

## ავთანდილ შურღია

### სასკოლო ლაბორატორიული ცდები ფიზიკაში

ამ წერილში მკითხველს ვთავაზობთ ლაბორატორიული ცდის ოქმის კიდევ ერთ ნიმუშს. ცდისა, რომლის ჩატარებაც მნელი არ არის. საუბარია მუდმივი დენის წყაროს შიგა წინააღმდეგობისა და ემმ-ის გაზომვაზე. ეს არის ცდა, რომლის დროსაც ფიზიკური სიდიდე იზომება არაპირდაპირ, ანუ ჩვენთვის საინტერესო ფიზიკური სიდიდე გამოითვლება გამზომი ხელსაწყოებით პირდაპირ გაზომილი სხვა ფიზიკური სიდიდეებისა და ცნობილი თანაფარდობის მეშვეობით.

### მუდმივი დენის წყაროს შიგა წინააღმდეგობისა და ემმ-ის განსაზღვრა ცდით

**შესავალი:** მუდმივი დენის უმარტივესი წრედი მუდმივი დენის წყაროსა და გარეშე წინააღმდეგობისგან შედგება. მუდმივი დენის წყაროში დაგროვილია ენერგია. წრედში ჩართული მუდმივი დენის წყარო ამ ენერგიის ხარჯზე მუხტების გადაადგილებაზე წრედში ასრულებს მუშაობას, რომლის მხოლოდ ნაწილი ხმარდება გარე წრედს. ნაწილი ამ ენერგიისა თვით დენის წყაროს შიგა წინააღმდეგობის დაძლევაზე იხარჯება. ომის კანონის თანახმად, ჩაკეტილი წრედისთვის (რომელიც რეალურად ენერგიის მუდმივობას ასახავს)

$$U = \mathcal{E} - Ir, \quad (1)$$

სადაც  $\mathcal{E}$  არის დენის წყაროს ემმ,  $r$  – მისი შიგა წინააღმდეგობა,  $U$  – ძაბვა დენის წყაროს მომჭერებზე (ძაბვა წრედის გარე უბანზე), ხოლო  $I$  – წრედში გამავალი დენი. გათიშულ წრედში ძაბვა წყაროს მომჭერებზე ემმ-ის ტოლია. ვინაიდან წყაროს ემმ და ძაბვა ენერგეტიკული მახასიათებლებია, ეს ფორმულა ასახავს ენერგიის განაწილებას წრედის გარე და შიგა უბნებზე.

კვლევის მიზანია მუდმივი დენის უმარტივესი წრედის შესწავლა, რაც გულისხმობს წრედში დენის ძალისა და წყაროს მომჭერებზე ძაბვის გაზომვას და მათი მეშვეობით დენის წყაროს ემმ-სა და მისი შიგა წინააღმდეგობის გამოანგარიშებას. ფორმულიდან გამომდინარე, ვასკვნით, რომ დენის ძალასა და ძაბვას შორის კავშირი წრფივია. შესაბამისი გრაფიკი წარმოადგენს წრფეს უარყოფითი დახრილობით. თვით დახრილობის აბსოლუტური მნიშვნელობა კი არის სწორედ დენის წყაროს შიგა წინააღმდეგობა. იმავე დამოკიდებულებიდან შეიძლება გამოვიანგარიშოთ დენის წყაროს ემმ როგორც გრაფიკის ორდინატთა ღერძთან თანაკვეთის რიცხვითი მნიშვნელობა.

**ცვლადები:** ჩვენს ცდაში პირდაპირ გასაზომი სიდიდეებია დენის ძალა წრედში და ძაბვა მუდმივი დენის წყაროს მომჭერებზე.

დამოუკიდებელ ცვლადად არჩეულია დენის ძალა, რომელიც ამპერებში გაიზომა. დენის ძალა წრედში გაიზომა ამპერმეტრის საშუალებით.

დამოკიდებულ ცვლადად არჩეულია ძაბვა, რომელიც გაიზომა ვოლტებში ვოლტმეტრის საშუალებით.

