

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

гр. Сандански, 15 март 2014 г.

Решения на темата за 9. клас

Задача 1. Електростатика (10 точки)

Част 1.

а) Броят електрони се намира по формулата

$Q = Ne$, където e е елементарният заряд на електрона. (0,5 точки)

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{2,4 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1,5 \cdot 10^{16}. \quad (0,5 \text{ точки})$$

б) Вратата е електронеутрална, защото е свързана със земята. Докосвайки я, Елена й предава заряда си, докато се неутрализира. Това се усеща като лек токов удар и понякога може да се види лека искра. (1 точка)

в) Токът се определя по формулата

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{2,4 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{0,25 \text{ s}} = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ A}. \quad (1 \text{ точка})$$

Част 2. Когато вторият кондензатор се свърже към първия, зарядът в системата остава постоянен. Той се определя по формулата $q = CU_1$. (0,5 точки)

Капацитетът на системата от два кондензатора е $C'' = C + C'$.

Тъй като зарядът е непроменен,

$$q = CU_1 = C''U_2 = (C + C')U_2 \quad (0,5 \text{ точки})$$

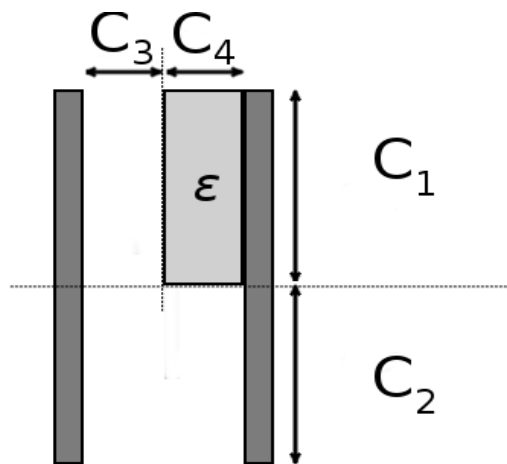
С това за втория кондензатор се получава

$$C' = \frac{C(U_1 - U_2)}{U_2} \quad (0,5 \text{ точки})$$

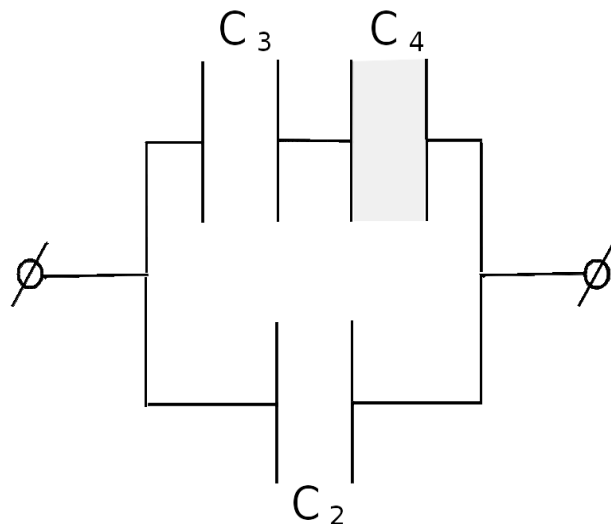
$$C' = 0,1 \text{ pF}. \quad (0,5 \text{ точки})$$

Част 3.

Кондензаторът може да се разглежда като система от два успоредно свързани кондензатора с капацитети C_1 и C_2 , както е показано на фиг. 1. C_1 е система от два последователно свързани кондензатора, като единият от тях не съдържа диелектрична пластина и има капацитет C_3 , а другият е изцяло запълнен с диелектрик и има капацитет C_4 . Еквивалентната схема е показана на фиг. 2. Правилна схема+обяснение. (1 точка)



Фиг. 1



Фиг. 2

Определяме капацитетите на кондензаторите поотделно. Капацитетът на кондензатора без диелектрична пластина е $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$.

