

121010

Шифр

(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Иванов Никита Павлович

Город, № школы (образовательного учреждения) г Москва, ГБОУ

«Лицей № 1580 при МГТУ им. Н.Э. Баумана»

Регистрационный номер 620

Вариант задания № 19

Дата проведения « 21 » марта 2019 г.

Подпись участника

Иванов

70 (семьдесят)

121010

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
16	16	16	22							70

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 19

У1.

Дано:

$$m_1 = m$$

Ауу

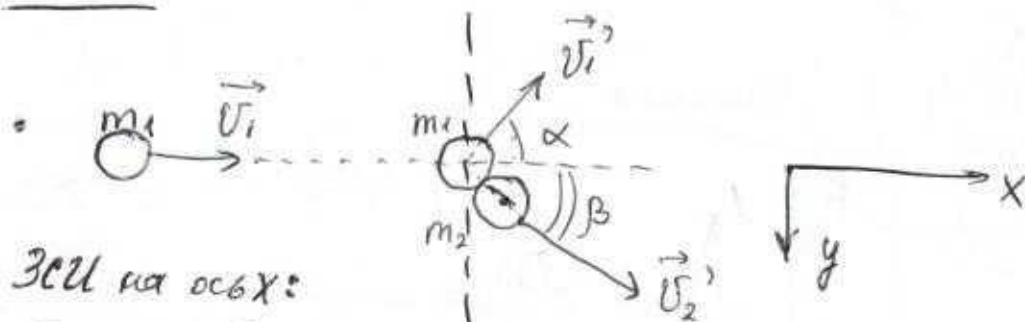
$$\alpha = 60^\circ$$

$$p_1' = \frac{p_1}{2}$$

p_1

$$m_2 = ?$$

Решение:



1) ЗСД на ось x:

$$x: m_1 v_1 = m_1 v_1' \cos \alpha + m_2 v_2' \cos \beta$$

$$p_1 = \frac{p_1}{2} \cos \alpha + m_2 v_2' \cos \beta \quad (1)$$

$$u_3(2): m_2 v_2' = \frac{p_1 \sin \alpha}{2 \sin \beta} \quad (3)$$

на ось y:

$$y: 0 = m_2 v_2' \sin \beta - m_1 v_1' \sin \alpha$$

$$m_2 v_2' \sin \beta = \frac{p_1}{2} \sin \alpha$$

(3) подставляем в (1): $p_1 = \frac{p_1}{2} \cos \alpha + \frac{p_1 \sin \alpha}{2} \cot \beta$

$$\cot \beta = \frac{1 - \frac{\cos \alpha}{2}}{\frac{\sin \alpha}{2}} = \frac{2}{\sin \alpha} - \cot \alpha$$

в.р. $\beta = \arccot \sqrt{3} = 30^\circ$

Таким образом, шарик разлетается под углом 90° ,

т.е. $(\alpha + \beta = 90^\circ)$, поэтому $\sin \alpha = \cos \beta$ и $\cos \alpha = \sin \beta$.

Запишем ЗСД:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}; \quad m v_1^2 - \frac{m v_1'^2}{4} = m_2 v_2'^2 \quad (4)$$

(поскольку ~~сначала~~ полный импульс шарика 1 был p_1 , а стал $\frac{p_1}{2}$, то $m_1 v_1' = \frac{v_1 m_1}{2}$; $v_1' = \frac{v_1}{2}$.) $p_1 = m v_1$; $v_1 = \frac{p_1}{m}$

Тогда, подставив в гр. (4) имеем:

$$\frac{3}{4} m \cdot \frac{p_1^2}{m^2} = m_2 v_2'^2 ; \quad \frac{3}{4} \frac{p_1^2}{m} = m_2 v_2'^2. \quad (5)$$

из (3) имеем: $v_2' = \frac{p_1 \sin \alpha}{2m_2(\sin \beta) = \cos \alpha} = \frac{p_1}{2m_2} \cdot \tan \alpha. \quad (6)$

(6) → в (5): $\frac{3}{4} \frac{p_1^2}{m} = m_2 \cdot \frac{p_1^2}{4m_2^2} \cdot \tan^2 \alpha ; \quad \frac{3}{m} = \frac{\tan^2 \alpha}{m_2} ;$ отсюда

$$m_2 = m \cdot \frac{\tan^2 \alpha}{3}$$

$$m_2 = m \cdot \frac{\tan^2 60^\circ}{3} = m \cdot \frac{3}{3} = m$$

Ответ: $m_2 = m_1 = m.$

2.

