ დაელექტროვების ხარისხი: რაც უფრო მეტია ისრის გადახრის კუთხე, მით უფრო დიდი ელექტრული მუხტი გადაეცა ღერსა და ისარს.

შეამნილი ცოდნის გამოყენება

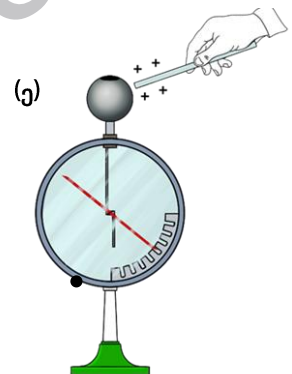
კვლევითი სამუშაო-2

- რომელი მოვლენის დემონსტრირება მოახდინეთ ელექტრომეტრით?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტრომეტრი, რომელსაც მეტალის ღერზე წამოცმული აქვს მეტალის ღრუ სფერო, მინის ღერი, შალის (ან აბრეშუმის) ქსოვილი.

სამუშაოს მსვლელობა:

- მიუახლოეთ, ოღონდ არ შეახოთ, დადებითი მუხტით დაელექტროვებული მინის ღერი ელექტრომეტრის სფეროს (ე) და დააკვირდით, როგორ შეიცვალა ისრის მდგომარეობა.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელ მოვლენას ვაკვირდებით, როდესაც დაელექტრობულ მინის ღერს ვუახლოებთ ელექტრომეტრის სფეროს? რა ნიშნის ელექტრული მუხტით დაელექტროვდა ამ დროს მეტალის სფერო, მეტალის ღერი და ისარი? პასუხი დაასაბუთეთ.

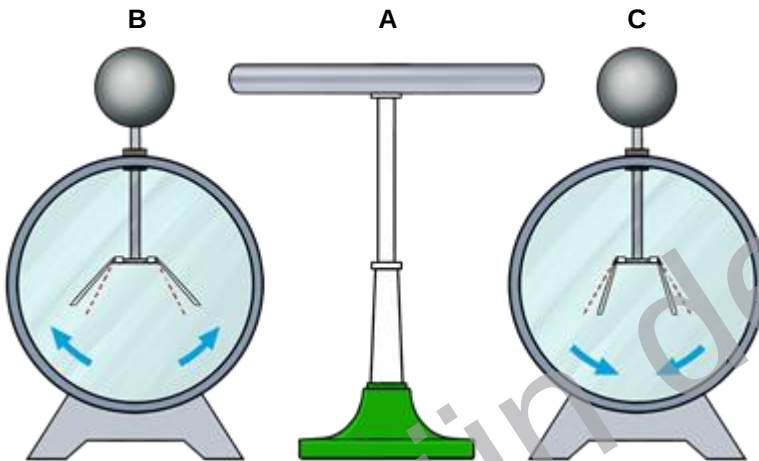
რა შეიტყვეთ?

ლაბორატორიის პირობებში სხეულების დაელექტროების აღმოსაჩენად გამოიყენება მარტივი ხელსაწყო, რომელსაც -- ენოდება. ელექტრული მუხტისა და -- სხეულების თვისებების გამოსაკვლევად გამოიყენება ხელსაწყო, რომელსაც -- ენოდება. ორივე ხელსაწყო მუშაობის პრინციპი დამყარებულია დაელექტრობულ სხეულების --.

საკვანძო სიტყვები
დაელექტრობა
ელექტროსკოპი
ურთიერთქმედება
ელექტრომეტრი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

- ახსენით ელექტრომეტრის მონყობილობა და მუშაობის პრინციპი.
- მიუახლოეთ, ოღონდ არ შეახოთ, A გამტარ ღერს ორი ერთნაირი დაელექტრობული ელექტროსკოპი B და C. ამ დროს B ელექტროსკოპის ფურცლები ოდნავ გაიშლება, ხოლო C ელექტროსკოპში – ოდნავ დაეშვება. განსაზღვრეთ, რა ნიშნის მუხტით იყო დამუხტული A ღერი, B და C ელექტროსკოპები.



5.6. ელექტრული მუხტის მუდმივობის კანონი

თქვენ მიერ ჩატარებული კვლევითი სამუშაოებით გაირკვა, რომ ორი სხეულის ერთმანეთთან ხახუნის დროს ისინი ელექტროვდება.

- რა დამოკიდებულება ამ გზით დაელექტროებული სხეულების მუხტებს შორის?
- როგორ იცვლება საერთო ელექტრული მუხტი ერთი დაელექტროებული სხეულის მეორე დაელექტროებულ სხეულთან შეხების დროს?

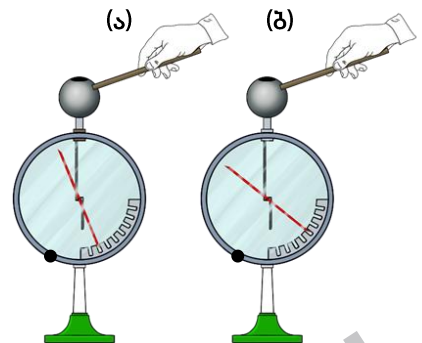
კვლევითი სამუშაო-1

• ელექტრული მუხტის დაგროვება

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტრომეტრი მეტალის სფეროთი, ებონიტის ღერი, შალის (ან აბრეშუმის) ქსოვილი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. შალის ქსოვილზე ხახუნით დააელექტროეთ ებონიტის ღერი და შეახეთ ელექტრომეტრის სფეროს. ყურადღება მიაქციეთ ელექტრომეტრის ისრის გადახრას (ა).
2. კიდევ ერთხელ დააელექტროეთ ებონიტის ღერი და შეახეთ ელექტრომეტრის სფეროს. ყურადღება მიაქციეთ, როგორ შეიცვალა ხელსაწყო ისრის გადახრის კუთხე (ბ).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ შეიცვალა ელექტრომეტრის ჯამური ელექტრული მუხტი მის სფეროსთან დაელექტროებული ებონიტის ღერის მეორედ შეხების შემდეგ?
- ელექტრული მუხტის რა თვისება გამოავლინა ჩატარებულმა სამუშაომ?

შესაძლებელია ელექტრული მუხტის ერთი სხეულიდან მეორისთვის გადაცემა, სხეულის ელექტრული მუხტის გაზრდა, შემცირება და განეიტრალება. ამისთვის საკმარისია, დაელექტროებული სხეულით შევეხოთ სხვა სხეულს.

რა კანონზომიერებით ნაწილდება სხეულებს შორის ელექტრული მუხტი?

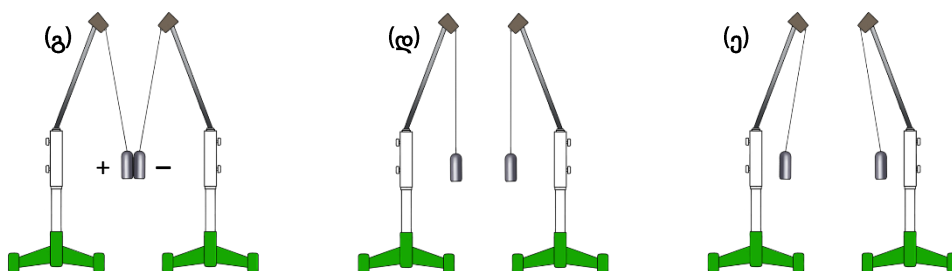
კვლევითი სამუშაო-2

• ელექტრული მუხტების განაწილების კანონზომიერება

სამუშაოსთვის საჭიროა: დიელექტრიკულ შტატივზე დაკიდებული ალუმინის ჰილი (2 ცალი), ებონიტისა და მინის ღერები, შალისა და აბრეშუმის ქსოვილები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. დააელექტროეთ ალუმინის ჰილზები სხვადასხვა ნიშნის მუხტით. მიუახლოეთ ერთმანეთს შტატივები ისე, რომ ჰილზებს ჰქონდეთ შეხების საშუალება (ა).
2. შეხების შემდეგ შესაძლებელია: ჰილზების ურთიერთქმედება საერთოდ გაქრეს – მუხტებმა გაანეიტრალონ ერთმანეთი (ბ), ან ჰილზებმა განიზიდონ ერთმანეთი (გ).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- შეხების შემდეგ რა შემთხვევაში გაქრება ჰილზებს შორის ურთიერთმიზიდულობა – განეიტრალდება მათი მუხტები და რა შემთხვევაში განიზიდავს ჰილზები ერთმანეთს?
- რა შეიძლება ითქვას ჰილზების მუხტების სიდიდესა და ნიშანზე შეხების შემდეგ?

სხვადასხვა ნიშნის მუხტით დაელექტროებული ორი ერთნაირი სხეულის შეხების დროს შეიძლება არსებობდეს ორი მოვლენა:

I მოვლენა: სხეულების ურთიერთმიზიდულობა საერთოდ ქრება, სხეულები განიშუბტება. ეს ნიშნავს, რომ შეხებამდე სხეულები დაელექტროებული იყო მოდულით ტოლი და საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტებით. შეხების შემდეგ მუხტები ერთმანეთს ანეიტრალდებიან. ეს მოვლენა ვითარდება შემდეგი თანმიმდევრობით:

- შეხებამდე ერთნაირი სხეულები დაელექტროებული იყო მოდულით ტოლი და საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტებით:

$$q_1 = -q_2.$$

- შეხების დროს სხეულების სისტემის საერთო მუხტი სხეულების მუხტების ალგებრული ჯამის (მუხტების ჯამის, მათი ნიშნის გათვალისწინებით) ტოლია:

$$q_1 + (-q_2) = 0.$$

- შეხების შემდეგ სხეულები ელექტრულად ნეიტრალური ხდება და მათ შორის მიზიდულობა ქრება:

$$q'_1 = 0; q'_2 = 0.$$

q_1 და $(-q_2)$ ორი სხეულის ელექტრული მუხტების სიდიდეებია ერთმანეთთან შეხებამდე, q'_1 და q'_2 კი ამავე სხეულების ელექტრული მუხტებია შეხების შემდეგ.

ყურადღება. თუ დაელექტროებული გამტარი ბურთულების ზომები განსხვავებულია, მათი შეხების დროს სისტემის საერთო ელექტრული მუხტის დიდი ნაწილი დიდი ზომის ბურთულას გადაეცემა. გამტარი სხეულების **დამინებას** (ანუ სხეულის დედამიწასთან დაკავშირებას) საფუძვლად ელექტრული მუხტის გადანაწილების ეს წესი უდევს. რადგან დედამიწას გიგანტური ზომები აქვს, დამინებული სხეულები მთლიანად კარგავენ ელექტრულ მუხტს.

II მოვლენა: სხეულების ურთიერთმიზიდვა იცვლება მათი განზიდვით. ეს ხდება იმ შემთხვევაში, როცა სხეულების მუხტების სიდიდეები განსხვავებულია. შეხების დროს სხვადასხვანაირი მუხტების ნაწილი ერთმანეთს ანეიტრალებს, ხოლო დარჩენილი (დადებითი ან უარყოფითი) ელექტრული მუხტი სხეულებს შორის გადანაწილდება და ისინი განიზიდება.

ამგვარად, განხილული მოვლენების ანალიზის შემდეგ შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკვნა: ელექტრული მუხტის მქონე ორი სხეულის შეხების შემდეგ მათ შორის მუხტები გადაადგილდება – ისინი იკრიბება თავიანთი ნიშნის გათვალისწინებით.

• შეხებაში მყოფი ორი სხეულის საერთო ელექტრული მუხტი ამ სისტემაში შემავალი სხეულების მუხტების ალგებრული ჯამის ტოლია და თუ სისტემა ჩაკეტილია, ეს ჯამი უცვლელი რჩება:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

• ჩაკეტილ სისტემაში შემავალი სხეულების ელექტრული მუხტების ალგებრული ჯამი უცვლელი რჩება.

ეს არის ბუნების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კანონი – **ელექტრული მუხტის მუდმივობის კანონი**, რომელიც 1843 წელს ალმოაჩინა ინგლისელმა მეცნიერმა მაიკლ ფარადეიმ.

• ჩაკეტილი სისტემა არის სისტემა, რომელსაც გარემოდან არ გადაეცემა ელექტრული მუხტი და რომლისგანაც გარემოს არ გადაეცემა ელექტრული მუხტი.



მაიკლ ფარადეი
(1791–1867)

ინგლისელი მეცნიერი. აღმოაჩინა ელექტრული მოვლენების რამდენიმე კანონი.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საფეხი-2

• რამდენი მუხტი დარჩა ბურთულებზე?

ამოცანა ამოხსენით მოყვანილი ნიმუშის მიხედვით.

ნიმუში. ერთმანეთისგან დიდი მანძილით დაშორებული ორი ერთნაირი მეტალის ბურთულიდან ერთ-ერთის ელექტრული მუხტი ტოლია $q_1 = 9e$, მეორის – $q_2 = -15e$. შეხების შემდეგ ბურთულებს იმავე მანძილით აშორებენ. განსაზღვრეთ მათზე დარჩენილი ელექტრული მუხტის სიდიდეები q'_1 და q'_2 .

მოცემულია	ამოხსნა
$q_1 = 9e$, $q_2 = -15e$. $q'_1 = ?$, $q'_2 = ?$,	$q = q_1 + q_2$. რადგან ბურთულები ერთნაირია, თითოეულზე დარჩება საერთო მუხტის ნახევარი: $q'_1 = q'_2 = \frac{q}{2} = \frac{q_1 + q_2}{2}$.
გამოთვლა	$q'_1 = q'_2 = \frac{9e + (-15e)}{2} = \frac{-6e}{2} = -3e$.
პასუხი:	$q'_1 = -3e$; $q'_2 = -3e$.

ამოცანა

ერთმანეთისგან დიდი მანძილით დაშორებული ორი ერთნაირი მეტალის ბურთულიდან ერთ-ერთის ელექტრული მუხტი ტოლია $q_1 = 26e$, მეორის $q_2 = -12e$. შეხების შემდეგ ბურთულებს იმავე მანძილით აშორებენ. განსაზღვრეთ მათზე დარჩენილი ელექტრული მუხტის სიდიდეები q'_1 და q'_2 .

იმაჯვალეთ შედეგებზე:

• რა მოხდება, თუ ბურთულებს ისევ შეახებთ და დააშორებთ? რატომ?

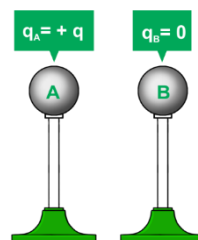
რა შეიტყვით?

შეხებისას სხეულთა სისტემის საერთო — ამ სისტემის სხეულების — ტოლია. — ელექტრული მუხტების ალგებრული ჯამი უცვლელია. ეს არის —.

საკვანძო სიტყვები
მუხტების ალგებრული ჯამი
ელექტრული მუხტის მუდმივობის კანონი
ჩაკეტილი სისტემა
ელექტრული მუხტი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. შეიძლება თუ არა სხეულის ელექტრული მუხტის უსასრულოდ შემცირება? რატომ? 2. რა პირობებში სრულდება ელექტრული მუხტის მუდმივობის კანონი? 3. დიელექტრიკულ სადგამებზე მოთავსებული ორი ერთნაირი მეტალის ბურთულა A და B განლაგებულია ისე, როგორც ნახატზეა ნაჩვენები. A ბურთულის მუხტი ტოლია $+q$, B ბურთულის მუხტი ნულის ტოლია. რის ტოლია თითოეული ბურთულის მუხტი მათი შეხებისა და საწყის მდგომარეობაში დაბრუნების შემდეგ?



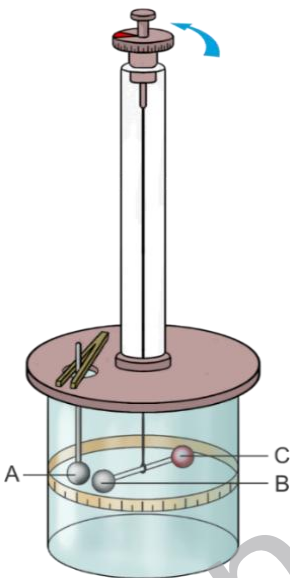
5.7. ელექტრული მუხტების ურთიერთქმედება

თქვენ მიერ ჩატარებული მრავალი კვლევითი სამუშაოდან დავინახეთ, რომ დაელექტროვებული სხეულები ურთიერთქმედებენ: სხეულებს შორის, რომლებსაც ერთნაირი ნიშნის მუხტი აქვთ, აღიძვრება განზიდვის ძალები, ხოლო სხეულებს შორის, რომლებსაც სხვადასხვა ნიშნის მუხტი აქვთ, აღიძვრება მიზიდვის ძალები.

- როგორ შეგვიძლია რაოდენობრივად დავახასიათოთ ეს ურთიერთქმედება?
- რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული ამ ურთიერთქმედების სიდიდე?

1785 წელს ფრანგმა მეცნიერმა შარლ კულონმა განსაზღვრა ის ფიზიკური სიდიდეები, რომლებზეც დამოკიდებულია დაელექტროვებულ სხეულებს შორის აღძრული ურთიერთქმედების ძალის სიდიდე. მან გრეხითი სასწორის საშუალებით გაზომა უძრავი ნერტილოვანი მუხტების ურთიერთქმედების ძალა.

• დაელექტროვებულ სხეულს, რომლის ზომები გაცილებით მცირეა იმ მანძილთან შედარებით, რომელზეც მის მოქმედებას განვიხილავთ, **ნერტილოვანი ელექტრული მუხტი** ეწოდება. ნერტილოვანი მუხტის მოდელად კულონმა გამოიყენა პატარა დაელექტროვებული ბურთულები. გრეხითი სასწორი წვრილ დრეკად მავთულზე დაკიდებული მინის ღერია, რომლის ერთ ბოლოზე დამაგრებულია მეტალის B ბურთულა, მეორეზე – მისი საპირწონე C ბურთულა. ჭურჭლის სახურავზე არაგამტარი ღეროს საშუალებით დამაგრებულია უძრავი A ბურთულა. A და B ბურთულები ერთნაირი ნიშნის მუხტითაა დაელექტროვებული. ამ პირობებში B ბურთულა განიზიდება და მინის ღერი გარკვეული კუთხით შემობრუნდება. შემობრუნების კუთხის სიდიდის მიხედვით შესაძლებელია განისაზღვროს A და B ბურთულების ურთიერთქმედების ძალა. ბურთულებს შორის მანძილისა და ბურთულებზე არსებული მუხტის სიდიდის ცვლილებით გაირკვა, რომ მუხტების ურთიერთქმედების ძალა დამოკიდებულია მუხტებს შორის მანძილსა და მუხტების სიდიდეზე. ცდებმა კულონი ელექტროსტატიკის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კანონის აღმოჩენამდე მიიყვანა:

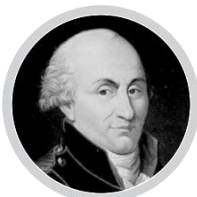


$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

სადაც q_1 და q_2 უძრავი ელექტრული მუხტების სიდიდეებია, r – მუხტებს შორის მანძილი, F – მუხტების ურთიერთქმედების ძალის

მოდული (ამ ძალას ხშირად კულონის ძალას უწოდებენ), k – პროპორციულობის კოეფიციენტი. ცდებით დადგინდა k კოეფიციენტის რიცხვითი მნიშვნელობა: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{ნ} \cdot \text{მ}^2}{\text{კ}^2}$.

k -ს მნიშვნელობა ნიშნავს, რომ 1 კ სიდიდის ორი წერტილოვანი მუხტი ერთმანეთისგან 1 მ მანძილზე $9 \cdot 10^9$ -ის ტოლი ძალით ურთიერთქმედებს.



შარლ კულონი
(1736–1806)

ფრანგი ფიზიკოსი. ცდებით დაადგინა დაელექტროებული სხეულების ურთიერთქმედების კანონი.

შეძენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

• რას უდრის კულონის ძალა?

ამოცანა

ორ წერტილოვან $q_1 = 4 \cdot 10^{-6}$ კ და $q_2 = -11 \cdot 10^{-6}$ კ ელექტრულ მუხტს შორის მანძილი 60 სმ-ის ტოლია. გამოთვალეთ მათ შორის მოქმედი კულონის ძალა.

რა შეიტყავით?

ძალა, რომლითაც -- ორი უძრავი -- ვაკუუმში, პირდაპირ-პროპორციულია ამ მუხტების მოდულების ნამრავლისა და უკუპროპორციულია მათ შორის მანძილის კვადრატის. ამ ურთიერთქმედების ძალას ეწოდება --, კანონს კი -- კულონის კანონი აღმოჩენილია -- საშუალებით.

საკვანძო სიტყვები
ურთიერთქმედება
კულონის კანონი
წერტილოვანი მუხტი
გრესითი სასწორი
კულონის ძალა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. კულონის ძალა მიზიდვის ძალაა თუ განზიდვის ძალა? პასუხი დაასაბუთეთ.
2. როგორ შეიცვლება ორ წერტილოვან მუხტს შორის მოქმედი კულონის ძალა, თუ მათ შორის მანძილს 5-ჯერ გავზრდით?
3. ერთი მატერიალური წერტილის მუხტი, რომელიც მეორე მატერიალური წერტილისაგან 3 სმ-ითაა დაშორებული, ტოლია $q_1 = +5e$. მეორე მატერიალური წერტილი ელექტრონეიტრალურია. რის ტოლია მათ შორის მოქმედი კულონის ძალა?

5.8. ელექტრული მუხტის გამაცალკეებელი, დამგროვებელი და გადამცემი მოწყობილობები

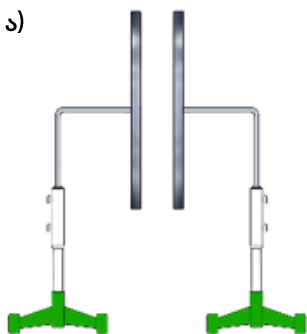
ადამიანს ხშირად უჩნდება მოთხოვნილება დიდი რაოდენობის წყალზე: ბაღში ხეების მოსარწყავად, სხვა ყოფითი მოთხოვნილებებისათვის. ამ დროს, როცა არხში წყალი არ არის, ჩვენ ვიყენებთ მარაგს, რომელიც წინასწარ მოვამზადეთ დიდ მოცულობებში.

- როგორ შეგვიძლია, იმავე მიზნით წინასწარ დავაგროვოთ დიდი რაოდენობის მუხტი მისი შემდგომი გამოყენებისთვის?

კონდენსატორი

ელექტრული მოვლენების მეცნიერული კვლევის დროს ხშირად ჩნდება დიდი რაოდენობის სხვადასხვა ნიშნის მუხტის გამოყენების აუცილებლობა. ამ რაოდენობის ელექტრული მუხტის მიღება შეუძლებელია უბრალოდ ებონიტის ან მინის ღერის ქსოვილზე ხახუნით.

- *მოწყობილობას, რომელიც ელექტრული მუხტის დასაგროვებლად გამოიყენება, კონდენსატორი ეწოდება.*



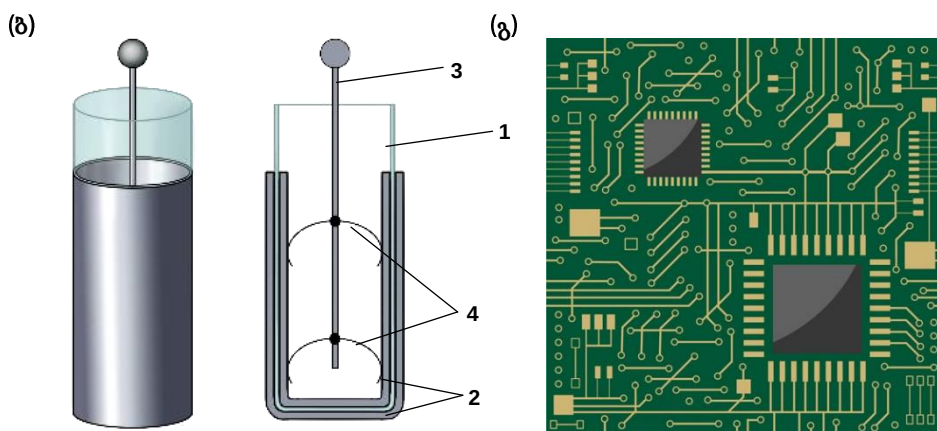
ლათინური სიტყვა *condensare* „შემჭიდროებას, შემკვრივებას“ ნიშნავს. ყველაზე მარტივი კონდენსატორია **ბრტყელი კონდენსატორი**. ბრტყელი კონდენსატორი არის ერთმანეთთან ახლოს განლაგებული ორი პარალელური მეტალის ფირფიტა, რომელთა შორის არის დიელექტრიკის თხელი ფენა (მაგალითად, ჰაერი) (ა). ამ ფირფიტებს კონდენსატორის შემონაფენები ეწოდება.

