

Решения олимпиады-2017 ЦДО «Школа-Вуз»

задача 1

Бомбардировщик пикирует на цель под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту со скоростью $V_0 = 540$ км/ч и сбрасывает бомбу на высоте $h = 600$ м. На каком расстоянии S от цели по горизонтальному направлению надо освободить бомбу, чтобы она попала в цель? (м)
(5 баллов)

$\alpha = 60^\circ$ $V_0 = 150$ м/с $h = 600$ м $S - ?$	Траектория - парабола: ox - равномерное движение; oy - равноускоренное движение. $S = V_x t = V_0 \cos \alpha t$; $h = V_{0y} t + (gt^2 / 2) = V_0 \sin \alpha t + (gt^2 / 2)$ $5t^2 + 150 \cdot 0,866t - 600 = 0$; $t^2 + 30 \cdot 0,866t - 120 = 0$ $t_{1,2} = -15 \cdot 0,866 \pm \sqrt{168,74 + 120} = -12,99 \pm 16,99$; $t = 4$ (с); $S = 150 \cdot (1/2) \cdot 4 = 300$ (м).
--	---

задача 2

Космический корабль на скорости $V = 10$ км/с попадает в неподвижное облако метеороидов с концентрацией вещества $\rho = 20$ мг/м³. На сколько должна возрасти сила тяги ΔF двигателя, чтобы скорость корабля не изменилась, если его лобовое сечение $S = 50$ м². Удар метеороидов об обшивку корабля считать неупругим. (кН)
(5 баллов)

$V = 10$ км/с $S = 50$ м ² $\rho = 20 \cdot 10^{-6}$ кг/м ³ $\Delta F - ?$	$\Delta F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{P}{\Delta t} = \frac{mV}{\Delta t} = \frac{\rho S V \Delta t V}{\Delta t} = \rho S V^2$; $\Delta F = 2 \times 10^{-5} \times 50 \times 10^8 = 100 \times 10^3 = 100$ кН.
---	---

задача 3

При ударе шарика об идеально гладкую горизонтальную плоскость теряется третья часть его кинетической энергии. Зная, что угол падения $\alpha = 45^\circ$, найти угол отражения β . (град)
(5 баллов)

$\eta = 2/3$ $\alpha = 45^\circ$ $\beta - ?$	По закону сохранения импульса: $F_x = 0$; $p_{1x} = p_{2x}$; $V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$; $\frac{mV_2^2}{2} = \frac{2}{3} \times \frac{mV_1^2}{2}$; $V_2 = V_1 \sqrt{\frac{2}{3}}$; $\sin \alpha = \sqrt{\frac{2}{3}} \sin \beta$ $\sin \beta = \sqrt{1,5} \times (1/\sqrt{2}) = \sqrt{3}/2 = 0,866$; $\beta = 60^\circ$.	
--	--	--

задача 4

Один конец цилиндрической трубки, длина которой $L = 25$ см и радиус $R = 1$ см, закрыт пробкой, а в другой вставлен поршень, который медленно вдвигают в трубку. Когда поршень подвинется на $l = 8$ см, пробка вылетит. Считая температуру постоянной, найти силу трения пробки о стенки трубки в момент вылета пробки. Атмосферное давление нормальное. (Н) (5 баллов)

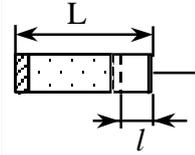
$L = 0,25$ м
 $R = 10^{-2}$ м
 $l = 8 \cdot 10^{-2}$ м
 $T = \text{const}$
 $p_0 = 10^5$ Па
 $F_{\text{ТР}} - ?$

При $T = \text{const}$

$$p_0 L \pi R^2 = p (L-l) \pi R^2; \quad p = p_0 \frac{L}{L-l};$$

$$p = p_0 + \frac{F_{\text{ТР}}}{S}; \quad F_{\text{ТР}} = S p_0 \left(\frac{L}{L-l} - 1 \right) = S p_0 \frac{l}{L-l};$$

$$F_{\text{ТР}} = \frac{3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{0,25 - 0,08} = 14,8 \text{ (Н)}.$$



задача 5

Сила тока, характеризующая поток электронов в электронно-лучевой трубке, $I = 400$ мкА, ускоряющее напряжение $U = 10$ кВ. Найдите силу давления электронного пучка на экран трубки, полагая, что все электроны поглощаются экраном. Удельный заряд электрона $q_0/m = 1,7 \cdot 10^{11}$ Кл/кг. (мкН) (5 баллов)

$I = 400$ мкА =
 $= 4 \cdot 10^{-4}$ А
 $U = 10$ кВ = 10^4 В
 $q_0/m = 1,7 \cdot 10^{11}$ Кл/кг
 $F - ?$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{N q_0}{\Delta t}; \quad \frac{m V^2}{2} = q_0 U; \quad V = \sqrt{\frac{2 q_0 U}{m}}$$

$$F = N m a = \frac{N m \Delta V}{\Delta t} = \frac{N m V}{\Delta t} = \frac{I \Delta t m}{q_0 \Delta t} \sqrt{\frac{2 q_0 U}{m}}$$

$$F = I \sqrt{\frac{2U}{q_0/m}} = 4 \cdot 10^{-4} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{1,7 \cdot 10^{11}}} = 4 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3} \cdot 0,34 =$$

$$1,36 \cdot 10^{-7} \text{ (Н)} = 0,136 \text{ (мкН)}$$

задача 6

Во сколько раз увеличится мощность, выделяемая на сопротивлении R_1 , при замыкании ключа K , если $R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ Ом}$, $r = 0,5 \text{ Ом}$?

