საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

ზურაბ ჯიბუტი, მაია ტურტულაძე

ლაბორატორიული სამუშაოები ფიზიკაში

მეორე, გადამუშავებული გამოცემა

თბილისი

2018

წინამდებარე სახელმძღვანელო წარმოადგენს ამავე ავტორების მიერ 2015 წელს გამოცემული წიგნის გადამუშავებულ ვარიანტს. ავტორებმა, სასწავლო პროცესში დაგროვილ გამოცდილებაზე დაყრდნობით, სახემძღვანელოში შეიტანეს რიგი ტექსტობრივი შესწორებები; მოხდა ზოგიერთი ლაბორატორიული სამუშაოს ჩატარების რიგითობის ცვლილება; დაემატა ახალი ლაბორატორიული ამოცანები.

წარმოდგენილი სახელმძღვანელო მოიცავს ფიზიკის ისეთ მიმართულებებს როგორიცაა მექანიკა, მოლეკულური ფიზიკა, თერმოდინამიკა, ელექტროობა, მაგნიტიზმი და ოპტიკა. სახელმძღვანელოში მოცემულია იმ გამზომი ინსტრუმენტებისა და ხელსაწყოების აღწერა და მუშაობის პრინციპი, რომელიც შემდგომ გამოყენებულია ლაბორატორიულ სამუშაოებში მოცემულ ფიზიკურ ექსპერიმენტებში. სახელმძღვანელოში მოყვანილ ლაბორატორიულ სამუშაოებში მოცემულია: საჭირო ხელსაწყოების ჩამონათვალი; ექსპერიმენტული ცდომილების შეფასების მეთოდები; ფიზიკური ექსპერიმენტის თეორიული საფუძვლები; მუშაობის მსვლელობის აღწერა და დაკვირვებათა ცხრილი. მოცემულია აგრეთვე საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაოები, რომელიც უნდა შეასრულოს სტუდენტმა და კითხვები, რომლებზედაც უნდა გაეცეს პასუხი ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე. სახელმძღვანელო უხვად არის გაჯერებული სურათებით, ცხრილებით და გრაფიკებით, რაც მკითხველს გაუადვილებს წარმოდგენილი მასალის აღქმას. სახელმძღვანელო განკუთვნილია საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის საინჟინრო-ტექნოლოგიური, აგრარული და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის სტუდენტებისათვის. აგრეთვე სასარგებლო იქნება სხვა, ანალოგიური სასწავლო პროფილის მქონე უმაღლესი სასწავლებლებისთვის.

რედაქტორი: თავისუფალი უნივერსიტეტის ფიზიკის სკოლის დეკანი,
პროფესორი ვაჟა ბერეჟიანი.

რეცენზენტები:
საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის საინჟინრო - ტექნოლოგიური სკოლის დეკანი, კ.ამირეჯიბის ინჟინერიის ინსტიტუტის დირექტორი,
პროფესორი ზაზა მეტრეველი.
მიკრო და ნანოელექტრონიკის ინსტიტუტის დირექტორი,
ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
ასოცირებული პროფესორი ამირან ბიბილაშვილი.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორი ნუგზარ დოლიძე.

ISBN 978-9941-27-853-2 (PDF)

ს ა რ ჩ ე ვ ი

წინათქმა 6

ფიზიკა 1

1.1. გამზომი ინსტრუმენტები და ხელსაწყოები 12
1.2. ზოგიერთი ცნებები ცდომილებათა თეორიიდან 21
1.3. აჩქარების განსაზღვრა წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის 25
1.4. ზამბარის სიხისტის განსაზღვრა ჰუკის კანონით 28
1.5. სრიალის ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა 31
1.6. მ.ქ.კ. განსაზღვრა დახრილ სიბრტყეზე სხეულის ატანისას 34
1.7.სიმძიმის ძალის აჩქარების განსაზღვრა მათემატიკური საქანის საშუალებით...37
1.8. არქიმედეს კანონის შემოწმება 40
1.9. თერმოწყვილის დაგრადუირება 43
1.10. უცნობი სითხის სიმკვრივის განსაზღვრა ზიარჭურჭლის საშუალებით.............47
1.11. გამტართა მიმდევრობითი და პარალელური შეერთები დროს წრედის სრული წინაღობის ფორმულის შემოწმება 52
1.12. ომის კანონის შემოწმება 56
1.13. ბოილ-მარიოტის კანონის შემოწმება 59
1.14. სინათლის არეკვლის კანონის შემოწმება 63
1.15. მინის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა მიკროსკოპით 66

ფიზიკა 2.

2.1. გამზომი ხელსაწყოები 69
2.2. გამტარის კუთრი წინაღობის განსაზღვრა 72
2.3. სრული ტევადობის განსაზღვრა კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთების დროს 75
2.4. დენის წყაროს ელექტრო მამოძრავებელი ძალის განსაზღვრა ელემენტების მიმდევრობითი და პარალელური ჩართვის დროს 79
2.5. სრული წინაღობის განსაზღვრა რეზისტორების შერეული შეერთებების დროს (ქვიზი #1) 83

2.6. მყარი სხეულისა და სითხის სიმკვრივის განსაზღვრა ჰიდროსტატიკური აწონვით 84
2.7. გეი-ლუსაკის კანონის შემოწმება 86
2.8 . სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის განსაზღვრა წვეთების დათვლით 89
2.9 გამტარის წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტის განსაზღვრა.......93
2.10. არასწორი ფორმის მქონე სხეულის სიმკვრივისა და კუთრი წონის განსაზღვრა (ქვიზი #2) 97
2.11. სითბური დანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტის განსაზღვრა 99
2.12. მყარი სხეულის კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრა კალორიმეტრით..102
2.13. ატმოსფერული წნევის განსაზღვრა 105
2.14. უცნობი სითხის ზედაპირული დაჭიმულობისა და დამატებითი წნევის, მინის მილის შიგა რადიუსის განსაზღვრა (ქვიზი #3)...................................107
2.15. სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის განსაზღვრა რგოლის მოწყვეტის მეთოდით 108

ფიზიკა 3

3.1. გამზომი ინსტრუმენტები და ხელსაწყოები 112
3.2. არაწესიერი ფორმის სხეულის სიღრუის მოცულობის განსაზღვრა არქიმედეს კანონით 117
3.3. ელემენტის შიგა წინაღობის, ელექტრომამოძრავებელი ძალისა და მოკლე ჩართვის დენის სიდიდის განსაზღვრა 120
3.4. მინაში სინათლის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა.........................122
3.5. ელემენტის მოკლე ჩართვის დენის სიდიდის განსაზღვრა (ქვიზი#1) 125
3.6. მყარი სხეულის ინერციის მომენტის გამოთვლა გრეხითი რხევით......126
3.7. მყარი სხეულის ძვრის მოდულის განსაზღვრა 129
3.8. იუნგის მოდულის განსაზღვრა ჩაღუნვით 132
3.9. ფხვიერ ნივთიერებათა სითბოგამტარობის კოეფიციენტის განსაზღვრა..135
3.10.ხახუნის კოეფიციენტის სიდიდისა და ხახუნის კოეფიციენტის სიდიდის შეხების ზედაპირის ფართობზე დამოკიდებულის განსაზღვრა დახრილი სიბრტყის საშუალებით (ქვიზი #2) 140
3.11. სიბლანტის კოეფიციენტის განსაზღვრა 142

3.12. მეტალების სითბოგამტარობის კოეფიციენტის განსაზღვრა 147
3.13. განათებულობის დამოკიდებულება მანძილზე 152
3.14. სრული ტევადობის განსაზღვრა კონდენსატორების შერეული შეერთებების დროს (ქვიზი #3) 155
3.15. ჰაერში ბგერის სიჩქარის განსაზღვრა რეზონანსის მეთოდით 156

დამატებითი ლაბორატორიული სამუშაოები

დ.1. მინის გარდატეხის მავჩვენებლის განსაზღვრა გეომეტრიული აგებით ...159
დ.2. სითხის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა სრული შინაგანი არეკვლით 162
დ.3. მეტალური, დიელექტრიკული და ნახევარგამტარული მასალების ინდეტიფიკაცია და ნახევარგამტარების გამტარებლობის ტიპის დადგენა......165
დ.4. ჰაერში წყის ორთქლის პარციალური წნევისა და ნამის წერტილის განსაზღვრა...167
ლიტერატურა 172

„თეორია – კარგი რამაა, მაგრამ სწორი ექსპერიმენტი რჩება სამუდამოდ“.

პ.ლ. კაპიცა

ნობელის პრემიის ლაურეატი

წინათქმა

წარმოდგენილი წიგნის მეორე გამოცემის საჭიროება განაპირობა რიგმა ფაქტორებმა: აუცილებელი იყო გაგვესწორებინა შემჩნეული ტექნიკური ხარვეზები; წიგნის სასწავლო პროცესში გამოყენებამ გვიჩვენა, რომ უკეთესი იქნებოდა შეგვეცვალა ზოგიერთი ამოცანის ჩატარების რიგითობა; მოხდა ახალი ამოცანების დამატება.

წიგნის მეორე, გადამუშავებული ვარიანტის გამოცემისას ავტორები შევჩერდით გამოცემის ელექტრონული წიგნის ფორმატზე. გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ წიგნის ასეთი ფორმა სტუდენტებისათვის უფრო მოსახერხებელია. მათ ვისაც უჩნდებათ სურვილი იქონიონ შესასრულებელი ამოცანა ბეჭდვითი სახით წიგნიდან ტექსტის სასურველი ნაწილის ამობეჭდვა დღეისათვის სრულიად ხელმისაწვდომია.

წინამდებარე ნაშრომი წარმოადენს ლაბორატორიული სამუშაოების კრებულს ფიზიკაში. იგი განკუთვნილია საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის სტუდენტებისათვის, მაგრამ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა, საინჟინრო და ტექნოლოგიური სასწავლო პროფილის მქონე სხვა უმაღლეს სასწავლებლებში, სადაც ფუნქციონირებს ზოგადი ფიზიკის სასწავლო ლაბორატორია ან მისი შექმნა მოიაზრება.

კრებულში მოცემულია ის ექსპერიმენტები, რომლებსაც ატარებენ სტუდენტები საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ფიზიკის სასწავლო ლაბორატორიაში ფიზიკა 1, ფიზიკა 2 და ფიზიკა 3, სასწავლო კურსების გავლისას. აღნიშნული სასწავლო პროგრამა მოიცავს ფიზიკის ისეთ მიმართულებებს, როგორიცაა მექანიკა, მოლეკულური ფიზიკა, თერმოდინამიკა, ელექტროობა, მაგნიტიზმი, ოპტიკა და ატომური ფიზიკა. ლაბორატორიული სწავლების პროგრამაში ექსპერიმენტები შერჩეულია და

ქრონოლოგიურად განლაგებულია ისეთი თანმიმდევრობით,რომ იყოს სრულ თანხვდენაში პარალელურად მიმდინარე ზოგადი ფიზიკის სწავლების თეორიულ კურსთან. აქედან გამომდინარე, ფიზიკის ლაბორატორიული სწავლების მიზანი ხდება, არა მარტო სტუდენტის მიერ თეორიული სწავლებისას მიღებული ცოდნის განმტკიცება, არამედ იგი წარმოადგენს ექსპერიმენტული ფიზიკის სწავლების კურსს. ზემოთ თქმული საშუალებას გვაძლევს ლაბორატორიულ სამუშაოებში განხილული ექსპერიმენტების აღწერა არ გადავტვირთოთ თეორიული მასალით, რადგან იგი უკვე შესწავლილი აქვთ სტუდენტებს პარალელურად მიმდინარე თეორიულ კურსში.

ლაბორატორიული სამუშაოების შედგენისას გათვალისწინებულ იქნა, საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტში მოქმედი, სტუდენტების მიერ ლაბორატორიული სამუშაოების ინდივიდუალურად ჩატარების პრინციპი, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ სტუდენტი ექსპერიმენტს ატარებს დამოუკიდებლად, ხოლო პედაგოგიური პერსონალი ამოწმებს თუ რამდენად კარგად ესმის სტუდენტს დასმული ამოცანა და უწევს კონსულტაციას; აკონტროლებს ექსპერიმენტის მიმდინარეობის სისწორეს და საჭიროების შემთხვევაში შეაქვს შესაბამისი კორექტივები. აქედან გამომდინარე ექსპერიმენტისთვის აუცილებელი აღჭურვილობის რაოდენობა განისაზღვრება სასწავლო ლაბორატორიაში სტუდენტთა სამუშაო ადგილების რაოდენობით, რაც საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ფიზიკის ლაბორატორიაში შეადგენს ოც სამუშაო ადგილს.

ლაბორატორიული სამუშაოების კრებულის ელექტრონული ვერსია სტუდენტებს ეგზავნება სასწავლო სემესტრის დასაწყისში, თუმცა მათ უკვე გაუჩნდათ საშუალება იქონიონ ბეჭდვითი ვარიანტიც აღნიშნული კრებულის სახით.

ლაბორატორიული სწავლება იწყება იმ გამზომი ინსტრუმენტებისა და ხელსაწყოების გაცნობითა და მათზე მუშაობის წესების შესწავლით, რომლის გამოყენებაც სჭირდებათ სტუდენტებს სასწავლო სემესტრის განმავლობაში. აგრეთვე, თავიდანვე შეისწავლება ექსპერიმენტის დროს წარმოებული გაზომვების შესაძლო ცდომილების შეფასების მეთოდებიც. ჩასატარებელი ამოცანების რაოდენობა განისაზღვრება სემესტრში სასწავლო კვირის რაოდენობით, რაც საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტში შეადგენს თხუთმეტს.

აქედან გამომდინარე, რადგან მთელი სასწავლო კვირის განმავლობაში ლაბორატორიაში სრულდება ერთი და იგივე ამოცანა სტუდენტს ეძლევა საშუალება, სასწავლო ცხრილით განსაზღვრულ დროს ლაბორატორიული სამუშაოს საპატიო მიზეზით გაცდენის შემთხვევაში ჩაატაროს ექსპერიმენტი სასწავლო კვირის სხვა დღეს.

ლაბორატორიული სამუშაოების ქულობრივი შეფასება დამოკიდებულია ამოცანის სირთულეზე და განსაზღვრულია სილაბუსით.

სასწავლო პროცესში გათვალისწინებულია სამი შუალედური (ქვიზი) და დასკვნითი (გამოცდა) საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარება, რისთვისაც სტუდენტს წინასწარ ეძლევა დავალება, ამოცანა-ექსპერიმენტი, რომლის შესასრულებლადაც მან უნდა მოიფიქროს, თუ როგორ ჩაატარებს ექპერიმენტს და შეადგინოს მისი განხორციელების გეგმა.

გეგმა მოიცავს: ექსპერიმენტის მიზანს; საჭირო ხელსაწყოების ჩამონათვალს; ექსპერიმენტის მსვლელობის აღწერას; მიღებული შედეგების ანალიზს; დაკვნას. გეგმის პედაგოგთან განხილვის შემდეგ სტუდენტი ატარებს ექსპერიმენტს და აფორმებს მიღებულ შედეგებს.

ლაბორატორიული სამუშაოს ჩატარების შემდეგ სტუდენტი სამუშაოს აფორმებს იმგვარად, რომ ტექსტში მკაფიოდ იყოს ჩამოყალიბებული ამოცანის მიზანი და მისი გადაწყვეტის გზები. ექსპერიმენტის განხორციელება უნდა იყოს აღწერილი ისე, რომ აღნიშნული საკითხის არმცოდნე პირმა შეძლოს ტექსტზე დაყრდნობით ექსპერიმენტის გამეორება. ამგვარი მიდგომით სტუდენტს, როგორც მომავალ სპეციალისტს, უმუშავდება ტექნიკური, თუ ტექნოლოგიური დოკუმენტაციის შექმნის უნარ - ჩვევების საფუძვლები.

ფიზიკის ლაბორატორიული სწავლების ორგანიზებისა და მართვის ზემოთ მოყვანილი მიდგომა საშუალებს იძლევა თავიდან ავიცილოთ ლაბორატორიულ სწავლებაში დღემდე არსებული რიგი პრობლემები. კერძოდ: სრულიად აცილებულია სიტუაცია, როდესაც სტუდენტი გამოდის ექსპერიმენტზე დამკვირვებლის როლში, ან წარმოადგენს სხვის მიერ ჩატარებული სამუშაოს მონაცემებს.

სტუდენტი ატარებს რა დამოუკიდებლად ლაბორატორიულ სამუშაოს, მას ეძლევა საშუალება სრულად გამოავლინოს თავისი შესაძლებლობები, გამოიმუშაოს დამოუკიდებლად მუშაობისა და საკითხების გადაწყვეტის ჩვევა.

მთლიანად გამორიცხულია სტუდენტებისთვის ისეთი სახის ექსპერიმენტების ჩატარების შეთავაზება, რომლის თეორიული საფუძვლებიც

არ არის უკვე განხილული და შესწავლილი თეორიულ კურსში და რომლის ჩასატარებლადაც საჭირო გამზომ ინსტრუმენტებსა და ხელსაწყოებზე მუშაობას ისინი არ ფლობენ.

ჩვენი აზრით ფიზიკის ლაბორატორიული სწავლებისადმი აღნიშნული მიდგომა საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ სტუდენტების მხრიდან სწავლებისადმი ფორმალური დამოკიდებულება და უზრუნველვყოთ მათი სასწავლო პროცესში მაქსიმალური ჩართულობა .

გვინდა გულწრფელი მადლობა გადავუხადოთ საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ადმინისტრაციას და ჩვენ კოლეგებს მუდმივი მხარდაჭერის, დახმარებისა და საქმიანი რჩევებისთვის.

დიდ მადლობას ვუხდით ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტში, საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტსა და ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში მოღვაწე ჩვენ კოლეგებს, საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტში დღევანდელი ფიზიკის სასწავლო ლაბორატორიის ჩამოყალიბების მთელი პერიოდის განმავლობაში გამოხატული მუდმივი ინტერესისა და საქმიანი რჩევებისთვის.

უღრმეს მადლობას ვუხდით წიგნის რედაქტორსა და რეცენზენტებს სასარგებლო რჩევებისა და შენიშვნებისთვის რომლის გარეშეც ამ ნაშრომს ბევრი დააკლდებოდა.

გვესმის, რომ ზოგადი ფიზიკის სასწავლო კურსი მეტად ფართოა და წინამდებარე ნაშრომი არ არის ყოვლისმომცველი. დროთა განმავლობაში იგი დაიხვეწება, რისთვისაც ავტორები სიამოვნებით მიიღებენ შენიშვნებს და წინადადებებს მისამართზე z.jibuti@agruni.edu.ge

ძვირფასო სტუდენტებო!

ჩვენო მომავალო კოლეგებო!

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი უმაღლესი სასწავლებელია სადაც ყველა სტუდენტს, შესაბამისი მონდომების გამოჩენის შემთხვევაში, ეძლევა შესაძლებლობა, „დაარღვიოს“ არა მარტო ფიზიკის, არამედ ბუნების ზოგადი კანონი - „მარგი ქმედების კოეფიციენტი, რომელიც ნიშნავს სასარგებლოდ გამოყენებული ენერგიის შეფარდებას სრულად მიღებულთან, არ შეიძლება 100% ან მეტი იყოს“.

თქვენ შემთხვევაში, თუ „სრულად“ ჩავთვლით - სახელმწიფოსა და თქვენი ოჯახის მიერ სწავლაზე გაღებულ ხარჯებს, ხოლო „სასარგებლოდ“ - იმ ცოდნის ღირებულებას, რომლის მიღების საშუალებასაც გაძლევთ უმაღლესი სასწავლებელი, დაგვერწმუნეთ, თქვენი მონდომების შემთხვევაში, ეს შეფარდება შეიძლება საგრძნობლად დიდი აღმოჩნდეს.

ყველაფერი თქვენს ხელშია!

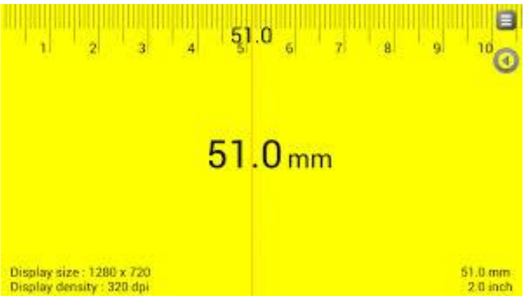
გისურვებთ წარმატებებს!

ლაბორატორიული სამუშაო #1-1

გამზომი ინსტრუმენტები და ხელსაწყოები.

საგნის დეტალების ხაზოვანი ზომების გასაზომად გამოყენებული იქნება მექანიკური ინსტრუმენტებია: სახაზავი, შტანგენფარგალი, მიკრომეტრი; ხაზოვანი გამზომი ინსტრუმენტებისათვის ცდომილება ინსტრუმენტის უმცირესი დანაყოფის ფასის ნახევარია.

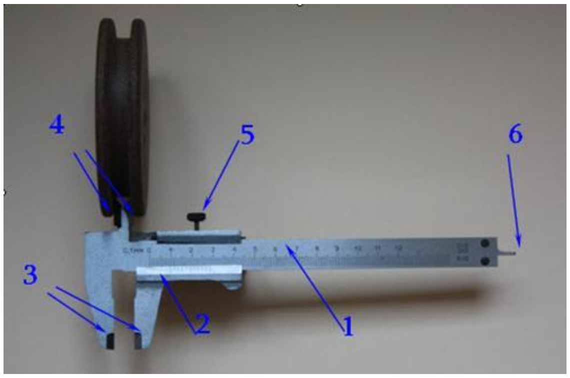
სახაზავი მილიმეტრიანი შკალით



ნახ.1

სახაზავის საწყისი დანაყოფის მნიშვნელობაა 0. ხოლო დანაყოფის ფასია 1 მმ. გაზომვის მიზნით გასაზომი დეტალის ერთი კიდე უნდა გავუტოლოთ სახაზავის ნულოვან დანაყოფს და უნდა ჩავინიშნოთ სახაზავის იმ დანაყოფის მნიშვნელობა, რომელიც დეტალის მეორე კიდესთან ყველაზე ახლოსაა. გაზომვის დროს ცდომილება არ აღემატება სახაზავის უმცირესი დანაყოფის ფასის ნახევარს.

შტანგენფარგალი

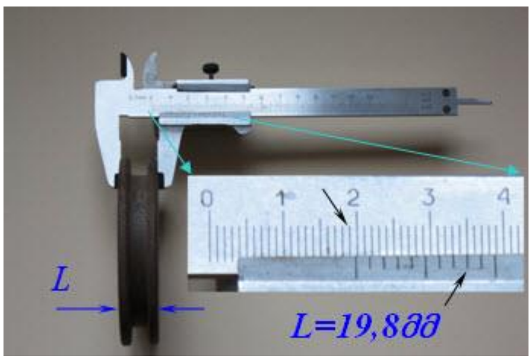


ნახ.2

1 - ძირითადი ლარტყი მილიმერტრებიანი დანაყოფების შკალით, 2 - მოძრავი ნაწილი 0,1 მმ დანაყოფის ფასიანი ნონიუსით, 3 - სამარჯვი გასაზომ

მონაკვეთზე გარედან ჩავლებისათვის, 4 - სამარჯვი გასაზომ მონაკვეთზე შიგნიდან ჩავლებისათვის, 5 - მოძრავი ნაწილის ფიქსატორი, 6 - საცეცი არა გამჭოლი ჩაღრმავების გასაზომად.

შტანგენცირკულის ცდომილება ტოლია მისი ნონიუსის დანაყოფის ფასის ნახევრის და მოდელის მიხედვით შეიძლება შეადგენდეს x=0,05მმ (ნახ.3) ან x=0,025მმ. შტანგენფარგლებს აქვთ სამარჯვები გასაზომ მონაკვეთზე შიგნიდან(ნახ.2)., ან გარედან ორმხრივი ჩავლებისათვის(ნახ.3). ზოგიერთ შტანგენფარგალს აგრეთვე აქვს საცეცი სხეულში არსებული ჩაღრმავების ღია მხრიდან გასაზომად (ნახ.4).



ნახ.3


ნახ.4

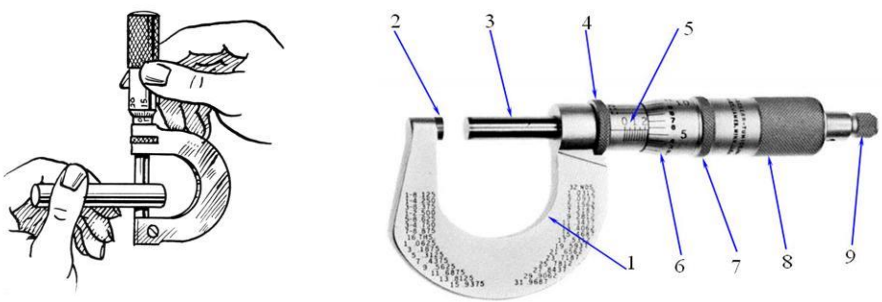
ნახ.5

გაზომვის დაწყებამდე, როდესაც სამარჯვის ტუჩები ერთმანეთზეა შეტყუპებული, ნონიუსის შკალის საწყისი დანაყოფი უნდა ემთხვეოდეს მილიმეტრული შკალის ნულს. გაზომვისათვის მოუშვით ფიქსატორი,გასაზომი დეტალი მმოათავსეთ სამარჯვის გახსნილ ტუჩებს შორის და ფიქსატორით დააფიქსირეთ მოძრავი ნაწილი უძრავ ლარტყზე. გაზომვის შედეგი ძირითად შკალაზე ათვლილი მთელი მილიმეტრებისა და ნონიუსის შკალაზე ათვლილი მილიმეტრის მეათედების ჯამის ტოლია.

ჩაინიშნეთეთ ლარტყზე ამოტვიფრულ ძირითად შკალაზე მილიმეტრების ანათვალი, რაც ძირითადი შკალის ნულსა და ნონიუსის საწყის დანაყოფს შორის მოთავსებული სრული დანაყოფების რაოდენობის ტოლია (ნახ.3). დააფიქსირეთ, ნონიუსის შკალის მერამდენე დანაყოფი ემთხვევა ყველაზე სრულად ლარტყზე ამოტვიფრული ძირითადი შკალის რომელიმე მილიმეტრულ დანაყოფს (ნახ.3). ნონიუსის შკალაზე გადათვლილი შესაბამისი რაოდენობის მეათედი მილიმეტრები დაუმატეთ მთელი მილიმეტრების რაოდენობას. შტანგენფარგალის რიგის სიზუსტისაა აგრეთვე შტანგენფარგალი გაზომვის შედეგის ციფრული ინდიკაციით(ნახ. 5).

მიკრომეტრი

მიკრომეტრის საშუალებით შესაძლებელია ანათვლების აღება ასჯერ უფრო დიდი სიზუსტით, ვიდრე მილიმეტრიანი დანაყოფის ფასის მქონე სახაზავით და ათჯერ უფრო დიდი სიზუსტით, ვიდე შტანგენცირკულით.



ნახ.6

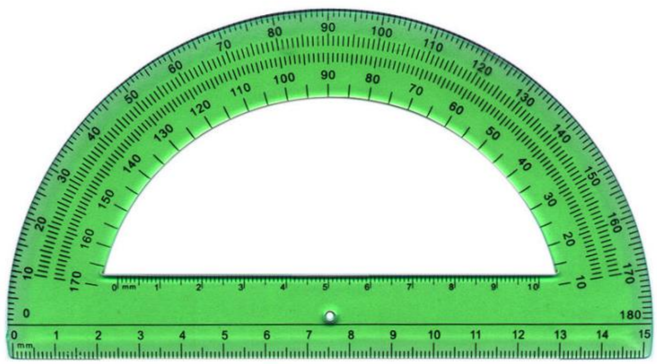
მიკრომეტრი(ნახ.6): 1. ნალისებრი ჩარჩო; 2. საქუსლე; 3. შპინდელი, რომლის გაგრძელებაზე მოჭრილია 0,5 მმ ბიჯის მქონე ხრახნი. 4. შპინდელის ფიქსატორი; 5. მიკრომეტრიული ხრახნის მიმმართველი დანაყოფებიანი შკალით. მიკრომეტრიული ხრახნის მიმმართველზე მილიმეტრული შკალის ქვევით ამოტვიფრულია ვერტიკალური ნაკაწრები, რომლებიც მილიმეტრული შკალის დანაყოფების შუა ადგილზე მიგვანიშნებს; 6. მბრუნავი გარსაცმი, რომლის ერთი სრული შემობრუნება მიკრომეტრიულ ხრახნს (და შესაბამისად შპინდელს) წაანაცვლებს ხრახნის ერთი ბიჯით (0,5მმ-ით). მბრუნავი გარსაცმის ცილინდრულ ზედაპირზე ამოტვიფრულია ცილინდრის მსახველის გასწვრივ ორიენტირებული ორმოცდაათი დანაყოფი. ყოველი მეხუთე დანაყოფი აღნიშნულია რიცხვით ნულიდან 45-ე დანაყოფის ჩათვლით. 50-ე დანაყოფი ემთხვევა ნულოვან დანაყოფს წარწერით 0. განვასხვაოთ რას ემთხვევა

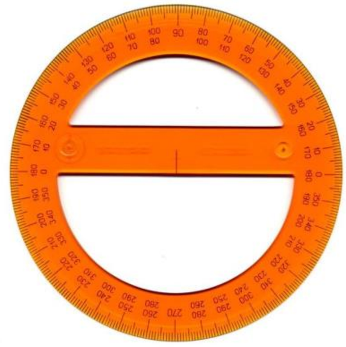
გარსაცმის ნულის მდგომარეობა - მთელი მილიმეტრით თუ ნახევარი მილიმეტრით წანაცვლებას. ამ მიზნით უნდა დავუკვირდეთ მიმმართველზე მილიმეტრული შკალის ქვევით ამოტვიფრული ვერტიკალური ნაკაწრებიდან მბრუნავი გარსაცმის კიდესთან გამოჩენილი ბოლო ნაკაწრი მილიმეტრული დანაყოფის მარცხნივ ჩანს თუ მარჯვნივ. თუ მარცხნივ ჩანს, მას ყურადღებას არ ვაქცევთ. თუ მარჯვნივ ჩანს, მაშინ ათვლილ სრული მილიმეტრების რაოდენობას ვუმატებთ ერთი ბრუნის შესაბამის 0,5 მმ-ს და კიდევ ვუმატებთ იმდენ მეასედს, რამდენიც იკითხება მბრუნავი გარსაცმისის დანაყოფების შკალაზე მისი მილიმეტრულ შკალასთან თანკვეთის ადგილას; 7 და 8 ხორკლიან ზედაპირიანი ცილინდრული რგოლები ერთმანეთზეა მიხრახნილი და მათი ურთიერთ მოჭერისას მბრუნავი გარსაცმი ჩაეჭიდება მიკრომეტრიულ ხრახნს. ხოლო მოშვებისას გარსაცმი კარგავს მიკრომეტრულ ხრახნთან ჩაჭიდებას და თავისუფლად შეიძლება შემოვატრიალოთ ისე, რომ შპინდელის გადაადგილება არ გამოიწვიოს. ასეთი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა დავარეგულიროთ მიკრომეტრის ნულის მდებარეობა და ზუსტად შევუსაბამოთ ის შპინდელის საქუსლესთან შეხების მდებარეობას. მიკრონების რიგის სიზუსტისაა აგრეთვე მიკრომეტრები გაზომვის შედეგის ციფრული ინდიკაციით (ნახ. 14).

ნახ.7

ტრანსპორტირი

ტრანსპორტირი არის კუთხეების აგებისა და გაზომვისთვის შექმნილი მოწყობილობა. იგი შედგება სახაზავისა (სწორხაზოვანი შკალა) და ნახევარწრისაგან (კუთხის საზომი შკალა) დაყოფილი გრადუსებად 0-დან 180^0-მდე (ნახ.8) ან 0-დან 360^0 - მდე (ნახ.9).





ნახ.8 ნახ.9

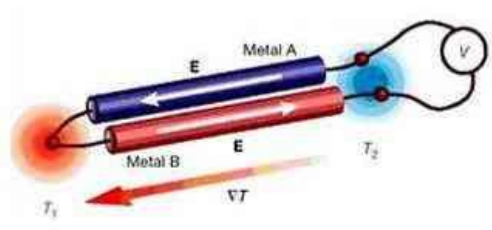
მულტიმეტრი

მულტიმერტრი(ნახ.10) - ესაა კომბინირებული ელექტროგამზომი ხელსაწყო, რომელიც ძირითადად თავის თავში აერთიანებს ისეთ ფუნქციებს, როგორიცაა: ცვლადი(AC)და მუდმივი(DC) ძაბვისა(V) და დენის ძალის(I) გაზომვა, წინაღობის(Ω), ტევადობის(F), ინდუქტივობის(L), ტემპერატურის(^{o}C) გაზომვა, თუმცა სხვადასხვა მოდელებს შეიძლება ქონდეთ სხვა დამატებითი ფუნქციებიც.

ნახ.10

თერმოწყვილი

თერმოწყვილი (ნახ.11) - ესაა მოწყობილობა რომელიც გამოიყენება ტემპერატურის გასაზომად. თერმოწყვილი წარმოადგენს სხვადასხვა მასალის გამტარების წყვილს, რომლებიც შეერთებული არიან ერთ ბოლოში. სწორედ ეს ბოლო მოდის შეხებაში ტემპერატურის გასაზომ ობიექტთან თუ გარემოსთან.



ნახ.11

თერმოწყვილის მუშაობა ეყრდნობა ზეებეკის ეფექტს ან რაც იგივეა თერმოელექტრულ ეფექტს. თუკი გამტარის გასწვრივ არსებობს ტემპერატურის გრადიენტი, მაშინ ელექტრონები ცხელ ბოლოზე იძენენ უფრო დიდ ენერგიას და სიჩქარეს ვიდრე ცივ ბოლოზე, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ელექტრონების ნაკადი ცხელი ბილოდან ცივისაკენ და ცივ ბოლოზე დაგროვდება უარყოფითი მუხტი, ხოლო ცხელზე დარჩება დაუკომპენსირებელი დადებითი მუხტი. მუხტის დაგროვება გაგრძელდება მანამ სანამ გამტარის ბოლოებზე წარმოქმნილი პოტენციალთა სხვაობა არ წარმოქმნის უკუმიმართულების ელექტრონების ნაკადს და დამყარდება წონასწორობა. ე.ი.წარმოიქმნება ელექტრომამოძრავებელი ძალა.

თერმოწყვილის სახეები და მუშაობის ტემპერატურული დიაპაზონი:

1.K - (ქრომელ - ალუმელი) - $\Delta T = -200\ ^0C \div 1200\ ^0C$.

2.L - (ქრომელ - კოპელი) - $\Delta T = -200\ ^0C \div 600\ ^0C$.

3.E - (ქრომელ - კონსტანტანი) - $\Delta T = -200\ ^0C \div 700\ ^0C$.

4.T - (სპილენძი - კონსტანტანი) - $\Delta T = -200\ ^0C \div 350\ ^0C$.

5.J - (რკინა - კონსტანტანი) - $\Delta T = -200\ ^0C \div 750\ ^0C$.

6.A - (ვოლფრამრენიუმი - ვოლფრამრენიუმი) - $\Delta T = 0\ ^0C \div 2500\ ^0C$.

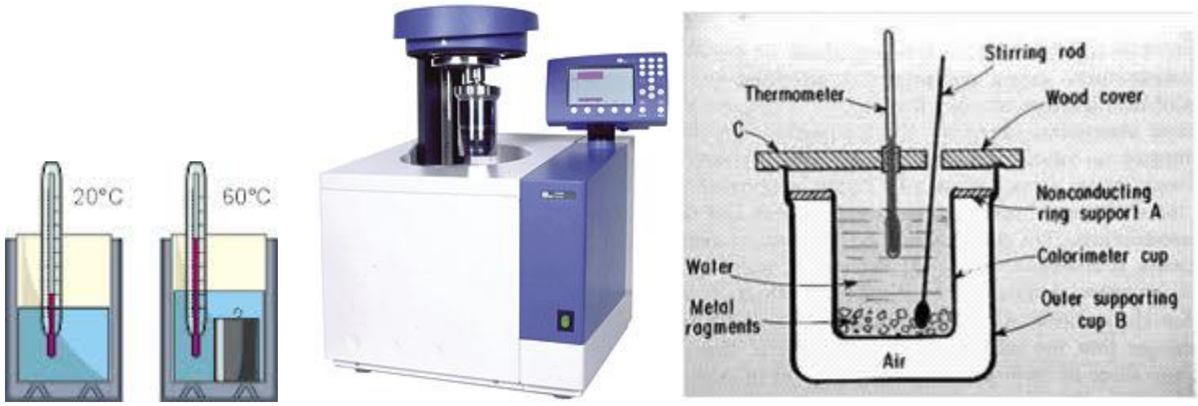
7.N - (ნიქროსილ - ნისილი) - $\Delta T = -270\ ^0C \div 1300\ ^0C$.

8.I - (სილდი - სილინი) - $\Delta T = 0\ ^0C \div 800\ ^0C$.

9.B - (პლატინაროდიუმი - პლატინაროდიუმი) - $\Delta T = 600\ ^0C \div 1700\ ^0C$.

10.S,R - (პლატინაროდიუმი - პლატინა) - $\Delta T = 0\ ^0C \div 1300\ ^0C$.

კალორიმეტრი

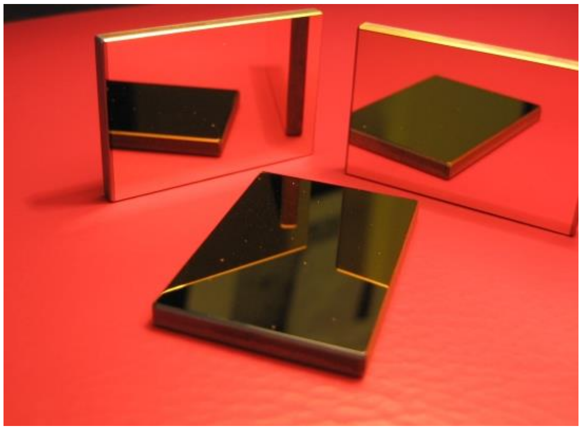


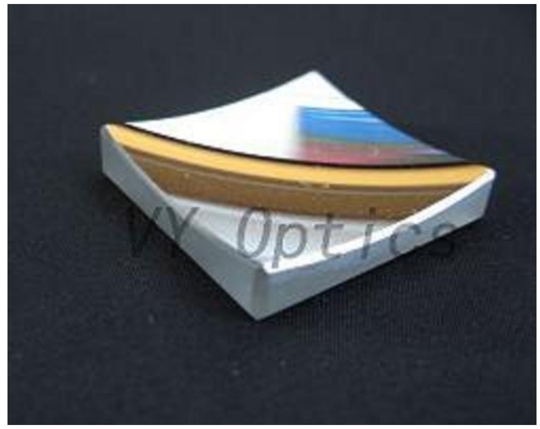
ნახ.12

კალორიმეტრის (ნახ.12) - არის ხელსაწყო, რომლის საშუალებითაც ზომავენ რაიმე სხეულის მიერ გამოყოფილი ან შთანთქმული სითბოს რაოდენობას. იგი გამოიყენება ექსპერიმენტებში, სადაც საჭიროა სითბოს რაოდენობის გაზომვა. როგორც წესი ესაა თბოიზოლირებული ჭურჭელი დამზადებული მაღალი გამტარობის მქონე მასალისგან (მაგ. სპილენძი). არსებობს სხვადასხვა დანიშნულობის მქონე მრავალი ნაირსახეობის კალორიმეტრები. მაგალითად კვების პროდუქტებში კალორიულობის, კუთრი სითბოტევადობის, ფარული სითბოს, ქიმიური რეაქციებისას სითბური ეფექტების გასაზომად.

ოპტიკური სარკე

ოპტიკური სარკე(ნახ.13-16)- ესაა სხეული რომელსაც აქვს სწორი ფორმის პოლირებული ზედაპირი და აქვს უნარი აირეკლოს სინათლის სხივი ისე, რომ შენარჩუნებულ იქნას დაცემისა და არეკვლის კუთხეების ტოლობა; მოგვცეს სხეულებისა თუ სინათლის წყაროების გამოსახულება ისე, როგროც ეს განსაზღვრულია გეომეტრიული ოპტიკის კანონებით. ოპტიკური სარკეები შეიძლება იყოს ბრტყელი(ნახ.13), აგრეთვე ჩაზნექილი(ნახ.14), ან ამოზნექილი(ნახ.15,16), სფერული, პარაბოიდალური, ელიფსოიდალური და სხვა ზედაპირებით. სარკული ზედაპირი მიიღება მინის, მეტალის, სიტალის ან პლასტმასების ნაკეთობის ერთ-ერთი ზედაპირის ვერცხლით, ვერცხლის წყლით ან ალუმინით დაფარვით. ამოზნექილი სარკეებიდან მზადდება ე.წ. პანორამული სარკეები (ნახ.16).





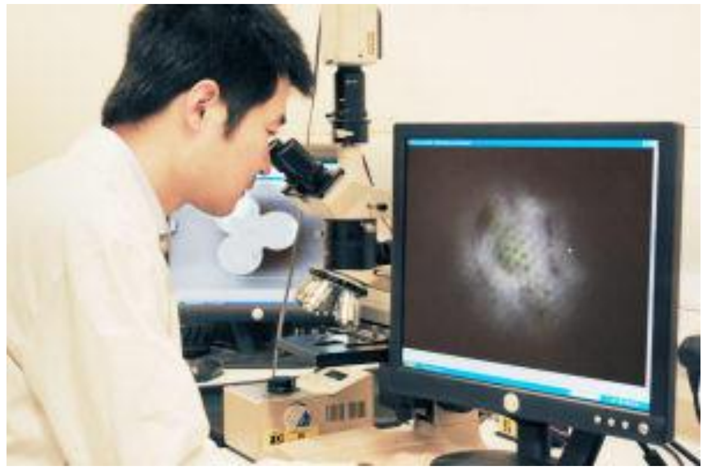
ნახ.13 ნახ.14

ნახ.15 ნახ.16

ოპტიკური მიკროსკოპი

მიკროსკოპი (ნახ.17,18) - გამადიდებელი ხელსაწყოა და გამოიყენება თვალით უხილავი არსებებისა და ობიექტების კვლევისთვის. სინათლის მიკროსკოპის გარჩევის უნარი შეზღუდულია სინათლის ტალღის სიგრძით. ნებისმიერი მიკროსკოპის გადიდებისა და გარჩევის უნარი განათების წყაროს ტალღის სიგრძის უკუპროპორციულია. სინათლის მიკროსკოპში ობიექტის გადიდებას ვადგენთ ობიექტივისა და ოკულარის გადიდებების ერთმანეთზე გადამრავლების საშუალებით.

ნახ.17



ნახ.18

სტანდარტული ოპტიკური მიკროსკოპის (ნახ.17) მეშვეობით შესაძლებელია მხოლოდ ერთი მიკრომეტრის (10^{-6}m) ზომის ობიექტების გარჩევა. ოპტიკური მიკროსკოპის გამჭვირვალე მიკროსფეროსთან კომბინირებით, ე.წ. „მიკროსფერული ნანოსკოპით" (ნახ.18), მანჩესტერის მკვლევარებს უკვე შეუძლიათ 20–ჯერ უფრო მცირე ზომის - 50 ნანომეტრის (5×10^{-8}m) გამოსახულების დანახვა ჩვეულებრივ სინათლეზე, რაც ოპტიკური მიკროსკოპიის თეორიულ ზღვარს სცდება.

ლაბორატორიული სამუშაო #1- 2

ზოგიერთი ცნებები ცდომილებათა თეორიიდან

1. გაზომვათა კლასიფიკაცია

ბუნების მოვლენათა შესწავლა, ფიზიკური კანონების მათემატიკური ფორმულირება მოითხოვს გაზომვათა ჩატარებას. ფიზიკური სიდიდის გაზომვა ნიშნავს მის შედარებას მისივე გვარის მეორე ფიზიკურ სიდიდესთან, რომელიც პირობით ერთეულად არის მიღებული. გაზომვის ჩასატარებლად საჭიროა საზომი, რომელსაც ვადარებთ ფიზიკურ სიდიდეს და გამზომი ხელსაწყო ან დანადგარი, რომლის საშუალებითაც ეს შედარება ხორციელდება.

გაზომვა შეძლება იყოს პირდაპირი და არაპირდაპირი. პირდაპირი ეწოდება ისეთ გაზომვას, როდესაც გაზომვის შედეგად უშუალოდ ვიღებთ საძიებო ფიზიკური სიდიდის მნიშვნელობას. მაგ. სხეულის სიგრძეს ვზომავთ სახაზავით, მასას ვსაზღვრავთ სასწორის მეშვეობით, ტემპერატურას - თერმომეტრით და ა. შ. არაპირდაპირი ეწოდება ისეთ გაზომვას, როდესაც საძიებო ფიზიკური სიდიდე უშუალოდ არ იზომება. მას ვანგარიშობთ. მაგალითად, მათემატიკური ქანქარის მეშვეობით სიმძიმის ძალის აჩქარების განსაზღვრისას წინასწარ ვზომავთ ქანქარას L სიგრძეს, რხევის T პერიოდს და შემდეგ ფორმულით: $\boldsymbol{T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}$ გამოვთვლით საძიებო ფიზიკურ $\boldsymbol{g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}}$ სიდიდეს.

2. ცდომილებათა კლასიფიკაცია

ფიზიკური სიდიდის აბსოლიტურად ზუსტად გაზომვა შეუძლებელია, ყოველი გაზომვა შეიცავს რაღაც ცდომილებას. ამიტომ გაზომვის შედეგად მიიღება გასაზომი ფიზიკური სიდიდის არა ჭეშმარიტი, არამედ მიახლოებითი მნიშვნელობა, ცდომილებები შეიძლება გამოწვეული იყოს სხვადასხვა მიზეზით. მათ სამ ჯგუფად ყოფენ: სისტემატური, შემთხვევითი და უხეში ცდომილებები (აცდენები).

სისტემატური ცდომილება გაზომვათა პროცესში არ იცვლება. მისი გამომწვევი მიზეზები ერთნაირად მოქმედებს განმეორებით გაზომვებში. სისტემატური ცდომილება არის ჭეშმარიტი მნიშვნელობიდან მხოლოდ ერთ მხარეს გადახრა. იგი გამოწვეულია გაზომვის მეთოდის არა სწორი შერჩევით. სისტემატური ცდომილების აღმოჩენა საკმაოდ რთულია. მოითხოვს კარგ თეორიულ მომზადებას და ექსპერიმენტატორის დიდ პრაქტიკულ გამოცდილებას. შემთხვევითი ცდომილება გამოწვეულია ჩვენი გრძნობათა ორგანოების არასრულყოფილებით და სხვადასხვა ცვალებადი ფაქტორის მოქმედებით.