კონდენსატორის ფირფიტები აუცილებლად ტოლი სიდიდისა და საპირისპირო ნიშნის

ელექტრული მუხტებით იმუხტება. ფირფიტებზე არსებული სხვადასხვა ნიშნის ელექტრული მუხტები ერთმანეთს იზიდავენ და ამიტომ ფირფიტებზე გროვდებიან. კონდენსატორის უნარი, დააგროვოს ელექტრული მუხტები, ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც ტევადობა ეწოდება. დიდი ტევადობის კონდენსატორებს შემონაფენებზე დიდი რაოდენობის ელექტრული მუხტის დაგროვება შეუძლიათ.

პირველი კონდენსატორი ჰოლანდიელმა მეცნიერმა პიტერ მუშენ-ბრუკმა დაამზადა. მას *ლეიდენის ქილა* ეწოდება (ჰოლანდიის ქალაქ ლეიდენის პატივსაცემად). ლეიდენის ქილა შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან (ბ): **1** – მინის ქილისაგან, **2** – მეტალის ფოლგისაგან, რომელიც ქილას გარედან და შიგნიდან აკრავს – ეს კონდენსატორის

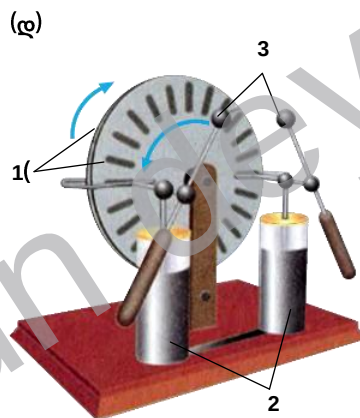
შემონაფენება, **3** – მეტალის ღერისაგან, **4** – მეტალის დრეკადი კონტაქტებისგან (ისინი მეტალის ღერს შიგნითა შემონაფენთან აერთებენ).



კონდენსატორი თანამედროვე ელექტრონული მოწყობილობების (კომპიუტერის, ტელევიზორის, მობილური ტელეფონისა და სხვ.) ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტია. ამ მოწყობილობებში გამოყენებული კონდენსატორები იმდენად მცირე ზომისაა, რომ მათი დანახვა მხოლოდ მიკროსკოპითაა შესაძლებელი (გ).

ელექტროფორული მანქანა

დიდი რაოდენობის სხვადასხვანიშნიანი ელექტრული მუხტის განცალკევების, დაგროვებისა და გადაცემისათვის გამოიყენება მოწყობილობა, რომელსაც ელექტროფორული მანქანა ეწოდება (დ). ბერძნულად „ელექტროფორ“ ნიშნავს „ელექტრობის გადამტანს“. ის შედგება ორი პარალელური პლასტმასის დისკოსგან (1), რომელთა შორის ჰაერის ფენაა. სახელურის (სახელური ნახატზე არ ჩანს) დახმარებით დისკოები საპირისპირო მიმართულებით ბრუნავს. დიდი სიჩქარით მბრუნავი დისკოები ჰაერის ფენასთან ხახუნით სხვადასხვა ნიშნის მუხტებით ელექტროვდება, მუხტები მეტალის ფუნჯების საშუალებით, რომლებიც მბრუნავ დისკოებს ეხებიან, ორ ლეიდენის ქილაზე (2) გროვდება და სფერული ფორმის მეტალის კონდუქტორებს (3) გადაეცემა. შედეგად ერთ კონდუქტორზე წარმოიქმნება დადებითი, ხოლო მეორეზე



– უარყოფითი ელექტრული მუხტი. ელექტროფორული მანქანის განსამუხტავად საჭიროა, კონდუქტორები სახელურების საშუალებით ერთმანეთს შევახოთ.

შეამოწმეთ ცოდნის გამოყენება

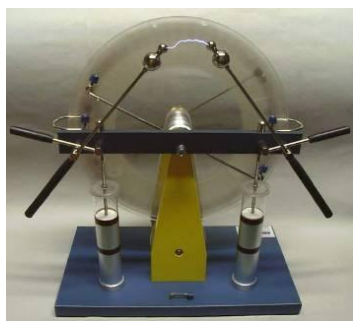
კვლევითი სამუშაო

• კონდუქტორების განმუხტვა

სამუშაოსთვის საჭიროა: ელექტროფორული მანქანა.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ელექტროფორული მანქანის დიელექტრიკული სახელურების საშუალებით გააცალკევეთ კონდუქტორები, დაატრიალეთ და დაეელექტროეთ დისკოები.
2. შეწყვიტეთ დისკოების ტრიალი, მოჰკიდეთ ხელი კონდუქტორების სახელურებს და მიუახლოეთ კონდუქტორები ერთმანეთს (არ შეახოთ).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ხდება კონდუქტორების ერთმანეთთან მიახლოების დროს? რა არის ამ მოვლენის მიზეზი?

რა შეიტყვით?

მოწყობილობას, რომელიც გამოიყენება ელექტრული მუხტის დაგროვებისათვის, — ეწოდება.

კონდენსატორის უნარი — დააგროვოს ელექტრული მუხტი, ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც — ეწოდება. პირველი კონდენსატორი არის —.

დიდი რაოდენობის სხვადასხვანაირი ელექტრული მუხტების განცალკევების, დაგროვებისა და გადაცემისათვის გამოიყენება მოწყობილობა, რომელსაც — ეწოდება.

საკვანძო სიტყვები
ელექტროფორული
მანქანა
ელექტროტევადობა
კონდენსატორი
ლეიდენის ქილა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორ უნდა დავმუხტოთ და განვმუხტოთ კონდენსატორი?
2. რა მიზნებისთვის არის შექმნილი ელექტროფორული მანქანა?
3. რატომ განიმუხტება ელექტროფორული მანქანა კონდუქტორების ერთმანეთთან შეხების შემდეგ?

5.9. ელექტრული ველი. ელექტრული ველის დაკავშირება

თქვენ ისწავლეთ, რომ ერთნაირი ნიშნის მუხტით დაელექტროებული სხეულები განიზიდებიან, ხოლო სხვადასხვა ნიშნის მუხტით დაელექტროებული სხეულები მიიზიდავენ ერთმანეთს. ჩატარებული კვლევითი სამუშაოების დროს თქვენ ნახეთ, რომ ეს ურთიერთქმედება გარკვეული მანძილით დაშორებულ დაელექტროებულ სხეულებს შორის ხდება. თქვენ აგრეთვე ნახეთ, რომ სხეულებს შორის მანძილის შემცირება იწვევს მათი ურთიერთქმედების ძალის გაზრდას.

- რის საშუალებით გადაეცემა მანძილზე უხილავი ელექტრული ურთიერთქმედება სხეულებს შორის?

კვლევითი სამუშაო-1

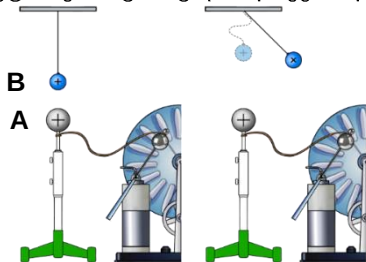
- რა გადასცემს ელექტრულ ურთიერთქმედებას მანძილზე?

სამუშაოსთვის საჭიროა: დიელექტრიკულ სადგამზე დამაგრებული მეტალის ბურთულა, აბრეშუმის ძაფზე დაკიდებული მსუბუქი მეტალის სფერო, ელექტროფორული მანქანა, სპილენძის მავთული.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ელექტროფორული მანქანის კონდუქტორზე შეხებით დაელექტროეთ ძაფზე დაკიდებული მეტალის სფერო B.
2. დიელექტრიკულ სადგამზე დამაგრებული A ბურთულა მავთულის საშუალებით შეაერთეთ იმავე კონდუქტორთან და მოათავსეთ მეტალის სფეროს ქვეშ, გარკვეულ მანძილზე (ა).
3. სახელურის საშუალებით დაატრიალეთ ელექტროფორული მანქანა და დააელექტროეთ ბურთულა. დააკვირდით სხეულებს შორის ურთიერთქმედებას.

(ა)



იმსჯელეთ შედეგებზე:

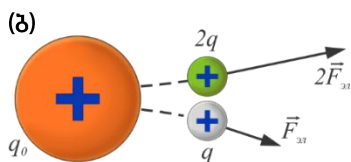
- რა ხასიათისაა დამუხტულ სხეულებს (ბურთულასა და სფეროს) შორის ურთიერთქმედება?
- რაში მდგომარეობს ამ ურთიერთქმედების მანძილზე გადაცემის მექანიზმი?

ამ კითხვაზე პასუხი მე-19 საუკუნის დასაწყისში პირველმა გასცა ინგლისელმა მეცნიერმა მაიკლ ფარადეიმ. მან აღნიშნა, რომ ყოველი ელექტრული მუხტის (ანუ დაელექტროებული სხეულის ან ნაწილაკის) ირგვლივ არსებობს **ელექტრული ველი**.

ელექტრული ველი უხილავია და მისი არსებობის შესახებ მხოლოდ მისი მოქმედებით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ. ელექტრული მუხტები ერთმანეთზე თავიანთი ელექტრული ველების საშუალებით მოქმედებენ.

- ძალას, რომლითაც ელექტრული ველი მოქმედებს ელექტრულ მუხტზე, ელექტრული ძალა $\vec{F}_{\text{ელექტრ.}}$ ეწოდება.

მრავალრიცხოვანი ცდით დადგინდა, რომ ელექტრული ძალის სიდიდე ველში შეტანილი ელექტრული მუხტის სიდიდის პირდაპირ-პროპორციულია: $F_{\text{ელექტრ.}} \sim |q|$. ელექტრული ველი მასში მოთავსებულ უფრო მეტი სიდიდის ელექტრულ მუხტზე მეტი ძალით



მოქმედებს. მაგალითად, უძრავი დადებითი q_0 მუხტის ელექტრულ ველში მოთავსებულ დადებით $2q$ მუხტზე მოქმედი ძალა ორჯერ მეტია, ვიდრე ამავე ველში იმავე მანძილზე მოთავსებულ დადებით q მუხტზე მოქმედი ძალა (ბ).

შენიშვნა.

- ველს, რომელსაც ქმნის უძრავი ელექტრული მუხტი, ელექტროსტატიკური ველი ეწოდება.
- ელექტრულ მუხტს, რომელიც მოთავსებულია ელექტრულ ველში, საცდელი მუხტი ეწოდება.

ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელი – ელექტრული ველის დაძაბულობა

როგორც იცით, გრავიტაციული ველის ძალური მახასიათებელია გრავიტაციული ველის დაძაბულობა.

- როგორია გრავიტაციული ველის დაძაბულობის მიმართულება?
- რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა დამოკიდებული გრავიტაციული ველის დაძაბულობის მოდული?
- რა შეიძლება ითქვას ელექტრული ველის მოქმედების ძალურ მახასიათებელზე, თუ მას გრავიტაციულ ველს შევადარებთ: როგორია მისი მიმართულება და რომელ ფიზიკურ სიდიდეებზეა ის დამოკიდებული?

ელექტრული ველის მოქმედების ძალური მახასიათებელია ელექტრული ველის დაძაბულობა. ელექტრული ველის დაძაბულობა არის ვექტორული სიდიდე, რომელიც მიმართულია დადებით მუხტზე ველის მხრიდან მოქმედი ძალის მიმართულებით.

- ელექტრული ველის დაძაბულობა ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ტოლია საცდელ მუხტზე ველის მხრიდან მოქმედი ძალის შეფარდებისა ამ მუხტის სიდიდესთან:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{ელექტრ.}}}{q},$$

სადაც $\vec{E}$ – ელექტრული ველის დაძაბულობაა, q – ველში შეტანილი საცდელი მუხტი, $\vec{F}_{\text{ელექტრ.}}$ – საცდელ მუხტზე მოქმედი ძალა.

ელექტრული ველის დაძაბულობა ვექტორული სიდიდეა. დაძაბულობის ვექტორი $\vec{E}$ მიმართულია იმ ძალის მიმართულებით, რომლითაც ველი დადებით მუხტზე მოქმედებს.

- ელექტრული ველის დაძაბულობის ერთეული რიცხობრივად ველში შეტანილ ერთეულოვან მუხტზე (1 კ) მოქმედი ძალის ტოლია. SI სისტემაში ელექტრული ველის დაძაბულობის ერთეულია:

$$[E] = \frac{[F]}{[q]} = \frac{16}{1,3} = 1 \frac{6}{3}.$$

ელექტრული ძალა ტოლია ელექტრული ველის დაძაბულობისა და საცდელი ელექტრული მუხტის სიდიდის ნამრავლის:

$$\vec{F}_{\text{ელექტრ.}} = q\vec{E}.$$

რადგან, კულონის კანონის თანახმად, საცდელ q მუხტზე q_0 მუხტის მიერ შექმნილი ველი მოქმედებს ძალით:

$$F_{\text{ელექტრ.}} = \frac{|q_0||q|}{r^2},$$

ელექტრული ველის დაძაბულობის გამოსათვლელი ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

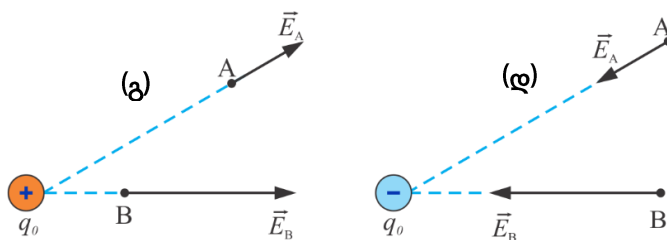
$$E = \frac{F_{\text{ელექტრ.}}}{q} = k \frac{|q_0||q|}{|q|r^2} = k \frac{|q_0|}{r^2},$$

$$E = k \frac{|q_0|}{r^2}.$$

- ნერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი ველის დაძაბულობა ველის მოცემულ ნერტილში პირდაპირპროპორციულია ამ მუხტის სიდიდისა და უკუპროპორციულია ველის ამ ნერტილამდე მანძილის კვადრატის. ელექტრული ველის დაძაბულობა არ არის დამოკიდებული ველში შეტანილი საცდელი მუხტის სიდიდეზე.

როგორ განისაზღვრება ნერტილოვანი მუხტის მიერ შექმნილი ველის დაძაბულობა ველის ნებისმიერ ნერტილში?

- თუ ელექტრულ ველს დადებითი მუხტი ემნის, მისი ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორი ველის ნებისმიერ ნერტილში მიმართულია მუხტიდან ამ ნერტილისკენ, ხოლო თუ მუხტი უარყოფითია, ველის დაძაბულობის ვექტორი მიმართულია ამ ნერტილიდან მუხტისაკენ (გ და დ).



შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• ელექტრული ველის რომელ წერტილშია ველის დაძაბულობის სიდიდე მეტი?

ამოცანა

შეისწავლეთ დადებითი და უარყოფითი q_0 მუხტის ელექტრული ველი (იხ. ა და ბ). ნახატზე წარმოდგენილია ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორები $\vec{E}_A$ და $\vec{E}_B$, რომლებსაც ეს მუხტები ქმნიან ველის A და B წერტილებში. როგორია ამ წერტილებში შექმნილი ელექტრული ველის დაძაბულობების თანაფარდობა?

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- ელექტრული ველის რომელ წერტილშია ველის დაძაბულობის სიდიდე მეტი? პასუხი დაასაბუთეთ.

რა შეიტყვით?

ყოველი ელექტრული მუხტის ირგვლივ არსებობს --- ელექტრულ მუხტზე ელექტრული ველის მხრიდან მოქმედ ძალას --- ეწოდება. ელექტრულ ველში მოთავსებულ ელექტრულ მუხტს --- ეწოდება. ელექტრული ველის ძალური მახასიათებელი არის ---. ელექტრული ველის დაძაბულობა არის ---, რომლის მიმართულება ემთხვევა დადებით მუხტზე მოქმედი ძალის მიმართულებას. უძრავი მუხტის მიერ შექმნილ ელექტრულ ველს --- ეწოდება. --- მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დაძაბულობის სიდიდე ველის მოცემულ წერტილში პირდაპირპროპორციულია ამ --- სიდიდისა და უკუპროპორციულია ამ წერტილამდე მანძილის კვადრატის.

საკვანძო სიტყვები

წერტილოვანი მუხტი
ვექტორული სიდიდე
ელექტრული ველი
საძვლედი მუხტი
ელექტრული ძალა
მუხტი
ელექტროსტატიკური ველი
ელექტრული ველის დაძაბულობა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როდის წარმოიშობა ელექტრული ველი და როგორ შეიძლება მისი აღმოჩენა?
2. დამუხტული სხეული მოქმედებს მის ახლოს მდებარე დამუხტულ ნაწილაკზე. მოქმედებს თუ არა ნაწილაკი სხეულზე?
3. ზევით მოძრავი ნაწილაკი, ჰაერთან სახუნის გამო, ელექტროვდება დადებით მუხტით. როგორია ამ ნაწილაკზე დედამიწის ელექტრული ველის მოქმედების მიმართულება?
4. რატომ ეწოდება ელექტრული ველის დაძაბულობას ველის ძალური მახასიათებელი?
5. რაზეა დამოკიდებული ელექტრული ველის დაძაბულობა?
6. შეადარეთ წერტილოვანი მუხტის ელექტრული ველის დაძაბულობა დედამიწის გრავიტაციული ველის დაძაბულობას.

5.10. ელექტრული ველის ძალწირები

- შესაძლებელია თუ არა ელექტრული ველის გამოსახულების დანახვა?
- რით განსხვავდება სხვადასხვა მუხტის ელექტრული ველის გამოსახულებები?

კვლევითი სამუშაო-1

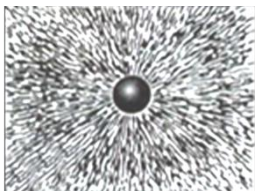
• ელექტრული ველის ძალწირების გამოსახულება

სამუშაოსთვის საჭიროა: დიელექტრიკულ სადგამზე დამაგრებული მეტალის ბურთულა (2 ცალი), ელექტროფორული მანქანა, მინის ფირფიტა, მანანის ბურღული.

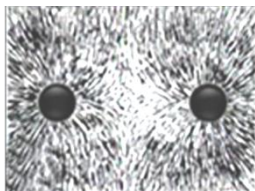
სამუშაოს მსვლელობა:

1. ერთ-ერთი ბურთულა დააელექტროეთ ელექტროფორული მანქანით და მოათავსეთ მინის ქვეშ.
2. მცირედენი მანანის ბურღული დაყარეთ მინაზე და დააკაკუნეთ კალმით. მინის ზედაპირზე წარმოქმნილი სურათი გადაიღეთ მობილური ტელეფონით (ა).
3. ცდა გაიმეორეთ: ბურთულები დააელექტროეთ ჯერ ერთნაირი მუხტებით, შემდეგ – საპირისპირო მუხტებით. ორივე შემთხვევაში გადაიღეთ წარმოქმნილი სურათები (ბ და გ).

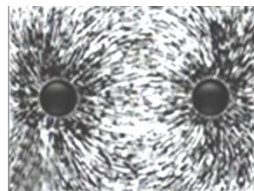
(ა)



(ბ)



(გ)



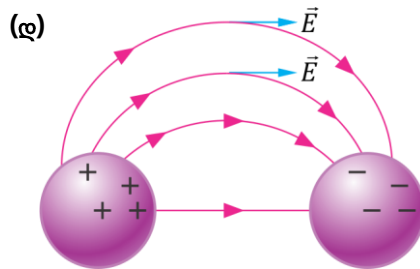
იმჯერეთ შედეგებზე:

- რის გამოსახულებები მიიღეთ ცდის დროს?
- რის თქმა შეგიძლიათ ბურთულების მუხტის ნიშნის შესახებ ბოლო ორი (ბ და გ) გამოსახულების მიხედვით?
- რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება გამოსახულებების შედარების შემდეგ ელექტრული ველის ძალწირების მიმართულების შესახებ?

ელექტრული ველის თვალსაჩინო წარმოდგენა შეიძლება ძალწირების საშუალებით. ინგლისელმა ფიზიკოსმა მაიკლ ფარადეიმ შემოგვთავაზა, ელექტრული ველი გამოგვესახა ძალწირების საშუალებით.

• **ელექტრული ველის ძალწირები ეწოდება წირებს, რომელთა ნებისმიერ წერტილში გავლებული მხების მიმართულება ემთხვევა ამ წერტილში ელექტრული ველის დაძაბულობის $\vec{E}$ ვექტორის მიმართულებას.**

ორი სხვადასხვა ნიშნის მუხტით დაელექტროებული ნაწილაკის მიერ შექმნილი ელექტრული ველის დაძაბულობის ვექტორი ველის მოცემულ წერტილში მიმართულია ამ წერტილში გამავალი ველის ძალწირის მხების გასწვრივ (დ).



შენიშვნა. ძალწირის ცნება ხელოვნურადაა შემოტანილი. ეს წირები მხოლოდ სივრცეში ელექტრული ველის განაწილების წარმოდგენაში გვეხმარება.

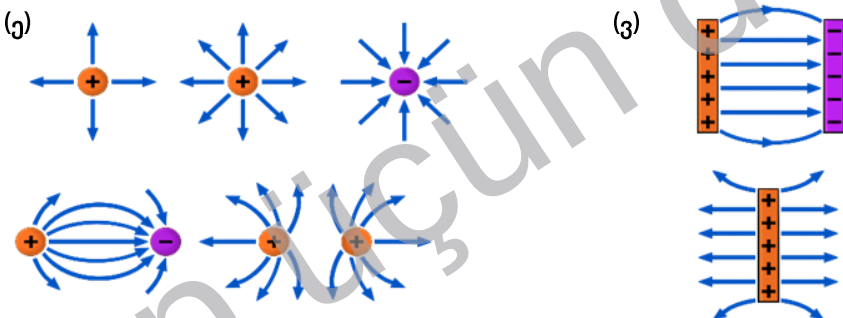
სხვადასხვანაირი ნიშნის მუხტების მიერ შექმნილი ველის ძალწირების სურათი გარკვეული ნიშნებით ხასიათდება:

პირველი, ელექტრული ველის ძალწირები არ არის ჩაკეტილი წირები. ისინი იწყება დადებით მუხტზე და მთავრდება უარყოფით მუხტზე (ე);

მეორე, ძალწირები უწყვეტი წირებია და არ კვეთენ ერთმანეთს. სივრცის ნებისმიერ წერტილში შესაძლებელია მხოლოდ ერთი ძალწირის გავლება;

მესამე, დიდი დაძაბულობის ველის ძალწირები უფრო მჭიდროდაა განლაგებული;

მეოთხე, ბრტყელი დამუხტული ფირფიტების ელექტრული ველის ძალწირები ერთმანეთის პარალელური, თანაბრად დაშორებული წირებია. ასეთ ველს ერთგვაროვანი ელექტრული ველი ეწოდება (ვ).



• ერთგვაროვანი ეწოდება ისეთ ელექტრულ ველს, რომლის ნებისმიერ წერტილში ელექტრული ველის დაძაბულობა ერთნაირია სიდიდითა და მიმართულებით.

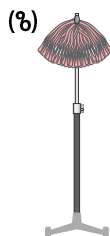
შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუალო-2

• ცდა „ელექტრული სულთანის“ გამოყენებით

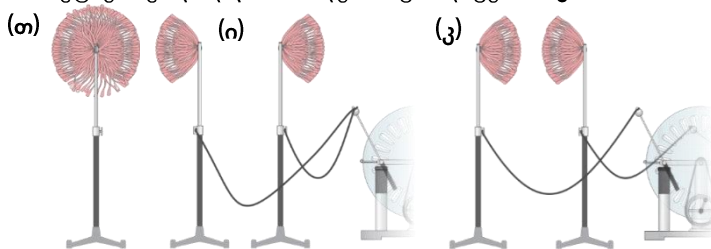
სამუშაოსთვის საჭიროა: „ელექტრული სულთანი“ (2 ცალი), ელექტროფორული მანქანა, შემაერთებელი გამტარები.

ხელსაწყო ალწერილობა. ელექტრული სულთანი წარმოადგენს მეტალის წვრილ მილს, რომლის ბოლოზე დამაგრებულია ქაღალდის წვრილი ზოლები (ზ). თუ მეტალის მილს დავმუხტავთ, ქაღალდის ზოლები დამუხტული მილის ველის ძაღწირების გასწვრივ განლაგდება.



