Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

121055

Шифр ______________

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Михальчук Илья Владимирович

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, ГБОУ школа № 1580

Регистрационный номер 1483

Вариант задания 21

Дата проведения «21» марта 2019 г.

Подпись участника [signature]

65 (шестьдесят пять)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

121055

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
16	12	15	22							65

1055

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

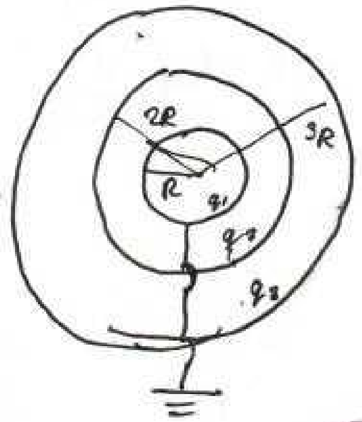
Вариант № 21

№3.

Дано:
$R, 2R, 3R$.
$q_2 = +2q$
$q_3 = -2q$
$-q, m$

v – ?

$\varphi_1 = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_2}{2R} + \frac{kq_3}{3R} = 0$
– потенциал на сфере с радиусом $R = 0$, т.к. заземлена.



$q_1 = -\left(\frac{q_2}{2} + \frac{q_3}{3}\right)$

$q_1 = -\left(q - \frac{2}{3}q\right) = -\frac{1}{3}q$

$\varphi_\Sigma = \frac{kq_1}{3R} + \frac{kq_2}{3R} + \frac{kq_3}{3R} = \frac{kq_1}{3R} = -\frac{kq}{9R}$ – на пов 3-й сферы

?

З. С. Э.

$\frac{mV^2}{2} = -\frac{kq(-q)}{9R} = \frac{kq^2}{9R}$

0,75

$V^2 = \frac{2kq^2}{9mR}$; $V = \frac{q}{3}\sqrt{\frac{2k}{mR}}$

Ответ: $\frac{q}{3}\sqrt{\frac{2k}{mR}}$?

№4

Дано:

Ra^{224}, Ra^{228}

$E = 100$ В/м

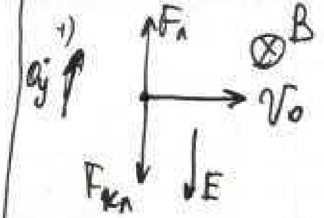
$B = 0{,}02$ Тл

$B_1 = 0{,}09$ Тл

x — ?

Решение:

1)



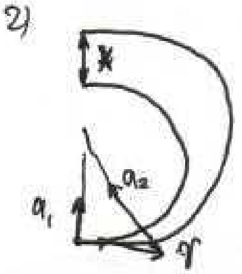
II з-н Ньютона:

$$Oy:\ F_л - F_{кл} = 0$$

$$qE = qvB$$

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

2)



В магнитном поле ионы движутся по окружностям радиусов R_1 и R_2.

II з-н Ньютона для 1:

$$x = 2(R_1 - R_2)$$

1) $m_1 a_1 = q_0 v B_1$

$$\frac{m_1 v^2}{R_1} = q_0 v B_1 \Rightarrow R_1 = \frac{m_1 v}{q_0 B} \quad (1)$$

для 2:

$$\frac{m_2 v^2}{R_2} = q_0 v B,$$

$$\frac{m_1}{R_1} = \frac{m_2}{R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{m_2 R_1}{m_1}$$

Ra^{228}_{88} и Ra^{224}_{88} $\quad m_2 = 228 m_p \quad m_1 = 224 m_p$.

$$R_2 = \frac{228}{224} R_1 \Rightarrow R_1 - R_2 = \frac{4}{224} R_1, \text{ из } (1)$$

$$\text{Вz},\ R_1 - R_2 = \frac{4 m_1 v}{q_0 B_1 \cdot 224} = \frac{4 \cdot m_p v}{e B_1} = \frac{4 m_p E}{e B_1 B}$$

$$x = 2(R_1 - R_2) = \frac{8 m_p E}{e B_1 B}$$

$$x = \frac{8 \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 100 \text{ В/м}}{0{,}02 \text{ Тл} \cdot 0{,}09 \text{ Тл} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 4{,}64 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 4{,}64 \text{ мм}$$

Ответ: 4,64 мм. +

№2.

Дано:

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

$TV^{\alpha} = const$

α

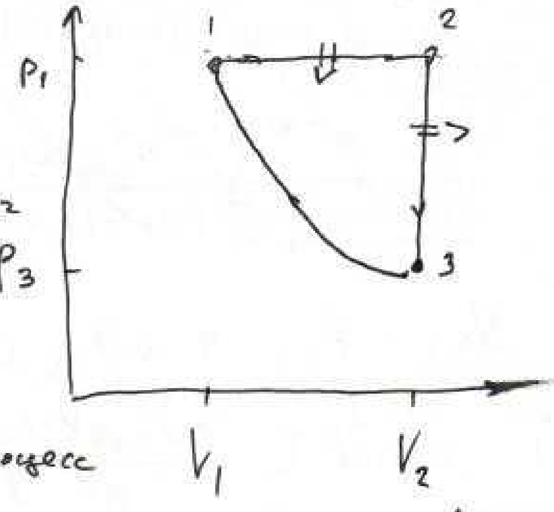
$\eta - ?$

$\eta = \frac{Q_{нагр} - Q_{хол}}{Q_{нагр}}$

$Q_{12} > 0$, т.к. $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$A_{12} > 0$ ($V \uparrow$)