შემთხვევით ცდომილებას შეუძლია შეცვალოს გაზომვის შედეგები, როგორც გადიდების, ისე შემცირების მიმართულებით. შემთხვევითი ცდომილება შეიძლება გამოიწვიოს ხელსაწყოს რყევამ, გაზომვებისას გარემოს წნევისა და ტემპერატურის მცირე ცვლილებებმა. დენის წრედში ძაბვის მერყეობამ და სხვა. ცდომილებათა თეორიის სრული განხილვა საკმაოდ რთულ ამოცანას წარმოადგენს. ჩვენი მიზანია გავაცნოთ სტუდენტებს ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების ძირითადი და შედარებით მარტივი მეთოდები.

აცდენები უხეში ცდომილებებია. ისინი გამოწვეულია ექსპერიმენტატორის უყურადღებობით ანათვლების აღებისა და მათი ჩაწერის დროს. ანათვლები, რომლებიც ასეთ უხეშ ცდომილებებს შეიცავენ უნდა უკუვაგდოთ.

3. პირდაპირი გაზომვის ცდომილებები

შემთხვევითი ცდომილების მინიმუმამდე დასაყვანად მიზანშეწონილია ფიზიკური სიდიდის მრავალჯერადი გაზომვა. გაზომვათა შედეგების საშუალო არითმეტიკული უფრო ახლოს იქნება ფიზიკური სიდიდის ჭეშმარიტ მნიშვნელობასთან, ვიდრე გაზომვის შედეგად მივიღეთ $N_1, N_2, N_3 \ldots N_k$ მნიშვნელობები. მიღებული შედეგების საშუალო ართიმეტიკული

$$\overline{\boldsymbol{N}} = \frac{N_1+N_2+N_3 \ldots..+N_3}{k} \quad (1).$$

მით უფრო ახლოს იქნება გასაზომი ფიზიკური სიდიდის ჭეშმარიტ მნიშვნელობასთან, რაც მეტია გაზომვათა k რაოდენობა.

გაზომვათა შედეგების საშუალო არითმეტიკულსა და მოცემული გაზომვის შედეგს შორის განსხვავებას გაზომვის აბსოლუტური ცდომილება ეწოდება. Eგამოდის თითოეული გაზომვის აბსოლუტური ცდომილება იქნება:

$$\Delta N_1=\overline{N} - N_1 ;$$

$$\Delta N_2=\overline{N} - N_2 ;$$

$$\Delta N_3=\overline{N} - N_3 ;$$

…………………………………………………………………………………..

$$\Delta N_k=\overline{N} - N_k$$

ზოგი მათგანი დადებითია, ზოგი კი უარყოფითი. ცალკეული გაზომვათა ცდომილების აბსოლუტური მნიშვნელობების საშუალოართმეტიკული იქნება ცდის საშუალო აბსოლუტური ცდომილება:

$$\Delta\overline{\boldsymbol{N}} = \frac{|\Delta \boldsymbol{N_1}|+|\Delta \boldsymbol{N_2}|+|\Delta \boldsymbol{N_3}|+\cdots+|\boldsymbol{N_k}|}{\boldsymbol{k}} = \frac{\sum_{i=0}^{k}|\Delta \boldsymbol{k_1}|}{\boldsymbol{k}} \qquad (3)$$

აბსოლუტური ცდომილება იმ ერთეულებში გაიზომება, რითაც გაზომილია ფიზიკური სიდიდე. $\boldsymbol{N} = \overline{\boldsymbol{N}} \pm \Delta \boldsymbol{N}$ (4).

გაზომვის სიზუსტის შესაფასებლად შემოგვაქვს ფარდობითი ცდომილების ცნება. ფარდობითი ცდომილება არის აბსულუტური ცდომილების შეფარდება გასაზომი ფიზიკური სიდიდის მნიშვნელობასთან. ფარდობითი ცდომილება განყენებული რიცხვია და პროცენტებით გამოხატავენ. $\overline{\boldsymbol{\varepsilon}} = \frac{\overline{\Delta \boldsymbol{N}}}{\overline{\boldsymbol{N}}}\boldsymbol{100}\%$ (5).

ცდის სიზუსტე განისაზღვრება საშუალო ფარდობითი ცდომილებით.

4. არაპირდაპირი გაზომვის ცდომილება

არაპირდაპირი გაზომვის ცდომილების სიდიდე დამოკიდებულია ფორმულაში შემავალი სიდიდეების პირდაპირი გაზომვის ცდომილებაზე და იმ მათემატიკური ოპერაციების ხასიათზე, რომლებიც ფორმულის მიხედვით ტარდება ფიზიკურ სიდიდეებზე. გავეცნოთ ცდომილებათა გამოთვლის წესებს სხვადასხვა მათემატიკური ოპერაციის შემთხვევაში.

1.ვთქვათ, ფიზიკური N სიდიდე წარმოადგენს ორი (A და B) ფიზიკური სიდიდის ჯამს: **N=A+B**. ამასთან შეგვიძლია A და B სიდიდეების პირდაპირი გაზომვა. თუ A და B გაზომვის აბსოლიტურ ცდომილებებს ავღნიშნავთ სათანადოდ ΔA და ΔB, მაშინ: $\boldsymbol{N} + \Delta\boldsymbol{N} = (\boldsymbol{A} + \Delta\boldsymbol{A}) + (\boldsymbol{B} + \Delta\boldsymbol{B})$. უკანასკნელ ტოლობას გამოვაკლოთ წინა ტოლობა $\Delta\boldsymbol{N} = \Delta\boldsymbol{A} + \Delta\boldsymbol{B}$. ე.ი.ჯამის აბსოლუტური

ცდომილება შესაკრებთა აბსოლუტური ცდომილებების ჯამის ტოლია. ჯამის ფარდობითი ცდომილება $\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta A + \Delta B}{A+B}$.

2. ვთქვათ, N=A-B, მაშინ $N + \Delta N = (A + \Delta A) - (B + \Delta B)$, $\Delta N = \Delta A + \Delta B$. სხვაობის აბსოლუტური ცდომილება ტოლია საკლებისა და მაკლების აბსოლუტურ ცდომილებათა ჯამისა. სხვაობის ფარდობითი ცდომილება: $\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta A + \Delta B}{A-B}$.

3. ნამრავლის აბსოლუტური ცდომილება ტოლია: პირველი თანამამრავლი გამრავლებული მეორის აბსოლუტურ ცდომილებაზე, პლიუს მეორე თანამამრავლი გამრავლებული პირველის აბსოლუტურ ცდომილებაზე. თუ N=AB მაშინ $\Delta N = A\Delta B + B\Delta A$. ნამრავლის ფარდობითი ცდომილება ტოლია თანამამრავლთა ფარდობითი ცდომილებათა ჯამისა:

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}.$$

4. წილადის აბსოლუტური ცდომილება ტოლია მნიშვნელი გამრავლებული მრიცხველის აბსოლუტურ ცდომილებაზე, პლუს მრიცხველი გამრავლებული მნიშვნელის აბსოლუტურ ცდომილებაზე და მთლიანად გაყოფილი მნიშვნელის კვადრატზე. თუ $N = \frac{A}{B}$, მაშინ $\Delta N = \frac{A\Delta B + B\Delta A}{B^2}$ და $\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$.

5. ხარისხის აბოლუტური ცდომილება ტოლია ხარისხის მაჩვენებელი გამრავლებული ფუძეზე ერთით ნაკლებ ხარისხში და ფუძის აბსოლუტურ ცდომილებაზე. თუ $N = A^n$, მაშინ $\Delta N = nA^{n-1}\Delta A$. ხარისხის ფარდობითი ცდომილება ტოლია ხარისხის მაჩვენებელი გამრავლებული ფუძის ფარდობით ცდომილებაზე: $\frac{\Delta N}{N} = n\frac{\Delta A}{A}$.

6.ფესვის აბსოლუტური ცდომილება იდენტურია ხარისხის აბსოლუტური ცდომილებისა ამიტომ თუ: $N = \sqrt[n]{A}$. ეს ტოლობა ასე შეიძლება ჩაიწეროს: $N = A^{\frac{1}{n}}$.მაშინ ფესვის აბსოლუტური ცდომილება ასე ჩაიწერება:

$\Delta N = \frac{1}{n}A^{\frac{1}{n}-1}\Delta A = \frac{1}{n}\frac{\Delta A}{\sqrt[n]{A^{n-1}}}$. მისი ფარდობითი ცდომილება კი ტოლია: $\frac{\Delta N}{N} = \frac{1}{n}\frac{\Delta A}{A}$.

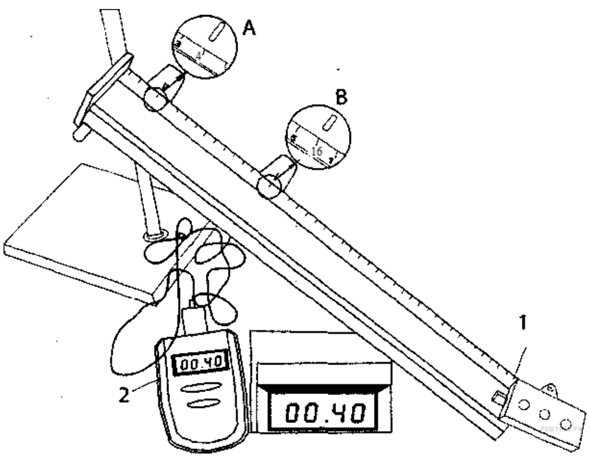
7. მუდმივი რიცხვის ცდომილება ნულის ტოლია.

ლაბორატორიული სამუშაო # 1-3

აჩქარების განსაზღვრა წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს

საჭირო ხელსაწყოები: ბურთულა, დახრილი სიბრტყე, სახაზავი, წამმზომი.

სიჩქარის ცვილებას დროის ინტერვალში აჩქარება ეწოდება.სიჩქარე ვექტორული სიდიდეა, ხასიათდება სიდიდით და მიმართულებით. სიჩქარის ცვლიილება ნიშნავს ჩამოთვლილი ორი კომპონენტიდან ან ერთ-ერთის, ან ორივეს ერთად ცვლიილებას.



ნახ.1


ფოტო 1

ვთქვათ, სხეულის სიჩქარე Δt დროში Δv სიდიდით შეიცვალა, მაშინ საშუალო აჩქარება ასე გამოითვლება: $\boldsymbol{a} = \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta \boldsymbol{t}}$ (1)

ამრიგად, აჩქარება არის სიჩქარის ცვლილების ფარდობა დროსთან.

(1) ფორმულიდან შეგვიძლია დავადგინოთ აჩქარების ერთეული. იგი ტოლი იქნება სიჩქარის ერთეული გაყოფილი დროის ერთეულზე, ანუ

$$[a] = \frac{მეტრი}{წამი^2} = \frac{მ}{წმ^2}$$

თუ სხეულის სიჩქარე დროის ტოლ შუალედებში ერთიდაიგივე სიდიდით მატულობს, მაშინ მოძრაობა თანაბარაჩქარებულია. ასეთია მაგალითად დახრილ ღარში ბურთულას მოძრაობა. თანაბარაჩქარებული მოძრაობის დროს სხეულის აჩქარების ფორმულა (1) მიიღებს სახეს:

$$\boldsymbol{a} = \frac{\boldsymbol{v} - \boldsymbol{v_0}}{\boldsymbol{t}} \quad (2)$$

სადაც v_0 საწყისი სიჩქარეა, v საბოლოო სიჩქარე.

ჩვენი ამოცანის მიზანია განვსაზღვროთ წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობის აჩქარება, განვლილი გზის საშუალებით.

წრფივი თანაბარაჩქარებული მოძრაობისას სხეულის მიერ გავლილი გზა გამოისახება ფორმულით: $\boldsymbol{S} = \boldsymbol{v_0 t} + \frac{\boldsymbol{a t^2}}{\boldsymbol{2}}$ (3)

თუ სხეულის საწყისი სიჩქარე ნულია $v_0 = 0$, მაშინ (3)-დან მივიღებთ:

$$\boldsymbol{S} = \frac{\boldsymbol{a t^2}}{\boldsymbol{2}} \quad (4)$$

მე-4 ფორმულიდან მივიღებთ, რომ $\boldsymbol{a} = \frac{\boldsymbol{2S}}{\boldsymbol{t^2}}$ (5) სადაც S განვლილი გზაა.

მუშაობის მსვლელობა

1. ტრიბომეტრის ღარი მოვათავსოთ დახრილ მდგომარეობაში;
2. ღარში დავაგოროთ ბურთულა და ავითვალოთ წამმზომზე ბურთულის გორვის დრო. ცდა გავიმეოროთ სამჯერ ერთი და იგივე დახრისთვის.
3. სახაზავის საშუალებით გავზომოთ ბურთულის დაგორების მანძილი;
4. მონაცემები შევიტანოთ მე-5 ფორმულაში და გამოვიანგარიშოთ თანაბარაჩქარებული მოძრაობის აჩქარება.
5. ცდა გავიმეოროთ სამჯერ ბურთულის დაგორების სხვადასხვა დახრისათვის.

6. მონაცემები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში და ვიანგარიშოთ აჩქარების აბსოლიტური და ფარდობითი ცდომილებები

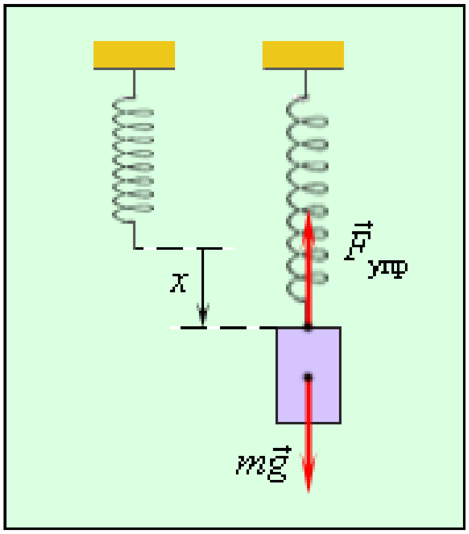
დაკვირვებათა ცხრილი

#	განვლილი მანძილი S, მ	გორვის დრო t, წმ	აჩქარება a, მ/წმ^2	$a_{საშ.}$	Δa	$\Delta a_{საშ.}$	$\Delta a_{საშ}/a_{საშ}$ *100%
1.1							
1.2							
1.3							
2.1							
2.2							
2.3							
3.1							
3.2							
3.3							

ლაბორატორიული სამუშაო #1-4

ზამბარის სიხისტის განსაზღვრა ჰუკის კანონით

საჭირო ხელსაწყოები: ზამბარა, შტატივი, სახაზავი, საწონები, ელექტრო სასწორი, ტვირთების ნაკრები.



ნახ.1

სხეულზე ძალის მოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს დეფორმირება. დეფორმაცია ეწოდება სხეულის ფორმის ან ზომის ცვლილებას მექანიკური ზემოქმედების შედეგად. დეფორმაციის სახეებია გაჭიმვა, შეკუმშვა, ღუნვა, გრეხა. დეფორმაცია ორი სახისაა – დრეკადი და პლასტიკური. თუ გარეშე ზემოქმედების შეწყვეტის შემდეგ სხეული მთლიანად აღიდგენს თავის პირვანდელ ფორმას და ზომას, მაშინ გვაქვს დრეკადი დეფორმაცია. თუ სხეული ვერ აღიდგენს, ან ნაწილობრივ აღიდგენს პირვანდელ ფორმას და ზომას, მაშინ გვაქვს პლასტიკური დეფორმაცია.

ცდები გვიჩვენებენ, რომ ნებისმიერი დეფორმაციისას (თუ იგი ძალიან დიდი არ არის) აღიძვრება ძალა, რომელიც სხეულს საწყის მდგომარეობაში აბრუნებს. ამ ძალას დრეკადობის ძალა ეწოდება. რადგან დრეკადობის ძალა სხეულს საწყის მდგომარეობაში აბრუნებს, ამიტომ დეფორმაციისას იგი მიმართულია სხეულის ნაწილაკების გადაადგილების საპირისპიროდ. მაშასადამე დრეკადობის ძალა არის ის ძალა, რომელიც სხეულის

დეფორმაციისას აღიძვრება და მიმართულია სხეულის ნაწილაკების გადაადგილების საპირისპიროდ.

დრეკადობის ძალები, რომლებიც აღიძვრება ურთიერთშემხები სხეულების ერთმანეთზე ზემოქმედების დროს, ყოველთვის მიმართულია ამ სხეულების შემხები ზედაპირის მართობულად. გაჭიმული ან შეკუმშული ზამბარის შემთხვევაში კი ეს ძალები მიმართული არიან მათი ღერძის გასწვრივ.

ჰუკის კანონი ამყარებს კავშირს დრეკადობის ძალასა და მის მიერ გამომწვევ დეფორმირების სიდიდეს შორის. ცდების საფუძველზე აღმოჩნდა, რომ საკმაოდ მცირე (ღეროს სიგრძესთან შედარებით) წაგრძელებისას დრეკადობის ძალის მოდული პირდაპირპროპორციულია ღეროს თავისუფალი ბოლოს გადაადგილების მოდულისა: $F_{დრ} = -kx$ (1). სადაც x ღეროს წაგრძელებაა (ან შეკუმშვა) საწყის სიგრძესთან შედარებით. თუ x = 1 მაშინ $|F| = k$, ანუ k კოეფიციენტი იმ ძალის ტოლია, რომელიც ერთეულოვან წაგრძელებას (შეკუმშვას) იწვევს. k - ს სხეულის (ზამბარის) სიხისტე ეწოდება.სიხისტე დამოკიდებულია ზამბარის ზომებსა და იმ მასალაზე, რისგანაც სხეულია დამზადებული. მისი ერთეული SI სისტემაში არის ნიუტონი /მეტრი (ნ/მ).

პირველი ფორმულა ჰუკის კანონს გამოსახავს: ზამბარის დეფორმაციისას წარმოქმნილი დრეკადობის ძალა პროპორციულია ზამბარის წაგრძელებისა და მიმართულია დეფორმაციისას ზამბარის ნაწილაკების გადაადგილების საპირისპიროდ (რაზეც მიუთითებს ნიშანი “–“ ფორმულაში).

ამოცანის მიზანია განვსაზღვროთ ზამბარის სიხისტის კოეფიციენტი.

მუშაობის მსვლელობა

1.გავზომოთ შტატივზე დამაგრებული ზამბარის სიგრძე L, მასზე ჩამოვკიდოთ ტვირთი, ზამბარა წაგრძელდება, სახაზავის საშუალებით გავზომოთ ზამბარის სიგრძე L_2 ;

2. გამოვითვალოთ $X = L_2 - L$ წაგრძელება.

3.სასწორის საშუალებით განვსაზღვროთ ტვირთის მასა.

4.(1) ფორმულიდან განვსაზღვროთ სიხისტის კოეფიციენტი K, შევიტანოთ მონაცემები და გამოვიანგარიშოთ.

5.ცდა გავიმეოროთ სამჯერ სხვადასხვა დატვირთვისას და ვიანგარიშოთ ზამბარის სიხისტე.

6.შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.

7.ვიანგარიშოთ ზამბარის სიხისტის კოეფიციენტის აბსოლუტური და ფარდობითი ცდომილება.

დაკვირვებათა ცხრილი

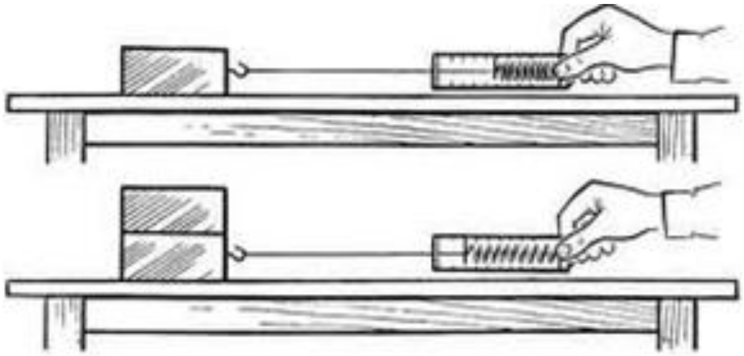
#	სხეულის მასა m, კგ	დრეკადობის ძალა $F_{დრ.}$ ნ	ზამბარის წაგრძელება X, მ	ზამბარის სიხისტე K, ნ/მ	$K_{საშ.}$ ნ/მ	ΔK, ნ/მ	$\Delta K_{საშ.}$ ნ/მ	$(\Delta K_{საშ}/K_{საშ})$ 100%
1								
2								
3								

ლაბორატორიული სამუშაო #1-5

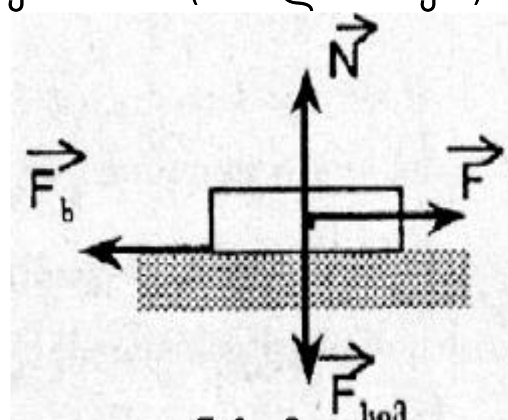
სრიალის ხახუნის კოეფიციენტის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: ხის ძელაკი; ხის სადგამი, ტვირთების ნაკრები, დინამომეტრი.

ხახუნის ძალა თან ახლავს სხეულთა ყოველ მოძრაობას. იგი წარმოიქმნება სხეულთა უშუალო შეხებისას და მუდამ შეხების გასწვრივაა მიმართული. ხახუნი არსებობს, როგორც ურთიერთშემხებ უძრავ სხეულებს შორის (უძრაობის ხახუნი), ასევე ურთიერთშემხებ მოძრავ სხეულებს შორის (სრიალის ხახუნი).



ნახ.1



ნახ. 2.

განვიხილოთ ჰორიზონტალურ საყრდენზე მოთავსებული სხეული (ნახ.2). სხეულზე მართობულად მოქმედებს სიმძიმის $\vec{F}_{სიმ}$ და მისი მაწონასწორებელი საყრდენის რეაქციის N ძალა (გამოწვეული მაგიდის დეფორმაციით). ვიმოქმედოთ სხეულზე საყრდენის პარალელური $\vec{F}$ ძალით. თუ ამ ძალის მოქმედებით სხეული ვერ ამოძრავდება, ეს ნიშნავს, რომ სხეულზე $\vec{F}$ ძალასთან ერთად მოქმედებს კიდევ ერთი ძალა, რომელიც სიდიდით $\vec{F}$-ის ტოლია და მის საპირისპიროდაა მიმართული: $\vec{F}_x = -\vec{F}$. სწორედ ეს არის უძრაობის ხახუნის ძალა. თუ $\vec{F}$ ძალას გავზრდით, მაგრამ სხეული კვლავ უძრავი დარჩება, ეს ნიშნავს, რომ გაიზარდა უძრაობის ხახუნის ძალაც ისე, რომ ისინი კვლავ ერთმანეთის ტოლი არიან მოდულით და მიმართულია ურთიერთსაპირისპიროდ. მაშასადამე: უძრაობის ხახუნის ძალა მოდულით ტოლი და მიმართულებით საპირისპიროა იმ ძალისა, რომელიც სხეულზე

მოქმედებს სხვა სხეულთან შეხების ზედაპირის პარალელურად. ამ ძალას აქვს მაქსიმალური სიდიდე და თუ მოდებული $\vec{F}$ გადააჭარბებს მას, მაშინ სხეული ამოძრავდება (დაიწყებს სრიალს).

ამ შემთხვევაში მოქმედ ხახუნის ძალას სრიალის ხახუნის ძალა ეწოდება. სრიალის ხახუნის ძალის მიმართულება სხეულის იმ სიჩქარის მიმართულების საპირისპიროა, რომელიც მას შემხები სხეულის მიმართ აქვს. რადგან ხახუნის ძალით გამოწვეული სხეულის აჩქარებაც მისი ფარდობითი სიჩქარის საპირისპიროდ არის მიმართული, ამიტომ სრიალის ხახუნის ძალა მუდამ სხეულის ფარდობითი სიჩქარის შემცირებას იწვევს. სრიალის ხახუნის ძალა პროპორციულია საყრდენზე მოქმედი წნევის ძალის (ანუ საყრდენის რეაქციის ძალის): $F_{ხახ}=\boldsymbol{kN}$ (1) სადაც k ხახუნის კოეფიციენტია.

(1) ფორმულიდან ხახუნის კოეფიციენტი ტოლია: $\mathbf{K = F_{ხახ} / N}$ (2).

ხახუნის კოეფიციენტი ნაკლებია ერთზე და გვიჩვენებს, თუ წნევის ძალის რა ნაწილს შეადგენს ხახუნის ძალა. ის ახასიათებს ერთმანეთზე მოხახუნე ორივე სხეულს. მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა მასალისგან არის დამზადებული მოხახუნე სხეულები, როგორაა დამუშავებული და რამდენად სუფთაა მათი ზედაპირები და ა.შ. თუ ზედაპირებს შევზეთავთ, ხახუნის კოეფიციენტი მცირდება. მყარ სხეულებს შორის ხახუნს (შეუზეთავად) მშრალ ხახუნს უწოდებენ. არსებობს ასევე სველი ხახუნიც. ის აღიძვრება მყარი სხეულის მოძრაობისას სითხეში ან აირში.

მუშაობის მსვლელობა

1. აწონეთ ძელაკი და ტვირთები.
2. დადეთ ძელაკი ჰორიზონტალურ ხის სადგამზე. ძელაკზე დადეთ ტვირთი.
3. ძელაკს მიამაგრეთ დინამომეტრი და რაც შეიძლება თანაბრად გაწიეთ იგი. ჩაინიშნეთ დინამომეტრის ჩვენება ($F_{ხახ}$).
4. ძელაკზე დაამატეთ ჯერ მეორე, შემდეგ მესამე ტვირთი და თითოეული შემთხვევისათვის გაიმეორეთ ცდა.
5. ცდის შედეგების მიხედვით ააგეთ ხახუნის ძალის, წნევის ძალაზე დამოკიდებულების გრაფიკი.
6. ცდის შედეგები შეიტანეთ ცხრილში და ფორმულა (2)–ით განსაზღვრეთ K.

7. გამოითვალეთ ხახუნის კოეფიციენტის აბსოლუტური და ფარდობითი ცდომილებები.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	m, კგ	N, ნ	$F_{ხახ.}$, ნ	K	$K_{საშ}$	Δ K	Δ $K_{საშ}$	(Δ $K_{საშ}$/$K_{საშ}$) *100%
1								
2								
3								

ლაბორატორიული სამუშაო #1-6

მ.ქ.კ. განსაზღვრა დახრილ სიბრტყეზე სხეულის ატანისას

საჭირო ხელსაწყოები: ტრიბომეტრი, სახაზავი, ტრანსპორტირი, ხის ძელაკი, დინამომეტრი.

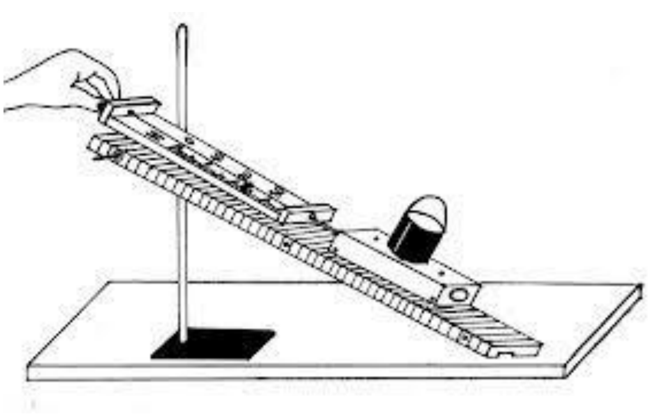
მექანიზმების გამოყენებით შესრულებული მუშაობა ყოველთვის ნაკლებია მარგ ანუ სასარგებლოდ შესრულებულ მუშაობაზე, ვინაიდან მუშაობის რაღაც ნაწილი სრულდება მექანიზმის წინააღმდეგობის ძალების დაძლევაზე. მარგი მუშაობის შეფარდებას სრულ მუშაობასთან მექანიზმის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ჰქვია. $\eta = \frac{A_{მარგი}}{A_{სრული}} 100\%$ (1).

მ.ქ.კ. გამოისახება პროცენტებით. ნებისმიერი მექანიზმის მ.ქ.კ. ერთზე, ანუ 100%-ზე ნაკლებია.

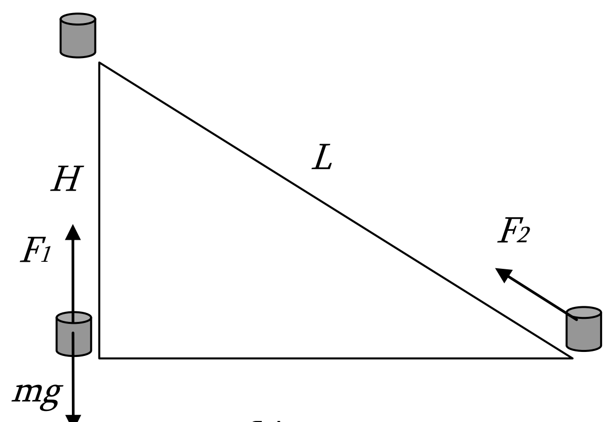
მექანიკური მუშაობა ეწოდება სხეულზე მოქმედი ძალისა და ამ ძალით გამოწვეული გადაადგილების მოდულების ნამრავლს მათ შორის არსებულ კუთხის კოსინუსზე $A = F S \cos\alpha$ (2).

SI სისტემაში მუშაობის ერთეულია ჯოული (ჯ).

ჯოული ის მუშაობაა, რომელსაც ერთი ნიუტონი ძალა ასრულებს ერთ მეტრ გზაზე: $[ჯ] = ნ.\ მ = \frac{კგ \cdot მ}{წმ^2} მ = \frac{კგ \cdot მ^2}{წმ^2}$



ნახ.1



ნახ. 2

სხეულის ვერტიკალურად ატანისას (ნახ.1,2) შესრულებული მუშაობა ტოლია : $A_1 = F_1 H$. ასევე H სიმაღლეზე სხეული შეიძლება ავიტანოთ L სიგრძის დახრილ ზედაპირზე, მაშინ : $A_2 = F_2 L$ (3). მექანიკის „ოქროს წესის“ თანახმად

თუ გამოვრიცხავთ ხახუნს მაშინ $A_1 = A_2$ ანუ $F_1H = F_2L$, მაგრამ რადგანაც სხეულის დახრილ სიბრტყეზე მოძრაობისას აღიძვრება ხახუნი ამიტომ $A_2 > A_1$ სადაც A_2 სრული მუშაობაა და A_1 მარგი მუშაობა.

მუშაობის მსვლელობა

1. გავზომოთ დახრილი სიბრტყის H სიმაღლე და L სიგრძე.
2. ელექტრო სასწორით აწონეთ ძელაკის მასა და იანგარიშეთ სიმძიმის ძალა $F_1 = mg$;
3. ძელაკს მიაბით დინამომეტრი და თანაბრად აასრიალეთ დახრილ სიბრტყეზე. გაზომეთ F_2 წევის ძალა ნიუტონებში.
4. გამოთვალეთ $A_{1(\text{მარგი})}$ და $A_{2(\text{სრული})}$ მუშაობები.
5. (1) ფორმულით გამოთვალეთ მ.ქ.კ. პროცენტებში.
6. შედეგები შეიტანეთ დაკვირვებათა ცხრილში;
7. ცდა გავიმეოროთ სამჯერ დახრილი სიბრტყის სხვადასხვა დახრილობისათვის.
8. გააკეთეთ დასკვნა ექსპერიმენტის პირობებში არის თუ არა დამოკიდებული მარგი ქმედების კოეფიციენტის სიდიდე დახრილი სიბრტყის სიმაღლეზე.

დაკვირვებათა ცხრილი

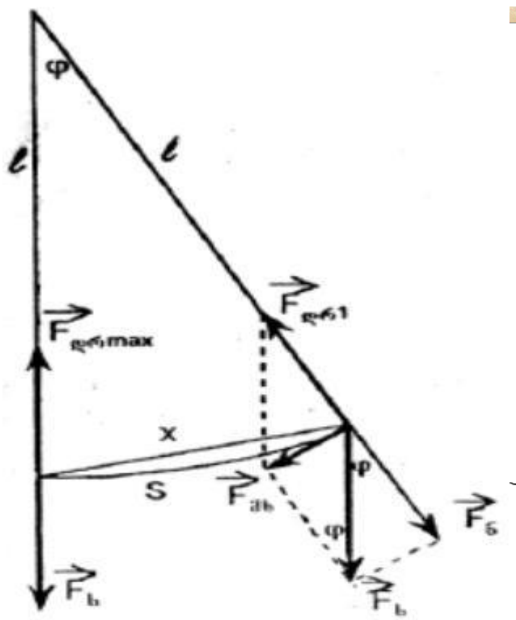
#	დახრილი სიბრტყის H სიმაღლე, მ	სიმძიმის ძალა F_1 ნ	სიმძიმის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა $A_1 = F_1 H$, ჯ) (მარგი)	დახრილი სიბრტყის სიგრძე L, მ	წევის ძალა F_2, ნ	წევის ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა $A_2 = F_2 L$, ჯ (სრული)	η %
1							
2							
3							

ლაბორატორიული სამუშაო #1-7

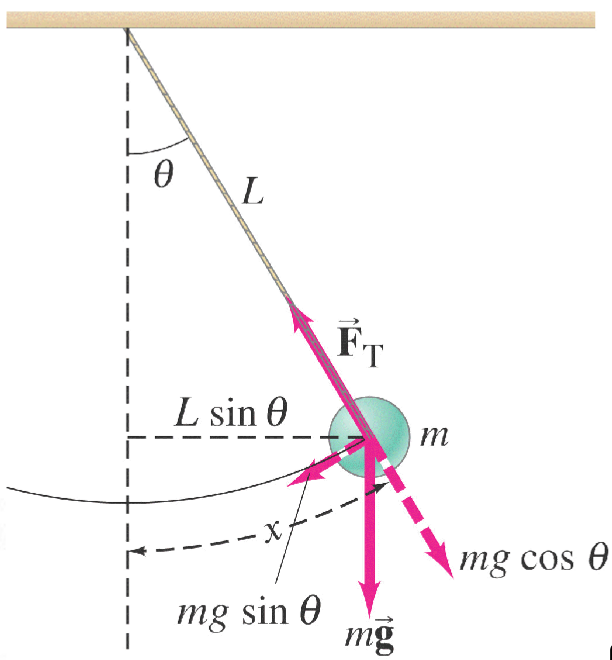
სიმძიმის ძალის აჩქარების განსაზღვრა მათემატიკური საქანის საშუალებით

საჭირო ხელსაწყოები: მათემატიკური საქანი, შტანგელფარგალი, წამზომი. სახაზავი.

სხეულთა თავისუფალი ვარდნა უჰაერო სივრცეში ეწოდება სიმძიმის ძალის გავლენით გამოწვეულ მოძრაობას. სხეულთა თავისუფალი ვარდნა წარმოადგენს თანაბარაჩქარებულ მოძრაობას უსაწყისო სიჩქარით. ამ მოძრაობის აჩქარება წარმოადგენს სიმძიმის ძალით გამოწვეულ აჩქარებას, რომელიც ადგილის გეომეტრიულ მდებარეობაზეა დამოკიდებული. თავისუფალი ვარდნის აჩქარება აღინიშნება g ასოთი. იგი უდიდესია პოლუსებზე - 9,83 მ/წმ^2 და უმცირესია ეკვატორზე - 9,78 მ/წმ^2.



ნახ.1



ნახ.2

მათემატიკური საქანი წარმოადგენს ერთი ბოლოთი დამაგრებულ უჭიმად უწონად ძაფზე დაკიდებულ სხეულს, რომლის ზომები გაცილებით მცირეა ძაფის L სიგრძესთან შედარებით, ხოლო მისი მასა m კი გაცილებით მეტია ძაფის მასაზე (პრაქტიკულად გრძელ ძაფზე დაკიდებული მცირე ზომის მძიმე ბურთულა) (ნახ. 1,2). წონასწორობის მდებარეობაში ტვირთზე მოქმედი F=mg

სიმძიმის ძალა გაწონასწორებულია ძაფის $F_{დრ}$ დრეკადობის ძალით. ტვირთის გადახრისას რაიმე φ კუთხით ეს ძალები უკვე ვეღარ გააწონასწორებენ. დავშალოთ სიმძიმის ძალა ორ მდგენელად: ძაფის გასწვრივ მიმართულ ნორმალურ ($F_ნ$) და ძაფის მართობულ, ანუ S რკალის მხებ ($F_{მხ}$) მდგენელად. ნორმალურ მდგენელს აწონასწორებს ძაფის დრეკადობის ძალა, მხები მდგენელი კი ტვირთს ამოძრავებს წონასწორობის მდგომარეობისაკენ. მათემატიკური ქანქარა ასრულებს ჰარმონიულ რხევებს. თუ გადახრის კუთხე მცირეა, მაშინ მათემატიკური საქანის რხევის პერიოდი, ანუ ერთი სრული რხევის შესრულების დრო, განისაზღვრება ფორმულით: $\mathbf{T=2}\boldsymbol{\pi}\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ (1).

აქ $\boldsymbol{\ell}$ ქანქარას სიგრძეა, $\boldsymbol{g}$- თავისუფალი ვარდნის აჩქარება. ფორმულიდან გამომდინარებს, რომ პერიოდი ამ შემთხვევაში არ არის დამოკიდებული სხეულის მასაზე და რხევის ამპლიტუდაზე. (1)ფორმულიდან განვსაზღვროთ $\boldsymbol{g}$-ს მნიშვნელობა: $\boldsymbol{g} = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ (2). აქედან ჩანს, რომ სიმძიმის ძალის აჩქარების განსაზღვრისათვის საჭიროა ვიცოდეთ საქანის სიგრძე და რხევის პერიოდი. საქანის სიგრძე განისაზღვბრება ფორმულით: $\boldsymbol{\ell} = \mathbf{L} - \mathbf{r}$. სადაც L- საქანის სიგრძეა ბურთულას ჩათვლით, r - ბურთულას რადიუსი.

ამოცანის მიზანია განვსაზღვროთ თავისუფალი ვარდნის აჩქარება მათემატიკური საქანის საშუალებით.

მუშაობის მსვლელობა

1.გაზომეთ შტანგელფარგლის საშუალებით ბურთულას დიამეტრი და განსაზღვრეთ რადიუსი.

2.სახაზავის საშუალებით გაზომეთ საქანის სიგრძე.

3.გადახარეთ საქანი მცირე კუთხით და გაუშვით ხელი. საქანი დაიწყებს რხევით მოძრაობას. წამზომის საშუალებით გაზომეთ დრო, რომელსაც საქანი მოანდომებს 20 რხევას.

4. გამოთვალეთ მათემატიკური საქანის რხევის პერიოდი ფორმულით $\boldsymbol{T} = \frac{t}{n}$.

5. (2) ფორმულის საშუალებით გამოთვალეთ სიმძიმის ძალის აჩქარება g .

6. ცდა გაიმეორეთ 25 და 30 რხევის შემთხვევაში.

7.გაზომვის შედეგები შეიტანეთ ცხრილში და განსაზღვრეთ ცდომილებები.

დაკვირვებათა ცხრილი

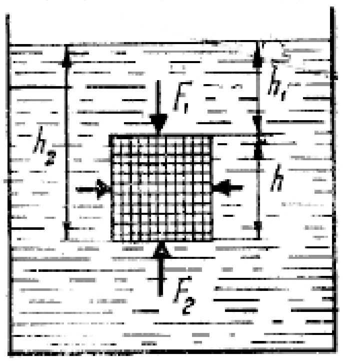
#	საქანის სრული სიგრძე L, მ	ბურთულის რადიუსი r, მ	საქანის სიგრძე ℓ,მ	რხევების რიცხვი n	რხევის პერიოდი T,წმ	g, მ/წმ^2	$g_{საშ.}$ მ/წმ^2	Δg, მ/წმ^2	$\frac{\Delta g}{g}$ x 100%
1									
2									
3									

ლაბორატორიული სამუშაო #1-8

არქიმედეს კანონის შემოწმება

საჭირო ხელსაწყოები: წყლით სავსე დანაყოფებიანი ჭურჭელი, მართკუთხა პარალელეპიპედი, სახაზავი.

სითხეში ჩაძირულ სხეულზე ყველამხრიდან მოქმედებს წნევა. სითხეში წნევა სიღრმესთან ერთად იზრდება, ამიტომ წნევას ხეულის ქვედა ზედაპირზე მეტია ვიდრე ზედა ზედაპირზე. ე.ი. სხეულზე ქვევიდან მეტი სიდიდის წნევის ძალა მოქმედებს ვიდრე ზევიდან. ამ ძალების ტოლქმედი მიმართულია ვერტიკალურად ზევით და მას ამომგდები ძალა ეწოდება.

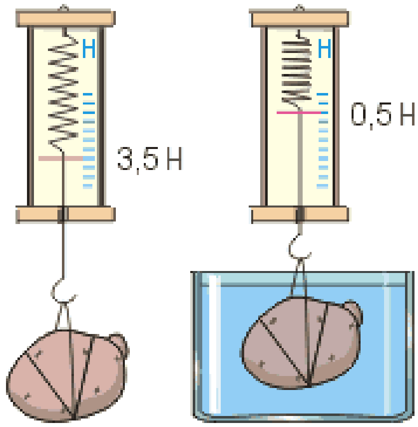


ნახ. 1

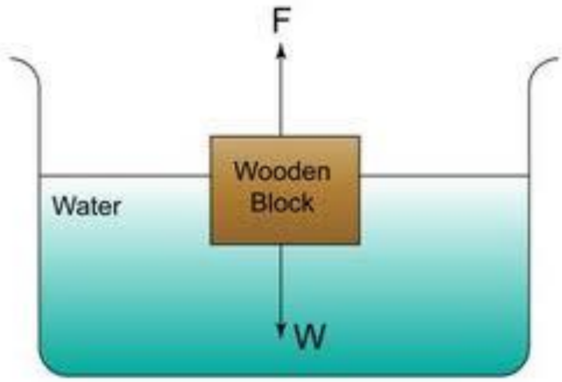
ვთქვათ სითხეში მოთავსებულია პარალელეპიპედის ფორმის სხეული (ნახ. 1), რომლის ფუძის ფართობია S და სიმაღლე h . იმის გამო, რომ წნევის ძალები ზედაპირის მართობია და ასევე ერთი და იგივე სიმაღლეზე წნევა ყველა მიმართულებით ერთნაირია, ამიტომ სხეულის გვერდით წახნაგებზე მოქმედი ძალები წყვილ-წყვილად ტოლია და ერთმანეთს აწონასწორებს. ზედა წახნაგზე წნევა ტოლია $\boldsymbol{p_1}$=$\boldsymbol{\rho g h_1}$-ის. ამიტომ ამ წახნაგს აწვება h_1 სიმაღლის სითხის სვეტი $F_1 = \boldsymbol{p_1 S} = \boldsymbol{\rho g h_1 S}$ ძალით. ანალოგიურად სხეულის ქვედა წახნაგზე წნევას ქმნის h_2 სიმაღლის სითხის სვეტი $\boldsymbol{p_2}$=$\boldsymbol{\rho g h_2}$.

აქაც ეს წნევა გადაეცემა ყველა მიმართულებით და ქვედა წახნაგზე მოქმედი ძალა ქვემოდან ზემოთ იქნება მიმართული.

$\boldsymbol{F_2} = \boldsymbol{p_2 S}$ = $\boldsymbol{\rho g h_2 S}$ რადგან $h_2 > h_1$, ამიტომ F_2ძალის მოდული მეტია F_1 ძალის მოდულზე. შესაბამისად სითხე სხეულზე მოქმედებს $F_2 - F_1$=$F_ა$ სხვაობის ტოლი ამომგდები ძალით. სითხიდან ამომგდები $F_ა$ ძალა მიმართულია ამ სხეულზე მოქმედი სიმძიმის ძალის საწინააღმდეგოდ და ამიტომ სითხეში სხეულის წონა უფრო ნაკლებია, ვიდრე ვაკუუმში.



ნახ.2



ნახ. 3

ამოცანის მიზანია ვიპოვოთ სითხეში ამომგდები ძალის სიდიდე.

$$F_ა = \rho g h_2 S - \rho g h_1 S = \rho g S(h_2 - h_1),$$

სადაც $h_2 - h_2 = h$ სხეულის სიმაღლეა, ხოლო $Sh = V$ სხეულის მოცულობა. მაშასადამე ამომგდები ძალა ტოლია **Fა** $= \rho g V$. სიდიდე $\rho g V$ არის სხეულის მოცულობის ტოლი სითხის სიმძიმის ძალა და მივიღეთ, რომ ამომგდები ძალა, რომელიც მოქმედებს სითხეში მოთავსებულ სხეულზე, მიმართულია ვერტიკალურად ზევით და ტოლია ამსხეულის მოცულობის სითხის წონისა.

ამომგდებ ძალას არქიმედეს ძალას უწოდებენ და შესაბამისად არქიმედეს კანონი ასე ჩამოყალიბდება: სითხეში (ან აირში) მოთავსებულ სხეულზე მოქმედებს ვერტიკალურად ზევით მიმართული ამომგდები ძალა, რომელიც სხეულის მიერ გამოძევებული სითხის წონის ტოლია.

ამრიგად სითხეში ჩაშვებულ სხეულზე მოქმედებს ორი ძალა: ქვემოთ მიმართული სიმძიმის ძალა და ვერტიკალურად ზევით მიმართული არქიმედეს ძალა Fა.

ა) თუ სიმძიმის ძალა მეტია არქიმედეს ძალაზე **mg>Fა,** მაშინ სხეული ეშვება ფსკერზე, იძირება.

ბ) თუ **mg=Fა,** მაშინ სხეულს შეუძლია წონასწორობაში იყოს სითხის ნებისმიერ ადგილზე.

გ) თუ **mg<Fა,** მაშინ სხეული ამოდის სითხის ზედაპირზე (ტივტივებს).

მუშაობის მსვლელობა

1. გავზომოთ პარალელეპიპეტის ფორმი სხეულის ზედაპირის ზომები (a,b) და გამოვითვალოთ მისი ფართობი - S.

2. ჩავუშვათ სხეული სითხეში და გავზომოთ წყალში ჩაშვებული სხეულის h სიმაღლე.

3. ფორმულით $Sh = V$ გამოვითვალოთ წყალში ჩაშვებული სხეულის მოცულობა;

4. ფორმულით $F_{ა} = \rho g h_2 S - \rho g h_1 S = \rho g S h = \rho g V$ გამოვითვალოთ სხეულზე მოქმედი ამომგდები ძალა.