სამუშაოს მსვლელობა:

- ერთ-ერთი ელექტრული სულთანი გამტარის საშუალებით მიაერთეთ ელექტროფორული მანქანის კონდუქტორთან და დააელექტროეთ. ყურადღება მიაქციეთ ქაღალდის ზოლების განლაგებას (თ).
- ორი ელექტრული სულთანი მოათავსეთ ერთმანეთის გვერდით და ერთი ნიშნის მუხტით დააელექტროეთ. ყურადღება მიაქციეთ ქაღალდის ზოლების განლაგებას (ი).
- ორი ელექტრული სულთანი დააელექტროეთ სხვადასხვა ნიშნის მუხტით. ყურადღება მიაქციეთ ქაღალდის ზოლების განლაგებას (კ).



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ზოგადი დასკვნების გაკეთება შეიძლება ამ მოვლენებზე დაკვირვების შემდეგ?

რა შეიტყუეთ?

ელექტრული ველის -- ეწოდება წირებს, რომელთა მხები ველის ნებისმიერ წერტილში ემთხვევა ამ წერტილში ველის -- $\vec{E}$ მიმართულებას. ელექტრული ველის ძაღწირები -- წირები არ არის, ისინი იწყება დადებით მუხტზე და მთავრდება უარყოფით მუხტზე. ელექტრულ ველს, რომლის დაძაბულობა ველის ნებისმიერ წერტილში ერთნაირია სიდიდითა და მიმართულებით, -- ეწოდება.

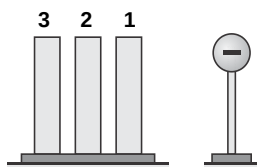
საკვანძო სიტყვები
დაძაბულობის ვექტორი
ერთგვაროვანი ელექტრული ველი
უნყვეტი
ძაღწირები

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

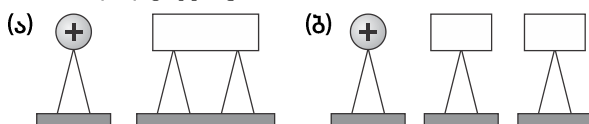
- რა თავისებურებებით ხასიათდება ელექტრული ველის ძაღწირების სურათები?
- რატომ არ კვეთს ერთმანეთს ელექტრული ველის ძაღწირები?
- რას ეწოდება ერთგვაროვანი ელექტრული ველი? როგორაა განლაგებული ამ ველის ძაღწირები?

საპარჯიშო-7

1. მეტალის ფირფიტები 1, 2 და 3 განლაგებულია დიელექტრიკულ სადგამზე, ერთმანეთის პარალელურად. როგორ განაწილდება ელექტრული მუხტი ფირფიტა 1-ზე მასთან უარყოფითად დამუხტული მეტალის ბურთულის მიახლოების შემდეგ?

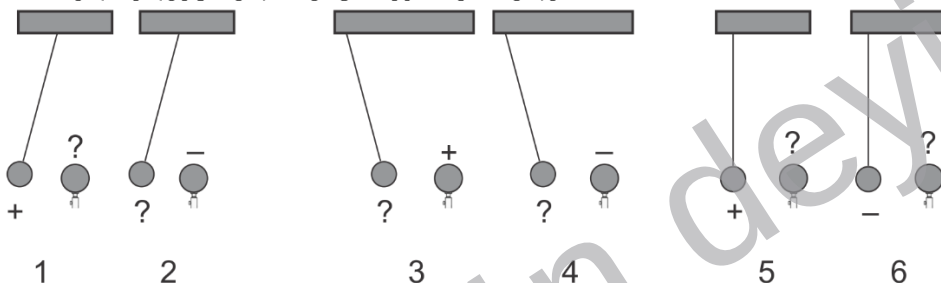


2. დადებითად დამუხტული ბურთულის ელექტრულ ველში მოთავსებულია მეტალის ცილინდრი (ა). როგორ განაწილდება ელექტრული მუხტი, თუ მეტალის ცილინდრს ორ ნაწილად გავყოფთ (ბ).



3. დაასრულეთ წინადადება: შალის ქსოვილზე ხახუნის დროს ებონიტის ღერი --- მუხტით იმუხტება, ხოლო აბრეშუმის ქსოვილზე ხახუნის დროს --- მუხტით.

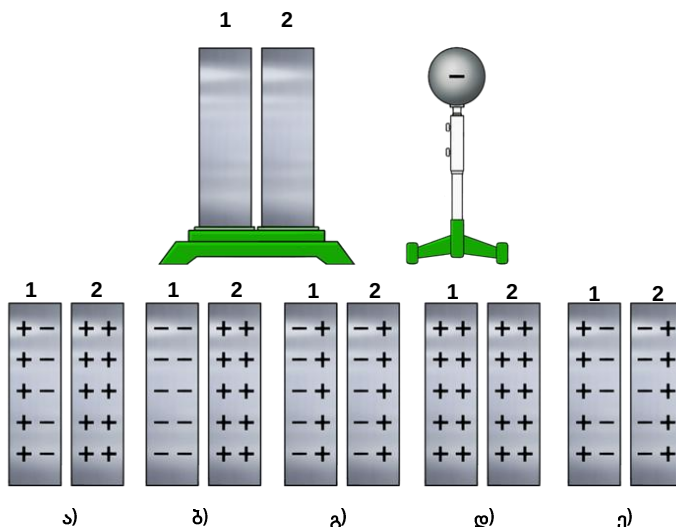
4. რომელი ელექტრული მუხტი აქვს ბურთულებს?



5. ბერილიუმის ნეიტრალური ატომის ბირთვი ცხრა ნაწილაკისგან შედგება. ბირთვის ირგვლივ ბრუნავს 4 ელექტრონი. რამდენი პროტონისა და რამდენი ნეიტრონისგან შედგება ამ ატომის ბირთვი?

შემაჯამებელი დავალებები

1. მეტალის ფირფიტები 1 და 2 ერთმანეთის პარალელურადაა განლაგებული, დიელექტრიკულ სადგამზე. როგორ განაწილდება ფირფიტებზე ელექტრული მუხტი ფირფიტა 2-თან უარყოფითად დამუხტული მეტალის ბურთულის მიახლოების შემდეგ?



2. რა ძალა მოქმედებს $8 \cdot 10^{-6}$ კგ ელექტრულ მუხტზე, რომელიც მოთავსებულია

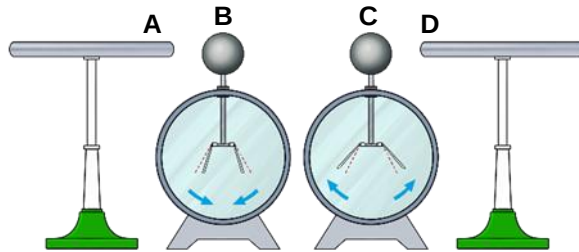
4 მ დაძაბულობის ერთგვაროვან ელექტრულ ველში?

- ა) 0,5 მგ.
- ბ) 2 მგ.
- გ) 1,5 მგ.
- დ) 2,5 მგ.
- ე) 32 მგ.

3. მეტალის ორი ერთნაირი ბურთულა, რომელთა მუხტებია +1 ნკ და -3 ნკ, ერთმანეთთან შეხების შემდეგ იმავე მანძილით დააშორეს. როგორ შეიცვალა ბურთულების ურთიერთქმედების ძალა?

- ა) გაიზარდა 3-ჯერ;
- ბ) შემცირდა 3-ჯერ;
- გ) გაიზარდა 9-ჯერ;
- დ) შემცირდა 9-ჯერ;
- ე) არ შეცვლილა.

4. ელექტროსკოპები B და C სხვადასხვა ნიშნის მუხტებითაა დამუხტული. B ელექტროსკოპთან A დამუხტული ღერის მიახლოების შემდეგ ელექტროსკოპის ფურცლები ჩამოეშვება, ხოლო C ელექტროსკოპთან D დამუხტული ღერის მიახლოების შემდეგ ელექტროსკოპის ფურცლები მცირედ გაიშლება.



ეს ხდება იმიტომ, რომ:

1. A და D ღერები სხვადასხვა ნიშნის მუხტითაა დამუხტული;
 2. A ღერი და B ელექტროსკოპი ერთნაირი ნიშნის მუხტითაა დამუხტული;
 3. D ღერი და C ელექტროსკოპი ერთნაირი ნიშნის მუხტითაა დამუხტული.
- ა) 1 და 2
 - ბ) მხოლოდ 2
 - გ) 1 და 3
 - დ) 2 და 3
 - ე) მხოლოდ 1

5. სხეულს აქვს $q = 8$ კ ელექტრული მუხტი. ეს ნიშნავს, რომ სხეულს აქვს...

- ა) $1,6 \cdot 10^{19}$ ზედმეტი ელექტრონი;
- ბ) აკლია $5 \cdot 10^{19}$ ელექტრონი;
- გ) აკლია $8 \cdot 10^{19}$ ელექტრონი;
- დ) $8 \cdot 10^{19}$ ზედმეტი ელექტრონი;
- ე) $5 \cdot 10^{19}$ ზედმეტი ელექტრონი.

ელექტრული დენი

6

83 147 – 199

- 6.1. ელექტრული დენი
- 6.2. დენის წყაროები
- 6.3. ელექტრული წრედი და მისი ელემენტები
- 6.4. ელექტრული დენის მოქმედება
- 6.5. ელექტრული დენი და მისი გაზომვა
- 6.6. ძაბვა და მისი გაზომვა
- 6.7. ელექტრული წინაღობა. ომის კანონი წრედის უბნისათვის
- 6.8. რაზეა დამოკიდებული გამტარის წინაღობა?
- 6.9. გამტარების მიმდევრობით შეერთება
- 6.10. გამტარების პარალელური შეერთება
- 6.11. ელექტრული დენის მუშაობა. ჯოულ-ლენცის კანონი
- 6.12. ელექტრული დენის სიმძლავრე
- 6.13. ელექტრული დენის გამოყენება და მისი ზემოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე (დამატებითი საკითხავი).

• შემაჯამებელი დავალებები

6.1. ელექტრული დენი

ჩვენი ცხოვრება წარმოუდგენელია ელექტრული დენის გარეშე.

- წარმოვიდგინოთ, რომ რამე მიზეზის გამო მთელ დედამიწაზე სამუდამოდ შეწყდა ელექტრული დენის მიწოდება. როგორ წარმოვიდგენიათ ამის შედეგები?
- რა არის ელექტრული დენი? როგორია მისი როლი ადამიანის ცხოვრებაში?
- როგორია ელექტრული დენის არსებობის ძირითადი პირობები?

კვლევითი სამუშაო-1

• რა არის ნეონის ნათურის ნათების მიზეზი?

სამუშაოსთვის საჭიროა: ორი ელექტრომეტრი, რომლებსაც მეტალის ერთნაირი სფეროები აქვთ, ნათურა, რომელსაც მირჩილული აქვს მავთულები (გამტარები), შემაერთებელი გამტარები, ელექტროფორული მანქანა.

სამუშაოს მსვლელობა:

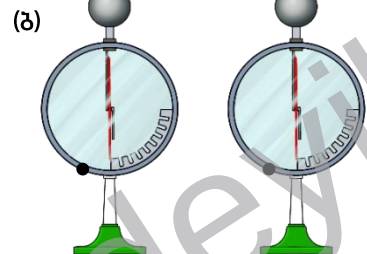
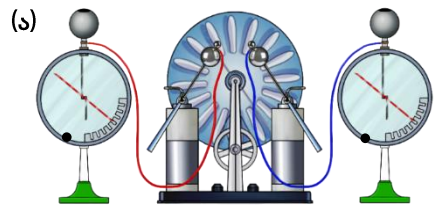
1. ელექტრომეტრების მეტალის სფეროები ელექტროფორული მანქანის საშუალებით დამუხტეთ ერთნაირი რაოდენობის სხვადასხვა ნიშნის ელექტრული მუხტით (ა).
2. მოხსენით მეტალის ბურთულებს ელექტროფორული მანქანის კონდუქტორებთან შემაერთებული გამტარები. შეახეთ ელექტრომეტრის მეტალის სფეროებს მავთულებიანი ნათურა (ბ). იმსჯელეთ მომხდარი მოვლენის შესახებ.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ განიმუხტა ელექტრომეტრების დაელექტროვებული სფეროები ნათურის მავთულებთან შეხების შემდეგ?
- რა მიზეზით აინთო ნამიერად და ჩაქრა ნათურა?

ელექტრომეტრის დაელექტროვებული სფეროები სადენით შეერთების შემდეგ განიმუხტება. ეს ნიშნავს, რომ სფეროებმა დაკარგეს ელექტრული მუხტი. ე. ი. მუხტები თავისუფლად მოძრაობენ სადენში. თავისუფალი მუხტების მოძრაობა ნათურაში არის მისი ნათების მიზეზი.

- **დამუხტული ნაწილაკების მიმართულ მოძრაობას ელექტრული დენი ეწოდება.**

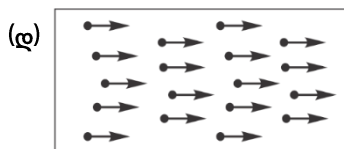
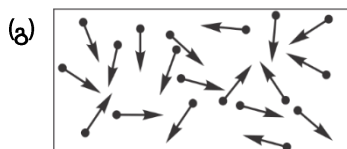


განმარტებიდან ჩანს, რომ უწყვეტი ელექტრული დენის არსებობისათვის აუცილებელია:

- ნივთიერებაში დამუხტული ნაწილაკების (მუხტის გადამტანების) არსებობა, რომლებსაც მთელ სხეულში შეუძლიათ გადაადგილება;
- ისეთი ელექტრული ძალის არსებობა, რომლის მოქმედება იწვევს დამუხტული ნაწილაკების მიმართულ მოძრაობას;
- გამტარი (გამტარებისგან შედგენილი ელექტრული წრედი), რომელშიც ელექტრული დენი გადის, შეკრული უნდა იყოს.

პირველი პირობა სრულდება ყველა სახის გამტარში: მეტალებში მუხტის გადამტანია თავისუფალი ელექტრონები, სითხეებში კი – დადებითი და უარყოფითი იონები.

მეორე პირობის შესასრულებლად გამტარის შიგნით უნდა შეიქმნას ელექტრული ველი. ამ ველის მოქმედებით უნესრიგოდ მოძრავი (ა) მუხტის გადამტანები მიმართული მოძრაობის უნარს იძენენ (დ).

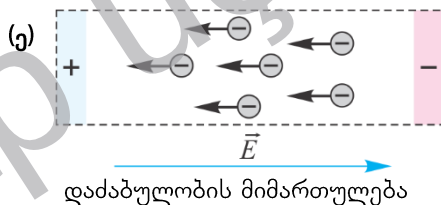


კვლევით სამუშაოში ელექტრული ველი დამუხტული სფეროების ირგვლივ იქმნება. გამტარით მათი შეერთების შემდეგ ელექტრული ველი გამტარშიც აღიძვრება. გამტარში აღძრული ელექტრული ველი თავისუფალ ელექტრონებზე ელექტრული ძალით იმოქმედებს.

შედგად ელექტრონები უარყოფითად დამუხტული სფეროდან დადებითად დამუხტული სფეროსკენ ამოძრავდებიან და გამტარებსა და ნათურაში ელექტრული დენი გაივლის. მაგრამ ეს დენი ძალიან ხანმოკლეა: ანთების შემდეგ ნათურა სწრაფად ქრება. ამის მიზეზია მეტალის სფეროების მუხტების განეიტრალება. ელექტრული ველი გამტარში და შესაბამისად თავისუფალ ელექტრონებზე მოქმედი ელექტრული ძალა ქრება და თავისუფალი ელექტრონების მიმართული მოძრაობა (ელექტრული დენი) წყდება.

- პირობითად ელექტრული დენის მიმართულებად მიღებულია გამტარში ელექტრული ველის დაძაბულობის მიმართულება.

სხვა სიტყვებით: ელექტრული დენის მიმართულებად მიღებულია დადებითი მუხტების მოძრაობის მიმართულება (ე).



შეძენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• უწყვეტი ელექტრული დენის წარმოქმნის პირობები

შეავსეთ მოცემული ცხრილის თავისუფალი უჯრები:



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რას ნიშნავს: „ელექტრული დენი არის დამუხტული ნაწილაკების მიმართული მოძრაობა“?

რა შეიტყვით?

დამუხტული — მიმართულ მოძრაობას ეწოდება — ელექტრული დენის მიმართულება ემთხვევა გამტარში — მიმართულებას. ელექტრული მუხტის გადამტანები მეტალებში არიან —, სითხეებში — დადებითი და უარყოფითი —. უწყვეტი დენის არსებობისთვის საჭიროა ქვემოთ მოყვანილი აუცილებელი პირობების შესრულება: ნივთიერებაში — არსებობა, — რომელიც მათზე მოქმედებს —, გამტარი, რომელშიც დენი გადის, შეკრული უნდა იყოს.

საკვანძო სიტყვები

ელექტრული ველი
თავისუფალი ელექტრონები
მუხტის გადამტანები
ელექტრული დენი
ელექტრული ველის დაძაბულობა
ნაწილაკი
ელექტრული ძალა
იონები

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელი მონესრიგებული მოძრაობები იცით ბუნებასა და ტექნიკაში? რით განსხვავდება მათგან ელექტრული დენი?
2. რა არის უწყვეტი ელექტრული დენის არსებობის პირობა?
3. რომელი დამუხტული ნაწილაკების მოძრაობა განსაზღვრავს ელექტრულ დენს სითხეებში?

6.2. დენის წყაროები

ლამით გზის გასანათებლად ხშირად ფარანს იყენებენ. ჩამრთველზე ხელის დაჭერით ფარანის ნათურა ნებისმიერ დროს შეგვიძლია ავანთოთ ან ჩავაქროთ.

- რა უზრუნველყოფს ფარანის ნათურას ელექტრული დენით ხანგრძლივი დროის განმავლობაში?
- კიდევ რა მოწყობილობები იცით, რომლებიც უზრუნველყოფენ უწყვეტი ელექტრული დენის წარმოქმნას?

კვლევის საშუალო-1

• რა უზრუნველყოფს ელექტრული დენის უწყვეტობას?

საშუაოსთვის საჭიროა: ელექტროფორული მანქანა, ბუდეში ჩამაგრებული ნათურა, ელექტრული ფარანი, ელექტრული ბატარეა, ნებოვანი ლენტი, შემაერთებული სადენები.

საშუაოს მსვლელობა:

I ეტაპი:

1. შეახეთ ერთმანეთს ელექტროფორული მანქანის კონდუქტორები – დარწმუნდით, რომ ისინი განმუხტულია.
2. მიაერთეთ ნათურის ბუდის მომჭერები ელექტროფორული მანქანის კონდუქტორებთან, დაატრიალეთ მანქანის სახელური და დამუხტეთ კონდუქტორები (ა).
3. ელექტროფორული მანქანა დამუხტეთ შესვენებებით (პერიოდულად შეწყვიტეთ სახელურის ტრიალი) და დააკვირდით მოვლენებს.

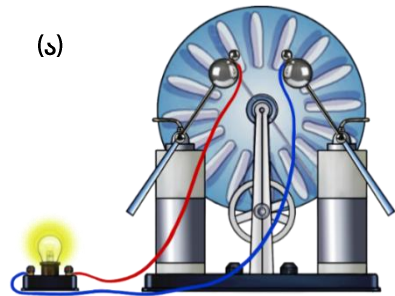
II ეტაპი:

1. სადენების საშუალებით შეაერთეთ ერთმანეთთან ბატარეა და ნათურა, როგორც ეს ნახატზეა ნაჩვენები (ბ).
2. დააკვირდით სადენების თავისუფალი ბოლოების შეხებისა და დაშორების დროს წარმოქმნილ მოვლენებს.

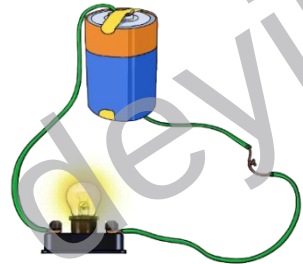
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა არის ნათურის ნათების მიზეზი პირველ ეტაპზე?
- რა მომენტამდე გაგრძელდა ნათურის ნათება? რატომ?
- რა უზრუნველყოფდა ელექტრულ დენს ნათურაში მეორე ეტაპზე?

გამტარში ელექტრული დენის ხანგრძლივად შენარჩუნებისათვის საჭიროა, გამტარში უწყვეტად არსებობდეს ელექტრული ველი;



(ბ)



ამისთვის უნდა უზრუნველყოთ გამტარის ბოლოებზე მუხტის გადამტანების მიწოდება.

ამ მიზნით გამოიყენება მოწყობილობები, რომლებსაც დენის წყაროები ან გენერატორები ეწოდება.

ელექტრული დენის წყაროს მაგალითად შეგვიძლია დავასახელოთ: ელექტროფორული მანქანა, სხვადასხვა სახის ბატარეა (მშრალი გალვანური ელემენტები) (გ) ან აკუმულატორები (დ), მუდმივმაგნიტიანი დენის გენერატორი (ე), მზის ბატარეა (ვ) და დენის გამმართველები (ზ), რომლებსაც ფიზიკის ლაბორატორიებში იყენებენ.



(გ)



(დ)



(ე)



(ვ)



(ზ)



დენის წყაროებში მიმდინარეობს დამუხტული ნაწილაკების წარმოქმნის პროცესი. ამ პროცესში მექანიკური, ქიმიური, შინაგანი ან ნებისმიერი სხვა სახის ენერგია ელექტრულ ენერგიად გარდაიქმნება. მაგალითად, ელექტროფორულ მანქანაში ან მუდმივმაგნიტიანი დენის გენერატორში – მექანიკური ენერგია, აკუმულატორში – ქიმიური ენერგია და მზის ბატარეაში – სინათლის ენერგია ელექტრულ ენერგიად გარდაიქმნება.

თანამედროვე დენის წყაროს ერთ-ერთი შემქმნელი იყო იტალიელი მეცნიერი ალესანდრო ვოლტა (1745 – 1827). მან დაადგინა, რომ სპილენძისა და თუთიის ფირფიტებს შორის მჟავაში დასველებული ქსოვილის მოთავსებისას სპილენძის ფირფიტა დადებითი მუხტით იმუხტება, თუთიის ფირფიტა – უარყოფითი მუხტით. ეს ნიშნავს, რომ ფირფიტებს შორის ხდება მუხტების განცალკევება და გამტარით მათი შეერთების შემდეგ გამტარში ელექტრული დენი აღიძვრება. ამ ფირფიტებს ელექტროდები ეწოდება.

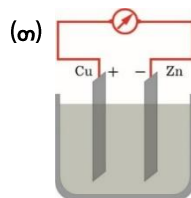


ალესანდრო ვოლტა
(1745–1827)

იტალიელი მეცნიერი. ელექტრობის შესახებ სწავლების ერთ-ერთი ფუძემდებელი. 1800 წელს დაამზადა გალვანური ელემენტი, რომელიც ქიმიური რეაქციის საფუძველზე მუშაობდა.

რატომ ხდება ალესანდრო ვოლტას მიერ დამზადებულ გალვანურ ელემენტში მუხტების განცალკევება

როგორც ცდებმა გვიჩვენა, სპილენძის ელექტროდი მჟავასთან რეაქციაში შესვლის შემდეგ კარგავს ელექტრონებს და დადებითად იმუხტება. თუთიის ელექტროდი, პირიქით, მჟავასთან რეაქციაში შესვლის შემდეგ იერთებს მჟავას უარყოფით იონებს და უარყოფითი მუხტით იმუხტება. ამ ელექტროდებს ეწოდება დენის წყაროს პოლუსები – შესაბამისად, დადებითი და უარყოფითი პოლუსები (თ).



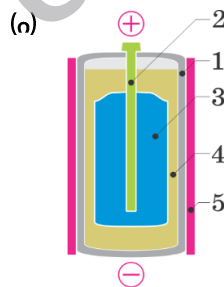
ამგვარად:

- დენის წყაროში ხდება ელექტრული მუხტების განცალკევება: დადებითი მუხტები ერთ პოლუსზე გროვდება, უარყოფითი მუხტები – მეორე პოლუსზე.

დენის წყაროს, რომლის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ქიმიურ რეაქციაზე, გალვანური ელემენტი ეწოდება. გალვანურ ელემენტს სახელი ეწოდა იტალიელი ბიოლოგის ლუიჯი გალვანის პატივსაცემად: ცხოველებზე ექსპერიმენტების დროს მან აღმოაჩინა, რომ კუნთის შეკუმშვა ელექტრული პროცესია.

დღეს გალვანური ელემენტი ყველაზე ფართოდ გამოყენებული დენის წყაროა. ესენია, მაგალითად, თქვენთვის კარგად ცნობილი ბატარეა და აკუმულატორი. თანამედროვე მშრალი გალვანური ელემენტი შედგება თუთიის ჭურჭლისგან (1), რომელშიც ჩაშვებულია ნახშირის ღერი (2). ღერი მოთავსებულია ქსოვილის ტომარაში (3), რომელიც გავსებულია მანგანუმის ჟანგისა და ნახშირის ნარევით. ტომარა გარედან დაფარულია ნებოს ფენით, რომელიც დამზადებულია ფეკილისა და ნიშადურის ნარევისგან (4). თუთიის ჭურჭელს ათავსებენ მუყაოს ყუთში (5) და ზევიდან ფარავენ ფისის ფენით.

