

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, ОБЛАСТЕН КРЪГ, 19 февруари 2022 г.
Решения на темата за 10. клас (четвърта състезателна група)

Задача 1. Електрическа верига с кондензатор.

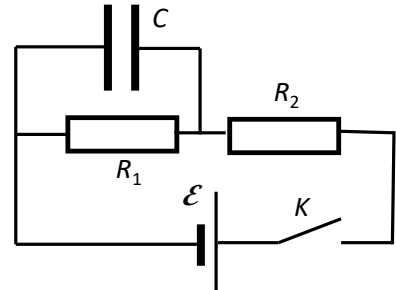
а) Веднага след момента на затварянето на ключа кондензаторът още не е започнал да се зарежда, следователно напрежението върху него е нула. [1 т.] Нула е и напрежението върху резистора R_1 . Следователно токът $I_1 = 0$. [1 т.]

б) След като напрежението върху резистора R_1 е нула, то напрежението върху резистора R_2 ще бъде \mathcal{E} . [1 т.] Следователно токът I_2 , течащ през резистора R_2 веднага след момента на затварянето на ключа, е $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2}$. [1 т.]

в) След като токът във веригата престане да се променя (когато кондензаторът престане да се зарежда повече), този ток ще е един и същ и през двата резистора. Тогава токът I , течащ през източника на напрежение, е $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$. [2 т.]

г) Преди да се отвори ключът, кондензаторът ще е зареден до напрежение $U_C = R_1 I = \frac{R_1 \mathcal{E}}{R_1 + R_2}$. [0,5 т.] Когато ключът K се отвори, напрежението върху резистора R_1 ще е колкото върху кондензатора [0,5 т.] и токът I_3 , течащ през резистора R_1 веднага след момента на отварянето на ключа ще бъде $I_3 = \frac{U_C}{R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$. [1 т.]

д) Тъй като намаляването на тока през резистора R_1 ще зависи само от съпротивлението R_1 на резистора и капацитета C на кондензатора, то трябва да се провери коя комбинация от тези величини има размерност на време. Използвайки познати формули, може да проверим първо произведението им каква размерност има. $[R] \cdot [C] = \frac{[U]}{[I]} \cdot \frac{[Q]}{[U]} = \frac{[Q]}{[I]} = \frac{[Q]}{\frac{[Q]}{[t]}} = [t]$. [1 т.] Така проверихме че произведението има размерност на време и характерното време $\tau = R_1 \cdot C$. [1 т.]



Задача 2. Свойства на проводник в електростатично поле.

а) Допускаме противоположното, т.е. че в проводника има електростатично поле. Тогава обаче на свободните заряди, намиращи се вътре в него, ще действа кулонова сила и те ще започнат да се движат, следователно няма да имаме статичен случай. Следователно допускането не е вярно и електростатичното поле вътре е нула. [2 т.]

б) Нека да вземем две произволни точки от проводника (намиращи се вътре или на повърхността му). Нека придвижим един подвижен заряд от едната точка до другата. Тъй като електростатичното поле е нула, силата, действаща на заряда от страна на електростатичното поле, е нула и механичната работа ще е нула. Следователно в двете точки електростатичната потенциална енергия ще е една и съща и съответно потенциалите ще са равни. Тъй като двете точки са произволни, потенциалът на всички точки от проводника (вътре в него и на повърхността му) е постоянен, $\varphi_{\Pi} = const$. [2 т.]

в) Нека вземем две произволни точки от повърхността на проводника. Тъй като те имат един и същ потенциал, извършената работа от електростатичното поле за придвижване на заряд от едната до другата по повърхността ще е нула. Тъй като точките са

произволни, това е възможно само ако електростатичната сила винаги е перпендикулярна на преместването. Следователно интензитетът на електричното поле е перпендикулярен на повърхността на проводника и съответно силовите линии на електростатичното поле от външната страна на повърхността на проводника са перпендикулярни на повърхността му. [3 т.]

г) Нека да допуснем, че в кухината има електростатично поле. Тъй като в кухината няма нищо, т.е. няма и заряди, а силовите линии започват и завършват на заряд, тогава една силова линия започва от една точка на повърхността и завършва на друга точка от повърхността. Ако придвижим електричен заряд по тази линия, извършената работа от полето ще е различна от нула, следователно двете точки от повърхността ще имат различни потенциали. Това е невъзможно, следователно вътре в кухината не може да има електростатично поле. [3 т.]

Задача 3. Ефект на Хол

а) Силата F_B , с която магнитното поле действа на проводника, е $F_B = B \cdot I \cdot l$. [1 т.]

б) Тъй като токът е преминалите заряди за единица време през сечението на проводника, то за време Δt през сечението на проводника ще преминат зарядите, намиращи се в обем с основа S и височина $\Delta l = v \cdot \Delta t$. [1 т.] Следователно $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{n \cdot e \cdot S \cdot v \cdot \Delta t}{\Delta t} = n \cdot e \cdot S \cdot v$, откъдето $v = \frac{I}{n \cdot e \cdot S}$. [1 т.]

в) Силата F_e , с която магнитното поле действа на един свободен електрон, е силата F_B , разделена на броя електрони, $F_e = \frac{F_B}{n \cdot S \cdot l} = \frac{B \cdot I \cdot l}{n \cdot S \cdot l} = \frac{B \cdot I}{n \cdot S} = e \cdot v \cdot B$. [1 т.]

г) Тъй като $F_E = F_B$, то $e \cdot F_H = e \cdot v \cdot B$, [1 т.] откъдето $E_H = v \cdot B = \frac{I \cdot B}{n \cdot e \cdot S}$. [1 т.]

д) Холовото напрежение $U_H = E_H \cdot h$, [1 т.] откъдето $U_H = \frac{I \cdot B \cdot h}{n \cdot e \cdot b \cdot h} = \frac{I \cdot B}{n \cdot e \cdot b}$. [1 т.]

е) За да е чувствителен такъв сензор, концентрацията на свободните заряди (електроните) трябва да е малка (полупроводниците ще са по-подходящи от металите) [1 т.] и размерът b трябва да е малък (да се използват тънки слоеве). [1 т.]