

101151

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника МАТЮХИН Никита ДМИТРИЕВИЧ

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва,

ГБОУ лицей №1580, 11 М - 1

Регистрационный номер 3901

Вариант задания 9/11.5

С работой ознакомлен Матюхин Н.Д.

Дата проведения «01» марта 2010г.

Подпись участника



95 (двадцать пять)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

101151

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	1	1	0.5	1				
10	12	12	12	12	14	20				

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 9/11.5

№1.

Решение:

Дано:

$$n = 200 \text{ мм}$$

$$\lambda = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

Найти:

N-?

1) Период решётки $d = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{n}$; $\lambda_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.
по формуле решётки:

$k \lambda = d \sin \varphi$, крайний максимум при $\sin \varphi = 1$; $\Rightarrow k \lambda = d$

$$k = \frac{d}{\lambda} = \frac{\lambda_0}{n \lambda};$$

$$2) d = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{200} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

$$k = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{0,6 \cdot 10^{-6}} \approx 8,33 \Rightarrow \text{высший порядок } k = 8$$

3) Будут видны как $k > 0$, так и $k < 0$ + максимум нулевого порядка $\Rightarrow N = 8 + 8 + 1 = 17$.

Ответ: 17.

Дано:

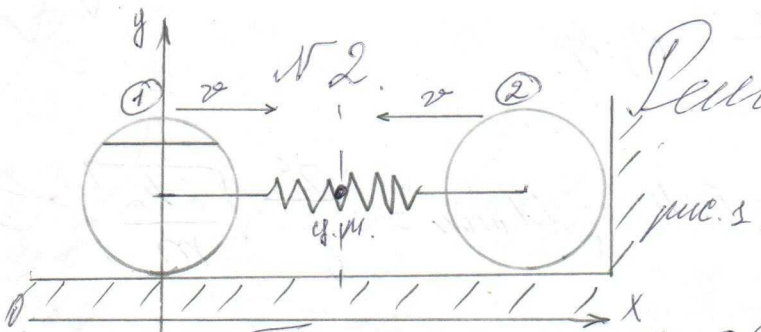
$$m = 2 \text{ кг};$$

$$k = 100 \text{ Н/м};$$

$$v = 0,4 \text{ м/с};$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

N_{min} - ?

Решение:

1) При абсолютно упругом ударе шара ② о плоскость стены модуль скорости останется неизменным, а направление смещения на противоположное. \Rightarrow

Рассмотрим систему сразу после удара ② о стену (ан. рис. 1).

Скорость ц.м. по ОХ: $v_{ц.м.} = \frac{mv - mv}{2m} = 0 \Rightarrow$ ц.м. неподвижен. $x_{ц.м.} = \frac{m \cdot 0 + m \cdot l}{2m} = \frac{l}{2}$ - т.е. по середине пружины.

Т.к. ц.м. неподвижен, рассмотрим колеблющуюся шар ① на пружине длиной $l/2$.

$\vec{F} = E \vec{E}_0$, $\vec{F} = \frac{F}{S}$; $E = \frac{\Delta l}{l_0} \Rightarrow \frac{F_{пуп}}{S} = \frac{\Delta l}{l_0} E$.

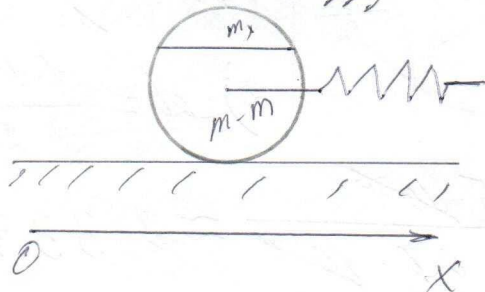
$F_{пуп} = \frac{ES}{l_0} \Delta l \Rightarrow k \sim \frac{1}{l_0} \Rightarrow k_{ком} = 2k_0$
 $F_{пуп} = k \Delta l$

2) Масса системы - пружинный маятник $\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k_{ком}}{m}}$, а амплитудная скорость: $v_{max} = A\omega$

$a_{max} = A\omega^2$, но $v_{max} = v \Rightarrow a_{max} = v\omega = v\sqrt{\frac{2k_0}{m}}$

3) Рассмотрим шарик:

Чтобы не было проскальзывания, $F_{тр}$ должна обеспечить отрезанной



части $a_{max} \Rightarrow$ по II закону Ньютона для отрезанной части по ОХ: $m_x a_{max} = F_{тр}$; $F_{тр} = \mu N$;

