+1 вопр

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

126605

Шифр ______________________

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Кочиев Андрей Александрович

Город, № школы (образовательного учреждения) МОУ лицей №2; г. Люберцы (М.О.)

Регистрационный номер ШМ 4231

Вариант задания 25

Дата проведения "26" февраля 2017 г.

Подпись участника [signature]

70 (семьдесят)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 8 | 5 | 3 | 10 | 8 | 10 | 3 | 12 | 3 | 70 |
| | | | | | | | | | | |

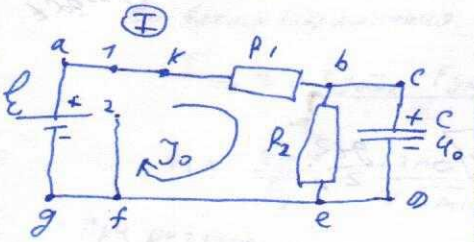
Шифр 126605

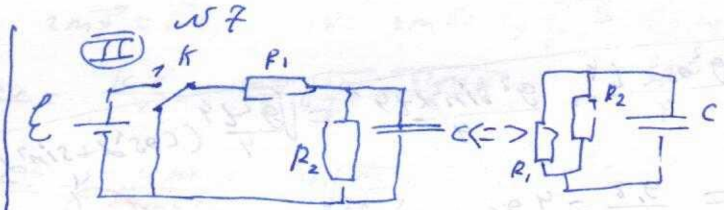
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 25

лист №1

№7





Дано:
$R_1 = R$
$R_2 = 2R$;
$\mathcal{E}$, $C$

$Q(R_2)$ - ?

1) В положении 1 в установившемся режиме течёт ток $J_0$ по [abeg].

$J_0 = \frac{\mathcal{E}}{r+R_{вн.}} = \frac{\mathcal{E}}{r+3R} = \frac{\mathcal{E}}{3R}$ (судя по условию, источник своего сопротивления не имеет => $r=0$)

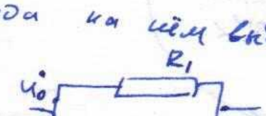
2) В то же время напряжение на конденсаторе установилось в $U_0$. Ток по нему не идёт.

$U_0 = U(R_2) = J_0 \cdot 2R = \frac{2}{3}\frac{\mathcal{E}R}{R} = \frac{2}{3}\mathcal{E}$

3) Энергия конденсатора: $W_0 = \frac{CU_0^2}{2} = \frac{C\frac{4}{9}\mathcal{E}^2}{2} = \frac{2}{9}C\mathcal{E}^2$

4) В положении II на резисторах выделяется энергия, запасённая в конденсаторе. Пусть сопротивление системы резисторов $R^* = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{R}+\frac{1}{2R}} = \frac{1}{\frac{3R}{2R^2}} = \frac{2}{3}R$

Тогда на нём выделится тепло: $\Delta W = W_0 - W_1 = \frac{U_0^2}{R^*} - 0 = \frac{U_0^2}{R^*}$

5) 

Для определения доли тепла на $R_2$ рассмотрим момент сразу после размыкания ключа с 1 на 2:

$U(R_1) = U(R_2)$ - // соед.; $Q(R_1) = \frac{U_0^2}{R_1} = \frac{U_0^2}{R}$

$Q(R_2) = \frac{U_0^2}{R_2} = \frac{U_0^2}{2R} = \frac{1}{2}Q(R_1)$ =>

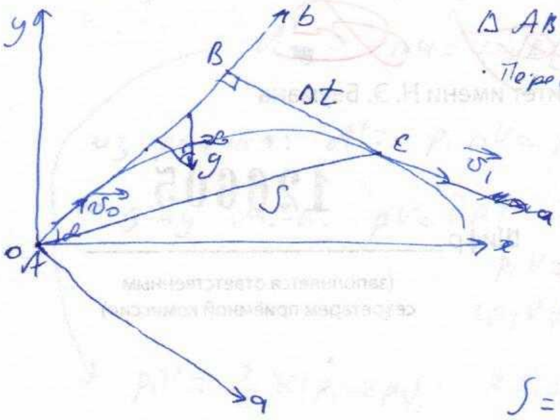
=> на $R_2$ выделяется в 2 раза меньше энергии, чем на $R_1$.