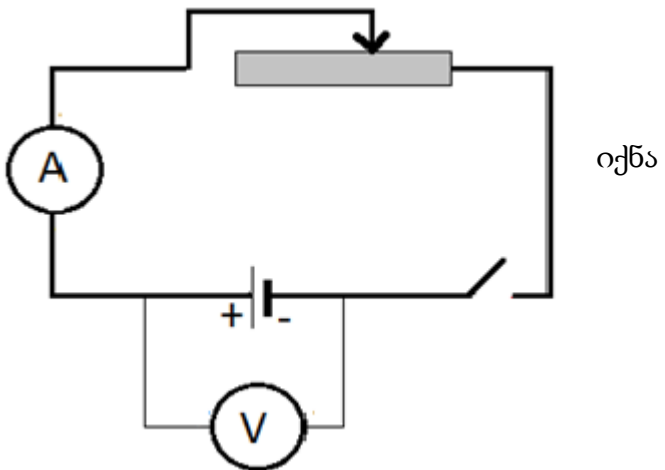
**საკონტროლო ცვლადები:**

- დენი წყაროს ემძ, ვინაიდან დენის წყარო ცდის პროცესში არ შეცვლილა;
- მისი შიგა წინაღობა – იმავე მიზეზით;
- რეოსტატის მაქსიმალური წინაღობა – ვინაიდან რეოსტატი არ შეცვლილა;
- გარემოს ტემპერატურა, ვინაიდან ცდა ჩატარდა ლაბორატორიაში მცირე ხნის განმავლობაში.

**გამოყენებული მასალები და ხელსაწყოები:**

1. რეოსტატი - ერთი, რომლის მაქსიმალური წინაღობა იყო 45 ომის ტოლი;
2. ამპერმეტრი - ერთი, რომლის მაქსიმალური ჩვენება იყო 5 ა, ხოლო დანაყოფის ფასი – 0.1ა;
3. ვოლტმეტრი - ერთი, რომლის მაქსიმალური ჩვენება იყო 10 ვ, ხოლო დანაყოფის ფასი – 0,2 ვ;
4. შემაერთებელი სადენები - 5 ცალი, რომელთა წინაღობა იმდენად მცირე იყო, რომ შეიძლებოდა მისი უგულვებლყოფა;
5. მუდმივი დენის წყარო, რომელიც იკვებებოდა 220 ვ ძაბვის ქსელიდან და წარმოადგენდა ცვლადი დენის მუდმივ დენად გარდამქმნელს. გამოსავალზე მისი მაქსიმალური ძაბვა საფეხურებად იცვლებოდა 3-დან 12 ვოლტამდე. ჩვენს ცდაში არჩეულ იქნა 7ვ გამოსავალი ძაბვა.
6. ჩამრთველი - ერთი.

ცდის მიმდინარეობა და მეთოდის აღწერა: უპირველეს ყოვლისა, აწყობილ იქნა წრედი, რომელიც მოცემულია დიაგრამაზე. დენის წყარო მიმდევრობით იქნა შეერთებული ამპერმეტრსა და გარე წინაღობასთან ჩამრთველის მეშვეობით. დენის წყაროს მომჭერებთან პარალელურად მიერთებულ ვოლტმეტრი. თავდაპირველად ვოლტმეტრით გაზომილ იქნა ძაბვა გათიშული წრედისთვის წყაროს



მომჭერებზე, რომელმაც შეადგინა 6.9 ვ. ეს რიცხვი აღებულ იქნა დენის წყაროს ემპ-ის მნიშვნელობად. შემდეგ ჩაკეტილ წრედში რეოსტატის მცოცავის მეშვეობით დაახლოებით 0.5 ამპერის ბიჯით იცვლებოდა დენის ძალა და, შესაბამისად, ძაბვაც დენის წყაროს მომჭერებზე. ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის ჩვენებები როგორც გაზომვის მონაცემები შეტანილ იქნა ცხრილში. გაზომვები ჩატარდა დენის ძალის ათი სხვადასხვა მნიშვნელობისთვის 0.25–დან 4 ამპერამდე. შეგროვილი მონაცემებით გამოანგარიშებულ იქნა დენის წყაროს შიგა წინაღობა (1) ფორმულის გამოყენებით. დენის წყაროს ემპ და შიგა წინაღობა აგრეთვე გამოთვლილ იქნა გრაფიკული მეთოდის გამოყენებით.