გალვანური ელემენტის სქემა



ელემენტის შიგნით მიმდინარე ქიმიური რეაქციის შედეგად ნახშირის ღერი დადებითად იმუხტება, თუთიის ჭურჭელი კი – უარყოფითად.

იცით თუ არა, რომ?



ისტორიაში პირველი გალვანური ელემენტი ლ. გალვანიმდე 3800 წლით ადრე ბაღდადში დაამზადეს. 1938 წელს ჩატარებული არქეოლოგიური გათხრების დროს აღმოაჩინეს ელემენტი. ის შედგებოდა კერამიკული ჭურჭლისგან, რომელშიც ფისის ფენისგან გაკეთებული თავსახურიდან ჩაშვებული იყო რკინისა და სპილენძის ელექტროდები. არქეოლოგებმა დაადგინეს, რომ ეს გალვანური ელემენტი დედამიწაზე ყველაზე ძველი ელექტრული ენერგიის წყაროა.

მისამართი: www.factruz.ru/history_mistry/baghdad-battery.htm

შეაქნილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• გემრიელი ბატარეა

სამუშაოსთვის საჭიროა: ლიმონი (2 ცალი), სპილენძისა და თუთიის მავთულები (ელექტროდები), ელექტრული დენის საზომი მგრძნობიარე ხელსაწყო, შემადგენელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. დაამზადეთ „გალვანური ელემენტი“: ლიმონში ერთმანეთისგან დაშორებით ჩააჩვენეთ სპილენძისა და თუთიის ელექტროდები.
2. შეამოწმეთ, მუშაობს თუ არა „გალვანური ელემენტი“ – ხელსაწყოს სადენები მიაერთეთ „ელექტროდებთან“. ელემენტის შემოწმებას შეძლებთ აგრეთვე, თუ „ელექტროდებთან“ მიერთებულ სადენებს ენით შეეხებით.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- იმსჯელეთ ლიმონისგან დამზადებული გალვანური ელემენტის მუშაობის პრინციპის შესახებ.
- შეიძლება თუ არა გალვანური ელემენტის დამზადება სხვა ხილისგან? პასუხი დაასაბუთეთ.

რა შეიტყვით?

გამტარში — შესანარჩუნებლად ხანგრძლივი დროის განმავლობაში აუცილებელია, მასში არსებობდეს —. ამისთვის გამოიყენება მოწყობილობა, რომელსაც ეწოდება — ან —. დენის წყაროში ხდება —.

საკვანძო სიტყვები
დენის წყარო
ელექტრული ველი
ელექტრული დენი
გენერატორი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა როლს ასრულებს დენის წყარო?
2. რა პროცესი მიმდინარეობს დენის ყველა წყაროში?
3. ენერგიის რომელი გარდაქმნები ხდება დენის წყაროებში?
4. ახსენით გალვანური ელემენტის მუშაობის პრინციპი.

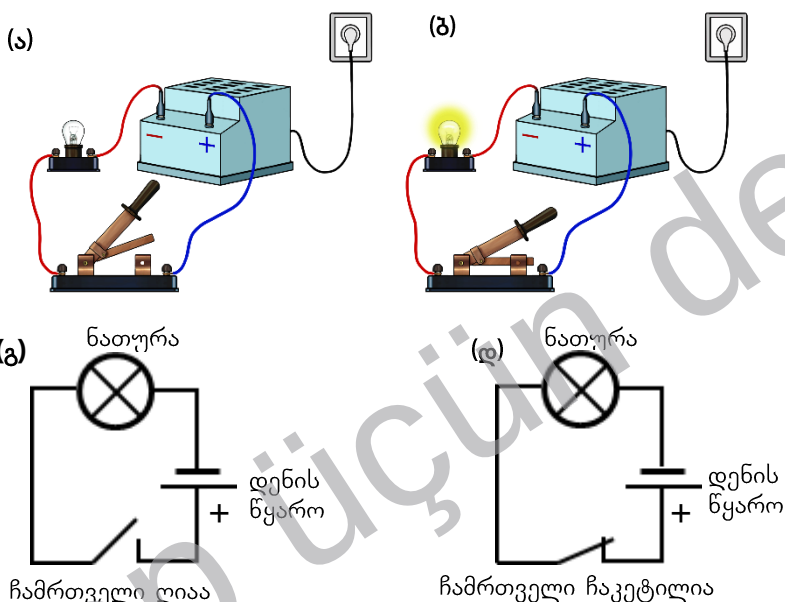
6.3. ელექტრული წრედი და მისი ელემენტები

დენის არსებობის ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა, ნებისმიერი ელექტრული მოწყობილობა, რომელშიც დენმა უნდა გაიაროს, ჩართული იყოს შეკრულ წრედში.

- როგორ შეგვიძლია განვსაზღვროთ, შეკრულია წრედი თუ არა?
- რომელი ელემენტებისგან შეიძლება შედგებოდეს ელექტრული წრედი?
- დაასახელოთ ელექტრული წრედის მაგალითები, რომლებსაც ყოველდღიურ ცხოვრებაში ხვდებით.

ელექტრული წრედი შეიძლება შედგებოდეს სხვადასხვა ელემენტისგან: 1) დენის წყარო; 2) ელექტრობის მომხმარებელი (ნათურა, ელექტრული ზარი, ელექტრული გამათბობელი, ტელევიზორი და სხვ.); 3) ელექტრული ჩამრთველი; 4) ელექტრული საზომი ხელსაწყოები (ამპერმეტრი, ვოლტმეტრი და სხვ.); 5) შემაერთებელი გამტარები.

დენის წყარო, ნათურა, ჩამრთველი და შემაერთებელი გამტარები ქმნიან მარტივ ელექტრულ წრედს. ჩამრთველი არის მოწყობილობა, რომელიც დენის მომხმარებელს ელექტრულ წრედში ჩართავს ან გამორთავს. ნათურა მხოლოდ იმ შემთხვევაში ანათებს, როდესაც წრედი შეკრულია (ა და ბ). ამ წრედის შემადგენელი ელემენტები სქემაზე წარმოდგენილია პირობითი აღნიშვნებით (გ და დ).



ყურადღება! ელექტრული წრედის აწყობის პროცესში ჩამრთველი ღია მდგომარეობაში უნდა იყოს!

ცხრილში 6.1. წამოდგენილია ელექტრულ წრედებში ხშირად გამოყენებული ელემენტების პირობითი აღნიშვნები.

ცხრილი 6.1. ელექტრული წრედის ზოგიერთი ელემენტის პირობითი აღნიშვნა.

ელექტრული წრედის ელემენტები	პირობითი აღნიშვნა
გალვანური ელემენტი	
გამტარების შეერთება	
დენის წყაროს მომჭერები (კლემები)	
ჩამრთველი ლია მდგომარეობაში ჩაკეტილ მდგომარეობაში	
ვარვარების ნათურა	
ელემენტების ბატარეა ან აკუმულატორი	
ამპერმეტრი	
ვოლტმეტრი	
კონდენსატორი	
წინაღობა	
ელექტროზარი	
რეოსტატი	
მცველი	
გამათბობელი ელემენტი	
დამინება	
ანტენა	
ელექტროძრავა	

ყოველი შეკრული ელექტრული წრედი შედგება ორი ნაწილისგან: გარე წრედისა და შიდა წრედისგან.

გარე წრედი შედგება დენის მომხმარებლებისა და საზომი ხელსაწყოებისგან, რომლებიც ერთმანეთთან და დენის წყაროსთან დაკავშირებულია გამტარებით.

შიდა წრედი დენის წყაროს შიგნითაა. თუ შიდა წრედი შეკრულია, დენი შიდა წრედში გაივლის და გარე წრედში ჩართული მომხმარებლები გამოირთვება.

წრედში დენის წყაროს ენერგიის გამოყენებამ უნდა გამოიწვიოს დენის წყაროს პოლუსებზე ელექტრული მუხტების განეიტრალება, მაგრამ ეს არ ხდება, რადგან დენის წყაროს შიგნით მუდმივად მიმდინარეობს ელექტრული მუხტების განცალკევება და მათი დაგროვება დენის წყაროს პოლუსებზე.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

• დახატეთ ჯიბის ფარნის ელექტრული წრედის სქემა

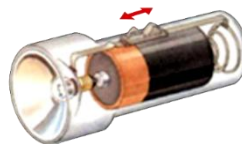
სამუშაოსთვის საჭიროა: ჯიბის ფარანი.

სამუშაოს მსვლელობა:

გამოიყენეთ ცხრილი 6.1. და დახატეთ თქვენი ფარნის ელექტრული სქემა.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რომელი ელემენტებისგან შედგება ელექტრული წრედი?



რა შეიტყვით?

ერთ-ერთი აუცილებელი პირობა — არსებობისთვის არის, რომ —, რომელშიც დენი გადის, შეკრული იყოს. ელექტრული წრედი შეიძლება შედგებოდეს სხვადასხვა —. ელექტრული წრედის შემადგენელი ელემენტები წარმოდგენილია — ცხრილში. შეკრული ელექტრული წრედი შედგება ორი ნაწილისგან: — და —.

საკვანძო სიტყვები
პირობითი აღნიშვნა
გარე წრედი
ელემენტი
ელექტრული წრედი
შიდა წრედი
ელექტრული დენი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რა არის ელექტრული წრედი და რატომ უნდა იყოს ის შეკრული?
2. რა ნაწილებისგან შედგება ელექტრული წრედი? რა განსხვავებაა მათ შორის?
3. რა პირობითი აღნიშვნებით არის ელექტრული წრედის სქემაზე ნაჩვენები ჩამრთველი, ნათურა და დენის წყარო?
4. დერეფნის ერთ ბოლოში არსებული ნათურა საჭიროა ჩავაქროთ, ხოლო მეორე ბოლოში არსებული ნათურა ავანთოთ. დახატეთ ამ წრედის სქემა.

6.4. ელექტრული დენის მოქმედება

ცნობილია, რომ

ელექტრული დენი
დამუხტული
ნაწილაკების
მოწესრიგებული
მოძრაობაა. მაგრამ ეს
ნაწილაკები იმდენად
მცირე ზომისაა, რომ
შეუძლებელია მათი
მოძრაობის დანახვა.

- როგორ შეიძლება მივხვდეთ, გადის თუ არა გამტარში ელექტრული დენი?

ელექტრული დენი სხვადასხვა მოქმედებით ვლინდება, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში.

დენის გამოვლინება ნათებითა და სითბური მოქმედებით

დენის ამ მოქმედებებს თქვენ დააკვირდით ვარვარების ნათურის წრედის შესწავლის დროს: ნათურის სპირალი, რომელშიც დენი გადის, თან ანათებს, თან ხურდება. დენის სინათლის ნათებით გამოვლინებას მრავალი მეცნიერი სწავლობდა: იტალიელი მეცნიერი ა. ვოლტა, რუსი გამომგონებელი ვ. პეტროვი (გამოიგონა ელექტრული რკალი) და პ. იაბლოჩკოვი (ელექტრული რკალი გამოიყენა განათებისთვის), ამერიკელი მეცნიერი თ. ედისონი (გამოიგონა თანამედროვე ვარვარების ნათურა) და სხვები. მათი კვლევების შედეგია სხვადასხვა სახის ნათურის შექმნა (ა).

ელექტრული დენის სითბური მოქმედება გამოიყენება ელექტრულ გამაცხელებლებში (მაგალითად, ელექტროჩაიდანში, ელექტროგამათბობელში და სხვაგან) (ბ).

(ა)



(ბ)



დენის ქიმიური მოქმედება

დენის ეს მოქმედება ადვილი სანახავია, თუ დავაკვირდებით დენის გავლას სხვადასხვა ნივთიერების წყალხსნარებში.

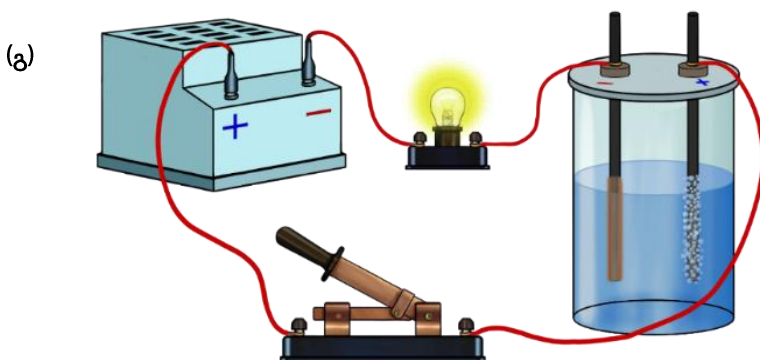
კვლევითი სამუშაო-1

• ინვესს თუ არა დენი ქიმიურ რეაქციას?

სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო, გრაფიტის (ან ნახშირის) ორი ელექტროდი (ეს ელექტროდები არ შედის ხსნართან ქიმიურ რეაქციაში), მინის ჭურჭელი სპილენძის ქლორიდის წყალხსნარით, ბუდეში ჩამაგრებული ნათურა, შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ელექტროდები ჩაუშვით ხსნარში და შეადგინეთ (გ) ნახატზე მოცემული სქემა.
2. ჩართეთ ჩამრთველი და ყურადღებით დააკვირდით მოვლენებს, რომლებიც ხდება ნათურის ნათების დროს, აგრეთვე ელექტროდებზე და ხსნარში.



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა ცვლილებებს განიცდის ნათურის ნათება ჩამრთველის ჩართვის შემდეგ?
- დენის წყაროს რომელ პოლუსთან მიერთებულ ელექტროდზე ჩნდება ნალექი და რომელი ელექტროდის ზედაპირთან წარმოიქმნება აირის ბუშტუკები?
- რა შეიძლება ვივარაუდოთ ნანახი მოვლენების მიზეზებთან დაკავშირებით?

სხვადასხვა ნივთიერების ხსნარებში ელექტროდების საშუალებით დენის გავლის დროს ამ ელექტროდების ზედაპირზე წარმოიქმნება ახალი ნივთიერება: ქიმიური რეაქციის შედეგად ერთ-ერთი ელექტროდის ზედაპირზე ილექება მყარი ნივთიერება, ხოლო მეორე ელექტროდთან გამოყოფილი აირი ბუშტუკების სახით ხსნარის ზედაპირისკენ მოძრაობს. ეს თქვენ ნახეთ კვლევითი სამუშაოს დროს: დენის წყაროს უარყოფით პოლუსთან მიერთებულ ელექტროდზე ხსნარიდან სპილენძი გამოიყოფა. შედეგად ეს ელექტროდი წარინჯისფერი ნალექით იფარება. ხოლო დენის წყაროს დადებით პოლუსთან მიერთებულ ელექტროდთან წარმოიქმნება ქლორის

აირის ბუშ-ტუკები (შეიგრძნობა მისი სპეციფიკური მძაფრი სუნი), რომლებიც ხსნარის ზედაპირისკენ მოძრაობენ.

ხსნარში ელექტრული დენის გავლის დროს ელექტროდებზე ნივთიერებების გამოყოფის პროცესს **ელექტროლიზი** ეწოდება.

ელექტროლიზის საშუალებით ხდება ჭურჭლის ზედაპირის დაფარვა ქრომით ან ნიკელით. დენის ქიმიურ მოქმედებას შეიძლება დავაკვირდეთ აირებშიც; მაგალითად, ჭექა-ქუხილის დროს ჰაერში შეიგრძნობა ოზონის სუნი (ოზონი ჟანგბადის განსაკუთრებული ფორმაა, მისი მოლეკულა ჟანგბადის სამი ატომისგან შედგება: O_3).

ელექტრული დენის გამოვლინება ქიმიური მოქმედებით ან სითბური მოქმედებით ყოველთვის არ ხდება: მაგალითად, სპილენძის (რომელიც ელექტრული დენის კარგი გამტარია) გამტარში სუსტი ელექტრული დენის გავლის დროს არ ვლინდება დენის სითბური ან ქიმიური მოქმედება.

არსებობს თუ არა დენის ისეთი გამოვლინება, რომელიც ყოველთვის შეიგრძნობა?

კვლევითი სამუშაო-2

• დენის მაგნიტური მოქმედება

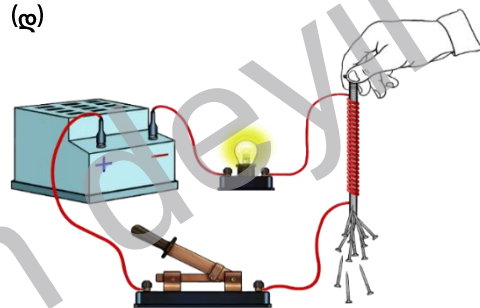
სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო, ჩამრთველი, ლურსმანი (150 მმ), წვრილი ლურსმნები (5-6 ცალი), ბუდეში ჩამაგრებული ნათურა, შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. გამორთეთ ჩამრთველი. გრძელ ლურსმანზე დაახვიეთ ერთ-ერთი გამტარი და ააწყვეთ ნახატზე ნაჩვენები წრედი.
2. მაგიდის ზედაპირზე დაყარეთ წვრილი ლურსმნები, მიუახლოეთ მათ და შეახეთ გრძელი ლურსმანი, რომელზეც გამტარია დახვეული.
3. ჩართეთ ჩამრთველი და გაიმეორეთ ცდა. იმსჯელეთ დაკვირვების შედეგზე (დ).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- შენიშნეთ თუ არა ცდის დროს რამე ცვლილება წრედში, როცა წრედი შეკრული არ იყო?
- ელექტრული დენის რომელი მოქმედება დაინახეთ წრედის შეკვრის შემდეგ?



ელექტრული დენის ერთ-ერთი გამოვლინებაა მისი მაგნიტური მოქმედება. **ელექტრული დენის სხვა მოქმედებებისგან განსხვავებით, მისი მაგნიტური მოქმედება ყოველთვის მჟღავნდება.** ამის გამო მას ფართო პრაქტიკული გამოყენება აქვს:

დენის მაგნიტური მოქმედება უდევს საფუძვლად ელექტრული საზომაო ხელსაწყოების მუშაობას, ელექტრულ ზარს, უკვე მოძველებულ ტელეგრაფის აპარატებს, მაგნიტურ ამწეებს, რომლებიც მეტალურგიულ ქარხნებში გამოიყენება.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-3

• დენის მაგნიტური მოქმედება, რომელიც ყოველთვის ავლენს თავს

სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო (ბატარეა), ჩამრთველი, ბუდეში ჩამაგრებული ნათურა, შემაერთებული გამტარები, კომპასი, ნებოვანი ლენტი.

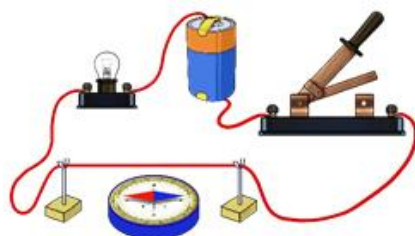
სამუშაოს მსვლელობა:

1. გამორთეთ ჩამრთველი, კომპასი მაგიდაზე დადეთ. მისი ისარი ჩრდილოეთი-სამხრეთი მიმართულებით გაჩერდება. მის გასწვრივ მოათავსეთ გამტარი (ე).
2. ჩართეთ ჩამრთველი და დააკვირდით მომხდარ მოვლენებს (ვ).

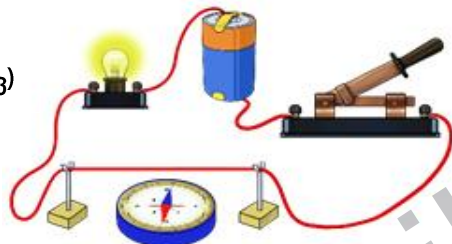
იმსჯელეთ შედეგებზე:

- ელექტრული დენის რომელი მოქმედება ვლინდება წრედში დენის გავლისას? პასუხი დაასაბუთეთ.

(ე)



(ვ)



რა შეიტყვით?

— გამტარში გავლისას ვლინდება მისი სხვადასხვა მოქმედების უნარი. ნათურებსა და გამათბობლებში გამოიყენება დენის გამოვლინება — და — სახით. დენის გავლის დროს სხვადასხვა ნივთიერების წყალხსნარებში მათში ვლინდება დენის —. დენის — არის დენის ერთადერთი მოქმედება, რომელიც ყოველთვის ვლინდება.

საკვანძო სიტყვები
ნათება
ელექტრული დენი
მაგნიტური მოქმედება
ქიმიური მოქმედება
სითბური მოქმედება

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. როგორ შეიძლება აღმოვაჩინოთ გამტარში დენის გავლა?
2. მოიყვანეთ ელექტრული დენის ქიმიური და სითბური მოქმედების მაგალითები.
3. რა განსხვავებაა დენის მაგნიტურ მოქმედებასა და მის სხვა მოქმედებებს შორის?
4. დენის რომელი მოქმედება გამოვლინდება ზღვის წყალში დენის გავლის დროს?

6.5. დენის ძალა და მისი გაზომვა

თუ მდინარეებს მტკვარსა და ველეგელის შევადარებთ, რომლებიც კასპიის ზღვაში ჩაედინებიან, ადვილად მივხვდებით, რომ წყლის რაოდენობა, რომელიც ერთი და იმავე დროის განმავლობაში ჩაედინება ზღვაში ამ მდინარეებით, სხვადასხვაა. ანალოგიურად განსხვავდება მუხტის რაოდენობა, რომელიც გაივლის ნათურისა და გამათბობლის სპირალში ერთი და იმავე დროის განმავლობაში.

- შესაძლებელია თუ არა ელექტრული მუხტის იმ რაოდენობის განსაზღვრა, რომელიც გამტარის განივკვეთში გაივლის ერთეული დროის განმავლობაში? რამდენად მნიშვნელოვანია ამის ცოდნა?

კვლევითი სამუშაო-1

- რა არის ელექტრონათურების ნათებას შორის განსხვავების მიზეზი?

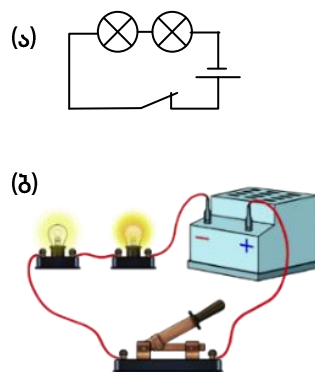
სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო, ჩამრთველი, სხვადასხვა ნათურა (2 ცალი), შემაერთებული გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა: 1. მოყვანილი სქემის მიხედვით ააწყვეთ ელექტრული წრედი (ა). 2. ჩართეთ ჩამრთველი და დააკვირდით ნათურების ნათებას (ბ).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რატომ ანათებს სხვადასხვა სიკაშკაშით ერთი და იმავე დენის წყაროსთან მიერთებული სხვადასხვა ნათურა?
- რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება ჩატარებული სამუშაოს შემდეგ? რა წინადადებები გაქვთ?

მოცემული დროის განმავლობაში გამტარის განივკვეთში გასული ელექტრული მუხტის სიდიდის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ფიზიკური სიდიდე, რომელსაც **დენის ძალა** ეწოდება:



ფორმულა	საზომი ერთეული
$I = \frac{q}{t}$ სადაც I დენის ძალაა, q – მუხტის სიდიდე, რომელიც გამტარის განივკვეთში გადის, t – დრო, რომელიც ამ მუხტის გავლას დასჭირდა.	$[I] = 1 \frac{[q]}{[t]} = 1 \frac{კ}{წმ} = 1 ა.$ SI სისტემაში დენის ძალის საზომი ერთეულია ამპერი (1 ა).
განმარტება	განმარტება
დენის ძალა სკალარული სიდიდეა, რომელიც რიცხობრივად გამტარის განივკვეთში 1 წამში გასული ელექტრული მუხტის სიდიდის ტოლია.	ამპერი არის მუდმივი დენის ძალა, რომელიც ორ პარალელურ, უსასრულო სიგრძისა და უმნიშვნელო განივკვეთის 1 მეტრით დაშორებულ გამტარში გავლისას მათ ყოველ ერთმეტრიან მონაკვეთს შორის $2 \cdot 10^{-7}$ ნ ურთიერთქმედების ძალას აღძრავს.

