

**69-osios Lietuvos mokinių fizikos olimpiados III turas (2022 m.)
11 klasės eksperimentinė užduotis ir sprendimas**

Ommetro gradavimas

Tikslas

Sugraduoti ommetrą, t. y. sugraduoti galvanometro skalę, kad juo būtų galima matuoti varžą.

Užduotys

1. Sukurti ir sujungti elektros grandinę, kuria būtų galima graduoti ommetrą.
2. Ištirti galvanometro rodyklės atsilenkimo priklausomybę nuo apkrovos varžos.
3. Apkrovos varžos vertes surašyti ant popierinės galvanometro skalės bei, parinkus tinkamas ašių skales, nubraižyti pastarosios priklausomybės tiesinį grafiką.
4. Nustatyti dvi savybes, kuriomis pasižymi ommetro skalė.
5. Nubraižytos priklausomybės pagalba nustatyti bei sugraduotu ommetru išmatuoti nežinomos varžos rezistoriaus varžą.

Priemonės

Galvanometras su priklijuota popierine skale (papildoma skalė – „juodraštis“), multimetras, į laikiklį įdėtas galvaninis elementas su nuosekliai jam prilituota varža (laikiklio viduje), maketavimo plokštė, aštuoni skirtingos varžos rezistoriai, du paprasti maketavimo laidai, du maketavimo laidai su „krokodilo“ tipo jungtimis, milimetrinis popierius, nežinomos varžos rezistorius (duodamas paprašius eksperimento pabaigoje).

Nurodymai

1. Prie galvanometro nejunkite jokių kitų įtampos šaltinių, išskyrus eksperimentui duotą elementą su laikikliu, nes galite nepataisomai sugadinti galvanometrą. Galvanometras taip pat yra jautrus smūgiams, todėl būtina jo nesutrenkti. Šąsiuvinyje būtinai užrašykite eksperimente naudoto galvanometro numerį „Gxx“.
2. Matuojant multimetru, laidai prijungiami prie dviejų apatinių multimetrometris lizdų (COM ir $V\Omega mA$). Įtampos matavimo režimas multimetre pažymėtas raide $V=$ (intervalai nuo 200 mV iki 1000 V, voltmetro varžą galima laikyti begaline), srovės matavimo režimas – raide $A=$ (intervalai nuo 2000 μA iki 200 mA, ampermetro varžą galima laikyti nuline), varžos matavimo režimas – raide Ω (intervalai nuo 200 Ω iki 2000 k Ω).
3. Maketavimo plokštės naudojimo instrukcija yra pateikta atskirame lape. Nenaudokite instrukcijos juodraščiui. Nenulipinkite antroje maketavimo plokštės pusėje esančio geltono lipduko!
4. Nežinomos vertės rezistorių gausite vėliau, kai to paprašysite. Norėdami gauti nežinomos vertės rezistorių, turėsite grąžinti multimetras ir vėliau nebegalėsite juo naudotis, todėl iki tol atlikite visus matavimus, kuriems reikalingas multimetras. Gavę nežinomos varžos rezistorių, šąsiuvinyje būtinai užrašykite jo numerį „Rxx“.
5. Baigę eksperimentą sugraduotą popierinę skalę atsargiai nuklijuokite nuo galvanometro ir įklijuokite į šąsiuvinį.
6. Darbe paklaidų išreikštai skaičiuoti nereikia, tačiau visus matavimus stenkitės atlikti kuo tiksliau.