დაკვირვებათა ცხრილი

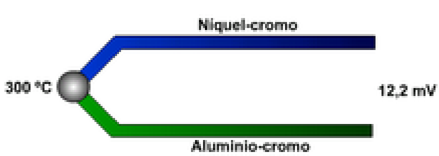
#	სხეულის სიმაღლე a,მ	სხეულის სიგანე b,მ	ზედაპირის ფართობი S, მ²	წყალში ჩაშვებული სხეულის სიმაღლე h, მ.	წყალში ჩაშვებული სხეულის მოცულობა V, მ³	ამომგდები ძალა F, ნ

ლაბორატორიული სამუშაო #1-9

თერმოწყვილის დაგრადუირება

საჭირო ხელსაწყოები : ორი თერმოწყვილი,ორი მულტიმეტრი, ელექტრო მადუღარა.

ორი ლითონის ერთმანეთთან შეხების ადგილზე მყარდება პოტენციალთა განსაზღვრული სხვაობა. ასეთ შემთხვევაში ლითონების არსებულ თავისუფალ ელექტრონებს ერთ-ერთი ლითონიდან მეორეში გადასვლის საშუალება ეძლევათ. ელექტრონების კონცენტრაცია და მათი სიჩქარე სხვადასხვა ლითონებში სხვადასხვაა. ვღებულობთ ელექტრონების დიფუზიის მსგავს მოვლენას, რომელიც წყდება, როცა ლითონებს შორი სწარმოიშობა პოტენციალთა განსაზღვრული სხვაობა. მაგალითად ჩვენ შემთხვევაში გვაქვს ქრომელისა და ქრომელ ალუმელის ნარჩილი (K ტიპის თერმოწყვილი) თუ მათ გავახურებთ , მაშინ წრედში გაივლის დენი, რომელიც ადვილად შეიმჩნევა მულტიმეტრის საშუალებით.



ფოტო 1

ფოტო 2

ელექტრონების დიფუზია დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და მაშასადამე პოტენციალთა კონტაქტური სხვაობაც იცვლება ტემპერატურის ცვლილებასთან ერთად. ამის გამო წრედში დამყარებული წონასწორობა ირღვევა და იწყება ელექტრული მუხტების მიმართული მოძრაობა. წრედის ერთ-ერთი ნარჩილთაგანის გახურება იწვევს ე.წ. თერმოელექტრომამოძრავებელი ძალის შესაბამისი თერმოელექტრული დენის წარმოქმნას.

ორი ელემენტისაგან შედგენილ ჩაკეტილ წრედს , რომელშიც კონტაქტების ტემპერატურების სხვაობით აღიძვრება ელექტრული დენი, თერმოწყვილი ან თერმოელემენტი ეწოდება. თერმოწყვილის მუშაობა ეყრდნობა ზეებედის ეფექტს ან რაც იგივეა: თერმოელექტრულ ეფექტს. თუკი გამტარის გასწვრივ არსებობს ტემპერატურის გრადიენტი, მაშინ ელექტრონები ცხელ ბოლოზე

იძენენ უფრო დიდ ენერგიას და სიჩქარეს ვიდრე ცივ ბოლოზე.რის შედეგადაც წარმოიქმნება ელექტრონების ნაკადი ცხელ ბოლოდან ცივისკენ და ცივ ბოლოზე დაგროვდება უარყოფითი მუხტი, ხოლო ცხელ ბოლოზე დარჩება დაუკომპენსირებელი დადებითი მუხტები.(მუხტების დაგროვება გაგრძელდება მანამ სანამ გამტარის ბოლოებზე წარმოიქმნილი პოტენციალთა სხვაობა წარმოქმნის უკუმიმართულების ელექტრონების ნაკადს და დამყარდება წონასწორობა.) ე.ი. წარმოიქმნება ელექტრო მამოძრავებელი ძალა.თერმოელექტრომამოძრავებელი ძალა ნარჩილების ტემპერატურათა სხვაობის პირდაპირპროპორციულია.

$$\varepsilon=\alpha(T_1-T_2) \quad (1)$$

ამ ფორმულაში α კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია ლითონთა გვარობაზე. ტექნიკური მიზნებისათვის თერმოწყვილს ამზადებენ შემდეგნაირად. შეადუღებენ აღებული ლითონების თითო ბოლოს, თავისუფალ ბოლოებს კი აერთებენ მულტიმეტრს. მისი დაგრადუირება კი ასე ხდება; ლითონების შედუღებულ ბოლოებს ათავსებენ გარემოში, რომელიც თბება. ამ გარემოს ტემპერატურა იზომება თერმომეტრით ან მულტიმეტრით. თვლიან, რომ თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოების ტემპერატურა ოთახის ტემპერატურის ტოლია და ცდის პირობებში უცვლელი რჩება.

დაგრადუირების შემდეგ თერმოწყვილი შეიძლება ვიხმაროთ თერმომეტრის სახით. ასეთი თერმომეტრები სწრაფად ღებულობენ გასაზომი სხეულის ტემპერატურას და გამოსადეგი არიან ოთახის ტემპერატურისაგან ძლიერ განსხვავებული ტემპერატურის გასაზომად.

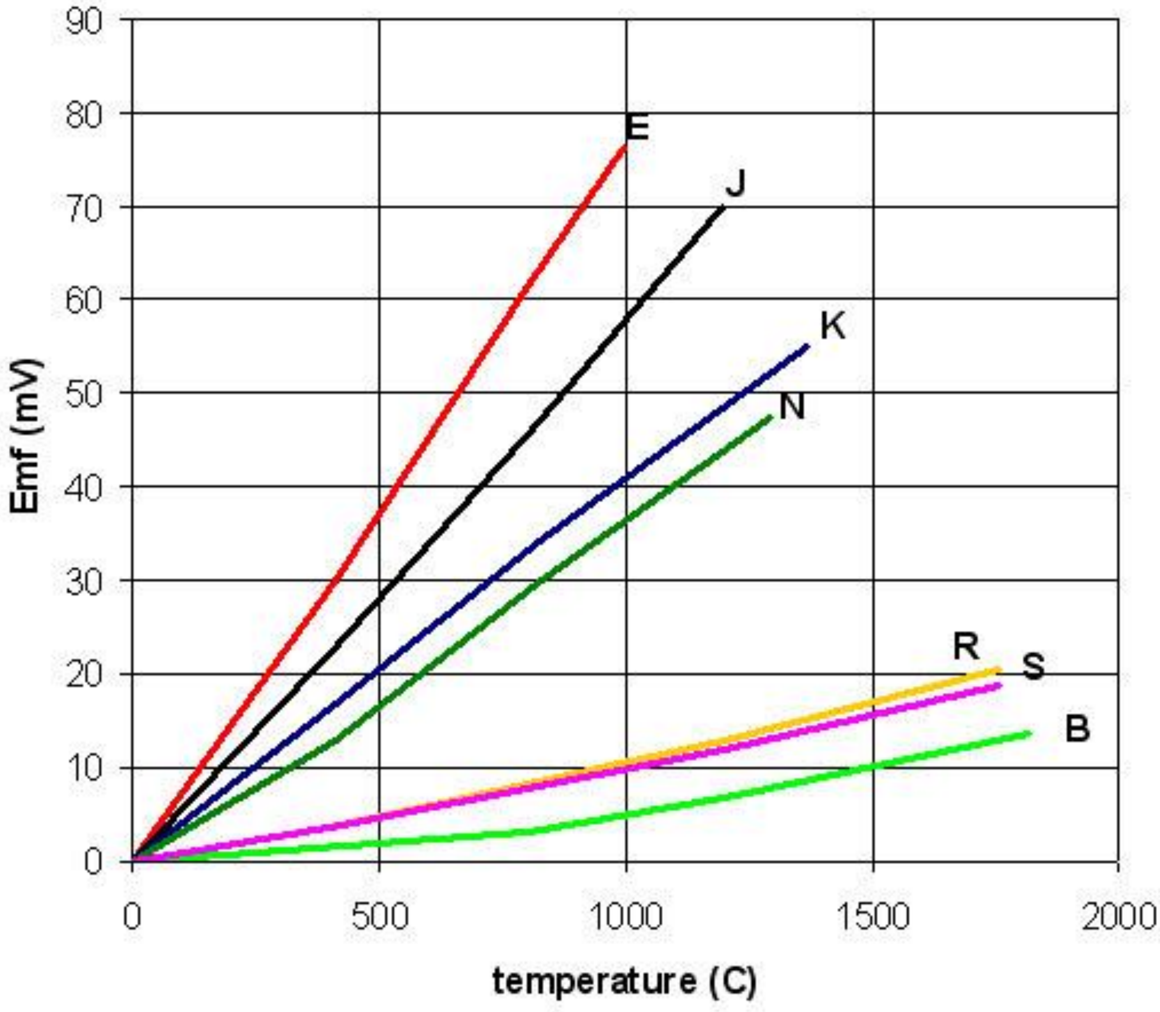
თერმოწყვილთა ზომა და ფორმები შეიძლება სხვადასხვა იყოს. მაგალითად იგი შეიძლება გავაკეთოთ წვრილი ნემსის სახით და მისი საშუალებით გავზომოთ მცირე ზომის მწერების ტემპერატურა. აგრეთვე შეიძლება ასეთივე თერმოწყვილით გავზომოთ ტემპერატურა მცენარის ფოთლის შიგნით, ნაყოფში და სხვა.

მუშაობის მსვლელობა

1. თერმოწყვილის თავისუფალი ბოლოები შევაერთოთ მულტიმეტრთან მუდმივი ძაბვის გაზომვის რეჟიმში (ფოტო 3).
2. თერმოწყვილის შედუღებული ბოლო ჩავუშვათ მადუღარაში, ჭურჭელში მოვათავსოთ მეორე ცნობილი თერმოწყვილი, რომელიც ჩავრთოთ მეორე მულტიმეტრთან ტემპერატურის გაზომვის რეჟიმში (ფოტო 3).

3. წყალი გავათბოთ დ ატემპერატურის ყოველი $10C^0$-ით შეცვლის შემდეგ ავითვალოთ მულტიმეტრის ჩვენებაV მილივოლტებში.
4. ადუღების შემდეგ ჭურჭელში თანდათან გავაციოთ წყალი და მულტიმეტრზე აითვალეთ ტემპერატურისა და ძაბვის შესაბამისი ჩვენება V.
5. V და T- ისთვის მიღებული შედეგების მიხედვით ავაგოთ მათი ერთმანეთზე დამოკიდებულების გრაფიკი.
6. ნახ.1 - ის დახმარებით დაადგინეთ ტერმოწყვილის ტიპი.

ფოტო 3



ნახ. 1

დაკვირვებათა ცხრილი

#	თერმომეტრის ჩვენება,TC^0	მულტიმეტრის ჩვენება V,მვ		
		გაცხელებისას	გაციებისას	საშუალო
1	20			
2	30			
3	40			
4	50			
5	60			

ლაბორატორიული სამუშაო #1- 10

უცნობი სითხის სიმკვრივის განსაზღვრა ზიარჭურჭლის საშუალებით

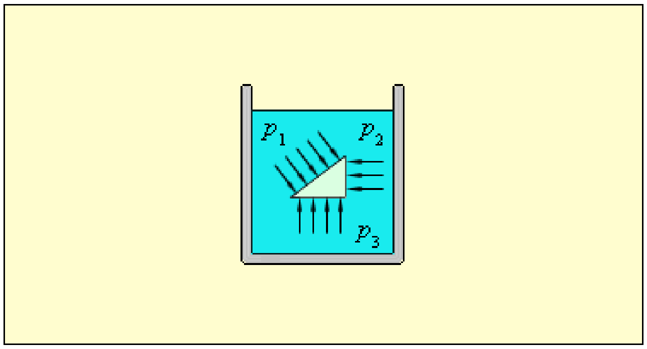
საჭირო ხელსაწყოები: შტატივი, ღერო, გამჭვირვალე მილი , სახაზავი,სკოჩი, წყალი, უცნობი სითხე.



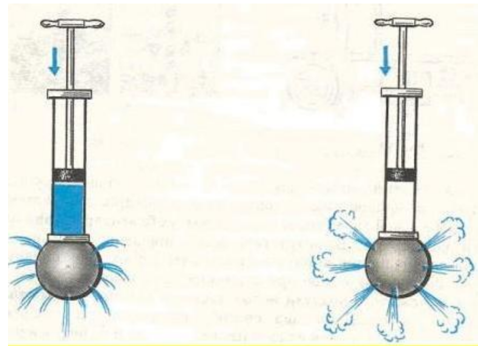


მეჩვიდმეტე საუკუნეში პასკალმა დაადგინა, რომ სითხეში და გაზში წნევა ერთნაირად გადაეცემა ყველა მიმართულებით და არაა დამოკიდებული იმ ზედაპირის ორიენტაციაზე, რომელზეც იგი მოქმედებს.

ამ კანონის ილუსტრაციას ნახ.1 წარმოადგენს, სადაც გამოსახულია სითხეში ჩაძირული მართკუთხა პრიზმა, რომლის სიმკვრივე სითხის სიმკვრივის ტოლია. ეს პრიზმა განურჩეველი წონასწორობის მდგომარეობაში იმყოფება, ამიტომ მის ცალკეულ წახნაგებზე მოქმედი ძალები ერთმანეთს უნდა აბათილებდეს. აქედან გამომდინარეობს წნევების ტოლობაც: $P_1 = P_2 = P_3 = P$.



ნახ. 1

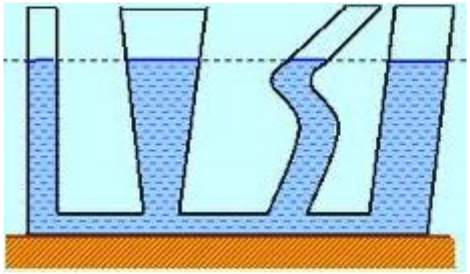

ნახ. 2

პასკალის კანონი დასტურდება მრავალი ცდით. ერთერთი ასეთი ცდა გამოსახულია ნახ. 2-ზე. როცა დგუშს დავაწვებით, სითხეც (მარცხნივ) და გაზიც (მარჯვნივ) ერთნაირად გამოდის ნახვრეტებიანი ჭურჭლების ყველა ნახვრეტიდან.

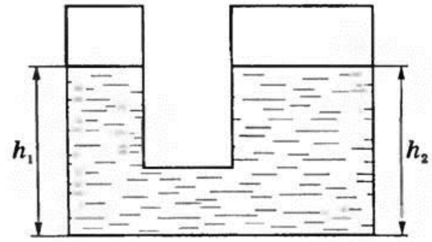
სითხის მოლეკულები, ეჯახებიან ჭურჭლის კედლებს და გადასცემენ მას თავიანთ იმპულსებს. სწორედ ამით არის განპირობებული წნევის ძალის არსებობა. მოცემული სითხისათვის წნევის ძალა ტოლია სითხის სვეტის წონისა ამიტომ (1) ფორმულაში F-ის ქვეშ ვგულისხმობთ სითხის სვეტის წონას.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh \quad (1)$$

მივიღეთ, რომ სითხის წნევა ჭურჭლის ფსკერსა და კედლებზე დამოკიდებულია მხოლოდ სითხის სვეტის სიმაღლეზე (ნახ. 3). ამ წნევას ხშირად ჰიდროსტატიკურ წნევას უწოდებენ. ერთმანეთთან ქვედა ნაწილებით შეერთებული ორ ან რამდენიმე ჭურჭელს ზიარჭურჭელი ეწოდება (ნახ.3). (1) ფორმულიდან და პასკალის კანონიდან გამომდინარეობს, რომ ზიარჭურჭლებში ერთგვაროვანი სითხე ერთ დონეზე დგას (ნახ. 3,4)

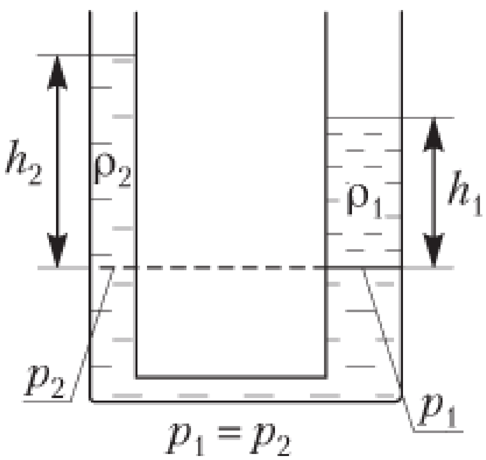


ნახ. 3

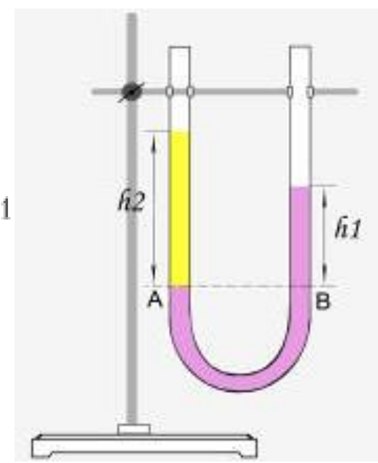


ნახ. 4

მართლაც,პასკალის კანონიდან გამომდინარე $P_1 = P_2 = \rho g h_1 + P_0 = \rho g h_2 + P_0$, სადაც P_0 ატმოსფერული წნევაა. ამიტომ, $h_1 = h_2$.
თუ ზიარჭურჭელში სხვადასხვა სიმკვრივის სითხე ასხია, მაშინ $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$.
აქედან ვღებულობთ:$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$ (2)
ამრიგად ზიარჭურჭლების სხვადასხვა მუხლებში სითხეების დონეების სიმაღლეები სიმკვრივეების უკუპროპორციულია, (ნახ. 5,6), სადაც $\rho_2 < \rho_1$.

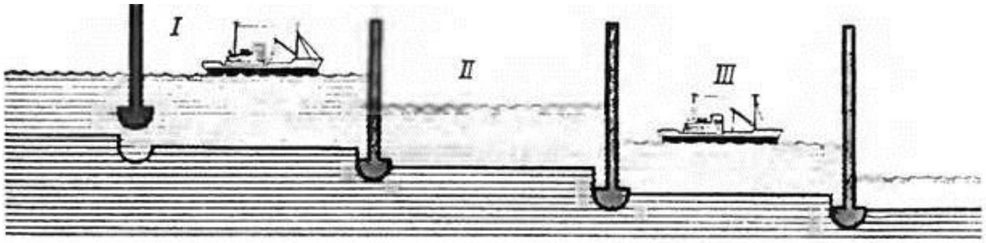


ნახ. 5



ნახ. 6

ზიარჭურჭლის წესია: უძრავ ზიარჭურჭელში ერთგვაროვანი სითხის თავისუფალი ზედაპირი ერთ დონეზე დგას, ხოლო არაერთგვაროვანის სხვადასხვაზე.თუ ზიარჭურჭელის მუხლებში ჩასხმულია ორი სხვადასხვა სითხე, რომლებიც ერთმანეთს არ ერევა, მაშინ ის სითხე, რომლის სიმკვრივეც ნაკლებია, მეტ სიმაღლეს იკავებს. ზიარჭურჭლების პრინციპზეა აგებული არხებში რაბების მოქმედება, სადაც კარებების გახსნა - დაკეტვით ათანაბრებენ წყლის დონეს, რითაც გემი აჭყავთ ხან მაღლა, ხან დაბლა (ნახ. 7).



ნახ.7

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, თუკი ზიარჭურჭელში ჩასხმული ორი სხვადასხვა სითხიდან, რომლებიც ერთმანეთს არ ერევა, ერთერთის სიმკვრივე უცნობია მისი განსაზღვრა შეიძლება ფორმულით:

$\rho_2 = \frac{\rho_1 h_1}{h_2}$ (3).

მუშაობის მსვლელობა

1.ამოცანის პირობით მოცემული ხელსაწყოების საშუალებით ააწყვეთ ექსპერიმენტის ჩასატარებელი მოწყობილობა, როგორც ეს ნახ.6 - ზეა ნაჩვენები.

2. ზიარჭურჭლში ჩაასხით ჯერ წყალი და შემდეგ ერთ მუხლში უცნობი სითხე (ნახ.6).

3. განსაზღვრეთ წყლის საერთო AB დონე ზიარჭურჭლის ორივე მუხლში (ნახ.6).

4. გაზომეთ წყლის - h_1და უცნობი სითხის - h_2 სვეტების სიმაღლეები AB დონის მიმართ (ნახ.6).

4. (3) ფორმულიდან განსაზღვრეთ უცნობი სითხისის სიმკვრივე - ρ_2 .

5. ცდა გაიმეორეთ სამჯერ უცნობი სითხის სხვადასხვა მოცულობისათვის.

6. შედეგები შეიტანეთ დაკვირვებათა ცხრილში.

7.იანგარიშეთ უცნობი სითხისის სიმკვრივის აბსოლუტური და ფარდობითი ცდომილება.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	წყლის სვეტის სიმაღლე, h_1, მმ	უცნობი სითხისის სვეტის სიმაღლე, h_2, მმ	წყლის სიმკვრივე ρ_1, კგ/მ^3	უცნობი სითხისის სიმკვრივე ρ_2, კგ/მ^3	ρ საშ. კგ/მ^3	$\Delta\rho$, კგ/მ^3	$\Delta\rho_{საშ}$, კგ/მ^3	$(\Delta\rho_{საშ}/\rho_{საშ})$ 100%
1								
2								
3								

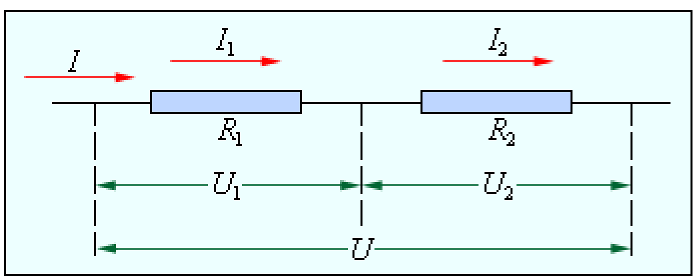
ლაბორატორიული სამუშაო # 1-11

გამტართა მიმდევრობითი და პარალელური შეერთების დროს წრედის სრული წინაღობის ფორმულის შემოწმება

საჭირო ხელსაწყოები: მულტიმეტრი, წინაღობები, ელექტრო დაფა, შემაერთებელი სადენები.

ელექტროობაში არსებობს გამტართა შეერთების მარტივი ხერხები, ესენია: გამტართა მიმდევრობითიდა პარალელური შეერთებები. განვიხილოთ ორივე შემთხვევა.

ა) გამტართა მიმდევრობითი შეერთების დროს გამტარებს რთავენ ერთიმეორის მიმდევრობით. განვიხილოთ ორი გამტარის მიმდევრობითი შეერთების მაგალითი(ნახ.1).

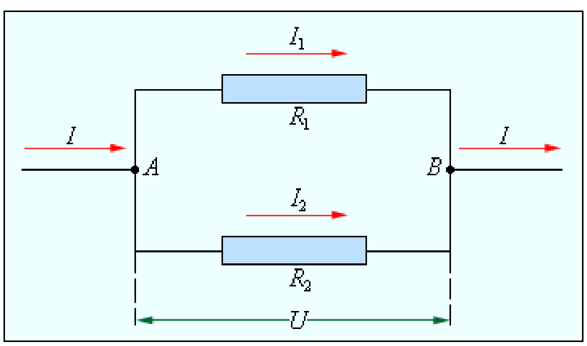


ნახ.1

დენის ძალა ამ დროს ორივე გამტარში ერთნაირია,რადგან მუდმივი დენის დროს გამტარში ელექტრული მუხტი არ გროვდება და გამტარის ნებისმიერ განიკვეთში ერთი და იმავე დროში ერთი და იგივე მუხტი გადის, ე.ი. $I = I_1 = I_2$. ძაბვა წრედის მოცემული უბნის ბოლოებზე ტოლია პირველი და მეორე რეზისტორების ბოლოებზე არსებულ ძაბვათა ჯამისა: $U = U_1 + U_2$. მაშინ ომის კანონის გათვალისწინებით გვექნება: $R = R_1 + R_2$. ე.ი. მიმდევრობით შეერთებული გამტარების საერთო წინაღობა ტოლია ცალკეული წინაღობების ჯამის. თუ გვაქვს მიმდევრობით შეერთებული **n** გამტარი, რომელთა წინაღობებია შესაბამისად **R1,R2,R3…R9** მაშინ საეღტო წინაღობა: **R=**

$R_1+R_2+R_3+\ldots+R_9$. ამ დროს $\frac{U_1}{U_2}=\frac{R_1}{R_2}$ ანუ ძაბვები წინაღობების პროპორციულია.

ბ) პარალელური შეერთება (ნახ 2).გამტარტა პარალელური შეერთების დროს I დენი განშტოვდება ორ I_1 და I_2 ნაწილად. რადგან a წერტილში - კვანძში დენი არ გროვდება, ამიტომ ამ წერტილში დროის ერთეულში შემავალი მუხტი ტოლია გამომავალი მუხტისა და $I=I_1+I_2$. U ძაბვა პარალელურად შეერთებულ გამტარებზე ერთი და იგივეა. აქაც ომის კანონის გამოყენებით მივიღებთ, რომ $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$.მაშასადამე პარალელურად შეერთებული გამტარების საერთო წინაღობის შებრუნებული სიდიდე ტოლია ცალკეულ გამტართა წინაღობების შებრუნებულ სიდიდეთა ჯამის. თუ გვაქვს პარალელურად შეერთებული რამოდენიმე გამტარი, რომელთა წინაღობებია **$R_1, R_2, R_3 \ldots R_9$** მაშინ საერთო წინაღობის შებრუნებული სიდიდე ტოლია ცალკეულ გამტართა წინაღობების შებრუნებულ სიდიდეთა ჯამისა. შესაბამისად გვექნება: $\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}$ ანუ დენის ძალები წინაღობების უკუპროპორციულია.

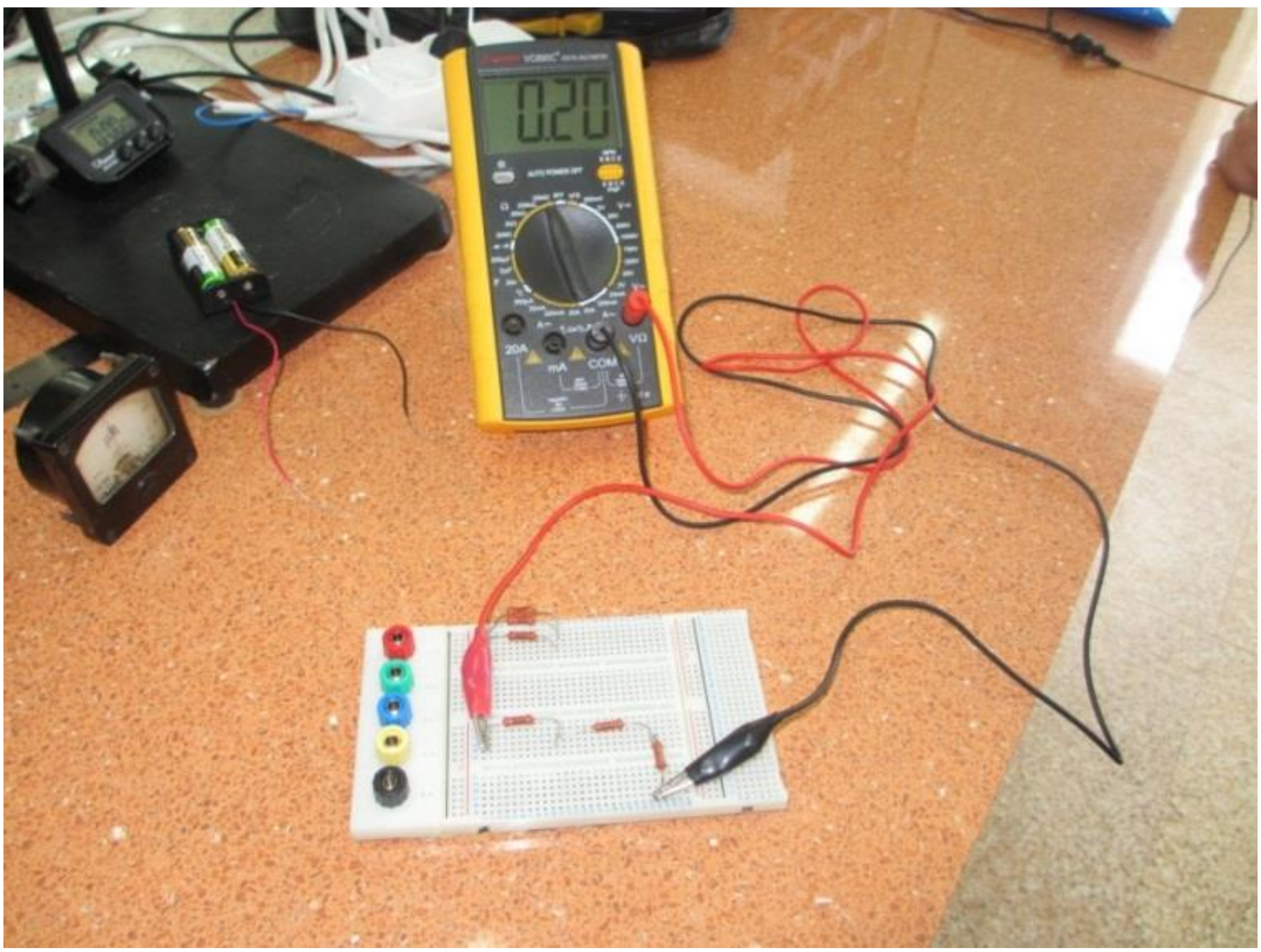


ნახ.2

მუშაობის მსვლელობა

1. ავითვალოთ თითოეული გამტარის წინაღობა მულტიმეტრის საშუალებით.
2. გამოვთვალოთ საერთო წინაღობა ფორმულით (მიმდევრობითი შეერთება): $R = R_1 + R_2 + R_3$

3. ავაწყოთ მიმდევრობით შეერთებული გამტარების წრედი მოცემული სქემის მიხედვით.
4. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ წრედის საერთო წინაღობა.
5. გამოვთვალოთ საერთო წინაღობა ფორმულით (პარალელური შეერთება): $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$
6. ავაწყოთ გამტართა პარალელური შეერთების წრედი მოცემული სქემის მიხედვით.
7. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ წრედის საერთო წინაღობა.
8. შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.
9. შევადაროთ გამოთვლებითა და გაზომვებით მიღებული შედეგები და გავაკეთოთ დასკვნები.



ფოტო 1

დაკვირვებათა ცხრილი 1

#	პირველი გამტარის წინაღობა R_1	მეორე გამტარის წინაღობა R_2	მესამე გამტარის წინაღობა R_3

დაკვირვებათა ცხრილი 2

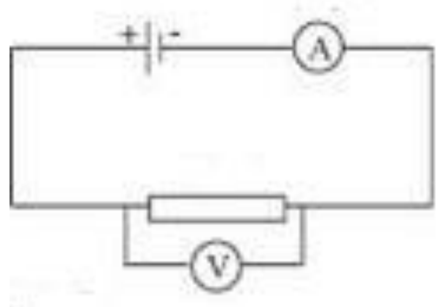
#	მიმდევრობითი შეერთება	წრედის საერთო წინაღობა R (ომი)	
		ფორმულით	ექსპერიმენტით
1.	R_1 ; R_2	R=	R=
2	R_1 ; R_3	R=	R=
3	R_2 ; R_3	R=	R=
4	R_1 ; R_2;R_3	R=	R=
	პარალელური შეერთება	წრედის საერთო წინაღობა R (ომი)	
		ფორმულით	ექსპერიმენტით
1	R_1 ; R_2	R=	R=
2	R_1 ; R_3	R=	R=
3	R_2 ; R_3	R=	R=
4	R_1 ; R_2;R_3	R=	R=

ლაბორატორიული სამუშაო #1-12

ომის კანონის შემოწმება

საჭირო ხელსაწყოები: მულტიმეტრი, მილიამპერმეტრი, ელექტრო დაფა, უცნობი წინაღობის გამტარები, მუდმივი დენის წყარო, შემაერთებელი სადენები.

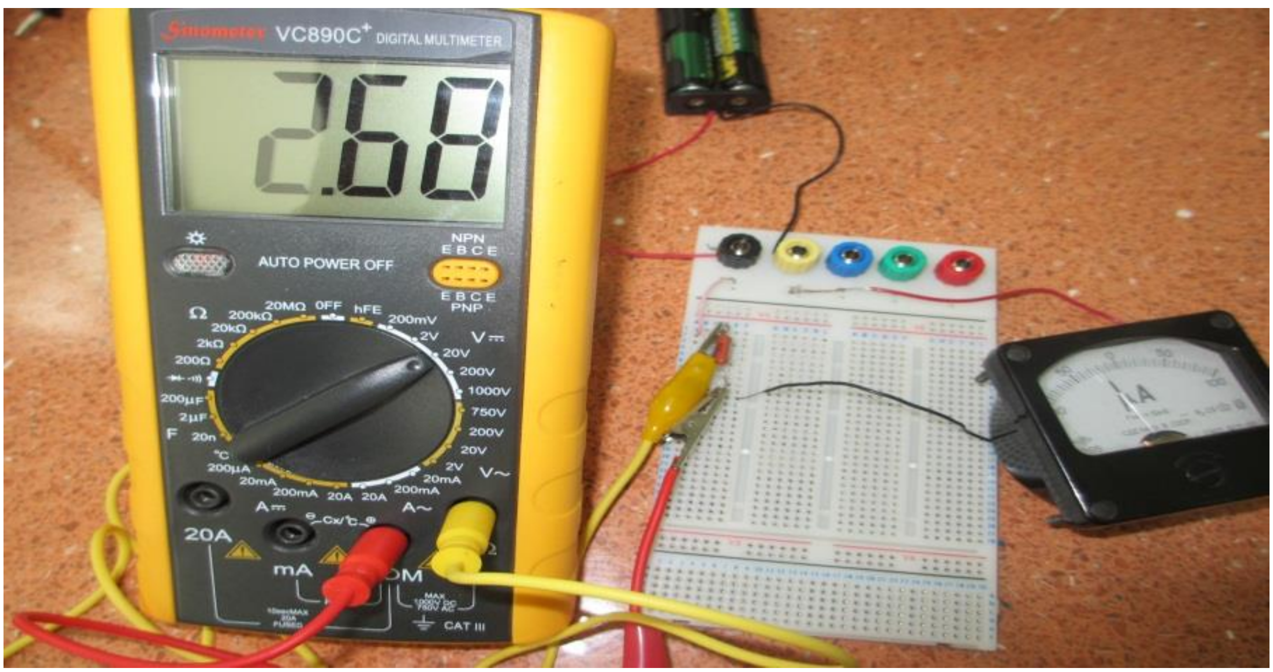
ელექტრული დენი ეწოდება დამუხტული ნაწილაკების მიმართულ მოწესრიგებულ მოძრაობას.ელექტრული დენი, დამუხტული ნაწილაკების ბუნების მიხედვით, შეიძლება იყოს ორი სახის : დენი, რომელიც წარმოადეგენს უარყოფითი ელემენტარული მუხტების, ელექტრონების მოწესრიგებულ მოძრაობას და დენი, რომელიც წარმოადგენს იონების მოწესრიგებულ მოძრაობას.დენის ძალა ეწოდება ელექტრობის იმ რაოდენობას, რომელიც გადის გამტარის განიკვეთში დროის ერთეულში: $\boldsymbol{I = \frac{dq}{dt}}$. დენის ძალის ერთეულად მიღებულია ამპერი. ამპერი არის დენის ძალა, როდესაც გამტარის განიკვეთში 1 წამში გადის 1 კულონი მუხტი. ელექტრული დენის მიმართულებად მიჩნეულია დადებითი მუხტების მოძრაობის მიმართულება. ყველა გამტარისთვის დენის ძალა გარკვეული სახით არის დამოკიდებული მოდებულ პოტენციალთა სხვაობაზე (ძაბვაზე), რადგან წრედში დენის ძალის სიდიდე დამოკიდებულია გამტარის შიგნით ელექტრული ველის დაძაბულობაზე, ხოლო დაძაბულობა თავის მხრივ დაკავშირებულია ძაბვასთან. ეს დამოკიდებულება (ვოლტ - ამპერული მახასიათებელი) შეისწავლა ომმა პირველად ლითონებისთვის და მას ომის კანონი ეწოდება.



ნახ.1

ნახ. 1.-ზე გამოსახულ წრედის უბანზე დენი მიმართულია + წერტილდან - წერტილისაკენ. ძაბვა გამტარის ბოლოებზე ტოლია $U = \varphi_1 - \varphi_2$. ამასთან რადგან დენი მიმართულია მარცხნიდან მარჯვნივ, ამიტომ დაძაბულობაც იმავე მხარესაა მიმართული და $\varphi_1 > \varphi_2$.

ომის კანონის თანახმად, წრედის უბნისათვის დენის ძალა პირდაპირპროპორციულია U მოდებული ძაბვისა და უკუპროპორციულია გამტარის წინაღობისა: $I = \frac{U}{R}$. წინაღობა გამტარის ელექტრული მახასიათებელია. მისი თვისებაა ხელი შეუშალოს მასში დენის გავლას. ნივთიერებები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან აგებულებით, ამიტომ სხვადასხვა გამტარს სხვადასხვა ელექტრული წინაღობა აქვს. ამოცანის მიზანია ომის კანონის საფუძველზე შევამოწმოთ დენის ძალისა და გამტარის წინაღობის უკუპროპორციული დაოკიდებულება.



ფოტო 1

მუშაობის მსვლელობა

1. ავაწყოთ წრედი მოცემული სქემის მიხედვით (ნახ.1,ფოტო 1).
2. პარალელურად ჩართული მულტიმერტის საშუალებით გავზომოთ წრედში არსებული ძაბვა;
3. მულტიმეტრით გავზომოთ გამტარის წინაღობა;

4. მიმდევრობით ჩართული ამპერმეტრით გავზომოთ დენის ძალა.
5. მიღებული შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში;
6. ცდა გავიმეოროთ სხვადასხვა გამტარისათვის.
7.მიღებული შედეგების მიხედვით ავაგოთ გრაფიკი, რომელიც გამოსახავს დენის ძალის დამოკიდებულებას წინაღობაზე.
8. მოვახდინოთ ომის კანონის ფორმულის შემოწმება.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	გამტარში გამავალი დენის ძალა I - ამპერი		გამტარის ბოლოებზე არსებული ძაბვა U- ვოლტი	გამტარის წინაღობა R - ომი
	ფორმულით	ექსპერიმენტით		
1				
2				
3				

ლაბორატორიული სამუშაო #1-13

ბოილ-მარიოტის კანონის შემოწმება

საჭირო ხელსაწყოები: 300-350 მმ სიგრძისა და 8-10 მმ დიამეტრის მინის მილი, რომლის ერთი ბოლო დარჩილულია, ცილინდრული ჭურჭელი 40-50 მმ დიამეტრისა და 400 მმ სიგრძის ან ქვედა ბოლოთი თავდაცობილი მინის მილი) სახაზავი, შტატივი, ბარომეტრი.

აირები შეიძლება დავახასიათოთ სამი პარამეტრით: P (წნევა); V (მოცულობა) და T (ტემპერატურა).

წნევა ეწოდება სიდიდეს, რომელიც ტოლია სხეულის ზედაპირის მართობულად მოქმედი ძალის ფარდობისა ზედაპირის ფართობთან **P=F/S** (1).

წნევის ერთეული SI სისტემაში არის პასკალი (პა) 1 პა $= 1\frac{ნ}{მ^2}$;

პრაქტიკაში წნევას ხშირად ზომავენ ვერცხლისწყლის სვეტის მილიმეტრებში (მმ.ვწყ.სვ.) 1მმ.ვწყ.სვ.$=13600\,\frac{კგ}{მ^3}\,9{,}81\frac{მ}{წმ^2}\frac{1}{1000}\,მ = 133$ პა.

ნორმალურ ატმოსფეროს უწოდებენ 760მმ.ვწყ.სვ. ტოლ წნევას.

1 ატმ. = 760 მმ.ვწყ.სვ.=101325 პა $\sim 10^5$პა.

რაოდენობრივ დამოკიდებულებას, რომელიც არსებობს აირის ორ პარამეტრს შორის მესამე პარამეტრის მუდმივობისას აირის კანონი ეწოდება.

პროცესებს,რომელიც ერთ-ერთი პარამეტრის მუდმივობის პირობებში მიმდინარეობს იზოპროცესები ეწოდება.

თერმოდინამიკული სისტემის მდგომარეობის ცვლილებას მუდმივი ტემპერატურის დროს იზოთერმული პროცესი ეწოდება.

იდეალური აირის მუდმივობის კანონის თანახმად, რომელიც ასე ჩაიწერება $\boldsymbol{PV = \frac{m}{M}RT}$.

მუდმივი ტემპერატურის დროს აირის წნევისა და მოცულობის ნამრავლი ერთი და იგივეა ანუ მუდმივია: PV=const , როცა T = const მოცემული მასის, აირის წნევისა და მოცულობის ნამრავლი მუდმივი სიდიდეა, თუ აირის ტემპერატურა უცვლელია. ამ კანონს ბოილ-მარიოტის კანონი ეწოდა. ბოილ - მარიოტის კანონის სისწორეში დავრწმუნდებით ტორიჩელის ცდის ანალოგიური ცდის ჩატარების შედეგად.

ამოცანის მიზანია ექსპერიმეტით შემოწმდეს იზოთერმიული კანონი:

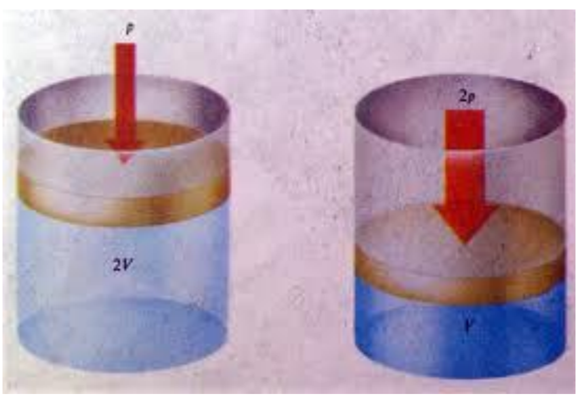
$P_1V_1 = P_2V_2$ ანდა $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$

მუშაობის მსვლელობა

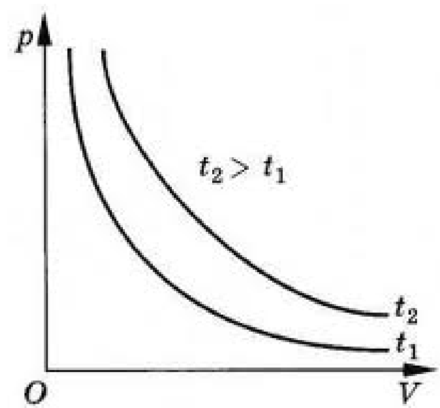
იმისათვის, რომ შემოწმდეს ბოილ-მარიოტის კანონის შესრულება აუცილებელია მუდმივი ტემპერატურის პირობებში, ორ მდგომარეობაში გაიზომოს გაზის წნევა და მოცულობა. ეს შესაძლებელია თუკი გამოვიყენებთ ოთახის ტემპერატურის ჰაერს.

1.წყლით ავავსოთ ცილინდრული ჭურჭელი.

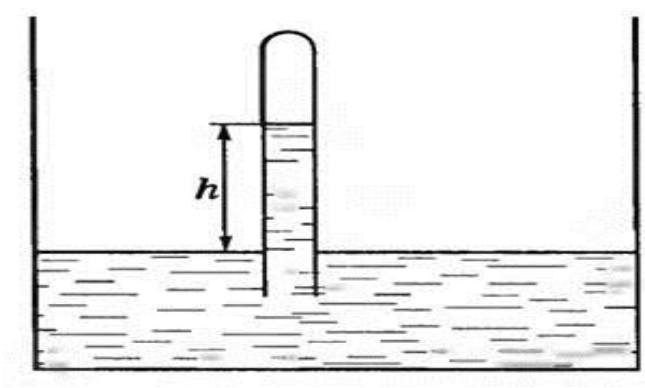
2. ბარომეტრის საშუალებით გავზომოთ ოთახში არსებული ატმოსფერული წნევა P.



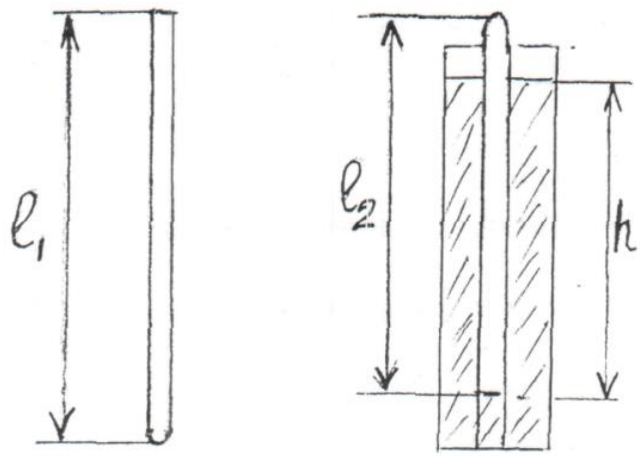
ნახ.1



ნახ.2



ნახ.3



ნახ.4

3. გავზომოთ ჰაერის მოცულობა მინის მილში (სახაზავის საშუალებით გავზომოთ მილის სიმაღლე L_1 და ფუძის რადიუსი R. შევიტანოთ ფორმულაში: $\mathbf{V=\pi R^2 L_1}$.

4.ვიპოვოთ ჰაერის წნევისა და მილში არსებული ჰაერის მოცულობის ნამრავლი PV.

5. ჩაუშვათ მინის მილი წყალში ისე, რომ დარჩილული ბოლო იყოს ზემოთ.

6. განვსაზღვროთ მილში წყლის შესვლის შემდეგ ჰაერის მიერ დაკავებული მოცულობა $\mathbf{V_1= \pi R^2 L_2}$.

7.გავზომოთ წყლის დონეთა სხვაობა ჭურჭელსა და მილში h.

8. გამოვთვალოთ ჰაერის ახალი წნევა მილში- $\mathbf{P_1 = \rho gh+P}$, სადაც წყლის სიმკვრივე ρ=1000კგ/მ^3.

9. გამოვთვალოთ ჰაერის წნევისა და მოცულობის ნამრავლი - $P_1 V_1$.

10 გავიმეოროთ ცდა სხვადასხვა სიგრძისა და დიამეტრის მილებზე.

11. გაზომვის შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.

12.შევადაროთ PV და P_1 V_1 სიდიდეების მნიშვნელობები და დავრწმუნდეთ ბოილ-მარიოტის კანონის სამართლიანობაში.

