

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр

111716

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика (наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Кутюров Андрей Александрович

Город, № школы (образовательного учреждения) ТЮУ, лицей "Международная  
Космическая Школа им. В.Н. Челомеев" г. Байконур, 11 класс

Регистрационный номер 7656

Вариант задания 29

Дата проведения " 11 " марта 20 17 г.

Подпись участника



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
8	8	10	10	10	3	8	10	12	12	91

Шифр 111 716

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 29

### Задача 1.

Дано:  
 $S = 200 \text{ м.}$   
 $v_k = n v_0$   
 $n = 3.$   
 $a = ?$

Решение:

$v_0$  - начальная, а  $v_k$  - конечная скорости тела.  
 Тогда справедливы соотношения

$$S = \frac{v_k + v_0}{2} \cdot t. \quad \left. \begin{array}{l} (n+1)v_0 \cdot t = S \\ v_0 = \frac{2S}{t(n+1)} \end{array} \right\}$$

$$S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a}$$

$$v_k = n v_0$$

$$a = \frac{2S}{(n^2 - 1)v_0^2}$$

$$S = \frac{(v_k - v_0)(v_k + v_0)}{2a}$$

$$S = \frac{(n-1)(n+1)v_0^2}{2a}$$

$$a = \frac{(n-1)(n+1)v_0^2}{2S}$$

$$a = \frac{2S}{(n^2 - 1)v_0^2}$$

$$a = \frac{(n^2 - 1)4S^2}{2 \cdot 2S}$$

$$a = \frac{t(n+1)^2}{(n^2 - 1)2S}$$

$$a = \frac{(n^2 - 1)2S}{t^2(n+1)^2}$$

$$a = \frac{(9-1) \cdot 2 \cdot 200 \text{ м.}}{(200)^2 \cdot (3+1)^2}$$

$$a = 0,5 \text{ м/с}^2$$

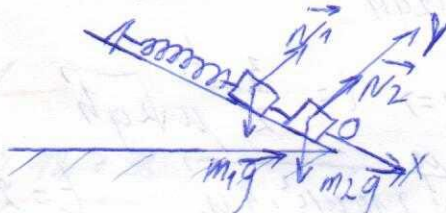
Ответ:  $a = 0,5 \text{ м/с}^2$

1

### Задача 2.

Дано:  
 $m_1, m_2.$   
 $L.$

Решение:



Очевидно, что чтобы найти силу натяжения нити достаточно найти проекцию силы  $m_2 g$  на ось  $OX$   
 $T = m_2 g \sin \alpha$

В момент перегибания нити на брусок с массой  $m_1$  действует равнодействующая сила.  $\vec{F}_{\text{гр}} + m\vec{g} + \vec{N}$

По второму закону Ньютона  $\vec{N} - \vec{F}_{\text{гр}} + m\vec{g} = m_1\vec{a}$

на ось  $Ox$ :  $m_1 g \sin \alpha - F_{\text{гр}} = m_1 a$

$F_{\text{гр}}$  найдем из первого уравнения, когда система находилась в равновесии

$$Ox: F_{\text{гр}} = (m_1 + m_2) g \sin \alpha$$

$$\Rightarrow a = \frac{m_1 g \sin \alpha - (m_1 + m_2) g \sin \alpha}{m_1}$$

$$a = -\frac{m_2 g \sin \alpha}{m_1}$$

$$\text{Ответ: } T = m_2 g \sin \alpha; a = \frac{m_2 g \sin \alpha}{m_1}$$

Задача 3.

Дано:

$$h = 5$$

$$M = 3 \text{ т}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$t = ?$$

Решение:

После того как шайба соскальзнет с горки она приобретет какую-то скорость. То.

Когда шайба начнет скользить по доске, сама доска тоже начнет приобретать скорость, из-за действия на нее силы трения.

Когда шайба остановится относительно доски, доска и шайба будут иметь одинаковую скорость относительно Земли. Тогда по закону сохранения энергии

$$A_{\text{тр}} + mgh = \frac{(m+M)v_k^2}{2}$$

Но по закону сохранения импульса.  $mv_0 = (m+M)v_k$

$$v_k = \frac{mv_0}{m+M}, \text{ тогда } mgh = \frac{m^2 2gh}{m+M} + \mu mgs \text{ так как } A_{\text{тр}} = -\mu Ns = -\mu$$

$$S = h - \frac{2mh}{m+M} \mu$$

$$t = \frac{2h(1 - \frac{m}{m+M})}{\mu \sqrt{2gh}}$$

$$S = \frac{v_k + v_0}{2} \cdot t \quad \left. \begin{array}{l} v_k = 0 \\ v_0 = 0 \end{array} \right\} t = \frac{2S}{\sqrt{2gh}}$$

$$\text{но } M = 4m \Rightarrow t = \frac{3}{2} \frac{h}{\mu \sqrt{2gh}}$$

$$t = \frac{3}{2} \cdot \frac{5 \text{ м}}{0,3 \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 5 \text{ м}}}$$

$$t = 2,5 \text{ с}$$

Ответ:  $t = 2,5^\circ\text{C}$ .