и $\Delta U_{12} > 0$ ($T \uparrow$)



$Q_{13} = 0$, т.к. адиабатный процесс

$Q_{23} < 0$; т.к. $A = 0$ ($V = const$) а $T \downarrow \to \Delta U_{23} <$

$$\eta = \frac{Q_{12} - Q_{23}}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{23}}{Q_{12}}.$$

Ур-е Менделеева - Клапейрона:

1-2: $\left.\begin{aligned} p_1V_1 &= \nu R T_1 \\ p_1V_2 &= \nu R T_2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = n$

2-3: $\begin{aligned} p_1V_2 &= \nu R T_2 \\ p_3V_2 &= \nu R T_3 \end{aligned}$ $\Big|$ $\nu R(T_3 - T_2) = V_2(p_3 - p_1)$

1-3: $T_1V_1^{\alpha} = T_3V_2^{\alpha} \Rightarrow \frac{T_3}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\alpha} \Rightarrow \frac{T_1}{T_3} = n^{\alpha} \Rightarrow T_1 = n^{\alpha}T_3$

$\frac{p_1V_1}{p_3V_2} = n^{\alpha}$

$\frac{p_1}{p_3} = n^{\alpha+1}$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = p_1(V_2 - V_1) + \frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_1) =$

$= p_1V_1(n-1) + \frac{i}{2}\underbrace{\nu R T_1}_{p_1V_1}(n-1) = p_1V_1 \cdot \frac{i+2}{2}(n-1)$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = 0 + \frac{i}{2}\nu R(T_3 - T_1) = \frac{i}{2}\nu R T_1\left(\frac{1}{n^{\alpha+1}} - 1\right) =$

$= \frac{i}{2}p_1V_1\left(\frac{1 - n^{\alpha+1}}{n^{\alpha+1}}\right)$

$\eta = 1 - \frac{p_1V_1 \cdot \frac{i}{2}\left(\frac{1 - n^{\alpha+1}}{n^{\alpha+1}}\right)}{p_1V_1 \frac{i+2}{2}(n-1)} = 1 - \frac{i - in^{\alpha+1}}{(i+2)(n-1)n^{\alpha+1}}$

При $i = 3$, т.к. газ одноатомный:

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

$$= \frac{n^{\alpha}(5n^2-2n-3)}{5(n-1)n^{\alpha+1}} = \frac{5n^2-2n-3}{5n^2-5n}$$

$$Q_{23} = \underset{0}{A_{23}} + \Delta U_{23} = \frac{i}{2}\nu R(T_3-T_2) = \frac{i}{2}\nu R\left(\frac{T_1}{n^\alpha} - nT_1\right) =$$

$$= \frac{i}{2}\nu R T_1\left(\frac{1-n^{\alpha+1}}{n^\alpha}\right) = \frac{i}{2}p_1V_1\left(\frac{1-n^{\alpha+1}}{n^\alpha}\right)$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_{12}}{Q_{23}} = 1 - \frac{\cancel{p_1V_1}\,\frac{i+2}{2}(n-1)\cdot n^\alpha}{\cancel{p_1V_1}\,\frac{i}{2}(1-n^{\alpha+1})} = \frac{i - in^{\alpha+1} - (n-1)(i+2)\cdot n^\alpha}{i(1-n^{\alpha+1})}$$

при $i=3$ (одноатомный):

$$\eta = \frac{3 - 3nn^\alpha - 5n^{\alpha+1} + 5n^\alpha}{3(1-n^{\alpha+1})} = \frac{5n^\alpha - 8n^{\alpha+1} + 3}{3(1-n^{\alpha+1})}$$

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

ошибка в расчетах

0,25

N1.

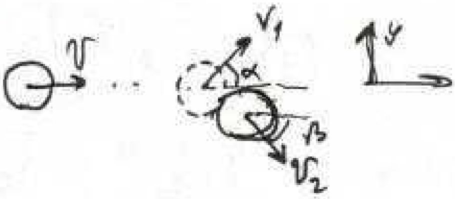
Дано:
$m;\ p_1$
$p_1' = \frac{p_1}{2}$
$\alpha - ?$

Решение:

~~$p_1 = mv$~~ З.С.И.

Ox: $mv = mv_1\cos\alpha + mv_2\cos\beta$ (1)

Oy: $0 = mv_1\sin\alpha - mv_2\sin\beta$ (2)



З.С.Э.

$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$; $p_1 = mv \Rightarrow v_1 = \frac{v}{2}$;

$v^2 = \frac{v^2}{4} + v_2^2 \qquad v_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}v$

$$\begin{cases} v\left(1 - \frac{1}{2}\cos\alpha\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}v\cos\beta \\ \frac{v}{2}\sin\alpha = v\frac{\sqrt{3}}{2}\sin\beta \end{cases} \qquad \begin{cases} \frac{\sqrt{3}}{2}\cos\beta + \frac{1}{2}\cos\alpha = 1 \\ \sin\alpha = \sqrt{3}\sin\beta \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3\cos^2\beta = (2-\cos\alpha)^2 \quad (3) \\ \sin^2\alpha = 3\sin^2\beta \end{cases}$$

(3) $3 - \sin^2\alpha = 4 - 4\cos\alpha + \cos^2\alpha$

+

$3 - 1 + \cancel{\cos^2\alpha} = \cancel{\cos^2\alpha} + 4 - 4\cos\alpha$

$\cos\alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = \arccos\frac{1}{2} = 60^\circ$