**მონაცემების შეგროვება:** გაზომვის შედეგები მონაცემების სახით შეტანილია ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში. დენის ძალის ნულოვანი მნიშვნელობის შესაბამისი ძაბვა წარმოადგენს დენის წყაროს ემპ-ს.

№	დენის ძალა $I/ა \pm 0.05ა$	ძაბვა წყ. მომჭერებზე $U/ვ/ა \pm 0.1ვ$
1	0.00	6.9
2	0.25	6.7
3	0.50	6.5
4	1.00	6.1
5	1.50	5.6
6	2.00	5.3
7	2.50	4.8
8	2.90	4.4
9	3.50	3.9
10	4.00	3.5
11	4.50	3.1

**ცხრილი 1: დენის ძალა წრედში და ძაბვა წყაროს მომჭერებზე**

გაზომილი სიდიდეების ცდომილებად აღებულია სისტემატური ცდომილება - ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის უმცირესი დანაყოფების ფასის ნახევარი:  $\Delta U=0.1ვ$ ,  $\Delta I = 0.05ა$ . ხელსაწყოს სიზუსტე ქარხნული წესით განსაზღვრულია 2%-ით.

**მონაცემების დამუშავება:** ქვემოთ მოცემულ ცხრილში გაზომილ სიდიდეებთან ერთად შეტანილია დენის წყაროს შიგა წინაღობაც ზემოთ მოცემული (1) ფორმულის გამოყენებით:

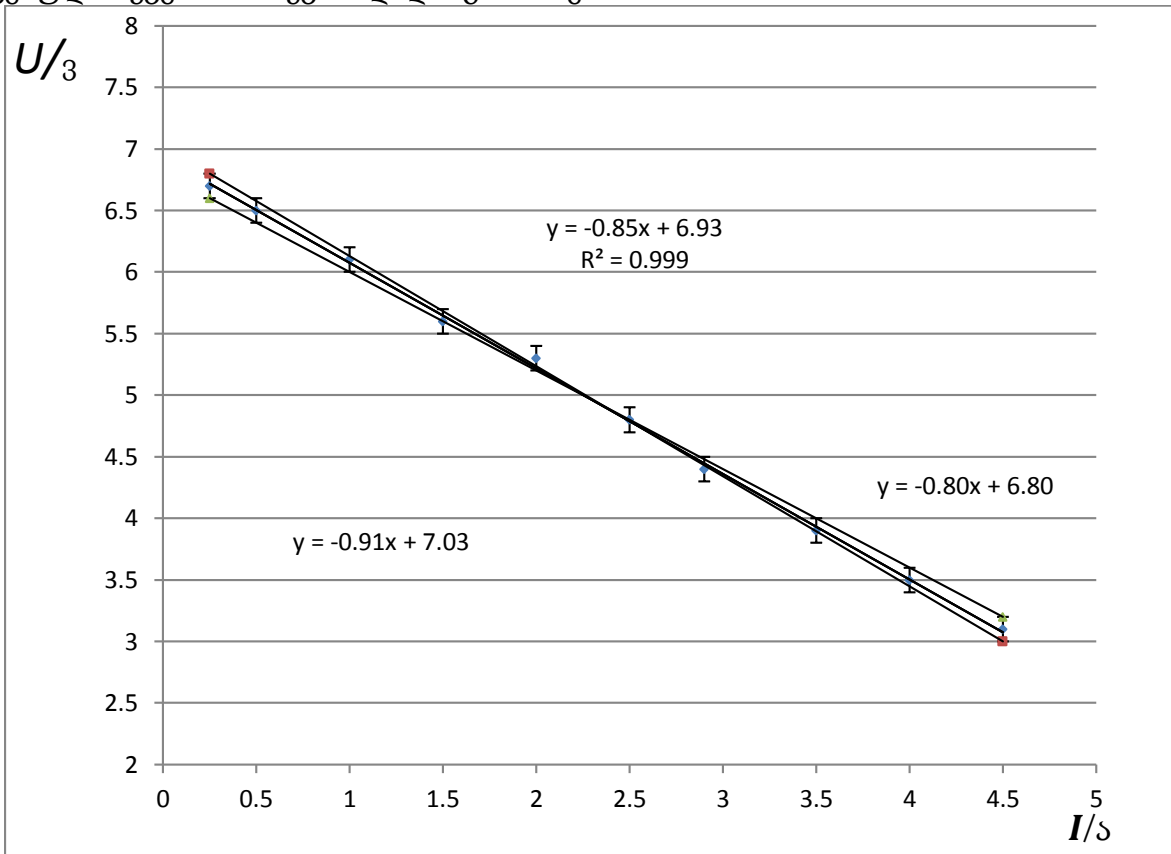
№	დენის ძალა $I/ა \pm 0.05ა$	ძაბვა წყ. მომჭერებზე $U/ვ/ა \pm 0.1ვ$	დენის წყაროს შიგა წინაღობა $r/ომი$
2	0.25	6.7	0.84
3	0.50	6.5	0.80
4	1.00	6.1	0.80