$W = Q_1 + Q_2 = 3Q_2$; $Q_2 = \frac{W}{3} = \frac{1}{3}\frac{2}{9}C\mathcal{E}^2 = \frac{2}{27}C\mathcal{E}^2$

Ответ: $\frac{2}{27}C\mathcal{E}^2$

1

№1.




Дано: $\tau = 1c$;

$\angle(\vec{v}_0 \wedge \vec{v}_1) = 90°$;

$g = 9{,}8\ \frac{м}{с^2}$

$\Delta ABC$ — прямоуг.

Перейдём в систему координат $aOb$:

$v_{0a} = 0$; $v_{1a} = v_1$; $a_a = g\cos\alpha$

$v_{0b} = v_0$; $v_{1b} = 0$; $a_b = -g\sin\alpha$

$$\begin{cases} a = a_0 + v_{0a}t + \frac{a_a t^2}{2} \\ b = b_0 + v_{0b}t + \frac{a_b t^2}{2} \end{cases} \qquad \begin{cases} a = \frac{g\cos\alpha\, t^2}{2} \\ b = v_0 t - \frac{g\sin\alpha\, t^2}{2} \end{cases}$$

$S = \sqrt{a^2+b^2}$

$v_{1a} = v_{0a} + a_a t$;

$$\begin{cases} v_{1a} = g\cos\alpha\, t \\ v_{1b} = v_0 - g\sin\alpha\, t \Rightarrow v_0 = g\sin\alpha\, t \end{cases}$$

$b = v_0 t - \frac{g\sin\alpha\, t^2}{2} = g\sin\alpha\, t^2 - \frac{g\sin\alpha\, t^2}{2} = \frac{g\sin\alpha\, t^2}{2}$

$S = \sqrt{a^2+b^2} = \sqrt{\frac{g^2\cos^2\alpha\, t^4}{4} + \frac{g^2\sin^2\alpha\, t^4}{4}} = \sqrt{\frac{g^2t^4}{4}(\cos^2\alpha + \sin^2\alpha)} = \frac{gt^2}{2}$;

$S(\tau) = \frac{g\tau^2}{2} = \frac{g}{2} = \frac{9{,}8}{2} = 4{,}9 (м)$

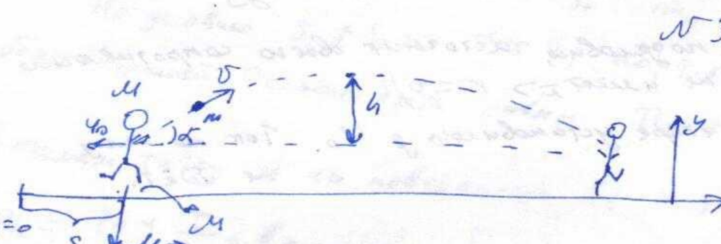
Ответ: $4{,}9 (м)$

+ 1

№3

Дано: $L, M, m, h, \mu$

$S - ?$




1) $$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases} \qquad \begin{cases} L' = v\cos\alpha\, t; \\ h = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x = v_{0x} + a_x t \\ v_y = v_{0y} + a_y t \end{cases}$$

Т.к. мяч ловится на лету, $L \le L' \Rightarrow$

$\Rightarrow v\cos\alpha\, t \ge L$;

$v^2\cos^2\alpha \sqrt{\frac{2h}{g}} \ge L$; $\left(v^2\cos^2\alpha \ge \frac{L}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}\right)$

2) $h = \frac{v_y^2}{2g}$; $v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sin\alpha}$;

