

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, ОБЛАСТЕН КРЪГ, 18 февруари 2024 г.
Решения на темата за 10. клас (четвърта състезателна група)

Задача 1. Батерии и резистори

а) Идеалният волтметър е с много голямо съпротивление, така че във веригата не протича ток и волтметърът измерва електродвижещото напрежение на батерията, т.е. $\mathcal{E} = U_1$. [0,5 т.] Обратно, идеалният амперметър има пренебрежимо съпротивление и от закона на Ом следва, че $r = \frac{\mathcal{E}}{I_1} = \frac{U_1}{I_1}$. [1 т.]

б) Батериите са свързани последователно, така че амперметърът ще измери ток $I_2 = \frac{2\mathcal{E}}{2r} = \frac{\mathcal{E}}{r} = I_1$. [1 т.] Новото измерено напрежение ще бъде $U_2 = 2\mathcal{E} = 2U_1$. [0,5 т.]

в) Елементите във веригата са свързани последователно и от закона на Ом следва, че $I_R = \frac{2\mathcal{E}}{2r+R} = \frac{2U_1 I_1}{2U_1 + RI_1}$. [1,5 т.] Отделената мощност ще бъде $P_R = I_R^2 R = \frac{4U_1^2 I_1^2 R}{(2U_1 + RI_1)^2}$. [1 т.]

г) Успоредно свързаните резистори са еквивалентни на резистор със съпротивление $R/2$ и през всеки от тях минава половината от тока през батериите, откъдето следва, че $P'_R = \frac{4U_1^2 I_1^2 R}{(4U_1 + RI_1)^2}$. [2 т.]

д) От изразите за мощностите и отношението между тях може да се съобрази, че $(4U_1 + RI_1)^2 = 2(2U_1 + RI_1)^2$. [1 т.] Оттук $\frac{RI_1}{U_1} = \frac{R}{r} = 2\sqrt{2}$, т.е. приблизително 2,8 пъти. [1,5 т.]

Задача 2. Електрон и позитрон

а) Тъй като електронът е отрицателно зареден, електричната сила F върху него е обратна на посоката на полето, т.е. е обратна на посоката на първоначалното му движение. [0,5 т.] Това означава, че отначало електронът ще се движи равнозакъснително с ускорение $a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e}$. [1 т.]

Позитронът е с положителен заряд и съответно ще се ускорява по посока на полето със същото по големина ускорение. [0,5 т.] Минималното разстояние се достига, когато скоростите на частиците се изравнят. [0,5 т.] Ако измерваме времето t спрямо момента на включване на полето, отначало скоростите на двете частици имат вида: $v_e = v_0 - at$ и $v_p = at$. [0,5 т.] Понеже в момента на максимално сближаване на двете частици $v_e = v_p$, изминалото време ще бъде $t_{dmin} = \frac{v_0}{2a}$. [0,5 т.] За това време електронът изминава път

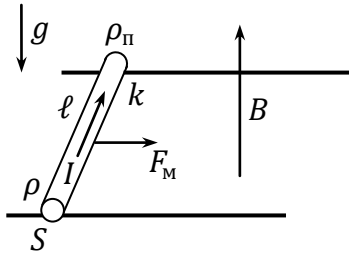
$v_0 t_{dmin} - \frac{at_{dmin}^2}{2}$, а позитронът изминава $\frac{at_{dmin}^2}{2}$. [1 т.] Търсеното разстояние $d_{min} = d_0 - v_0 t_{dmin} + \frac{at_{dmin}^2}{2} + \frac{at_{dmin}^2}{2} = d_0 - v_0 t_{dmin} + at_{dmin}^2 = d_0 - \frac{v_0^2}{4a} = d_0 - \frac{m_e v_0^2}{4eE}$. [1,5 т.] Скоростта на електрона в този момент ще бъде $v_{dmin} = v_0 - at_{dmin} = \frac{v_0}{2}$. [0,5 т.]

б) Когато скоростта на електрона става равна на нула, изминалото време става $\frac{v_0}{a}$. [0,5 т.]

Разстоянието между частиците ще бъде $d_{v=0} = d_0 - \frac{v_0^2}{a} + \frac{v_0^2}{2a} + \frac{v_0^2}{2a} = d_0$. [1 т.]

в) След като скоростта на електрона става нулева, той започва да се движи равноускорително в обратната посока. До този момент електронът изминава път $\frac{v_0^2}{2a}$ за време $\frac{v_0}{a}$ и съответно трябва измине наобратно същия път, за да се върне в изходна позиция. [0,5 т.] Може да се съобрази, че това движение наобратно се случва за същото време $\frac{v_0}{a}$. [0,5 т.] Скоростта на електрона в първоначалната му позиция е отново v_0 , докато позитронът е развил вече скорост $2v_0$, т.е. скоростта му е двойно по-голяма от скоростта на електрона. [1 т.]

Задача 3. Проводник в магнитно поле



а) Проводникът се движи надясно, така че магнитната сила F_M върху него също трябва да е насочена надясно, както е показано на чертежа вляво. [0,5 т.] Като знаем посоките на тока и силата, от правилото на дясната ръка следва, че магнитното поле е насочено *вертикално нагоре*. [1 т.] Проводникът се движи с постоянна скорост, т.е. сумарната сила е нула, откъдето следва, че магнитната сила е равна на силата на триене: $BI\ell = k\rho_{\pi}S\ell g$. [2,5 т.] Магнитната индукция

има големина $B = \frac{k\rho_{\pi}Sg}{I}$. [0,5 т.]

б) Съпротивлението на проводника е $R = \frac{\rho\ell}{S}$. [1 т.] От връзката между тока и мощността следва, че новият ток има големина $\sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{PS}{\rho\ell}} > I$. [1 т.] С увеличаване на напрежението нарастват токът през проводника и магнитната сила, докато силата на триене остава същата.

[0,5 т.] От II принцип на Нютон следва, че $B\sqrt{\frac{PS}{\rho\ell}} - k\rho_{\pi}Sg = \rho_{\pi}Sa$. [2 т.] Оттук $a = \frac{B}{\rho_{\pi}S}\sqrt{\frac{PS}{\rho\ell}} -$

$$kg = \frac{kg}{I}\sqrt{\frac{PS}{\rho\ell}} - kg = kg\left(\frac{1}{I}\sqrt{\frac{PS}{\rho\ell}} - 1\right). [1 т.]$$

Внимание! (важи за решенията на всички задачи)

За всякакви алтернативни решения, обяснени ясно и получаващи същите резултати, да се присъжда пълният брой точки, посочени за съответното подусловие.