Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

121082

Шифр ____________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Москвин Никита Александрович

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, ГАОУ шк. №548

Регистрационный номер 10714

Вариант задания №22

Дата проведения «21» марта 2019 г.

Подпись участника ____________

70 (семьдесят)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

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

$\Sigma 70$

121082

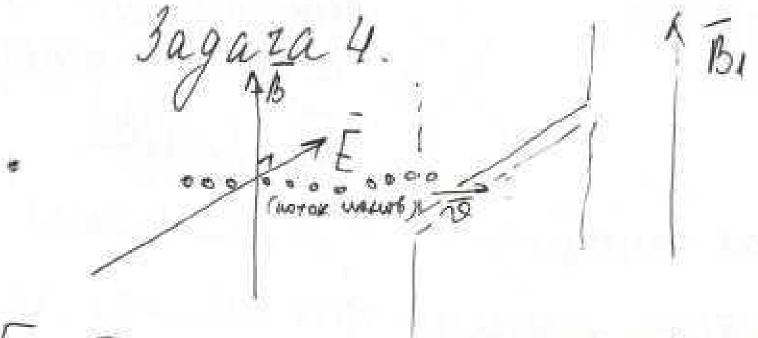
Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

1082

Вариант № 22

Задача 4.



Дано:

Th^{232}

Pb^{212}

$E = 200$ В/м

$B = 0,01$ Тл

$B \perp E$

$B_1 = 0,01$ Тл

$\Delta = d$ - ?

$F_э = F_m$; $qE = q\upsilon B$

$\upsilon = \frac{E}{B} = 20 \cdot 10^3 \frac{м}{с}$ +

разность масс ионов

$\Delta m = m_1 - m_2 = 10$ а.е.м.

$\Delta m = 10 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}$ кг.

В поле B_1 ионы движутся по окружностям с радиусами

$R_1 = \frac{m_1 \upsilon}{qB_1}$ и $R_2 = \frac{m_2 \upsilon}{qB_1}$ и $\Delta = 2\frac{\upsilon}{qB_1}(m_1 - m_2)$; +

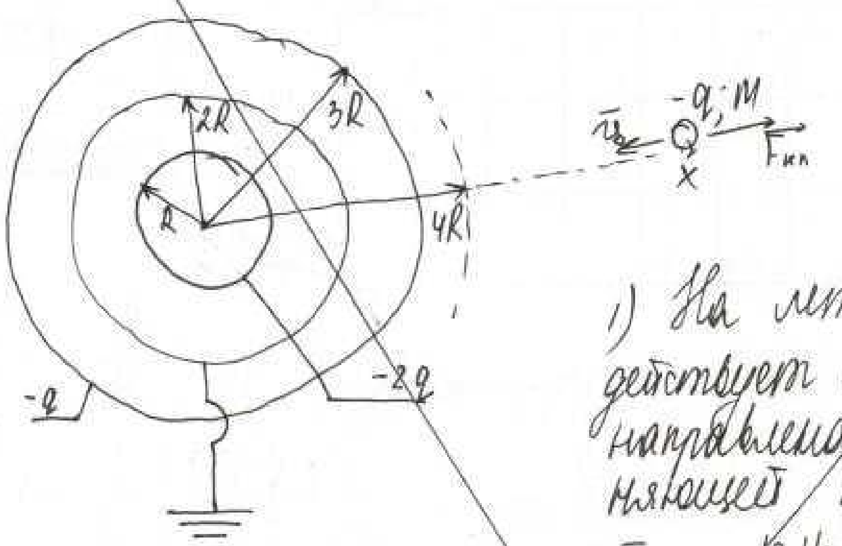
$\Delta = \frac{2 \cdot 10 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 20 \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,01} = 41,5 \cdot 10^{-2}$ м +

Ответ: места „падения" ионов удалены друг от друга на 41,5 см. +

+

Задача 3.

v_0 - ?



1) На летящий заряд (точечного) действует сила Кулона, которая направлена по линии, соединяющей центр сфер и заряд.

$F_{кл} = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$

2) Поскольку нас интересует минимальная начальная скорость, то заряд должен остановиться на расст. 4R от центра сфер; т.к. сила направлена против движения заряда, то заряд будет все время замедляться, более того, ускорение заряда будет переменным. (Это следует из II зак. Ньютона $\sum \vec F = m\vec a$; при уменьшении расст. до сферы сила будет увеличиваться, тогда и ускорение будет непрерывно возрастать при $m = const$.)

3) Закон сох. энергии: $E_п + E_к = E_п' + E_к'$, из этого закона следует, что начальная кинетическая энергия заряда должна равняться работе поля сфер над зарядом при его остановке.