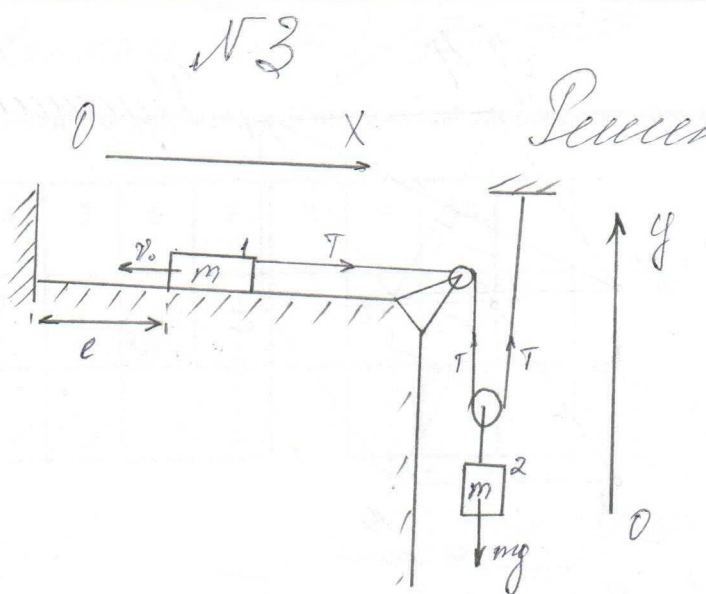
$N = mg \Rightarrow m_x a_{max} = \mu m_x g$; $a_{max} = \mu g = v\sqrt{\frac{2k_0}{m}}$

$\mu_{min} = \frac{v}{g} \sqrt{\frac{2k_0}{m}} = 0,4$.

Ответ: $\mu_{min} = 0,4$; $\mu_{min} = \frac{v}{g} \sqrt{\frac{2k_0}{m}}$

Дано:
 $m; v_0; l$

Найти:
 $H = ?$



Решение:

1) для ① по II закону Ньютона по Ox :

$$ma_1 = T$$

$$\text{для ②: } \begin{cases} ma_2 = mg - 2T \\ ma_1 = T \end{cases} \Rightarrow$$

$$ma_2 = mg - 2ma_1$$

$$a_2 + 2a_1 = g$$

2) Пусть вернется система на x_1 , тогда

$$\text{вышел на } x_2 = x_1/2, \Rightarrow \frac{x_1}{x_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{2l}{x_1/2} = \frac{2}{1}$$

$$2a_2 = a_1; a_2 + 2 \cdot 2a_2 = g; 5a_2 = g; a_2 = g/5$$

$$a_1 = 2a_2 = 2g/5$$

3) Найдем v_k ① в момент удара о поверхность:

$$l = \frac{v_0^2 - v_k^2}{2a_1}; 2l \cdot a_1 = v_0^2 - v_k^2; 2l \cdot \frac{2g}{5} = v_0^2 - v_k^2$$

$$v_k^2 = v_0^2 - \frac{4gl}{5} \quad v_k = \sqrt{v_0^2 - \frac{4gl}{5}}$$

4) Скорость ② в этот момент $v_2 = \frac{v_k}{2}$

$$\text{по 3СЭ для ②: } \frac{m \cdot (v_k/2)^2}{2} = mgh_0; 2gh_0 = \frac{v_k^2}{4}$$

$$8gh_0 = v_k^2 \Rightarrow 8gh_0 = v_0^2 - \frac{4gl}{5}, h_0 - \text{высота поднята}$$

$$h_0 = \frac{v_0^2}{8g} - \frac{gl}{5 \cdot 8g} = \frac{v_0^2}{8g} - \frac{l}{10}$$

над поверхностью ② в момент удара ① о стену.

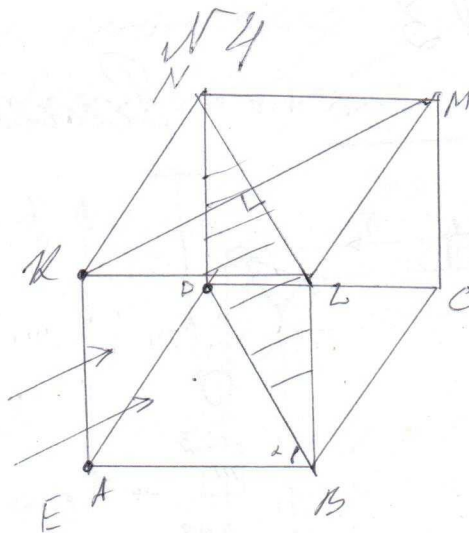
$$5) \Delta H = \frac{l}{2} + h_0 = \frac{v_0^2}{8g} - \frac{l}{10} + \frac{l}{2} = \frac{v_0^2}{8g} + \frac{2l}{5}$$

названия в момент удара ① о стену.

$$\text{Ответ: } H = \frac{v_0^2}{8g} + \frac{2l}{5}$$

Дано:
 $E_0; \vec{E}_0$

Найти:
 \vec{E}_x ?