დაკვირვებათა ცხრილი

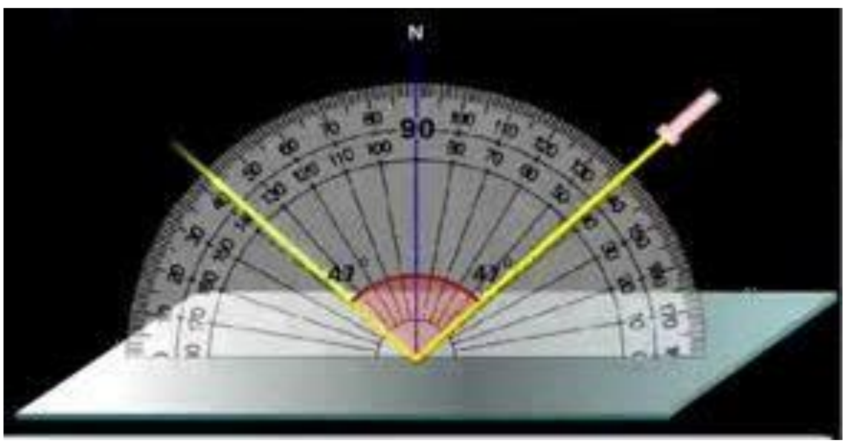
#	ჰაერის წნევა მილში P პა	ჰაერის წნევა წყალში ჩაშვებულ მილში P_1 პა	ჰაერის მოცულობა მილში V მ^3	ჰაერის მოცულობა წყალში ჩაშვებულ მილშიV_1 მ^3	ნამრავლი PV	ნამრავლი P_1V_1
1						
2						
3						

ლაბორატორიული სამუშაო # 1-14

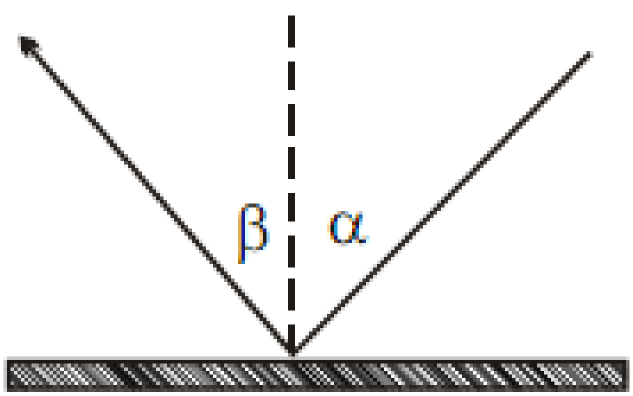
სინათლის არეკვლის კანონის შემოწმება

საჭირო ხელსაწყოები: სინათლის წყარო (ლაზერი), ტრანსპორტირი, ოპტიკური სარკე.

სინათლის ტალღის გავრცელების მიმართულებად ითვლება სინათლის ტალღური ზედაპირის მართობული მიმართულება. ამ მიმართულებას სინათლის სხივი ეწოდება. სინათლის სხივი არის ხაზი, რომელიც გვიჩვენებს სინათლის ენერგიის გავრცელების მიმართულებას. სინათლე ერთგვაროვან გარემოში წრფივად ვრცელდება, მაგრამ თუ სხივი დაეცემა ორი გარემოს გამყოფ საზღვარს, მოხდება მისი არეკვლა.



ნახ.1



ნახ.2

ორი გარემოს გამყოფ საზღვარზე დაცემული სხივის უკან დაბრუნებას არეკვლა ეწოდება და ექვემდებარება შემდეგ კანონებს:

1. დაცემული სხივი, არეკვლილი სხივი და დაცემის წერტილში აღმართული პერპენდიკულარი ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ;
2. სინათლის სხივის დაცემის კუთხე არეკვლის კუთხის ტოლია. $\alpha = \beta$
3. დაცემული და არეკვლილი სხივები ურთიერთშექცევადია.

სინათლის სხივები ურთიერთშექცევადია. ეს იმას ნიშნავს, რომ დაცემულ და არეკლილ სხივებს ადგილები რომ შევუცვალოთ, სურათი არ შეიცვლება. ამ კანონზომიერებას გეომეტრიულ ოპტიკაში ყოველთვის აქვს ადგილი .

სინათლის არეკვლას ადგილი აქვს სინათლის რაიმე ზედაპირზე დაცემისას. ზედაპირის ტიპის მიხედვით, არეკვლა შეიძლება იყოს სარკისებური, ან დიფუზური. დიფუზურ არეკვლას ადგილი აქვს უსწორმასწორო ზედაპირიდან სინათლის არეკვლისას.

მუშაობის მსვლელობა

1. შტატივზე დავამაგროთ ლაზერი.
2. ლაზერის ქვეშ მოვათავსოთ სარკე.
3. სარკეზე განვათავსოთ ტრანსპორტირი როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ.1 - ზე.
4. მივმართოთ ლაზერის სხივი სარკისკენ ისე, რომ იგი ხვდებოდეს სარკეზე განთავსებული ტრანსპორტირის ნახევარწრის ცენტრში (ნახ.1).
5. ავითვალოთ ტრანსპორტირზე სინათლის დაცემისა და არეკვლის კუთხის სიდიდეები და შევიტანოთ ცხრილში.
6. ექსპერიმენტი ჩავატაროთ სხივის 5 სხვადასხვა დაცემის კუთხის შემთხვევისათვის.
7. ლაზერი დავამაგროთ შტატივზე ისე, რომ ამჯერად სხივი ეცემოდეს იმ მიმართულებითა და კუთხით როგორადაც აირეკლებოდა სხივი პირველ ექსპერიმენტში.
8. ავითვალოთ ტრანსპორტირზე სინათლის დაცემისა და არეკვლის კუთხის სიდიდეები და შევიტანოთ ცხრილში.
9. ექსპერიმენტის შედეგებზე დაყრდნობით გავაკეთოთ დასკვნები.

დაკვირვებათა ცხრილი

I ექსპერიმენტი			II ექსპერიმენტი	
#	დაცემის კუთხე α	არეკვლის კუთხე β	დაცემის კუთხე α	არეკვლის კუთხე β

ლაბორატორიული სამუშაო # 1-15

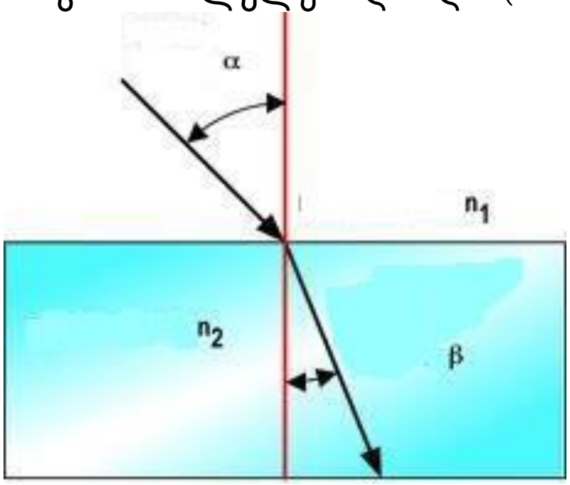
მინის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა მიკროსკოპით

საჭირო ხელსაწყოები: მინის ფირფიტა ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ნაფხაჭნით, მიკროსკოპი, შტანგელფარგალი.

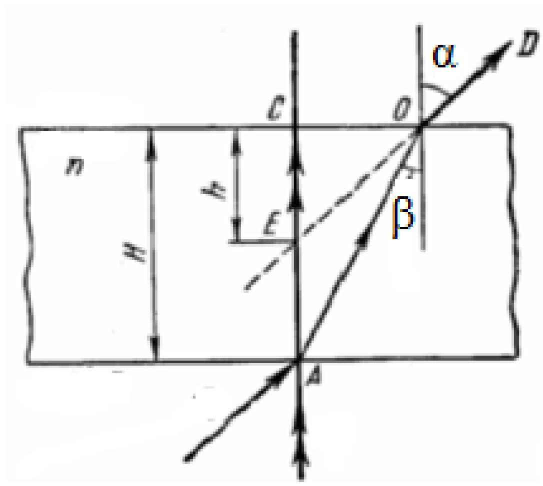
ერთგვაროვან გარემოში სინათლის სხივი მუდმივი სიჩქარით ვრცელდება. სხვადასხვა გარემოში სინათლის გავრცელების სიჩქარე სხვადასხვაა.ამის გამო ორი გარემოს გამყოფ ზედაპირზე ხდება სხივის გარდატეხვა. (ნახ.1.) რომელიც შემდეგ კანონს ემორჩილება;

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

როდესაც სხივი ბრტყელ პარალელურ წახნაგებიან ფირფიტაში გადადის, იგი ორჯერ განიცდის გარდატეხას და ფირფიტიდან გამოსული სხივი დაცემული სხივის პარალელურად მიდის(ნახ.2.)



ნახ.1



ნახ. 2

დამკვირვებლისათვის, რომლის თვალი მოთავსებულია D წერტილში, A წერტილი გამოჩნდება E- ში. ამის გამო ფირფიტის ნამდვილი ნამდვილი სისქე CE-ს ტოლად მოგვეჩვენება.აღვნიშნოთ ეს მოჩვენებითი სისქე h-ით. მოჩვენებითი სისქე ნაკლებია ფირფიტის ნამდვილ სისქეზე - H. როდესაც სხივი მცირე α კუთხით ეცემა, მაშინ ამ კუთხის სინუსი მისი ტანგესით შეიძლება შევცვალოთ , ე.ი. $\mathbf{sin}\,\boldsymbol{\alpha} \approx \boldsymbol{tg\alpha}$, ამიტომ (1) ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს $\boldsymbol{n} = \frac{\mathbf{tg}\,\boldsymbol{\alpha}}{\mathbf{tg}\,\boldsymbol{\beta}}$;

მაგრამ ΔCOE-დან , **tg** $\boldsymbol{\alpha}$=OC/CE ; ΔOCO_1-დან $\boldsymbol{tg\beta} = \frac{\boldsymbol{OC}}{\boldsymbol{AC}}$ ამის გამო $\boldsymbol{n} = \frac{\boldsymbol{AC}}{\boldsymbol{CE}}$

აქ **AC=H** ფირფიტის ნამდვილი სისქეა, ხოლო **CE=h** კი არის მისი მოჩვენებითი სისქე, ამიტომ **n =H/h** (2)

მუშაობის მსვლელობა

1. შტანგელფარგლის საშუალებით გაზომეთ ფირფიტის ნამდვილი სისქე H (მმ).

2. ფირფიტა მოათავსეთ მიკროსკოპის ობიექტივის ქვეშ და ხრახნების საშუალებით ტუბუსი დააყენეთ ისე, რომ მკაფიოდ გამოჩნდეს ზედა განაფხაჭნი. აითვალეთ ტუბუსის მდებარეობა d_1 (მმ).

3. მიკრომეტრული ხრახნის საშუალებით ტუბუსი დააყენე ისე, რომ გამოჩნდეს მეორე ნაფხაჭნი და აითვალეთ სკალაზე მისი მდებარეობა d_2 (მმ).

4.განსაზღრეთ ფირფიტის მოჩვენებითი სისქე $h = d_1 - d_2$ (მმ).

5. (2) ფორმულით გამოითვალეთ მინის გარდატეხის მაჩვენებელი n. გაზომვები გაიმეორეთ და გამოთვალეთ გარდატეხის მაჩვენებელის საშუალო მნიშვნელობა $n_{\text{საშ.}}$

6.განსაზღვრეთ ცდომილებები.

დაკვირვებათა ცხრილი

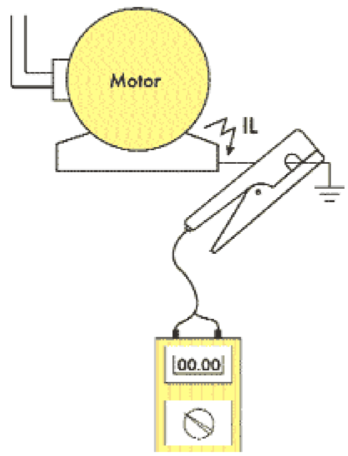
#	h (მმ)	d_1(მმ)	d_2(მმ)	H (მმ)	n	$n_{საშ}$	Δn	Δn/ n
1								
2								
3								

ლაბორატორიული სამუშაო #2-1

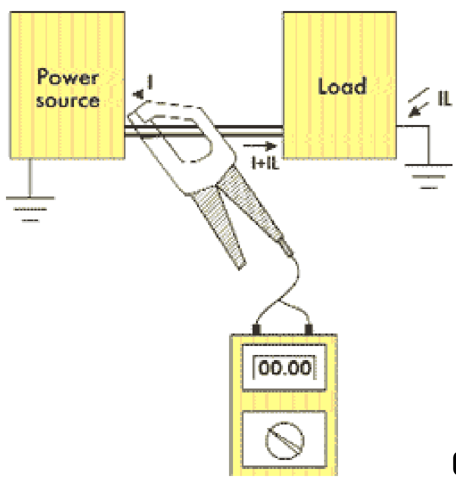
გამზომი ხელსაწყოები

მარწუხა მულტიმეტრი

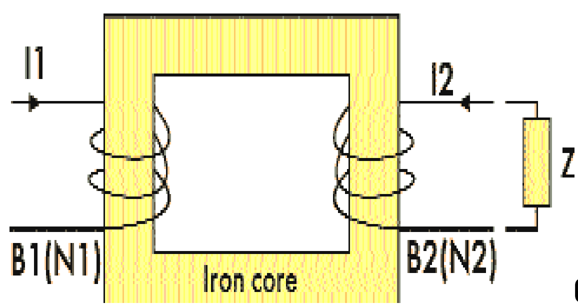
ნახ.1



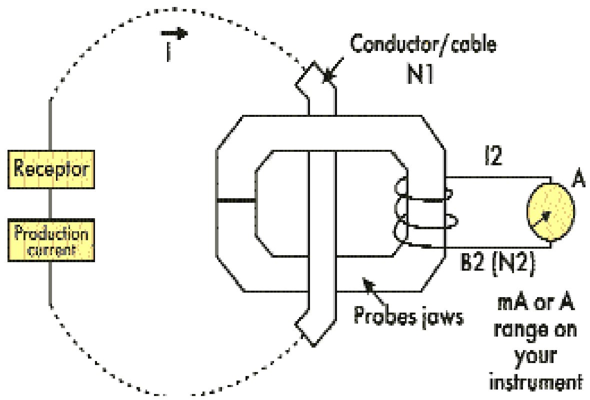
ნახ.2



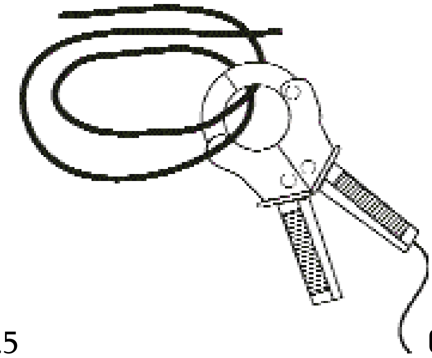
ნახ.3



ნახ.4



ნახ.5


ნახ.6

მარწუხისებური დენის სენსორები (ნახ.1) შემუშავებული იქნა იმისათვის, რომ გაფართოებულიყო ციფრული მულტიმეტრების მუშაობის შესაძლებლობა. მათი გამოყენებისას დენის გამტარი არ წყდება და რჩება ელექტრულად იზოლირებული. არ არის საჭირო შეწყდეს დენის მიწოდება, რაც აღმოფხვრის მოცდენებს, რომლებიც ხშირად ძალიან ძვირადღირებულია (რაც ეკონომიურად მეტად მომგებიანია).

დენის სენსორები (ნახ.1-3), რომლებიც გამოიყენება ცვლადი დენის პარამეტრების გასაზომად, შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც უბრალო დენის ტრანსფორმატორის ერთ - ერთი სახე (ნახ.4,5). დენის ტრანსფორმატორის დანიშნულებაა გარდაქმნას დენი გაზომვისათვის მოსახერხებელ სიდიდეებად. ტრანსფორმატორის პირველადი ხვია ირთვება წრედში მიმდევრობით, ხოლო მეორადში ირთვება გამზომი ხელსაწყო. დენის ტრანსფორმატორს აქვს ორი კოჭა საერთო რკინის გულარზე.

$$\mathbf{N_1 \times I_1 = N_2 \times I_2; \quad I_2 = N_1 \times I_1 / N_2: \quad I_1 = N_2 \times I_2 / N_1.}$$

I_1 დენი გაივლის რა B_1 კოჭაში B_2 კოჭაში წარმოქმნის I_2 დენს ; თუკი N_1 და N_2 ავღნიშნავთ ხვიათა რიცხვებს B_1 და B_2 კოჭაში მაშინ: $\mathbf{N_1 / N_2 = I_2 / I_1}$.

ზუსტად იგივე პრინციპი გამოიყენება დენის სენსორებში. სადაც კოჭა B_2 განთავსებულია მარწუხებში. B_1 ეს არის გამტარი რომელშიც გამავალ დენს ზომავს მომხმარებელი. ე.ი. იგი შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც კოჭა ერთი ხვიით $N_1=1$ მაშინ გამომავალი დენი რომელიც მიეწოდება სენსორიდან მულტიმეტრს იქნება I_1/N_2 რადგან ხშირ შემთხვევებში გასაზომი დენის ძალების სიდიდე ძალიან დიდია N_2 რაოდენობის ზრდით შესაძლებელია გაზომვისათვის დასაშვები დენის ძალების მიღება.

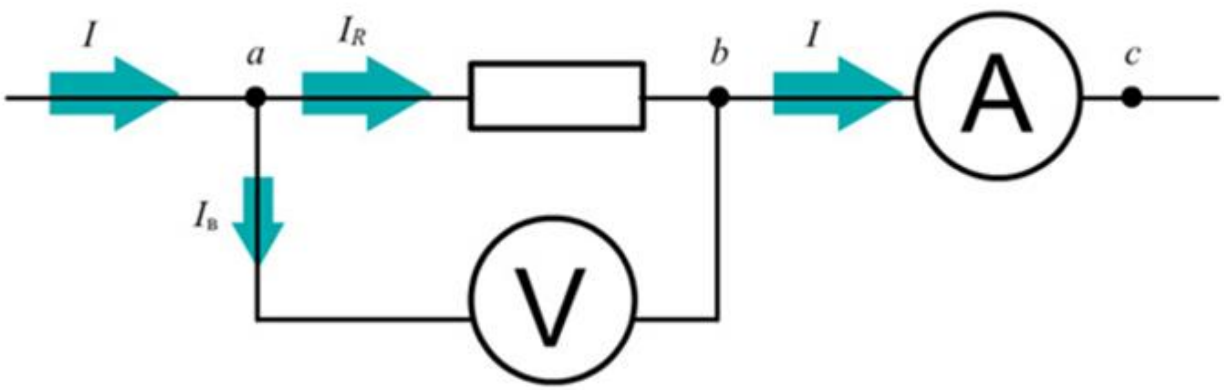
თუკი პირიქით გასაზომი დენის ძალა ძალიან მცირეა შეიძლება გამტარი რამდენიმე ხვიად დავახვიოთ(ნახ.6). ამ შემთხვევაში ხელსაწყოს მიერ გაზომილი ძალა იყოფა გასაზომი გამტარის ხვიათა რიცხვზე.
გაეცანით რა მარწუხა მულტიმეტრის მუშაობის პრინციპს ვნახოთ მისი გამოყენების შესაძლებლობები ერთ-ერთ კონკრეტულ მაგალითზე.
ხართ ერთ-ერთ საწარმოში,მაგალითად ღვინის ქარხანა, ღვინის ჩამომსხმელი ტექნოლოგიური უბნის ინჟინერი. დაზიანდა ელექტროენერგიის ხარჯვის მრიცხველი. როგორ განსაზღვრავთ, შეაფასებთ და დაუსაბუთებთ ელექტროენერგიის მომწოდებელ კომპანიას თუ რა რაოდენობის ელექტროენერგიას მოიხმარს თქვენი ტექნოლოგიური უბანი , თუკი დანადგარები ტექნოლოგიური პროცესის განმავლობაში არ მუშაობენ საპასპორტო მონაცემებით განსაზღვრული მაქსიმალური დატვირთვით (სიმძლავრით). მაგალითად ღვინის ჩამომსხმელი ხაზებიდან დატვირთულია მხოლოდ ნაწილი. აღნიშნული სიტუაციის იმიტაციისათვის გამოიყენეთ რეგულირებადი სანათი.

ლაბორატორიული სამუშაო #2-2

გამტარის კუთრი წინაღობის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: მულტიმეტრი, სხვადასხვა სიგრძისა და განივკვეთის გამტარი, სახაზავი.

ყველა გამტარისათვის დენის ძალა გარკვეული სახით არის დამოკიდებული მოდებულ პოტენციალთა სხვაობაზე (ძაბვაზე), რადგან წრედში დენის ძალის სიდიდე დამოკიდებულია გამტარის შიგნით ელექტრული ველის დაძაბულობაზე, ხოლო დაძაბულობა თავის მხრივ დაკავშირებულია ძაბვასთვან. ეს დამოკიდებულება ომმა პირველად ლითონებისთვის შეისწავლა და მას ომის კანონი ეწოდება.



ნახ.1

ნახ.1-ზე გამოსახულ წრედის უბანზე დენი მიმართულია 1 წერტილიდან 2 წერტილისკენ. ომის კანინის თანახმად, წრედის უბნისათვის დენის ძალა პირდაპირპროპორციულია U მოდებული ძაბვისა და უკუპროპორციულია გამტარის R წინაღობისა: $I = \frac{U}{R}$ (1).

სადაც **U** ძაბვაა, **R** წინაღობა, **I** დენის ძალა.

R წინაღობა გამტარის ელექტრული მახასიათებელია. მისი თვისებაა ხელი შეუშალოს მასში დენის გავლას. ნივთიერებები ერთმანეთისგან განსხვავდებიან აგებულობით, ამიტომ სხვადასხვა ნივთიერების გამტარს სხვადასხვა ელექტრული წინაღობა აქვს.

გამტარის წინაღობა დამოკიდებულია გამტარის გვარობაზე, მის გეომეტრიულ ზომებზე და ტემპერატურაზე. l სიგრძის და S განიკვეთის ფართობის გამტარის წინაღობა მუდმივი ტემპერატურის პირობებში ტოლია: $\mathbf{R} = \boldsymbol{\rho L/s}$ (2). $\boldsymbol{\rho}$ - სიდიდეს, რომელიც დამოკიდებულია ნივთიერების გვარობაზე და მის მდგომარეობაზე (ტემპერატურაზე), გამტარის კუთრი წინაღობა ეწოდება. მისი ერთეულია ომი.მ.

(2) ფორმულიდან გამომდინარეობს, რომ $\boldsymbol{\rho = \frac{RS}{L}}$ (3). გამტარის კუთრი წინაღობა რიცხობრივად ტოლია 1 მ სიგრძისა და 1 მ^2 განიკვეთის ფართობის მქონე გამტარის წინაღობისა.

ლითონებს მცირე კუთრი წინაღობა აქვს, დიელექტრიკებს კი ძალიან დიდი. მათ შორის შუალედურ მდგომარეობაშია ელექტროლიტები და ნახევარგამტარები.

მუშაობის მსვლელობა

1. სახაზავის საშუალებით გავზომოთ გამტარის სიგრძე L-მ.
2. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ გამტარის წინაღობა R-ომი.
3. შტანგელფარგალის საშუალებით გავზომოთ გამტარის დიამეტრი და გამოვითვალოთ გამტარის განიკვეთის ფართობი ფორმულით: $\boldsymbol{S = \frac{\pi d^2}{4}}$.
4. შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში და (3) ფორმულით გამოვთვალოთ გამტარის კუთრი წინაღობა.
5. ცდა გავიმეოროთ სხვადასხვა სიგრძისა და განივკვეთის გამტარისათვის და გამოვითვალოთ $\rho_{\text{საშ}}$; $\Delta\rho$; $\frac{\Delta\rho}{\rho_{\text{საშ}}}$ 100%.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	გამტარის სიგრძე L, მ	გამტარის დიამეტრი D, მ	განიკვეთის ფართობი S, მ^2	გამტარის წინაღობა R-ომი.	გამტარის კუთრი წინაღობა ρ	$\rho_{საშ}$	$\Delta\rho$	$\frac{\Delta\rho_{საშ}}{\rho_{საშ}}$ 100%.
1								
2								
3								

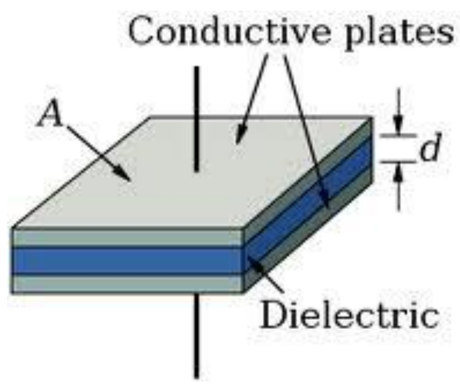
ლაბორატორიული სამუშაო # 2-3

სრული ტევადობის განსაზღვრა კონდენსატორების მიმდევრობითი და პარალელური შეერთების დროს.

საჭირო ხელსაწყოები: მულტიმეტრი, სამი კონდენსატორი, სამონტაჟო დაფა, დამაკავშირებელი სადენები.

ზოგადად კონდენსატორი(ფოტო 1) ესაა ორპოლუსიანი მოწყობილობა, გარკვეული სიდიდის მქონე ტევადობითა და მცირე ომური გამტარებლობით; მოწყობილობა მუხტისა და ელექტრული ველის ენერგიის დასაგროვებლად. კონდენსატორი წარმოადგენს პასიურ ელქტრონულ კომპონენტებს. ყველაზე მარტივი კონსტრუქციის შემთხვევაში იგი შედგება დიელექტრიკული ფენით დაცილებული ფირფიტის მქონე ორი ელექტროდისაგან. დიელექტრიკული ფირის სისქე (d) გაცილებით ნაკლებია ფირფიტების ზომებზე (A) (ნახ.1). ფოტოზე ნაჩვენები კონდენსატორები, რომლებიც გამოიყენება პრაქტიკაში, მრავალფეროვანია. მათში ერთმანეთს ენაცვლება დიელექტრიკის და ელექტროდის ფენები, რომლებიც დახვეული არიან ცილინდრულად ან პარალელეპიპედად.

ფოტო 1

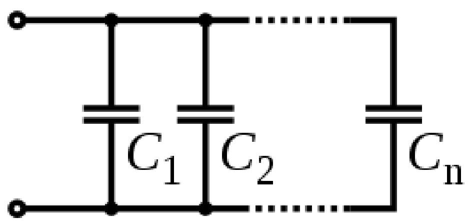


ნახ.1

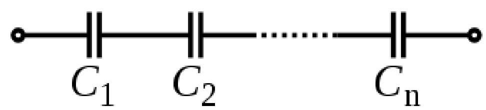
როდესაც კონდენსატორი დამუხტულია მის ფირფიტებს თანაბარი სიდიდის და საწინააღმდეგო ნიშნის +q და -q მუხტები აქვთ.

კონდენსატორის ტევადობა C -თი აღინიშნება და $\boldsymbol{C = \frac{q}{V}}$. სადაც V - კონდენსატორის ფირფიტებს შორის პოტენციალთა სხვაობაა. ტევადობის ერთეული SI სისტემაში არის ფარადა.

1 ფარადა = 1ფ = 1 კულონი/ ვოლტი = 1კ/ვ.
არსებობს კონდენსატორთა მიმდევრობითი და პარალელური შეერთება. კონდენსატორთა პარალელური შეერთების სქემა მოცემულია ნახ.2 -ზე



ნახ.2



ნახ.3

პარალელურად შეერთებული კონდენსატორები შეგვიძლია შევცვალოთ ეკვივალენტური კონდენსატორით, რომლის მთლიანი q მუხტი კონდენსატორების მუხტების ჯამია ხოლო V პოტენციალთა სხვაობა - რეალური კონდენსატორების ბოლოებზე პოტენციალთა სხვაობის ტოლია. ამიტომ პარალელური კომბინაციის მთლიანი მუხტია $q= q_1+q_2+...+q_n = (C_1+C_2+\ldots+C_n)V$, ხოლო საერთო ტევადობა $C = C_1 + C_2 +\ldots+ C_n$.
შედეგი შეგვიძლია განვავრცოთ ნებისმიერი რაოდენობის კონდენსატორებზე : $C = \sum_j^n C_j$
ამრიგად პარალელური შეერთების დროს კონდენსატორების ელექტროტევადობები იკრიბება.
კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთების სქემა მოცემულია ნახ.3 -ზე
კონდენსატორების მიმდევრობითი შეერთების დროს საერთო ტევადობის შებრუნებული სიდიდე უდრის თითოეული კონდენსატორის ელექტროტევადობის შებრუნებულ სიდიდეთა ჯამს. თუ გვაქვს N რაოდენობის კონდენსატორები მაშინ: $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 +\ldots+1/ C_n$.

მუშაობის მსვლელობა

1. გავზომოთ მულტიმეტრის საშუალებით თითოეული კონდენსატორის ტევადობა
2. გამოვთვალოთ პარალელური ჩართვის შემთხვევაში საერთო ტევადობა ფორმულით: $C = C_1 + C_2 + C_3$.
3. ავაწყოთ პარალელურად შეერთებული კონდენსატორების წრედი ნახ.2 -ზე მოცემული სქემის მიხედვით.
4. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ წრედის საერთო ტევადობა.

5. გამოვთვალოთ მიმდევრობით ჩართვის შემთხვევაში საერთო ტევადობა ფორმულით: $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$.
6. ავაწყოთ მიმდევრობით შეერთებული კონდენსატორების წრედი ნახ.3 - ზე მოცემული სქემის მიხედვით.
7. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ წრედის საერთო ტევადობა.
8. შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.
9. შევადაროთ თეორიულად გათვლილი და ექსპერიმენტზე გაზომილი მონაცემები.
10. გავაკეთოთ დასკვნები.

დაკვირვებათა ცხრილი 1

#	პირველი კონდესატორის ტევადობა C_1	მეორე კონდენსატორის ტევადობა C_2	მესამე კონდენსატორის ტევადობა C_3

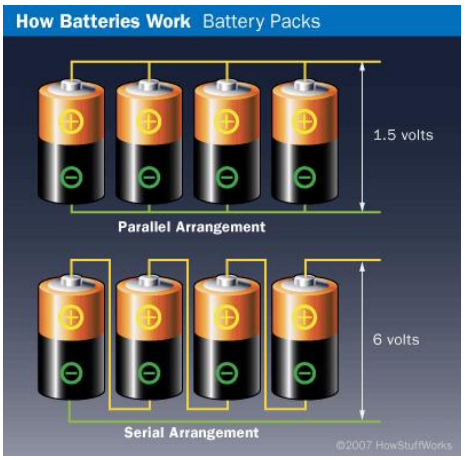
დაკვირვებათა ცხრილი 2

	მიმდევრობითი შეერთება	წრედის საერთო ტევადობა, C	
		ფორმულით	ექსპერიმენტით
1.	C_1 ; C_2	C=	C=
2	C_1 ; C_3	C=	C=
3	C_2 ; C_3	C=	C=
4	C_1 ; C_2;C_3	C=	C=
	პარალელური შეერთება	წრედის საერთო ტევადობა, C	
		ფორმულით	ექსპერიმენტით
1	C_1 ; C_2	C=	C=
2	C_1 ; C_3	C=	C=
3	C_2 ; C_3	C=	C=
4	C_1 ; C_2;C_3	C=	C=

ლაბორატორიული სამუშაო #2-4

დენის წყაროს ელექტრო მამოძრავებელი ძალის განსაზღვრა ელემენტების მიმდევრობითი და პარალელური ჩართვის დროს.

საჭირო ხელსაწყოები: მულტიმეტრი, ელექტროენერგიის წყაროები (ელემენტები), ელემენტის ბუდეები, დამაკავშირებელი სადენები.



ფოტო 1


ფოტო 2

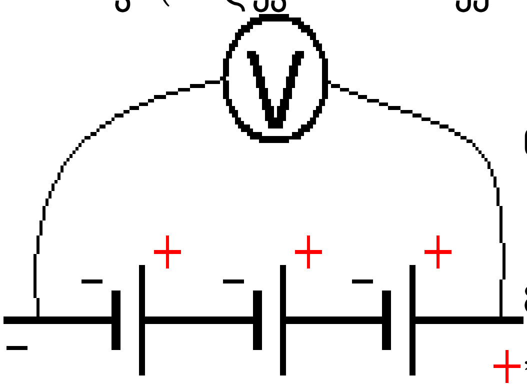
იმისათვის, რომ გამტარში დენი უწყვეტად გადიოდეს საჭიროა გამტარის ბოლოებს შორის პოტენციალთა სხვაობის არსებობა. მაგრამ ვინაიდან მუხტებს შორის ყოველთვის არსებობს კულონური ურთიერთქმედების ძალები ისინი იწვევენ გამტარის შიგნით მუხტების ისეთ გადანაწილებას, რომ გამტარის შიგნით ელექტრული ველი არ არსებობს ამიტომ კულონური ძალების ველი ვერ იქნება მუხტების მიმართული მოძრაობისა და მაშასადამე დენის შექმნის მიზეზი. აქედან გამომდინარეობს მარტივი დასკვნა: წრედში მუდმივი დენის არსებობისათვის საჭიროა თავისუფალ მუხტებზე გარდა კულონური ძალებისა მოქმედებდნენ რაიმე სხვა არაელექტრული ბუნების ძალები, რომლებსაც გარე ძალები ეწოდებათ. გარე ძალებმა ელექტრული ძალების მოქმედების საწინააღმდეგოდ უნდა გადაადგილონ მუხტები და ამ დროს მოქმედი ელექტრული ველის ძალების საწინააღმდეგოდ შეასრულონ მუშაობა რაიმე ენერგიის მაგალითად ქიმიური ენერგიის ხარჯზე, როგორც ეს ხდება მანქანის აკუმულატორებში.

გარე ძალების მოქედება ხასიათდება ფიზიკური სიდიდით, რომელსაც ელექტრო მამოძრავებელი ძალა (ე.მ. ძ.) ეწოდება. შეკრულ კონტურში

დენისწყაროს ელექტრო მამოძრავებელი ძალა წარმოადგენს გარე ძალების მიერ კონტურის გასწვრივ მუხტის გადაადგილებისათვის შესრულებული მუშაობის შეფარდებას ამ მუხტის სიდიდესთან $\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{A_{\text{გ}}}{\Delta q}$ (1).

ე.მ. ძ. -ის ერთეულია ვოლტი. იგი სკალარული სიდიდეა და შეიძლება იყოს დადებითი ან უაყოფითი.

ბატარეია - ეს არის ჯგუფად შეერთებული ელექტრული დენის წყაროები. ელექტრონიკაში ელექტროენერგიის წყაროებს, როგორიცაა: გალვანური ელემენტები (ფოტო 1), აკულმატორები (ფოტო 2), თერმოელემენტები ან ფოტოელემენტები აერთებენ ბატარეის სახით, რათა მიიღონ უფრო მაღალი ძაბვა (მიმდევრობითი შეერთება ნახ.1),



ნახ.1

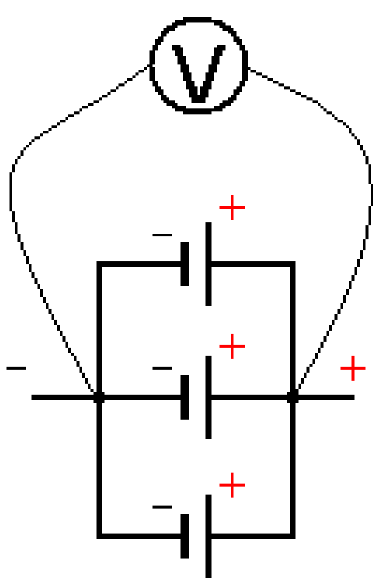
$C = const$

$V_{\Sigma} = \sum_i V_i$

მიმდევრობითი შეერთებისას ელექტრული სქემის „-“ უერთდება პირველი ელემენტის „-“ პოლუსს. მისი „+‘’ პოლუსი უერთდება მეორე ელემენტის „-“ პოლუსს და ა.შ. (ნახ.1).

ამრიგად ჩართული ელექტრო ენერგიის წყაროების ტევადობა C=const ანუ იგივეა აქვს რაც ერთ ელემენტის, ხოლო ძაბვა შეადგენს ბატარეაში შემავალი ყველა დენის წყაროების ძაბვათა ჯამს $\boldsymbol{V} = \sum_i \boldsymbol{V_i}$.

უფრო მაღალი დენის ძალის ანდა ტევადობის მისაღებად, ვიდრე შეუძლია მოგვცეს ცალკე ერთმა ელემენტმა, იყენებენ ელემენტები სპარალელურ შეერთებას (ნახ.2).



ნახ. 2

$V = const$

$C_{\Sigma} = \sum_i C_i$

ელექტრო ენერგიის წყაროების პარალელური შეერთებისას, ყველა დადებითი პოლუსი უერთდება ელექტრონული სქემის ერთ წერტილს „+“ და

უარყოფითი პოლუსი მეორე წერტილს „-'' (ნახ.2). პარალელურად შეერთებულელექტრულ ბატარეას აქვს იგივე ძაბვა V=const რაც ცალკე ერთ ელემენტს, ხოლო ტევადობა $\boldsymbol{C_\varepsilon} = \sum_i \boldsymbol{C_i}$ ანუ ტოლია ბატარეიაში შემავალი ყველა ელემენტის ტევადობების ჯამისა.
ბატარეის მიერ დაგროვილი ელექტრული ენერგია უდრის თითოეული ელემენტების ენერგიების ჯამს : $\boldsymbol{E_\varepsilon} = \sum_i \boldsymbol{E_i}$ მოუხედავად იმისა თუ როგორი თანმიმდევრობით არიან ისინი ჩართული.

მუშაობის მსვლელობა

1. გავზომოთ მულტიმეტრის საშუალებით თითოეული ელემენტის ბოლოებზე ძაბვა.
2. გამოვთვალოთ მიმდევრობითი ჩართვის შემთხვევაში ბატარეიების საერთო ძაბვა ფორმულით: $\mathbf{V_\varepsilon} = \sum_\mathbf{i} \mathrm{V_i}$
3. ავაწყოთ მიმდევრობით შეერთებული ელემენტების წრედინახ.1-ზე მოცემული სქემის მიხედვით.
4. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ წრედის საერთო ძაბვა.
5. გამოვთვალოთ ელემენტების პარალელური ჩართვის შემთხვევაში საერთო ძაბვაფორმულით:$\mathbf{V_\varepsilon} = \mathbf{V}$
6. ავაწყოთ პარალელურად შეერთებული ელემენტების წრედინახ.2 -ზე მოცემული სქემის მიხედვით.
7. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ წრედის საერთო ძაბვა.
8. შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.
9. შევადაროთ თეორიულად გათვლილი და ექსპერიმენტზე გაზომილი მონაცემები.
10. გავაკეთოთ დასკვნები.

დაკვირვებათა ცხრილი1

#	პირველი ელემენტის ძაბვა V_1	მეორე ელემენტის ძაბვა V_2	მესამე ელემენტის ძაბვა V_3

დაკვირვებათა ცხრილი 2

	მიმდევრობითი შეერთება	წრედის საერთო ძაბვაV	
		ფორმულით	ექსპერიმენტით
1.	V_1 ; V_2	V=	V=
2	V_1 ; V_3	V=	V=
3	V_2 ; V_3	V=	V=
4	V_1 ; V_2;V_3	V=	V=
	პარალელური შეერთება	წრედის საერთოძაბვაV	
		ფორმულით	ექსპერიმენტით
1	V_1 ; V_2	V=	V=
2	V_1 ; V_3	V=	V=
3	V_2 ; V_3	V=	V=
4	V_1 ; V_2;V_3	V=	V=

საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაო #2-5

(ქვიზი 1)

სრული წინაღობის განსაზღვრა რეზისტორების შერეული შეერთებების დროს.

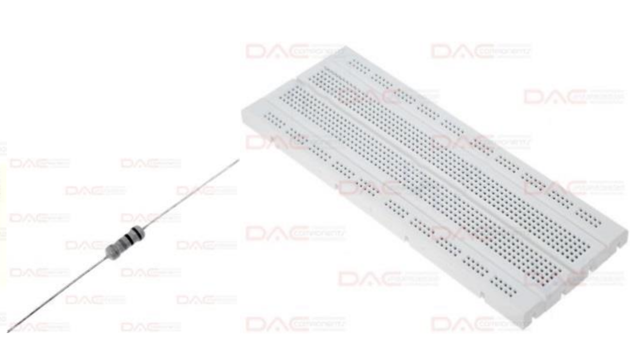
გამოიყენეთ ამოცანა #1- 11 -ის თეორიული მასალა და მასზე დაყრდნობით შეასრულეთ ქვემოთ მოცემული დავალება .

გეძლევათ ოთხი ერთნაირი წინაღობის მქონე რეზისტორი . დახაზეთ მათი ჩართვის ყველა შესაძლო ვარიანტი.განსაზღვრეთ თუ რა მოწყობილებები დაგჭირდებათ ცდის ჩასატარებლად.

თეორიულად დათვალეთ და ექსპერიმენტულად გაზომეთ თქვენს მიერ შედგენილი წრედის უბნის სრული წინაღობა.

წერილობით აღწერეთ თქვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტი:

1. ამოცანის მიზანი;
2. საჭირო ხელსაწყოები;
3. ექსპერიმენტის მსვლელობა;
4. მიღებული შედეგები;
5. დასკვნა.

ლაბორატორიული სამუშაო # 2-6

მყარი სხეულისა და სითხის სიმკვრივის განსაზღვრა ჰიდროსტატიკური აწონვით

საჭირო ხელსაწყოები: ელექტრო სასწორი, ჭურჭელი საკვლევი სითხით, ჭურჭელი გამოხდილი წყლით, საკვლევი სხეული, სადგამი.

მასის განაწილება სხეულის მოცულობის მიხედვით შეიძლება დავახასიათოთ სიმკვრივით. სიმკვრივე არის ერთეულ მოცულობაში მოთავსებული ნივთიერების მასა. ერთგვაროვანი სხეულისათვის სიმკვრივე გამოითვლება ფორმულით: $\boldsymbol{\rho} = \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{V}}$

სადაც m ნივთიერების მასაა, V მოცულობა. სიმკვრივის ერთეული SI სისტემაში არის კგ/მ^3. სიმკვრივე სკალარული სიდიდეა.

ამოცანის მიზანია გამოვთვალოთ საკვლევი სხეულისა და სითხის სიმკვრივე არქიმედეს კანონის საფუძველზე, რომელიც ასე ჩამოყალიბდება: სითხეში ჩაძირული ყოველი სხეული წონაში კარგავს იმდენს რამდენსაც იწონის მის მიერ გამოდევნილი სითხე. სითხეში ამომგდები ძალა :

$$\mathbf{F_ა = \rho_წ g V} \quad (2)$$

სადაც : $\rho_წ$ – გამოხდილი წყლის სიმკვრივეა. g - სიმძიმის ძალის აჩქარებაა. V - სხეულის მიერ გამოდევნილი სითხის ანუ სხეულის მოცულობაა. მყარი სხეულის წონა ჰაერში გამოისახება ფორმულით :

$$\mathbf{P = mg = \rho g V} \ (3)$$

ρ მყარი სხეულის სიმკვრივეა. (2) და (3) ფორმულებიდან მივიღებთ:

$$\boldsymbol{\rho} = \boldsymbol{\rho}_წ \frac{\mathbf{p}}{\mathbf{F_ა}} \quad (4)$$

მე-4 ფორმულის საშუალებით განისაზღვრება მყარი სხეულის სიმკვრივე.

სითხის სიმკვრივის განსაზღვრისათვის ავწონოთ სხეული ჯერ გამოხდილ წყალში, მერე საკვლევ სითხეში. საკვლევ სითხეში ამომგდები ძალა:

$$\mathbf{F_{ს..ა.} = \rho_x g V} \quad (5)$$

სადაც ρ_x საკვლები სითხის სიმკვრივეა. (2) და (5) ფორმულების შეფარდება გვაძლევს: $\boldsymbol{\rho_x = \rho_წ} \mathbf{F_{ს..ა.} / F_ა}$ (6). $\rho_წ$ - მოცემულია ცხრილში.

მუშაობის მსვლელობა

1.ელექტრო სასწორით ავწონოთ საკვლევი მყარი სხეული (P). დავდგათ საკვლევი სხეულის ქვეშ ჭურჭელი გამოხდილი წყლით.

2. ჩავუშვათ საკვლევი სხეული გამოხდილ წყალში და გავიგოთ მისი წონა(P1).

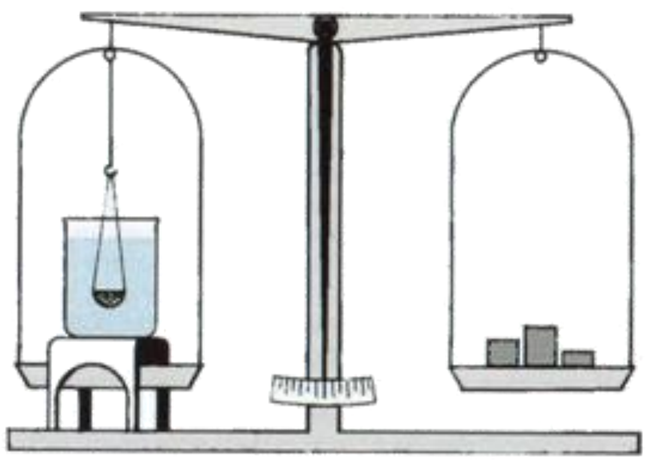
3.გამოვთვალოთ ამომგდები ძალა **$F_ა = P - P_1$**.

4.მიღებული შედეგები ჩავსვათ მე-4-ე ფორმულაში და გამოვთვალოთ მყარი სხეულის სიმკვრივე.

5.წყლიანი ჭურჭლის ნაცვლად სხეულის ქვეშ მოვათავსოთ ჭურჭელი საკვლევი სითხით მასში სხეულის წონა (P2).

6. გამოვთვალოთ ამომგდები ძალა საკვლევ სითხეში **$F_{ს.ა.} = P - P_2$**.

7. ცდის შედეგად მიღებული მნიშვნელობები ჩავსვათ მე-6 ფორმულაში და გამოვითვალოთ საკვლევი სითხის სიმკვრივე.



