

Национално есенно състезание по физика
Русе, 18 – 20 ноември 2005 г.

Решения

11. – 12. клас

Задача 1: Уитстонов мост

а) Понеже галванометърът е с нулево съпротивление, точките *A* и *B* са свързани накъсо, т. е. имат еднакви потенциали.[1 т]

Еквивалентната схема е показана на фиг 1, а.[1 т за правилна схема]

Еквивалентното съпротивление на R_1 и R_3 е:

$$R' = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}, \text{ [0,5 т]}$$

а на R_2 и R_4 –

$$R'' = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} \text{ [0,5 т]}$$

Еквивалентното съпротивление на веригата е съответно:

$$R_{\text{екв}} = R' + R'' = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = 1,5 \text{ k}\Omega \text{ [1 т]}$$

Токът през източника е:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{екв}}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ A. [1 т]}$$

б) Напрежението върху резисторите R_1 и R_3 е:

$$U' = IR', \text{ [1 т]}$$

а токът през резистора R_1 :

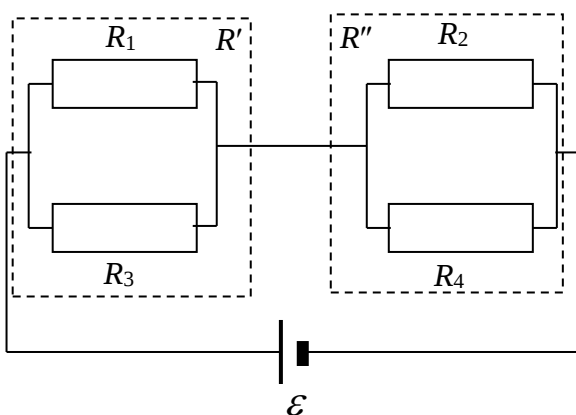
$$I_1 = \frac{U'}{R_1} = I \frac{R_3}{R_1 + R_3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ A. [1 т]}$$

Аналогично токът през резистора R_2 е:

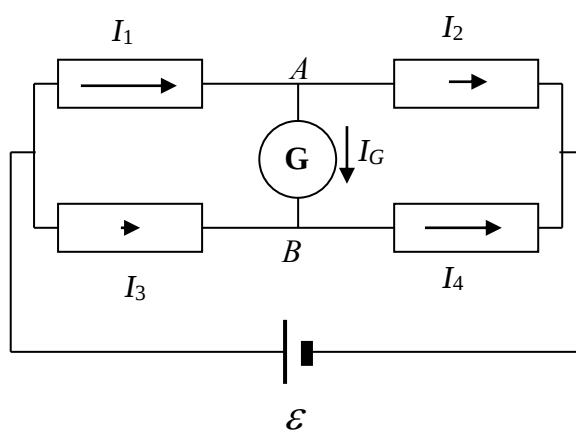
$$I_2 = I \frac{R_4}{R_2 + R_4} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ A. [1 т]}$$

Понеже токът I_1 се втича в т. *A*, а токът I_2 – изтича от нея, от т. *A* към т. *B* през галванометъра тече ток:

$$I_G = I_1 - I_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ A. [2 т]}$$



Фиг. 1, а



Фиг. 1, б

Задача 2: Електроннолъчева тръба

а) При отделяне от катода електронът има нулева кинетична енергия и потенциална енергия: $W_1 = (-e)\varphi_K$

[1 т]

След като достигне анода, електронът има нулева потенциална енергия (анодът е заземен) и кинетична енергия $E_k = \frac{mv^2}{2}$. От закона за запазване на енергията следва:

$$\frac{mv^2}{2} = (-e)\varphi_K \cdot \dots\dots\dots [1]$$

т]

Следователно скоростта на електрона е:

$$v = \sqrt{\frac{2e|\varphi_K|}{m}} \dots\dots\dots [1]$$

т]

или $v = 5,3 \cdot 10^7$ m/s. [0,5

т]

б) В еднородно магнитно поле електронът се движи по дъга от окръжност. От II принцип на Нютон следва:

$$\frac{mv^2}{R} = evB, \dots\dots\dots [1]$$

т]

където R е радиусът на окръжността. Следователно:

$$R = \frac{mv}{eB} \dots\dots\dots [0,5]$$

т]

Означаваме с O' центъра на кръговата орбита, с A – точката, в която електронът влиза в магнитното поле, а с A' – точката, от която излиза (фиг. 2). При излизане от областта, скоростта на електрона е насочена по правата OA' , т. е. перпендикулярно на $O'A'$. От чертежа следва, че:

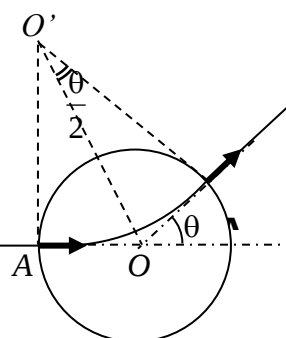
$$\operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{a}{R}, \dots\dots [1 \text{ т}]$$

откъдето намираме:

$$B = \frac{mv}{ea} \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) \dots\dots [1 \text{ т}]$$

или:

$$B = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ T} \dots\dots [0,5 \text{ т}]$$



Фиг. 2

в) Дължината на дъгата, която електронът описва в магнитното поле е:

$$s = R\theta = \frac{a\theta}{\operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)}, \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

където $\theta = \pi/3$ е ъгълът на отклонение, изразен в радиани. Времето за преминаване през магнитното поле съответно е:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{a\theta}{v \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)}; \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

или $t = 6,8 \cdot 10^{-10} \text{ s.} \dots\dots\dots [0,5 \text{ т}]$

Задача 3: *Мираж в пустинята*

а) Определена маса въздух m заема при температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$ и нормално атмосферно налягане $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ обем:

$$V_0 = \frac{m}{\rho_0} \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

При същото налягане и при някаква абсолютна температура T това количество въздух заема обем V такъв, че:

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}, \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

където $T_0 = 273 \text{ K}$ е абсолютната температура, която съответства на 0°C . Следователно плътността на въздуха при температура T и нормално атмосферно налягане е:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{mT_0}{V_0T} = \frac{a}{T}, \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

където:

$$a = \rho_0 T_0 \approx 353 \text{ kg.K/m}^3. \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

б) Показателят на пречупване на въздуха при абсолютна температура $T_1 = t_1 + 273 = 303 \text{ K}$ е:

$$n_1 = 1 + \frac{Ka}{T_1}, \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

а на нагорещения приземен слой с абсолютна температура $T_2 = t_2 + 273 = 323 \text{ K}$ –

$$n_2 = 1 + \frac{Ka}{T_2} \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

Тъй като $n_2 < n_1$, лъчите, падащи върху нагорещения слой под ъгли по-големи от θ_0 , такъв че:

$$\sin \theta_0 = \frac{n_2}{n_1}, \dots\dots\dots [1 \text{ т}]$$

търпят пълно вътрешно отражение. От фиг. 3 се вижда, че минималното разстояние L , при което пътешественикът ще вижда огледален образ на палмата, е:

$$L = (H_1 + H_2) \operatorname{tg} \theta = \frac{(H_1 + H_2)n_2}{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \dots\dots [1 \text{ т}]$$

Като вземем предвид, че $n_1 \approx n_2 \approx 1$, получаваме:

$$L = \frac{(H_1 + H_2)}{\sqrt{2K(\rho_1 - \rho_2)}} = (H_1 + H_2) \sqrt{\frac{T_1 T_2}{2Ka(T_2 - T_1)}}. \quad [1 \text{ т}]$$

или

$$L \approx 1042 \text{ м.} \quad [1 \text{ т}]$$