Решение:

1) Внутри куба поля нет, т.к. он металлический. Изначально Φ_E через BCL:

$E \cdot S_{\text{пр}} \cdot \cos(0) = ES$, с другой стороны по \vec{E} Гаусса:

$$\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}; \quad ES_0 = \frac{q}{\epsilon_0}; \quad \frac{q}{S} = \vec{E}; \quad \boxed{\vec{E} = E \cdot \vec{E}_0}$$

2) В новом положении: $\Phi_E = E \cdot S_n$; S_n

$$S_n = S_{ADNK} = S_0; \quad \cos(\vec{E} \text{ и } \vec{n}) = \cos(45^\circ) = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

$$\vec{E} = E \cdot \vec{E}_0 \cos(45^\circ) = \frac{\sqrt{2}}{2} E_0 E_0 = \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{E}$$

$$\vec{E}_{\text{иск}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{E}; \quad \text{в верхней же грани } \angle(\vec{E} \text{ и } \vec{n}) = 90^\circ \Rightarrow \cos(90^\circ) = 0 \Rightarrow \Phi = 0 \Rightarrow \vec{E} = 0$$

Ответ: $\vec{E}_{\text{иск}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{E}_0$; $\vec{E}_{\text{иск}} = 0$

Решение:

Дано:

$$r = 1 \text{ Ом};$$

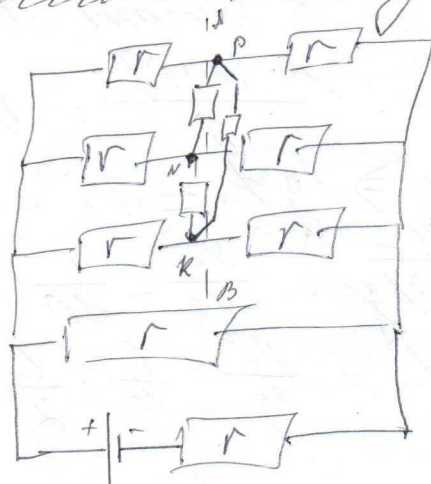
$$R_{\text{вн}} = 10 \text{ Ом};$$

$$\mathcal{E} = 10 \text{ В}$$

Найти:

P ?

1) Термическая схема:



Замечание, это схема симметричная.

101151

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всего

Шифр

заполняется ответственным секретарем приемной комиссии

Вариант № 9/11.5

№5 (продолжение)

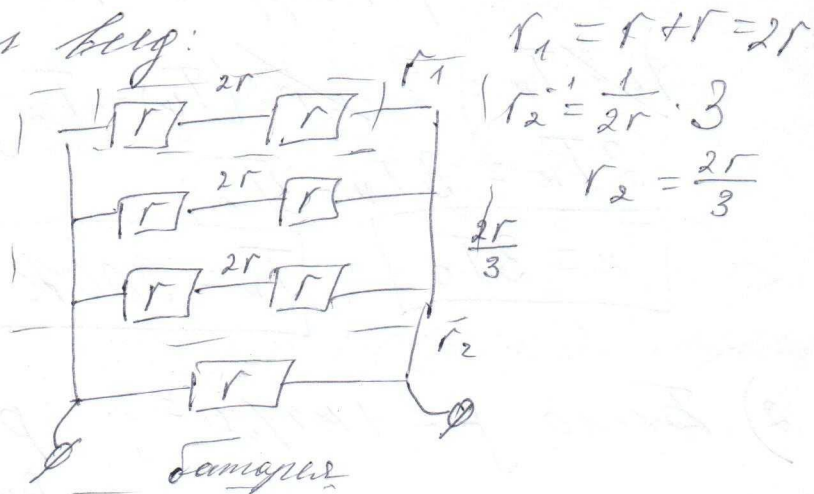
т. Р, N, K - лежат в плоскости симметрии \Rightarrow имеют одинаковый потенциал \rightarrow на перемычках RN, RK и NK ток не течет.