დენის ძალის ერთეულს სახელი ეწოდა ფრანგი მეცნიერის ანდრე ამპერის პატივსაცემად. დენის ძალის ერთეული – ამპერი – SI სისტემის ერთ-ერთი ძირითადი ერთეულია. პრაქტიკული მოსაზრებით გამოიყენება დენის ძალის ერთეულის ჯერადი ერთეულები:

$$1 \text{ მა} = 10^{-3} \text{ ა}; \quad 1 \text{ მკა} = 10^{-6} \text{ ა}; \quad 1 \text{ კა} = 10^3 \text{ ა}.$$

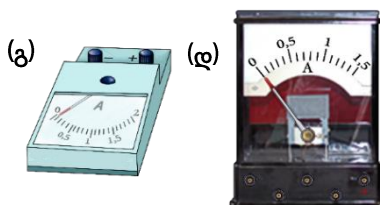


ანდრე მარი ამპერი
(1775–1836)

ფრანგი მეცნიერი, ელექტრობისა და მაგნეტიზმის თეორიის ერთ-ერთი ფუძემდებელი. ჩამოაყალიბა დენიანი გამტარების ურთიერთქმედების კანონი (ამპერის კანონი) და შექმნა სხვადასხვა ხელსაწყო, რომლებშიც გამოყენებულია დენიან გამტარზე მაგნიტის მოქმედება.

დენის ძალის გაზომვა

დენის ძალა იზომება ხელსაწყოთი, რომელსაც ამპერმეტრი ეწოდება. ფიზიკის სასკოლო კაბინეტში გამოიყენება ორი სახის ამპერმეტრი: ლაბორატორიული ამპერმეტრი (ა) და სადემონსტრაციო ამპერმეტრი (ბ). ამპერმეტრის სკალაზე არის წარწერა – ასო A. სქემებზე ამპერმეტრი აღინიშნება წრეში ჩანერილი A ასოთი (იხ. ცხრილი 6.1.). ამპერმეტრის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია დენიან გამტარზე მაგნიტის ზემოქმედებაზე. ელექტრული დენის მომხმარებელში (მაგ., ნათურაში) გამავალი დენის ძალის გასაზომად ეს მომხმარებელი ამპერმეტრთან უნდა მივაერთოთ მხოლოდ მიმდევრობით (ვ). ამ დროს ამპერმეტრსა და მომხმარებელში ერთი და იგივე დენი გაივლის.



ყურადღება! წრედში ამპერმეტრის ჩართვის დროს ყურადღება მიაქციეთ, რომ ამპერმეტრის დადებითი მომჭერი მიერთებული იყოს დენის წყაროს დადებით პოლუსთან, უარყოფითი მომჭერი – უარყოფით პოლუსთან. სხვა შემთხვევაში ხელსაწყოს ისარი სანინაალმდეგო მიმართულებით (სკალის კიდისკენ) ამოძრავდება და შეიძლება ამპერმეტრი დაზიანდეს.

შედეგითი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საფუძავ-2

• ამოხსენით ამოცანები

1. გამტარის განივკვეთში 10 წმ-ის განმავლობაში გადის 4 კ ელექტრული მუხტი. რა სიდიდის მუხტი გაივლის იმავე გამტარში 3 წთ-ის განმავლობაში?

მოცემულია	SI სისტემის ერთეულებით	ფორმულა
$t_1 = 10 \text{ წმ},$ $q_1 = 4 \text{ კ},$ $t_2 = 3 \text{ წთ}.$ $q_2 = ?$	$3 \cdot 60 \text{ წმ}$	გამოვთვალოთ გამტარის განივკვეთში გასული ელექტრული მუხტის რაოდენობა, დენის ძალის მათემატიკური ფორმულის საშუალებით: $q_1 = I \cdot t_1$ და $q_2 = I \cdot t_2.$ ამ გამოსახულებებიდან მივიღებთ: $\frac{q_1}{q_2} = \frac{t_1}{t_2}.$
ამოხსნა $q_2 = \frac{4 \text{ კ} \cdot 3 \cdot 60 \text{ წმ}}{10 \text{ წმ}} = 72 \text{ კ}.$ პასუხი: 72 კ.		

2. გამტარში გამავალი დენის ძალაა 10 ა. გამოთვალეთ ელექტრული მუხტის სიდიდე, რომელიც გამტარის განივკვეთში გაივლის 5 წთ-ის განმავლობაში.

რა შეიტყუეთ?

— არის სკალარული სიდიდე, რომელიც რიცხობრივად გამტარის განივკვეთში 1 წმ-ში გასული ელექტრული მუხტის სიდიდის ტოლია. SI სისტემაში დენის ძალის საზომი ერთეულია —. ელექტრული დენის მომხმარებელში (მაგ., ნათურაში) გამავალი დენის ძალის გასაზომად გამოიყენება ხელსაწყო, რომელსაც — ეწოდება. მას მომხმარებელთან აერთებენ მხოლოდ —.

საკვანძო სიტყვები
ამპერი
მიმდევრობით
ამპერმეტრი
დენის ძალა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რას ახასიათებს დენის ძალა?
2. რომელი ხელსაწყოთი იზომება დენის ძალა, როგორია მისი პირობითი აღნიშვნა სქემაზე და როგორ რთავენ მას წრედში?
3. როგორია გამტარში გამავალი დენის ძალა ამპერებში, თუ მის განივკვეთში 10 წთ-ში 200 კ ელექტრული მუხტი გადის?

6.6. ქაზვა და მისი გავრცევა

იმის მიუხედავად, რომ მდინარეებს მტკვარსა და ველველის დაბლობ ადგილებში წელი დინება აქვთ, ისინი მაინც კასპიის ზღვაში ჩაედინება. ამის მიზეზია ამ მდინარეების სათავეებსა და კასპიის ზღვის დონეს შორის არსებული სიმაღლეთა სხვაობა, ანუ წყალი იმ ადგილიდან, რომელსაც მაღალი პოტენციური ენერგია აქვს, დაბალი პოტენციური ენერგიის ადგილისკენ მიედინება.

- რა არის წრედში ელექტრული დენის ანალოგიური ქცევის მიზეზი? არის თუ არა ენერგიებს შორის სხვაობა ელექტრულ წრედში?

კვლევის საშუალო-1

- რის ცვლილებას იწვევს წრედში ჩართული დენის წყაროს შეცვლა?

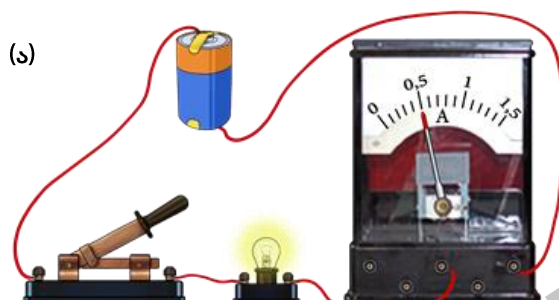
სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო (ბატარეა და კვების სხვა წყარო), ჩამრთველი, ბუდეში ჩამაგრებული ნათურა, შემაერთებული გამტარები, ამპერმეტრი, ნებოვანი ლენტი.

სამუშაოს მსვლელობა:

1. ააწყვეთ ბატარეის, ნათურის, ამპერმეტრისა და ჩამრთველისაგან შედგენილი ელექტრული წრედი (ა).
2. ჩართეთ ჩამრთველი. ყურადღება მიაქციეთ ნათურის ნათებას და ამპერმეტრის ჩვენებას.
3. გამორთეთ ჩამრთველი. ბატარეა შეცვალეთ დენის სხვა წყაროთი.
4. შეკარით წრედი, დააკვირდით ნათურის ნათებას და ამპერმეტრის ჩვენებას (ბ).

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- დენის წყაროს შეცვლის შემდეგ რატომ შეიცვალა ნათურის ნათების სიკაშკაშე და ამპერმეტრის ჩვენება?



ცნობილია, რომ ელექტრული დენი მეტალის გამტარებში თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობაა. გარე წრედში ელექტრონები დენის წყაროს უარყოფითი პოლუსიდან დადებითი პოლუსისკენ მოძრაობენ და გამტარის ატომებთან და იონებთან ურთიერთქმედებენ. შედეგად ელექტრონების კინეტიკური ენერგიის ნაწილი გამტარის შინაგან ენერგიად გარდაიქმნება და გამტარი

თბება. თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობის სიჩქარის შესანარჩუნებლად და დაკარგული კინეტიკური ენერგიის შესავსებად საჭიროა მუშაობის შესრულება. გარე წრედში ამ მუშაობას ასრულებს ელექტრული ველი, ანუ ელექტრული ძალები. მუშაობა, რომელსაც ელექტრული ველი ასრულებს ერთეული მუხტის გადასაადგილებლად ველის რომელიმე ორ წერტილს შორის, ველის ენერგეტიკული მახასიათებელია და ველის ამ წერტილებს შორის *ელექტრული ძაბვა* ან *ძაბვა* ეწოდება.

ფორმულა	საზომი ერთეული
$U = \frac{A}{q},$ სადაც U ძაბვაა წრედის ორ წერტილს შორის, q – ელექტრული მუხტი, A – მუშაობა, რომელსაც ელექტრული ძალები ასრულებენ ელექტრული მუხტის გადასაადგილებლად წრედის ნებისმიერ ორ წერტილს შორის.	$[U] = 1 \frac{[A]}{[q]} = 1 \frac{\text{ჯ}}{\text{კ}} = 1 \text{ ვ.}$ SI სისტემაში ძაბვის საზომი ერთეულია ვოლტი (1 ვ).
განმარტება	განმარტება
ელექტრული ძაბვა წრედის ორ წერტილს შორის ფიზიკური სიდიდეა, რომელიც ტოლია ელექტრული ველის მიერ წრედის ამ ორ წერტილს შორის მუხტის გადასაადგილებლად შესრულებული მუშაობის შეფარდებისა ამ მუხტის სიდიდესთან.	ერთი ვოლტი (1 ვ) არის ძაბვა ელექტრული წრედის ორ წერტილს შორის, როდესაც ამ წერტილებს შორის 1 კ მუხტის გადასაადგილებლად ელექტრული ძალები 1 ჯ მუშაობას ასრულებენ.

როგორც ფორმულიდან ჩანს, მუშაობა, რომელიც ელექტრული ველის ორ წერტილს შორის მუხტის გადაადგილების დროს სრულდება, მუხტის სიდიდისა და ველის ამ წერტილებს შორის ძაბვის ნამრავლის ტოლია:

$$A = q \cdot U.$$

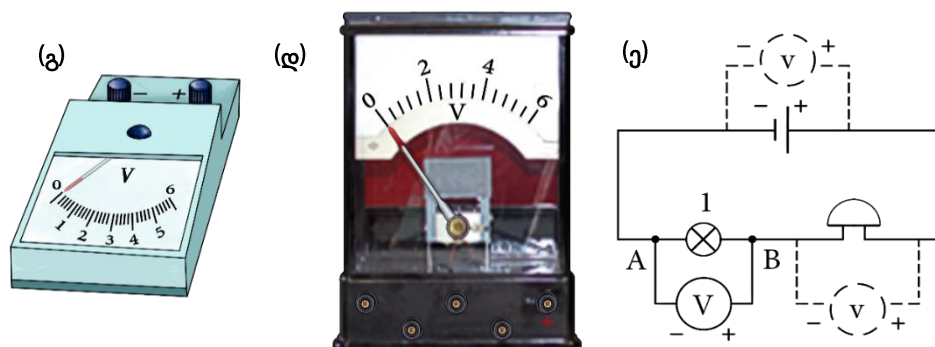
ძაბვის გაზომვა

ძაბვა იზომება *ვოლტმეტრით*. ფიზიკის კაბინეტში გამოიყენება ორი სახის ვოლტმეტრი: ლაბორატორიული ვოლტმეტრი (**ვ**) და სადემონსტრაციო ვოლტმეტრი (**დ**). ვოლტმეტრის სკალაზე არის წარწერა – ასო **V**. სქემებზე ვოლტმეტრი აღინიშნება წრეში ჩანერილი **V** ასოთი (იხ. ცხრილი 6.1.).

ძაბვა წრედის სხვადასხვა წერილებს შორის სხვადასხვაა. ვოლტმეტრის მომჭერებს აერთებენ წრედის იმ წერტილებთან, რომელთა შორისაც საჭიროა ძაბვის გაზომვა. მაგალითად, თუ საჭიროა ნათურაზე მოდებული ძაბვის გაზომვა, ვოლტმეტრს უერთებენ ნათურის მომჭერებს. თუ საჭიროა ძაბვის გაზომვა ელექტრული ზა-

რის წრედში, ვოლტმეტრს აერთებენ ამ ელექტრული ზარის მომჭერებთან.

დენის წყაროზე ძაბვის გასაზომად ვოლტმეტრი მის პოლუსებს უნდა მივუერთოთ (ე).



რა შემთხვევაში გამოიყენება ტერმინი „ძაბვა“?

ნებისმიერი შეკრული წრედის გარე ნაწილის თავი და ბოლო მიერთებულია დენის წყაროს პოლუსებთან. ამიტომ წრედში ჩართული დენის სხვადასხვა წყარო წრედის გარე ნაწილში სხვადასხვა ძაბვას ქმნის. მაგალითად, ხშირად იყენებენ გამოთქმებს: „ბატარეის ძაბვა 1,5 ვ-ია“, „წრედში ძაბვა 220 ვ-ია“, „წრედის უბანს ძაბვა მიეწოდა“, „გამტარში ძაბვაა“. ფიზიკის ლაბორატორიებში გამოიყენება დენის წყაროები, რომლებითაც შესაძლებელია ძაბვის რეგულირება.

ყურადღება!

- წრედის უბანს, სადაც ძაბვას ვზომავთ, ვოლტმეტრი მხოლოდ პარალელურად უნდა მივუერთოთ.
- წრედის უბანთან ვოლტმეტრის მიერთების დროს ყურადღება უნდა მივაქციოთ, რომ ვოლტმეტრის დადებითი მომჭერი დენის წყაროს დადებით პოლუსს მიუერთდეს, უარყოფითი მომჭერი – უარყოფით პოლუსს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ვოლტმეტრი დაზიანდება.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• ამოხსენით ამოცანა

- რის ტოლია ელექტრული მუხტის სიდიდე, თუ მის გადასადგილებლად ელექტრული ველის ორ წერტილს შორის, რომელთა შორის ძაბვა 20 კვ-ია, სრულდება 15 მგჯ მუშაობა?

რა შეიტყუეთ?

-- ენერგეტიკულ მახასიათებელს ეწოდება --.
ელექტრული ძაბვა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც ტოლია ელექტრული ველის მიერ ველის ორ ნერტილს შორის მუხტის გადასაადგილებლად -- შეფარდებისა ამ --. ძაბვა იზომება --.

საკვანძო სიტყვები
მუხტის სიდიდე
ძაბვა
ვოლტმეტრი
შესრულებული
მუშაობა
ელექტრული ველი

შეამოწმათ თქვენი ცოდნა

1. რის მახასიათებელია ელექტრული ძაბვა?
2. რომელი ხელსაწყოთი იზომება ძაბვა, როგორია სქემებზე მისი პირობითი აღნიშვნა და როგორ ირთვება წრედში?
3. დააზუსტეთ დასკვნები, რომლებიც გააკეთეთ კვლევითი სამუშაოს შედეგად.

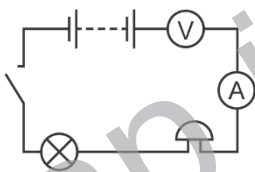
საპარჯიშო-8

1. დახატეთ აკუმულატორის, ჩამრთველის, წინაღობის, ელექტრული ზარის, ნათურის, ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის პირობითი აღნიშვნები, რომლებიც გამოიყენება ელექტრული წრედის სქემებში.
2. ისარგებლეთ დენის ძალის ფორმულით და დაასრულეთ ცხრილი.

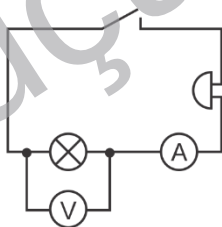
№	გამტარის განივკვეთში გამავალი მუხტის სიდიდე: q, კ	დრო: t, წ	დენის ძალა: I, ა
1	60	40	
2		30	2

3. ყუთში უამრავი რკინის ჭანჭიკი და სპილენძის ქანჩი ყრია. როგორ შეიძლება სწრაფად მათი განცალკევება? ამის გასაკეთებლად თქვენ გაქვთ: აკუმულატორი, სპილენძის გრძელი მავთული და რკინის ღერი.
4. გამტარის განივკვეთში 4 წთ-ში 120 კ ელექტრული მუხტი გადის. გამოთვალეთ დენის ძალა.
5. ნახატზე წარმოდგენილია სამი ელექტრული წრედის სქემა. შეისწავლეთ სქემები: გაარკვიეთ, სწორად არის ისინი დახატული თუ არა. თუ სქემა არასწორად არის დახატული, დახატეთ მისი სწორი ვარიანტი.

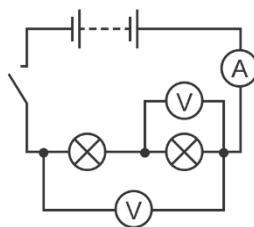
(ა)



(ბ)



(გ)



6.7. ელექტრული წინაღობა. ომის კანონი წრედის უზენისათვის

როგორც შეიტყვეთ, ელექტრული დენის ძირითადი მახასიათებლებია დენის ძალა და ძაბვა.

- რა არის გამტარის ძირითადი მახასიათებელი?
- რაზეა დამოკიდებული წრედის უბანში გამავალი დენის ძალა?
- რომელ წრედშია დენის ძალა მეტი: წრედში, რომელშიც ელექტროგამათბობელია ჩართული თუ წრედში, რომელშიც მობილური ტელეფონია ჩართული? რატომ?

კვლევითი სამუშაო-1

დამოკიდებულია თუ არა დენის ძალა ძაბვაზე?

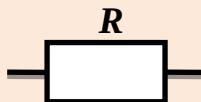
სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო, რომლითაც შესაძლებელია ძაბვის რეგულირება, ორი სხვადასხვა წინაღობა (რეზისტორი), ჩამრთველი, ამპერმეტრი, ვოლტმეტრი, შემაერთებელი გამტარები.

რეზისტორის აღწერილობა. რეზისტორი არის გამტარი, რომელიც დამზადებულია სპეციალური შენადნობისგან, აქვს სპირალის ფორმა და მომჭერები (ა). ელექტრულ სქემებში რეზისტორი აღინიშნება R ასოთი და გამოსახება მართკუთხედის სახით (ბ და გ).

(ა)

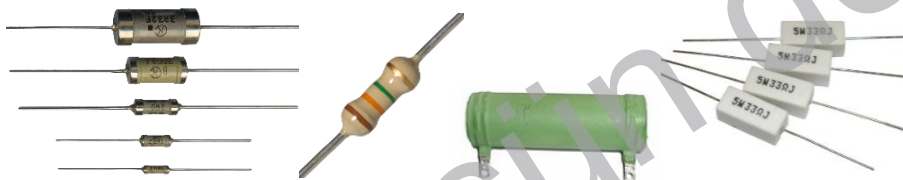


(ბ)



მიკროსქემებში გამოიყენება სხვადასხვა სახის რეზისტორები (გ).

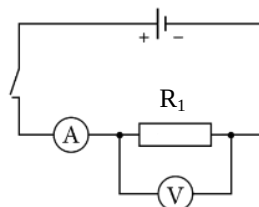
(გ)



სამუშაოს მსვლელობა:

1. ააწყვეთ მოცემული სქემის შესაბამისი ელექტრული წრედი (დ). წრედში ჯერ ერთ-ერთი რეზისტორი ჩართეთ (R_1).
2. ჩართეთ ჩამრთველი, გაზომეთ დენის ძალა და ძაბვა რეზისტორის ბოლოებზე და შედეგები ჩაინერეთ სამუშაო რეგულში.
3. შეცვალეთ ძაბვა და ჩაინერეთ ამპერმეტრისა და

(დ)



ვოლტმეტრის ჩვენებები.

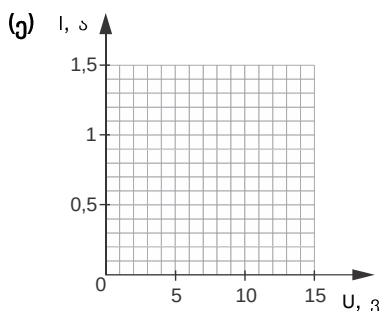
4. გამორთეთ ჩამრთველი, R_1 რეზისტორი შეცვალეთ R_2 რეზისტორით. ჩართეთ ჩამრთველი და გაიმეორეთ ცდა.
5. დენის წყაროთი შეცვალეთ ძაბვა. ჩაინერეთ ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენებები.
6. ცხრილების გამოყენებით ააგეთ დენის ძალის ძაბვაზე დამოკიდებულების გრაფიკები თითოეული რეზისტორისათვის (დ).

ცხრილი 1.

№	R_1	I, (ა)	U, (ვ)
1			
2			
3			

ცხრილი 2.

№	R_2	I, (ა)	U, (ვ)
1			
2			
3			



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ არის დენის ძალა დამოკიდებული ძაბვაზე?
- მოცემული ძაბვის დროს რა განსხვავებაა რეზისტორებში გამავალი დენის ძალებს შორის?

კვლევითი სამუშაოს დროს ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენებების მიხედვით გასაგები გახდა, რომ რამდენჯერაც იზრდება ძაბვა გამტარის ბოლოებზე, იმდენჯერ იზრდება გამტარში გამავალი დენის ძალაც.

- გამტარში გამავალი დენის ძალა გამტარის ბოლოებზე არსებული ძაბვის პირდაპირპროპორციულია: $I \sim U$.

ფორმულის სახით ეს დამოკიდებულება შემდეგნაირად ჩაინერება:

$$I = \frac{1}{R} \cdot U. \quad (1)$$

I დენის ძალაა, რომელიც გადის გამტარში ან წრედის უბანში, U ძაბვაა გამტარის ან წრედის უბნის ბოლოებზე, $\frac{1}{R}$ – პროპორციულობის კოეფიციენტი. აქ R გამტარის მახასიათებელია, რომელსაც გამტარის ელექტრული წინაღობა ეწოდება. ფორმულიდან (1) გამტარის წინაღობა ტოლია:

$$R = \frac{U}{I}.$$

გამტარის ელექტრული წინაღობა სკალარული სიდიდეა და არ არის დამოკიდებული გამტარში გამავალი დენის ძალასა და მის ბოლოებზე არსებულ ძაბვაზე. SI სისტემაში ელექტრული წინაღობის საზომი ერთეულია ომი (1 ომი), რომელიც ერთეულს ეწოდა გერმანელი მეცნიერის გეორგ ომის პატივსაცემად:

$$[R] = 1 \frac{[U]}{[I]} = 1 \frac{\text{ვ}}{\text{ა}} = 1 \text{ ომი}.$$

- 1 ომი არის იმ გამტარის წინაღობა, რომელში გამავალი დენის ძალაც 1 ა-ია, როდესაც მის ბოლოებზე არსებული ძაბვა 1 ვ-ია.

ომის კანონი წრედის უბნისათვის

მრავალი ცდის შემდეგ, 1827 წელს, გერმანელმა მეცნიერმა გეორგ ომმა პირველად განსაზღვრა დამოკიდებულება დენის ძალას, ძაბვასა და წინაღობას შორის წრედის უბანზე. ამ დამოკიდებულებას ეწოდება ომის კანონი წრედის უბნისათვის.

- წრედის უბანში გამავალი დენის ძალა პირდაპირპროპორციულია ამ უბნის ბოლოებზე არსებული ძაბვისა და უკუპროპორციულია უბნის წინაღობის:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (2)$$

კვლევითი სამუშაოს დროს თქვენ გაარკვიეთ, რომ ომის კანონის თანახმად, დიდი წინაღობის რეზისტორში გამავალი დენის ძალა ნაკლებია, ვიდრე იმავე ძაბვის დროს ნაკლები წინაღობის რეზისტორში გამავალი დენის ძალა.

თუ

$$R_1 > R_2,$$

მაშინ

$$I_1 < I_2.$$



გეორგ ომი
(1787-1854)

გერმანელი ფიზიკოსი.

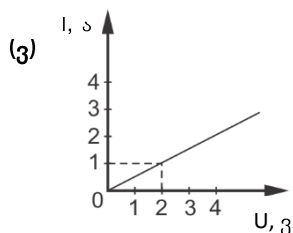
განსაზღვრა დამოკიდებულება ელექტრულ წრედში დენის ძალას, ძაბვასა და წინაღობას შორის.

შეიქმნე ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• ამოხსენით ამოცანა

ნიმუში. მოცემულია გამტარში დენის ძალის ძაბვაზე დამოკიდებულების გრაფიკი (ვ). განსაზღვრეთ გამტარის წინააღობა.



მოცემულია	ფორმულა
$U = 2 \text{ ვ},$ $I = 1 \text{ ა},$ $R = ?$	ომის კანონის მათემატიკური გამოსახულება: $R = \frac{U}{I}.$
ამოხსნა $R = \frac{2\text{ვ}}{1\text{ა}} = 2 \text{ ომი}.$ პასუხი: 2 ომი.	