4) $\frac{mv_0^2}{2} = \int_0^x F_{кл}(x)\,dx$, сил две: $F_1 = k\frac{|-q|\cdot|-2q|}{(x+3R)^2}$; $F_2 = \frac{|-q|\cdot|-q|}{(R+x)^2}$

$\frac{mv_0^2}{2} = \int_0^x F_1(x)dx + \int_0^x F_2(x)dx$; $\frac{mv_0^2}{2} = 2kq^2\int_0^x \frac{dx}{(x+3R)^2} + kq^2\int_0^x \frac{dx}{(R+x)^2}$

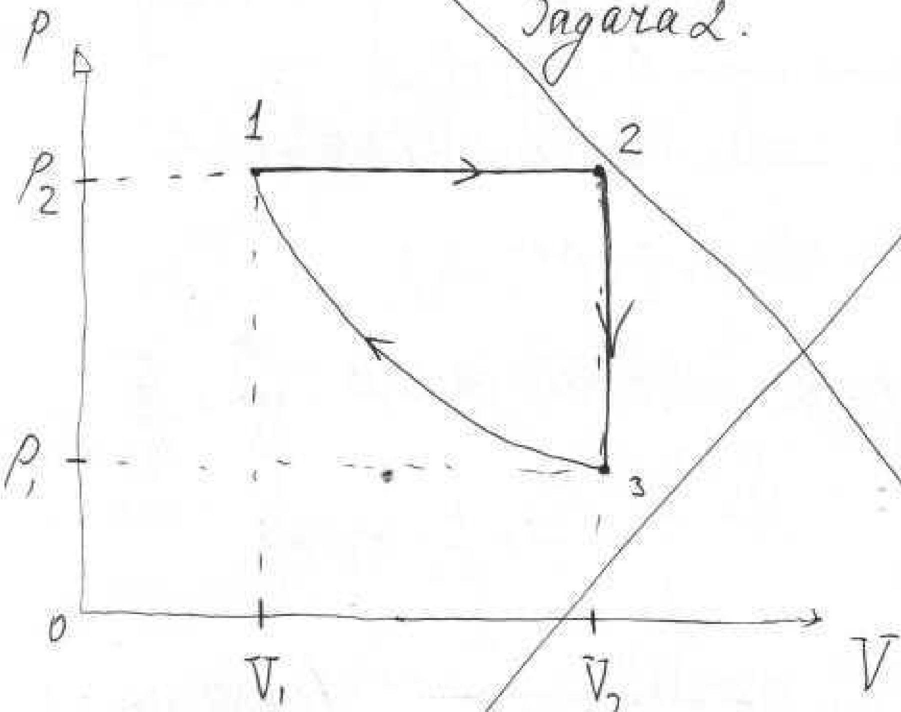
$\int_0^x \frac{dx}{(x+3R)^2} = \left[\begin{matrix} t = x+3R & x=0;\ t=3R \\ dt = dx & x=x;\ t=x+3R \end{matrix}\right] = \int_{3R}^{x+3R} \frac{dt}{t^2} = \frac{1}{-t}\Big|_{3R}^{x+3R} = \frac{1}{-x-3R} - \frac{1}{-3R} = \frac{x}{9R^2+3Rx}$

$\int_0^x \frac{dx}{(x+R)^2} = \left[\begin{matrix} t = x+R & x=0;\ t=R \\ dt = dx & x=x;\ t=R+x \end{matrix}\right] = \int_R^{R+x} \frac{dt}{t^2} = \frac{1}{-t}\Big|_R^{R+x} = \frac{1}{-R-x} - \frac{1}{-R} = \frac{x}{Rx+R^2}$

$$\frac{m\upsilon_0^2}{2} = \frac{x}{9R^2+3Rx} + \frac{x}{R^2+Rx}$$

Ответ: $\upsilon_0 = \sqrt{\frac{k}{m}\left(\frac{4x^2+10xR}{R(R+x)(9R+3x)}\right)}$; где x - любое расстояние от сферы.

Задача 2.



$P_2 / P_1 = n.$

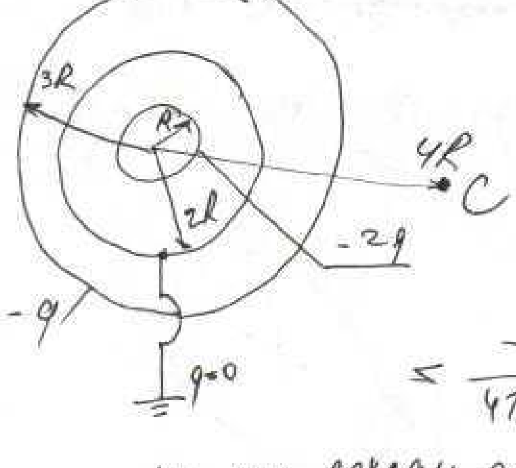
3-1: $TP^{\alpha} = const.$

ηцикла - ?