5	1.50	5.6	0.87
6	2.00	5.3	0.80
7	2.50	4.8	0.84
8	2.90	4.4	0.86
9	3.50	3.9	0.86
10	4.00	3.5	0.85
11	4.50	3.1	0.84

**ცხრილი 2: დენის ძალა წრედში, ძაბვა წყაროს მომჭერებზე და მისი შიგა წინაღობა**

შიგა წინაღობის საშუალო მნიშვნელობა  $r = 0.84$  ომს. მისი ცდომილება გამოთვლილია ქვემოთ გრაფიკული მეთოდით.

დენის წყაროს მომჭერებზე ძაბვის დამოკიდებულება წრედში გამავალ დენზე მოცემულია ქვემოთ მოყვანილ დიაგრამაზე.



**დიაგ. 1: დენის წყაროს მომჭერებზე დენის ძალაზე ძაბვის დამოკიდებულების გრაფიკი**

დიაგრამაზე მოცემულია სამი გრაფიკი. ერთია საუკეთესო მორგების წრფე. მასზე დატანილია ცდომილების სვეტები, რომელთა სიგრძე 0.2 ვ-ის ტოლია. დანარჩენი ორი წრფე გვიჩვენებს ძაბვისა და დენის ძალის დამოკიდებულებას ცდომილების ფარგლებში მაქსიმალური და მინიმალური დახრილობით. დიაგრამაზე აგრეთვე მოცემულია სამი განტოლება: დიაგრამის ზედა ნაწილში განტოლება აღწერს საუკეთესო მორგების წრფის განტოლებას. იქვე მოცემული წრფის დეტერმინაციის კოეფიციენტი  $R^2 = 0.999$ , რაც ცდის მონაცემებზე წრფის საუკეთესო მორგებაზე მიუთითებს. მარცხენა ქვედა ნაწილში მოცემული განტოლება აღწერს წრფეს მინიმალური (მაქსიმალური სიდიდის) დახრილობით, ხოლო მარჯვენა ნაწილში მოცემული განტოლება აღწერს წრფეს მაქსიმალური (მინიმალური სიდიდის) დახრილობით. საუკეთესო მორგების წრფის დახრილობის აბსოლუტური მნიშვნელობა დენის წყაროს შიგა წინაღობის ტოლია და უდრის  $r = 0.85$  ომი, იმავე წრფის ორდინატა ღერძთან თანაკვეთა კი ტოლია დენის წყაროს ემძ-ისა:  $\mathcal{E} = 6.93$  ვ. როგორც ვხედავთ, ორივე სიდიდე მცირედით განსხვავდება ზემოთ გამოანგარიშებული რიცხვითი მნიშვნელობებისგან: შიგა წინაღობა – 0.01 ომით, ხოლო ემძ – 0.03 ვ-ით. ამ სიდიდეთა ცდომილება გრაფიკიდან შემდეგნაირად გამოითვლება: მაქსიმალური და მინიმალური დახრილობის წრფეთა დახრილობის სიდიდეების რიცხვითი მნიშვნელობებია  $r_1 = 0.91$  ომი და  $r_2 = 0.80$  ომი; შიგა წინაღობის აბსოლუტური ცდომილება ტოლია:

$$\Delta r = \frac{r_1 - r_2}{2} \approx 0.06 \text{ ომი.}$$

ანალოგიურად გამოვითვლით ემძ-ის ცდომილებას. მაქსიმალური და მინიმალური დახრილობის მქონე წრფეები ორდინატა ღერძთან გადაკვეთება  $\mathcal{E}_1 = 7.03$  ვ და  $\mathcal{E}_2 = 6.80$  ვ წერტილებში, ამიტომ ემძ-ის აბსოლუტური ცდომილება ტოლია

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{2} \approx 0.12 \text{ ვ.}$$

ცდომილებები აღებულია ორი ნიშნადი ციფრის სიზუსტით. ამრიგად, დენის წყაროს ემძ-ისა და შიგა წინაღობის რიცხვითი მნიშვნელობებია:

$$\mathcal{E} = (6.93 \pm 0.12) \text{ ვ, } r = (0.85 \pm 0.06) \text{ ომი.}$$

ამ სიდიდეთა ფარდობითი ცდომილებები, შესაბამისად, 1.73%-ისა და 7.06%-ის ტოლია.

**დასკვნა:** ჩატარებული კვლევის მიზანი იყო მუდმივი დენის წყაროს ვოლტ-ამპერული მახასიათებლის გამოკვლევა გარე წრედში მოცემული დატვირთვისთვის და დენის წყაროს ემძ-ისა და მისი შიგა წინაღობის გაზომვა. ეს სიდიდეები გაზომილ იქნა არაპირდაპირი გზით. ცდის მსვლელობის დროს რეოსტატის წინაღობის ცვლილებით აღებულ იქნა დენის ძალისა და წყაროს მომჭერებზე ძაბვის მნიშვნელობები. ნულოვანი დენისთვის (განრთული წრედი) ძაბვა უტოლდება დენის წყაროს ემძ-ს -  $\mathcal{E} = 6.90$  ვ-ს. თითოეული გაზომვისთვის (1) ფორმულის გამოყენებით გამოთვლილ იქნა დენის წყაროს შიგა წინაღობა და მისი საშუალო მნიშვნელობა -  $r = 0.84$  ომი. ეს მნიშვნელობები მცირედით განსხვავდება გრაფიკული

მეთოდით მიღებული მნიშვნელობებისგან. გრაფიკული მეთოდით გამოთვლილია ამ სიდიდეთა ცდომილებები.

**შეფასება:** ცდის შედეგები გაზომვების მაღალ სიზუსტეზე მიუთითებს. სიზუსტის გაზრდა შეიძლებოდა გაზომვების რაოდენობის გაზრდით, თუმცა ცვლილება არ იქნებოდა შესამჩნევი. ცდაში ცდომილების წყაროს წარმოადგენდა ხელსაწყოს სისტემატური ცდომილება. ცდის დაწყების წინ ორივე ხელსაწყოს ისარი დაყენებულ იქნა ნულოვან ანათვალზე ხელსაწყოს მოცემული სიზუსტის (2%) ფარგლებში. მეტი სიზუსტის მიღწევა შესაძლებელი იქნებოდა ციფრული გამზომი ხელსაწყოების გამოყენებით.

გაზომვებით მიღებული მონაცემების დამუშავება განხორციელდა Excel-ის გამოყენებით.