ამოცანა

ნათურის სპირალში, რომლის წინააღობა 275 ომია, გამავალი დენის ძალა 0,8 ა-ია. როგორია ნათურაზე მოდებული ძაბვა?

რა შეიტყვეთ?

-- არის გამტარის მახასიათებელი. მისი საზომი ერთეული SI სისტემაში არის --. -- წრედის უბანზე პირდაპირპროპორციულია მის ბოლოებზე არსებული -- და უკუპროპორციულია მისი წინააღობის. ეს არის -- --.

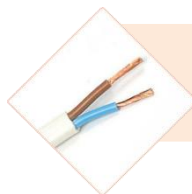
საკვანძო სიტყვები

ძაბვა
ელექტრული წინააღობა
ომი
წრედის უბანი
დენის ძალა
ომის კანონი

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

- როგორ არის დამოკიდებული გამტარში გამავალი დენის ძალა მის ბოლოებზე არსებულ ძაბვაზე? დახაზეთ ამ დამოკიდებულების გრაფიკი.
- როგორ არის დამოკიდებული გამტარში გამავალი დენის ძალა მის წინააღობაზე მუდმივი ძაბვის დროს? ააგეთ დენის ძალის გამტარის წინააღობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.
- რა არის ელექტრული წინააღობის ერთეული?
- როგორ არის ჩამოყალიბებული ომის კანონი წრედის უბნისათვის?

6.8. რაზე არის დამოკიდებული გამტარის წინააღობა?



სარემონტო სამუშაოების შესრულებისას გამოცდილი ხელოსანი ოთახებში ელექტროგაყვანილობისთვის სპილენძის გამტარს ირჩევს.

- რატომ არის მიზანშეწონილი სპილენძის გამტარის გამოყენება ელექტროგაყვანილობის გაკეთების დროს?



მაღალი ძაბვის საჰაერო და მიწისქვეშა ელექტროგადაცემის ხაზების გაყვანის დროს იყენებენ კაბელებს, რომელთა განივკვეთის ფართობი 50 მმ²-იდან 240 მმ²-მდეა. ეს კაბელები, იმის მიხედვით, თუ რა სიდიდის დენისთვის გამოიყენებენ, შედგება 5-იდან 98-მდე სპილენძის ან ალუმინის ცალკეული გამტარისგან.

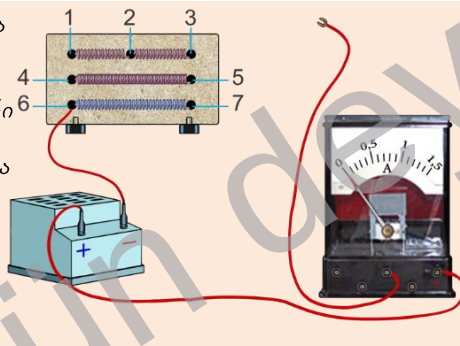
- რატომ გამოიყენება მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემ ხაზებში დიდი დიამეტრის კაბელები?

კვლევის საფეხური-1

- რაზეა დამოკიდებული გამტარის წინააღობა?

სამუშაოსთვის საჭიროა: მუდმივი დენის წყარო (4-ვოლტიანი გამმართველი), ამპერმეტრი, შემაერთებული გამტარები, დაფა სხვადასხვა წინააღობის გამტარებით.

დაფის აღწერილობა. დაფაზე განლაგებულია შესასწავლი გამტარები – ნიქრომის სამი და რკინის ერთი სპირალი, რომლებსაც ერთნაირი სიგრძე და განივკვეთის ერთნაირი ფართობი აქვთ. ნიქრომის ერთ-ერთი სპირალი მიერთებულია მომჭერებთან 1-3 და დამატებით, შუა წერტილით, მიერთებულია მომჭერთან 2. ნიქრომის დანარჩენი ორი სპირალი ერთად (ამ დროს სპირალის განივკვეთის ფართობი ორჯერ იზრდება) მიერთებულია მომჭერებთან 4-5. რკინის სპირალი მიერთებულია მომჭერებთან 6-7.



სამუშაოს მსვლელობა:

1. აანკვეთ ელექტრული წრედი, რომელიც შედგება გამმართველის, ამპერმეტრისა და შესასწავლი წინააღობების დაფისაგან. ნიქრომის სპირალში გაზომეთ დენის ძალა. ამისთვის წრედში ჩართეთ მომჭერები 1-3. შემდეგ წრედში ჩართეთ მომჭერები 1-2 და გაზომეთ დენის ძალა, რომელიც გადის ნიქრომის სპირალის ნახევარში. შეადარეთ გაზომილი დენის ძალები.
2. გაზომეთ 1-3 მომჭერებთან მიერთებულ ნიქრომის სპირალში გამავალი დენის ძალა. შემდეგ გაზომეთ 4-5 მომჭერებთან მიერთებულ ნიქრომის ორ სპირალში გამავალი დენის ძალა. შეადარეთ გაზომილი დენის ძალები.

3. ცალ-ცალკე გაზომეთ ერთნაირი სიგრძისა და განივკვეთის ნიქრომისა და რკინის სპირალურებში გამავალი დენის ძალები. ამისთვის წრედში ჩართეთ ჯერ **1-3**, შემდეგ – **6-7** მომჭერები. შეადარეთ გაზომილი დენის ძალები.
4. სამუშაო რვეულში დახაზეთ ელექტრული წრედის სქემა და აღნიშნეთ მიღებული შედეგები.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რამდენჯერ განსხვავდება მთლიან გამტარში გამავალი დენის ძალა ამ გამტარის ნახევარში გამავალი დენის ძალისგან? როგორ არის დამოკიდებული გამტარის წინალობა მის სიგრძეზე?
- რამდენჯერ განსხვავდება გამტარში გამავალი დენის ძალა მასზე ორჯერ მეტი განივკვეთის ფართობის გამტარში გამავალი დენის ძალისგან? როგორ არის დამოკიდებული გამტარის წინალობა მისი განივკვეთის ფართობზე?
- ერთნაირია თუ არა გამავალი დენის ძალა ერთნაირი სიგრძისა და განივკვეთის ფართობის ორი სხვადასხვა მასალის გამტარში? კიდევ რაზეა დამოკიდებული გამტარის წინალობა?

როგორ წარმოიშობა გამტარის წინალობა?

როგორც იცით, გამტარში არსებული თავისუფალი ელექტრონები ელექტრული ველის მოქმედებით მოწესრიგებულად მოძრაობენ. ამ მოძრაობის დროს მეტალის თავისუფალი ელექტრონები ეჯახებიან დადებით იონებს, რომლებიც რხევით მოძრაობას ასრულებენ კრისტალური მესრის კვანძებში. თავისუფალი ელექტრონები თავიანთი კინეტიკური ენერგიის ნაწილს გადასცემენ იონებს, რის გამოც მათი მოწესრიგებული მოძრაობის სიჩქარე მცირდება. ამგვარად, მეტალის დადებითი იონები დაბრკოლებას უქმნიან თავისუფალი ელექტრონების მოწესრიგებულ მოძრაობას. ამ დაბრკოლებას **გამტარის წინალობა** ეწოდება.

რაზეა დამოკიდებული ელექტრული წინალობა?

ამ საკითხის შესწავლის შედეგად მიღებულია სამი მნიშვნელოვანი შედეგი:

1. მუდმივი დენის წყაროსთან ($U = \text{const}$) მიერთებულ გარკვეული სიგრძის გამტარში გამავალი დენის ძალა 2-ჯერ ნაკლებია ამ გამტარის ნახევარი სიგრძის გამტარში გამავალ დენის ძალაზე. ომის კანონის ($I = \frac{U}{R}$) თანახმად, ეს ნიშნავს, რომ მთლიანი გამტარის წინალობა 2-ჯერ მეტია ამ გამტარის ნახევრის წინალობაზე.
- **გამტარის წინალობა მისი სიგრძის პირდაპირპროპორციულია.**
2. მუდმივი დენის წყაროსთან ($U = \text{const}$) მიერთებულ გამტარში გამავალი დენის ძალა ორჯერ ნაკლებია იმავე სიგრძის, მაგრამ 2-ჯერ მეტი განივკვეთის ფართობის მქონე გამტარში გამავალი დენის ძალაზე. ომის კანონის ($I = \frac{U}{R}$) თანახმად, ეს ნიშნავს, რომ 2-ჯერ მეტი განივკვეთის ფართობის გამტარის წინალობა 2-ჯერ ნაკლებია.

• **გამტარის წინალობა მისი განივკვეთის ფართობის უკუპროპორციულია.**

3. მუდმივი დენის წყაროსთან ($U=\text{const}$) მიერთებულ რკინის გამტარში გამავალი დენის ძალა 10-ჯერ მეტია ნიქრომის მავთულში გამავალ დენის ძალაზე. ე. ი. რკინის გამტარის წინალობა 10-ჯერ ნაკლებია ნიქრომის გამტარის წინალობაზე.

• **გამტარის წინალობა დამოკიდებულია იმ ნივთიერების გვარობაზე, რომლისგანაც არის დამზადებული.**

ამგვარად, გამტარის წინალობის დამოკიდებულების ფორმულას ასეთი სახე ექნება:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

სადაც R გამტარის წინალობაა, l – გამტარის სიგრძე, S – გამტარის განივკვეთის ფართობი, ρ – გამტარის კუთრი წინალობა. გამტარის კუთრი წინალობა არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც დამოკიდებულია იმ ნივთიერების გვარობაზე, რომლისგანაც არის გამტარი დამზადებული. ცხრილ 6.2.-ში მოყვანილია ზოგიერთი ნივთიერების კუთრი წინალობა, რომლებიც ცდების შედეგად არის დადგენილი, თუ გამტარის სიგრძე არის 1 მ, ხოლო განივკვეთის ფართობი – 1 მ², მაშინ ფორმულიდან

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

მივიღებთ, რომ კუთრი წინალობა რიცხობრივად ასეთი გამტარის წინალობის ტოლია: $\rho = R$.

• **კუთრი წინალობა არის 1 მ სიგრძისა და 1მ² განივკვეთის ფართობის გამტარის წინალობა.** კუთრი წინალობის ერთეული SI სისტემაში არის ომი გამრავლებული მეტრზე (1 ომი · მ):

$$[\rho] = \frac{[R] \cdot [S]}{[l]} = \frac{1 \text{ ომი} \cdot 1 \text{ მ}^2}{1 \text{ მ}} = 1 \text{ ომი} \cdot \text{მ}.$$

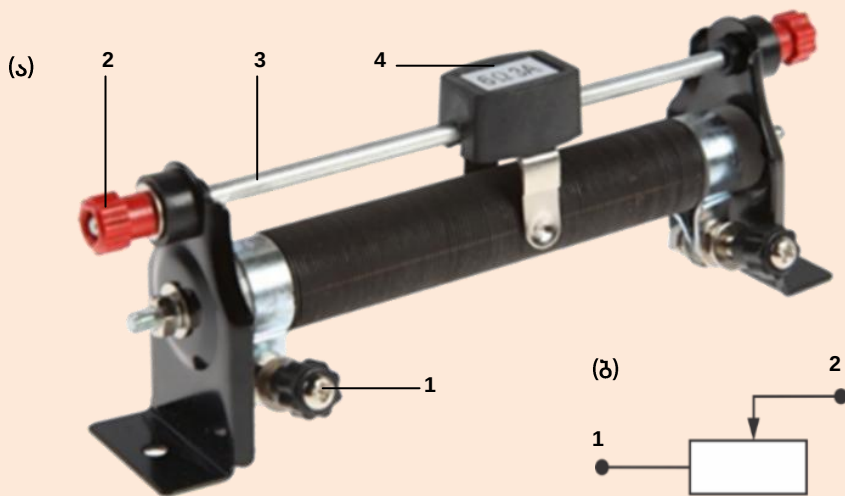
რადგან გამტარის განივკვეთის ფართობი დიდი არ არის, მას მმ²-ით ზომავენ. ამის გათვალისწინებით, კუთრი წინალობის ერთეული შეიძლება ასეც ჩავწეროთ:

$$[\rho] = 1 \frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}}$$

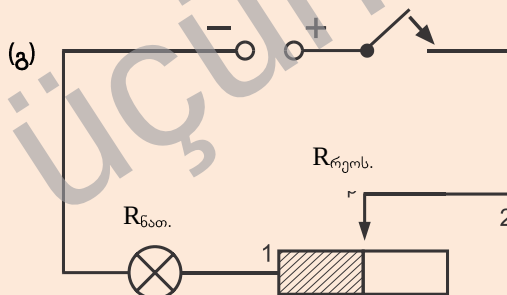
ცხრილი 6.2. ზოგიერთი ნივთიერების კუთრი წინალობა ($t = 20^\circ\text{C}$)

ნივთიერება	$\rho, \frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}}$	ნივთიერება	$\rho, \frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}}$
ვერცხლი	0,016	მანგანი (შენადნობი)	0,43
სპილენძი	0,017	კონსტანტანი (შენადნობი)	0,5
ოქრო	0,024	ვერცხლისწყალი	0,96
ალუმინი	0,028	ნიქრომი (შენადნობი)	1,1
ვოლფრამი	0,055	ფექრალი (შენადნობი)	1,3
რკინა	0,1	გრაფიტი	13
ტყვია	0,21	კერამიკა	10^{19}
ნიკელინი (შენადნობი)	0,4	ებონიტი	10^{20}

ყურადღება! ელექტრულ წრედში დენის სარეგულირებლად გამოიყენება მცოცხანი რეოსტატი. რეოსტატის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია გამტარის წინააღობის მის სიგრძეზე დამოკიდებულებაზე. რეოსტატი წარმოადგენს კერამიკულ მილს, რომლის ზედაპირზე დახვეულია ნიკელინის (ან სხვა შენადნობის) გამტარი, რომელსაც დიდი კუთრი წინააღობა აქვს (ა).



გამტარის ერთი ბოლო მიერთებულია მომჭერთან (1). თითბრის ცოცია (4) მჭიდროდ ეხება კერამიკულ მილზე დახვეულ გამტარს და თავისუფლად შეუძლია კერამიკული მილის გასწვრივ გადაადგილება ლერძზე (3), რომელსაც ძალიან პატარა წინააღობა აქვს. ცოცია წრედში ირთვება მომჭერი (2)-ის საშუალებით. ნახატზე (ბ) ნაჩვენებია ელექტრულ სქემაზე რეოსტატის პირობითი აღნიშვნა. რეოსტატის მუშაობის პრინციპი ნათლად ჩანს ელექტრული წრედის სქემაზე (გ). წრედის საერთო წინააღობა შედგება ნათურის წინააღობისა ($R_{ნათ.}$) და რეოსტატის გამტარის წინააღობისაგან ($R_{რეოს.}$) (დაშტრიხული ნაწილი), რომელიც წრედშია ჩართული. რეოსტატის დაუშტრიხავი ნაწილი წრედში არ მონაწილეობს. ცოციას გადაადგილებით ჩვენ ვზრდით ან ვამცირებთ რეოსტატის წრედში ჩართული ნაწილის სიგრძეს და ამით ვზრდით ან ვამცირებთ რეოსტატის წინააღობას ($R_{რეოს.}$).



შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო-2

• ამოხსენით ამოცანა

ნიმუში. გამოთვალეთ ვერცხლის გამტარის წინაღობა, თუ მისი სიგრძეა 100 მ, განივკვეთის ფართობი კი – 2 მმ².

მოცემულია	ფორმულა	ამოხსნა
$\rho = 0,016 \frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}},$ $l = 100 \text{ მ},$ $S = 2 \text{ მმ}^2.$	$R = \rho \frac{l}{S}$	$R = 0,016 \cdot \frac{100}{2} \cdot \frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}} \cdot \frac{\text{მ}}{\text{მმ}^2} = 0,8 \text{ ომი}.$
R – ?	პასუხი: 0,8 ომი.	

ამოცანა

როგორ შეიცვლება გამტარის წინაღობა, თუ მის სიგრძეს 3-ჯერ გავზრდით, ხოლო განივკვეთის ფართობს 3-ჯერ შევამცირებთ?

რა შეიტყვით?

გამოიყენეთ საკვანძო სიტყვები და შეავსეთ ცხრილის თავისუფალი უჯრები:

დამოკიდებულია
პირდაპირპროპორციულად
დამოკიდებულია უკუპროპორციულად
დამოკიდებულია
არ არის დამოკიდებული

ფიზიკური სიდიდე	გამტარის სიგრძეზე	გამტარის განივკვეთის ფართობზე	ნივთიერებაზე, რომლისგანაც დამზადებულია გამტარი
კუთრი წინაღობა	...	...	...
გამტარის წინაღობა	დამოკიდებულია პირდაპირპროპორციულად	...	...

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რაზეა დამოკიდებული გამტარის წინაღობა?
2. რას ეწოდება გამტარის კუთრი წინაღობა და რა ერთეულით იზომება ის?
3. რომელ პრინციპზეა დაფუძნებული რეოსტატით წინაღობის რეგულირება ელექტრულ წრედში?
4. ახსენით რეოსტატის მოწყობილობა.

საპარჯიშო-9

1. რის ტოლია სპილენძის გამტარის წინაღობა, თუ მისი სიგრძეა 25 მ, ხოლო განივკვეთის ფართობია 1 მმ²?
2. ელექტროქურის ნიქრომის სპირალის დიამეტრია 0,5 მმ, წინაღობა – 49,5 ომი. გამოთვალეთ ნიქრომის სპირალის სიგრძე (ნიქრომისთვის $\rho = 1,1 \frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}}$).
3. ნიკელინის გამტარის განივკვეთის ფართობია 0,2 მმ². 4,5 ვ ძაბვის წყაროსთან მიერთების შემდეგ მასში 300 მა დენი გადის. განსაზღვრეთ გამტარის სიგრძე.
4. განსაზღვრეთ რკინის გამტარის წინაღობა, თუ მისი სიგრძეა 200 მ და განივკვეთის ფართობი – 2 მმ².
5. რა ძაბვა უნდა მივაწოდოთ გამტარის ბოლოებს, რომლის წინაღობა 20 ომია, რომ მასში აღძრული დენის ძალა 50 მკა იყოს?
6. რეოსტატი დამზადებულია რკინის გამტარისგან, რომლის სიგრძე 50 მ-ია, ხოლო განივკვეთის ფართობი – 1 მმ². როგორია რეოსტატში გამავალი დენის ძალა, როდესაც ძაბვა მის ბოლოებზე 45 ვ-ია?
7. 20 მ სიგრძისა და 0,8 მმ² განივკვეთის ფართობის ნიქრომის გამტარში გამავალი დენის ძალა 0,4 ა-ია. რა ძაბვაა გამტარის ბოლოებზე? (ნიქრომისთვის $\rho = 1,1 \frac{\text{ომი} \cdot \text{მმ}^2}{\text{მ}}$)

6.9. გამტარების მიმდევრობით შეერთება

გაიხსენეთ, როგორ მხიარულად ხვდებოდით ეზოში მეგობრებთან ერთად ნოვრუზის დღესასწაულს. ხელისხელჩაკიდებული ცეკვავდით კოცონის ირგვლივ.



- თუ ფიზიკის ენაზე ვიტყვით, ელექტრულ წრედში ჩართული გამტარების როგორ შეერთებას ჰგავს თქვენი ერთმანეთთან ხელებით შეერთება?

საახალწლო ნაძვის ხეს ალამაზებს გირლანდის ნათურების ნათება, მაგრამ, თუ გირლანდის თუნდაც ერთი ნათურა დაზიანდა, სხვა ნათურებიც შეწყვეტს ნათებას.



- რატომ იწვევს გირლანდის წრედში ერთი ნათურის გამორთვა სხვა ნათურების ჩაქრობას?

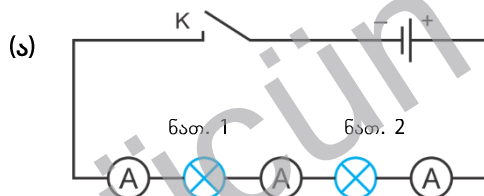
კვლევითი სამუშაო-1

- დენის ძალა მიმდევრობით შეერთებულ გამტარებში

სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო (გამმართველი), ნათურა (2 ცალი), ამპერმეტრი (3 ცალი), ჩამრთველი, შემაერთებელი გამტარები.

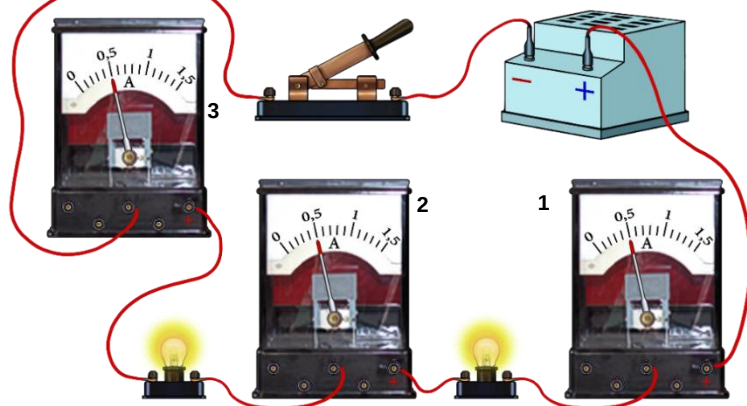
სამუშაოს მსვლელობა:

1. დახაზეთ სამუშაო რვეულში (ა) ნახატზე წარმოდგენილი ელექტრული წრედის სქემა. ელექტრული წრედი შედგება: დენის წყაროს, სამი ამპერმეტრის, ორი ნათურისა და ჩამრთველისაგან.



2. მოცემული სქემის მიხედვით ააწყვეთ ელექტრული წრედი. ჩაკეტეთ ჩამრთველი, დააკვირდით ნათურების ნათებას და ამპერმეტრების ჩვენებას (ბ).

(ბ)



3. ერთ-ერთი ნათურა ამორთეთ წრედიდან და დააკვირდით შედეგს.

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორაა მომხმარებლები ერთმანეთთან შეერთებული ელექტრულ წრედში: მიმდევრობით, პარალელურად თუ შერეულად?
- წრედის რომელ უბნებზე ზომავენ ამპერმეტრები 1, 2 და 3 დენის ძალას?
- რა დასკვნის გაკეთება შეიძლება, როდესაც ვადარებთ წრედში გამავალ საერთო დენის ძალას ცალკეულ ნათურებში გამავალ დენის ძალას?
- რა შედეგი მიიღეთ, როდესაც ერთ-ერთი ნათურა გამორთეთ წრედიდან? რატომ?

ელექტრული წრედის ყოველ უბანს: დენის წყაროს, საზომ ხელსაწყოებს, დენის მომხმარებლებს, შემაერთებელ გამტარებს – გარკვეული წინაღობა აქვს.

ერთ-ერთი ყველაზე მარტივი ელექტრული წრედი არის მიმდევრობით შეერთებული გამტარების წრედი.

- მიმდევრობით შეერთების დროს პირველი გამტარის ბოლო უერთდება მეორე გამტარის დასაწყისს, მეორე გამტარის ბოლო – მესამე გამტარის დასაწყისს და ა. შ.

თქვენ შეისწავლეთ ერთი ასეთი წრედი. ამ წრედში მხედველობაში არ მიიღება დენის წყაროს, ამპერმეტრებისა და შემაერთებელი გამტარების წინააღობები, რადგან ისინი გაცილებით მცირეა, ვიდრე ნათურების წინააღობა. შეიძლება ითქვას, რომ კვლევით სამუშაოში გვაქვს ორი მომხმარებელი (ნათურები), რომელთა წინააღობებია R_1 და R_2 და რომლებიც მიმდევრობით არის წრედში ჩართული. მიმდევრობით შეერთების დროს სრულდება სამი კანონზომიერება:

1 კანონზომიერება: მიმდევრობით შეერთების დროს დენის ძალა წრედის ნებისმიერ უბანზე ერთნაირია:

$$I_1 = I_2 = I. \quad (1)$$

ეს კანონზომიერება გვაჩვენებს, რომ მიმდევრობით შეერთებულ გამტარებში დენის გავლის დროს ელექტრული მუხტი გამტარებში არ გროვდება: რა რაოდენობის მუხტიც გადის დროის ერთეულში პირველ გამტარში, იმავე რაოდენობის მუხტი გაივლის დროის ერთეულში სხვა გამტარებშიც.