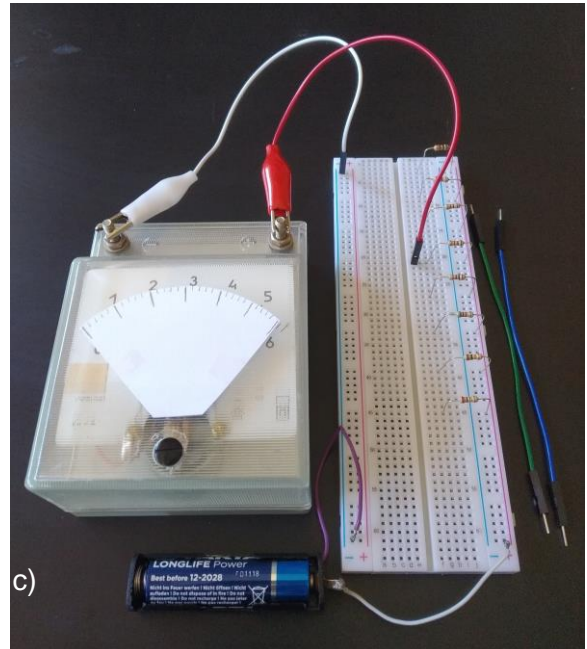
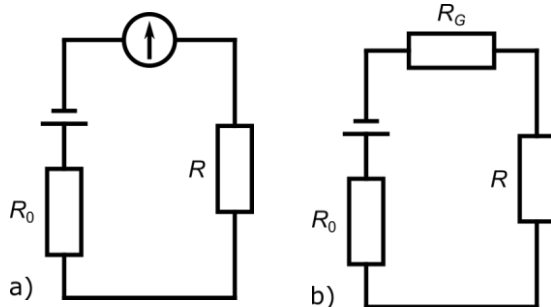
Sprendimas

Galvanometras – tai elektros srovei jautrus prietaisas. Priklausomai nuo to, kaip galvanometras įjungiamas į elektros grandinę ir kokie papildomi komponentai prie jo yra prijungti, iš galvanometro galime pasidaryti ampermetras, voltmetras arba ommetrą.

Multimetras nustatome ommetro režimu ir išmatuojame visų aštuonių rezistorių varžas. Gaunamos tokios vertės: 99 Ω , 197 Ω , 502 Ω , 983 Ω , 1,99 k Ω , 5,06 k Ω , 9,72 k Ω ir 19,7 k Ω . Nominalios

eksperimento metu pateiktų rezistorių varžos atitinkamai yra tokios: 100 Ω , 200 Ω , 510 Ω , 1 k Ω , 2 k Ω , 5,1 k Ω , 10 k Ω ir 20 k Ω , o leistina paklaida yra $\pm 5\%$ nuo varžos vertės.

Sujungiame 1 pav. a) dalyje pavaizduotą elektros grandinę. Joje apskritimu su rodykle yra pažymėtas galvanometras, R_0 – nuosekliai prie galvaninio elemento prilituota varža, R – į grandinę įjungta apkrovos varža. Kadangi galvanometras taip pat turi tam tikrą varžą, šia grandinę galime pakeisti ekvivalenčia grandine, kuri pavaizduota 1 pav. b) dalyje. Joje R_G yra pažymėta galvanometro varža.



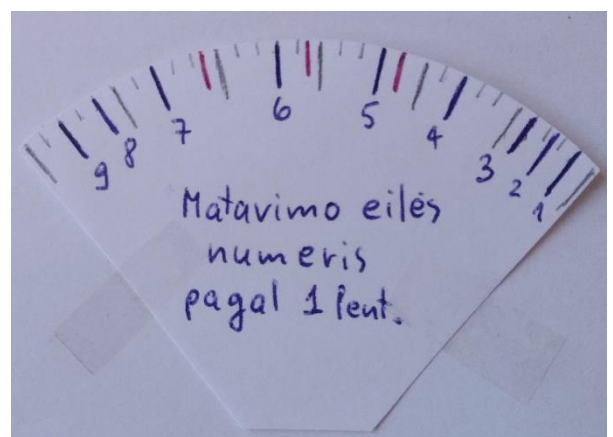
1 pav. a) elektrinė eksperimento schema, b) ekvivalenti grandinė ir c) iš eksperimento dalyviams pateiktų komponentų sujungtos elektrinės grandinės nuotrauka.