в Задача 4.

Дано:

$$\rho = 0,6 \text{ г/л} = 0,6 \text{ кг/м}^3$$

$$M_{\text{He}} = 0,004 \text{ кг/моль}$$

$$M_{N_2} = 0,028 \text{ кг/моль}$$

$$p = 10^5 \text{ Па} \quad T = 273 \text{ К}$$

$n_{\text{He}} = ?$

Решение:

по определению концентрации.

$$n = \frac{N_{\text{He}}}{V} = \frac{\nu_{\text{He}} N_A}{V} = \frac{m_{\text{He}} \cdot N_A}{M_{\text{He}} \cdot V}$$

$m_{\text{He}}$  - масса гелия,  $N_A$  - постоянная Авогадро.  
 $V$  - объем смеси.

$$\rho = \frac{m_{\text{He}} + m_{N_2}}{V} \Rightarrow \frac{m_{\text{He}}}{V} = \rho - \frac{m_{N_2}}{V}$$

По закону Менделеева-Клапейрона:  $pV = \nu RT$

$$\frac{\nu}{V} \cdot \frac{1}{N_A} \Rightarrow \frac{m_{N_2}}{V} = \frac{p N_2 \cdot M_{N_2}}{RT}$$

По закону Дальтона  $p = p_{N_2} + p_{\text{He}}$

$$p_{\text{He}} = \frac{\nu_{\text{He}} RT}{V_{\text{He}}} \quad \frac{\nu}{V} = \frac{1}{N_A} \Rightarrow p_{\text{He}} = \frac{m_{\text{He}}}{M_{\text{He}}} \frac{RT}{V}$$

$$\frac{m_{N_2}}{V} = \left( p - \frac{m_{\text{He}}}{M_{\text{He}}} \frac{RT}{V} \right) \frac{M_{N_2}}{RT}$$

$$m_{\text{He}} = \frac{N_A}{M_{\text{He}}} \cdot \left( p - \left( p - \frac{m_{\text{He}}}{M_{\text{He}}} \frac{RT}{V} \right) \cdot \frac{M_{N_2}}{RT} \right) \cdot V$$

$$m_{\text{He}} \left( 1 - \frac{M_{N_2}}{M_{\text{He}}} \right) = \frac{N_A}{M_{\text{He}}} \left( p - \frac{p M_{N_2}}{RT} \right) \cdot V$$

$$m_{\text{He}} = \frac{N_A \left( p - \frac{p M_{N_2}}{RT} \right) \cdot V}{M_{\text{He}} \left( 1 - \frac{M_{N_2}}{M_{\text{He}}} \right)}$$

$$n_{\text{He}} = \frac{N_A \left( \frac{p M_{N_2}}{RT} - p \right)}{M_{N_2} - M_{\text{He}}}$$

$$n_{\text{He}} = 0,02 \cdot 10^{25} \text{ моль}^{-1} \cdot \left( \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,028 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 273 \text{ К}} - 0,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

$$0,028 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} - 0,004 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n_{\text{He}} = 1,84 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$

$$\text{Ответ: } n_{\text{He}} = 1,84 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$$



№6.

Что определить КПД:  $\eta = \frac{A}{Q_1}$  где  $A$  можно найти как площадь фигурки под графиком.  $S_{(2P_0 - P_0)(3V_0 - V_0)} = P_0 V_0$

Теперь найдём переданное количество теплоты.

процесс 1-2 - изохорное нагревание  $\Rightarrow A = 0 \Rightarrow Q_{12} = \Delta U$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} P_0 V_0 \quad Q_1 = \frac{3}{2} P_0 V_0$$

процесс 2-3 изобарное расширение  $\frac{P}{T} = \text{const}$  (обобщенный закон)  
 $\Rightarrow$  газ увеличивается обём, то увеличивается температура  
 $\Rightarrow$  газ получает энергию

$$Q_{2-3} = A_{2-3} + \Delta U \quad A_{2-3} = 2P_0(3V_0 - V_0) = 4P_0 V_0 \quad \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 6P_0 V_0$$

$$Q_{2-3} = 10P_0 V_0$$

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = 11,5 P_0 V_0$$

В процессе 3-1 температура понижается  $\Rightarrow$  газ отдаёт тепло

$$\eta = \frac{P_0 V_0}{11,5 P_0 V_0} \cdot 100\% = 8,7\%$$

+ (1)

Ответ:  $\eta = 8,7\%$

№6.

