

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА,
25 – 27 ноември 2016 г., Велинград
Тема за 9. клас, Решения и указания

Задача 1. Равноускорително движение.

Част I а) Първоначално полицаите се движат равноускорително по закона $x_1 = at^2/2$. [0,5 т.] Нарушителите изминават разстояние $x_2 = v_0t$. [0,5 т.] Моментът t_1 , когато полицейската кола спира да ускорява, се получава като решение на квадратното уравнение $x_2 - x_1 = v_0t - at^2/2 = l$. [0,5 т.] Трябва да се избере този корен на уравнението, който съответства на момент, когато полицаите настигат другия автомобил, т.е. скоростта им е по-голяма от тази на нарушителите. [0,5 т.] Така получаваме $t_1 = (v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2al})/a$. [1 т.] След този момент полицаите изминават разстояние $x'_1 = at_1t_2$, [0,5 т.] а другата кола изминава $x'_2 = v_0t_2$ [0,5 т.] до окончателното застигане, като $x'_1 - x'_2 = l$, [0,5 т.] откъдето $t_2 = l/(at_1 - v_0)$. [0,5 т.]

Така получаваме за времето за настигане $t_1 + t_2 = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2al}}{a} + \frac{l}{\sqrt{v_0^2 - 2al}} \approx 19,7 \text{ s}$. [1 т.]

б) Пътят, който изминават полицаите, е $v_0(t_1 + t_2) \approx 590 \text{ m}$. [1 т.]

Част II Средната скорост за първата част от пътя е $\bar{v} = \frac{h}{2t_1}$, [0,5 т.] където t_1 е времето за достигане на половината дълбочина на кладенеца. От друга страна имаме, че $\frac{h}{2} = \frac{gt_1^2}{2}$. [0,5 т.] Като изключим t_1 от двете уравнения, ще получим, че $h = \frac{4\bar{v}^2}{g}$. [0,5 т.] Времето за достигане на дъното е $t_2 = \sqrt{2h/g} = 2\sqrt{2}\bar{v}/g$. [0,5 т.] Изминалото време, докато се чуе плясък, е $t = t_2 + \frac{h}{v_s} = \frac{2\sqrt{2}\bar{v}}{g} + \frac{4\bar{v}^2}{gv_s} \approx 6,26 \text{ s}$. [1 т.]

Задача 2. Хидростатично налягане.

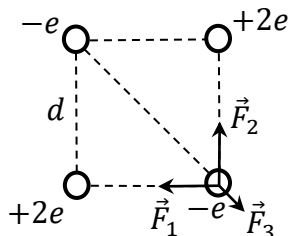
Част I Първоначално сапунът плава във вода и от равенството на големините на силата на тежестта и Архимедовата сила, които действат на сапуна, следва $\rho_C gh = 0,75\rho_B gh$, [1 т.] откъдето $\rho_C = 0,75\rho_B$. След като е налято олиото, условието за равновесие на сапуна е $\rho_C gh = \rho_0 g(h - z)$, [1 т.] където със z сме означили височината на частта от сапуна, която се намира над олиото. След заместване се получава, че $z = (1 - \frac{3\rho_B}{4\rho_0})h = \frac{h}{16} = 0,5 \text{ cm}$. [1 т.]

Част II а) Под действие на хидростатичното налягане във варела навлиза вода, докато налягането p_1 на въздуха във варела се изравни с налягането на съответната дълбочина под повърхността на морето: $p_1 = p_0 + \rho g(d + l - x)$, [1 т.] където x е височината на водния стълб във вътрешността на варела. След установяване на термодинамично равновесие знаем, че въздухът във варела не е променил температурата си след потапянето във водата, т.е. може да използваме закона на Бойл-Мариот за изотермен процес: $p_0Sl = p_1S(l - x)$, [1 т.] където S е лицето на дъното на варела. Заместваме p_1 от първото уравнение във второто и получаваме квадратно уравнение за $y = l - x$: $\rho gy^2 + (p_0 + \rho gd)y - p_0l = 0$. [1 т.] Положителният корен на

уравнението е $y = \frac{\sqrt{(p_0 + \rho g d)^2 + 4p_0 \rho g l} - p_0 - \rho g d}{2\rho g}$. [2 т.] Оттук получаваме, че $x = l - y = l - \frac{\sqrt{(p_0 + \rho g d)^2 + 4p_0 \rho g l} - p_0 - \rho g d}{2\rho g} \approx 0,76 \text{ m}$. [1 т.]

б) $p_1 = p_0 + \rho g(d + l - x) = \frac{p_0 + \rho g d + \sqrt{(p_0 + \rho g d)^2 + 4p_0 \rho g l}}{2} \approx 1,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. [1 т.]

Задача 3. Електростатика.



а) Силата, която действа на долния десен заряд, е векторна сума от силите, с които му действат останалите три заряда. [0,5 т.] Силите са означени на фигурата вляво. [0,5 т.] Големините им са: $F_1 = F_2 = \frac{2ke^2}{d^2}$ и $F_3 = \frac{ke^2}{2d^2}$. [1 т.] като сме изразили дължината на диагонала на квадрата чрез дължината на страните. Поради симетрията векторната сума на силите \vec{F}_1 и \vec{F}_2 е насочена по диагонала на квадрата. [0,5 т.] Тъй като $F_1 = F_2$, големината на сумарната сила $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ е равна на $\sqrt{2}F_1$. [0,5 т.] За големината F на резултантната сила, която действа на долния десен заряд, се получава: $F = \sqrt{2}F_1 - F_3 = \left(2\sqrt{2} - \frac{1}{2}\right) \frac{ke^2}{d^2}$. [1 т.]

б) Зарядите са симетрично разположени около центъра на квадрата и затова интензитетът в тази точка е равен на нула. [1 т.]

в) Потенциалът в центъра на квадрата е алгебрична сума от потенциалите на четирите заряда в тази точка: $\varphi = \frac{2\sqrt{2}ke}{d}$. [2 т.]

г) Работата A намираме чрез потенциала на електричното поле φ' , създаден от останалите три заряда в точката, където е поставен първоначално долният десен заряд: $\varphi' = \frac{4ke}{d} - \frac{\sqrt{2}ke}{2d}$. [1 т.] Потенциалът на много голямо разстояние от зарядите е нула, [1 т.] така че $A = (-e)(0 - \varphi') = e\varphi' = \left(4 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \frac{ke^2}{d}$. [1 т.]