Решение:

Дано:

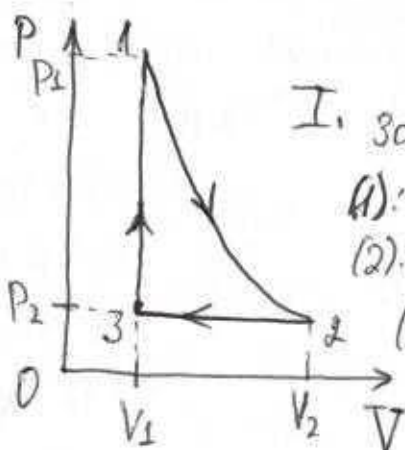
$$\frac{V_2}{V_1} = n$$

$$TV^\alpha = \text{const}$$

α

$i=3$

$\eta = ?$



$$\eta = \frac{A}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}}.$$

I. Запишем ур. Клапейрона-Менделеева:

(1): $p_1 V_1 = \nu R T_1 ;$

(2): $p_2 V_2 = \nu R T_2 ;$

(3): $p_2 V_1 = \nu R T_3 ;$

ур. Адиабаты:

$$T_1 V_1^\alpha = T_2 V_2^\alpha ;$$

а т.к. $\frac{V_2}{V_1} = n ;$

$V_2 = n V_1$, то

$$T_1 V_1^\alpha = T_2 \cdot n^\alpha V_1^\alpha$$

$$T_1 = T_2 \cdot n^\alpha \quad (4)$$

(2): $\frac{p_2 V_2}{p_2 V_1} = \frac{\nu R T_2}{\nu R T_3} ; \quad \frac{T_2}{T_3} = n ; \quad T_2 = n T_3. \quad (5)$

из (4) и (5): $T_1 = n T_3 \cdot n^\alpha = T_3 \cdot n^{\alpha+1}. \quad (6)$

II. Адиабатный процесс — без теплообмена с окр. средой;

т.е. $Q_{1-2} = 0.$

$Q_{\text{хол}} = Q_{2-3}$ — тепло, излученное, связанное с изменением температуры.

$$Q_{2-3} = A_{2-3} + \Delta U_{2-3} = p_2 (V_2 - V_1) + \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_3)$$

из (2) и (3): $p_2 (V_2 - V_1) = \nu R (T_2 - T_3) ;$ т.е. $Q_{2-3} = \frac{i}{2} (\frac{i}{2} + 1) \nu R (T_2 - T_3).$

$Q_{2-3} = (\frac{i}{2} + 1) \nu R \cdot T_3 (n - 1).$ (т.к. из (5) $T_2 = n T_3$).

III. $Q_{\text{нагр}} = Q_{3-1}$ — тепло, получ. от нагревателя.

$Q_{3-1} = p_2 (V_1 - V_2) + \Delta U_{3-1} = -p_2 (V_2 - V_1) + \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{i}{2} \nu R T_3 (n^{\alpha+1} - 1)$

$$\eta = 1 - \frac{Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}} = 1 - \frac{Q_{2-3}}{Q_{3-1}} = 1 - \frac{\left(\frac{i}{2} + 1\right) 2RT_3(n-1)}{\frac{i}{2} 2RT_3(n^{\alpha+1} - 1)} =$$

$$= 1 - \frac{(i+2)(n-1)}{i(n^{\alpha+1} - 1)} ; \quad \boxed{\eta = 1 - \frac{5(n-1)}{3(n^{\alpha+1} - 1)}} \quad (+)$$

Ответ: $\eta = 1 - \frac{5(n-1)}{3(n^{\alpha+1} - 1)}$

№3. Дано: Решение: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$\begin{array}{l} R \\ 2R \rightarrow +q \\ 3R \rightarrow -2q \\ -q \rightarrow m \\ \cdot 5R \\ \hline V_0 = ? \end{array}$$

I. Заменим потенциал сферы "А", которой складывается из сдв. и наведенных от др. сфер:

$$\varphi_1 = k \frac{q_1}{R} + \frac{kq}{2R} - k \frac{2q}{3R} = \frac{k}{R} \left(q_1 - \frac{q}{6} \right)$$