3) ЗСЭ: $\Sigma W_0 + A_{\text{внеш.}} = \Sigma W_1$, $0 = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv_x^2}{2}$, (сразу после броска)

$u^2 = \frac{mv_x^2}{M} = \frac{mv^2\cos^2\alpha}{M}$

4) ЗСЭ: $\frac{Mu^2}{2} = A_{тр}$; $A_{тр.} = \mu M g S$,

$\frac{M \cdot m v^2\cos^2\alpha}{2M} = \mu M g S$, $S = \frac{mv^2\cos^2\alpha}{2\mu M g} = \frac{mL}{2\mu M g}\cdot\sqrt{\frac{g}{2h}} = \frac{mL}{2\mu M\sqrt{2hg}}$

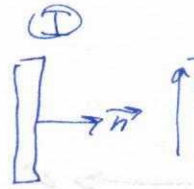
Ответ: $\frac{mL}{2\mu M\sqrt{2gh}}$

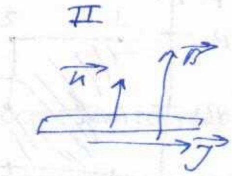
2 ?

$u_1 = v\frac{m}{M}\cos\alpha$

0,5

## № 9





Дано: $R, L, \rho\Omega, A$

$B$ - ?

1): $\Phi = BS\cos\alpha$;

$\begin{cases} \Phi_0 = 0; \\ \Phi_1 = BS; \end{cases}$ $\Delta\Phi = \Phi_1 - \Phi_0 = BS$;

2) $\mathcal{E}_{si} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} = L\frac{I_1 - I_0}{\Delta t} = \frac{LI}{\Delta t}$; $\mathcal{E}_{i} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{BS}{\Delta t}$;

3) $\frac{BS}{\Delta t} = \frac{LI}{\Delta t}$; $BS = LI$; $B\pi R^2 = LI$;

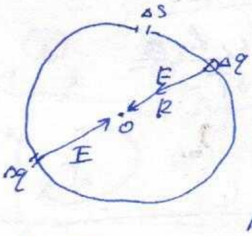
4) $W_k = \frac{LI^2}{2} = A$; $I = \sqrt{\frac{2A}{L}}$

$B = \frac{LI}{\pi R^2} = \frac{L}{\pi R^2}\sqrt{\frac{2A}{L}} = \frac{\sqrt{2AL}}{\pi R^2}$

Ответ: $\frac{\sqrt{2AL}}{\pi R^2}$

2

## № 6



Дано: $R$, $\Delta S$, $Q$

$E(0)$ - ?

1) ~~Возьмём~~ Возьмём участок сферы площадью $\Delta S'$. Его заряд равен $\Delta q = \frac{Q}{S_{сферы}} \cdot \Delta S'$, и Пусть $\frac{Q}{S_{сф.}} = \sigma$,

$\Delta q = \sigma \Delta S'$;

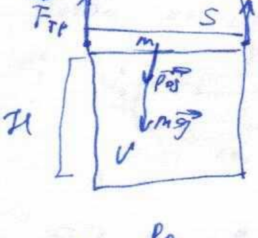
В целой сфере найдётся такой же участок с таким же зарядом на противоположном конце сферы. Каждый создаёт поле. $E$. В центре сферы $\vec{E}_{общ_i}$ равно геометрической сумме $\vec{E}_i$. Для этих двух участков $\vec{E}_{общ_i} = 0$. Для всей сферы (целой): $E_0 = \sum_{i=1}^{n} E_{общ.i} = 0$. Но, если удалить участок $\Delta S$, то поле противоположного ему участка не будет скомпенсировано.