ფოტო 1

დაკვირვებათა ცხრილი

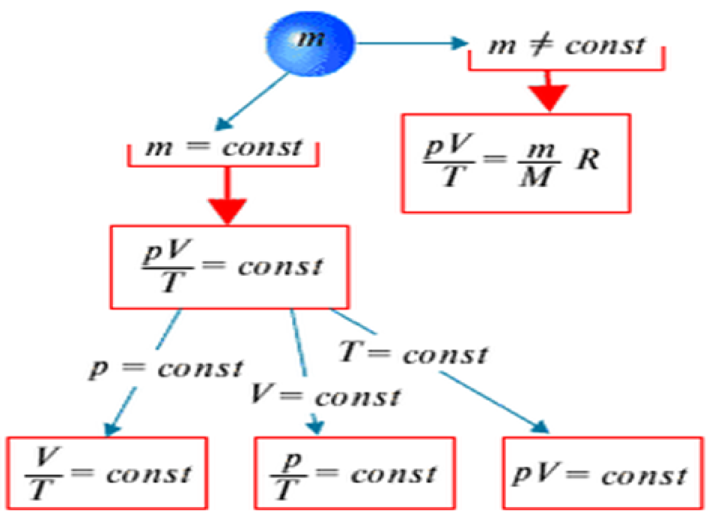
სხეულის წონა ჰაერში p, ნ	სხეულის წონა გამოხდილ წყალში P_1, ნ	ამომგდები ძალა გამოხდილ წყალში $F_ა$, ნ	სხეულის წონა საკვლევ სითხეში p_2, ნ	ამომგდები ძალა საკვლევ სითხეში $F_{ს.ა.}$, ნ	საკვლევი სითხის სიმკვრივე ρ_x, კგ/მ^3	საკვლევი სხეულის სიმკვრივე ρ, კგ/მ3

ლაბორატორიული სამუშაო # 2-7

გეი-ლუსაკის კანონის შემოწმება

საჭირო ხელსაწოები: 25-30 სმ მინის მილი, 30-35 სმ- სიმაღლის 2 ქიმიური ჭიქა ცხელი და ცივი წყლისათვის,სახაზავი, თერმოწყვილი, მულტიმეტრი.

გაზი ხასიათდება სამი მაკროპარამეტრით; მოცულობა, წნევა და ტემპერატურა. თუ აქედან ერთერთი მუდმივია, მაშინ ასეთ პროცესს იზოპროცესი ეწოდება.



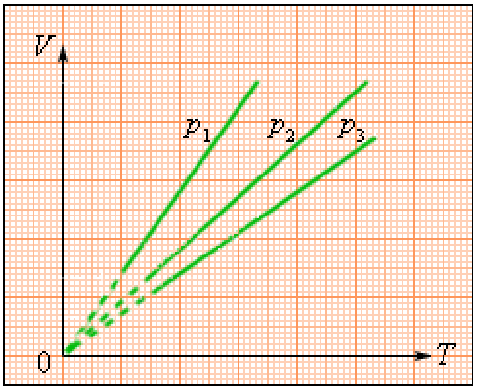
ნახ.1

თერმოდინამიკური სისტემის მდგომარეობის ცვილების პროცესს მუდმივი წნევის დროს იზობარული ეწოდება.

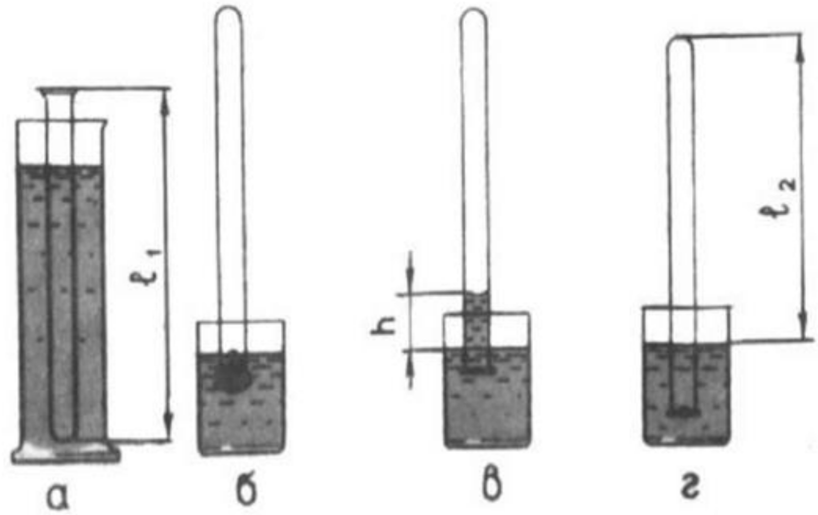
იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ მოცემული მასის აირის მოცულობათა შეფარდება მუდმივი წნევის დროს მისი აბსოლუტურ ტემპერატურათა შეფარდების ტოლია. მართლაც, პირველი მდგომარეობისათვის $PV_1 = \frac{m}{M}RT_1$, მეორე მდგომარეობისათვის $PV_2 = \frac{m}{M}RT_2$ (წნევა მუდმივია). პირველი განტოლების მეორეზე გაყოფა გვაძლევს: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

მუდმივი წნევის დროს, როცა $P = const$. მაშინ $\frac{V}{T} = const$. ესაა გეი-ლუსაკის კანონი რომელიც ასე ჩამოყალიბდება:

მუდმივი წნევის დროს მოცემული მასის აირის მოცულობა აბსოლუტური ტემპერატურის პირდაპირპროპორციულია.



ნ ახ.2



ნ ახ.3

გრაფიკზე(ნახ.2), რომელსაც იზობარას უწოდებენ, (მათემატიკურად იგი წრფეს წარმოადგენს), გამოსახულია იზობარების ოჯახი, რომელთათვის $P_1 < P_2 < P_3$. აბსოლუტური ნულის T=0-ის მახლობლობაში კანონი არ სრულდება (ამიტომაა პუნქტირი). თუ კელვინის ტემპერატურული შკალის ნაცვლად ვისარგებლებთ ცელსიუსის შკალით, მაშინ გეი – ლუსაკის კანონი ასე ჩაიწერება: $\boldsymbol{V = V_0(1 + \gamma t)}$.

სადაც V_0 არის გაზი სწნევა $0^0 C$ -ზე, γ- არის გაზის მოცულობითი გაფართოების ტემპერატურული კოეფიციენტი, იგი ყველა გაზისთვის დაახლოებით ერთნაირია და ტოლია $\boldsymbol{\gamma = \frac{1}{273} K^{-1}}$.

ამოცანის მიზანია ექსპერიმენტული გზით შევამოწმოთ გეი-ლუსაკის კანონი, რომლის თანახმადაც მოცემული მასის გაზისათვის მუდმივი წნევის პირობებში მოცულობისა და ტემპერატურის შეფარდება მუდმივია. აქედან გამომდინარე მუდმივი წნევის პირობებში გაზის მოცულობა წრფივადაა დამოკიდებული ტემპერატურაზე.

მუშაობის მსვლელობა

1. თერმოწყვილის საშუალებით გავზომოთ ცხელი (T_1) და ცივი (T_2) წყლის ტემპერატურა.
2. გავზომოთ სახაზავით მინის მილის სიგრძე l_1.

3. მოვათავსოთ მინის მილი ცხელი წყლის ჭურჭელში დარჩილული მხარით ქვემოთ და დაველოდოთ დაახლოებით 5 წუთი სანამ ჰაერი არ გათბება მინის მილში.
4. პლასტილინით დავუცოთ მინის ზედა მხარე.
5. პლასტილინიანი მხარით სინჯარა ჩავუშვათ ცივ წყლიან ჭურჭელში და წკირის საშუალებით წყალში ფრთხილად მოვხსნათ პლასტირინი.
6. ჰაერის გაცივებასთან ერთად წყალი ამოვა მინის მილში.
7. იმისათვის, რომ მილში დარჩენილი ჰაერის წნევა კვლავ გახდეს ატმოსფერულის ტოლი, უფრო ღრმად ჩავძიროთ მილი წყალში მანამ სანამ ჭიქასა და მილში წყლის დონეები არ გათანაბრდება
8. სახაზავით გავზომოთ მინის მილის იმ ნაწილის სიგრძე, რომელშიც დარჩა ჰაერი l_2.
9. ცდა გავიმეოროთ ცხელი წყლის სხვადასხვა ტემპერატურებზე.
10. შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.
11. დავითვალოთ და შევადაროთ შეფარდებები:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{Sl_1}{Sl_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

12. გააკეთეთ დასკვნა თუ როგორ სრულდება გეი-ლუსაკის კანონი.

დაკვირვებათა ცხრილი

ცხელი წყლის ტემპერატურა T_1,k	ცივი წყლის ტემპერატურა T_2,k	სინჯარის მთლიანი სიგრძე ℓ_1,მ.	სინჯარაში დარჩენილი ჰაერის სიმაღლე ℓ_2,მ.	$\frac{T_1}{T_2}$	ℓ_1/ℓ_2

ლაბორატორიული სამუშაო #2-8

სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის განსაზღვრა წვეთების დათვლით

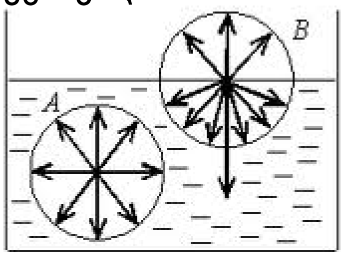
საჭირო ხელსაწყოები: მინის ჭურჭელი საკვლევი სითხით, მინის ჭურჭელი ცნობილი სითხით, სადგამზე დამაგრებული, დანაყოფებიანი მილი ონკანით.

ფიზიკური თვისებების მიხედვით სითხეებს, აირებსა და მყარ სხეულებს შორის შუალედური მდგომარეობა უკავიათ. ისე როგორც მყარი სხეულები სითხეებიც განიცდის კუმშვის დეფორმაციას, ხოლო აირების მსგავსად სითხეებსაც არა აქვს საკუთარი ფორმა და იმ ჭურჭლის ფორმას ღებულობს, რომელშიც იგი იმყოფება. იმის მიხედვით, თუ როგორია გარემო პირობები სითხის თვისებები შეიძლება დაუახლოვდეს მყარი სხეულის ან აირის თვისებებს. მაღალი ტემპერატურის პირობებში სითხე ფიზიკური თვისებებით აირს უფრო უახლოვდება, ვიდრე მყარ სხეულს, ხოლო ე.წ. კრიტიკულ ტემპერატურაზე ყოველგვარი განსხვავება აირსა და სითხეს შორის ისპობა.

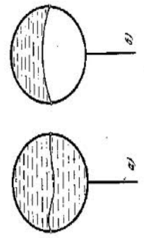
სითხეების თვისებების ასეთი სირთულე აიხსნება მათი მოლეკულების ურთიერთქმედებითა და მოძრაობის თავისებურებით. აირებში მოლეკულებს შორის მანძილი დიდია, ნორმალურ პირობებში იგი 10-ჯერ აღემატება სითხის მოლეკულებს შორის მანძილს. ამიტომ აირებში მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედება სუსტია,მოლეკულების განაწილება მოუწესრიგებელი და ქაოსურია.

სითხის მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედების ძალა სწრაფად მცირდება მანძილის მიხედვით, როდესაც მოლეკულებს შორის მანძილი 10-ჯერ აღემატება მოლეკულების რადიუსს ($r=10^{-8}$ სმ), მაშინ მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედება თითქმის არ არსებობს. ავღნიშნოთ r_0-ით უდიდესი მანძილი,რომელზედაც შესამჩნევია მიზიდვის ძალები და შემოვხაზოთ მის ირგვლივ r_0 რადიუსიანი სფერო, მაშინ მასზე იმოქმედებს მხოლოდ ის მოლეკულები, რომელთა ცენტრები ამ სფეროს შიგნით იმყოფებიან. ასეთ სფეროს უწოდებენ მოლეკულური ქმედების სფეროს, ხოლო მის რადიუსს r_0-ს მოლეკულური ქმედების რადიუსი. თითოეული მოლეკულის გარშემო შეიძლება შემოვხაზოთ მისი ქმედების სფერო. თუ მოლეკულის ქმედების სფერო მთლიანად სითხის შიგნითაა მოთავსებული (ნახ.1 A მოლეკულა) ,

მაშინ ქმედების სფეროს შიგნით მყოფი მოლეკულები ამ მოლეკულაზე იმოქმედებენ საშუალოდ ერთნაირი ძალებით ყველა მიმართულებით და ტოლქმედი ნულის ტოლია და მოლეკულა მოძრაობს სითხეში ქაოსურად. ძირითადად სითხეებში მოლეკულებს შორის მანძილი $r<r_0$ - ზე, ამიტომ მოლეკულები ერთიმეორეს განიზიდავენ. ამით აიხსნება სითხეების მცირე კუმშვადობა.



ნახ.1


ნახ.2

სითხის ზედაპირზე მოთავსებული B მოლეკულა სხვა მდგომარეობაშია. ამ მოლეკულაზე სითხის მხრიდან უფრო დიდი ძალები მოქმედებს , ვიდრე ჰაერის მოლეკულების მხრიდან, ამიტომ B მოლეკულაზე მოქმედი ტოლქმედი მიმართულია სითხისკენ. ამის გამო სითხის ზედაპირზე მყოფი მოლეკულები მიისწრაფიან სითხის სიღრმისაკენ, რომელიც იწვევს სითხის თავისუფალი ზედაპირის შემცირებისაკენ გადახრას. ეს იმის მაჩვენებელია,რომ სითხის ზედაპირული ფენა გაჭიმულ მდგომარეობაშია. იგი მოგვაგონებს დაჭიმულ დრეკად აფსკას, რომლის შიგნით მოქმედებს დაჭიმულობის ძალები, რომლებიც ცდილობენ შეამცირონ სითხის ზედაპირი და მიიღონ სფეროს ფორმა. თუ მავთულის რგოლს ამოვავლებთ წინასწარ გამზადებულ საპნიან ხსნარში , მაშინ ის მიიღებს ნახ.2 -ზე ნაჩვენებ a ფორმას. (რგოლზე გაბმულია დაუჭიმავი p ძაფი). გავხიოთ აფსკი მაგ. მარჯვენა მხარეში, მაშინ ზედაპირული ძალების გავლენით ძაფი დაიჭიმება და აფსკის ზედაპირიც შემცირდება.

სითხის თვისებას შეამციროს თავისი თვისუფალი ზედაპირი უწოდებენ ზედაპირულ დაჭიმულობას. ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა მიმართულია ზედაპირის მხების გასწვრივ და პროპორციულია სითხის ზედაპირის სიგრძისა ე.ი. $F=\alpha\ell$ (1), სადაც α პროპორციულობის კოეფიციენტს სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი ეწოდება. მისი ფიზიკური აზრის დასადგენად დავუშვათ, რომ $\ell=1$ სიგრძის ერთეულს, მაშინ $F=\alpha$ ე.ი. ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი რიცხობრივად ტოლია იმ ძალისა, რომელიც სითხის ზედაპირის ერთეულ სიგრძეზე მოქმედებს. SI სისტემაში მისი ერთეულია ნ/მ. იგი დამოკიდებულია სითხის გვარობაზე , ტემპერატურაზე და სისუფთავის ხარისხზე.

დავუშვათ , რომ სითხე იმყოფება მინის წვრილ მილში, რომლიდანაც წვეთ-წვეთად ჩამოდის სითხე. წვეთი მილის ბოლოსთან თანდათან ჩაიზიდება და მოწყდება, მაშინ როდესაც სიმძიმის ძალა $p=mg$ გაუტოლდება წვეთის შემაკავებელი ზედაპირი დაჭიმულობის ძალას F. $P = F = \alpha\ell = 2\pi R\alpha$ (2)

სადაც R ყელის წვეთის რადიუსია. (2)-დან მივიღებთ: $\alpha = \frac{P}{2\pi R}$ (3)

ამ ფორმულით შეიძლება განვსაზღვროთ სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი, მაგრამ R-ის განსაზღვრა ძნელია. $R-$ ის განსაზღვრისათვის ვისარგებლოთ ორი სითხის დაჭიმულობის კოეფიციენტების შედარების მეთოდით.

დავუშვათ, რომ საკვლევი სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტია α_1 , ხოლო ცნობილი სითხისა (წყლის) α_2 მაშინ (2) ფორმულის ანალოგიურად დაიწერება : $P_1 = 2\pi R\alpha_1$ $P_2 = 2\pi R\alpha_2$

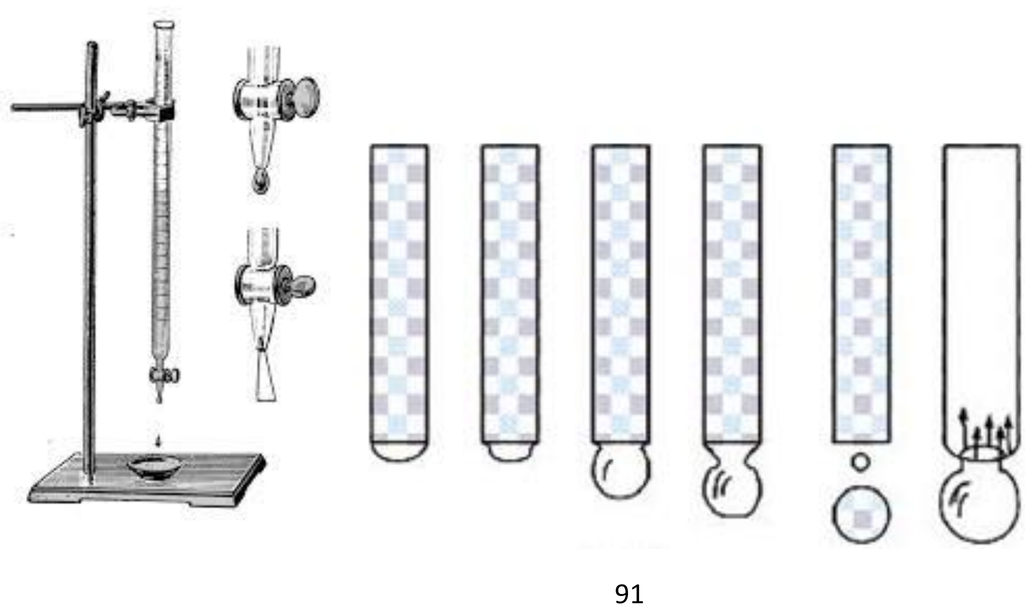
ამ ტოლობების შეფარდება და α_1 განსაზღვრა გვაძლევს $\alpha_1 = \alpha_2 \frac{P_1}{P_2}$ (4)

სადაც P_1 და P_2 საკვლევი და ცნობილი სითხის წვეთების წონებია.

თუ V მოცულობაში საკვლევი სითხის წვეთების რიცხვია n, მაშინ ერთი წვეთის წონა იქნება $P_1 = m_1 g = \frac{V}{n_1}\rho_1 g$ (5).

ანალოგიურად იგივე V მოცულობაში ცნობილი სითხის წვეთების რიცხვია n_2 , მაშინ ერთი წვეთის წონა P_2 იქნება $P_2 = m_2 g = \frac{V}{n_2}\rho_2 g$ (6),

სადაც ρ_1 და ρ_2 საკვლევი და ცნობილი სითხეების სიმკვრივეებია შესაბამისად. თუ (5) და (6) -დან შევიტანთ P_1 და P_2-ის მნიშვნელობებს (4)-ში, მივიღებთ: $\alpha_1 = \alpha_2 \frac{\rho_1 n_2}{\rho_2 n_1}$ (7).



ნახ.3

მუშაობის მსვლელობა

1. შტატივზე დამაგრებულ მილში, რომელსაც აქვს ონკანი და დანაყოფები ჩაასხით ცნობილი სითხე (წყალი) დაიმახსოვრეთ ის დანაყოფი რომელზეც სითხის ზედაპირია გაჩერებული. ჭურჭელში მოახდინეთ წვეთ-წვეთ ჩამოდინება და დაითვალეთ წვეთების რაოდენობა n_2;
2. იმავე მილში ჩაასხით საკვლევი სითხე პირველ ცდაში დანიშნულ დანაყოფამდე და ანალოგიურად დაითვალეთ ჭურჭელში ჩამოდენილი წვეთების რაოდენობა n_1 იგივე მოცულობიდან;
3. ρ_1 და ρ_2 მნიშვნელობები შევიტანოთ სიმკვრივეთა ცხრილიდან.
4. ცდის შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში და (7) ფორმულით გამოვთვალოთ სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი α, $\Delta\alpha$; $\Delta\alpha/\alpha$ x 100.

დაკვირვებათა ცხრილი

<table>
<tr><td></td><td colspan="3">ცნობილი სითხისათვის</td><td colspan="6">საკვლევი სითხისათვის</td></tr>
<tr><td>#</td><td>n_2</td><td>ρ_2 კგ/მ^3</td><td>α_2 ნ/მ</td><td>n_1</td><td>ρ_1კგ/მ^3</td><td>α_1ნ/მ</td><td>$\Delta\alpha_1$</td><td>$\Delta\alpha_1/\alpha_1$x 100%.</td><td></td></tr>
<tr><td>1</td><td></td><td rowspan="3">1000</td><td rowspan="3">0,073</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

ლაბორატორიული სამუშაო #2-9
გამტარის წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: უცნობი წინაღობის გამტარი (ნათურის ვოლფრამის ვარვარების ძაფი), მულტიმეტრი-მარწუხი, თერმოწყვილი, დამაგრძელებელი , სანათი.

წინაღობა დამოკიდებულია გამტარის მასალაზე და მის გეომეტრიულ ზომებზე. L სიგრძის და S განივკვეთის ფართობის გამტარის წინაღობა ტოლია: $R=\rho L/s$ (5). ρ სიდიდეს, რომელიც დამოკიდებულია ნივთიერების გვარობაზე და მის მდგომარეობაზე (ტემპერატურაზე), გამტარის კუთრი წინაღობა ეწოდება. მისი ერთეულია ომი·მ.

გამტარის კუთრი წინაღობა რიცხობრივად ტოლია 1 მ სიგრძის და 1 მ^2 განივკვეთის ფართობის მქონე გამტარის წინაღობისა. გამტარის წინაღობა ასევე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. თუ 0^0C-ზე გამტარის წინაღობა არის R_0, ხოლო t ტემპერატურაზე R, მაშინ გამტარის წინაღობის ფარდობითი ცვლილება პროპორციულია ტემპერატურის ცვლილების $\frac{R-R_0}{R_0}=\alpha t$ (6). ამ ფორმულიდან $\boldsymbol{R=R_0(1+\alpha t)}$ (7). α პროპორციულობის კოეფიციენტს წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი ეწოდება. წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი რიცხობრივად ტოლია წინაღობის ფარდობითი ცვლილებისა ერთი გრადუსით გათბობის დროს. ლითონებისთვის $\alpha>0$, ე.ი. მათი წინაღობა ტემპერატურის მატებისას იზრ-დება. სუფთა ლითონებისთვის $\alpha\approx\frac{1}{273}K^{-1}$. ელექტროლიტთა ხსნარებისთვის, პირიქით, წინაღობა – მცირდება $\alpha<0$. რადგან გათბობისას გამტარის წინაღობა ძირითადად იცვლება კუთრი წინაღობის შეცვლის გამო (გამტარის ზომები უმნიშვნელოდ იცვლება), კუთრი წინაღობის ტემპერატურაზე დამოკიდებულებას აქვს სახე: $\rho=\rho_0(1+\alpha t)$. (8). ანუ იგივე, რაც გვქონდა (7) ფორმულაში.

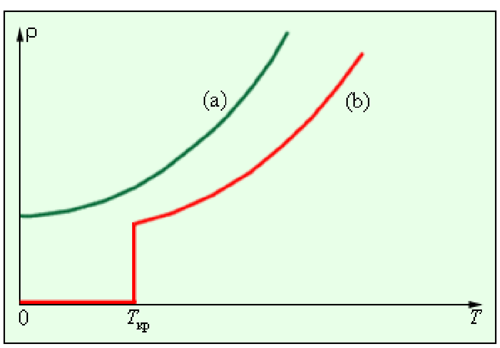
რადგან α მცირედ იცვლება ტემპერატურის ცვლილებისას, შეიძლება ითქვას, რომ კუთრი წინაღობა ტემპერატურის წრფივი ფუნქციაა. ანუ, ტემპერატურის შემცირებით თანდათან, მონოტონურად კლებულობს. თუმცა

არსებობს ისეთი ნივთიერებებიც, რომელთა გარკვეულ ტემპერატურამდე გაცივების შემდეგ წინაღობა უცბად ეცემა ნულამდე. ამ მოვლენას ზეგამტარობა უწოდეს.

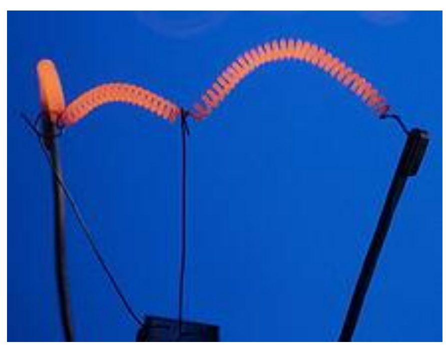
ამოცანის მიზანია განისაზღვროს მეტალების წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი. როგორც ცნობილია ვარვარების ნათურებში მუშა სხეულად გამოყენებულია ვარვარების ვოლფრამული ძაფი. მასში დენის გავლისას ჯოულ-ლენცის კანონის თანახმად გამოიყოფა სითბო. სითბოგადაცემა ხდება გამოსხივების საშუალებით, ხოლო ვარვარების ძაფის გამოსხივება მუშა რეჯიმებში ახლოსაა აბსოლუტურად შავი სხეულის გამოსხივების სპექტრთან. ამიტომ ჩვენ ექსპერიმენტში საკვლევ მეტალად არჩეული გვაქვს ვოლფრამი, რისთვისაც ვიყენებთ ვარვარების ნათურას.

თუ ნათურის ტემპერატურას ავღნიშნავთ t_1 და ნათურის ვოლფრამის ვარვარების ძაფის წინაღობას R_1, მაშინ $\mathbf{R_1 = R_0(1+\alpha t_1)}$ (9), ხოლო $\mathbf{R_0} = \frac{R_1}{1+\alpha t_1}$ (10). ნათურის ქსელში ჩართვისას ვოლფრამის მავთულის ტემპერატურა ხდება t, ხოლო წინაღობა $\mathbf{R = R_0(1+\alpha t)}$ (11). თუ R_0 -ის ნაცვლად ჩავსვავთ მის მნიშვნელობას (10) ფორმულიდან (11) ფორმულა მიიღებს სახეს

$\mathbf{R}=\frac{\boldsymbol{R_1(1+\alpha t)}}{\boldsymbol{1+\alpha t_1}}$. საიდანაც $\boldsymbol{\alpha} = \frac{\boldsymbol{R-R_1}}{\boldsymbol{R_1 t - R t_1}}$ (12).



ნახ.1


ფოტო 2

მუშაობის მსვლელობა

1. თერმოწყვილით გავზომოთ ნათურის ტემპერატურა $t_1{}^0C$;
2. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ ნათურის წინაღობა R_0;
3. მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ ქსელში არსებულ ძაბვა;
4. ნათურა ჩავახრანოთ რეგულირებად სანათურში და დამაგრძელებლის საშუალებით ჩავრთოთ ქსელში.

5. მარწუხი-მულტიმეტრის საშუალებით გავზომოთ წრედში გამავალი დენის ძალა.
6. ომის კანონის საშუალებით **R = U/I** ვიანგარიშოთ ნათურის ვოლფრამის ვარვარების ძაფის წინაღობა R (ომი).
7. მონაცემები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.
8. მე-12 ფორმულის საშუალებით ვანგარიშობთ ვოლფრამის წინაღობის ტემპერატურული კოეფიციენტი - α.
9. ცდა გავიმეოროთ მეორე, განსხვავებული სიმძლავის მქონე, ნათურისთვის.

   მუშა რეჟიმში ნათურის ვოლფრამის ვარვარების ძაფის ტემპერატურა T= 3200K (შესაძლებელიაა სხვა მოდელის ნათურის გამოყენებისას ვოლფრამის ვარვარების ძაფის ტემპერატურა იყოს განსხვავებული).

ფოტო 2

დაკვირვებათა ცხრილი

#	ნათურის ტემპერატურა $t_1 {}^0C$	ნათურის წინაღობა R_1(ომი)	ქსელში არსებული ძაბვა U , ვ	ქსელში არსებული დენის ძალა I, ა	ნათურისვოლფრამის ვარვარების ძაფის წინაღობა R, ომი	წინაღობის ტემპ. კოეფიციენტი α, K^{-1}

საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაო #2-10

(ქვიზი 2)

არასწორი ფორმის მქონე სხეულის სიმკვრივისა და კუთრი წონის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: წყლიანი ქიმიური ჭიქა დანაყოფების გარეშე, წყალში უხსნადი უცნობი ნივთიერება ნატეხების ან ფხვნილის სახით, სასწორი, მარკერი, ღრუბელი (საშრობი).





მოცემული ხელსაწყოების საშუალებით ექსპერიმენტულად გაზომეთ უცნობი ნივთიერების სიმკვრივე და განსაზღვრეთ ამ ნივთიერების კუთრი წონა,რისთვისაც:

1. შეადგინეთ ექსპერიმენტის ჩატარების გეგმა.
2. ჩაატარეთ ექსპერიმენტი.
3. გააკეთეთ დასკვნები.

რეკომენდაცია: აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტაში დაგეხმარებათ ლაბორატორიული სამუშაოები: ##1-8, 2-6.

ლაბორატორიული სამუშაო #2-11

სითბური დანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: ელექტრომადუღარა, მულტიმეტრი,მარწუხი - მულტიმეტრი, ჭურჭელი წყლისათვის თერმოწყვილი, წამმზომი, სასწორი.

სხეულის გათბობის დროს მახურებლის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა მთლიანად არ ხმარდება სხეულის გათბობას. სითბოს გარკვეული ნაწილი სასარგებლოდ არ იხარჯება. ნაწილი მიდის ჰაერის გათბობაზე. ნაწილი შთაინთქმება თვით მახურებლის მიერ და ბოლოს მახურებელი და სხეული გამოასხივებენ გარემოში სითბური ენერგიის გარკვეულ ნაწილს. მახურებელს იმ სხეულთან ერთად, რომელსაც იგი ათბობს სითბური დანადგარი ეწოდება.

ფოტო 1

სასარგებლოოდ გამოყენებული სითბოს რაოდენობის შეფარდებას მახურებლის მიერ მთლიანად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობასთან, სითბური დანადგარის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ეწოდება. თუ მქკ-ს ავღნიშნავთ η, მაშინ განმარტების თანახმად შეიძლება აღვწეროთ :

$\eta = \frac{Q_1}{Q}$ (1). სადაც Q მახურებლის მიერ მთლიანად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობაა, ხოლო Q_1- კი სასარგებლოდ გამოყენებული სითბოს რაოდენობა. რადგანაც $Q_1 < Q$ ამიტომ მ.ქ.კ. ყოველთვის ნაკლებია 1-ზე. ე.ი. $\eta < 1$, და მას პროცენტებით გამოსახავენ. $\eta = \frac{Q_1}{Q}\mathbf{100\%}$ (2)

თუ გამახურებლად გამოვიყენებთ გამტარს, რომელშიც დენი გადის მაშინ ჯოულ-ლენცის კანონის თანახმად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა პროპორციულია დენის ძალისა(I), ძაბვისა(U) და დენის დინების დროისა(τ) $\mathbf{Q=IU\tau}$ (3).

იმ შემთხვევაში, როდესაც ვათბობთ წყლიან ჭურჭელს, მაშინ სასარგებლოდ გამოყენებული სითბოს რაოდენობა Q_1-განისაზღვრება ჭურჭლისა და წყლის გათბობაზე დახარჯული სითბოს რაოდენობით, რომელიც გამოისახება შემდეგი ფორმულით $\boldsymbol{Q_1}\mathbf{=(m_1c_1+c_0m_0)(t-t_0)}$ (4). C_1- ჭურჭლის კუთრი სითბოტევადობაა, m_1- მისი მასა, c_o-წყლის კუთრი სითბოტევადობაა, m_0- წყლის მასა. თუ (1) ფორმულაში შევიტანთ Q და Q_1 -ის მნიშვნელობებს, მარგი ქმედების კოეფიციენტისათვის მივიღებთ: $\boldsymbol{\eta}\mathbf{=(m_1c_1+c_0m_0)(t-t_0)/\ IU\tau}$ (5).

მუშაობის მსვლელობა

1.აწონეთ ელექტრომადუღარა m_1 (კგ). ჩაასხით მასში წყალი და ხელახლა აწონეთ m_2. გამოთვალეთ წყლის მასა $m_0=m_2-m_1$.

2. ჩაუშვით წყალში თერმოწყვილი და აითვალეთ საწყისი ტემპერატურა $t_0{}^0c$.

3. ჩართეთ ელექტრომადუღარა და წამზომი. დაახლოებით 60 – 70 ^{0}C მიღწევის შემდეგ გამორთეთ ელექტრომადუღარა და აითვალეთ წამზომზე დრო(τ) წმ-ებში და მულტიმეტრზე თერმოწყვილით აითვალეთ ტემპერატურა (t^0c).

4. მულტიმეტრის საშუალებით გაზომეთ ქსელში არსებული ძაბვა.

5. მარწუხი-მულტიმეტრის საშუალებით გაზომეთ წრედში გამავალი დენის ძალა.

6. შედეგები შეიტანეთ დაკვირვებათა ცხრილში და მე-5 ფორმულით გამოითვალეთ მ.ქ.კ.

7.ჭურჭლისა და წყლის კუთრი სითბოტევადობების მნიშვნელობებია

C_1 = 462ჯ/კგ.გრად. და C_o = 4190ჯ/კგ.გრად.

8.გამოთვალეთ მ.ქ.კ., აბსოლუტური და ფარდობითი ცდომილება.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	ცარიელი ჭურჭლის მასა m_1,კგ	წყლიანი ჭურჭლის მასა m_2.,კგ	წყლის მას m_0 ,კგ	წყლის საწყისი ტემპერატურა t_0 , ^0C	ამპერმეტრის ჩვენება I ,ა	ვოლტმეტრის ჩვენება V ,ვ	გათბობის დრო ,წმ.	წყლის საბოლოო ტემპერატურა t, ^0C	სითბური დანადგარის მ.ქ.კ., η ,%	$\Delta\eta$, %	$\frac{\Delta\eta}{\eta}$
1											
2											
3											

ლაბორატორიული სამუშაო #2-12

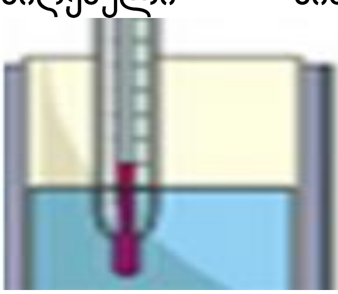
მყარი სხეულის კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრა კალორიმეტრით

საჭირო ხელსაწყოები: კალორიმეტრი (მადუღარა), თერმოწყვილი, სასწორი, ჭურჭელი სითხით, გამოსაკვლევი სხეული, მულტიმეტრი.

გათბობისას მყარი სხეულები უმნიშვნელოდ ფართოვდება, რადგან მათი გაფართოების კოეფიციენი ძალიან მცირეა. რადგანაც მყარი სხეულის გაფართოების კოეფიციენტი ძალიან მცირეა, სხეულის გაფართოების მუშაობაზე დახარჯული სითბო უმნიშვნელოა, ამიტომ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ მთელი სითბო იხარჯება შინაგანი ენერგიის გაზრდაზე,

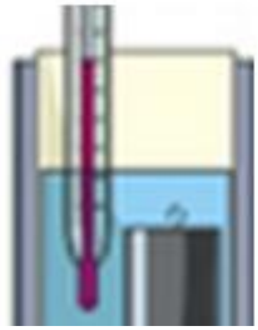
როგორც ცდებით გამოირკვა მყარი სხეულის სითბოტევადობა ტემპერატურის შეცვლისას იცვლება. საკმაოდ მაღალ ტემპერატურაზე სითბოტევადობა იზრდება. სითბოტევადობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე განსაკუთრებით შესამჩნევია დაბალ ტემპერატურაზე. ასეთ შემთხვევაში ტემპერატურის შემცირებისას ყველა მყარი სხეულის სითბოტევადობა სწრაფად კლებულობს და აბსოლუტურ ნულთან მიახლოებისას მიისწრაფის ნულისკენ.

მყარი სხეულის კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრა შეიძლება შემდეგი ექსპერიმენტის საშუალებით. ორ ერთნაირ კალორიმეტრულ ჭურჭელში(მადუღარა) ასხავენ დაახლოებით ერთნაირი რაოდენობის სითხეს, რომლის კუთრი სითბოტევადობა ცნობილია, მაგალითად წყალს. კალორიმეტრში ჩამონტაჟებულ ელეტრო გამახურებელს აერთებენ წრედში. დროის ფიქსირებულ პერიოდში კალორიმეტრული ჭურჭლის მიერ მიღებული სითბოს რაოდენობა $\mathbf{Q_1 = (\,cm + \,c_1 m_1)(\theta_1 - t_1)}$


ფოტო 1

სადაც m და c კალორიმეტრიული ჭურჭლის მასა და კუთრი სითბოტევადობაა, m_1 და c_1- წყლის მასა და კუთრი სითბოტევადობა, t და θ_1- წყლის საწყისი და საბოლოო ტემპერატურები. უგულებელყოფილია სითბოს მცირე დანაკარგები გარემოში. ანალოგიურად, კალორიმეტრული ჭურჭლის მიერ იმავე დროში მიღებული სითბოს რაოდენობა:

$$\mathbf{Q_2 = (cm + c_1m_3 + c_xm_2)(\theta_2 - t_2)}$$



ფოტო 2

სადაც m_3- წყლის მასაა, m_4 და c_x- გამოსაკვლევი სხეულის მასა და კუთრი სითბოტევადობაა; t_2 და θ_2- წყლის საწყისი და საბოლოო ტემპერატურებია. ვინაიდან ორივე ექსპერიმენტში კალორიმეტრულ ჭურჭელში გამახურებელი ერთი და იგივე დროში სითბოს ერთი და იგივე რაოდენობას გამოყოფს, ამიტომ $Q_1 = Q_2$

ე.ი. $\mathbf{(c\,m + c_1m_1)(\theta_1 - t_1) = (c\,m + c_1m_3 + c_xm_2)(\theta_2 - t_2)}$

საიდანაც გამოსაკვლევი მყარი სხეულის კუთრი სითბოტევადობა

$$\mathbf{c_x = \frac{(cm+c_1m_1)(\theta_1-t_1)-(c\,m+c_1m_3)(\theta_2-t_2)}{m_2(\theta_2-t_2)}} \quad (6)$$

მუშაობის მსვლელობა

1.სასწორზე ავწონოთ კალორიმეტრული ჭურჭელი (მადუღარა) და გავიგოთ მისი მასა m.

2. კალორიმეტრულ ჭურჭელში ჩავასხათ წყალი მინიმალურ ნიშნულამდე.

3. აწონვით განვსაზღვროთ წყლიანი კალორიმეტრების მასა M და გამოვთვალოთ კალორიმეტრში ჩასხმული წყლის მასა $\boldsymbol{m_1}$= M-m.

4. აწონვით განვსაზღვროთ გამოსაკვლევი სხეულის მასა m_2.

5. კალორიმეტრში ჩავუშვათ თერმოწყვილი

6. გავზომოთ კალორიმეტრში წყლის საწყისი ტემპერატურა t_1.

7. ჩავრთოთ წრედში კალორიმეტრი და ერთდროულად ჩავრთოთ წამზომი. წამზომზე ავითვალოთ დრო 160 წმ და მულტიმეტრით დავაფიქსიროთ შესაბამისი ტემპერატურა θ_1.

8. იმავე კალორიმეტრში ჩავასხათ იგივე რაოდენობის წყალი. ავწონოთ (M_2) და განვსაზღვროთ კალორიმეტრში ჩასხმული წყლის მასა
$M_3 = M_2 - m$.

9. კალორიმეტრში ჩავუშვათ თერმოწყვილი და ავითვალოთ საწყისი ტემპერატურა t_2

10. კალორიმეტრში ჩავუშვათ აწონილი ტვირთი და ერთდროულად ჩავრთოთ წამზომი და კალორიმეტრი. ავითვალოთ შესაბამისი დრო ანუ 120 წმ და მულტიმეტრით დავაფიქსიროთ წყლის საბოლოო ტემპერატურა θ_2.

11. შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.

12. მე-6 ფორმულით გამოვიანგარიშოთ გამოსაკვლევი სხეულის კუთრი სითბოტევადობა.

დაკვირვებათა ცხრილი

1	კალორიმეტრის ჭურჭლისა მასა m, კგ.	
2	სხეულის მასა m_2, კგ	
3	I ექსპ. - კალორიმეტრის ჭურჭლისა და წყლის მასა M, კგ.	
4	I ექსპ. -კალორიმეტრში წყლის მასა $m_1 = M - m$, კგ	
5	I ექსპ. - კალორიმეტრში წყლის საწყისი ტემპერატურა t_1, ^0C	
6	I ექსპ.-კალორიმეტრში წყლის საბოლოო ტემპერატურა θ_1, ^0C	
7	II ექსპ. - კალორიმეტრის ჭურჭლისა და წყლის მასა M_2, კგ	
8	II ექსპ. - კალორიმეტრში წყლის მასა $m_3 = M_2 - m$, კგ	
9	II ექსპ. - კლორიმეტრში წყლის საწყისი ტემპერატ. t_2 ^{0} C	
10	II ექსპ. - კალორიმეტრში წყლის საბოლოო ტემპერატურა θ_2, ^0C	
11	კალორიმეტრის კუთრი სითბოტევადობა c, ჯ/კგ ^0C	462
12	წყლის კუთრი სითბოტევადობა c_1, ჯ/კგ ^0C	4190
13	გამოსაკვლევი სხეულის კუთრი სითბოტევადობა c_x, ჯ/კგ ^0C	

საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაო #2- 13

(ქვიზი 3)

ატმოსფერული წნევის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: ორი შტატივი, გამჭვირვალე მილი , ორი სახაზავი,რეზინის საცობი, სკოჩი, წყალი.

გამოიყენეთ ამოცანა #1-10-ისა და #1- 14 -ის თეორიული მასალები და მათზე დაყრდნობით შეასრულეთ ქვემოთ მოცემული დავალება - კერძოდ განსაზღვრეთ ოთახში არსებული ატმოსფერული წნევის სიდიდე.

რისთვისაც:

1. აღწერეთ ექსპერიმენტის მსვლელობა და შეადგინეთ ექსპერიმენტის ჩატარების გეგმა.
2. ჩაატარეთ ექსპერიმენტი.
3. შეაფასეთ არსებული ატმოსფერული წნევის სიდიდე.
4. გააკეთეთ დასკვნები.

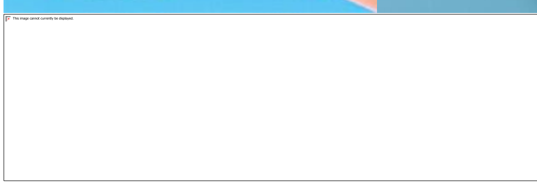
საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაო #2- 14

(ქვიზი 4)

წყლის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტისა და დამატებითი წნევის, მინის წვრილი კაპილარის შიგა რადიუსის განსაზღვრა.

საჭირო ხელსაწყოები: ჭიქა წყლით, განსხვავებული შიგა რადიუსის მქონე ორი მინის მილი (კაპილარი), შტანგელფარგალი, სახაზავი.




1. ორი მინის მილიდან (კაპილარი) ერთის შიგა რადიუსის გაზომვა შესაძლებელია, არსებული ინსტრუმენტებით .
2. აღწერეთ ექსპერიმენტის მსვლელობა და შეადგინეთ ექსპერიმენტის ჩატარების გეგმა.
3. ჩაატარეთ ექსპერიმენტი.
4. განსაზღვრეთ:

წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა;

წვრილი კაპილარის შიგა რადიუსი;

დამატებითი წნევის სიდიდე.

5. გააკეთეთ დასკვნები.

მითითება: ჩათვალეთ, რომ წყალი მინის მიმართ აბსოლუტურად დამასველებელი სითხეა.

ლაბორატორიული სამუშაო # 2-15

სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი განსაზღვრა რგოლის მოწყვეტის მეთოდით

საჭირო ხელსაწყოები: ვერტიკალური შტატივი, შტატივზე სამაგრი სასწორი , ლითონის ჩარჩო, შტანგელფარგალი, ჭურჭელი სითხისთვის, სილა, სამშრალებელი.

სითხე, გაზისაგან განსხვავებით, არ იკავებს ჭურჭლის მთელ მოცულობას, რომელშიც ის ასხია. სითხის ზედაპირსა და გაზს (სითხის ორთქლს) შორის წარმოიქმნება საზღვარი. სითხის შიგნით არსებული მოლეკულები ყოველმხრივ არიან გარშემორტყმული დანარჩენი მოლეკულებით. ამიტომ ურთიერთქმედების ძალები ერთმანეთს აკომპენსირებენ.
სხვანაირადაა საქმე სითხის ჰაერთან შემხებ ფენაში, ანუ სასაზღვრო ფენაში. სასაზღვრო ფენის მოლეკულები მხოლოდ ნაწილობრივ (ქვედა მხრიდან) არიან გარშემორტყმული სითხის მოლეკულებით. ამიტომ ძალთა ტოლქმედი მიმართულია სითხის სიღრმისკენ. ნახაზიდან სჩანს, რომ სასაზღვრო მოლეკულა განიცდის სითხის სიღრმისკენ მიმართული ძალის და ზედაპირის მხები ორი ტოლი და საწინააღმდეგო ძალების მოქმედებას. ამის გამო, სითხის ზედაპირზე მყოფი მოლეკულები ცდილობენ ერთმანეთთან მაქსიმალურად დაახლოებას. ეს კი ტოლფასია სითხის ზედაპირზე დაჭიმულობის ძალების არსებობისა, რომლებიც ცდილობენ შეამცირონ სითხის ზედაპირი. ამიტომაა, რომ თავისუფალ მდგომარეობაში სითხის წვეთი სფეროს ფორმას ღებულობს. (სფეროს აქვს უმცირესი ზედაპირი). ამრიგად, სითხე იქცევა ისე, თითქოს მისი ზედაპირი დაფარული იყოს თხელი ელასტიური დაჭიმული აფსკით.
რაიმე გარეშე ძალამ მოლეკულათა ნაწილი სითხის სიღრმიდან სასაზღვრო ფენაში რომ ამოიტანოს, საჭიროა რომ ამ გარეშე ძალამ შეასრულოს დადებითი მუშაობა. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ: სითხის ზედაპირზე არსებულ მოლეკულებს სითხის შიგა ფენების მოლეკულებზე მეტი პოტენციური ენერგია აქვთ. ეს პოტენციური ენერგია სითხის ზედაპირის ფართობის პროპორციულია.
სითხის სიღრმიდან ზედაპირზე მოლეკულათა ჯგუფის ამოტანისთვის (რაც ნიშნავს სასაზღვრო ფენის გაფართოებას) გარეშე ძალამ უნდა შეასრულოს მუშაობა $\Delta \boldsymbol{A}_{გ} = \boldsymbol{E}_{p} = \boldsymbol{\sigma} \Delta \boldsymbol{S}$ (1) . სადაც $\boldsymbol{\sigma}$ ზედაპირული დაჭიმულობის

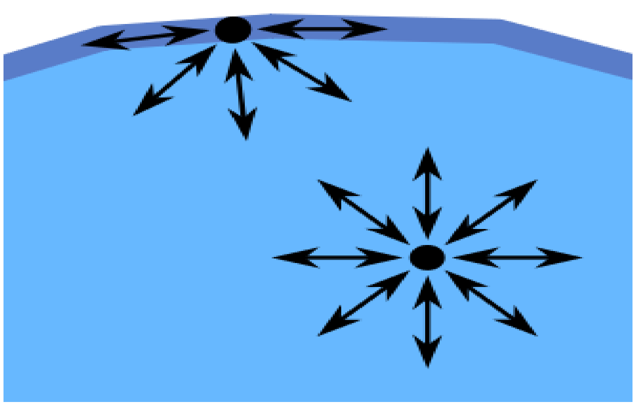
კოეფიციენტია. იგი რიცხობრივად ტოლია იმ მუშაობისა, რომელიც იწვევს სითხის ზედაპირის ფართობის ერთი ერთეულით გაზრდას.