поскольку сфера заземлена, то заряд q_1 такой, что её потенциал $\varphi_1 = 0$, т.е. $\boxed{q_1 = \frac{q}{6}}$

II. Заменим потенциал в точке С:

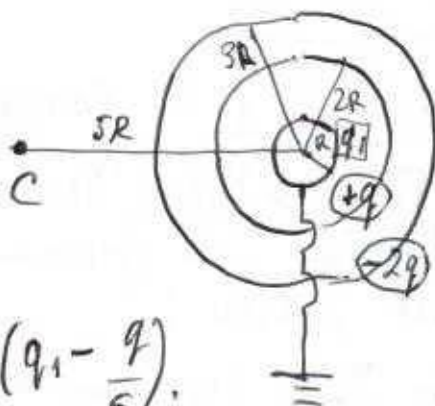
$$\varphi_C = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = k \frac{q}{6 \cdot 5R} + k \frac{q}{5R} - k \frac{2q}{5R} = \frac{kq}{R} \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{5} \right);$$

$$\boxed{\varphi_C = \frac{kq}{R} \cdot \left(-\frac{5}{30} \right) = -\frac{kq}{R} \cdot \frac{1}{6}}$$

III. V_0 — минимальная скорость на бесконечности, такая, что частица остановится как раз в точке С.

ЗСЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = \varphi_C \cdot (-q) ; \quad \frac{mV_0^2}{2} = \frac{kq^2}{30R} ; \quad \text{откуда скорость:}$

$$\boxed{V_0 = \sqrt{\frac{k}{3mR} \cdot q}} ; \quad \text{Ответ: } V_0 = q \sqrt{\frac{1}{12\pi\epsilon_0 m R}} \quad (+)$$



14.

Решение:

Дано:

U^{235}

U^{238}

$$E = \frac{100 \text{ В}}{\text{м}}$$

$$B = 0,02 \text{ Тл}$$

$$B \perp E$$

$$B_1 = 0,09 \text{ Тл}$$

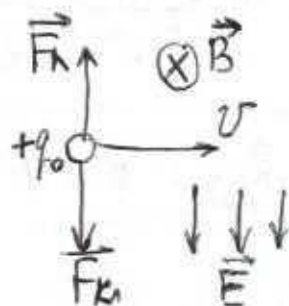
I Рассмотрим прохождение ионов \vec{E} и \vec{B} :

• прохождение без отклонения возможно, если равны силы Лоренца и Кулона:

$$F_L = F_{кл}; \quad E \cdot q_0 = q_0 v B;$$

откуда скорость каждого иона

$$v = \frac{E}{B}.$$



X-?

II. Рассмотрим движение в магн. поле \vec{B}_1 :

$F_{L1} = q_0 v B_1$; $F_{L2} = q_0 v B_1$ — силы Лоренца со стороны поля B_1 на оба иона равны,

по II закону Ньютона:

$$q_0 v B_1 = m_1 a_1(1); \quad \text{откуда } m_1 a_1 = m_2 a_2.$$

$$q_0 v B_1 = m_2 a_2(2);$$

масса U^{235} : $m_1 = 235 m_p$, где m_p — масса протона (или масса нейтрона)

$$U^{238}: m_2 = 238 m_p.$$

тогда $\frac{a_1}{a_2} = \frac{238 \cdot R_2}{235 \cdot R_1} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{238 m_p}{235 m_p}$; откуда: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{238}{235}$.

из (2): $q_0 v B_1 = 238 m_p \cdot \frac{v^2}{R_2}$; $R_2 = \frac{238 m_p v}{q_0 B_1}$; $R_2 - R_1 = R_2 \left(1 - \frac{235}{238}\right) = \frac{238 m_p v}{q_0 B_1} \cdot \frac{3}{238}$; $\left(q_0 - \text{заряд иона, равен элементарному заряду} \right)$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

~~Решение по~~

Частицы пролетят каждой половине окружности,

поэтому $X = 2(R_2 - R_1) = \frac{6 m_p v}{q_0 B_1} = \frac{6 m_p E}{q_0 B B_1}$

$$X = \frac{6 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 100}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,02 \cdot 0,09} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Ответ: 3,5 мм.