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 \frac{S}{2}}{d} = \frac{C}{2} \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$C_3 = \frac{\varepsilon_0 \frac{S}{2}}{\frac{d}{2}} = C \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$C_4 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \frac{S}{2}}{\frac{d}{2}} = \varepsilon C = 2C \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$C_1 = \frac{2}{3} C \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$C_0 = C_1 + C_2 \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$C_0 = \frac{C}{2} + \frac{2}{3} C = \frac{7}{6} C = 0,7 \text{ pF}. \quad (1 \text{ точка})$$

Задача 2. Заряди в гравитационно поле (10 точки)

а) Силата на опъване на нишката T е равна по големина и противоположна по посока на силата на тежестта G , която действа на топчето

$$T = G = mg \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$T = 0,0098 \text{ N}. \quad (0,5 \text{ точки})$$

б) Силата на опъване на нишката е 0, т.е. силата на тежестта и силата на Кулон, с която второто топче му действа, се уравновесяват. (0,5 точки)

Това означава, че двете топчета се отблъскват, т.е. зарядът на второто топче е със същия знак като на първото – положителен. (0,5 точки)

в) Силата на опъване на нишката е 0, ако

$$G = F_C \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$G = \frac{kq^2}{H^2} \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$H = q \sqrt{\frac{k}{G}} \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$H = 0,096 \text{ m} \quad (0,5 \text{ точки})$$

г) Означаваме топчетата с 1 (най-горно), 2 (средно) и 3 (най-долно).

За средното топче важи

$$G + F_C^{12} = F_C^{23}. \quad (0,5 \text{ точки})$$

За да може силата на опъване на долната нишка да е 0, е необходимо поне една сила да действа нагоре, т.е. то се отблъсква от най-долното топче. Това означава, че най-долното топче е със същия по знак заряд – положителен. (0,5 точки)

Така уравнението на силите на средното топче е

$$G + \frac{kq^2}{h^2} = \frac{kQq}{4h^2}. \quad (1 \text{ точка})$$

За най-горното топче важи:

$$G = F_C^{12} + F_C^{13}, \quad (0,5 \text{ точки})$$

тъй като знаем, че силата на опъване на нишката е 0. Уравнението може да се представи като

$$G = \frac{kq^2}{h^2} + \frac{kQq}{9h^2}. \quad (1 \text{ точка})$$

След изваждане на двете уравнения едно от друго и преобразуване се получава

$$Q = \frac{72}{5}q \quad (2 \text{ точки})$$

$$Q = 1,44 \text{ } \mu\text{C}. \quad (0,5 \text{ точки})$$

Задача 3. Свободно падане и земно ускорение (10 точки)

Част 1. Времето от момента на пускане на камъка до момента, в който той се чува да удря дъното на кладенеца, може да се разглежда като сума на две времена:

t_1 е времето на падане на камъка до дъното

t_2 е времето, необходимо на звука да стигне от дъното на кладенеца до върха му.

$t = t_1 + t_2$, т.е. $t_2 = t - t_1$.

Първо разглеждаме свободното падане на камъка. Времето на падане се определя от формулата

$$h = \frac{gt_1^2}{2}. \quad (0,5 \text{ точки})$$

Второто движение е това на звука. То е равномерно и се определя по формулата

$$h = v_s t_2 = v_s(t - t_1). \quad (0,5 \text{ точки})$$

Това води до уравнението

$$\frac{gt_1^2}{2} = v_s(t - t_1), \text{ което след преобразуване може да се представи като}$$

$$gt_1^2 + 2v_s t_1 - 2v_s t = 0. \quad (0,5 \text{ точки})$$

Това уравнение има две решения,

$$t_1^{1,2} = \frac{-v_s \pm \sqrt{v_s^2 + 2gtv_s}}{g}, \text{ от които очевидно едното е с отрицателна стойност и няма физичен смисъл.} \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$\text{Второто решение е } t_1^2 = \frac{-v_s + \sqrt{v_s^2 + 2gtv_s}}{g} = 2,88 \text{ s.} \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$\text{За него намираме } h = \frac{gt_1^2}{2} = 40,6 \text{ m.} \quad (0,5 \text{ точки})$$

Алтернативно решение

Времето от момента на пускане на камъка до момента, в който той се чува да удря дъното на кладенеца, може да се разглежда като сума на две времена:

t_1 е времето на падане на камъка до дъното

t_2 е времето, необходимо на звука да стигне от дъното на кладенеца до върха му.

Времето на разпространение на звука може да се пренебрегне, тъй като е много малко в сравнение с времето на падане на камъка. (1 точка)

$$h = \frac{gt_1^2}{2} = 44,1 \text{ m.} \quad (1 \text{ точка})$$

$$\text{Звукът изминава това разстояние за } t_2 = \frac{h}{v_s} = 0,13 \text{ s.} \quad (0,5 \text{ точки})$$

Това време е много по-малко от времето на падане на камъка и може да се пренебрегне, защото грешката при измерването би била от същия порядък, ако то се извършва по не особено прецизен начин, например с ръчно управляван секундомер или ако се вземе предвид, че земното ускорение варира в зависимост от местоположението и географската ширина. (0,5 точки)

Част 2.

