

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА
14 – 15 ноември 2015 г., Велико Търново
Тема 9. клас, Решения и указания

Задача 1. Кинематика

Част 1:

а) За една минута ($T = 60$ s) всяка кола, движеща се със скорост v_0 , изминава разстояние $N_0(L + L_0)$, измерено спрямо неподвижния полицаи. Така получаваме $N_0(L + L_0) = v_0 T$ [1 т]. Когато полицаят се движи със скорост v , получаваме $N_1(L + L_0) = (v_0 - v)T$ [1 т]. Разделяме едното уравнение на другото и намираме $\frac{v}{v_0} = 1 - \frac{N_1}{N_0}$, т.е. $v_0 = 10v = 50$ km/h [1 т].

б) От уравнението $N_0(L + L_0) = v_0 T$ [1 т] намираме $L = \frac{v_0 T}{N_0} - L_0$, т.е. $L \approx 80.3$ m [1 т].

в) За броя на насрещно движещите се коли получаваме $N_2(L + L_0) = (v_0 + v)T$. Така намираме $\frac{N_2}{N_0} = \frac{v_0 + v}{v_0}$ и следователно $N_2 = 1.1N_0 = 11$ [1 т].

Част 2:

а) В момента t височината на първата капка е $h_1 = H - \frac{gt^2}{2}$ [0.2 т], а на втората е $h_2 = H - \frac{g(t - \Delta t)^2}{2}$ [0.2 т]. Първата капка достига повърхността в момента t_1 , за който е изпълнено $h_1 = H - \frac{gt_1^2}{2} = 0$ [0.1 т]. Намираме $t_1 = \sqrt{2H/g}$. Аналогично намираме и момента t_2 , в който втората капка достига повърхността: $t_2 = \sqrt{2H/g} + \Delta t$. Така получаваме $\Delta t' = t_2 - t_1 = \Delta t$ [1 т].

б) Първата капка достига повърхността в момента t_1 , за който $h_1 = H - \frac{gt_1^2}{2} = vt_1$ [0.25 т], а втората – в момента t_2 , за който $h_2 = H - \frac{g(t_2 - \Delta t)^2}{2} = vt_2$ [0.25 т]. За t_1 и t_2 получихме квадратни уравнения, от които намираме $t_1 = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$ [0.5 т] и $t_2 = \Delta t + \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gH - 2gv\Delta t}}{g}$ [0.5 т]. Така получаваме $\Delta t' = t_2 - t_1 = \Delta t + \frac{\sqrt{v^2 + 2gH - 2gv\Delta t} - \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$. [1 т]

Задача 2. Електростатика

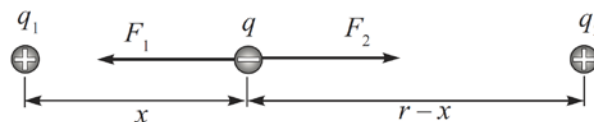
а) Ако зарядът q също е положителен, както и да поставим трите топчета, на крайните две ще действат сили, които ще ги отблъскват (отдалечават едно от друго). Следователно зарядът q трябва да е **отрицателен**. [1 т]

б) Отрицателният заряд q не може да се постави в областите I или III, защото тогава другите два заряда ще го привличат и той не може да бъде в равновесие. [1 т]

Зарядът q трябва да се постави в областта II, т.е. между положителните заряди q_1 и q_2 , където те му действат със срещуположни сили, които би могло да се урівновесят. [1т]

в) На заряда q действат две сили (вж. чертежа), чиито големина се определят от закона на Кулон:

$$F_1 = k \frac{q_1 q}{x^2} \text{ и } F_2 = k \frac{q_2 q}{(r-x)^2}. \text{ [1т]}$$



За да бъде зарядът q в равновесие, двете противоположни сили трябва да имат еднакви големина

$$k \frac{q_1 q}{x^2} = k \frac{q_2 q}{(r-x)^2}, \text{ откъдето получаваме квадратно уравнение за } x: (q_1 - q_2)x^2 - 2q_1 r x + q_1 r^2 = 0 \text{ [1т].}$$

Уравнението има два корена, които се записват във вида $x_1 = \frac{r\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} - \sqrt{q_2}}$ и $x_2 = \frac{r\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}}$ [1т]. За

втория корен е изпълнено условието $x_2 < r$, т.е. зарядът q да се намира между двата положителни заряда (в област II). Първият корен обаче не удовлетворява това условие. Действително, при $q_1 > q_2$ имаме $x_1 > r$, т.е. зарядът q е в област III. При $q_1 < q_2$ имаме $x_1 < 0$, т.е. зарядът q е в област I. Следователно търсеното разстояние е $x = x_2$ [1т].

г) Потенциалът на полето, създадено от двата заряда, е сума от потенциалите на полетата, породени от отделните заряди. Потенциалът от страна на q_1 е $\phi_1 = k \frac{q_1}{x}$ [0.5т], а от страна на q_2 е $\phi_2 = k \frac{q_2}{r-x}$

[0.5т]. Следователно $\phi = k \frac{q_1}{x} + k \frac{q_2}{r-x}$ [1т], т.е. $\phi = k \frac{(\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2})^2}{r}$ [1т].

Задача 3. Балон с въздух

а) Пълната маса на балона, включваща масата на материала m и масата на загреия въздух с температура t , трябва да е равна на масата на изместения от балона въздух с температура t_0 :

$$m + \rho_1 V = \rho_0 V, \text{ т.е. } \rho_1 = \rho_0 - \frac{m}{V} \text{ [1 т]}. \text{ За температурата имаме връзката (налягането е константно)}$$

$$\rho_1 t_1 = \rho_0 t_0 \text{ (температурата е в единици Келвин) [1 т]}. \text{ Така получаваме}$$

$$t_1 = \frac{t_0}{1 - m/(\rho_0 V)} \approx 93.25^\circ \text{C. [1 т]}$$

б) Пълната сила, която действа на балона в посока надолу, е $T + (m + \rho_2 V)g$ [0.5 т], а тази, която действа нагоре, е $\rho_0 Vg$ [0.5 т]. От равенството на силите получаваме $T = (\rho_0 - \rho_2)Vg - mg$ [0.5 т].

Аналогично на горната подточка имаме $\rho_0 t_0 = \rho_2 t_2$ [0.5 т]. Така получаваме

$$T = \rho_0 Vg \left(1 - \frac{t_0}{t_2} \right) - mg \approx 1.05 \text{ N. [1 т]}$$

в) Аналогично на подточка а) намираме $m + \rho_2' V = \rho_0' V$, където ρ_0' и ρ_2' са съответно плътностите на въздуха извън и в балона на височина h . Така намираме, че балонът ще се издига, докато плътността

на околния въздух стане $\rho'_0 = \rho'_2 + \frac{m}{V}$ [1 т]. Тъй като балонът е затворен, имаме $\rho'_2 = \rho_2 = \rho_0 \frac{t_0}{t_2}$ [1 т].

Също имаме $\rho'_0 = \rho(h) = \rho_0 \left(1 - \frac{P_0}{P_0} gh \right)$ [1 т]. Така получаваме

$$h = \left(1 - \frac{t_0}{t_2} - \frac{m}{\rho_0 V} \right) \frac{P_0}{\rho_0 g} \approx 1095 \text{ m. [1 т]}$$