$E_{0'} = \sum_{i=1}^{n-1} E_{общ.i} + E_{общ.n} - 0 = 0 + E_{общ.n} = \frac{k\Delta q}{R^2} = k\frac{Q\Delta S}{R^2 \cdot S_{сф.}} = \frac{kQ\Delta S}{R^2 \cdot 3\pi R^2} = \frac{kQ\Delta S}{3\pi R^4}$

Ответ: $\frac{kQ\Delta S}{3\pi R^4}$

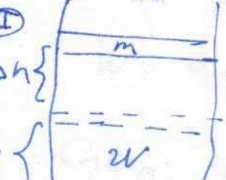
⊖ 0,75. $S_{сф} = 4\pi R^2$.

## № 5



Дано: $V_2 = 2V_1$, $p = const$.

$F_{тр} > p_0S + mg \Rightarrow$ поршень может сдвинуться лишь при одном условии: сила давления внутри превысит силу атм. давл. и силу тяжести. Поэтому в начальный момент времени поршень не оказывает давление на газ, и после расширения этот поршень останется на месте, хотя давление газа внутри упадёт вследствие охлаждения.



1) $V_2 = 2V_1$ (по усл.). $(H + \Delta H)S = 2HS$; $S\Delta h = HS$; $\Delta h = H$;

2) $A_{тр.} = F_{тр.} \cdot \Delta h$

3) $Q_{получ.} = Q_{нагр.} + Q A_{тр.}$

I. $Q = \Delta U + A'$; $Q_{получ.} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + A'$

Ур-ние М.-К.:

$\begin{cases} p_1V_1 = \nu RT_1 \\ 2p_2V_1 = \nu RT_2 \end{cases}$ $\frac{2p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$; $\frac{T_2}{T_1} = 2 \Rightarrow T_2 = 2T_1$

$2p_3V_1 = \nu RT_3 \Rightarrow \frac{p_3}{p_1} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{T_3}{2T_1}$

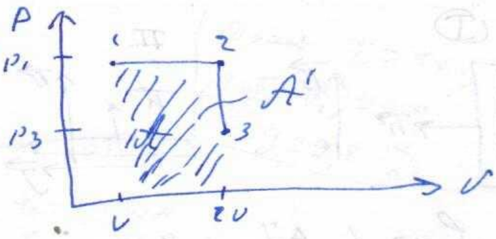
II. $-Q = \Delta U_2 + A_2'$; $A_2' = 0$ (поршень не опускался, т.к. выше)

$-Q = \Delta U_2$

$-Q = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2)$

За весь цикл: $\Delta Q = 0$; $A' = A_{гр.}$; $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1)$

$A'_{гр} = -\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3)$




из графика: $A' = p_1 \Delta V = p_1(2V - V) = p_1 V$

по з-ну М.-К.: $pV = \nu RT$, $\nu R(T_1 - T_3) = p_1 V - 2p_3 V = V(p_1 - 2p_3)$

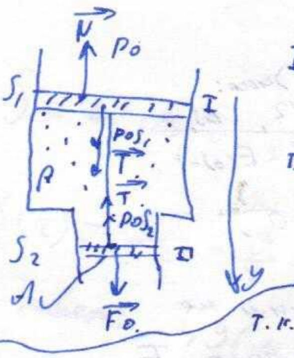
$p_1 V = \nu R T_1$

$2p_3 V = \nu R T_3$;

$p_1 V = \frac{3}{2} V(p_1 - 2p_3)$; $2p_1 = 3p_1 - 6p_3$; $6p_3 = p_1$; $\frac{p_1}{p_3} = 6$

Ответ: 6

## №2.




I: $\sum \vec{F} = 0$; $\vec{N} + \vec{p_0 S_1} + \vec{T} = 0$.

oy: $-N + p_0 S_1 + T = 0$.

II: $\vec{F_a} + \vec{p_0 S_2} + \vec{T} = 0$; $F_a = V\rho g = LS_2 \rho g$;

oy: $F_a = p_0 S_2 + T$

Дано:
$S_1, S_2, L, \rho$
$T - ?$

т.к. жидкость несжимаема, то при её протекании $\Delta V_{сверху} = \Delta V_{снизу}$;

$S_1 \Delta h_1 = S_2 \Delta h_2$; $\frac{S_1}{S_2} = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1}$. $v = \frac{\Delta h}{t}$; $\frac{S_1}{S_2} = \frac{v_2}{v_1}$.