Тогда схема имеет вид:

Найдём $R_{эк}$.

$$R_{эк} = \frac{2r/3 \cdot r}{2r/3r + r} = \frac{2}{5} r$$

$$R_{эк} = \frac{2}{5} r$$



2) Ищем схему:

$$R_z = \frac{2}{5} r + r = \frac{7}{5} r$$

по закону Ома $I = \frac{\mathcal{E}}{R_z} = \frac{5\mathcal{E}}{7r}$

тогда на внешней части выделяется

$$P = I^2 \cdot R_{эк} = \frac{25\mathcal{E}^2}{49r^2} \cdot \frac{2}{5} r = \frac{10}{49} \cdot \frac{\mathcal{E}^2}{r}$$

$$P = \frac{10 \cdot 10^2}{49 \cdot 1} = 20,4 \text{ Вт}$$

Ответ: $P \approx 20,4 \text{ Вт}$; $P = \frac{10}{49} \frac{\mathcal{E}^2}{r}$

№ 6.

Решение:

Дано:

$$p_0 = 10^5 \text{ Па};$$

$$T_0 = 300 \text{ К};$$

$$\rho_0 = 1,0 \text{ кг/м}^3$$

Найти:

$$T_k - ?$$

1) Это есть газ, расширяясь со-
вершает работу, ко-
торая и пойдет на нагрев
газа: $A_{\text{внеш}} = p_0 \Delta V$, где $\Delta V = V_{\text{сосуда}}$.

$A_{\text{внеш}} = p_0 V_{\text{сосуда}} = \Delta U = \Delta U_{\text{He}} + \Delta U_{\text{Ar}}$,
с другой стороны зависимость в
сосуде будет равно атмосферному.

Гелий и Ar - одноатомные

$i_{\text{Ar}} = i_{\text{He}} = 3 \Rightarrow$ по закону Менделеева - Клапейрона

$$p_0 V_{\text{сосуда}} = \nu_2 R T_{\text{внутр}}$$

$$p_0 V_{\text{сосуда}} = \frac{3}{2} \nu_2 R (T_{\text{внутр}} - T_0)$$

$$\nu_2 R T_k = \frac{3}{2} \nu_2 R (T_k - T_0)$$

$$2 T_k = 3 T_k - 3 T_0;$$

$$T_k = 3 T_0; \quad T_k = 900 \text{ К}$$

2) Дано $\rho = 1 \text{ кг/м}^3$;

$$pV = \nu R T, \quad V - \text{объем балло-}$$

$$p_{\text{Ar}} V = \nu_{\text{Ar}} R T_0 \quad \text{ного сосуда с}$$

$$p_{\text{He}} V = \nu_{\text{He}} R T_0 \quad \text{маленькими}$$

внутр.

$$pV = \nu R T$$

$$pV = \frac{m}{\mu} R T;$$

$$p_0 \mu_2 = p R T_0$$

$$\mu_2 = \frac{p R T_0}{p_0}; \quad \mu_2 - \text{молярная масса смеси:}$$

$$\mu_2 = \frac{m_2}{\nu_2} =$$

$$\frac{m_{\text{Ar}} + m_{\text{He}}}{\frac{m_{\text{Ar}}}{\mu_{\text{Ar}}} + \frac{m_{\text{He}}}{\mu_{\text{He}}}};$$

$$\text{пусть } L = \frac{m_{\text{Ar}}}{m_{\text{He}}}; \quad m_{\text{Ar}} = L m_{\text{He}}$$

$$\mu_2 = \frac{m_{\text{He}} + L m_{\text{He}}}{\frac{L m_{\text{He}}}{\mu_{\text{Ar}}} + \frac{m_{\text{He}}}{\mu_{\text{He}}}} = \frac{L + 1}{\frac{L}{\mu_{\text{Ar}}} + \frac{1}{\mu_{\text{He}}}}$$

$$\frac{2+1}{\frac{\mu_{He}2 + \mu_{Ar}}{\mu_{He}\mu_{Ar}}} = \mu_z = \frac{(2+1)\mu_{He}\mu_{Ar}}{\mu_{He}2 + \mu_{Ar}} = \frac{pRT_0}{p_0}$$

Выразим 2, хотя, пусть лучше $\beta = \frac{v_{He}}{v_{Ar}}$

$$\cancel{pAr} \neq \mu_z = \frac{\mu_{Ar}v_{Ar} + \mu_{He}v_{He}}{v_{He} + v_{Ar}} = \frac{\mu_{Ar}v_{Ar} + \mu_{He}\beta v_{Ar}}{v_{Ar} + \beta v_{Ar}}$$

$$\mu_z = \frac{\mu_{Ar} + \beta \mu_{He}}{1 + \beta}; \quad \mu_z + \beta \mu_z = \mu_{Ar} + \beta \mu_{He}$$

$$\mu_z - \mu_{Ar} = \beta (\mu_{He} - \mu_z); \quad \beta = \frac{\mu_z - \mu_{Ar}}{\mu_{He} - \mu_z}$$