II კანონზომიერება: სრული ძაბვა მიმდევრობით შეერთებული გამტარების წრედში წრედის ცალკეულ უბნებზე არსებული ძაბვების ჯამის ტოლია:

$$U = U_1 + U_2. \quad (2)$$

აქ U მიმდევრობით შეერთებული გამტარების წრედის სრული ძაბვებია, U_1 და U_2 – წრედის თითოეული უბნის ბოლოებზე არსებული ძაბვაა. ეს კანონზომიერება გამომდინარეობს ენერგიის მუდმივობის კანონიდან. როგორც იცით, ძაბვის ფიზიკური აზრი დაკავშირებულია მუშაობასთან, რომელსაც ელექტრული ველი ასრულებს 1 კ მუხტის გადაადგილების დროს. ეს მუშაობა სრულდება ელექტრული ველის ენერგიის ხარჯზე. ამიტომ ენერგია, რომელსაც ველი ხარჯავს მთლიან წრედში მუხტის გადატანაზე, წრედის თითოეულ უბანზე დახარჯული ენერგიების ჯამის ტოლია.

III კანონზომიერება: მიმდევრობით შეერთების დროს წრედის საერთო წინაღობა წრედის ცალკეული უბნების წინაღობების ჯამის ტოლია:

$$R_{\text{საერთ}} = R_1 + R_2. \quad (3)$$

მიმდევრობით შეერთებული n რაოდენობის ერთნაირი გამტარის საერთო წინაღობა $R_{\text{საერთ}}$. n -ჯერ მეტია თითოეული მათგანის R წინაღობაზე:

$$R_{\text{საერთ}} = nR. \quad (4)$$

ეს კანონზომიერება გამომდინარეობს შემდეგი მსჯელობიდან: გამტარის წინაღობა მისი სიგრძის პირდაპირპროპორციულია. მიმდევრობით შეერთების დროს იზრდება წრედში ჩართული გამტარების საერთო სიგრძე, ე. ი. იზრდება წრედის საერთო წინაღობა.

გამტარების მიმდევრობით შეერთება ფართოდ გამოიყენება ტექნიკასა და ყოფა-ცხოვრებაში. მაგალითად, ელექტრული ზარი მიმდევრობით არის ჩართული ჩამრთველთან, ამიტომ მხოლოდ ჩამრთველზე თითის დაჭერის დროს იკვრება წრედი და ირეკება ზარი. სხვა ელექტრული ხელსაწყოებიც (ნათურა, ხორცის საკეპი მანქანა, ტელევიზორი და სხვ.) მიმდევრობითაა ჩართული ამ ხელსაწყოების ჩამრთველებთან, ანუ საჭიროებისამებრ შეგვიძლია მათი ჩართვა ან გამორთვა.

შედეგის გამოყენება

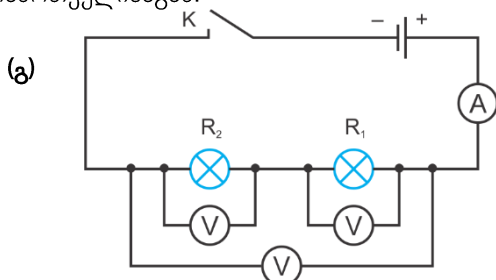
კვლევითი სამუშაო-2

• ძაბვა გამტარების მიმდევრობით შეერთების დროს

სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო (გამმართველი), ნათურა (2 ცალი), ვოლტმეტრი (3 ცალი), ჩამრთველი და შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსვლელობა:

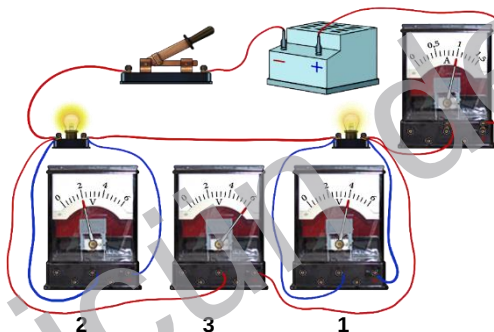
1. სამუშაო რვეულში გადაიხაზეთ ნახატზე (ა) მოცემული ელექტრული სქემა, რომელიც შედგება დენის წყაროს, სამი ვოლტმეტრის, ერთი ამპერმეტრის, ორი ნათურისა და ჩამრთველისაგან.



2. სქემის მიხედვით ააწყვეთ ელექტრული წრედი. ჩართეთ ჩამრთველი, დააკვირდით ნათურის ნათებას და ჩაინიშნეთ ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენებები (ბ).
3. ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში ჩაწერეთ დენის ძალისა და ძაბვის მნიშვნელობები. გამოითვალეთ ნათურის წინააღობები და წრედის საერთო წინააღობა.

დენის ძალა	ძაბვა ნათურების მომჭერებზე		ნათურების წინააღობა		საერთო ძაბვა	საერთო წინააღობა
I	U_1	U_2	R_1	R_2	U	R

(ბ)



იმსჯელეთ შედეგებზე:

- როგორ არის გამტარები ერთმანეთთან შეერთებული ელექტრულ წრედში?

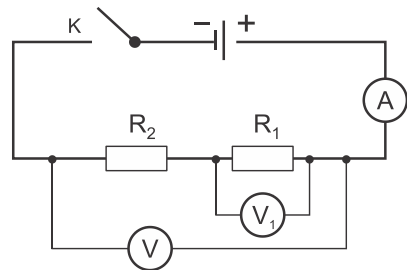
რა შეიტყვი?

-- დროს -- წრედის ნებისმიერ უბანზე ერთ-ნაირია. სრული -- წრედში გამტარების მიმდევრობით შეერთების დროს წრედის ცალკეულ უბნებზე არსებული ძაბვების ჯამის ტოლია.

საკვანძო სიტყვები
დენის ძალა
ძაბვა
მიმდევრობით შეერთება

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რამდენი 8-ვოლტიანი ნათურა უნდა შევავერთოთ მიმდევრობით, რომ ეს გირლანდა 220 ვ ძაბვის ქსელში ჩავრთოთ?
2. შეიძლება თუ არა, ორი ნათურა, რომლებსაც აქვს წარწერები: „16 ვ; 0,5 ა“ და „6 ვ; 5 ა“, ერთმანეთთან მიმდევრობით შეერთების შემდეგ 24 ვ ძაბვის წყაროში ჩავრთოთ?
3. რატომ უდრის მიმდევრობით შეერთებული გამტარების წრედის საერთო ძაბვა მის ცალკეულ უბნებზე ძაბვების ჯამს?
4. განსაზღვრეთ ნახატზე მოყვანილი წრედის გამზომი ხელსაწყოების ჩვენებები. წრედის საერთო ძაბვაა $U = 12$ ვ, რეზისტორების წინააღობები $R_1 = 30$ ომი და $R_2 = 20$ ომი. ამპერმეტრის წინააღობა ძალიან მცირეა, ხოლო ვოლტმეტრის წინააღობა უსასრულოდ დიდი.



6.10. გამტარების პარალელური შეერთება

ელექტრულ წრედებში გამტარების მიმდევრობით შეერთების შესწავლის დროს ჩვენ გამოვიყენეთ ამპერმეტრი და ვოლტმეტრი.

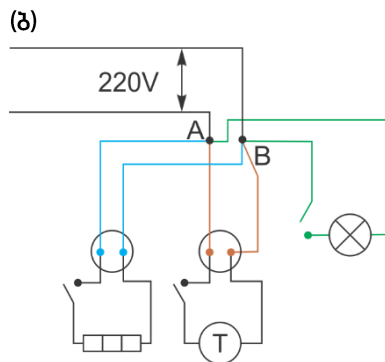
- როგორ ჩავრთეთ წრედში ვოლტმეტრი?
- რა არის პარალელური შეერთება?
- რომელი შეერთება გამოიყენება პრაქტიკაში უფრო ხშირად? რატომ?

კვლევის საშუალო-1

• რატომ განაგრძობს მუშაობას სხვა მოწყობილობები?

ხშირად ჩნდება აუცილებლობა, სახლში არსებულ ელექტრულ ქსელში ერთდროულად ჩავრთოთ რამდენიმე მოწყობილობა (მაგ., გამათბობელი, მტვერსასრუტი, ქალი და ა. შ.) ისე, რომ შეგვეძლოს თითოეული მათგანის დამოუკიდებელად ჩართვა ან გამორთვა (ა).

ერთ-ერთის გამორთვამ არ უნდა გამოიწვიოს სხვა მოწყობილობების მუშაობის შეფერხება. ნახატზე ნაჩვენებია სახლში ამ მოწყობილობების ჩართვის სქემა (ბ). ყურადღებით შეისწავლეთ ეს სქემა.

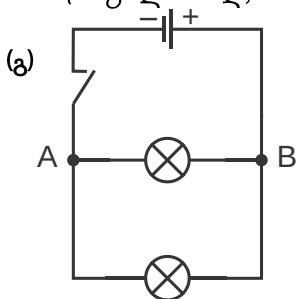


იმსჯელეთ შედეგებზე:

- რა არის ელექტრული მოწყობილობების ჩართვის სქემის დამახასიათებელი ნიშანი?
- რატომ არ ახდენს გავლენას რომელიმე ერთი მოწყობილობის გამორთვა სხვა მოწყობილობების მუშაობაზე?

პრაქტიკულად ელექტრომომხმარებლების პარალელური შეერთება უფრო ხშირად გვხვდება, ვიდრე მიმდევრობით შეერთება.

- პარალელური შეერთება ეწოდება ისეთ შეერთებას, როდესაც გამტარების თითო ბოლო მიერთებულია წრედის რომელიმე ერთ წერტილთან (მაგალითად, A წერტილთან), ხოლო მეორე ბოლო – წრედის მეორე წერტილთან (მაგალითად, B წერტილთან) (იხ. ბ და გ).



პარალელური შეერთების დროს სრულდება სამი კანონზომიერება:

I კანონზომიერება: პარალელურად შეერთებული ყველა გამტარის ბოლოებზე დაბვა ერთნაირია:

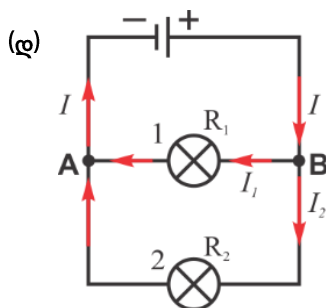
$$U_1 = U_2 = U \quad (1)$$

ვოლტმეტრის მიერთების დროს წრედის A და B წერტილებთან, რომლებთანაც მიერთებულია წრედის ყველა სხვა მომხმარებელიც, ვოლტმეტრი გაზომავს დაბვას წრედის AB უბანზე, ანუ დაბვას, რომელიც მოდებულია წრედის ყველა მომხმარებლის ბოლოებზე.

II კანონზომიერება: დენის ძალა წრედის არაგანშტოებულ ნაწილში წრედში პარალელურად ჩართულ ცალკეულ გამტარში გამავალი დენის ძალების ჯამის ტოლია:

$$I = I_1 + I_2. \quad (2)$$

ელექტრული წრედის სქემიდან ჩანს, რომ B წერტილში დენი განშტოვდება. დენის ნაწილი გადის ნათურა 1-ში, მეორე ნაწილი – ნათურა 2-ში. შემდეგ დენები ისევ იკრიბება A წერტილში (დ).



III კანონზომიერება: პარალელურად შეერთებული გამტარების საერთო წინაღობის შებრუნებული სიდიდე ცალკეული გამტარების წინაღობების შებრუნებული სიდიდეების ჯამის ტოლია:

$$\frac{1}{R_{\text{საერთ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots \quad (3)$$

R_1 და R_2 ნათურების წინაღობებია. თუ ომის კანონში ($I = \frac{U}{R}$) გავითვალისწინებთ (1) და (2) გამოსახულებებს, მივიღებთ (იხ. სქემა დ):

$$\frac{U}{R_{\text{საერთ}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{\text{საერთ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

აქ $R_{\text{საერთ}}$. პარალელურად შეერთებული გამტარების საერთო წინაღობაა.

როგორც გამოსახულება (3)-იდან ჩანს, პარალელურად შეერთებული ორი გამტარის საერთო წინაღობა გამოითვლება ფორმულით:

$$R_{\text{საერთ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

აქედან გამომდინარე, n რაოდენობის ერთნაირი R წინაღობის პარალელურად შეერთებული გამტარების წრედის საერთო წინაღობა n -ჯერ ნაკლებია თითოეული მათგანის წინაღობაზე:

$$R_{\text{საერთ}} = \frac{R}{n}.$$

შედეგის გამოყენება

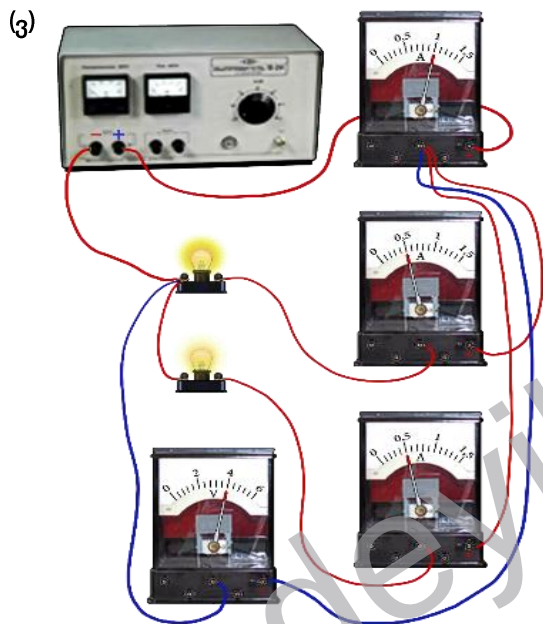
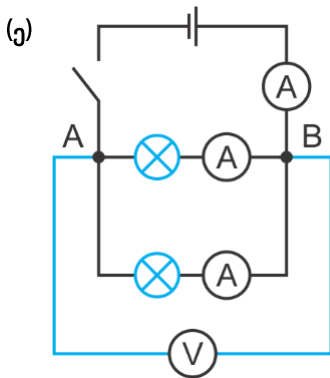
კვლევითი სამუშაო-1

• შევისწავლოთ პარალელურად შეერთებული გამტარების წრედი

სამუშაოსთვის საჭიროა: დენის წყარო (გამმართველი), ნათურა (2 ცალი), ამპერმეტრი (3 ცალი), ვოლტმეტრი, ჩამრთველი, შემაერთებელი გამტარები.

სამუშაოს მსავლელობა:

1. სამუშაო რვეულში ჩახატეთ (ე) სურათზე მოცემული ელექტრული წრედის სქემა.
2. სქემის მიხედვით ააწყვეთ ელექტრული წრედი (ვ). ჩართეთ ჩამრთველი. დააკვირდით ნათურების ნათებას, ჩაიწერეთ ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენებები.



3. ჩაწერეთ დენის ძალისა და ძაბვის მნიშვნელობები მოყვანილ ცხრილში. გამოთვალეთ ნათურების წინააღობები და წრედის საერთო წინააღობა.

წრედში გამავალი დენის ძალა	I	
ნათურებში გამავალი დენის ძალა	I_1	
	I_2	
ძაბვა განშტოების წერტილებს შორის	U	
ნათურების წინააღობები	R_1	
	R_2	
საერთო წინააღობა	R	

იმსჯელეთ შედეგებზე:

- სქემის მიხედვით აწყობილ წრედში მიუთითეთ განშტოების წერტილები.
- რა განსხვავებაა პარალელურად შეერთების კანონზომიერებებსა და მიმდევრობით შეერთების კანონზომიერებებს შორის?

რა შეიტყვეთ?

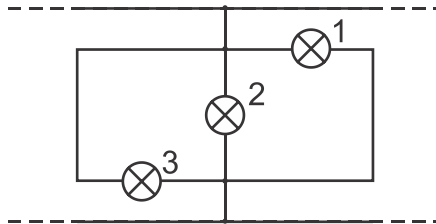
— შეერთების დროს — გამტარების ბოლოებზე ერთნაირია. დენის ძალა წრედის განუშტოებელ ნაწილში ცალკეულ პარალელურად შეერთებულ გამტარში გამავალი — ჯამის ტოლია.

პარალელურად შეერთებული გამტარების საერთო წინააღობის შებრუნებული სიდიდე ცალკეული გამტარების — შებრუნებული სიდიდეების ჯამის ტოლია.

საკვანძო სიტყვები
დენის ძალა
ძაბვა
პარალელური შეერთება
წინააღობა

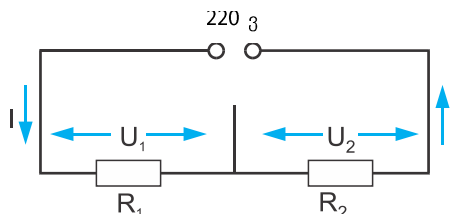
შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. რომელი სიდიდე რჩება ერთნაირი ყველა გამტარისთვის პარალელური შეერთების დროს?
2. როდის მცირდება წრედის საერთო წინააღობა: გამტარების მიმდევრობით თუ პარალელური შეერთების დროს? რატომ?
3. რამდენი 30-ომიანი წინააღობა უნდა შევაერთოთ პარალელურად, რომ წრედის საერთო წინააღობა 5 ომი გახდეს?
4. წარმოადგენილ სქემაზე როგორ არის შეერთებული 1, 2 და 3 ნათურები? პასუხი დაასაბუთეთ.

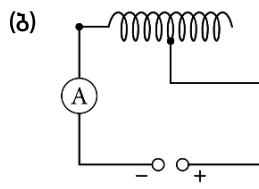
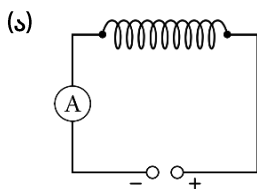


სავარჯიშო-10

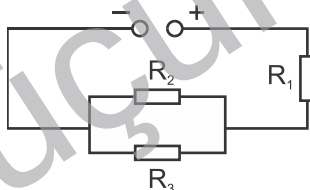
- 110 ომი წინაღობის ორი ნათურა მიმდევრობით არის ჩართული 220 ვ ძაბვის ქსელში. როგორია თითოეული ნათურისთვის გამავალი დენის ძალა და მოდებული ძაბვა?



- ორი რეზისტორი, რომელთა წინაღობებია $R_1 = 10$ ომი და $R_2 = 35$ ომი, მიმდევრობით არის ჩართული 220 ვ ძაბვის წრედში. განსაზღვრეთ წრედის საერთო წინაღობა და ძაბვები U_1 და U_2 რეზისტორების ბოლოებზე.
- რამდენი 5 ომი წინაღობის რეზისტორი უნდა შევაერთოთ მიმდევრობით, რომ წრედის საერთო წინაღობამ 30 ომი შეადგინოს?
- მეტალის სპირალი, რომლის წინაღობა 28 ომია, ჩართულია ელექტრულ წრედში, როგორც ნაჩვენებია ელექტრულ სქემაზე (ა და ბ). განსაზღვრეთ ამპერმეტრების ჩვენებები, თუ ორივე შემთხვევაში ძაბვა 4 ვ-ია.



- რა წინაღობის გამტარი უნდა შევაერთოთ პარალელურად 30 ომი წინაღობის გამტართან, რომ წრედის საერთო წინაღობამ შეადგინოს 20 ომი?
- ნახატზე წარმოდგენილია სამი რეზისტორის წრედში ჩართვის სქემა. თქვენს განკარგულებაშია ერთი ამპერმეტრი და ერთი ვოლტმეტრი. ახსენით, როგორ უნდა ჩაირთოს წრედში ეს ხელსაწყოები, რომ გავზომოთ თითოეულ რეზისტორში გამავალი დენის ძალა და ძაბვა თითოეული რეზისტორის ბოლოებზე?



6.11. ელექტრული დენის მუშაობა. ჯოულ-ლენცის კანონი

თქვენ უკვე იცით, რომ გამტარებში ელექტრული დენის გავლა ვლინდება დენის სხვადასხვა მოქმედებით (სითბური, მაგნიტური, ქიმიური). თითოეულ ამ მოქმედებაში ელექტრული დენის ენერგია გარდაიქმნება სხვა სახის ენერგიად (შინაგან, მექანიკურ, ქიმიურ ენერგიად). ენერგიის გარდაქმნის პროცესი კი მუშაობის შესრულების შედეგია. ე. ი. გამტარში გამავალი დენი ასრულებს მუშაობას.

- რა სიდიდეები უნდა გავზომოთ, რომ განვსაზღვროთ ელექტრული დენის მიერ შესრულებული მუშაობა?
ცნობილია, რომ ელექტრული ველის მიერ შესრულებული მუშაობა დამოკიდებულია გამტარის განივკვეთში გასული q ელექტრული მუხტის სიდიდესა და გამტარის ბოლოებზე არსებულ U ძაბვაზე:

$$A = qU.$$

რადგან გამტარის განივკვეთში გასული ელექტრული მუხტის სიდიდე დენის ძალისა და იმ დროის ნამრავლის ტოლია, რომელიც ამ სიდიდის მუხტს სჭირდება გამტარის განივკვეთში გასავლელად:

$$q = It,$$

ამიტომ ელექტრული დენის მიერ შესრულებული მუშაობა ტოლია:

$$A = IUt. \quad (1)$$

- **წრედის უბანზე ელექტრული დენის მიერ შესრულებული მუშაობა წრედის ამ უბნის ბოლოებზე არსებული ძაბვის, მასში გამავალი დენის ძალისა და იმ დროის ნამრავლის ტოლია, რომლის განმავლობაშიც ეს მუშაობა სრულდება.**

რადგან მუშაობა SI სისტემაში ჯოულებით იზომება, (1) ფორმულიდან მივიღებთ:

$$1 \text{ჯ} = 1 \text{ ა} \cdot \text{ვ} \cdot \text{წმ}.$$

თუ (1) ფორმულაში მხედველობაში მივიღებთ გამოსახულებებს $U = IR$ ან $I = \frac{U}{R}$, რომლებიც ომის კანონიდან გამომდინარეობს, მაშინ ელექტრული დენის მიერ შესრულებული მუშაობის ფორმულა შეგვიძლია ჩავწეროთ კიდევ ორი სხვა ფორმით:

$$A = I^2 R t, \quad (2)$$

ან

$$A = \frac{U^2}{R} t \quad (3)$$

წრედში გამტარების მიმდევრობით შეერთების დროს დენის ძალა ერთნაირია ყველა გამტარში, ამიტომ ამ შემთხვევაში მოსახერხებელია ფორმულა (2)-ის გამოყენება, ხოლო გამტარების პარალელური

შეერთების დროს ყველა გამტარის ბოლოებზე მოდებული ძაბვაა ერთნაირი და მაშინ მოსახერხებელია ფორმულა (3)-ის გამოყენება.

ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად, მუშაობა, რომელსაც ელექტრული დენი ასრულებს მეტალის გამტარში გავლის დროს, მთლიანად გამტარის შინაგანი ენერგიის გაზრდაზე, ანუ გამტარის გათბობაზე, იხარჯება. გამტარში გამოიყოფა სითბოს რაოდენობა Q , რომელიც შემდეგ გარემოს გადაეცემა:

$$A = Q.$$

აქედან, (1)-ის გათვალისწინებით, მივიღებთ:

$$Q = IUt.$$

კვლევითი სამუშაოების შედეგად დადგინდა ორი კანონზომიერება;

I. მიმდევრობით შეერთებულ გამტარებში ელექტრული დენის გავლის დროს ყველა გამტარში ერთნაირი სიდიდის დენი გადის და თითოეულ გამტარში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ამ გამტარის წინააღობის პირდაპირპროპორციულია:

$$Q = I^2 R t.$$

რადგან ამ სიდიდეებს შორის დამოკიდებულება ცდების შედეგად პირველად ინგლისელმა მეცნიერმა ჯ. ჯოულმა და რუსმა მეცნიერმა ე. ლენცმა დაადგინეს, მას ჯოულ-ლენცის კანონი ეწოდება:

• **სითბოს რაოდენობა, რომელსაც გამოყოფს დენიანი გამტარი, დენის ძალის კვადრატის, გამტარის წინააღობისა და დროის იმ შუალედის ნამრავლის ტოლია, რომლის განმავლობაშიც გამტარში დენი გადის.**

II. პარალელურად შეერთებულ გამტარებში ელექტრული დენის გავლის დროს ძაბვა ყველა გამტარის ბოლოებზე ერთნაირია და თითოეულ გამტარში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა ამ გამტარის წინააღობის უკუპროპორციულია:

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$



ჯეიმს ჯოული
(1818 – 1889)

ინგლისელი მეცნიერი. სწავლობდა დენის სითბური მოქმედების ეფექტებს. მის პატივსაცემად ენერგიის ერთეულს SI სისტემაში ჯოული უწოდეს.



ლენცი ემილ ქრისტიანის ძე
(1804 – 1865)

რუსი ფიზიკოსი. სწავლობდა ელექტრომაგნიტურ ველს, განსაზღვრა მაგნიტური ველის მოქმედებით აღძრული დენის მიმართულება, შეისწავლა ელექტრული დენის სითბური მოქმედება.