По условию $S_1 \neq S_2 \Rightarrow v_2 \neq v_1$; но, т.к. проволока нерастяжима, скорости обоих поршней должны быть равны. Поэтому $v_1 = v_2 = 0$ и система покоится.

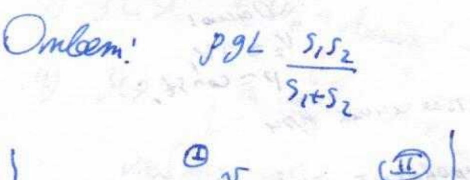
Возьмём точку A на поверхности $S_2$ и запишем давление в этой точке.

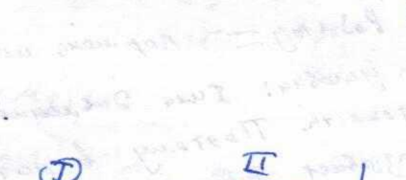
$p_A = p_0 + \frac{T}{S_1} + \rho g L = p_0 + \frac{T}{S_2}$, $T(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2}) = -\rho g L$;

$T(\frac{1}{S_2} - \frac{1}{S_1}) = \rho g L$; $T = \frac{\rho g L}{\frac{1}{S_2} - \frac{1}{S_1}} = \rho g L \cdot \frac{S_1 S_2}{S_1 + S_2}$

Ответ: $\rho g L \frac{S_1 S_2}{S_1 + S_2}$

## №10.

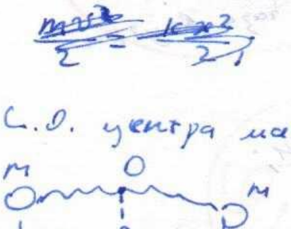



~~Перейдём в С.О. правого шарика~~:

ЗСЭ: $\cancel{\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}}$ $\frac{2mv^2}{2} = \frac{kx_1^2}{2}$; $x = \sqrt{\frac{2mv^2}{k}} = v\sqrt{\frac{2m}{k}}$

В С.О. центра масс:




Перемещение ц.масс за T: $S = 2L - \frac{x}{2} - \frac{x}{2} = 2L - x$,

Пусть недеформированная конструкция едет время $t_1$ с $\vec{v}$:

$S_1 = 2(L - \frac{L}{4}) = \frac{3}{2}L$; $t_1 = \frac{3}{2}\frac{L}{v}$,

(продолж. на листе)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

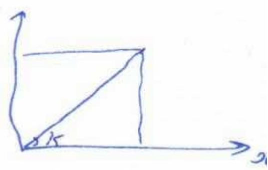
126605

Шифр ______________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 25 Лист №2

№10 (продолжение):




- во время торможения: $2m\vec{v} = \vec{F}t$; $ox$: $2mv = F_y t_2$; $F_y \sim x$;

$F_{y_{ср.}} = \frac{F_{y_{max}} + F_{y_{min}}}{2} = \frac{kx}{2} = \frac{kv}{2}\sqrt{\frac{2m}{k}} = \frac{v\sqrt{2mk}}{2}$;

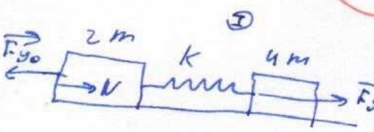
$t_2 = \frac{2mv}{F_y} = \frac{2mv \cdot 2}{v\sqrt{2mk}} = \frac{4m}{\sqrt{2mk}} = 4\sqrt{\frac{m}{2k}}$;

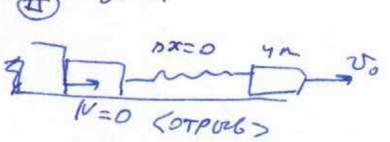
- При разгоне, а также при столкновении с другой стороны время одинаково и равно $t_2$.