(2)ფორმულიდან $\boldsymbol{\sigma} = \frac{\Delta \boldsymbol{A}_{გ}}{\Delta \boldsymbol{S}}$ (3). (3) არის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის პირველი განმარტება. აქედან შეიძლება დავადგინოთ მისი ერთეული $[\sigma] = \frac{ჯოული}{მ^2} = \frac{ნიუტონი.მ}{მ^2} = \frac{ნ}{მ}$ მექანიკიდან ვიცით, რომ სისტემის წონასწორულ მდგომარეობას შეესაბამება პოტენციური ენერგიის მინიმუმი

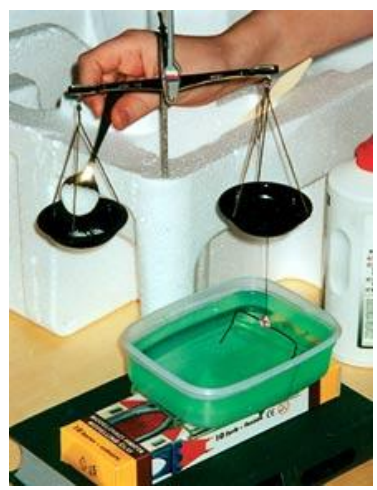
$E_P \rightarrow \boldsymbol{min}$. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ სითხე ცდილობს შეამციროს თავისუფალი ზედაპირის ფართობი. სწორედ ამიტომ, სითხის წვეთებს, ასევე საპნის ბუშტებს აქვთ სფერული ფორმა. ამრიგად, სითხის ზედაპირის გასწვრივ მოქმედებს ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა, რომელიც ამ ზედაპირის ფართობის შემცირებას ცდილობს. თუ ამ ზედაპირზე რაიმე L სიგრძის კონტურს გამოვყოფთ, მაშინ ზედაპირული დაჭიმულობის ძალისთვის გვექნება $\boldsymbol{F} = \boldsymbol{\sigma L}(4)$. აქედან $\boldsymbol{\sigma} = \frac{\boldsymbol{F}}{\boldsymbol{L}}$ (5) .ამრიგად, ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი რიცხობრივად ტოლია კონტურის სიგრძის ერთეულზე მოქმედი ზედაპირული დაჭიმულობის ძალისა. ვთქვათ, სითხეს ეხება რაიმე მყარი სხეულის ზედაპირი და სითხე ამ ზედაპირს ასველებს, თუ სითხის ზედაპირის მართობულად მყარ სხეულზე მოვდებთ ძალას და სხეულს ფრთხილად ზევით ავწევთ, მას თან გაყვება დამასველებელი სითხის ზედაპირი. ამით სითხის თავისუფალი ზედაპირი გაიზრდება. ზედაპირული ძალის მოქმედებით სითხე ცდილობს შეამციროს თავისი ზედაპირი. როდესაც სხეულზე ვერტიკალურად ზევით მოქმედი ძალა სიდიდით გაუტოლდება სითხის ზედპირული დაჭიმულობის ძალას, სხეული სითხის ზედაპირს მოწყდება.განიხილოთ კერძო შემთხვევა, როდესაც დამასველებელი სითხის ზედაპირს ეხება ლითონის ჩარჩოს. ჩარჩოს ზემოთ აწევისას ჩარჩოსა და სითხეს შორის შეიქმნება აპკი, რომლის საზღვრის სიგრძე ტოლი იქნება ჩარჩოს პერიმეტრის ანუ **L= 2(** $\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b}$) (6).ამ კონტურზე მოქმედი ზედაპირული დაჭიმულობის ძალას ჩარჩო მოწყვეტის მომენტში აწონასწორებს ჩარჩოზე ვერტიკალურად ზევით მოქმედი F ძალით და **α = F/L =** $\frac{\boldsymbol{mg}}{2(\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b})}$ (7). a და b ჩარჩოს გვერდების სიგრძეებია .

მუშაობის მსვლელობა

1. ჩაამაგრეთ სასწორი შტატივის მომჭერში;
2. მიამაგრეთ სასწორის ერთ-ერთ პინას ძაფი, რომელზეც მობმულია ჩარჩო და გააწონასწორეთ სასწორი სილით . სილა დაყარეთ ქაღალდის ფურცელზე, რომელიც პინაზეა მოთავსებული;
3. მიაღწიეთ ჩარჩოს ჰორიზონტალურ მდგომარეობას;
4. პინას ქვემოთ მოათავსეთ ჭიქა გამოხდილი წყლით ისე, რომ წყლის ზედაპირი ჩარჩოდან დაშორებული იყოს 1-2 სმ -ით.
5. ფრთხილად ჩაუშვით ჩარჩო ისე, რომ შეეხოს წყლის ზედაპირს და შეეწებოს მას.
6. დიდი სიფრთხლით დაამატეთ სილა მანამ, სანამ ჩარჩო არ მოსწყდება წყლის ზედაპირს.
7. გაამშრალეთ ჩარჩო ფილტრის ქაღალდით და კვლავ გააწონასწორეთ სასწორი საწონებით (m);
8. გაზომეთ შტანგელფარგლით ჩარჩოს პერიმეტრი $L = 2(a+b)$;
9. გამოთვალეთ წყლის ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი **α** (7) ფორმულის საშუალებით.
10. ცდა გაიმეორეთ სამჯერ და იპოვეთ ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის აბსოლიტური და ფარდობითი ცდომილებები. შეადარეთ მიღებული შედეგი ცხრილურ შედეგს.



ფოტო1



ფოტო2

დაკვირვებათა ცხრილი

#	ჩარჩოს პერიმეტრი L, მ	საწონების მასა m ,კგ	სითხის ზედაპირიდან რგოლის მოსაწყვეტად საჭირო ძალა F, ნ	გამოსაკვლევი სითხის ზედაპირის დაჭიმულობის კოეფიციენტი α ,ნ/მ	$\Delta\alpha$, ნ/მ	$\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$
1						
2						
3						

ლაბორატორიული სამუშაო #3-1

გამზომი ინსტრუმენტები და ხელსაწყოები.

"ვაკუუმის" ცნება

ვაკუუმი ნიშნავს სიცარიელეს. ესაა გაზის მდგომარეობა, როდესაც მის მიერ განხორციელებული წნევა ნაკლებია ატმოსფერულ წნევაზე. ვაკუუმს განასხვავებენ გაზის წნევის სიდიდით:
დაბალი ვაკუუმი – >100 პა.
საშუალო ვაკუუმი – 0,1< p<100 პა
მაღალი ვაკუუმი– 10 პა < p< 0,1 პა
ზემაღალი ვაკუუმი – p< 10 პა
"ვაკუუმის" ცნება შეიძლება გამოყენებული იქნას გაზების მიმართ, როგორც გამოტუმბული მოცულობის ისე თავისუფალ გარემოში.

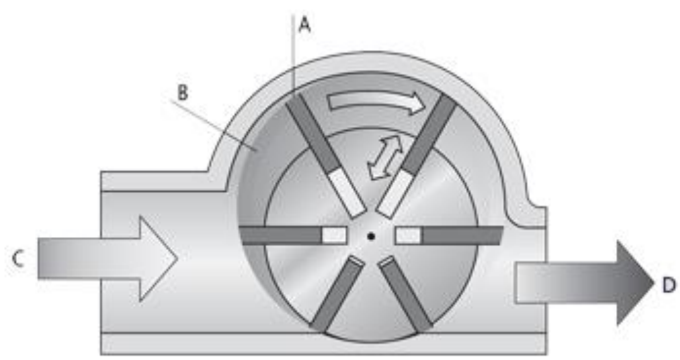
მანომეტრი

მანომეტრი ესაა ხელსაწყო, რომელიც ზომავს სითხისა და გაზის წნევას (ფოტო1).
მანომეტრის მუშაობის პრინციპი (ფოტო 2,3) ემყარება გასაზომი წნევის გაწონასწორებას დრეკადი დეფორმაციის ძალით, რომელიც წარმოიქმნება მილისებურ ზამბარაში ან უფრო მგრძნობიარე ორ ფირფიტიან მემბრანაში,რომლის ერთი ბოლო მირჩილულია სამაგრზე, ხოლო მეორე საწევის საშუალებით დაკავშირებულია ტრიბლო–სექტორულ მექანიზმთან, რომელიც დრეკად მგრძნობიარე ელემენტების წრფივ გადაადგილებას გარდაქმნის მაჩვენებელი ისრის წრიულ მოძრაობად.
გაზების წნევის გამზომ მანომეტრებში კორპუსებს ღებავენ სხვადასხვა ფერად:
ცისფერი – ჟანგბადი
ყვითელი – ამიაკი
თეთრი – აცეტილენი
მუქი მწვანე – წყალბადი
რუხი მწვანე – ქლორი

წითელი პროპანი და სხვა გაზები, რომლებიც აალებადია
შავი – არაალებადი გაზები.

ფოტო1 ფოტო 2 ფოტო 3

ვაკუუმური ტუმბო



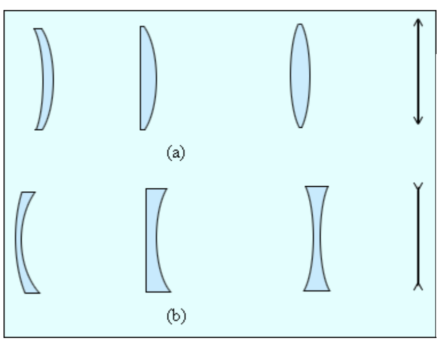
ფოტო 4 ფოტო 5 ნახ.1

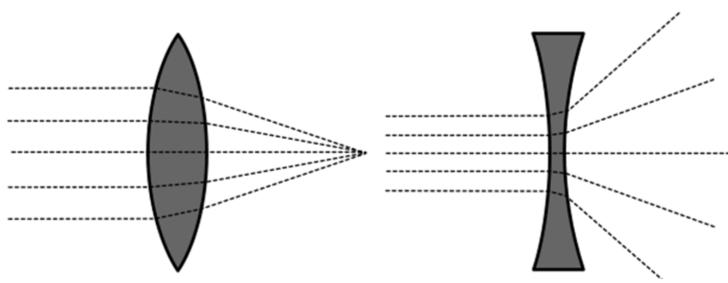
ვაკუუმური ტუმბო (ფოტო 4,5), ეს არის მოწყობილობა, რომლის დანიშნულებაა გამოქაჩოს გაზები ან ორთქლი წნევის გარკვეულ მნიშვნელობამდე. ვაკუუმური ტუმბო (ნახ.1) შედგება ექსცენტრულად დაყენებული იმპელლერისაგან ფირფიტებით (A), რომლებიც ცენტრიდანული ძალების მოქმედებით ეკვრიან კორპუსის კედლებს,და უზრუნველყოფენ შემჭიდროებას. ბრუნვისას, ყოველი კამერის (B) ზომა იცვლება. კამერის ზომის გაზრდისას, მასში ჰაერი ფართოვდება და წნევა ეცემა , შედეგად ნაწილობრივ იქმნება ვაკუუმი. ჰაერი

შეიწოვება შესავალი ხვრელიდან (C), იკუმშება და გაიტყორცნება, გამოსავალი ხვრელიდან (D). შეკუმშვის დიდი კოეფიციენტის წყალობით, ტუმბოებს შეუძლიათ ძალიან მაღალი ვაკუუმის მიღება. ხელის ვაკუუმური ტუმბოს (ფოტო 5) საშუალებით ლაბორატორიულ პირობებში შეიძლება დახურულ ჭურჭელში წნევის შემცირება 100 პასკალამდე.

ლინზა

ლინზა არის გამჭვირვალე ერთგვაროვანი მასალისგან დამზადებული ორი სფერული, ან სფერული და ბრტყელი პოლირებული გარდამტეხი ზედაპირებით შემოსაზღვრული სხეული. იგი თითქმის ყველა ოპტიკური ხელაწყოს შემადგენელი ნაწილია. ლინზას უწოდებენ თხელს, თუ მისი სისქე მცირეა ლინზის შემომსაზრვრელი სფერული ზედაპირის სიმრუდის რადიუსთან შედარებით. არსებობენ სხავდასხვა სახის ლინზები. ამოზნექილი, ანუ შემკრები (ნახ2, ზემოთ, a) და ჩაზნექილი, ანუ გამბნევი ლინზები (ნახ2, ქვემოთ, b) .



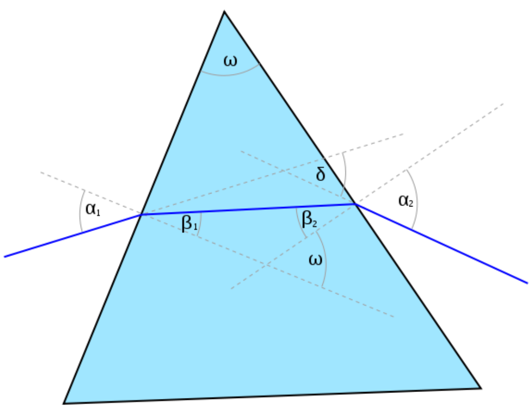


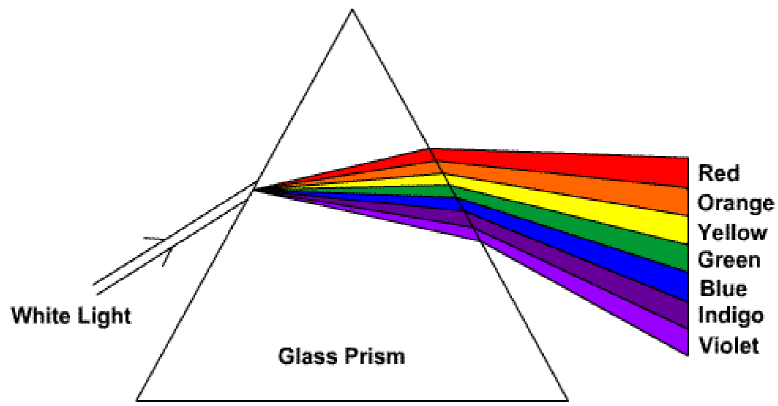
ნახ.2 ნახ.3

ორმხრივ ამოზნექილ ლინზაში   გამოსახულება ნამდვილია , ანუ იგი მიიღება ლინზის მეორე მხარეს (ნახ.3). თუ სფერული ლინზის შუა ნაწილი უფრო თხელია, ვიდრე მისი ბოლო ნაწილები, მაშინ მას ჩაზნექილს უწოდებდნენ (ნახ.3). საზოგადოდ, ასეთი ლინზები სხივებს ფანტავენ. ლინზებს ფართო გამოყენება აქვს ოპტიკურ ხელსაწყოებში, როგორიცაა ლუპა, ფოტოაპარატი, საპროექციო აპარატი, მიკროსკოპი, ტელესკოპი და სხვა.

პრიზმა

პრიზმა - ესაა, გეომეტრიული ფიგურა პრიზმის მქონე ოპტიკური ელემენტი, დამზადებული გამჭვირვალე მასალისგან (მაგ. ოპტიკური მინა), აქვს ბრტყელი პოლირებული წახნაგები, საიდანაც შედის და გამოდის სინათლე. სამწახნაგა პრიზმა მასზე დაცემულ მონოქრომატულ (ერთი ფერის) სხივს დაბლა, ფუძისკენ ხრის (ნახ. 4). სამწახნაგა პრიზმაში გავლის დროს თეთრი სინათლე ფერად სხივებად იშლება(ნახ. 5).





ნახ. 4 ნახ. 5

კამერტონი

კამერტონი ესაა ხელსაწყო, რომელიც გამოსცემს გარკვეული სიმაღლის ბგერას. ფოტო 6 -ზე ნაჩვენებია კამერტონი რეზონატორით, რომელის დანიშნულებაა გააძლიეროს კამერტონის ხმოვანება. რეზონატორი ესაა ერთის მხრივ გახსნილი ყუთი, რომლის სიგრძე შეადგენს კამერტონის მიერ გამოცემული ტალღის სიგრძის ¼-ს.

ფოტო 6

ლუქსმეტრი

ლუქსმეტრი (ფოტო 7) ესაა ხელსაწყო,რომლის საშუალებითაც ზომავენ განათებულობას. იგი შედგება ფოტოელემენტისაგან, რომელიც გარდაქმნის სინათლის ენერგიას ელექტრულ დენად. ლუქსმეტრში ხდება ამ დენის გაზომვა, ხოლო ხელსაწყოს შკალაზე აისახება შესაბამისი განათებულობის სიდიდე ლუქსებში.

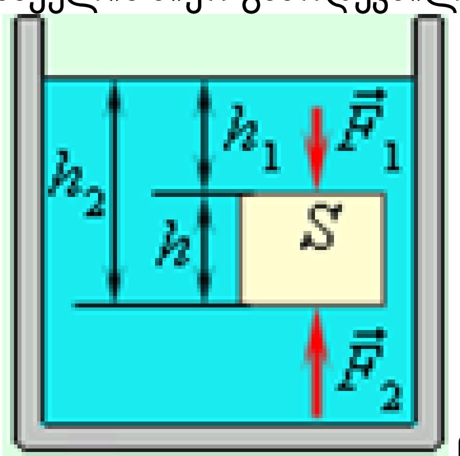
ფოტო 7

ლაბორატორიული სამუშაო #3-2

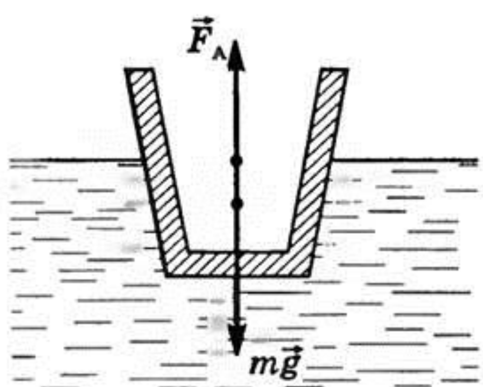
არაწესიერი ფორმის სხეულის სიღრუის მოცულობის განსაზღვრა არქიმედეს კანონით

საჭირო ხელსაწყოები: წყლით სავსე ჭურჭელი, არაწესიერი ფორმის სხეული, ელექტროსასწორი.

ვთქვათ სითხეში ჩაძირულია პარალელეპიპედი, რომლის ფუძის ფართობია S, ხოლო წიბოს სიმაღლეა h. (ნახ.1) მაშინ წნევათა სხვაობა ზედა და ქვედა წახნაგებს შორის იქნება $\Delta \boldsymbol{P} = \boldsymbol{P_2} - \boldsymbol{P_1} = \boldsymbol{\rho_{ს} g}\Delta \boldsymbol{h} = \boldsymbol{\rho_{ს} g h}$.
ნახ. 1-ზე $\Delta \boldsymbol{h} = \boldsymbol{h_2} - \boldsymbol{h_1} = \boldsymbol{h}$ ხოლო წარმოშობილი ამომგდები ძალა ასე გამოითვლება $\boldsymbol{F_a} = \boldsymbol{F_2} - \boldsymbol{F_1} = \Delta \boldsymbol{F} = \boldsymbol{S}\Delta \boldsymbol{P} = \boldsymbol{\rho_{ს} g S}\Delta \boldsymbol{h} = \boldsymbol{\rho_{ს} g V}$
აქ გავითვალისწინეთ, რომ $\Delta \boldsymbol{h} = \boldsymbol{h_2} - \boldsymbol{h_1}$, $\mathbf{S}\Delta \boldsymbol{h} = \mathrm{V}$, სადაც V პარალელეპიპედის მოცულობაა, $\rho_{ს} -$ სითხის სიმკვრივე. ამრიგად, $F_a = \boldsymbol{F_{სწ}} = \boldsymbol{m_{ს} g} = \boldsymbol{\rho_{ს} g V}$, სადაც $F_{სწ}$ არის სითხის წონა, $m_{ს}$ და $\rho_{ს}$ შესაბამისად სითხის მასა და სიმკვრივე, V - სხეულის მოცულობა. ამრიგად არქიმედის კანონი ასე ჩამოყალიბდება: $\boldsymbol{F_a} = \boldsymbol{\rho_{ს} g V}$ (1) .
სითხეში ან გაზში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედებს ამომგდები ძალა, რომელიც სხეულის მიერ გამოდევნილი სითხის (გაზის) წონის ტოლია.



ნახ.1



ნახ.2

ეს კანონი სამართლიანია ნებისმიერი ფორმის სხეულისათვის.
არქიმედის კანონიდან გამომდინარეობს სხეულთა ცურვის პირობები:

სითხეში ჩაშვებულ სხეულზე მოქმედებს ორი ძალა: ვერტიკალურად ქვემოთ მიმართული სიმძიმის ძალა mg და ვერტიკალურად ზევით მიმართული არქიმედეს ძალა $\boldsymbol{F}$ ა. აქ შეიძლება გვქონდეს სამი შემთხვევა:

ა)თუ სიმძიმის ძალა მეტია არქიმედეს ძალაზე $mg > F_ა$, მაშინ სხეული ეშვება ფსკერზე, იძირება. ეს ხდება მაშინ, როცა სხეულის სიმკვრივე მეტია სითხის სიმკვრივეზე,

ბ)თუ $mg = F_ა$, მაშინ სხეული წონასწორობაშია სითხის ნებისმიერ ადგილზე. ეს ხდება მაშინ, როცა სხეულის სიმკვრივე უდრის სითხის სიმკვრივეს.

გ)თუ $mg < F_ა$, მაშინ სხეული ამოდის სითხის ზედაპირზე (ტივტივებს). ეს ხდება მაშინ, როცა სხეულის სიმკვრივე ნაკლებია სითხის სიმკვრივეზე.ზევით ამოსვლისას არქიმედეს ძალა მცირდება სხეულის ჩაძირული ნაწილის შემცირების გამო. ამოსვლა სითხის ზედაპირზე გაგრძელდება მანამდე ვიდრე, არქიმედეს ძალა და სხეულის სიმძიმის ძალა ერთმანეთს არ გაუტოლდება.

მაშასადამე სხეული ზედაპირზე ტივტივებს მაშინ, როდესაც სხეულის სიმძიმის ძალა სხეულის სითხეში ჩაძირული ნაწილის მიერ გამოდევნილი სითხის წონას უდრის.

გემების ცურვა მთლიანად არქიმედის კანონზეა დაფუძნებული. გემი წარმოადგენს არა ლითონის მთლიან ნაჭერს, არამედ მას აქვს გარკვეული ფორმა, რომელიც შიგნით ღრუა (ნახ. 2). ღრუ სხეული იგივე რაოდენობის სითხეს გამოდევნის, რამდენსაც იგივე მოცულობის მთლიანი სხეული. ამიტომ, ღრუ და მთლიან სხეულზეც ერთი და იგივე ამომგდები ძალა იმოქმედებს. მაგრამ ღრუ სხეული გაცილებით მსუბუქია მთლიანზე. ამიტომ, ღრუ სხეულის გარკვეული ნაწილის ჩაძირვის შემდეგ, არქიმედის ძალა გაუტოლდება გემის მთლიან წონას და სხეული (გემი) იტივტივებს მიუხედავად იმისა, რომ ლითონის სიმკვრივე სითხის სიმკვრივეს ბევრად აღემატება.

ამოცანის მიზანია განვსაზღვროთ არასწორი ფორმის სხეულის სიღრუის მოცულობა.

მუშაობის მსვლელობა

1. ცხრილებში მოვიძიოთ მოცემული არასწორი ფორმის მქონე სხეულის სიმკვრივე $\rho_{სხეულ.}$
2. ავწონოთ სხეული ჰაერში და ვიანგარიშოთ მისი წონა

$$\boldsymbol{P = mg = \rho_{სხ} g V_1}$$

3. ამ ფორმულის საშუალებით გავიგოთ სხეულის მოცულობა.

$$V_1 = \frac{P}{\rho_{სხ} g} = \frac{m}{\rho_{სხ}};$$

4. ავწონოთ იგივე სხეული წყალში, და გავიგოთ მისი წონას P_1.
5. ვიანგარიშოთ ამომგდები ძალა წყალში. $F_{ამოგ.} = P - P_1$
6. (1) ფორმულიდან ვანგარიშოთ სითხეში ჩაძირული სხეულის სრული მოცულობა V= $\frac{F_{ამომგდ.}}{\rho_{სით} g} = \frac{P - P_1}{\rho_{სითხ.} g}$
7. სიღრუის მოცულობა $V_2 = V - V_1$
8. მონაცემები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში და ვიპოვოთ სიღრუის მოცულობის აბსოლიტური და ფარდობითი ცდომილებები.

დაკვირვებათა ცხრილი

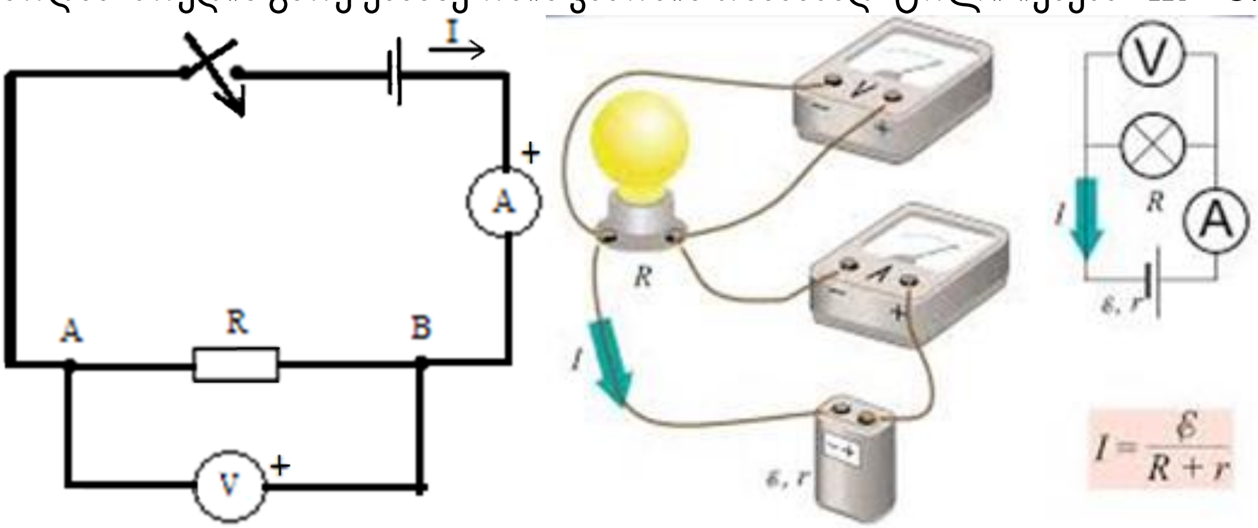
#	სხეულის მასალა m ,კგ	სხეულის სიმკვრივე $\rho_{სხ}$,კგ/მ^3	სხეულის წონა ჰაერში P ,ნ	სხეულის მოცულობა V_1, მ^3	სხეულის წონა წყალში P_1, ნ	ამომგდები ძალა $F_{ამომგდ.}$, ნ.	სხეულის სრული მოცულობა V ,მ^3	სიღრუის მოცულობა V_2 ,მ^3	ΔV,მ^3	$\frac{\Delta V}{V} \times 100\%$
1										
2										
3										

ლაბორატორიული სამუშაო #3-3

ელემენტის შიგა წინაღობის, ელექტრო მამოძრავებელი ძალისა და მოკლე ჩართვის დენის სიდიდის განსაზღვრა.

საჭირო ხელსაწყოები: ელემენტი, ამპერმეტრი (მულტიმეტრი) , ვოლტმეტრი (მულტიმეტრი) , შემაერთებელი სადენები, წინაღობები.

სრული ელექტრული წრედი შედგება გარე და შიგა წინაღობებისაგან, რომელსაც R და r ასოებით აღნიშნავენ. თუ წრედში გამავალი დენის ძალას I ასოთი ავღნიშნავთ (იგი მუდმივი იქნება სიდიდით ყველა უბანზე), მაშინ ძაბვის ვარდნა წრედის გარე უბანზე ომის კანონის თანახმად ტოლი იქნება IR = U.



ნახ.1

ხოლო შიგაზე კი Ir-ის, სადაც r წარმოადგენს დენის წყაროს შიგა წინაღობას. ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად ელექტრულ წრედში ძაბვის სრული ვარდნა ტოლი იქნება **IR + Ir = $\boldsymbol{\varepsilon}$** (1). სადაც ε (ძაბვის ვარდნათა ალგებრული ჯამი) წარმოადგენს ელექტრო-მამოძრავებელ ძალას, რომელიც რიცხობრივად ტოლია იმ მუშაობისა, რომელიც სრულდება მთლიან ჩაკეტილ წრედში მუხტის ერთეულის გადასატანად. (1) ფორმულიდან შეიძლება დავწეროთ **I(R + r) = $\boldsymbol{\varepsilon}$**. აქედან $\boldsymbol{I = \frac{\varepsilon}{R+r}}$ (2).

მიღებული ფორმულა წარმოადგენს ომის კანონს მთლიანი წრედისათვის, რომელიც გამოითქმება შემდეგნაირად: ელექტრო დენის ძალა პირდაპირპროპორციულია ელექტრომამოძრავებელი ძალისა და

უკუპროპორციულია წრედის სრული წინაღობისა. ორი სხვადასხვა გარეგანი წინაღობისათვის ომის კანონი დაიწერება შემდეგნაირად: $\boldsymbol{I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1+r}}$ (3) და $\boldsymbol{I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2+r}}$ (4). (1) ტოლობა გავყოთ (4)-ზე მივიღებთ:
$\boldsymbol{\frac{I_1}{I_2} = \frac{\varepsilon(R_2+r)}{\varepsilon(R_1+r)}}$ აქედან $\boldsymbol{I_1(R_1+r) = I_2(R_2+r),\ r = \frac{I_1R_1 - I_2R_2}{I_2 - I_1} = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}}$ (5).
მიღებული ფორმულით შეიძლება განისაზღვროს მოცემული დენის წყაროს შიგა წინაღობა. როდესაც დენის წყაროს შიგა წინაღობა იქნება ცნობილი შემდგომში შეიძლება მისი ელექტრომამოძრავებელი ძალის განსაზღვრა ფორმულით $\boldsymbol{\varepsilon = I(R+r)}$ (6). თუ გარე წინაღობა R = 0 მაშინ $\mathbf{I = \varepsilon/r}$ (7) და ვინაიდან r ძალიან მცირეა დენის ძალა წრედში I უსასრულოდ გაიზრდება და მას მოკლე ჩართვის დენი ეწოდება.

მუშაობის მსვლელობა

1.ააწყეთ წრედი მოცემული სქემის მიხედვით (ნახ.1).
2. წრედში ჩართეთ რაიმე R_1 წინაღობა და აითვალეთ I_1 დენის ძალის მნიშვნელობები.
3. შეცვალეთ წრედში წინაღობა R_2-ით და აითვალეთ I_2 დენის ძალის მნიშვნელობა.
4. (5) ფორმულის დახმარებით გამოთვალეთ დენის წყაროს შიგა წინაღობა r.
5.(6) ფორმულის დახმარებით გამოთვალეთ დენის წყაროს ელექტრომამოძრავებელი ძალა ε.
6. (7) ფორმულის დახმარებით გამოთვალეთ მოკლე ჩართვის დენის მნიშვნელობა I.

დაკვირვებათა ცხრილი

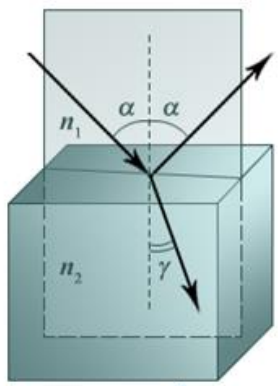
#	წინაღობა R_1, ომი	წრედში დენის ძალა I_1 , ა	წინაღობა R_2, ომი	წრედში დენის ძალა,I_2, ა	დენის წყაროს შიგა წინაღობა, r,ომი	დენის წყაროს ე.მ. ძ. ε ,ვ	მოკლე ჩართვის დენი I ,ა

ლაბორატორიული სამუშაო #3-4

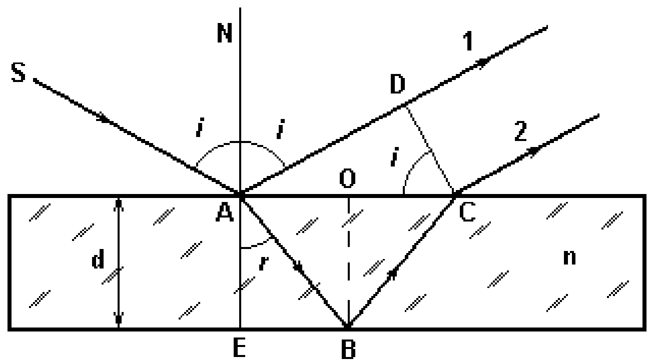
მინაში სინათლის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: ოპტიკური სარკე, სახაზავი, შტანგელფარგალი, ტრანსპორტირი,ლაზერი, შტატივი.

როცა სინათლე ეცემა ორი გარემოს გამყოფ ზედაპირს, მაშინ სინათლე ნაწილობრივ აირეკლება და თუ მეორე გარემო გამჭვირვალეა, მაშინ მასში გავლისას სინათლის სხივი შეიცვლის მიმართულებას, ე. ი. გარდატყდება (ნახ. 1). ამ დროს ადგილი აქვს შემდეგ კანონზომიერებას:



ნახ.1



ნახ.2

1.დაცემული სხივი, გარდატეხილი სხივი და დაცემის ზედაპირიდან აღმართული მართობი ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ.

2.დაცემის კუთხის სინუსის ფარდობა გარდატეხილი კუთხის სინუსთან არის მეორე გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელი პირველის მიმართ.

$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}=n_{2,1}=n$ (1) სადაც α დაცემის კუთხეა, γ - გარდატეხის.

3. დაცემული და არეკვლილი სხივები ურთიერთშექცევადია.

გარდატეხის მაჩვენებელს გარკვეული ფიზიკური შინაარსი გააჩნია. იგი გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ ნაკლებია ან მეტია სინათლის სიჩქარე მეორე გარემოში პირველთან შედარებით $n_{2,1}=\frac{v_2}{v_1}$ (2). თუ ორი გარემოდან ერთ - ერთი ვაკუუმია (სადაც სინათლის სიჩქარეა C და იგი უდიდესია), მაშინ (2) ასე ჩაიწერება $n=\frac{C}{v}$ (3). ამ ფორმულით გამოთვლილ გარდატეხის მაჩვენებელს გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი ეწოდება. გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი გვიჩვენებს, რამდენჯერ ნაკლებია სინათლის სიჩქარე გარემოში

ვაკუუმთან შეფარდებით. გარდატეხის მაჩვენებელი უგანზომილებო სიდიდეა.მიღებულია, რომ ვაკუუმის გარდატეხის მაჩვენებელი ერთის ტოლია. დაახლოებით იგივეა ჰაერისთვისაც. გარემო მეტი გარდატეხის მაჩვენებლით, ითვლება ოპტიკურად უფრო მკვრივად. მაგ. მინის გარდატეხის მაჩვენებელია 1,5 ხოლო ჰაერის დაახლოებით 1. ეს ნიშნავს, რომ მინა ოპტიკურად უფრო მკვრივია ჰაერზე. ნაკლებად მკვრივი გარემოდან უფრო მკვრივში გადასვლისას, გარდატეხილი სხივი პერპენდიკულარს უახლოვდება, ე.ი. კუთხე γ ნაკლებია $\alpha -$ ზე (ნახ.1).
რადგან ჰაერის გარდატეხის მაჩვენებელი n_1 დაახლოებით 1-ის ტოლია
$\mathbf{sini / sinr = n_2 / n_1 = n_2}$. განვიხილოთ ΔAEB (ნახ.2).
$\mathbf{sinr = EB/AB = AO/(AE^2 + AO^2)^{1/2} = AC/2(d^2 + AC^2/4)^{1/2} = AC/(4d^2 + AC^2)^{1/2}}$,
$\mathbf{EB = AO = AC/2}$, $\mathbf{AE = d}$, $\mathbf{n_2 = (4d^2 + AC^2)^{1/2} sini / AC}$ **(4).**

მუშაობის მსვლელობა

1. დავამაგროთ ლაზერი შტატივზე.
2. გავზომოთ მინის სისქე (d).
3. განვათავსოთ ოპტიკური სარკე მაგიდაზე ამრეკლი მეტალური ზედაპირით ქვემოთ.
4. მივმართოთ ლაზერის სხივი მინის ზედაპირისკენ.
5. ტრანსპორტირის საშუალებით გავზომოთ ლაზერის სხივის დაცემის კუთხე (i).
6. გავზომოთ ლაზერის სხივის მინაში შესვლისა და გამოსვილის წერტილებს შორის მანძილი (AC).
7. ფორმულა(4)-ის საშუალებით ვიანგარიშოთ მინის გარდატეხის მაჩვენებელი n_2.
8. ექსპერიმენტი გავიმეოროთ სამჯერ ლაზერის სხივის დაცემის სხვადასხვა კუთხისთვის (i).
9. ცდის შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში და გამოვითვალოთ Δn_2 და $\Delta n_2 / n_2$.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	მინის სისქე d,მმ	სინათლის დაცემის კუთხე i, გრად.	მანძილი AC, მმ	მინის გარდატეხის მაჩვენებელი n_2	Δn_2	$\Delta n_2 / n_2$
1						
2						
3						

საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაო #3-5

(ქვიზი 1)

ელემენტის მოკლე ჩართვის დენის სიდიდის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: მულტიმეტრი (ამპერმეტრი, ვოლტმეტრი), ელემენტი, დამაკავშირებელი სადენები.
მოცემულია რომ : ამპერმეტრის შიგა წინაღობაა - 0.8 ომი; ვოლტმეტრის შიგა წინაღობაა - 20 მეგაომი.

1. თეორიულად გამოიყვანეთ ელემენტის მოკლე ჩართვის დენის განმსაზღვრელი ფორმულა;
2. დახაზეთ გაზომვების ჩატარებისთვის საჭირო ელექტრული სქემები;
3. შეადგინეტ ექსპერიმენტის ჩატარების გეგმა.
4. ჩაატარეთ ექსპერიმენტი.
5. შეაფასეთ ელემენტის მოკლე ჩართვის დენის სიდიდე.
6. გააკეთეთ დასკვნები.

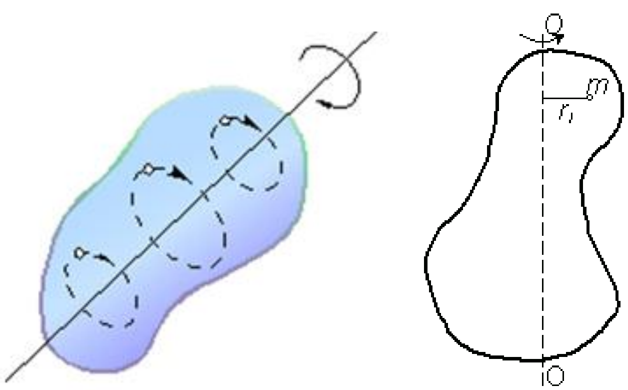
რეკომენდაცია: აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტაში დაგეხმარებათ ლაბორატორიული სამუშაო #3-3.

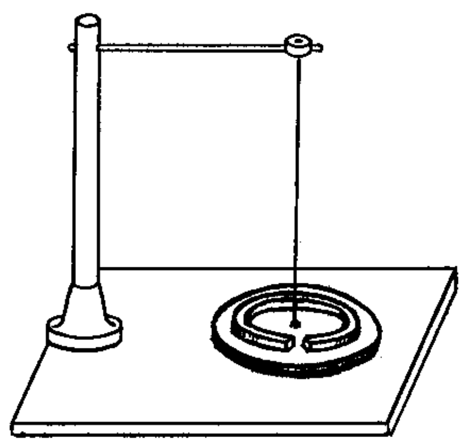
ლაბორატორიული სამუშაო #3-6

მყარი სხეულის ინერციის მომენტის გამოთვლა გრეხითი რხევით

საჭირო ხელსაწყოები: 1. ფოლადის მავთულზე ჩამოკიდებული დისკო, 2. სასწორი, 3.ლითონის რგოლი, 4. წამზომი, 5. შტანგელფარგალი.

ნივთიერი წერტილის ინერციის მომენტს რომელიმე უძრავი ღერძის მიმართ უწოდებენ მასის ნამრავლს ამ ღეძამდე მანძილის კვადრატზე და აღინიშნება I_i -ით. $I_i = \Delta m_i r_i^2$ (1)
სადაც Δm_i (იური) წერტილის მასაა, r_I ამ წერტილიდან ბრუნვის ღერძამდე მანძილი. თუ მყარი სხეულის ორ ნებისმიერ წერტილს დავამაგრებთ უძრავად, მაშინ უძრავად დარჩება ყველა ის წერტილი,რომელიც ამ ორ წერტილზე გატარებულ სწორ ხაზზე მდებარეობს, ასეთ სწორ ხაზზს ბრუნვის ღერძს უწოდებენ (ნახ.2).





ნახ.1 ნახ.2

სხეულის ინერციის მომენტს რომელიმე ღერძის მიმართ უწოდებენ ამ სხეულის ყველა წერტილის ინერციის მომენტების ჯამს ამავე ღერძის მიმართ:

$$I = \sum_{i=1}^{n} I_i = \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i r_i^2 \qquad (2)$$
ინერციის მომენტი განისაზღვრება მასათა განაწილებით ბრუნვის ღერძის მიმართ.

ზოგადად ნებისმიერი სხეულის ინერციის მომენტი, რომლის სიმკვრივეა ρ გამოითვლება ფორმულით $I = \int_V \rho r^2\, dV$ (3).

სადაც dV - ელემენტარული მოცულობაა. როგორც აღნიშნული ფორმულიდან ჩანს ინერციის მომენტი მოცემული ღერძის მიმართ დამოკიდებულია სხეულის ფორმაზე, ზომებზე და დამოკიდებული არაა მოძრაობის ხასიათზე.

SI სისტემაში ინერციის მომენტის ერთეულია კგმ^2.

ჩვენი ამოცანის მიზანია მყარი სხეულის ინერციის მომენტის განსაზღვრა გრეხითი რხევით (ნახ.2).

თუ მავთულის ერთ ბოლოს დავამაგრებთ საკიდზე ხისტად, ხოლო მეორე თავისუფალ ბოლოზე დავკიდებთ დისკოს, რომელზეც ვერტიკალურად დამაგრებულია ისარი და ამ სხეულს ,მავთულის როგორც ღერძის, გარშემო შემოვატრიალებთ და გავუშვებთ , მაშინ სხეული შეასრულებს გრეხით რხევას, რომლის გრეხითი რხევის პერიოდი იანგარიშება ფორმულით:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{G_{გრ}}} \qquad (4)$$

სადაც $G_{გრ}$ მავთულის გრეხის მოდულია, I დისკოს ინერციის მომენტი. თუ დისკოზე მოვათავსებთ წრიულ რგოლს, რომლის ინერციის მომენტია I_0.

$$I_0 = m\frac{R_1^2 - R_2^2}{2} \qquad (5)$$

მაშინ დისკოს რხევის პერიოდი იქნება

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I + I_0}{G_{გრ}}} \qquad (6)$$

მე-5 ფორმულაში m წრიული რგოლის მასაა, R_1 რგოლის გარე რადიუსია, R_2 კი შიგა რადიუსია.

(4) და (6) ფორმულებიდან ვღებულობთ, რომ გამოსაკვლევი სხეულის ინერციის მომენტი

$$I = I_0\frac{T^2}{T_1^2 - T^2} \qquad (7)$$

მუშაობის მსვლელობა

1.გავზომოთ წრიული რგოლის გარე R_1 და შიგა R_2 რადიუსი.

2. ავწონოთ წრიული რგოლი და განვსაზღვროთ მისი მასა m.

3. მე-5 ფორმულით გამოვთვალოთ რგოლის ინერციის მომენტი I_0.

4. დისკო შემოვაბრუნოთ მავთულის გარშემო მცირე კუთხით, ხელი გავუშვათ და ერთდროულად ჩავრთოთ წამზომი. დავთვალოთ რხევათა რიცხვი n= 20 და ავიღოთ შესაბამისი დრო t.

5. გამოვთავლოთ დისკოს რხევის პერიოდი $T=\frac{t}{n}$

6. დისკოზე მოვათავსოთ წრიული რგოლი და ცდა გავიმეოროთ ზუსტად ისე როგორც რგოლის არყოფნის შემთხვევაში და გამოვითვალოთ $T_1=\frac{t_1}{n}$.

7. ცხრილში შევიტანოთ დაკვირვების შედეგები და (7) ფორმულით გამოვითვალოთ დისკოს ინერციის მომენტი I, ΔI, $\frac{\Delta I}{I}$.

დაკვირვებათა ცხრილი

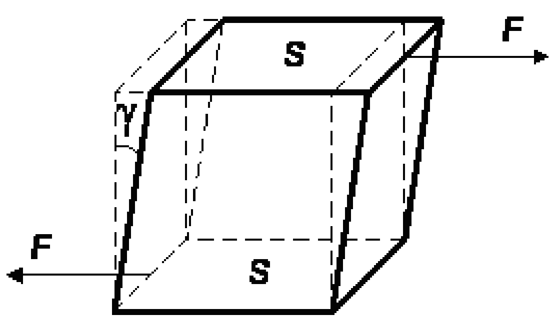
#	რგოლის მასა m ,კგ	რგოლის გარე რადიუსი R_1 ,მ	რგოლის შიგა რადიუსი R_2 ,მ	რგოლის ინერციის მომენტი I_0 ,კგმ^2	დისკოს რხევის პერიოდი T ,წმ	დისკოსა და წრიული რგოლის რხევის პერიოდი T_1 , წმ	დისკოს ინერციის მომენტი I ,კგმ^2	ΔI ,კგმ^2	ΔI/I x100%
1									
2									
3									

ლაბორატორიული სამუშაო #3-7

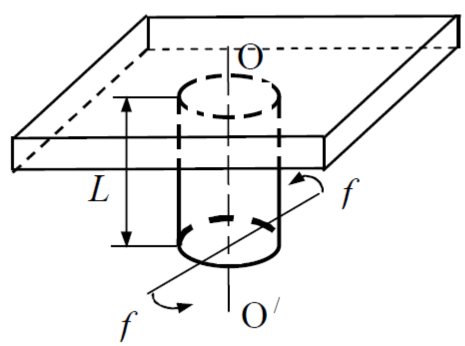
მყარი სხეულის ძვრის მოდულის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: სადგამზე მიმაგრებული გამოსაკვლევი მავთული, ლითონის ცილინდრი, სახაზავი, შტანგელფარგალი,მიკრომეტრი, წამზომი, ელექტრო სასწორი.