Multimetru išsimatuojame varžą $R_0 = 1180 \Omega$. Tai galima padaryti dviem būdais. Pirmuoju atveju priliečiame multimetru laidus prie tinkamų elemento laikiklio kontaktų. Antruoju atveju atsargiai išimame galvaninį elementą iš laikiklio ir jo viduje esančią varžą išmatuojame tiesiogiai. *Pastaba:* nominali R_0 varža yra 1200 Ω , o leistina paklaida yra $\pm 5\%$ nuo varžos vertės.

Taip pat išsimatuojame galvanometro varžą $R_G = 410 \Omega$. *Pastaba:* įvairių galvanometrų varža gali kisti nuo $\sim 400 \Omega$ iki $\sim 500 \Omega$, tačiau tai nedaro įtakos kokybiniam eksperimento rezultatui. Iškilus abejonėms, moksleivio pateikti rezultatai bus patikrinti žinant eksperimento metu naudoto galvanometro numerį „Gxx“.

1 pav. c) dalyje pavaizduota iš eksperimento dalyviams pateiktų komponentų sujungtos elektrinės grandinės pavyzdys. Matavimus visai nesudėtinga atlikti sustačius visus duotus rezistorius į maketavimo plokštę nuotraukoje pavaizduotu būdu – tuomet užtenka perkėlinėti galvanometro „+“ laidą vis prie kito rezistoriaus.

Paeiliui keisdami varžas R nuo mažiausios iki didžiausios, stebime, kiek padalų galvanometro rodyklė atsilenkia kiekvieną kartą. Nepamirštame



2 pav. Galvanometro skalė su išmatuotomis rezistorių varžomis: mėlyna spalva pažymėtos žinomos varžos rezistorių vertės ir jas atitinkamų matavimų eilės numeriai pagal 1 lentelę, o raudona spalva pažymėtos nežinomos varžos rezistorių vertės.

išmatuoti ir ribinio atvejo ($R = 0 \Omega$), kuomet jokia varža į grandinę nėra įjungžiama. Sužymime šias vertes popierinėje galvanometro skalėje (2 pav.). Pastebime, kad ommetro skalė yra netiesinė, todėl nepavyks nustatyti vienos padalos vertės omiais. Taip pat pastebime, kad ommetro skalė yra „priešinga“: kuo mažesnė rezistoriaus R varža, tuo didesniu kampu atsilenkia ommetro rodyklė. Eksperimento metu gauti rezultatai taip pat yra pateikti 1 lentelėje.

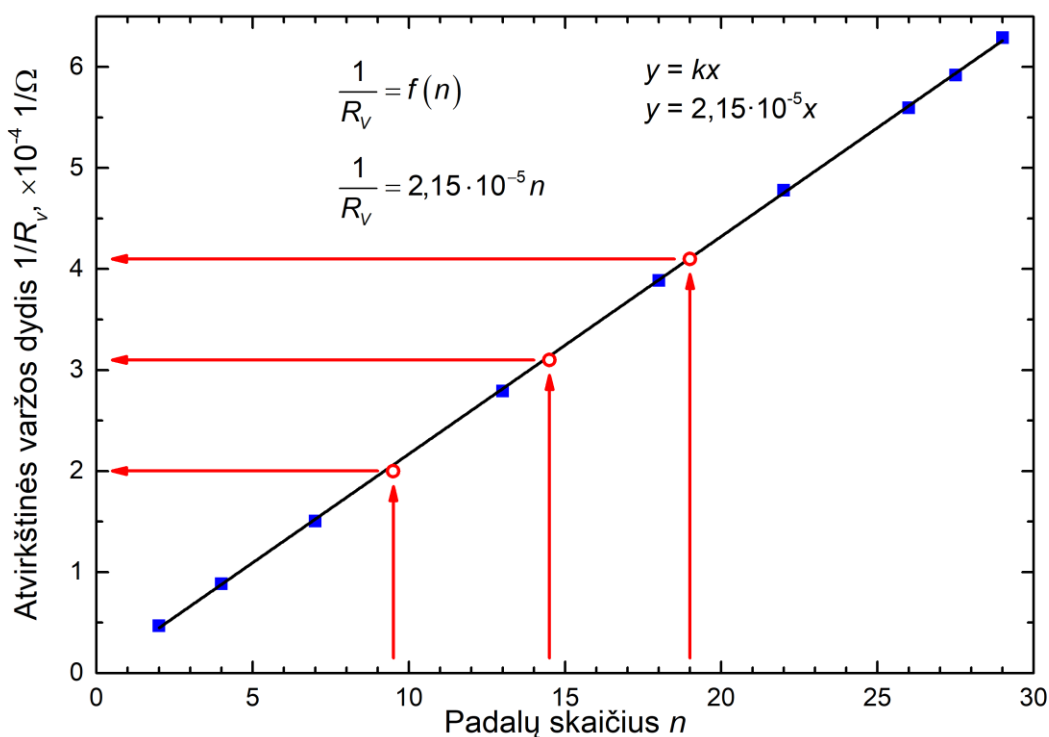
1 lentelė. Eksperimento metu gauti duomenys bei tolesni skaičiavimai.