$T = t_1 + 4t_2 = \frac{3}{2}\frac{L}{v} + 16\sqrt{\frac{m}{2k}}$

Ответ: $\frac{3}{2}\frac{L}{v} + 16\sqrt{\frac{m}{2k}}$

8 0,25




№4.

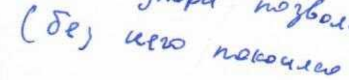
Дано: $2m$; $4m$; $k$; $x_0$;

$X$ - ?

1-2: ЗСЭ: $\Delta W_п = \frac{4mv^2}{2}$; $\frac{kx_0^2}{2} = 2mv_0^2$; $v_0 = \sqrt{\frac{kx_0^2}{4m}} = \frac{x_0}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}$;

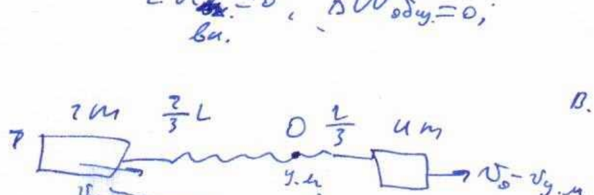
- наличие упора позволило системе сохранить полученную энергию (без него покоился бы центр масс, а не 2m).

III:




Т.к. $\sum A_{вн.} = 0$, $\Delta W_{общ.} = 0$;

В С.О.ц.м.:




В. С.О.ц.м. $\sum \vec{P_i} = 0$;

$4m(v_0 - v_{ц.м.}) = 2mv_{ц.м.}$;

$4v_0 m - 4mv_{ц.м.} = 2mv_{ц.м.}$;

$\boxed{v_{ц.м.} = \frac{2}{3}v_0}$;

Максимальным сжатие будет, когда скорости брусков в С.О.ц.м. будут равны 0 (пружина ещё не начала разжиматься, но и не продолжает сжиматься).

ЗСЭ:

$$\begin{cases} \text{лево: } \frac{2mv_{ц.м.}^2}{2} = \frac{kx_1^2}{8} \\ \text{право: } \frac{4m(v_0 - v_{ц.м})^2}{2} = \frac{kx_2^2}{2} \end{cases} \quad \begin{cases} x_1^2 = \frac{2m}{k}\cdot\frac{4}{9}v_0^2 \\ x_2^2 = \frac{4m \cdot v_0^2}{9k} = \end{cases}$$

~~$X = x_1 + x_2 =$~~

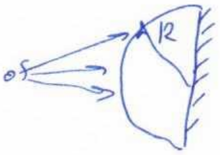
$$X_1 = x_1 + x_2 = \frac{2}{3}v_0\sqrt{\frac{2m}{k}} + \frac{2}{3}v_0\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{2}{3}v_0\left(\sqrt{\frac{2m}{k}} + \sqrt{\frac{m}{k}}\right) =$$

$$= \frac{2}{3}\frac{x_0}{2}\sqrt{\frac{k}{m}}\left(\sqrt{\frac{2m}{k}} + \sqrt{\frac{m}{k}}\right) = \frac{x_0}{3}\sqrt{\frac{k}{m}}\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}\left(\sqrt{2}+1\right) = \frac{x_0}{3}\left(\sqrt{2}+1\right)$$

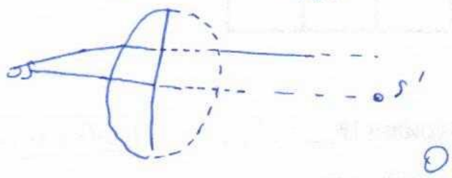
Ответ: $\frac{x_0}{3}(\sqrt{2}+1)$ $\ominus$

0,25

№8



1. Зеркало ~~правда~~ „добавляет" на пути лучей вторую такую же линзу.



$D_1 = 2D = 2$ дптр.

Ответ: 2 дптр.

Неб реш

0,25