გარეშე ძალების მოქმედებით მყარი სხეულის ფორმისა და მოცულობის შეცვლას დეფორმაცია ეწოდება.
გარეშე ძალების მოქმედების მიხედვით შეიძლება გავარჩიოთ დეფორმაციის ხუთი სახე : გაჭიმვა, ღუნვა, გრეხა, ძვრა და კუმშვა.
განვიხილოთ დეფორმაციის ერთ-ერთი სახე: ძვრა. ამისათვის პარალელეპიპედის ფორმის სხეულის ერთი წახნაგი - ქვედა ფუძე, დავამაგროთ უძრავად. მის პარალელურ წახნაგზე ვიმოქმედოთ ფუძის პარალელური F ძალით. ამ შემთხვევაში პარალელეპიპედის ზედა წახნაგი გადაიწევა ქვედა წახნაგის მიმართ პარალელურად და მივიღებთ გადახრილ პარალელეპიპედს (ნახ.1). დეფორმაციის ამ სახეს ძვრას უწოდებენ, ხოლო φ კუთხეს - ძვრის კუთხეს. იგი მიღებულია დეფორმაციის ზომად.
მცირე დეფორმაციის დროს სამართლიანია ჰუკის კანონი $\mathbf{K= N\boldsymbol{\varphi}}$, სადაც G არის ძვრის მოდული, ხოლო $\boldsymbol{K = -\frac{F}{S}}$ ფართობის ერთეულზე ფუძის პარალელურად მოქმედი ძალაა და მას მხებ ძალას უწოდებენ.



ნახ.1



ნახ.2

ძვრის მოდულის ფიზიკური შინაარსის გასაგებად დავუშვათ, რომ $\varphi = 1$, მაშინ K= G. ე.ი. ძვრის მოდული ისეთი მხები ძალაა, რომელიც გვაძლევს

ერთეულოვან ძვრის კუთხეს. ძვრის მოდული K დამოკიდებულია იმ სხეულის მასალის გვარობაზე, რომელიც განიცდის დეფორმაციას.

მავთულს, რომლის ერთი ბოლო დამაგრებულია, მეორე ბოლოზე მოვდოთ წყვილი ff ძალა, მომენტით M (ნახ,2.) ამ წყვილი ძალის გავლენით მავთული დაიგრიხება. მავთულის ცალკეული განიკვეთები, რომლებიც პერპენდიკულარული არიან მისი ღერძის მეზობელი განივკვეთების მიმართ დაიწყებენ შემოტრიალებას, რაღაც კუთხეებით. ქვედა განივკვეთი შემოტრიალდება ზედას მიმართ φ კუთხით, რომელსაც ეწოდება გრეხის კუთხე. მაშინ ჰუკის კანონის თანახმად, რომელიც სამართლიანია მცირე დეფორმაციებისათვის ძალების წყვილის მომენტი M იქნება გრეხვის კუთხის პირდაპირპროპორციული **M=G**გრ. φ სადაც Gგრ. -გრეხის მოდულია.

მავთულის გრეხის მოდულსა და მასალის ძვრის მოდულს (N) შორის არის მარტივი დამოკიდებულება **G**გრ.**=N** $\frac{\pi r^4}{2L}$ (1) სადაც L- მავთულის სიგრძეა, r - მავთულის რადიუსი.თუკი მყარ სხეულს, რომელიც ჩამოკიდებულია მავთულზე, შემოვაბრუნებთ მცირე φ კუთხით და გავუშვებთ ხელს, იგი დაიწყებს ბრუნვას საკუთარი ღერძის გარშემო, რომელიც ემთხვევა მავთულის ღერძს. ბრუნვის დროს მყარი სხეული შეასრულებს რხევებს წონსწორობის საწყისი მდგომარეობის გარშემო. მბრუნავი სხეულის ასეთი რხევები წარმოადგენენ გრეხით რხევებს, ხოლო მყარი სხეული გრეხით ქანქარას.

ასეთი გრეხითი ქანქარის რხევის პერიოდი $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{G_{გრ}}}$ (2).

ცილინდრული ფორმის სხეულის შემთხვევაში $I = mR^2/2$ ძვრის მოდულის გამოსათვლელი ფორმულა ღებულობს შემდეგ სახეს: $N = 4\pi mR^2L/T^2r^4$ (3) სადაც m - ჩამოკიდებული ცილინდრის მასაა, R- ცილინდრის რადიუსი.

მუშაობის მსვლელობა

1. ელექტრო სასწორზე ავწონოთ ცილინდრი და გავიგოთ მისი მასა m.
2. ჩამოვკიდოთ სადგამზე მიმაგრებული მავთულის თავისუფალ ბოლოზე წინასწარ აწონილი ცილინდრი.
3. გავზომოთ ცილინდრის რადიუსი R და მავთულის სიგრძე L (მანძილი ჩამოკიდების წერტილიდან ცილინდრამდე). ხოლო შტანგეფარგალით მავთულის რადიუსი r .

4. ცილინდრი შემოვატრიალოთ მცირე, 15^0 -მდე, კუთხით და გავუშვათ ხელი. ცილინდრი დაიწყებს გრეხით რხევას. ჩავრთოთ წამზომი და ავითვალოთ 10 სრული რხევის შესაბამისი დრო.
5. მიღებული დრო გავყოთ სრულ რხევათა რიცხვზე და გამოვთვალოთ ცილინდრის რხევის სრული პერიოდი T. $\boldsymbol{T = \frac{t}{n}}$;
6. ცდით მიღებული შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში და (3) ფორმულით გამოვითვალოთ ძვრის მოდული.
7. ცდა გავიმეოროთ 3-ჯერ სხვადასხვა მასის ცილინდრებისთვის და გამოვითვალოთ აბსოლუტური და ფარდობითი ცდომილებები.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	ცილინდრის მასა, m კგ	ცილინდრის რადიუსი R ,მ	მავთულის რადიუსი r, მ	მავთულის სიგრძე L,მ	10 რხევის დრო t ,წმ	რხევის პერიოდი T,წმ.	ძვრის მოდული N ,ნ/მ^2	აბსოლუტური ცდომილება ΔN ,ნ/მ^2	ფარდობითი ცდომილება ΔN /N
1									
2									
3									

ლაბორატორიული სამუშაო #3-8

იუნგის მოდულის განსაზღვრა ჩაღუნვით

საჭირო ხელსაწყოები: საკვლევი ღერო, მიკრომეტრი, შტანგელფარგალი, შტატივი. ტვირთების ნაკრები, სასწორი.

გარეშე ძალების მოქმედებით სხეულის ფორმისა და მოცულობის ცვლილებას დეფორმაცია ეწოდება. მისი სახეებია: გაჭიმვა, კუმშვა, ძვრა, გრეხვა, ღუნვა და ყოველმხრივი კუმშვა.
განვიხილოთ გაჭიმვის დეფორმაცია (ნახ.1). ვთქვათ L სიგრძისა და S განიკვეთის ცილინდრის ერთი ბოლო დამაგრებულია, მეორეზე კი მოქმედებს გამჭიმავი F ძალა. მაშინ სხეული გაიჭიმება და დეფორმაციის ზომა ანუ აბსოლიტური წაგრძელება (ΔL) პირდაპირპროპორციული იქნება მოქმედი ძალისა, ღეროს საწყისი სიგრძისა და უკუპროპორციულია -განიკვეთის ფართობისა ე.ი. **ΔL=FL/EΔS**. სადაც E არის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია სხეულის გვარობაზე, მას იუნგის მოდულს უწოდებენ. დაწერილი ფორმულიდან გვაქვს **F/ΔS=EΔL/L** . სიდიდეს **F/ΔS**, რომელიც წარმოადგენს ფართობის ერთეულზე მოქმედ ძალას, ეწოდება ძაბვა და აღინიშნება σ-თი. ე.ი. **σ=EΔL/L.** σ იზომება ნ/მ^2. თუ დავუშვებთ რომ Δ L= L , მივიღებთ **σ=E**. ე.ი იუნგის მოდული არის ძაბვა, რომელიც იწვევს ღეროს სიგრძის გაორკეცებას მისი წაგრძელების ანუ გაჭიმვის დეფორმაციის დროს. იუნგის მოდული აღინიშნება E ასოთი და მისი ერთეულია ნ/მ^2.

იუნგის მოდულის განსაზღვრისათვის გამოვიყენოთ ღუნვის შემთხვევა. ავიღოთ ღერო და მისი ორივე ბოლო დავამაგროთ შტატივებზე ჰორიზონტალურად. შუაზე დავკიდოთ ტვირთი, ღერო ჩაიღუნება. ჩაღუნვის სიდიდე წარმოადგენს ღეროს დეფორმაციის ზომას, მას ღუნვის ისარსაც უწოდებენ. დეფორმაციის ზომა ანუ ღუნვის ისარი აღინიშნება λ ასოთი. თუ ღეროს სიდიდე არის L, სიგანე – b და სისქე- a, დაკიდებული ტვირთის წონა-P, მაშინ თეორია იძლევა ფორმულას: $\boldsymbol{E = \frac{1}{16}\frac{P}{\lambda}\frac{L^3}{ba^3}}$.

მუშაობის მსვლელობა

ორი A და B საყრდენზე დამაგრებულია ღერო. მის შუაწერტილზე დაკიდებულია ტვირთი, ღუნვის ისარის ათვლა წარმოებს შტატივზე დამაგრებული მიკრომეტრით (ნახ.2,3).

1. სახაზავის საშუალებით გაზომეთ ღეროს სიგრძე დამაგრების წერტილებს შორის L (მ).

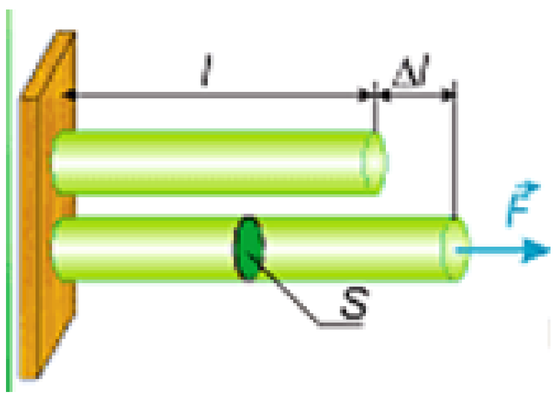
2. შტანგელფარგლის საშუალებით გაზომეთ ღეროს სიგანე b(მ) და სისქე a(მ). ღეროს დატვირთვამდე მიკრომეტრის ხრახნი შეახეთ ღეროს და ჩაიწერეთ საწყისი ანათვალი n_0(მ).

3. აწონეთ ტვირთები P(ნ).

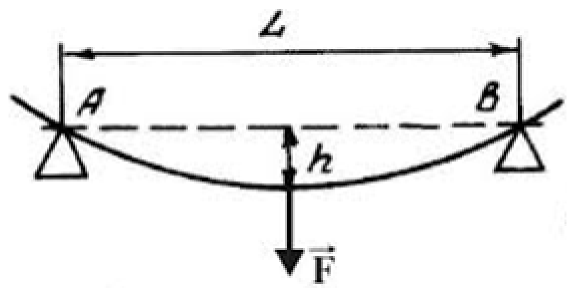
4. ჩამოკიდეთ აწონილი ტვირთი. ღერო ჩაიღუნება. ჩახრახნეთ მიკრომეტრი და შეახეთ ისევ ღეროს. აიღეთ ანათვალი n_1(მ). გამოთვალეთ ღუნვის ისარი $\boldsymbol{\lambda = n_1 - n_0}$.

5. ანათვალები შეიტანეთ დაკვირვებათა ცხრილში და ფორმულის საშუალებით განსაზღვრეთ იუნგის მოდული E.

6. განსაზღვრეთ ცდომილებები.



ნახ.1



ნახ.2


ნახ.3

დაკვირვებათა ცხრილი

#	ღეროს დასახელება	ღეროსსიგრძე L, მ	ღეროს სიგანე b, მ	ღეროს სისქე a,მ	საწყ. ანათვალი n_0	ახალი ანათვალი n_1	ღუნვის ისარი λ,მ	დატვირთვა P,ნ	იუნგის მოდული E,ნ/მ²	ΔE, ნ/მ²	$\frac{\Delta E}{E}$
1											
2											
3											

ლაბორატორიული სამუშაო #3-9

ფხვიერ ნივთიერებათა სითბოგამტარობის კოეფიციენტის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: ყუთი გამოსაკვლევი ნივთიერებით, ლითონის ფირფიტა, თერმოწყვილები, წამზომი, შტანგელფარგალი, სახაზავი, სასწორი, ელექტროქურა ან სპირტქურა, მულტიმეტრები.

სითბოგამტარობა ეწოდება ენერგიის გადატანას გამოწვეულს ტემპერატურათა სხვაობით და მოლეკულების ქაოსური მოძრაობით. სითბოგამტარობა სითბოს გადაცემის ერთერთი სახეა. სითბოგამტარობის მოვლენას ადგილი აქვს ყოველთვის, როდესაც სხეულის ცალკეულ უბნებს შორის არსებობს ტემპერატურათა სხვაობა. სითბო ვრცელდება სხეულის მეტად გამთბარი ნაწილებიდან ნაკლებ გამთბარისკენ და ადგილი აქვს სხეულში ტემპერატურის გათანაბრებას.

სითბოგამტარობის მექანიზმი დამოკიდებულია სხეულის ბუნებაზე და ფიზიკურ მდგომარეობაზე. მყარი სხეულის შემთხვევაში სითბოგამტარობის მექანიზმი ლითონებში და დიელექტრიკებში სხვადასხვაა. ლითონების დამახასიათებელი თვისებაა კარგი სითბოგამტარობა. ცდებმა გვიჩვენა რომ ლითონის სითბოგამტარობა მით უფრო მეტია რაც უფრო მეტია მისი ელექტროგამტარობა. აქედან გამომდინარე, ლითონებში სითბოგამტარობის პროცესი ძირითადად ხორციელდება თავისუფალი ელექტრონების მიერ ენერგიის გადატანის ხარჯზე.

თუ მყარ სხეულში არ არის თავისუფალი ელექტრონები, მაშინ გამტარობის მექანიზმი იქ სულ სხვანაირია. ასეთი სხეულების სითბოგამტარობა დამოკიდებულია კრისტალური მესრის შემქმნელი ნაწილაკების სითბური მოძრაობის ხასიათზე. მყარი სხეულის კრისტალური მესრის კვანძები განსაზღვრავენ ნაწილაკების წონასწორულ მდებარეობას. ნაწილაკები (იონები, ატომები, მოლეკულები) განუწყვეტლივ ირხევიან ამ წონასწორობის მდებარეობების მიმართ. რხევების ინტენსიურობა იზრდება ტემპერატურასთან ერთად. კრისტალური მესრის შემქმნელი ნაწილაკები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ურთიერთქმედების ძალებით. ამის გამო მესრის კვანძებში ნაწილაკების სითბური რხევები გადაეცემა სხვა ნაწილაკებს და კრისტალში

გავრცელდება დრეკადი ტალღები, რომლებსაც გადააქვს სითბური რხევები კვანძიდან კვანძში. კრისტალური სითბოგამტარობის კოეფიციენტი მცირეა.

სითბოგამტარობის კოეფიციენტის (K-ს) განსაზღვრის მრავალი მეთოდი არსებობს. ისინი განპირობებულია საკვლევი ობიექტის სხვადასხვა ფიზიკური თვისებით. ჩვენი ამოცანის მიზანია ფხვიერი სამშენებლო მასალის (კერძოდ, სილის) სითბოგამტარობის კოეფიციენტის განსაზღვრა. ასეთ შემთხვევაში იმ მეთოდს აქვს უპირატესობა , როდესაც იზომება არა ტემპერატურა, არამედ დრო და მანძილი. ეს დაკავშირებულია ნაკლებ სიძნელეებთან და გასაზომ სიდიდესთან უკეთეს მიახლოებას გვაძლევს.

ვთქვათ, რაიმე უსაზღვრო გარემოს ყოველ წერტილში ტემპერატურა ერთნაირია. ამ გარემოს რომელიმე წერტილში მოვათავსოთ მეყსეული სითბოს წყარო. სითბო გადაეცემა გარემოს სითბური ტალღების სახით და t დროის შემდეგ მიაღწევს წყაროდან რაიმე x მანძილით დაშორებულ წერტილამდე. თუ მოცემულ წერტილში დავაკვირდებით ტემპერატურის ცვლილებას, შევამჩნევთ, რომ ტემპერატურა ჯერ იზრდება, მიაღწევს მაქსიმუმს რაღაც t_m დროში და შემდეგ იწყებს შემცირებას. x მანძილისა და t_m დროის გაზომვის საშუალებით შეგვიძლია გამოვითვალოთ მყარი სხეულის სითბოგამტარობის კოეფიციენტი ფორმულით: $\mathbf{K} = \frac{x^2 C_V \rho}{2t_m}$ (1)

სადაც K- მყარი სხეულის სითბოგამტარობის კოეფიციენტია და რიცხობრივად სითბოს იმ რაოდენობის ტოლია, რომელიც გადაიტანება დროის ერთეულში (წამი) ერთი ერთეული (1მ²) ფართობის ზედაპირში, როდესაც ტემპერატურის გრადიენტი ერთი ერთეულის ტოლია. სითბოგამტარობის ერთეულია კკალ/სმ.წმ.გრად., ან SI სისტემაში ჯ/მ.წმ.გრად=ვტ/მ.გრად. C_V- მუდმივი მოცულობის კუთრი სითბოტევადობაა. ρ- სხეულის სიმკვრივეა.

ამრიგად სითბოგამტარობის კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის უნდა გაიზომოს x მანძილი სითბოს მეყსეულ წყაროდან სითბოს მიმღებამდე და დროის t_m- შუალედი, რომლის განმავლობაშიც ტემპერატურა სითბოს მიმღებში მაქსიმუმს აღწევს.

მუშაობის მსვლელობა

1`. სასწორის საშუალებით გავიგოთ ჭურჭლის მასა m_1, შემდეგ ჭურჭელში ჩავყაროთ ფხვიერი ნივთიერება, ჩვენ შემთხვევაში სილა.

2. ავწონოთ სილიანი ჭურჭელის მასა m_2 და გავიგოთ ნივთიერების მასა ფორმულით: $\mathbf{m = m_2 - m_1}$.

3. გავზომოთ ჭურჭლის სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე და გავიგოთ ჭურჭლის მოცულობა **V = abc.**

4 . ფორმულით $\boldsymbol{\rho = \frac{m}{V}}$ გამოვთვალოთ ნივთიერების სიმვრივე და მონაცემი შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში;

5. ყუთში ჩაყრილ მშრალ სილაში ჩავუშვათ ლითონის ბრტყელი, თხელი ფირფიტა.

6. სითბოს მიმღებად სილაში ჩავუშვათ მულტიმეტრზე დაერთებული თერმოწყვილი;

7. ფირფიტა ამოვიღოთ სილიდან და გავახუროთ ელექტროქურით და ისევ სილაში ჩავუშვათ (ფოტო1,2).

8. იმავე მომენტში ჩავრთოთ წამმზომი და ავითვალოთ t_m დრო, რომლის განმავლობაში თერმოწყვილის ჩვენება მიაღწევს მაქსიმუმს.(დროის ათვლა ვაწარმოოთ თერმოწყვილის ყოველი გრადუსით მომატების დროს, რათა დაფიქსირდეს თერმოწყვილის მაქსიმუმის ჩვენების ზუსტი დრო).

9. შტანგელფარგლის საშუალებით გავზომოთ x მანძილი ფირფიტიდან თერმოწყვილამდე.

10. (1) ფორმულით გამოვითვალოთ მყარი სხეულის სითბოტევადობა.

11. ცდა გავიმეოროთ რამოდენიმეჯერ და შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში.

12. გამოვითვალოთ ფარდობითი ცდომილება.

ფოტო1

ფოტო 2

დაკვირვებათა ცხრილი

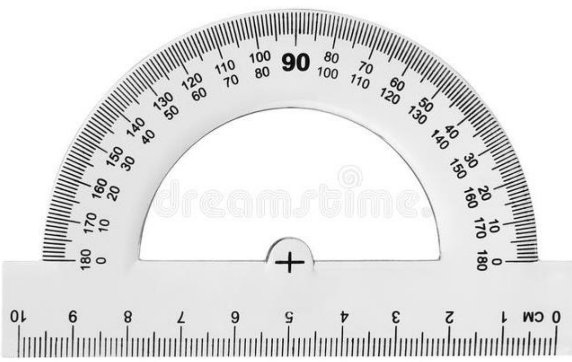
#	დროის შუალედი t_m ,წმ	მანძილი ფირფიტიდან თერმოწყვილამდე X ,მ.	გამოსაკვლევი ნივთიერების სიმკვრივე ρ, კგ/მ³	გამოსაკვლევი ნივთიერების C_V, ჯ/კგK	სითბო გამტარობის კოეფიციენტი K, ვტ/მ.K	ΔK, ვტ/მ.K	$\frac{\Delta K}{K}$
1				835			
2							
3							

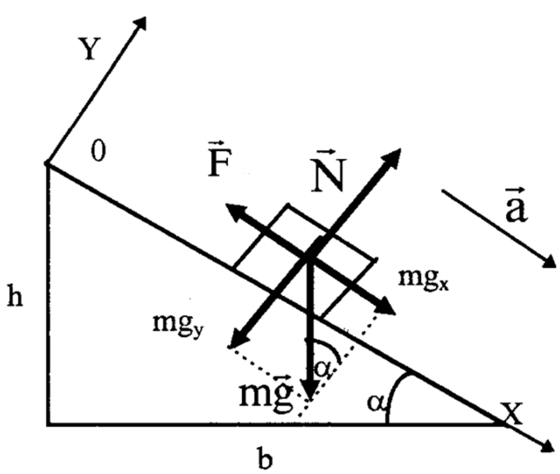
საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაო #3- 10

(ქვიზი 2)

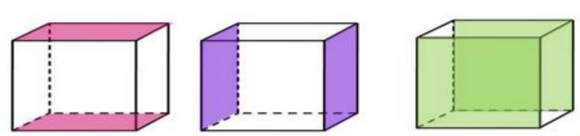
ხახუნის კოეფიციენტის სიდიდისა და ხახუნის კოეფიციენტის სიდიდის შეხების ზედაპირის ფართობზე დამოკიდებულის განსაზღვრა დახრილი სიბრტყის საშუალებით.

საჭირო ხელსაწყოები: დახრილი სიბრტყე (ტრიბომეტრი), ხის პარალელეპიპედი,სახაზავი, ტრანსპორტირი.





ნახ.1



ნახ.2

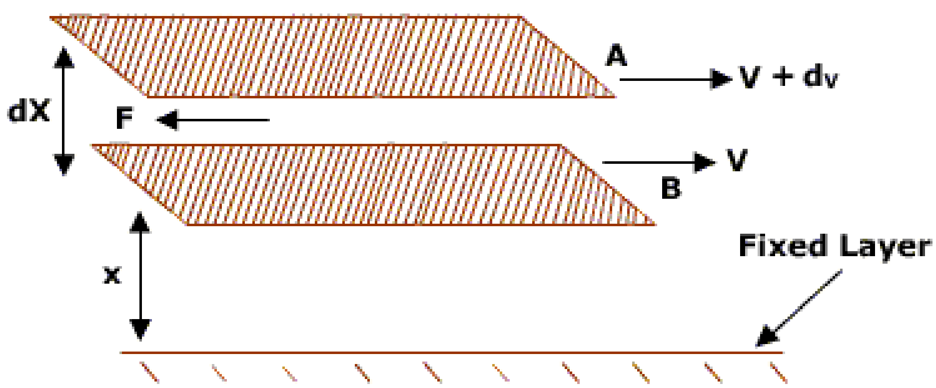
1.ნახ.1 -ის დახმარებით თეორიულად განსაზღვრეთ ხახუნის კოეფიციენტის სიდიდის დამოკიდებულება დახრილი სიბრტყის გეომეტრიულ პარამეტრებზე (h,b,OX,α).
2.შეიძლება თუ არა თეორიულად დადგენილი კანონზომიერების ექსპერიმენტზე შემოწმება მხოლოდ სახაზავის გამოყენებით;
3. მხოლოდ ტრანსპორტირის გამოყენებით.
4.აღწერეთ ექსპერიმენტის მსვლელობა; შეადგინეთ ექსპერიმენტის ჩატარების გეგმა.
5.ჩაატარეთ ექსპერიმენტი.
6.ექსპერიმენტულად დაადგინეთ ხახუნის კოეფიციენტის სიდიდის შეხების ზედაპირის ფართობზე (ნახ.2) დამოკიდებულება.
7.გააკეთეთ დასკვნები.

ლაბორატორიული სამუშაო #3-11

სიბლანტის კოეფიციენტის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: სადგამზე დამაგრებული მინის ცილინდრული ჭურჭელი საკვლევი სითხით, სადგამზე დამაგრებული სახაზავი, ელექტრო სასწორი, წამზომი, შტანგელფარგალი, ფოლადის სხვადასხვა ზომის ბირთვები.

თუ სითხის ორი ფენა მოძრაობს ერთი მიმართულებით სხვადასხვა სიჩქარით, მაშინ ეს ფენები ერთიმეორეზე მოქმედებენ გარკვეული ძალით. დიდი სიჩქარით მოძრავი ფენა მოქმედებს ნაკლები სიჩქარით მოქმედ ფენაზე ამაჩქარებელი ძალით, ხოლო ნაკლები სიჩქარით მოძრავი ფენა კი მოქმედებს საწინააღმდეგო მიმართულების ძალით. ე.ი. ფენებს შორის მოქმედებს შინაგანი ხახუნის ანუ სიბლანტის ძალები. შინაგანი ხახუნის ძალები ფენებისადმი მხებადაა მიმართული და მით მეტია რაც მეტია შემხები ფენის ფართობის სიდიდე და დამოკიდებულია სითხის სიჩქარის ცვლილების სიდიდეზე.



ნახ.1

გამოვყოთ მოძრავ სითხეში ორი A და B ფენა რომელებიც ერთიმეორისაგან Δx მანძილით არიან დაშორებულნი ნახ.1.მათი სიჩქარეები შესაბამისად იყოს V_1 და V_2. ნიუტონმა დაადგინა, რომ ფენების ურთქმიედების ძალა F პირდაპირპროპორციულია ფენების სიჩქარეთა სხვაობისა ფენების საერთო ფართობისა და უკუპროპორციულია ფენებს შორის Δx მანძილისა.

$\boldsymbol{F = \eta \frac{V_1 - V_2}{\Delta x} \Delta S}$ (1) სადაც ΔS - სითხის ფენების ფართობია .

$\frac{V_1-V_2}{\Delta x}=\frac{\Delta V}{\Delta x}$ სიჩქარის გრადიენტია (სიჩქარის ცვლილება ერთეულ მანძილზე ფენებისადმი მართობი მიმართულებით), ხოლო η-შინაგანი ხახუნის ანუ დინამიკური სიბლანტის კოეფიციენტია და დამოკიდებულია სითხის გვარობაზე. მაშინ მივიღებთ, რომ $F=\boldsymbol{\eta}\frac{\Delta V}{\Delta x}\Delta \boldsymbol{S}$ (2)

დინამიკური სიბლანტის კოეფიციენტის ფიზიკური აზრის დასადგენად დაუშვათ, რომ $\Delta S = 1$მ^2 ; $\frac{\Delta V}{\Delta x}$ = 1წმ$^{-1}$; მაშინ $F=\eta$. ე.ი. სითხის სიბლანტის კოეფიციენტი რიცხობრივად იმ შინაგანი ხახუნის ძალის ტოლია, რომელიც მოქმედებს სითხის ფენების ურთიერთშეხების ფართობის ერთეულზე, როცა სიჩქარის გრადიენტი ერთეულის ტოლია.

$$[\boldsymbol{\eta}]=\frac{[\boldsymbol{F}][\boldsymbol{\Delta x}]}{[\boldsymbol{\Delta V}][\boldsymbol{\Delta S}]} = 1\text{ნ.წმ/მ}^2 = 1\text{პა.წმ} = 10\text{პუაზი}$$

სიბლანტის კოეფიციენტი დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ტემპერატურის გადიდებით სითხის სიბლანტე იზრდება, ხოლო აირებისა კი მცირდება. დინამიკური სიბლანტის კოეფიციენტის ფარდობას სითხის სიმკვრივესთან ρ კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტს უწოდებენ და აღინიშნება ν - თი. $\boldsymbol{\nu}=\frac{\boldsymbol{\eta}}{\boldsymbol{\rho}}$ (3).

SI- სისტემაში კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტის ერთეულია მ^2/წმ.

სითხეში მოძრავ სხეულზე მოქმედებს შინაგანი ხახუნის ანუ სიბლანტის ძალა და სტოქსის კანონის თანახმად ეს ძალა პირდაპირპროპორციულია სითხეში მოძრავი სხეულის სიჩქარისა -V, სითხის სიბლანტის კოეფიციენტის - η და სხეულის ხაზოვანი ზომების.

სფერული ფორმის სხეულის მოძრაობის დროს ეს ძალა ასე გამოისახება:

$$\boldsymbol{F}=\boldsymbol{6\,\pi\,\eta\,r\,V} \qquad (4)$$

სადაც r სფეროს რადიუსია. ამ ფორმულით შეიძლება განისაზღვროს სითხის სიბლანტის კოეფიციენტი.

დავუშვათ,რომ სითხეში ვარდება r რადიუსიანი ბირთვი, მაშინ მასზე მოქმედებს სიმძიმის ძალა **p=mg** და სითხის სიბლანტის ძალა F . მოძრაობის დასწყისში ბირთვის მოძრაობა თანაბარაჩქარებულია. სიჩქარის ზრდასთან ერთად იზრდება სიბლანტის F ძალაც. როდესაც სითხის სიბლანტის ძალა და სიმძიმის ძალა ერთი მეორეს გაუტოლდება p = F, მაშინ ბირთვი იმოძრავებს თანაბრად მუდმივი V_0 სიჩქარით და სფეროზე მოქმედი სიმძიმის ძალა ტოლი იქნება:

$$\boldsymbol{P}=\boldsymbol{6\,\pi\eta r V_0} \qquad (5)$$

მეორე მხრივ სითხეში მოძრავ ბირთვზე მოქმედი p ძალა, არქიმედეს კანონის თანახმად ტოლია: $\mathbf{P = P_0 - P_1}$, სადაც $\mathbf{P_0 = mg}$ სფეროს წონაა ჰაერში , ხოლო P_1 ბირთვის მიერ გამოდენილი სითხის წონაა $\mathbf{P_1 = m_1 g}$.

$\mathbf{P = (m - m_1)\, g}$ (6), მაგრამ ბირთვის მასა $\mathbf{m} = \boldsymbol{\rho V = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho}$,

სადაც ρ ბირთვის სიმკვრივეა, r მისი რადიუსი, ამის ანალოგიურად გამოდევნილი სითხის მასა იქნება $\mathbf{m_1} = \boldsymbol{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1}$. სადაც ρ_1 სითხის სიმკვრივეა. ამიტომ (6) ტოლობიდან მივიღებთ: $\boldsymbol{P = \frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho - \rho_1)}$ (7).

თუ P - ს ამ მნიშვნელობას შევიტანთ (5) ტოლობაში და განვსაზღვრავთ η მივიღებთ: $\boldsymbol{\eta = \frac{2gr^2(\rho - \rho_1)}{9V_0}}$ (8).

სითხეში ბირთვის თანაბარი მოძრაობის დროს გავლილი მანძილი ავღნიშნოთ ℓ- ით და შესაბამისი დრო t-თი, მაშინ $\boldsymbol{V_0 = \frac{\ell}{t}}$ და (8) ფორმულიდან მივიღებთ: $\boldsymbol{\eta = \frac{2gr^2(\rho - \rho_1)t}{9\ell}}$ (9).

ამ ფორმულით გამოითვლება სითხის სიბლანტის კოეფიციენტი.

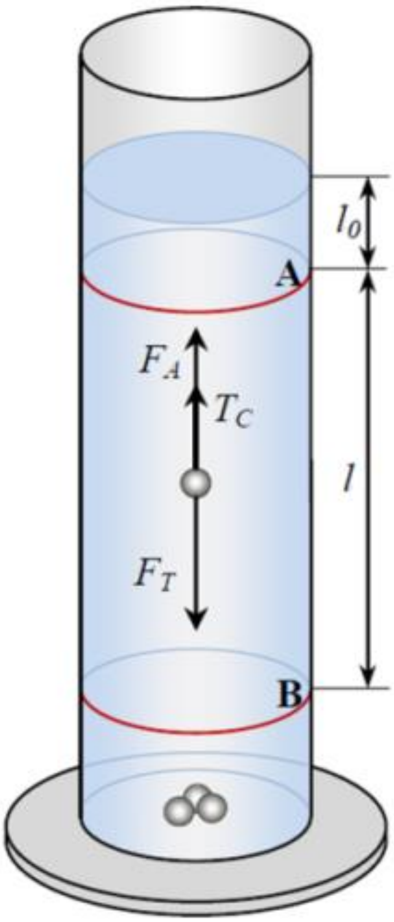
მუშაობის მსვლელობა

ხელსაწყო წარმოადგენს ცილინდრული ფორმის მინის ჭურჭელს (ნახ.2,3).

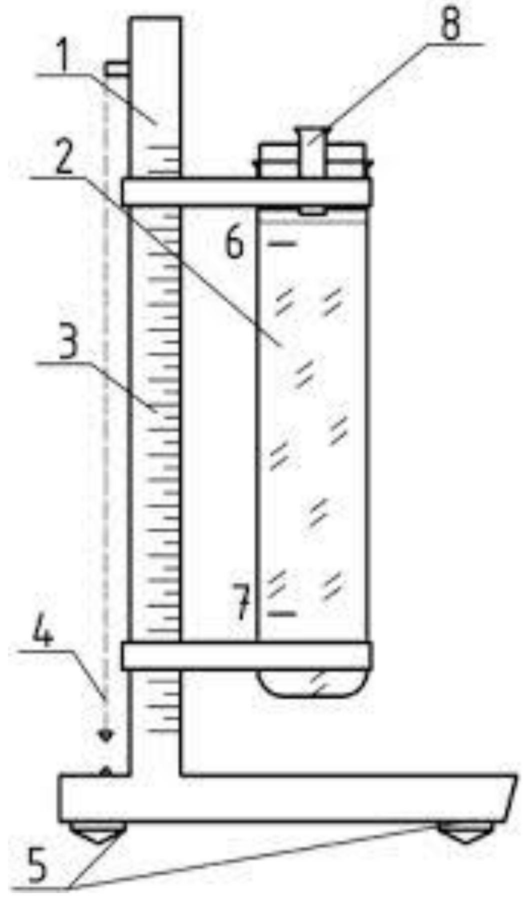
1. ცილინდრის მილს გავუკეთოთ რეზინის A და B რგოლები სხვადასხვა ადგილას. ერთი სითხის ზედაპირიდან ქვემოთ 15 სმ სიმაღლეზე, მეორე კი ფსკერიდან 5 სმ-ზე.
2. სახაზავით გავზომოთ A და B წერტილებს შორის მანძილი ℓ.
3. შტანგელფარგლის საშუალებით გავზომოთ ბირთვის დიამეტრი.
4. სასწორის საშუალებით გავიგოთ ბირთვის მასა და გამოვთვალოთ ბირთვის სიმკვრივე $\boldsymbol{\rho = \frac{m}{V} = \frac{3}{4}\frac{m}{\pi r^3}}$;
5. ჩავაგდოთ გაზომილი ბირთვი საკვლევ სითხეში და როგორც კი მიაღწევს პირველ რგოლს (A) წამზომი ავამუშავოთ, ბირთვის მეორე რგოლთან (B) წამზომი გავაჩეროთ. ე.ი.გავზომოთ ბირთვის მიერ ℓ მანძილის გავლაზე დახარჯული დრო.

5.საკვლევი სითხის სიმკვრივის მნიშვნელობა ავიღოთ სიმკვრივეთა ცხრილიდან.

6. ცდის შედეგები შევიტანოთ დაკვირვებათა ცხრილში და გამოვითვალოთ სიბლანტე η; $\Delta\eta$ და $\Delta\frac{\eta}{\eta}$.



ნახ.2



ნახ.3

დაკვირვებათა ცხრილი

#	საკვლევი სითხის დასახელება	რგოლებს შორის მანძილი ℓ,მ	ბირთვის რადიუსი $r= d/2$,მ	ბირთვის სიმკვ - რივე ρ, კგ/მ^3	სითხის სიმკვრივე ρ_1, კგ/მ^3	რგოლებს შორის მოძრაობის დრო t,წმ	სიბლანტე η , პა.წმ	$\Delta\eta$, პა.წმ	$\Delta\frac{\eta}{\eta}$
1									
2									
3									

ლაბორატორიული სამუშაო #3-12

მეტალების სითბოგამტარობის კოეფიციენტის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: ალუმინისა და უცნობი მეტალისაგან დამზადებული ღეროები თანაბარი მანძილით დაშორებული (2სმ),თერმოწვილთან კონტაქტის დასაფიქსირებელი მცირე ზომის ჩახვრეტებით, სპირტქურა, ბრტყელტუჩა , ორი მულტიმეტრი, ორი თერმოწყვილი.

ფოტო 1


ფოტო 2~

თერმოდინამიკური წონასწორობისას სისტემის ყველა ნაწილის ტემპერატურა ერთნაირია. თუკი ტემპერატურები განსხვავებულია, სისტემის უფრო გაცხელებული ადგილიდან ნაკლებად გაცხელებულისკენ, წარმოიქმნება სითბოს გადაცემის (სითბოცვლის) პროცესი.

სითბოცვლის ყველაზე უფრო ზოგად მექანიზმს წარმოადგენს სითბოგამტარობა, როდესაც სითბოს გადაცემა ხდება ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების (მოლეკულები, ატომები, ელექტრონები) ქაოტური მოძრაობისას ენერგიების ურთიერთგაცვლის შედეგად.

მეტალების განსსკუთრებულობა მდგომარეობს იმაში, რომ სითბოცვლის პროცესში მონაწილეობას ღებულობენ არა მარტო მერხევი ატომები, არამედ თავისუფალი (არალოკალიზირებული) ელემენტები, ელექტრონები. დიდი სიჩქარით მოძრავი ელექტრონები უზრუნველყოფენ ძირითად შენატანს მეტალების სითბოგამტარობაში, რის გამოც მეტალების სითბოგამტარობა მნიშვნელოვნად აღემატება სხვა დანარჩენი ნივთიერებების სითბოგამტარობას.

განვიხილოთ სითბოგადაცემის მარტივი ერთგანზომილებიანი შემთხვევა. ამის მაგალითია თბოიზოლირებული ღერო, რომელშიც ტემპერატურა იცვლება მხოლოდ ერთ განზომილებაში. რაც უფრო დიდია ნივთიერების მეზობელ ფენებს შორის ტემპერატურების სხვაობა, მით მეტი ენერგიის გადაცემა ხდება ნაწილაკების ყოველი ურთიერთქმედების დროს. შესაბამისად მით მეტია სითბური ნაკადი. თუკი შევქმნით ისეთ პირობებს, რომ ღეროს ბოლოებზე ტემპერატურები იქნება ფიქსირებული, გარკვეულ დროში ღეროებში დამყარდება ტემპერატურის სტაციონალური განაწილება. ე.ი. ამ შემთხვევაში ტემპერატურის განაწილება ღეროს მთელ სიგრძეზე იქნება წრფივი, ხოლო სითბური ნაკადი მუდმივი.

მათემატიკურად სითბოგამტარობა აღიწერება ფურიეს კანონით,რომლის თანახმადაც $\mathbf{Q = \lambda (T_2 - T_1) S \tau / L}$ (1) სადაც: L-ღეროს სიგრძეა,მ; S-ღეროს განივკვეთი,მ^2; T_2-ცხელი ფენის ტემპერატურა,K; T_1 - ცივი ფენის ტემპერატურა,K; τ - დრო, რომლის განმავლობაშიც ხორციელდება სითბოს გადატანა,წმ; Q - სითბური ნაკადი,ჯ. - ესაა სითბოს რაოდენობა, რომელიც გადაეცემა იზოთერმიული ზედაპირის მეშვეობით τ დროის განმავლობაში. λ - პროპორციულობის კოეფიციენტი, არის სითბოგამტარობის კოეფიციენტი, ვტ/(მ K). იგი რიცხობრიბად ტოლია ენერგიის, რომელიც გადის სითბოს სახით სხეულის განიკვეთის ერთეულ ფართობში, დროის ერთეულში, როდესაც

ტემპერატურის ცვლილება ერთის ტოლია. ე.ი. როდესაც $S=1$, $\tau=1$, $T_2-T_1=1$, $\ell=1$, $\lambda = Q$.

ბევრი მასალისათვის სითბოგამტარობის კოეფიციენტი არ წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს და დამოკიდებულია ტემპერატურაზე (ნახ.1).

იმისათვის, რომ დავადგინოთ უცნობი მეტალის სითბოგამტარობის კოეფიციენტი ვატარებთ შემდეგ ცდას. ვიღებთ ცნობილი მეტალის, ჩვენ შემთხვევაში ალუმინის და უცნობი მეტალის ერთნაირი ზომის ღეროებს (ფოტო.2). ღეროების ერთ ბოლოს ვახურებთ ერთნაირი სითბოს წყაროს საშუალებით, ანუ მეტალის ღეროებში ვქმნით სითბურ ნაკადს - Q (ფოტო.1). გარკვეული დროის (τ) შემდეგ ღეროებში შეიქმნება ისეთი პირობები, რომლის დროსაც სითბური ნაკადი იქნება მუდმივი. მაშინ, თუკი უგულვებელვყობთ გარემოსთან თბოგაცვლის გამო მეტალის ღეროს მიერ სითბოს კარგვას, ექსპერიმენტის პირობებში როდესაც $Q_1 = Q_2$, $\tau_1 = \tau_2$, $L_1 = L_2$ (1) ფორმულის გამოყენებით შესაძლებელი იქნება დავწეროთ, რომ:

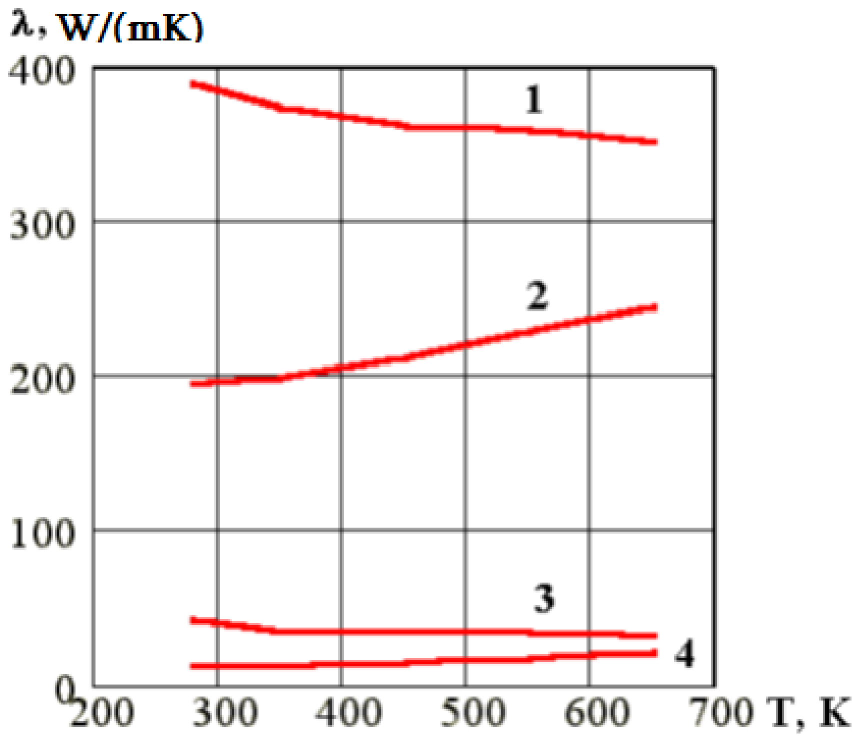
$\lambda_{A1} (T_2 - T_1) S_1 \tau_1 / L_1 = \lambda_x (T_4 - T_3) S_2 \tau_2 / L_2$, საიდანაც $\lambda_x = \lambda_{A1} (T_2 - T_1) / (T_4 - T_3)$ (2).

$T_2 - T_1$ და $T_4 - T_3$ ღეროებზე L (ჩვენ შემთხვევაში L=4სმ) მანძილით დაშორებულ ორ წერტილს შორის ტემპერატურათა სხვაობაა.

მუშაობის მსვლელობა

1. დაამაგრეთ ალუმინის ღერო შტატივზე, როგორც ეს ნაჩვენებია ფოტო 1-ზე.
2. დაამაგრეთ თერმოწყვილები ღეროზე პირველ და მესამე ნახვრეტში.
3. ჩართეთ მულტიმეტრები ტემპერატურის გაზომვის რეჟიმში.
4. აანთეთ სპირტქურა და მიიტანეთ ღეროს ბოლოსთან.
5. ჩართეთ წამზომი და 5 წთ-ის განმავლობაში, ყოველ 30 წმ-ში , პირველ და მეორე მულტიმეტრებზე ერთდროულად აიღეთ ტემპერატურის ანათვალი.
6. მონაცემები შეიტანეთ დაკვირვებათა ცხრილში
7. მოხსენით ალუმინის ღერო და მის ადგილზე ანალოგიურად დაამაგრეთ უცნობი მეტალის ღერო.
8. ცდა გაიმეორეთ იგივე თანმიმდევრობით როგორც ალუმინის ღეროს შემთხვევაში.

9. ცხრილში ალუმინის სითბოგამტარობის კოეფიციენტის (λ_{Al}) სიდიდის შეტანისას გაითვალისწინეთ მისი ტემპერატურაზე დამოკიდებულება (ნახ. 1).
10. ფორმულა (2) - ის საშუალებით იანგარიშეთ უცნობი მეტალის სითბოგამტარობის კოეფიციენტის (λ_x) მნიშვნელობა.
11. ექსპერიმენტის მონაცემების ანალიზის საშუალებით გააკეთეთ დასკვნა:
    1. λ_x მიღებული მნიშვნელობებიდან რომელი შეიძლება ჩაითვალოს სწორად.
    2. რომელი სახის მეტალის სითბოგამტარობის კოეფიციენტის მნიშვნელობას ემთხვევა თქვენს მიერ მიღებული λ_x სიდიდე?
    3. რამდენად მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა ის ფაქტი, რომ ექსპერიმენტის დროს არ იყო გათვალისწინებული მეტალის ღეროს მიერ სითბოს კარგვა გარემოსთან თბოგაცვლის გამო?