$\eta_{цикла} = \frac{A_{газа}}{Q_{получ.}}$; 1) Газ получает теплоту только на участке 1-2, $P_{1-2} = const \Rightarrow$ 1 закон т/д $\Rightarrow Q = \Delta U + A = \frac{5}{2} P_2 (V_2 - V_1)$

2) $A_{газа}$ - площадь внутри графика цикла

Задача 3.



т.к. $\varphi(2R) = 0$ (заземление), то $-\frac{2q}{4\pi\varepsilon_0 2R} + \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 2R} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 3R} = 0$,

$Q = \frac{8q}{3}$

Поместим точку $C(4R)$: $\varphi(4R) =$

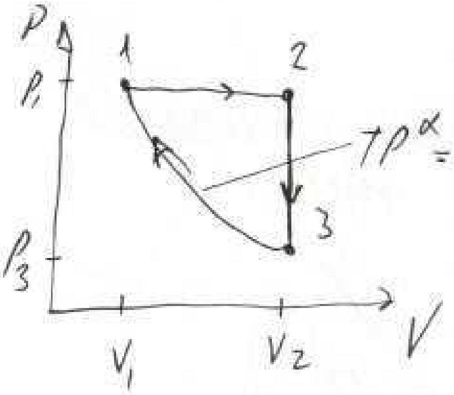
$$= \frac{-2q}{4\pi\varepsilon_0 4R} + \frac{8}{3}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 4R} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 4R} = -\frac{q}{48\pi\varepsilon_0 R}$$

из ур. сохран. энергии $\frac{m\upsilon^2}{2} = q\varphi(4R)$

$\upsilon^2 = \frac{2q^2}{48 m \pi\varepsilon_0 R}$; $\upsilon = \frac{q}{2}\sqrt{\frac{1}{6\pi\varepsilon_0 R m}}$.

Ответ: $\upsilon = \frac{q}{2}\sqrt{\frac{1}{6\pi\varepsilon_0 R m}}$

Задача 2.



По усл.: $\frac{P_1}{P_3} = n = \frac{P_2}{P_3}$

$\eta = \frac{A}{Q_1}$

1-2: $Q_1 = \Delta U_{12} + A > 0$

2-3: $Q_2 = \Delta U_{23} < 0 \; (T_3 < T_2)$

$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$; $Q_1 = \frac{5}{2}\nu R(T_2 - T_1)$; $Q = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_3)$

$\eta = 1 - \frac{3}{5}\left(\frac{(T_2 - T_1)}{(T_3 - T_1)}\right)$; из ур. состояния ид. газа: $\frac{P_1}{P_3} = \frac{T_2}{T_3}$

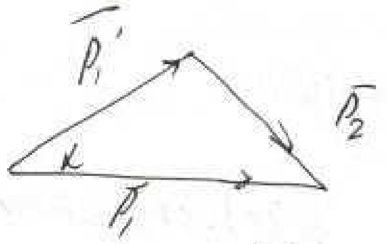
$\frac{P_1}{P_3} = \frac{T_2}{T_3}$; $\frac{T_3}{T_2} = \frac{1}{n}$; $T_2 = nT_1$

учтем, что $T_1 P_2^{\alpha} = T_3 P_3^{\alpha}$

$\frac{(T_2 - T_3)}{T_2 - T_1} = \frac{(n-1)\,n^{\alpha}}{n^{\alpha+1} - 1}$; $\eta = 1 - \frac{3(n-1)\,n^{\alpha}}{5(n^{\alpha+1} - 1)}$; Ответ: $\eta = 1 - \frac{3(n-1)\,n^{\alpha}}{5(n^{\alpha+1} - 1)}$

+

Задача 1.



из треугольника импульсов имеем:

$P_2 = \sqrt{P_1^2 + (P_1')^2 - 2P_1 P_1' \cos\alpha}$ +

при абсолютно упругом ударе сохр. энергия системы.

$\frac{P_1^2}{2m_1} = \frac{(P_1')^2}{2m_1} + \frac{P_2^2}{2m_2}$; $\frac{P_2^2}{m_2} = \frac{P_1^2 - (P_1')^2}{m_1}$ +

$m_1 = m_2 \frac{P_1^2 - \left(\frac{P_1}{3}\right)^2}{P_1^2 - \frac{P_1^2}{9} - 2\frac{P_1^2}{6}} = \frac{8}{7} m_2$

+

Ответ: $m_1 = \frac{8}{7} m_2$