Дано:

$$R = 0,1 \text{ м}$$

$$r = 0,06 \text{ м}$$

$$\varphi = 20 \text{ В}$$

$$\text{Найти } \frac{Q}{S}$$

Решение:

Равномерно заряженный шар рассматриваем как точечный заряд, тогда на расстоянии  $r$  от центра шара  $\varphi = \frac{kQ}{r}$ , где  $Q$  - заряд на шаре

$$\frac{Q}{S} = \frac{\varphi r}{kS}$$

$S$  - площадь поверхности шара.

$$S = 4\pi R^2$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\frac{Q}{S} = \frac{4\pi\epsilon_0 \varphi r}{4\pi R^2}$$

$$\frac{Q}{S} = \frac{\epsilon_0 \cdot \varphi r}{R^2}$$

$$\frac{Q}{S} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}}{\text{м}} \cdot 20 \text{ В} \cdot 0,06 \text{ м}}{(0,1 \text{ м})^2}$$

$$\frac{Q}{S} = 1,062 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$$

Ответ:  $\frac{Q}{S} = 1,062 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$

0,25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 111716

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 29

Задача 7.

Дано:

$$U = 1000 \text{ В}$$

$$B = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$R = ?$

Решение:

Когда электрон проходит разность потенциалов  $U$ , он приобретает кинетическую энергию

$$K = e \cdot U, \text{ но по определению } K = \frac{mv^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{mv^2}{2} = e \cdot U \quad v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad + (m, e)$$

Когда электрон попадает в магнитное поле на него начинает действовать сила Лоренца  $F_L = qvB$ .

По II-у закону Ньютона  $F_L = ma_{\text{ц.с.}}$ ,  $a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{R}$ .

Объединяя все уравнения в одну систему.

$$\left. \begin{array}{l} F_L = qvB \\ F_L = ma_{\text{ц.с.}} \\ a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{R} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} qvB = \frac{mv^2}{R} \\ R = \frac{mv}{qB} \\ v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \\ q = e \end{array} \right\} R = \frac{m \cdot \sqrt{2eU}}{qB \sqrt{m}}$$

$$R = \sqrt{\frac{2mU}{qB^2}}$$

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 2000 \text{ В}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} (1,19 \cdot 10^{-3} \text{ Тл})^2}}$$

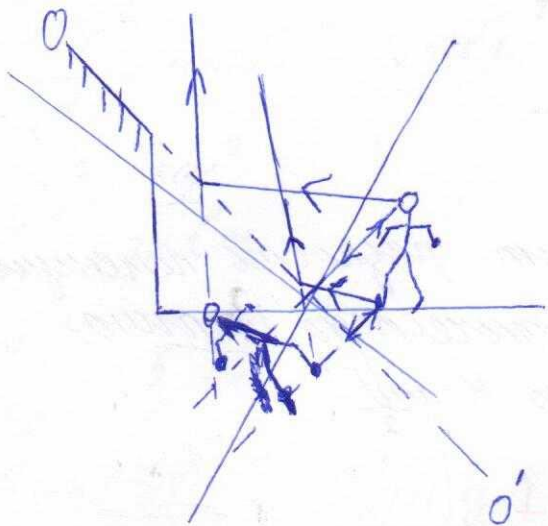
$$R = 0,127 \text{ м}$$

Ответ:  $R = 0,127 \text{ м}$

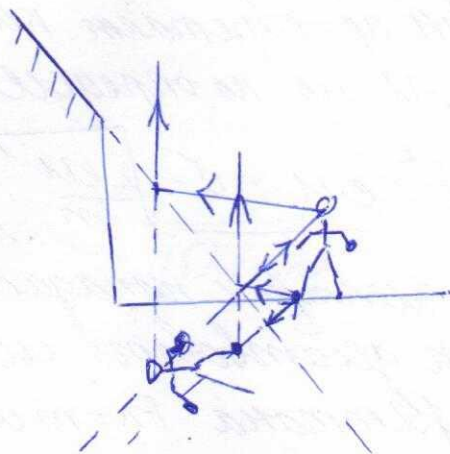
расчёт.  
0,75

### Задача 8.

Если в условии задачи приложить линейку вдоль плоскости зеркала, то становится понятно, что человек полностью находится перед поверхностью зеркала. Это значит, что мы просто продлим плоскость зеркала до пола и построим изображение человека в ней.