ნახ.1 ზოგიერთი მეტალის სითბოგამტარობის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე: 1 –Cu; 2- Al; 3- ნახშირბადიანი ფოლადი; 4-უჟანგავი ფოლადი 18-8.

დაკვირვებათა ცხრილი

#										
τ_1										
T_1										
T_2										
λ_{Al}										
τ_2										
T_3										
T_4										
λ_x										

ლაბორატორიული სამუშაო #3-13

განათებულობის დამოკიდებულება მანძილზე

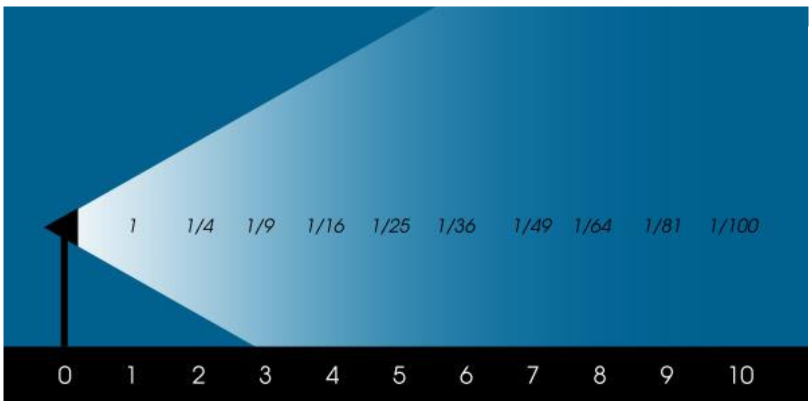
საჭირო ხელსაწყოები:სინათლის წყარო (სანათი), სახაზავი, ნახევარგამტარული ფოტოელემენტი და მულტიმეტრი (ან ლუქსმეტრი).

ამოცანის მიზანია განვსაზღვროთ თუ როგორ იცვლება განათებულობის სიდიდე სინათლის წყაროდან მანძილის მიხედვით.

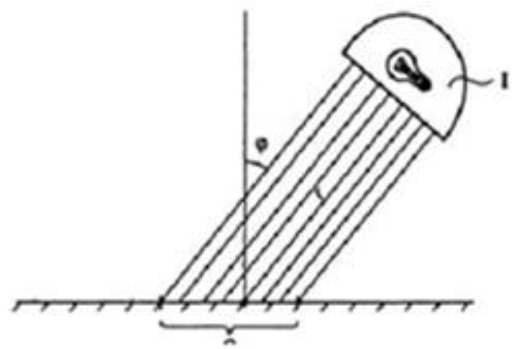
განათებულობა მთავარი ფოტომეტრიული სიდიდეა ადამიანისათვის. განათებულობა (E) ეს არის სინათლის ნაკადის (∅, ერთეული − ლუმენი) ფარდობა იმ ზედაპირის ფართობთან (S) , სადაც ეს სინათლე ეცემა $\mathbf{E} = \frac{\emptyset}{\mathbf{S}}$ (1). განათებულობის ერთეულია-ლუქსი. ლუქსი ისეთი განათებულობაა, რომელსაც ქმნის 1ლუმენი სინათლის ნაკადი 1მ ^{2}ფართობზე. იმისათვის, რომ დავადგინოთ, როგორ იცვლება განათებულობა სინათლის წყაროსთან დაშორების მიხედვით (1) ფორმულაში გავითვალისწინოთ, რომ სინათლის ნაკადი (∅) სინათლის ძალასთან (I) დაკავშირებულია ფორმულით $\emptyset = \mathbf{I}\,\mathbf{\Omega}$ (2). სადაც Ω - სხეულოვანი კუთხეა, მისი ერთეულია სტერადიანი და $\mathbf{\Omega} = \frac{\mathbf{S}}{\mathbf{R^2}}$(3). თუ გავითვალისწინებთ, რომ სფეროს ზედაპირის მთლიანი ფართობი უდრის $\mathbf{S = 4\pi R^2}$ სრული სხეულოვანი კუთხე 4π ტოლი იქნება, მაშინ წერტილოვანი წყაროს მიერ გამოსხივებული სინათლის სრული ნაკადი ასე გამოითვლება $\emptyset = \mathbf{4\pi I}$ (4). 1ლუმენი = 1 კანდელი 1სტერადიანზე. თუ (1) ფორმულაში გავითვალისწინებთ (2) და (3) ფორმულებს. მივიღებთ $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{R^2}}$ (5). ამ ფორმულის საშუალებით გამოითვლება სინათლის წერტილოვანი წყაროს მიერ შექმნილი განათებულობა წყაროს მართობულად მდებარე და მისგან R მანძილით დაშორებულ ზედაპირზე. ზედაპირის განათებულობა წყაროდან დაშორებისას მანძილის კვადრატის პროპორციულად მცირდება, ანუ განათებულობა მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულია (ნახ.1).

ხშირ შემთხვევაში სინათლის წყაროდან წამოსული სხივები ზედაპირს მართობულად არ ეცემა. ასეთ დროს, განათებულობის განსასაზღვრავად უნდა ვისარგებლოთ ფორმულით $\mathrm{E} = \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{R^2}}\cos\varphi$ (6). სადაც φ არის კუთხე ზედაპირისადმი აღმართულ მართობსა და სინათლის სხივებს შორის, (ნახ. 2).

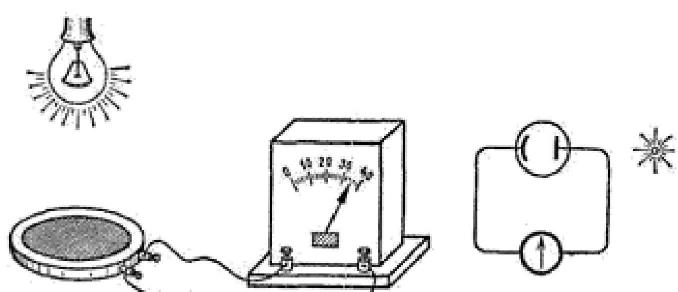
(6) ფორმულიდან ჩანს, რომ განათებულობა მაქსიმალურია მაშინ, როცა $\cos\varphi=1$, ანუ $\varphi = 0^0$. ამიტომაა, რომ ჩრდილო ნახევარსფეროში განათებულობა მეტია ზაფხულზე (დედამიწის ღერძი დახრილია მზისაკენ, სინათლის სხივების დაცემის კუთხე მცირეა) და მინიმალურია ზამთარში. ეკვატორზე კი განათებულობას სეზონურობა არ ახასიათებს. განათებულობას ზომავენ ლუქსმეტრის (ნახ. 3) საშუალებით. განათებულობის სინათლის წყარომდე მანძილზე დამოკიდებულების სახის დადგენა აგრეთვე შეიძლება ფოტოელემენტის საშუალებით, სადაც გაიზომება ფოტოელექტრომამოძრავებელი ძალა (ფუჭი სვლის ძაბვა) და ფოტოდენი (მოკლე ჩართვის დენი) (ნახ.4).



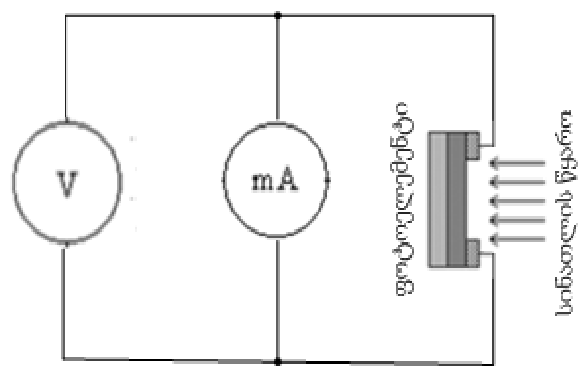
ნახ.1



ნახ.2



ნახ.3



ნახ.4

მუშაობის მსვლელობა

1. მოვათავსოთ ნახევარგამტარული ფოტოელემენტი რეგულირებადი სანათის ქვეშ.

2. დავუკავშიროდ ნახევარგამტარული ფოტოელემენტი მულტიმეტრს ისე რომ შესაძლებელი იყოს ფოტოელექტრომამოძრავებელი ძალისა (ფუჭი სვლის ძაბვა) და ფოტოდენის (მოკლე ჩართვის დენი) გაზომვა.
3. სახაზავის საშუალებით გავზომოთ მანძილი სინათლის წყაროსა და ნახევარგამტარულ ფოტოელემენტს შორის.
4. ჩავრთოთ რეგულირებადი სანათი წრედში და ავანთოთ ნათურა.
5. მულტიმეტრზე ავითვალოთ ფოტოელექტრომამოძრავებელი ძალისა და ფოტოდენის მნიშვნელობები.
6. ექსპერიმენტი გავიმეოროთ სინათლის წყაროსა და ნახევარგამტარული ფოტოელემენტის სხადასხვა მანძილით დაშორების (არა ნაკლებ 10) შემთხვევისათვის.
7. მონაცემები შევიტანოთ ცხრილში.
8. ავაგოთ ფოტოდენის მნიშვნელობის (I) სინათლის წყარომდე მანძილზე (L) დამოკიდებულების გრაფიკი.
9. ავაგოთ ფოტოელექტრომამოძრავებელი ძალის მნიშვნელობის (V) სინათლის წყარომდე მანძილზე (L) დამოკიდებულების გრაფიკი.
10. გავაკეთოთ დასკვნა.

შენიშვნა: ფოტოელემენტი და მულტიმეტრი შეიძლება შეცვლილ იქნას ლუქსმეტრით.

დაკვირვებათა ცხრილი

მანძილი სინათლის წყაროსა და ნახევარგამტარულ ფოტოელემენტს შორის,L, მ										
ფოტოელექტრომამოძრავებელი ძალის მნიშვნელობა,V, ვ										
ფოტოდენის მნიშვნელობა, I,ა										

საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაო #3- 14

(ქვიზი 3)

სრული ტევადობის განსაზღვრა კონდენსატორების შერეული შეერთებების დროს

გამოიყენეთ ამოცანა #2-3 ის თეორიული მასალა და მასზე დაყრდნობით შეასრულეთ ქვემოთ მოცემული დავალება .

გეძლევათ ოთხი ერთნაირი ტევადობის მქონე კონდენსატორი. დახაზეთ მათი ჩართვის ყველა შესაძლო ვარიანტი. განსაზღვრეთ თუ რა მოწყობილებები დაგჭირდებათ ცდის ჩასატარებლად.

თეორიულად დათვალეთ და ექსპერიმენტულად გაზომეთ თქვენს მიერ შედგენილი წრედის უბნის სრული ტევადობა.

წერილობით აღწერეთ თქვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტი.

1. ამოცანის მიზანი;
2. შესაბამისი ხელსაწყოები;
3. ექსპერიმენტის მსვლელობა;
4. მიღებილი შედეგი;
5. დასკვნა.

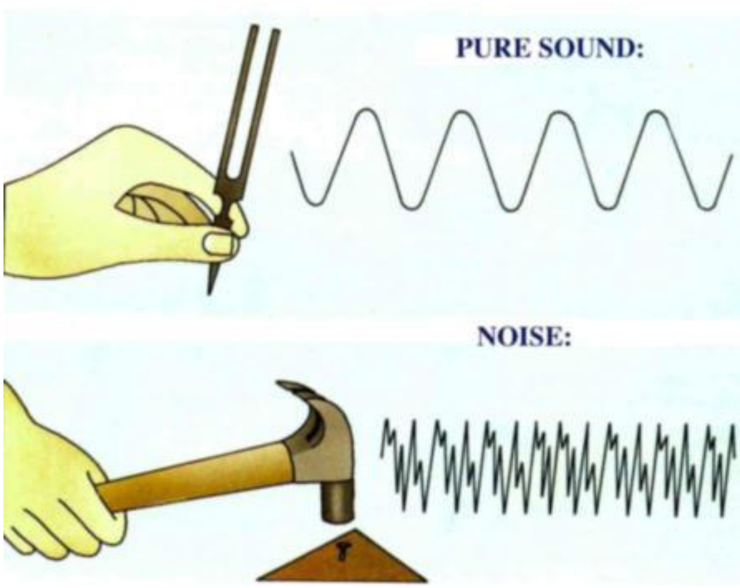
ლაბორატორიული სამუშაო #3-15

ჰაერში ბგერის სიჩქარის განსაზღვრა რეზონანსის მეთოდით

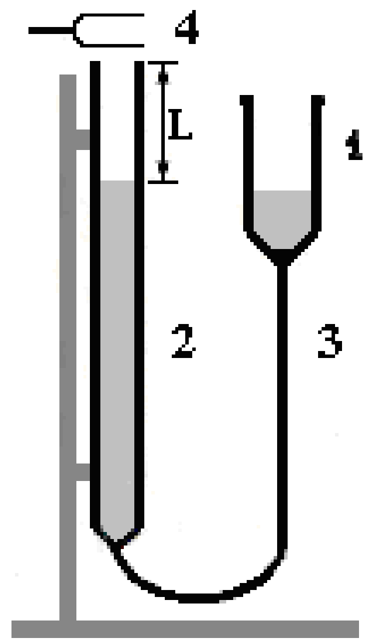
საჭირო ხელსაწყოები: შტატივზე დამაგრებული დანაყოფებიანი მინის მილი მიერთებული რეზინის მილით ძაბრთან (ან კოლბასთან), კამერტონი, ჩაქუჩი.

ბგერა - არის ფიზიკური მოვლენა, რომელიც წარმოაგდენს მყარ, თხევად და გაზობრივ გარემოში მექანიკური რხევების გავრცელებას დრეკადი ტალღების სახით (ფოტო1). ბგერა ხასიათდება სამი პარამეტრით: სიჩქარით, სიხშირული სპექტრითა და ამპლიტუდით. ჰაერში ბგერის გავრცელების სიჩქარე V გამოისახება ფორმულით $\mathbf{V = \lambda \nu}$ (1). სადაც ν არის სიხშირე, ხოლო λ-ტალღის სიგრძე.

ჩვენი ამოცანის მიზანია ჰაერში ბგერის სიჩქარის განსაზღვრა რეზონანსის მეთოდით (ნახ.1). (1) ფორმულიდან ჩანს რომ, სიჩქარის გასაგებად საკმარისია გაიზომოს λ, რადგან ν მოცემულია.



ფოტო1



ნახ.1

მოცემულ სამუშაოში λ ტალღის სიგრძის განსაზღვრა ემყარება ჰაერის სვეტში მდგრადი ტალღის წარმოქმნის მოვლენას. იმისათვის, რომ ჰაერის სვეტში შეიქმნას მდგრადი ბგერითი ტალღა მილში ისხმება წყალი. თუ კამერტონის ბოლოს შევარხევთ , მაშინ კამერტონის გარშემო მყოფი ჰაერის ნაწილაკებიც

დაიწყებენ რხევას იმავე სიხშირით რა სიხშირითაც ირხევა თვითონ კამერტონი. ჰაერის ტალღები მიაღწევენ რა წყლის ზედაპირს, აირეკლებიან და უკანვე ბრუნდებიან, მაგრამ მერხევი კამერტონის საშუალებით მათ საწინააღმდეგოდ კვლავ ვრცელდება ახალ-ახალი ტალღები, რის გამოც მილის შიგნით მოხდება ტალღათა ინტერფერენცია და წარმოიშვება მდგრადი ტალღა.

მილში ტალღები ერთმანეთს ხან აძლიერებენ, ხან ასუსტებენ. აძლიერებენ ერთმანეთს თუ კამერტონიდან სითხის ზედაპირამდე მანძილი ტოლია **(2n+1)λ/4** ,ანუ სითხის ტალღის მეოთხედების კენტი რიცხვის, ე.ი. $\frac{1}{4}\lambda$; $\frac{3}{4}\lambda$; $\frac{5}{4}\lambda$ და ა.შ.(ბურცობები). ვიცით , რომ ბურცობებს შორის მანძილი ტოლია ტალღის სიგრძის ნახევრის $\lambda/2$. თუ ვიპოვით რამოდენიმე ბურცობს და გამოვითვლით მათ შორის მანძილს (L), მაშინ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ტალღის სიგრძე შემდეგი ფორმულით $\lambda = 2L$ (2). ვიცით რა კამერტონის ν სიხშირე, ვიპოვით ჰაერში ბგერის სიჩქარეს (1) ფორმულის საშუალებით.

მუშაობის მსვლელობა

1. განათავსეთ ძაბრი „1" (ნახ.1) ისე, რომ წყლის დონის მდებარეობა მილში „2" იყოს ახლოს კიდესთან.
2. კამერტონი განათავსეთ მინის მილთან, რომელშიც ასხია წყალი (ნახ.1).
3. ჩაქუჩის დარტყმით მოიყვანეთ კამერტონი რხევით მოძრაობაში (ავაჟღეროთ).
4. ერთდროულად ამოძრავეთ ძაბრი „2" ქვემოთ, რის შედეგადაც წყალი მილი „2" -დან გადაედინება ძაბრ „1"-ში. ყურადღებით უსმინეთ ხმის გაძლიერებას, და აითვალეთ მილის სკალაზე შესაბამისი წყლის დონის მდებარეობა მილში (ბურცობის კოორდინატი - l). იპოვეთ რამოდენიმე ბურცობი და გაზომეთ მათ შორის მანძილი (L).
5. ცდა გაიმეორეთ რამოდენიმეჯერ და შედეგები შეიტანეთ დაკვირვებეთა ცხრილში.
6. მე-2 ფორმულით გამოითვალეთ ტალღის სიგრძე λ ;
7. (1) -ელი ფორმულით გამითვალეთ ჰაერში ბგერის გავრცელების სიჩქარე V.

გამოთვალეთ თეორიულად ჰაერში ბგერის გავრცელების სიჩქარე ფორმულით:

V = (γRT/M)^{1/2}, სადაც $\gamma = 1,4$ -ადიაბატის მაჩვენებელია ჰაერისათვის, R=8,31ჯ/მოლი K, T = 300 K, M = 29 10^{-3} კგ/მოლი.

8. შეადარეთ ექსპერიმენტულად გაზომილი ჰაერში ბგერის გავრცელების სიჩქარის სიდიდე თეორიულად დათვლილს. გააკეთეთ დასკვნები.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	ბურცობის კოორდინატი l_1,მ	ბურცობის კოორდინატი l_2,მ	ბურცობის კოორდინატი l_3,მ	ბურცობის კოორდინატი l_4,მ	ორ მეზობელ ბურცობებს შორის მანძილიL, მ	ტალღის სიგრძე λ, მ	კამერტონის სიხშირე ν, ჰერცი	ჰაერში ბგერის სიჩქარე V,მ/წმ	ΔV,მ/წმ	ΔV/V x100%
1										
2										
3										

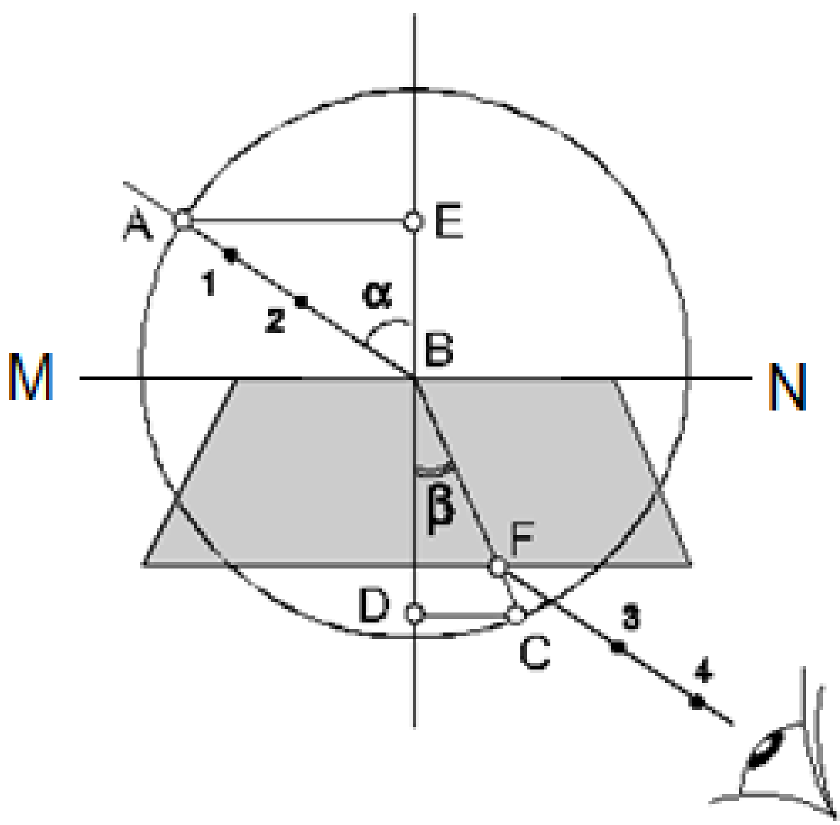
ლაბორატორიული სამუშაო # დ-1

მინის გარდატეხის მავჩვენებლის განსაზღვრა გეომეტრიული აგებით

საჭირო ხელსაწყოები: მინის პარალელეპიპედი , ქინძისთავები, ფარგალი, სახაზავი.

როდესაც სინათლის სხივი ერთი გარემოდან მეორეში გადადის, იგი გარდატყდება. სინათლის გარდატეხა ემორჩილება შემდეგ კანონს:
დაცემის კუთხის სინუსის შეფარდება გარდატეხის კუთხის სინუსთან მუდმივი სიდიდეა და მას მეორე გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელი ეწოდება პირველის მიმართ.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \mathbf{n} \quad (1)$$



ნახ. 1

განვიხილოთ ორი გარემოს გამყოფი MN ზედაპირი (ნახ.1). AB დაცემული და BC გარდატეხილი სხივებია. აღვმართოთ დაცემის წერტილში პერპენდიკულარი, მივიღებთ დაცემის α და გარდატეხის β კუთხეს. B წერტილის ირგვლივ შემოხაზულია წრეწირი. წრეწირი AB და BC სხივებს გადაკვეთს A და C წერტილებში. ამ წერტილებიდან ED -ზე დაშვებულია AE და CD პერპენდიკულარი. მართკუთხა ABE და DBC სამკუთხედებიდან გვაქვს: $\boldsymbol{sin\alpha = AE/AB}$; $\boldsymbol{sin\beta = DC/BC}$; **AB = BC = R**

ამიტომ $\boldsymbol{sin\alpha = \frac{AE}{R}}$; $\boldsymbol{sin\beta = \frac{DC}{R}}$; $\boldsymbol{n = \frac{sin\alpha}{sin\beta} = \frac{AE}{DC}}$; (2)

ამრიგად, $n-$ ის განსაზღვრისათვის უნდა გავზომოთ AE და DC მონაკვეთები.

მუშაობის მსვლელობა

1. გაავლეთ ჰორიზონტალური ხაზი MN და მისი პერპენდიკულარი ED;
2. მინის პარალელეპიპედი მოათავსეთ ქაღალდზე ისე, რომ მისი უგრძესი წიბო დაემთხვეს MN-ს.
3. B წერტილში დაამაგრეთ ერთი ქინძისთავი, მეორე ქინძისთავი დაამაგრეთ მოპირდაპირე წიბოსთან ისე,რომ არ მოხვდეს პერპენდიკულარზე. მესამე ქინძისთავი მოათავსეთ B წერტილიდან რამოდენიმე სანტიმეტრის მანძილზე ისეთ A წერტილში, რომ პარალელეპიპედში გახედვის დროს სამივე ქინძისთავი ერთმანეთს ფარავდეს.
4. ქინძისთავების დამაგრების წერტილები სწორი ხაზებით შეაერთეთ, მიიღეთ AB დაცემული და BC გარდატეხილი სხივებს.
5. B წერტილის გარშემო შემოხაზეთ წრეხაზი, იგი გადაკვეთს AB და BC სხივებს A და C წერტილებში. ამ წერტილებიდან ED - ზე დაუშვით AE და DC პერპენდიკულარები.
6. გაზომეთ AE და DC სიგრძეები მმ-ში.
7. (2) ფორმულით იპოვეთ n
8. ცდა გაიმეორეთ სამჯერ, განსაზღვრეთ $n_{\text{საშ.}}$

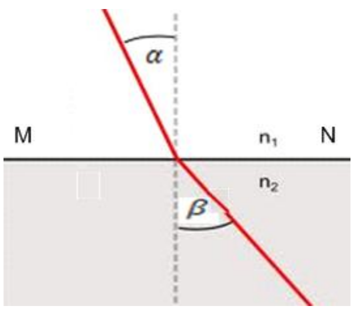
დაკვირვებათა ცხრილი

#	AE (მმ)	DC (მმ)	n	$n_{\text{საშ.}}$
1				
2				
3				

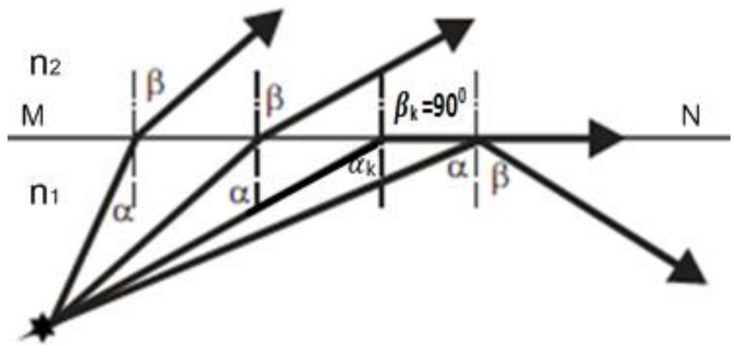
ლაბორატორიული სამუშაო # დ-2

სითხის გარდატეხის მაჩვენებლის განსაზღვრა სრული შინაგანი არეკვლით

<u>საჭირო ხელსაწყოები:</u> ორი შეწებებული მინა შუაში   ჰაერის ფენით, ჭურჭელი საკვლევი სითხით, ტრანსპორტირი, წვეტიანი საგანი (ქინძისთავი).



ნახ.1



ნახ.2

სინათლის სხივის გარდატეხის მაჩვენებელი განისაზღვრება გარდატეხის მეორე კანონის საფუძველზე, რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: დაცემის კუთხის სინუსის ფარდობა გარდატეხის კუთხის სინუსთან მუდმივია და მას ეწოდება მეორე გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელი პირველის მიმართ $\boldsymbol{n_{2,1}} = \frac{\sin\boldsymbol{\alpha}}{\sin\boldsymbol{\beta}}$ (1).თუ სხივი გადადის ვაკუუმიდან რაიმე გარემოში, მაშინ შესაბამისად განსაზღვრულ მაჩვენებელს ეწოდება გარდატეხის აბსოლუტური მაჩვენებელი. იგი რიცხობრივად უდრის ვაკუუმში სინათლის გავრცელების სიჩქარის ფარდობას სინათლის გავრცელების სიჩქარესთან ამ გარემოში $\mathbf{n} = \frac{c}{v}$ (2).თუ დავუშვებთ, რომ ერთი გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელია n_1, მეორისა n_2 და გავითვალისწინებთ ფორმულა (2)-ს, მივიღებთ:
$\boldsymbol{n_{2,1}} = \frac{\sin\boldsymbol{\alpha}}{\sin\boldsymbol{\beta}} = \frac{\boldsymbol{n_2}}{\boldsymbol{n_1}}$ (3). როცა პირველი გარემო ოპტიკურად მკვრივია მეორეზე, მაშინ $\alpha < \beta$ და შესაბამისად, α-ს გაზრდით მოხდება β-ს გაზრდა, როგორც ეს გამოსახულია   ნახ.2-ზე. როდესაც α -ს სიდიდე მიაღწევს გარკვეულ ზღვრულ α_k მნიშვნელობას, მაშინ გარდატეხილი სხივი გავრცელდება გამყოფი MN ზედაპირის გასწვრივ. დაცემის იმ კუთხეს, რომლის შესაბამისი გარდატეხის კუთხე უდრის 90^0 -ს, ანუ რომლისთვისაც გარდატეხილი სხივი გასდევს გამყოფ ზედაპირს ეწოდება ზღვრული კუთხე.

როცა $\alpha > \alpha_{\text{k}}$-ზე, ანუ დაცემის კუთხე მეტია ზღვრულ კუთხეზე, მაშინ $\beta > 90^0$ სხივი ვრცელდება კვლავ პირველ გარემოში და გარდატეხილი სხივის ნაცვლად გვექნება არეკვლილი სხივი. ასეთ არეკვლას სრული შინაგანი არეკვლა ეწოდება. როდესაც $\boldsymbol{\alpha} = \boldsymbol{\alpha}_{\text{k}}$, მაშინ $\boldsymbol{\beta}_{\text{k}}=\mathbf{90^0}$, $\sin \boldsymbol{\beta} = \mathbf{1}$, ხოლო $\sin \boldsymbol{\alpha}_{\text{k}} = \frac{\boldsymbol{n}_2}{\boldsymbol{n}_1}$. თუ დავუშვებთ, რომ მეორე გარემო არის ჰაერი, ე.ი. $\boldsymbol{n}_2=\mathbf{1}$ გვექნება:

$$\sin \boldsymbol{\alpha}_{\text{k}} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n}_1} \quad (4)$$

ამრიგად, თუ ვიცით ზღვრული კუთხე α_{k}, შეგვიძლია განვსაზღვროთ n_1. სითხის გარდატეხის მაჩვენებლის α_{k} განსაზღვრისათვის საკვლევ სითხეში ვათავსებთ ორ შეწებებულ მინის ფირფიტას შუაში ჰაერის ფენით. სითხისა და მინის გამყოფი ზედაპირისათვის გვექნება:

$$\frac{\sin \boldsymbol{\alpha}}{\sin \boldsymbol{\beta}} = \frac{\boldsymbol{n}_{\text{მინ}}}{\boldsymbol{n}_{\text{სითხ}}} \quad (5)$$

შევარჩიოთ ისეთი მდებარეობა, რომ კუთხე მინისა და ჰაერის გამყოფი ზედაპირისათვის იყოს ზღვრული, მაშინ (4) ფორმულის თანახმად.

$\sin \boldsymbol{\beta} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n}_{\text{მინ}}}$ (6). ჩავსვათ (6) ფორმულა (5)- ში. გვექნება: $\sin \boldsymbol{\alpha} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n}_{\text{სითხ}}}$,

საიდანაც სითხის გარდატეხის მაჩვენებელი

$$\boldsymbol{n}_{\text{სითხ}} = \frac{\mathbf{1}}{\sin \boldsymbol{\alpha}}$$

მუშაობის მსვლელობა

1. მინის ფირფიტა მოათავსეთ ვერტიკალურ მდგომარეობაში და თვალის მდებარეობა ისე შეარჩიეთ, რომ ფირფიტაში გახედვის დროს გამოჩნდეს ჭურჭლის მეორე გვერდზე გამაგრებული წვეტიანი საგანი.
2. ფირფიტა აბრუნეთ და შეარჩიეთ ისეთი მდებარეობა, რომ მხედველობიდან გაქრეს წვეტიანი საგანი, ე.ი. მოხდეს სრული შინაგანი არეკვლა. ამ დროს ტრანსპორტირზე მაჩვენებელი გვიჩვენებს α_1 კუთხეს.
3. გააგრძელეთ ფირფიტის ბრუნვა იმავე მიმართულებით, ვიდრე იგივე საგანი გამოჩნდება და აითვალეთ α_2 კუთხე.
4. ფორმულით $\boldsymbol{\alpha} = \frac{\boldsymbol{\alpha}_1 + \mathbf{180} - \boldsymbol{\alpha}_2}{\mathbf{2}}$ იანგარიშეთ $\boldsymbol{\alpha}$.

5. ფორმულით $\boldsymbol{n_{სითხ}} = \frac{\mathbf{1}}{\sin \boldsymbol{\alpha}}$ განსაზღვრეთ სითხის გარდატეხის მაჩვენებელი
6. ცდა გაიმეორეთ 3-ჯერ და გამოთვალეთ $\boldsymbol{n_{საშ.}}$

დაკვირვებათა ცხრილი

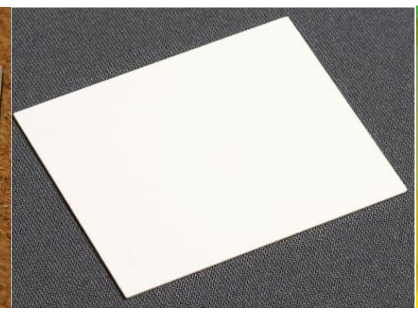
#	α_1	α_2	α	n	$n_{საშ}$
1					
2					
3					

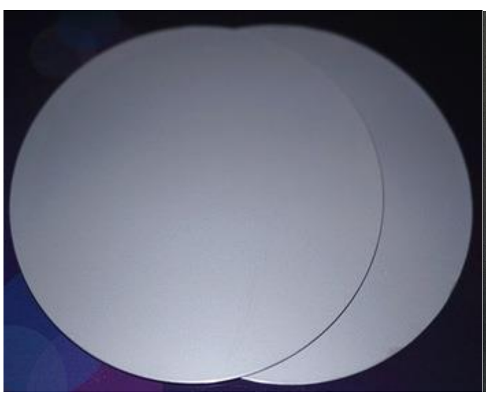
საკონტროლო ლაბორატორიული სამუშაო #დ – 3

(გამოცდა)

მეტალური, დიელექტრიკული და ნახევარგამტარული მასალების ინდეტიფიკაცია და ნახევარგამტარების გამტარებლობის ტიპის დადგენა.

საჭირო ხელსაწყოები: მეტალი, დიელექტრიკი, n და p- ტიპის გამტარებლობის მქონე ნახევარგამტარები, მულტიმეტრი,საცეცები ზონდებით, საცეცები „ნიანგებით“, რეზისტორი, ელემენტი, სპირტქურა.



ლაბორატორიული სამუშაო შედგება ორი ეტაპისაგან:

1. უცნობი მასალების ინდეტიფიკაცია.
   მოცემული ხელსაწყოს გამოყენებით დაადგინეთ მოცემული მასალებიდან რომელია მეტალი, დიელექტრიკი, ნახევარგამტარი. ახსენით და დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.
2. ნახევარგამტარების გამტარებლობის ტიპის იდენტიფიკაცია.
   მას შემდეგ რაც მოახდინეთ ნახევარგამტარების ინდეტიფიკაცია დაადგინეთ თითოეული მათგანის გამტარებლობის ტიპი.ახსენით და დაასაბუთეთ თქვენი მოსაზრება.

წერილობით აღწერეთ თქვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტი:

1. ამოცანის მიზანი;
2. საჭირო ხელსაწყოები;
3. ექსპერიმენტის მსვლელობა;
4. მიღებული შედეგები;
5. დასკვნა.

ლაბორატორიული სამუშაო # დ - 4

ჰაერში წყის ორთქლის პარციალური წნევისა და ნამის წერტილის განსაზღვრა

საჭირო ხელსაწყოები: ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის გამზომი ხელსაწყო, ელექტროჩაიდანი, წყალი.

ფოტო 1


ფოტო 2


ფოტო 3

სითხის გადასვლას გაზობრივ მდგომარეობაში ორთქლადქცევა ეწოდება. გაზის სითხედ გარდაქმნას კონდენსაცია ჰქვია.
ორთქლადქცევას სითხის ღია ზედაპირიდან აორთქლებას უწოდებენ.
მოლეკულურ – კინეტიკური თეორია ასე ხსნის ორთქლადქცევის პროცესს: სითხის მოლეკულები განუწყვეტელი ქაოსური მოძრაობის მდგომარეობაში იმყოფებიან, მათ სხვადასხვა სიჩქარე აქვთ. როცა დიდი სიჩქარის მოლეკულა აღმოჩნდება სითხის ზედაპირულ ფენაში, იგი გადალახავს სითხის მოლეკულების მიზიდულობის ძალებს და ამოვარდება სითხიდან.
აორთქლების ხარისხი მით მეტია, რაც უფრო მაღალია სითხის ტემპერატურა, ასაორთქლებელი სითხის ზედაპირის ფართობი და ჰაერის მოძრაობა სითხის ზედაპირის ზევით.
აორთქლებისას სითხეს უფრო მაღალი სიჩქარის (ე.ი. უფრო დიდი კინეტიკური ენერგიის) მქონე მოლეკულები ტოვებენ, ამიტომ აორთქლების პროცესში სითხე ცივდება .

მოლეკულების კინეტიკური ენერგია რომ გაიზარდოს, საჭიროა სითხის ტემპერატურის გაზრდა, ანუ სითხის გათბობა. ეს ნიშნავს, რომ ორთქლადქცევისას სითბო იხარჯება, კონდენსაციისას გამოიყოფა.
დახშულ ჭურჭელში სითხიდან ამოსული მოლეკულების ნაწილი ისევ სითხეს უბრუნდება. გარკვეული დროის შემდეგ დგება მომენტი, როცა სითხესა და მის ორთქლს შორის მყარდება დინამიკური წონასწორობა, რაც იმას ნიშნავს, რომ სითხიდან ამოტყორცნილი მოლეკულების რიცხვი გაუტოლდა უკან, სითხეში ჩაბრუნებულ მოლეკულათა რიცხვს.
ორთქლს, რომელიც დინამიკურ წონასწორობაშია თავის სითხესთან, გამჯერებელი ორთქლი ეწოდება.
ცდები გვიჩვენებს, მუდმივი მოცულობისას $(V = \text{const})$ გამჯერებელი ორთქლის წნევა (P_0) იზრდება ტემპერატურის ზრდასთან ერთად. ამავდროულად, მოცემულ ტემპერატურაზე გამჯერებელი ორთქლის წნევა და სიმკვრივე მაქსიმალურია.
ეს ნიშნავს იმას, რომ შეუძლებელია მოცემულ ტემპერატურაზე გამჯერებელი ორთქლის წნევაზე მეტი წნევა მივიღოთ, რადგან ორთქლი, წნევის მატების გამო, უკვე სითხედ გარდაიქმნება, ანუ კონდერსირდება.
ჰაერში, რომელიც გაზთა ნარევს წარმოადგენს, ყოველთვის არის წყლის ორთქლი ე.ი. ჰაერი ტენიანია.
აბსოლუტური ტენიანობა ეწოდება ერთ კუბ. მეტრ ჰაერში არსებულ წყლის ორთქლის რაოდენობას.
პარციალური წნევა არის გაზური ნარევის ცალკე აღებული კომპონენტების წნევა. გაზური ნარევის საერთო წნევა არის მისი კომპონენტების პარციალური წნევების ჯამი.
მოცემულ ტემპერატურაზე ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის პარციალური წნევა P ნაკლებია იმავე ტემპერატურაზე ჰაერის გამჯერებელი ორთქლის P_0 წნევაზე.
ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის, პარციალური წნევის შეფარდებას გამჯერებელი ორთქლის პარციალურ წნევასთან ფარდობითი ტენიანობა ეწოდება $f = \frac{P}{P_0}100\%$ (1). ჩვეულებრივ, მას პროცენტებში ანგარიშობენ (ცხრილი 1).
ამჟამად ფარდობით ტენიანობას ზომავენ ელექტრონული ხელსაწყოებით, რომლებიც პირდაპირ აფიქსირებენ ფარდობით ტენიანობას პროცენტებში (ფოტო.1).

ცხრილი 1

$t, ^0C$	P_0, კპა	$t, ^0C$	P_0, კპა
-5	0,40	19	2,20
0	0,61	20	2,33
1	0,65	21	2,48
2	0,71	22	2,64
3	0,76	23	2,81
4	0,81	24	2,99
5	0,88	25	3,17
6	0,93	26	3,359
7	1,0	27	3,559
8	1,06	28	3.786
9	1.14	30	4,27
10	1,23	40	7,37
11	1.33	50	12,3
12	1.40	60	19,9
13	1,49	70	31,0
14	1,60	80	47,3
15	1,71	90	70,1
16	1,81	100	101,325
17	1,93		
18	2,07		

ფოტო 4 ფოტო 5

ნამი, ესაა ატმოსფერული ნალექის სახე, რომელიც წარმოიქმნება დედამიწის ზედაპირზე, მცენარეებზე, ავტომობილებზე და სხვა ნივთებზე.
ჰაერის მასის გაციების გამო, ძირითადად ღამე, წყლის ორთქლი კონდენსირდება დედამიწის ზედაპირთან ახლოს მყოფ ობიექტებზე და გარდაიქმნება წყლის წვეთებად (ფოტო.4,5).
ნამის წერტილი - ესაა ტემპერატურა, რომელამდენაც უნდა გაცივდეს ჰაერი, რომ მასში მყოფმა ორთქლმა მიაღწიოს ნაჯერობას და დაიწყოს კონდენსირება ნამად. ნამის წერტილი განისაზღვრება ჰაერის ფარდობითი ტენიანობით. რაც უფრო მაღალია ფარდობითი ტენიანობა, მით უფრო მაღალია ნამის წერტილი და ახლოსაა ჰაერის ფაქტიურ ტემპერატურასთან და პირიქით. თუკი ფარდობითი ტენიანობა 100% - ია, მაშინ ნამის წერტილი ემთხვევა ჰაერის ფაქტიურ ტემპერატურას.
თუკი ნამის წერტილი 20^0C - ზე მეტია ადამიანთა უმრავლესობა თავს გრძნობს დისკომფორტულად, ხოლო 25^0C - ის ზემოთ გულისა და სასუნთქი ორგანოების დაავადებების მქონე ადამიანებისთვის შეიძლება სასიკვდილოც აღმოჩნდეს. თუმცა ასეთი სიტუაციები ტროპიკულ ქვეყნებშიც კი ძალიან იშვიათად ხდება.

მუშაობის მსვლელობა

1. ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის გამზომი ხელსაწყოს (ფოტო.1) საშუალებით განსაზღვრეთ ოთახში ჰაერის ტემპერატურა - t და ფარდობითი ტენიანობა - f.
2. ჩაასხით ელექტროჩაიდანში წყალი და ადუღეთ (ფოტო.2,3).

3. აიღეთ ახალი ანათვალები ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის გამზომ ხელსაწყოზე (ფოტო.1) ისე რომ არ შეწყვიტოთ ელექტროჩაიდანში წყლის დუღილის პროცესი. ანათვლები აიღეთ სამჯერ.
4. ყველა შემთხვევისთვის, ცხრილი 1 - ის საშუალებით განსაზღვრეთ ჰაერის არსებული ტემპერატურის შესაბამისი გამჯერებელი ორთქლის პარციალური წნევა - P_0 .
5. ფორმულა 1 - ის საშუალებით განსაზღვრეთ ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის პარციალური წნევა - P.
6. ცხრილი 1 - ის საშუალებით განსაზღვრეთ ნამის წერტილი, $t_б$.
7. მონაცემები შეიტანეთ დაკვირვებათა ცხრილში.
8. გაანალიზეთ მიღებული შედეგები და გააკეთეთ დასკვნები.

დაკვირვებათა ცხრილი

#	ტემპერატრა t, ^0C	ფარდობითი ტენიანობა, f,%	გამჯერებელი ორთქლის წნევა, P_0,პა.	პარციალური წნევა, P, პა.	ნამის წერტილი, $t_б$, ^0C
1					
2					
3					
4					

ლიტერატურა

1) ბორის მიშველაძე, ზურაბ ჯიბუტი, ნინო მენთეშაშვილი - ფიზიკის საფუძვლები, საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი,2011წ, (ელექტრონული ვერსია).
2) დ.ჰოლიდეი, რ.რეზნიკი, ჯ.უორკერი – ფიზიკის საფუძვლები, ილიას უნივესიტეტის გამოცემა,2010წ, (ელექტრონული ვერსია).
3) Raymond A, Serway,John W. Jewett – Physics for Scientist and Engineers 6th Edition(USA),2004,1376p.
4) John R. Taylor – An Introduction to Error Analysis. The Study of Uncertainties in Physical Measurements, Second Edition, Univercity Science Books(USA), 1997,327p.
5) ა. გიგინეიშვილი, გ. კუკულაძე – ზოგადი ფიზიკა,ტ.1, სტუ –ს გამომც., 2011წ.
6) ა. გიგინეიშვილი, გ. კუკულაძე – ზოგადი ფიზიკა,ტ2, სტუ –ს გამომც., 2012წ.
7) ა. გიგინეიშვილი, გ. კუკულაძე – ზოგადი ფიზიკა,ტ3, სტუ –ს გამომც., 2013წ.
8) ამირან ბიბილაშვილი - ნახევარგამტარული მიკროელექტრონიკა, თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა,2009წ.
9) ნუგზარ დოლიძე-რადიაციული უსაფრთხოების ფიზიკური საფუძვლები , სტუ –ს გამომც,2010წ.
10) პროფ. ი.გაფრინდაშვილი, პროფ. რ. გვაზავა, უფროსი ლაბ. მ.ტურტულაძე. _ „ფიზიკა“(ელექტროობა და მაგნეტიზმი, ოპტიკა) მეთოდური მითითებები ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად. საქ. სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი, თბილისი, 2004წ.
11) პროფ. რ. გვაზავა, ასისტ. მ. მაარაშვილი, უფროსი ლაბ. მ.ტურტულაძე. _ „ფიზიკა“(მექანიკა, მოლეკულური ფიზიკა) მეთოდური მითითებები ლაბორატორიული სამუშაოს შესასრულებლად. საქ. სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი, თბილისი, 2004წ.
12) პროფ. ნ.ნადიბაიძე „ლაბორატორიული სამუშაოების სახელმძღვანელო ზოგად ფიზიკაში“ , თბილისი,1998წ.
13) გ.ბრეგვაძე, გ.კურკუმული, ე.ლეჟავა „ფიზიკის ლაბორატორიული პრაქტიკუმი“(მექანიკა და მოლეკულური ფიზიკა), გამომცემლობა „განათლება“ ,თბილისი, 1983წ.
14) ვ პარკაძე, გ.გამცემლიძე, ვ.ჯაფარიძე „ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ფიზიკაში“(ელექტროობა, მაგნეტიზმი, ოპტიკა), გამომცემლობა „ცოდნა“, თბილისი,1963წ.

15) ზ.ჯიბუტი, მ.ტურტულაძე - ლაბორატორიული სამუშაოები ფიზიკაში, გამომც.“ი.მ.გოჩა დალაქიშვილი“, 2015წ, 138გვ.
16) ა.გიგინეიშვილი, ნ.დოლიძე, ქ.კოტეტიშვილი, ზ.ჯიბუტი, გ.ჩიხლაძე, ფიზიკის მოკლე კურსი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი (ელექტრონული ვერსია), 2016წ.

ტირაჟი 100

საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

კახა ბენდუქიძის საუნივერსიტეტო კამპუსი, დავით აღმაშენებლის #240