

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физике  
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника ЛАБАРЕШНЫХ ЕГОР АЛЕКСАНДРОВИЧ

Город, № школы (образовательного учреждения) Ташкент,

школа № 178, 11 класс

Регистрационный номер 10015

Вариант задания 7, 11.6

Дата проведения « 7 » МАРТА 2020 г.

Подпись участника

*[Подпись]*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
8	5	14	14	14	18	10				83

Шифр

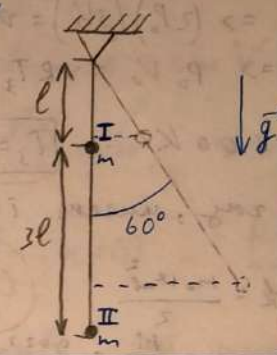
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Вариант № 7

Задача №1

Дано:  
 $4l, m$   
 $\varphi_0 = 60^\circ$

$V_{max} = ?$



1) В момент выполнения ЗЦ:  $mg l \cos 60^\circ + mg 3l \cos 60^\circ = mg l \cos \varphi + mg 3l \cos \varphi + \frac{mv^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$ , где  $v$  — скорость шарика I (на чертеже),  $V$  — скорость шарика II

2) П. К. шарик связан нерастяжимым шнуром можно записать:  $u_I = u_{II} \Leftrightarrow \frac{v}{l} = \frac{V}{4l}$

$$\Rightarrow V = 4v \quad (P)$$

0,75

3) ЗЦ:  $4mg l (1 - \cos 60^\circ) = 4mg l (1 - \cos \varphi) + \frac{mV^2}{2} (1 + \frac{1}{16})$ , где  $\varphi$  — произвольный угол отклонения в данный любой момент.

4)  $V \rightarrow$  максимальная, когда  $\cos \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 0$

$$4mg l (1 - \cos 60^\circ) = \frac{m(V_{max})^2}{2} \left( \frac{17}{16} \right) \Rightarrow V_{max} = \sqrt{\frac{128}{17} (1 - \cos 60^\circ) g l} \Rightarrow$$

$$V_{max} = \sqrt{\frac{128}{17} \cdot \frac{1}{2} \cdot g l} = \sqrt{\frac{64}{17} g l} = 8 \sqrt{\frac{g l}{17}}$$

$$\text{Ответ: } V_{max} = 8 \sqrt{\frac{g l}{17}}$$



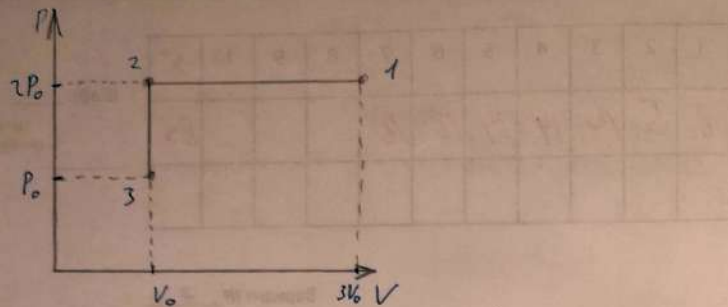
## Задача №2

Дано:

$$T_1 = 600 \text{ K}$$

$$\nu(N_2) = 1 \text{ млн}$$

$\bar{v}_{\text{кв3}} = ?$



$$\text{В состоянии 1: } P_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow (2P_0)(3V_0) = \nu R T_1$$

$$\text{В состоянии 3: } P_3 V_3 = \nu R T_3 \Rightarrow P_0 V_0 = \nu R T_3$$

$$\Rightarrow T_1 = 6 T_3 = 600 \text{ K} \Rightarrow T_3 = 100 \text{ K}$$

Азот —  $N_2$  — двухатомный газ, имеет  $i=5$  степеней свободы

$$\Rightarrow \bar{E}_k = \frac{5}{2} k T \quad E_k = \frac{m_0 \bar{v}_{\text{кв}}^2}{2}$$

$$m_0 - \text{масса одной молекулы азота: } m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{0,028}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ кг}$$

$$\frac{m_0 \bar{v}_{\text{кв}}^2}{2} = \frac{5}{2} k T_3 \Rightarrow \bar{v}_{\text{кв3}} = \sqrt{\frac{5 k T_3}{m_0}} = \sqrt{\frac{5 k T_3 N_A}{M}}$$

$$\bar{v}_{\text{кв3}} = \sqrt{\frac{5 R T_3}{M}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 8,31 \cdot 100}{0,028}} = \sqrt{\frac{4155}{28 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{148000} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $\bar{v}_{\text{кв3}} = 20 \sqrt{370} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

