XXVIII prof. K. Baršausko fizikos konkursas

Kaunas, 2024-03-02

10 klasė (25 balai)

Uždavinys 1.

Ant kortelės suformuota metalizuota kinegrama (difrakcinis optinis elementas). Saulės šviesa krinta statmenai į kortelę. Mokinys, žiūrėdamas į kortelę kampu $\varphi_G = 16{,}86°$ statmens atžvilgiu, mato geltonos spalvos raides – **KTU**. Kiek mažiausiai ir kaip mokinys turi pakeisti žiūrėjimo kampą, nekeisdamas kortelės padėties, kad matytų šias raides – **KTU** – žalios spalvos? Geltonos šviesos dažnis yra $f_G = 5{,}17 \cdot 10^{14}\ Hz$. Žalios sviesos dažnis yra $f_Ž = 5{,}66 \cdot 10^{14}\ Hz$. Kampas $\varphi_G = 16{,}86°$ yra mažiausias kampas, kuriuo galima matyti duoto šviesos dažnio geltonos spalvos raides **KTU**.

(... balai)

Sprendimas

Turime atspindžio difrakcijos gardelę. Difrakcijos maksimumo sąlyga yra:

$$d \cdot sin\varphi = \pm k \cdot \lambda\ , \qquad (1)$$

čia d – difrakcijos gardelės periodas, φ – difrakcijos kampas, k – maksimumo eilė, skaičiuojama nuo centro, λ – šviesos bangos ilgis, kuris apskaičiuojamas:

$$\lambda = \frac{c}{f}\ , \qquad (2)$$

čia c – šviesos greitis vakuume, f – šviesos dažnis. Taigi geltonos šviesos bangos ilgis

$$\lambda_G = \frac{c}{f_G} = \frac{3 \cdot 10^8\ m/s}{5{,}17 \cdot 10^{14}\ Hz} = 580 \cdot 10^{-9}\ m\ .$$

Žalios šviesos bangos ilgis

$$\lambda_Ž = \frac{c}{f_Ž} = \frac{3 \cdot 10^8\ m/s}{5{,}66 \cdot 10^{14}\ Hz} = 530 \cdot 10^{-9}\ m\ .$$

Iš uždavinio sąlygos k =1. Pasinaudojus (1) lygtimi, galima apskaičiuoti gardelės periodą:

$$d = \frac{k \cdot \lambda_G}{\sin\varphi_G} = \frac{1 \cdot 580 \cdot 10^{-9}\ m}{\sin 16{,}86} = 2000 \cdot 10^{-9}\ m\ .$$

Difrakcijos kampas žaliai šviesai, kai k =1, pasinaudojus (1) lygtimi, apskaičiuojamas:

$$\varphi_Ž = \arcsin\frac{k \cdot \lambda_Ž}{d} = \arcsin\frac{1 \cdot 530 \cdot 10^{-9}\ m}{2000 \cdot 10^{-9}\ m} = 15{,}37°\ .$$

Difrakcijos kampas žaliai šviesai, kai k =2, pasinaudojus (1) lygtimi, apskaičiuojamas:

$$\varphi'_Ž = \arcsin\frac{k \cdot \lambda_Ž}{d} = \arcsin\frac{2 \cdot 530 \cdot 10^{-9}\ m}{2000 \cdot 10^{-9}\ m} = 32{,}01°\ .$$

Palyginus gautus difrakcijos kampus žaliai šviesai su uždavinio sąlygoje duotu difrakcijos kampu geltonai šviesai, apskaičiuojame kiek mažiausiai ir kaip mokinys turi pakeisti žiūrėjimo kampą, nekeisdamas kortelės padėties, kad matytų šias raides – **KTU** – žalios spalvos:

$$\Delta\varphi = \varphi_Ž - \varphi_G = 15{,}37° - 16{,}86° = -1{,}49°\ .$$

Atsakymas: Žiūrėjimo kampą reikia sumažinti: $\Delta\varphi = -1{,}49°$.

Uždavinys 2.
Šviestuvas su dviem šviečiančiomis vienodomis lemputėmis kabojo 1,8 m virš stalo. Viena lemputė sugedo. Iki kokio aukščio reikėtų nuleisti šviestuvą, kad stalo paviršiaus apšvieta būtų tokia pati, kaip ir pradžioje?

(... balai)

Sprendimas

Paviršiaus apšvieta apskaičiuojama pagal formulę:

$$E = \frac{I}{h^2}, \qquad (1)$$

čia I – šviestuvo šviesos stipris, h – šviestuvo aukštis virš stalo paviršiaus.
Pradžioje:

$$E_1 = \frac{I_1}{{h_1}^2}. \qquad (2)$$

Sugedus vienai lemputei ir šviestuvą nuleidus žemyn:

$$E_2 = \frac{I_2}{{h_2}^2} = \frac{0,5I_1}{{h_2}^2}. \qquad (3)$$

Kad stalo paviršiaus apšvieta būtų tokia pati kaip ir pradžioje, $E_1 = E_2$. Pasinaudojus (2) ir (3) lygtimis, apskaičiuojame iki kokio aukščio reikėtų nuleisti šviedtuvą:

$$\frac{I_1}{{h_1}^2} = \frac{0,5I_1}{{h_2}^2}.$$

Taigi

$$h_2 = \frac{h_1}{\sqrt{2}} = 1,273\ m.$$

Atsakymas: $h_2 =$ 1,273 m .