Eil. Nr.	Rezistoriaus varža R, Ω	Padalų skaičius n	Bendra varža R_V, Ω	Dydis $1/R_V, \times 10^{-4} 1/\Omega$
1	0	29	1590	6,29
2	99	27,5	1689	5,92
3	197	26	1787	5,60
4	502	22	2092	4,78
5	983	18	2573	3,89
6	1990	13	3580	2,79
7	5060	7	6650	1,50
8	9720	4	11310	0,88
9	19700	2	21290	0,47

Kadangi visos trys varžos yra sujungtos nuosekliai, tai visos grandinės varža:

$$R_V = R + R_0 + R_G. \quad (1)$$

Jei bandytume nubraižyti bendros varžos R_V priklausomybės nuo padalų skaičiaus n grafiką $R_V(n)$, pamatytume, kad gauname hiperbolės formos grafiką. Iš tokios priklausomybės bus sunku nustatyti nežinomo rezistoriaus varžą, todėl reiktų šią priklausomybę „ištiesinti“ (to, beje, prašo ir eksperimento užduotis). Norėdami tai atlikti apskaičiuojame dydį $1/R_V$ ir braižome funkcijos $1/R_V(n)$ grafiką, kuris yra tiesė (3 pav.).



3 pav. Atvirkštinės bendros varžos dydžio priklausomybės nuo galvanometro padalų skaičiaus grafikas. Kvadrataisiai pažymėti žinomų rezistorių eksperimentiniai taškai, o apskritimais – nežinomų (moksleiviai atsitiktinai gavo vieną iš trijų galimų nežinomos varžos rezistorių).

Gavę nežinomos vertės rezistorių išmatuojame, kiek padalų n_N nukrypsta ommetro skalė ir naudodamiesi (1) formule bei 3 pav. nustatome rezistoriaus varžą:

$$R_N = \frac{1}{f(n_N)} - R_0 - R_G. \quad (2)$$

Apskaičiavę, gauname vieną iš trijų atsakymų: 858 Ω , 1618 Ω arba 3306 Ω .

Rezistorių, kurių numeriai dalijasi iš 3 be liekanos, nominali varža lygi 820 Ω .

Rezistorių, kurių numerius dalijant iš 3 gaunama liekana 1, nominali varža lygi 1,6 k Ω .

Rezistorių, kurių numerius dalijant iš 3 gaunama liekana 2, nominali varža lygi 3,3 k Ω .

Pastaba: leistina rezistoriaus varžos paklaida yra $\pm 5\%$ nuo varžos vertės. Iškilus abejonėms, moksleivio pateikti rezultatai bus patikrinti žinant eksperimento metu gauto rezistoriaus numerį „Rxx“.

Naudodamiesi sugraduota ommetro skale nežinomos varžos rezistoriaus varžą galime nustatyti tik apytiksliai – atitinkamai gautume apie 850 Ω , 1700 Ω arba 3700 Ω .