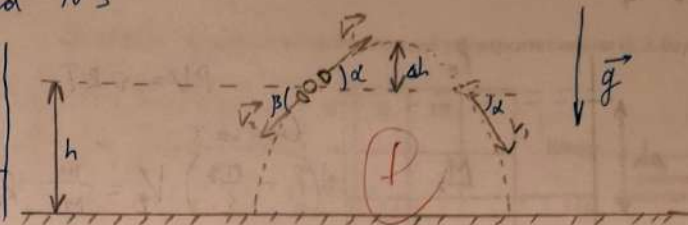
## Задача №3

Дано:

$$h$$

$$t_1, t_2 > t_1$$

$$t_2 = ?$$



$\vec{V}_1$  — скорость первого осколка;  $\vec{V}_2$  — скорость второго  
Время разрыва мало  $\Rightarrow$  выполняется ЗСИ, ЗСД:

$$1) \begin{cases} m V_1 \sin \alpha = m V_2 \sin \beta \\ m V_1 \cos \alpha - m V_2 \cos \beta = 2 m V \end{cases} \quad 2) \frac{2 m V^2}{2} = \frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_2^2}{2} \Rightarrow V^2 = V_1^2 + V_2^2$$

$$3) (V_2 \sin \beta) t_1 + \frac{g t_1^2}{2} = h \Rightarrow V_2 = \frac{h - \frac{g t_1^2}{2}}{\sin \beta t_1}$$

$$4) V_1 = \frac{V_2 \sin \beta}{\sin \alpha} (u_g(t)) = \frac{h - \frac{g t_1^2}{2}}{\sin \alpha t_1}$$

5) После взрыва 1-ый осколок поднимается вверх, а 2-ой падает

Пусть  $t_2 = t_{2.1} + t_{2.2}$ , где  $t_{2.1}$  — время подъема на высоту  $h+ch$  и  $t_{2.2}$  — время возвращения на высоту  $h$ , на которой скорость  $V_1$  снова направлена под углом  $\alpha$  к горизонту.

$$t_{2.1} = 2 \frac{V_1 \sin \alpha}{g} = \frac{2}{g} \cdot \frac{h - \frac{g t_1^2}{2}}{t_1}$$

$$t_{2.2} = (V_1 \sin \alpha) t_{2.2} + \frac{g (t_{2.2})^2}{2} = h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_{2.2} = \frac{\sqrt{V_1^2 \sin^2 \alpha + 2gh} - V_1 \sin \alpha}{g}$$

$$t_{2.2} = \frac{\sqrt{\left(\frac{2h - g t_1^2}{2 t_1}\right)^2 + 2gh} - \left(\frac{2h - g t_1^2}{2 t_1}\right)}{g} + \frac{2h - g t_1^2}{g t_1}$$

$$\left[ t_2 = \frac{2h + g t_1^2}{2 t_1 g} + \frac{2h - g t_1^2}{2 g t_1} = \frac{2h}{g t_1} \right] \text{ Ответ: } t_2 = \frac{2h}{g t_1}$$



Задача № 4

Дано:

$$S = 100 \text{ см}^2$$

$$m = 282 \text{ (Н)}_2$$

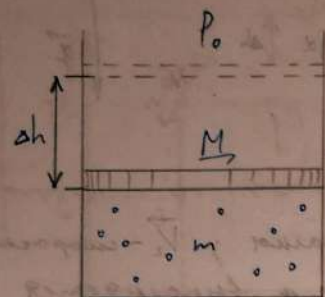
$$T_1 = 273 \text{ К}$$

$$T_2 = 373 \text{ К}$$

$$M = 100 \text{ кг}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$\Delta h = ?$$



$$PV = \nu RT$$

Исходно:

$$1) \left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right) V_1 = \frac{m}{M} RT_1$$

$$\left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right) h_1 S = \frac{m}{M} RT_1, \text{ где}$$

$h_1$  — начальная высота поршня.