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი სამუშაო

• ამოხსენით ამოცანა

ამოცანა

რეზისტორები, რომელთა წინაღობებია $R_1 = 40$ ომი და $R_2 = 60$ ომი, წრედში პარალელურადაა ჩართული. დენის ძალა წრედში 2 ა-ია. განსაზღვრეთ 1 წთ-ის განმავლობაში დენის მიერ თითოეულ რეზისტორში შესრულებული მუშაობა.

ამოხსნის მსვლელობა:

როგორი თანმიმდევრობით არის უმჯობესი ამ ამოცანის ამოხსნა?

რა შეიტყვი?

წრედის უბანზე შესრულებული — წრედის უბნის ბოლოებზე არსებული —, წრედის უბანში გამავალი დენის ძალისა და იმ დროის ნამრავლის ტოლია, რომლის განმავლობაშიც ეს მუშაობა შესრულდა. — გამტარებში ელექტრული დენის გავლის დროს მათში გამოყოფილი — გამტარების საერთო წინააღობის პირდაპირპროპორციულია. —

შეერთებულ გამტარებში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა გამტარების საერთო წინააღობის უკუპროპორციულია. სითბოს რაოდენობა, რომელსაც გამოყოფს დენიანი გამტარი, გამტარში გამავალი დენის ძალის კვადრატის, გამტარის — და იმ დროის ნამრავლის ტოლია, რომლის განმავლობაშიც გამტარში დენი გადის.

საკვანძო სიტყვები
მიმდევრობით შეერთება
ძაბვა
დენის მუშაობა
პარალელური შეერთება
წინააღობა
სითბოს რაოდენობა

შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. დაწერეთ დენის მიერ შესრულებული მუშაობის გამოსათვლელი სამი ფორმულა და ახსენით, რომლის გამოყენებაა უფრო მოსახერხებელი მოცემულ შემთხვევაში.
2. გამტარში გამავალი 2 ა დენი 5 წმ-ში 100 ჯ მუშაობას ასრულებს. რის ტოლია ძაბვა გამტარის ბოლოებზე?
3. დენის წყაროსთან პარალელურად მიერთებულია ორი ნათურა. ჩამრთველის ჩართვის შემდეგ ერთი ნათურა უფრო მეტად ანათებს, ვიდრე მეორე. რომელ ნათურაში ასრულებს დენი უფრო მეტ მუშაობას? რატომ?



6.12. ელექტრული დენის სიმძლავრე

მრავალ ელექტრულ მოწყობილობაზე ან მომხმარებლისთვის განკუთვნილ ინსტრუქციაში, სხვა ინფორმაციასთან ერთად, მითითებულია კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი: *ელექტრული სიმძლავრე*. მაგალითად, ელექტრულ ნათურას აქვს წარწერა: 15 ვტ, 40 ვტ, 60 ვტ და სხვ.; ტელევიზორის საინფორმაციო ფირფიტაზე მითითებულია 40 ვტ, უთოზე – 1200 ვტ, ელექტროჩაიდანზე – 1000 ვტ ან 1400 ვტ.

- რომელი ნათურა უნდა გამოვიყენოთ, რომ ოთახი კარგად გავანათოთ? რომელ ჩაიდანში ადუღდება წყალი უფრო სწრაფად?
- რომელ ფიზიკურ სიდიდეზეა დამოკიდებული ელექტრული ჩაიდნის სიმძლავრე?

ელექტრული დენის სიმძლავრე არის ფიზიკური სიდიდე, რომელიც გამოხატავს ელექტრული ენერგიის გადაცემის სიჩქარეს, ანუ ელექტრული ენერგიის სხვა სახის ენერგიად გარდაქმნის სიჩქარეს.

• ელექტრული დენის სიმძლავრე ტოლია დენის მიერ შესრულებული მუშაობის შეფარდებისა იმ დროსთან, რომელიც ამ მუშაობის შესრულებაზე დაიხარჯა:

$$P = \frac{A}{t}, \quad (1)$$

სადაც P დენის სიმძლავრეა.

$A = I \cdot U \cdot t$ ფორმულის გათვალისწინებით (1) ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$P = \frac{IUt}{t} = IU.$$

• ელექტრული დენის სიმძლავრე დენის ძალისა და ძაბვის ნამრავლის ტოლია. ელექტრული დენის სიმძლავრის საზომი ერთეული SI სისტემაში არის ვატი (ვტ):

$$1 \text{ ვტ} = 1 \text{ ჯ/წმ.}$$

ამას გარდა (გამომდინარე ფორმულიდან $P = IU$), სიმძლავრის საზომი ერთეულია 1 ვტ = 1 ა · ვ.

სიმძლავრის გამოთვლა, (1) ფორმულის გარდა, შეიძლება ფორმულებით (2) და (3):

$$P = \frac{U^2}{R}. \quad (2)$$

$$P = I^2 R. \quad (3)$$

წრედში დენის მომხმარებლების ნებისმიერი შეერთების დროს წრედისთვის საჭირო დენის სიმძლავრე ცალკეული მომხმარებლისთვის საჭირო სიმძლავრეების ჯამის ტოლია.

თუ ვიცით მოხმარებული სიმძლავრე, შეგვიძლია გამოვთვალოთ ელექტრული დენის მიერ შესრულებული მუშაობა მოცემული დროის განმავლობაში:

$$A = Pt. \quad (4)$$

ეს მუშაობა იმ W ელექტრული ენერგიის ტოლია, რომელიც მომხმარებელმა დენის წყაროდან მიიღო. მაგალითად, ელექტროგამათბობელი, რომლის სიმძლავრე 1800 ვტ-ია, 1 თვის (30 დღის) განმავლობაში უწყვეტი მუშაობის დროს დენის წყაროდან იღებს ენერგიას:

$$W = Pt = 1800 \text{ ვტ} \cdot 3600 \text{ წმ} \cdot 24 \cdot 30 = 46,656 \cdot 10^8 \text{ ჯ} = 4665600 \text{ კჯ.}$$

ხშირად ელექტროენერგიას გამოითვლიან არა ჯოულებით, არამედ კილოვატსაათებით:

• **კილოვატსაათი არის მუშაობა, რომელსაც 1 კვტ სიმძლავრის დენი ასრულებს 1 სთ-ის განმავლობაში:**

$$1 \text{ კვტ} \cdot \text{სთ} = 1000 \text{ ვტ} \cdot 3600 \text{ წმ} = 3600 \text{ კჯ.}$$

ამგვარად, გამათბობელი 1 თვის მუშაობის განმავლობაში მოიხმარს ელექტროენერგიას, რომელიც ტოლია:

$$W = \frac{4665600 \cdot 1 \text{ კვტ} \cdot \text{სთ}}{3600} = 1296 \text{ კვტ} \cdot \text{სთ.}$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ჩვენს რესპუბლიკაში ელექტროენერგიის ფასია 6 გიაპიკი (0,06 მანათი) 1 კვტ.სთ მოხმარებული ენერგიისათვის, 1 თვის განმავლობაში 1800 კვტ სიმძლავრის გამათბობლის გამოყენებისთვის უნდა გადავიხადოთ:

$$0,06 \text{ მან.} \cdot 1296 = 77 \text{ მან. } 76 \text{ გიაპ.}$$

შეკენილი ცოდნის გამოყენება

კვლევითი საშუალო-2

• ამოხსენით ამოცანა

ამოცანა

მეპატრონეს დაავიწყდა საკარმიდამო ნაკვეთში 150 ვტ სიმძლავრის განათების ნათურის გამორთვა და ნათურა 1 თვის განმავლობაში უწყვეტად ანათებდა. რამდენის გადახდა მოუწევს მეპატრონეს თვის ბოლოს ამ ნათურის მიერ მოხმარებული ენერგიისათვის?

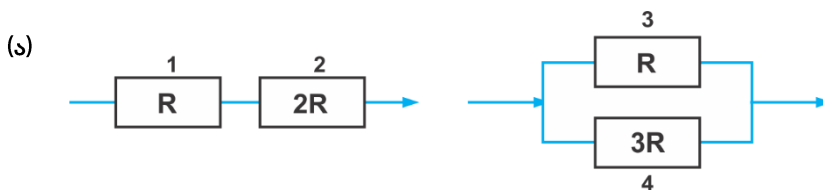
რა შეიტყვით?

ელექტრული — ტოლია დენის მიერ — შეფარდებისა დროსთან, რომელიც ამ მუშაობის შესრულებაზე დაიხარჯა. ელექტრული დენის სიმძლავრე — ძაბვაზე ნამრავლის ტოლია. — არის 1 საათში 1 კვტ სიმძლავრის ელექტრული დენის მიერ შესრულებული მუშაობა.

საკვანძო სიტყვები
დენის ძალა
კილოვატსაათი
დენის სიმძლავრე
შესრულებული
მუშაობა

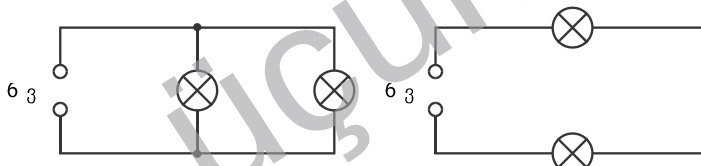
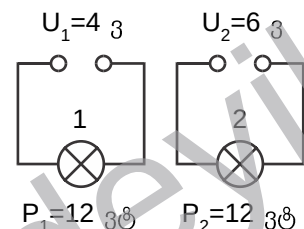
შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

1. თუ ოთახში ჩავრთავთ ელექტრული ენერგიის მომხმარებელს (მაგ., ელექტროძრავას, ელექტრობურღს, გამათბობელს და სხვ.), რომელიც დიდ ენერგიას მოიხმარს, ქსელში ჩართული ნათურების სიკაშკაშე შემცირდება. რატომ?
2. რა არის კილოვატსაათი? შეადარეთ ის ელექტრული ენერგიის SI სისტემის ერთეულს.
3. რატომ ცხელდება გათბობის ან ნათურის სპირალები ასე ძალიან, ხოლო მათი დენის წყაროსთან დამაკავშირებელი გამტარები არა?
4. ნახატზე მოყვანილია რეზისტორების მიმდევრობით და პარალელური შეერთების სქემები. განსაზღვრეთ წრედის ამ უბნებში გამავალი დენის სიმძლავრე. დაბვა ორივე წრედის უბნის ბოლოებზე ერთნაირია.



საპარჯიშო -11

1. სატვირთო ავტომობილის ნათურა გათვლილია 3,5 ა დენის ძალასა და 12 ვ ძაბვაზე. რა რაოდენობის ენერგიას მოიხმარს ნათურა 5 წთ-ის განმავლობაში?
2. რა შემთხვევაშია ელექტრული დენის სიმძლავრე მეტი: 16 ა დენის ძალისა და 12 ვ ძაბვის დროს თუ 550 ა დენის ძალისა და 0,6 კვ ძაბვის დროს?
3. ელექტროგამათბობელში არის ნიქრომის სპირალი, რომლის სიგრძე 10 მ-ია და განივკვეთის ფართობი – 0,25 მმ². რის ტოლია სპირალში გამავალი დენის სიმძლავრე, თუ გამათბობელი ჩართულია 220 ვ ძაბვის ქსელში?
4. ნახატზე წარმოდგენილია ორი ელექტრული წრედის სქემა. აღნიშნული მონაცემების მიხედვით განსაზღვრეთ, რომელ წრედშია დენის ძალა და წინაღობა მეტი.



5. ნახატზე წარმოდგენილია ორი ელექტრული წრედის სქემა. ერთში ორი ერთნაირი ელექტრული ნათურა მიმდევრობითაა ჩართული, მეორეში – პარალელურად. რომელ წრედშია მეტი დენის ძალა? დაბვა ორივე წრედის ბოლოებზე ერთნაირია.

6.13. ელექტრული დენის გამოყენება და ზემოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე

ელექტრული დენის უარყოფითი ზემოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე

ადამიანის სხეული გამტარია – ატარებს ელექტრულ დენს. ადამიანის ორგანიზმის ნაწილებს სხვადასხვა გამტარებლობა აქვთ. ძვლები, კანი და შემაერთებული ქსოვილები ელექტრული დენის ცუდი გამტარებია. მათი კუთრი წინაღობა 10^7 - 10^2 ომ · მ ფარგლებშია. ორგანიზმის ისეთი ნაწილები, როგორებიცაა: ზურგის ტვინის სითხე, სისხლის შრატი, სისხლი და ნერვულ-კუნთოვანი ქსოვილები – დენის კარგი გამტარებია. ამ ნაწილების კუთრი წინაღობა 0,6-0,7 ომ · მ ფარგლებშია. ადამიანის ორგანიზმში დენს ქმნიან იონები. ეს არის ქიმიური ელემენტების: კალციუმის, ფოსფორის, კალიუმის, ნატრიუმისა და სხვა ელემენტების იონები. ადამიანის ორგანიზმში დენის გავლას თან სდევს სხვადასხვა ფიზიოლოგიური პროცესი. ამ დროს შეიძლება ადამიანი გაღიზიანდეს, კუნთები შეეკუმშოს, სუნთქვა დაერღვეს. შესაძლებელია სიკვდილიც. ადამიანის ორგანიზმის დაზიანების ხარისხი დამოკიდებულია დენის ძალის სიდიდეზე, დენის სახეობაზე (დენი მუდმივია თუ ცვლადი), ხანგრძლივობასა და მანძილზე, რომელსაც დენი ორგანიზმში გაივლის. განსაკუთრებით საშიშაა დენის გავლა გულსა და ტვინში.

ცხრილ 6.3.-ში ნაჩვენებია ერთი ხელიდან მეორისკენ და ხელიდან ფეხისკენ გამავალი დენის ზემოქმედების ხარისხის დამოკიდებულება დენის ძალის სიდიდეზე.

ცხრილი 6.3.

დენის ძალა (მა)	დენის ზემოქმედება	
	მუდმივი დენი	ცვლადი დენი ($v = 50$ ჰც)
2 – 3	არ შეიგრძნობა	ხელის თითების ძლიერი კანკალი
5 – 10	შეიგრძნობა გათბობა	ტკივილის შეგრძნება, ხელების კრუნჩხვა
12 – 15	გათბობა ძლიერდება	ხელის თითებისა და ძვლების ძლიერი ტკივილი. მოთმენა შესაძლებელია 5-10 წმ-ის განმავლობაში.
20 – 25	გათბობის შემდგომი გაძლიერება. ხელის კუნთები მცირედ იკუმშება.	ხელები პარალიზებულია, შეუძლებელია გამტარისთვის ხელის გაშვება. სუნთქვის შეფერხება.
50 – 80	ხელის კუნთების იკუმშება. სუნთქვა ფერხდება.	მოთმენა შესაძლებელია 5 წმ-ის განმავლობაში.
90 – 110	სუნთქვის პარალიზება	სუნთქვის პარალიზება. 3 წმ-ზე მეტი ხანგრძლივობის შემთხვევაში გულის პარალიზება. სიკვდილი.

ცხრილიდან ჩანს, რომ 100 მა დენის დროს შესაძლებელია ადამიანის სიკვდილი. ორგანიზმის წინაღობა უცვლელი არ არის.

წინაღობა დამოკიდებულია ადამიანის მდგომარეობაზე, მის კანზე ოფლის არსებობაზე. მშრალი და უხეში კანის წინაღობა ძალიან დიდია და პირიქით, თხელი და ნაზი კანის წინაღობა – მცირეა. მშრალი კანის წინაღობა ერთი ხელის თითებიდან მეორე ხელის თითებამდე დაახლოებით 10^5 ომია. თუ ხელები ოფლიანია, წინაღობა დაახლოებით 1500 ომის ტოლია.

ამ წინაღობების გათვალისწინებით, გამოთვალეთ ძაბვები, რომლებმაც შეიძლება სიკვდილი გამოიწვიოს:

$$U_{\text{მრ.}} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ ა} \cdot 10^5 \text{ ომი} = 10000 \text{ ვ;}$$

$$U_{\text{სველ.}} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ ა} \cdot 1500 \text{ ომი} = 150 \text{ ვ.}$$

ელექტრული დენის დადებითი ზემოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე

უარყოფითი ზემოქმედების გარდა, ელექტრულ დენს შეუძლია ადამიანის ორგანიზმზე დადებითი ზემოქმედებაც მოახდინოს. მედიცინაში ელექტრული დენი გამოიყენება სამკურნალო მიზნებისათვის. მაგალითად, პაციენტს სხეულზე ადებენ ელექტროდებს და ატარებენ სუსტ მუდმივ დენს. ამ პროცედურას ტკივილგამაყუჩებელი ეფექტი აქვს და სისხლის მიმოქცევას აუმჯობესებს. ელექტრული დენით ადამიანის ტვინის გარკვეული უბნების გაღიზიანებით მკურნალობენ ზოგიერთ ნერვულ დაავადებას.

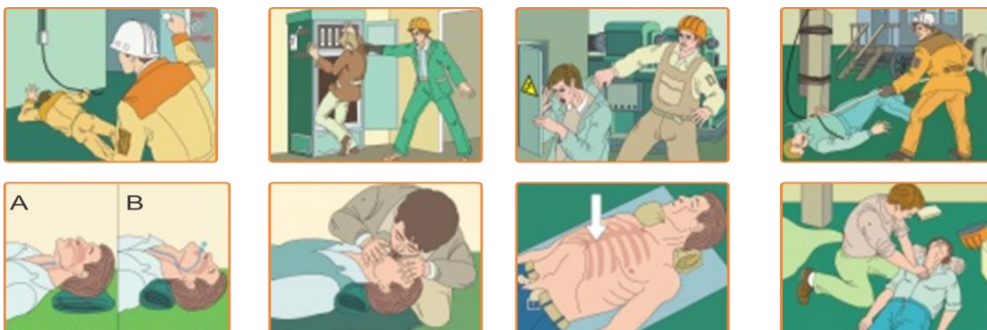


პირველადი დახმარება ელექტრული დენით დაზიანების დროს

ელექტრულ წრედთან შეხებისას აუცილებელია გამოვიჩინოთ დიდი სიფრთხილე და დავიცვათ უსაფრთხოების გარკვეული წესები. ეს წესები ფიზიკის ყველა კაბინეტშია.

კვლევის საფუძავი

ქვემოთ მოცემულ ნახატებზე ნაჩვენებია, როგორ უნდა გადავარჩინოთ ადამიანი, რომელსაც დენმა „დაარტყა“ და აღმოვუჩინოთ პირველი დახმარება. შეისწავლეთ ნახატები და გამოთქვით კომენტარები.



შეამოწმეთ თქვენი ცოდნა

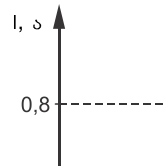
1. ორგანიზმის რომელი ნაწილები ატარებს დენს კარგად?
2. რა შედეგები შეიძლება ჰქონდეს ადამიანის ორგანიზმში დენის გავლას?
3. რა ფაქტორებზეა დამოკიდებული დაზიანების ხარისხი, რომელიც შეიძლება ელექტრულმა დენმა მიაყენოს ადამიანის ორგანიზმს?
4. დენის ძალის რომელი მნიშვნელობების დროს არის შესაძლებელი სიკვდილი?
5. რაზეა დამოკიდებული ადამიანის ორგანიზმის წინააღობა?
6. რომელი სახის ელექტრული დენი იწვევს ადამიანის ორგანიზმზე მეტ ზემოქმედებას: მუდმივი თუ ცვლადი?
7. გამოთქვით კომენტარი მოცემულ ნახატებთან დაკავშირებით.



შემაჯამებელი ღაკალებები

1. დენის ძალის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის მიხედვით გამოთვალეთ მუხტის სიდიდე, რომელიც გამტარის განიკვეთში გაივლის 10 წმ-ის განმავლობაში.

- ა) 4 კ.
- ბ) 8 კ.
- გ) 1,25 კ.
- დ) 0,125 კ.
- ე) 16 კ.



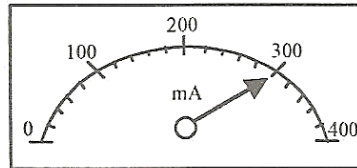
სმ

2. რომელია ელექტრონათურის პირობითი აღნიშვნა?

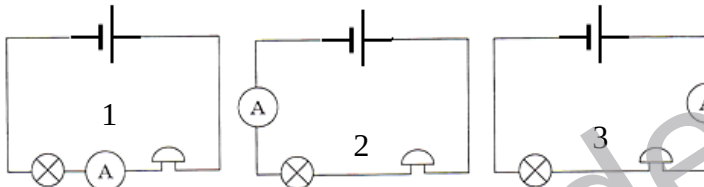
- ა)
- ბ)
- გ)
- დ)
- ე)

3. როგორია ნახატზე მოყვანილი მილიამპერმეტრის ჩვენება და დანაყოფის ფასი?

- ა) 300 ა; 20 ა.
- ბ) 0,3 ა; 0,2 ა.
- გ) 30 ა; 1 ა.
- დ) 300 ა; 10 ა.
- ე) 0,3 ა; 0,02 ა.



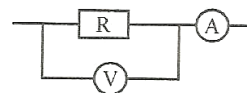
4. ნახატზე წარმოდგენილია ერთნაირ ელექტრულ წრედებში ამპერმეტრის ჩართვის სხვადასხვა ვარიანტი. ამპერმეტრის ჩვენებებს შორის თანაფარდობის რომელი ვარიანტია სწორი?



- ა) $I_1 = I_2 = I_3$
- ბ) $I_1 > I_2 > I_3$
- გ) $I_1 < I_2 < I_3$
- დ) $I_1 = I_3 > I_2$
- ე) $I_1 = I_3 < I_2$

5. გამოთვალეთ ვოლტმეტრის ჩვენება, თუ $R = 40$ ომს და $I = 4$ ა-ს.

- ა) 160 ვ.
- ბ) 10 ვ.
- გ) 20 ვ.
- დ) 5 ვ.
- ე) 150 ვ.



6. რომელი ხელსაწყოებით შეიძლება გამტარის წინალობის განსაზღვრა?

- | | |
|---------------|--------|
| 1. თერმომეტრი | ა) 2,5 |
| 2. ვოლტმეტრი | ბ) 1,3 |
| 3. სახაზავი | გ) 2,6 |
| 4. საათი | დ) 1,4 |
| 5 მანომეტრი | ე) 3,6 |
| 6. ამპერმეტრი | |

7. ორი გამტარი, რომელთა წინალობებია 3 ომი და 6 ომი, წრედში ჩართულია პარალელურად. რის ტოლია წრედის სრული წინალობა?

- ა) 4 ომი;
- ბ) 2 ომი;
- გ) 2,5 ომი;
- დ) 3 ომი;
- ე) 5 ომი.

8. გამტარში, რომლის ბოლოებზე ძაბვა 3 ვ-ია, ელექტრული დენი 3 ნმ-ში 18 ჯ მუშაობას ასრულებს. რის ტოლია გამტარში გამავალი დენის ძალა?

- ა) 2 ა.
- ბ) 1 ა.
- გ) 3 ა.
- დ) 5 ა.
- ე) 2,5 ა.

9. გამტარში, რომლის წინალობა 20 ომია, გადის 5 ა დენი. რა რაოდენობის სითბო გამოიყოფა გამტარში 10 წუთის განმავლობაში?

- ა) 250 კჯ.
- ბ) 300 კჯ.
- გ) 3000 კჯ.
- დ) 150 კჯ.
- ე) 30 კჯ.

FİZİKA – 8

Ümumtəhsil məktəblərinin 8-ci sinfi üçün “Fizika” fənni üzrə dərslik
Gürcü dilində

Tərtibçi heyət:

Müəlliflər: **Mirzəli İsmayıl oğlu Murquzov**
Rasim Rəşid oğlu Abdurazaqov
Rövşən Mirzə oğlu Əliyev
Dilbər Zirək qızı Əliyeva

Tərcüməçi	Q.Kareli
Redaktor	L.Kadəkidze
Bədii redaktor	T.Məlikov
Texniki redaktor	Z.İsayev
Dizayner	E.Çikarışvili
Rəssamlar	M.Hüseynov, E.Məmmədov
Korrektor	N.Məcdlişvili

Dərsliyin gürcü dilində nəşri “Deogene” nəşriyyatı ilə birgə həyata keçirilmişdir.

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin 08.06.2015-ci il tarixli
645 №-li əmri ilə təsdiq olunmuşdur.

© Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi – 2017

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşri və yaxud onun hər
hansı hissəsini yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq, elektron informasiya
vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

Hesab-nəşriyyat həcmi 10,25. Fiziki çap vərəqi 12,5. Səhifə sayı 200.
Kağız formatı 70×100¹/₁₆. Ofset kağızı. Məktəb qarnituru. Ofset çapı.
Tiraj 200. Pulsuz. Bakı – 2017.

“Bakı” nəşriyyatı
Bakı, AZ 1001, H.Seyidbəyli küç. 30