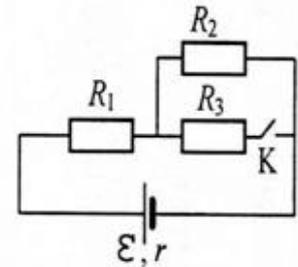
(5 баллов)

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \frac{\varepsilon^2 R_1}{(R_1 + R_2 + r)^2},$$

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

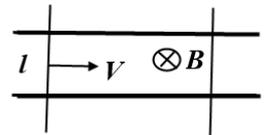
$$P_2 = I_2^2 R_1 = \frac{\varepsilon^2 R_1}{(R_1 + R_{23} + r)^2},$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{(R_1 + R_2 + r)^2}{(R_1 + R_{23} + r)^2} = \frac{2,5^2}{2^2} = 1,56$$



задача 7

Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция которого B направлена вертикально вниз. Левый проводник движется вправо со скоростью V , а правый покоится. С какой скоростью v надо перемещать правый проводник влево, чтобы в три раза увеличить силу Ампера, действующую на левый проводник? Сопротивлением рельсов пренебречь. (5 баллов)



Когда правый проводник покоится, то на левый проводник действует сила Ампера $F = IBl$, где $I = \frac{\varepsilon_{\text{инд}}}{R}$ - индукционный ток, R - сопротивление, l - расстояние между рельсами. Чтобы увеличить силу Ампера в 3 раза, надо увеличить в 3 раза ЭДС индукции $\varepsilon_{\text{инд}} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t}$. Значит скорость изменения площади, ограниченной контуром, должна увеличиться в 3 раза. Отсюда, правый проводник должен двигаться влево со скоростью $v = 2V$.

задача 8

<p>Небольшой металлический шарик массой $m = 10$ г, подвешенный на нити длиной $L = 0,1$ м, совершает колебания над бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 1$ мкКл/м². Определить период колебаний T маятника при условии, что на шарике находится заряд $q = 0,885$ мкКл. (с) (5 баллов)</p>	
<p>$m = 10$ г $L = 0,1$ м $\sigma = 1 \cdot 10^{-6}$ Кл/м² $q = 0,885 \cdot 10^{-6}$ Кл $T = ?$</p>	$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g'}}; \quad g' = \frac{F}{m} = \frac{mg - Eq}{m} = g - \frac{Eq}{m} = g - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 m};$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0 m}}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{0,1}{10 - \frac{10^{-6} \cdot 0,885 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,1}{10 - 5}} =$ $= 0,888 \text{ (с)} \approx 0,9 \text{ (с)}.$

задача 9

<p>Какова глубина бассейна, если человек, глядя под углом $\alpha' = 30^\circ$ к поверхности воды, видит монету, лежащую на дне на расстоянии $\Delta l = 0,50$ м дальше, чем на самом деле? (м) Показатель преломления воды $n = 1,33$. (5 баллов)</p>		
<p>$\alpha' = 30^\circ$ $\Delta l = 0,5$ м $h - ?$</p>	<p>$\alpha = (\pi/2) - \alpha' = 60^\circ; \quad n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$</p> <p>$\sin \beta = \frac{1 \times \sin 60}{1,33} = 0,651; \quad \beta = 40,63^\circ$</p> <p>$l_2 = h \operatorname{tg} \beta; \quad l_1 = h \operatorname{tg} \alpha; \quad \Delta l = h(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta)$</p> <p>$h = \frac{\Delta l}{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta} = \frac{0,5}{1,73 - 0,86} \approx 0,58 \text{ м.}$</p>	

задача 10

<p>Заряд металлического шара емкостью $C = 2,1$ мкФ равен $q_1 = 6,3$ мкКл. На сколько увеличится заряд шара Δq при длительном облучении фотонами с энергией $\epsilon = 7,2$ эВ? Работа выхода электронов из металла равна $A = 1,6$ эВ. (мкКл) (5 баллов)</p>	
<p>$C = 2,1$ мкФ $q_1 = 6,3$ мкКл $\epsilon = 7,2$ эВ $A = 1,6$ эВ $\Delta q - ?$</p>	<p>$\epsilon = A + \frac{m \mathcal{G}_m^2}{2};$</p> <p>$\frac{m \mathcal{G}_m^2}{2} = e \varphi_3;$</p> <p>$\varphi_3 = (\epsilon - A)/e = (7,2 - 1,6)/e = 5,6 \text{ В}$</p> <p>$q_2 = c \varphi_3 = 2,1 \times 10^{-6} \times 5,6 = 11,76 \text{ мкКл,}$</p> <p>$\Delta q = 11,76 - 6,3 = 5,46 \text{ мкКл.}$</p>