После:

$$2) \left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right) (h_1 + \Delta h) S = \frac{m}{M} RT_2$$

$$\text{Из (1) и (2): } \frac{h_1 + \Delta h}{h_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \Delta h = \frac{h_1 (T_2 - T_1)}{T_1}$$

$$\text{Из (1): } h_1 = \frac{\frac{m}{M} RT_1}{P_0 S + Mg} \Rightarrow \Delta h = \frac{\frac{m}{M} RT_1}{P_0 S + Mg} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

$$\Delta h = \frac{0,028 \cdot 8,31 \cdot (373 - 273)}{10^5 \cdot 0,01 + 100 \cdot 10} = \frac{831}{2000} = \frac{4155}{10000} = 0,4155 \text{ м}$$

Ответ:  $\Delta h = 0,4155 \text{ м}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Вариант № 7

Задача № 5

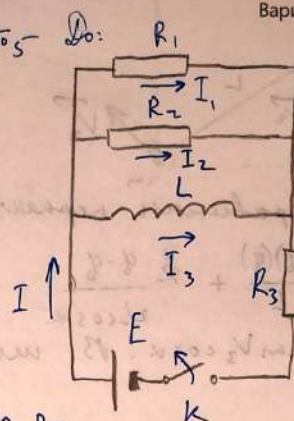
Дано:

$$L, R_1 = R,$$

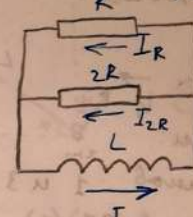
$$R_2 = 2R, R_3 = R$$

$$E$$

$$Q_{RL} = ?$$



После:



$$1) \text{ До: } R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad I_3 = I \quad I_1 = I_2 = 0 \quad ; \quad I = \frac{E}{R_3} = \frac{E}{R}$$

$$2) \text{ В момент размыкания: } [W_L = \frac{L I^2}{2} = \frac{L}{2} \cdot \frac{E^2}{R^2}]$$

$$3) \text{ После размыкания: } \mathcal{E}_i = I_R R = I_{2R} \cdot 2R$$

$$\text{В некоторый момент времени: } P_R = \frac{U_R^2}{R} \quad ; \quad P_{2R} = \frac{U_{2R}^2}{2R} \Rightarrow$$

$$P_R = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R} \quad ; \quad P_{2R} = \frac{\mathcal{E}_i^2}{2R} \quad Q_R = P_R t = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R} t \quad Q_{2R} = P_{2R} t = \frac{\mathcal{E}_i^2}{2R} t$$

$$Q_R = 2 Q_{2R}$$

$$W_L = Q = Q_{2R} + Q_R = \frac{Q_R}{2} + Q_R = \frac{3}{2} Q_R$$

$$Q_R = \frac{2}{3} W_L = \frac{2}{3} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{E^2}{R^2} = \frac{L}{3} \cdot \frac{E^2}{R^2}$$

Ответ:  $Q_{RL} = \frac{L}{3} \cdot \frac{E^2}{R^2}$



Задача №6

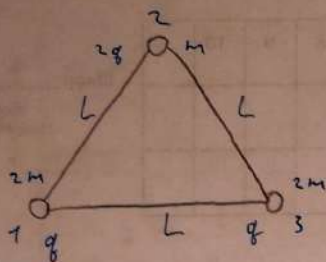
Дано:

$q; 2q; q$

$2m; m; 2m$

$L$

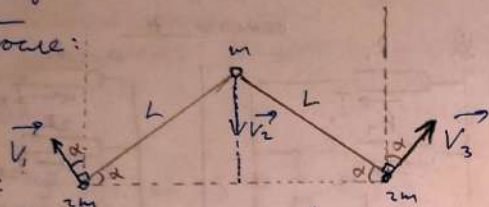
$V_{2\max} = ?$



До:

$$W_1 = k \frac{(2q)(q)}{L} + k \frac{(2q)(q)}{L} + k \frac{q \cdot q}{L} = k \frac{5q^2}{L}$$