а) На повърхността на Земята

$$g_E(R_E) = \frac{C_E}{R_E^2} \Rightarrow C_E = g_E(R_E)R_E^2 \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$C_E = 4,02 \cdot 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2. \quad (0,5 \text{ точки})$$

б) По същия начин както в подточка а),

$$C_M = g_M(R_M)R_M^2 = 0,17 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2,96 \cdot 10^{12} \text{ m} = 4,8 \cdot 10^{12} \text{ m}^3/\text{s}^2. \quad (1 \text{ точка})$$

$$\text{в) } \frac{m_E}{m_M} = \frac{C_E}{C_M} = 83,8 \quad (1 \text{ точка})$$

г) Силите на тежестта на Луната и на Земята, които действат на даден обект, се уравновесяват, когато $g_E = g_M$. (0,5 точки)

Разстоянието до Земята е R' , а това до Луната е $R - R'$.

$$g_E(R') = g_M(R - R')$$

$$\frac{C_E}{R'^2} = \frac{C_M}{(R - R')^2}. \quad (0,5 \text{ точки})$$

След преобразуване

$$(C_E - C_M)R'^2 - 2C_ERR' + C_ER^2 = 0. \quad (0,5 \text{ точки})$$

Това уравнение има две решения,

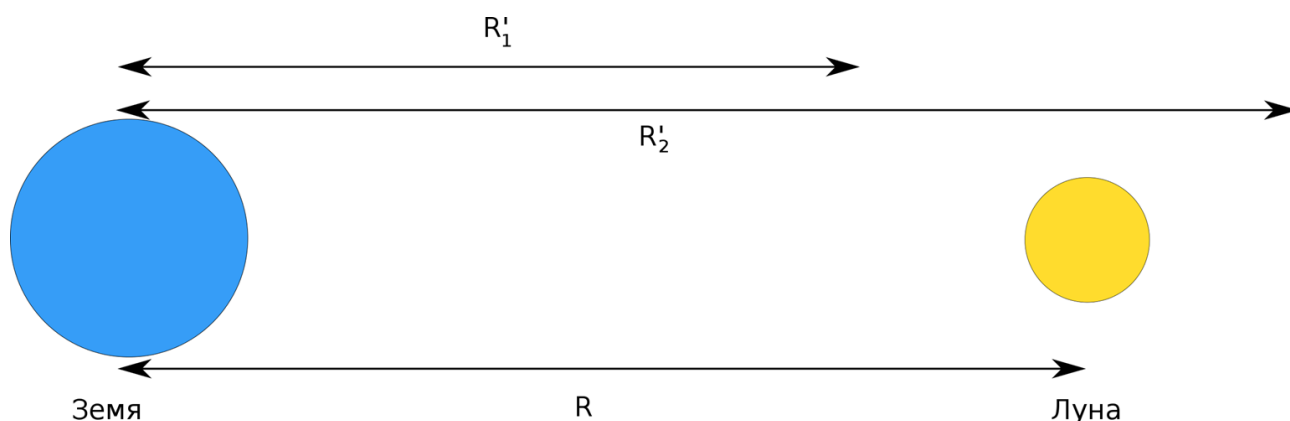
$$R'_{1,2} = \frac{C_ER \pm \sqrt{(C_ER)^2 - (C_E - C_M)C_ER^2}}{C_E - C_M} = \frac{C_ER \pm \sqrt{C_MC_ER}}{C_E - C_M} \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$R'_1 = 0,90R = 3,46 \cdot 10^5 \text{ km} \quad (0,5 \text{ точки})$$

$$R'_2 = 1,12R = 4,31 \cdot 10^5 \text{ km}. \quad (0,5 \text{ точки})$$

Второто решение на уравнението се намира „зад“ Луната от гледна точка на Земята. Там силите на тежестта на Луната и на Земята са равни, но действат в една и съща посока, т.е. не се уравновесяват. Физично решение е единствено R'_1 . (0,5 точки)

Правилен чертеж. (0,5 точки)



Фиг. 3