Построим голову человека и ноги с точкой. Этого достаточно, чтобы построить человека полностью. Оба человека будут наклонены к  $90^\circ$  под одинаковыми углами.



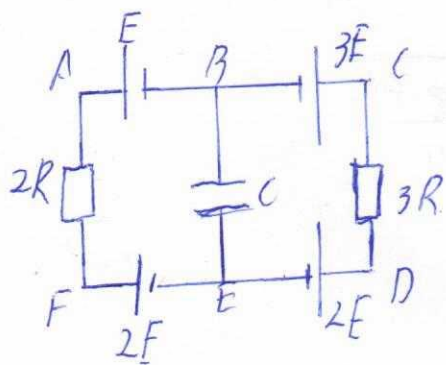
2

### Задача 9

Запишем II-е правило Кирхгофа для контура BCDEB.

$$3E - 2E = 3IR + U_C, \text{ где } U_C - \text{напряжение на конденсаторе}$$

Найдем ток в цепи, используя закон Ома



$$I = \frac{3E - 2E + 2E - E}{2R + 3R}$$

$$I = \frac{2E}{5R} +$$

Тогда  $U_C = E = \frac{6}{5}E = -\frac{1}{5}E$  знак "-" показывает что потенциал в B > чем в E.

По определению конденсатора  $q = C \cdot U$ .

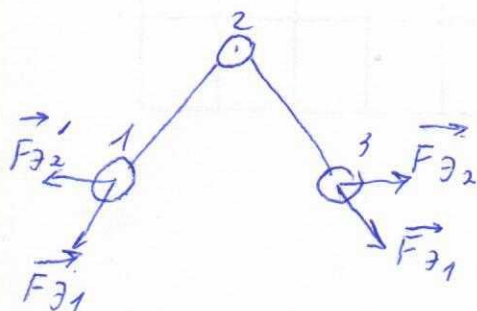
$$q = \frac{EC}{5}$$

Ответ:  $q = \frac{EC}{5}$  +

Задача 10.

Дано:  
 $q, 2q, q$   
 $2m, m, 2m$   
 $L$

Решение:  
 ① Одновременно заряжены шарик отталкиваются.



② Когда шарик отталкиваются 1, 2 и 2, 3 отталкиваются, поэтому сила натяжения нити, равная по модулю  $F_{31}$ , но шарик 1 и 3 тоже отталкиваются, поэтому шарик 1 движется влево, шарик 3 вправо, а шарик 2 вниз, что следует из симметричности воздействия на него шариков 1 и 3. Таким образом, сила натяжения нити больше, чем  $F_{31}$  и шарик за счёт этой силы шарик 2 и движется вниз.

Запишем закон сохранения для начального состояния и состояния, когда шарик выстроились в одну линию



$$\Pi_1 = \Pi_2 + K_2$$

$$\Pi_1 = \Pi_{12} + \Pi_{13} + \Pi_{23} \quad \Pi_1 = \frac{2kq^2}{l} + \frac{kq^2}{l} + \frac{2kq^2}{l}$$

$$\Pi_2 = \Pi_{12}' + \Pi_{13}' + \Pi_{23}' \quad \Pi_2 = \frac{2kq^2}{l} + \frac{2kq^2}{l} + \frac{kq^2}{2l}$$

$$K = K_1 + K_2 + K_3 \quad K = \frac{2m\sqrt{v_1}^2}{2} + \frac{m\sqrt{v_2}^2}{2} + \frac{2m\sqrt{v_3}^2}{2}$$

но  $K_1 = K_3$  т.к. шарик двигались симметрично.

начальным значением времени от равен нулю

$$\left. \begin{aligned} 2m\sqrt{v_1} + 2m\sqrt{v_3} - m\sqrt{v_2} &= 0 \\ \sqrt{v_1} &= \sqrt{v_3} \end{aligned} \right\} \quad v_2 = 4v_1$$

$$\frac{Kq^2}{2L} = 2m\sqrt{v_1}^2 + m\sqrt{v_2}^2$$

$$\frac{Kq^2}{L} = 4m\sqrt{v_1}^2 + 16m\sqrt{v_1}^2$$

$$\sqrt{v_1}^2 = \frac{Kq^2}{20Lm}$$

$$\sqrt{v_2}^2 = \frac{4}{5} \frac{Kq^2}{Lm}$$

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{v_2} &= \frac{2q\sqrt{K}}{\sqrt{5Lm}} \\ K &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \end{aligned} \right\} \quad \sqrt{v_2} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0\sqrt{5Lm}} \quad v_2 = \frac{q^2}{5\pi\epsilon_0 Lm}$$

$$\text{Ответ: } v_2 = \frac{q^2}{5\pi\epsilon_0 Lm}$$

1

