

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

8 – 9 ноември 2014 г., ПЛЕВЕН

Тема за 11.-12. клас

Задача 1. Електрически предпазител (бушон).

Електрическият предпазител (разг. бушон) е устройство, което предпазва електрически вериги от претоварване и сериозни повреди. Най-простият вид е т. нар. предпазител със стопяема жичка. Представлява тънка метална жичка в керамично или стъклено тяло. Включва се последователно в електрическата верига. Когато през него протича ток с големина под някаква критична стойност $I_{кр}$, неговото електрично съпротивление е малко. Когато през жичката протече електрически ток, по-голям от допустимия $I_{кр}$, жичката се стапя и електрическата верига се прекъсва.

В тази задача жичката в бушона е от чист калай. Температурата на топене на калая е $t_{топ} = 232\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температурата на околната среда е $t_{ок} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Специфичното електрично съпротивление на калая при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ е $\rho_0 = 1,00 \cdot 10^{-7}\text{ }\Omega \cdot \text{m}$. То се променя с температурата линейно по закона $\rho(t) = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$, където t е температурата на калая в $^{\circ}\text{C}$, а $\alpha = 4,20 \cdot 10^{-3}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Жичката има форма на цилиндър с дължина $l = 1,00\text{ cm}$ и радиус $r = 0,500\text{ mm}$. Предполага се, че нагрятата жичка отдава топлина (количество топлина за единица време) на околната среда по закона $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = hS(t - t_{ок})$, където S е площта на околната повърхност на жичката, а $h = 50,0\text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$. Също така се предполага, че всички части на жичката имат една и съща температура. Намерете:

а) електричното съпротивление $R_{ок}$ и $R_{топ}$ на жичката съответно при температури $t_{ок}$ и $t_{топ}$. [2 т.]

б) големината $I_{кр}$ на тока, при която жичката се стапя. [3 т.]

в) температурата t_{5A} на жичката, когато през нея протича ток с големина 5 А. [3,5 т.]

г) електричната мощност P , която се отделя в жичката, когато през нея протича ток с големина 5 А. [1,5 т.]

Задача 2. Топче, подскачащо по наклонена равнина.

Топче (материална точка) пада от покой върху наклонена равнина, сключваща ъгъл α ($\alpha < 45^{\circ}$) с хоризонталата. Земното ускорение е g . Преди да се удари идеално еластично за първи път в равнината, топчето изминава път h . (Приемете, че при идеално еластичен удар скоростта на отскачане е равна на скоростта на падане, а ъглите на падане и отскачане са равни.)

а) Каква е скоростта v_1 на топчето в момента на първия удар в равнината? [1 т.]

б) Каква е минималната скорост v_{min} на топчето в интервала време между първия и втория удар? [1 т.]

в) Каква е максималната височина h_1 , мерена спрямо нивото на първия удар, която топчето достига след първия удар? [1 т.]

г) Колко е разстоянието L между местата на първия и втория удар на топчето с равнината? [3 т.]

д) Каква е скоростта v_2 на топчето в момента на втория удар в равнината? [1 т.]

е) На какво разстояние l от мястото на първия удар ($l < L$) трябва да се постави преграда, перпендикулярна на равнината, така че топчето да се удари перпендикулярно в нея? [2 т.]

ж) Колко е отношението $k = l/L$? [1 т.]

Задача 3. Спектрометър с дифракционна решетка.

Принципната схема на спектрометър, съдържащ входен процеп ВП, две вдлъбнати сферични огледала О1 и О2, отражателна дифракционна решетка ДР и CCD детектор, е дадена на фигурата по-долу.

а) За какво служи огледалото О1? [0.5 т.]

б) За какво служи дифракционната решетка ДР? [0.5 т.]

в) За какво служи огледалото О2? [0.5 т.]

Елементите в схемата имат следните характеристики: фокусните разстояния на двете огледала са равни: $f = 25$ cm. Входния процеп ВП и CCD детекторът са разположени във фокалните равнини (равнините, перпендикулярни на оптичните оси и минаващи през техните фокуси) съответно на огледалата О1 и О2. Дифракционната решетка има 1200 отразяващи ивици на милиметър (решетката работи на отражение). Ивиците са вертикални спрямо равнината на чертежа. Падащият сноп светлина върху решетката ДР пада перпендикулярно на нея. CCD детекторът има 1000 пиксела в равнината на чертежа и дължина $L = 2,5$ cm. Входният процеп се осветява от светлина, излъчвана от натриева лампа, чийто спектър съдържа две близки по дължина на вълната и еднакво интензивни спектрални линии с дължини на вълната съответно $\lambda_1 = 589,00$ nm и $\lambda_2 = 589,59$ nm. По-нататък извършвайте изчисленията приближено, като представяте отговорите с две-три значещи цифри. Размерите на О1, О2 и ДР са около 5 cm (те не ви трябва за по-нататъшните изчисления!).

г) Изчислете константата d на решетката ДР. [0.5 т.]

д) Какъв е порядъкът на дифрактиралата от ДР светлина? [1 т.]

е) Изчислете ъгъла α между падащия върху ДР сноп и дифрактория от ДР сноп. [1 т.]

ж) Какво ще е разстоянието x (в mm и в пиксели) между двете спектрални линии върху CCD детектора? Приемете, че двете линии са разположени в средата на CCD детектора. [3 т.]

з) Изчислете какъв е интервалът ($\lambda_{min}, \lambda_{max}$) от дължини на вълните на светлината, която може да се регистрира от CCD детектора при това положение на оптичните елементи на спектрометъра. [1 т.]

и) Какво трябва да може да се променя (движи) и как, за да може спектрометърът да регистрира светлина с други дължини на вълните? [0.5 т.]

к) Оценете колко може да е максималната ширина l на входния процеп ВП, така че двете спектрални линии все още да се виждат разделени (да не се слейт в една широка, „размазана“). [1 т.]

л) Защо все пак са дадени ориентировъчните размери на О1, О2 и ДР? [0.5 т.]

Полезна математика:

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\tan(2\alpha) = \frac{2 \tan \alpha}{1 - (\tan \alpha)^2}$$

$$\sin \alpha \approx \alpha; \alpha \ll 1$$

$$\cos \alpha \approx 1; \alpha \ll 1, \text{ ако } \alpha \text{ се измерва в радиани}$$