После:



$$E = W_2 + E_k \Rightarrow$$

В произвольный момент времени:

Скорости шариков 1 и 3 направлены перпендикулярно нити  $\Rightarrow$

$$W = k \frac{(2q)(q)}{L} + k \frac{(2q)(q)}{L} + k \frac{q \cdot q}{2L \cos \alpha}$$

По 3CU:  $mV_2 = 2mV_1 \cos \alpha + 2mV_3 \cos \alpha$ . В эту минуту

$$V_1 = V_3 \Rightarrow V_2 = 4V_1 \cos \alpha$$

$$E = k \frac{4q^2}{L} + k \frac{q^2}{2L \cos \alpha} + \frac{mV_2^2}{2} + 2m \frac{\left(\frac{V_2}{4 \cos \alpha}\right)^2}{2} + 2m \frac{\left(\frac{V_2}{4 \cos \alpha}\right)^2}{2} \Rightarrow$$

$$E = k \frac{q^2}{L} \left(4 + \frac{1}{2 \cos \alpha}\right) + \frac{mV_2^2}{2} \left(1 + \frac{1}{4 \cos^2 \alpha}\right) = W_1 \text{ по 3C7}$$

$W_2$  минимальна, когда  $\alpha = 0^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 1$

тогда:

$$k \frac{q^2}{L} \left(4 + \frac{1}{2}\right) + \frac{mV_{2\max}^2}{2} \left(1 + \frac{1}{4}\right) = 5k \frac{q^2}{L}$$

$$\Rightarrow \frac{5mV_{2\max}^2}{8} = k \frac{q^2}{2L} \quad V_{2\max} = \sqrt{\frac{4kq^2}{5mL}} \quad (1)$$

Ответ:  $V_{2\max} = \sqrt{\frac{4kq^2}{5mL}}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
						10				

Шифр \_\_\_\_\_  
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

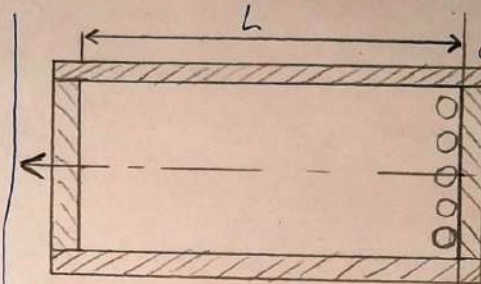
Вариант № 11.6

Дано:

$$V = 3 \frac{m}{c}$$

$$k = \frac{v_1}{v_2} = 0,8$$

$$\Delta S = 20 \text{ мм}$$



$$\frac{v_1}{v_2} > 1$$

$$k = 0,8$$

$v_1$  — скорость малотка до удара;  $v_2$  — после

$$k = \frac{v_1}{v_2} = 0,8$$

До удара пробой — у заднего торца и движется со скоростью малотка  $v_1$ . После удара скорость малотка  $= v_2$  и направлена в противоположную сторону. Пробой и передний торец малотка начинают сближаться со скоростью  $V_{сблн*} = v_2 + v_1$ .

Масса  $M$  — масса ударной части малотка,  $m$  — масса груза,  $L$  — длина ударной части.

Тогда по ЗИУ:  $M v_2 = m v_1 \Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{v_1}{v_2} = k$

$\Delta S$  — величина отскока

$$\Delta S = v_2 t_{сблн*}; \quad L = v_1 t_{сблн*}$$

$$t_{сблн*} = \frac{\Delta S}{v_2}$$

$$t_{сблн*} = \frac{L}{v_1} \Rightarrow \frac{\Delta S}{L} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{k}$$

$$L = \Delta S k = 20 \cdot 0,8 = 16 \text{ мм.}$$

$m = ?$

$$p = L + \Delta S$$