$$\mu(Ar) = 40 \text{ г/моль}$$

$$\mu(He) = 4 \text{ г/моль};$$

$$\beta = \frac{pRT_0}{p_0} - \mu_{Ar}$$

$$\beta = \frac{\mu_{He} - \frac{pRT_0}{p_0}}{\mu_{He} - \mu_z} \approx \frac{4 - 40}{4 - 24,93} \approx 3$$

$$\mu_z = \frac{pRT_0}{p_0}; \quad \mu_z = 24,93 \text{ г/моль}$$

$$\beta = 3$$

3) Массы равномолярно перемешаны в сосуде отношение количества веществ всегда будет таковым же.

$$\mu_{сосуда} = \mu_{He} + \mu_{Ar};$$

$$\frac{3}{2} v_{Ar} RT_c \quad \frac{3}{2} v_{He} RT_c \quad \frac{3}{2} v_{Ar} RT_c; \quad \gamma = \frac{v_{Ar}}{\mu_z} = \frac{\frac{3}{2} v_{Ar} RT_c}{\frac{3}{2} (v_{Ar} + v_{He}) RT_c}$$

$$\gamma = \frac{v_{Ar}}{v_{Ar} + v_{He}} = \frac{v_{Ar}}{v_{Ar} + \beta v_{Ar}} = \frac{1}{1 + \beta} = \frac{1}{1 + 3} \approx 0,25$$

Ответ: 1) $T_k = 3T_0$; $T_k = 900 \text{ K}$

$$2) \gamma = \frac{v_{Ar}}{\mu_z} \approx 0,25; \quad \gamma = \frac{1}{1 + \beta}; \quad \beta = \frac{\mu_z - \mu_{Ar}}{\mu_{He} - \mu_z}$$

$$\mu_z = \frac{pRT}{p_0}$$

Вариант 11.5

Смывочная загара

Решение:

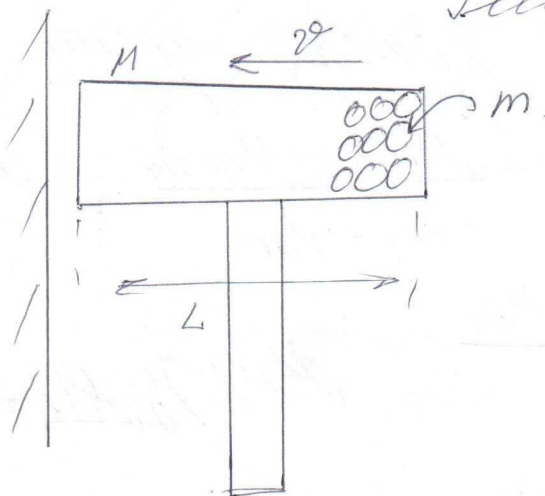
Дано:

$$v = 3 \text{ м/с};$$

$$m = 0,68 \text{ кг};$$

$$k = 0,8$$

$$\Delta x = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$



Найти:

M - ? L - ?

1) Пусть масса пушмой ударной

части M и имеет массу скорость до удара v , тогда после удара v_k ; $k = \frac{v_k}{v_0}$ - по условию;

(т.к. часть энергии малюток отбрасывает $v_k < v_0$; $k < 1$, поэтому $k = \frac{v_k}{v_0}$)

$$v_k = kv_0.$$

2) Когда груз достигнет левой стенки и отскочит, то с ней ударится грузик и остановится, т.е. 3 м/с ; т.к. малюток остановится, то:

$$0 = M \cdot v_k - m v_0; \quad M k v_0 = m v_0; \quad M = \frac{m}{k}$$

$$M = \frac{0,68}{0,8} = 0,85 \text{ кг}.$$

3) Найдем время от удара до момента:

$v_k t = \Delta x$; $kv_0 t = \Delta x$; $t = \frac{\Delta x}{kv_0}$, за это время груз достигнет левой стенки, т.е. пройден $S = L - \Delta x$; $v_0 t = L - \Delta x$; $v_0 \cdot \frac{\Delta x}{kv_0} = L - \Delta x$

$$\frac{\Delta x}{k} + \Delta x = L; \quad \boxed{L = \Delta x \cdot \frac{k+1}{k}}; \quad L = 20 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1+0,8}{0,8} \approx 45 \text{ мм}.$$

Ответ: 1) $M = \frac{m}{k}$; $M = 0,85 \text{ кг}$

2) $L = \Delta x \cdot \frac{k+1}{k}$; $L \approx 45 \text{ мм}$