Uždavinys 3.

Nežinomos masės m krovinys pasveriamas subalansuojant jį su žinomos masės M svarmeniu. Tam ant m_s masės, L ilgio, tiesios svirties galų pakabinami krovinys ir svarmuo. Pusiausvyra pasiekiama, kai svirties atramos taškas nuo jos vidurio pasislenka $x = \frac{1}{4}L$ svarmens link. Nesant krovinio, svirtis išlieka pusiausvyroje, kai jos atramos taškas nuo vidurio paslenkamas svarmens link $y = \frac{1}{3}L$. Raskite svarmens ir krovinio masių santykį.

Sprendimas:

Jėgos momentų suma abiejose atramos pusėse turi būti lygi:

$$mg(0{,}5L + x) + m_s g x = Mg(0{,}5L - x) \quad (1)$$

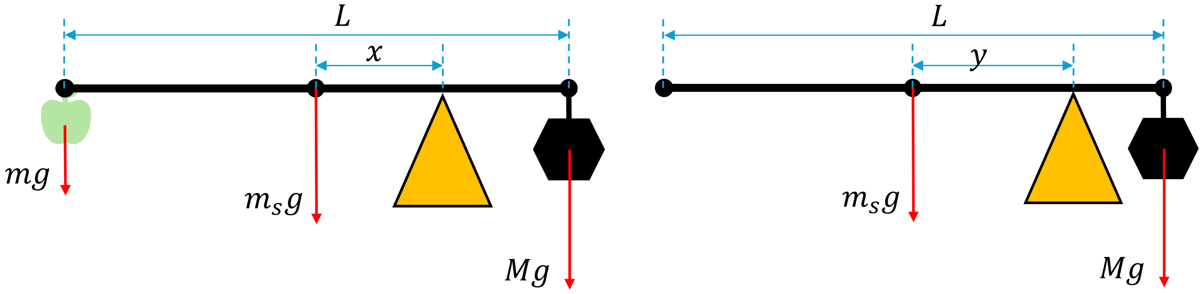
Iš (1) lygties randame krovinio masę m:

$$mg\left(0{,}5L + \frac{1}{4}L\right) + m_s g \frac{1}{4}L = Mg\left(0{,}5L - \frac{1}{4}L\right) |: gL$$

$$m\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right) + \frac{1}{4}m_s = M\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4}\right)$$

$$m = \frac{M - m_s}{3} \quad (2)$$

(2) lygtyje nežinoma sverto masė m_s



a) b)

Nesant krovinio jėgos momentų suma abiejose atramos pusėse taip pat turi būti lygi:

$$m_s g y = Mg(0{,}5L - y) \quad (3)$$

Iš (3) lygties randame sverto masę m_s:

$$m_s = \frac{M\left(0{,}5L - \frac{1}{3}L\right)}{\frac{1}{3}L} = \frac{1}{2}M \quad (4)$$

Pasinaudodami (2) ir (3) lygtimis randame $\frac{M}{m}$:

$$m = \frac{M - m_s}{3} = \frac{M}{6}$$

$$\frac{M}{m} = 6.$$

Atsakymas: M/m = 6

Uždavinys 4.

Prie 18 V nuolatinės įtampos šaltinio grandinėje nuosekliai prijungtas varžas ir voltmetras, kuris indikuoja 12 V įtampą. Jei nuosekliai būtų prijungtas dar vienas analogiškas voltmetras, kokia įtampa būtų indikuojama voltmetrų?

Sprendimas:

Nuosekliai sujungus elementus įtampos sumuojasi, taigi:

$$U = U_R + U_V; \qquad (1)$$

Įtampa ties varžu:

$$U_R = U - U_V = 18 - 12 = 6V;$$

Kadangi per nuosekliai sujungtus komponentus teka vienodo stiprumo srovė, pagal Omo dėsnį gaunamas varžo ir voltmetro varžų santykis:

$$\frac{U_V}{R_V} = \frac{U_R}{R}; \qquad (2)$$

$$\frac{R_V}{R} = \frac{U_V}{U_R} = \frac{12}{6} = 2;$$

$$R_V = 2R;$$

Prijungus papildomą voltmetrą grandinės varža:

$$R_{grand.} = R + R_V \cdot 2 = R + 2R \cdot 2 = 5R;$$

Per grandinę tekanti srovė:

$$I = \frac{U}{R_{grand.}} = \frac{U}{5R}; \quad (3)$$

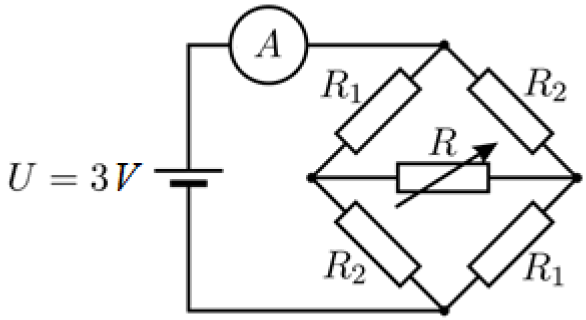
Voltmetrų indikuojama įtampa:

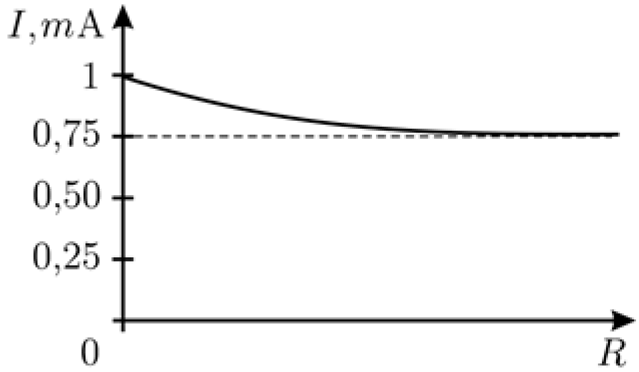
$$U_V' = I \cdot R_V = \frac{U \cdot 2R}{5R} = 0{,}4\, U = 0{,}4 \cdot 18 = 7{,}2\, V;$$

Atsakymas: U = 7,2V

Uždavinys 6.

Elektros grandinė (Pav. 1, a) susideda iš nuolatinės įtampos šaltinio U = 3 V, ampermetro su labai maža vidine varža, keturių pastovių varžų ir vieno kintamo. Pav. 1 b, parodytas ampermetro rodmenų priklausomybės nuo kintamo varžo R varžos vertės grafikas. Raskite pastovių varžų R_1 ir R_2 varžos reikšmes.





Sprendimas:

Kai $R = 0$ grandinė atrodys kaip Pav. 3 a). Tuomet, grandinės varža r_1 bus:

$$r_1 = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} + \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} = \frac{2R_1R_2}{R_1+R_2} \tag{1}$$

Taikome Omo dėsnį:

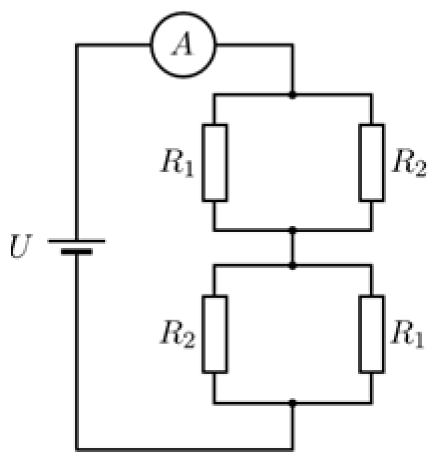
$$I_1 = \frac{U}{r_1} = \frac{U(R_1+R_2)}{2R_1R_2} \tag{2}$$

Kai $R = \infty$ grandinė atrodys kaip Pav. 3 b). Tuomet, grandinės varža r_2 bus:

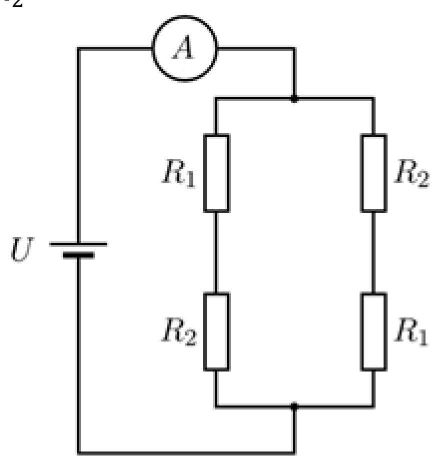
$$r_2 = \frac{R_1+R_2}{2} \tag{3}$$

Taikome Omo dėsnį:

$$I_2 = \frac{U}{r_2} = \frac{2U}{R_1+R_2} \tag{4}$$



a)



b)

Pav. 3

Iš (4) randame R_2 išraišką:

$$R_2 = \frac{2U - I_2R_1}{I_2} \tag{5}$$

(5) išraišką įsistatom į (2) ir pertvarkom:

$$I_1I_2R_1^2 - 2UI_1R_1 + U^2 = 0 \tag{6}$$

Sprendžiam kvadratinę lygtį:

$$R_1 = \frac{U}{I_1 I_2}\left(I_1 \pm \sqrt{I_1(I_1 - I_2)}\right) \tag{7}$$

Pasinaudojam (5) išraiška:

$$R_2 = \frac{2U - I_2 R_1}{I_2} = \frac{U}{I_1 I_2}\left(I_1 \mp \sqrt{I_1(I_1 - I_2)}\right) \tag{8}$$

Atsakymas: $R_1 = 6\ k\Omega, R_2 = 2\ k\Omega$ arba $R_1 = 2\ k\Omega, R_2 = 6\ k\Omega$