Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

115005

Шифр ____________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Кирякин Максим Валерьевич.

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, лицей 1511.
11 Б класс

Регистрационный номер 3770

Вариант задания 14

Дата проведения «15» марта 2010 г.

Подпись участника [signature]

46 (сорок шесть)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
5	12	5	6	12	6					46

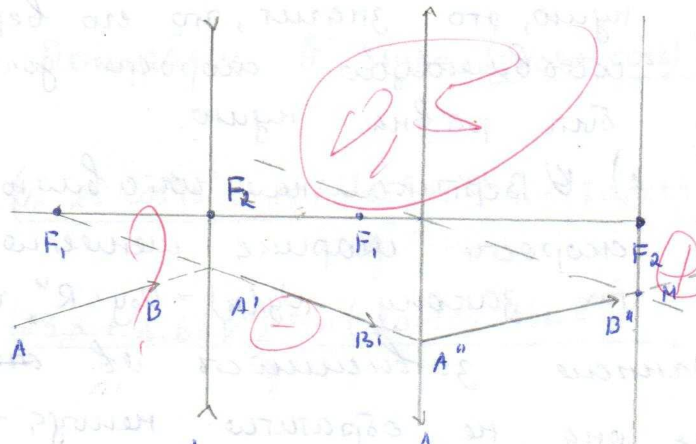
115005

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 14

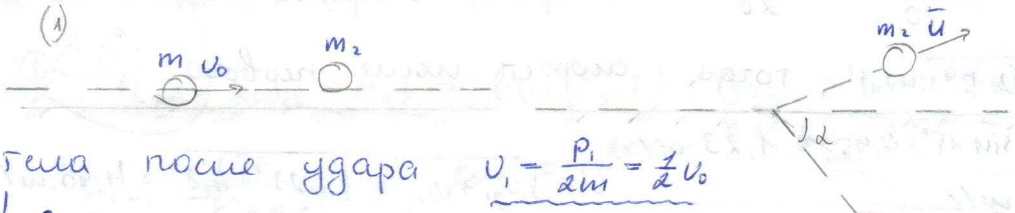
①



1) При попадании на рассеивающую линзу продолжение выходящего луча проходит через передний в фокус F_1 линзы Λ_1

2) Через центр линзы Λ_2 проводим луч, параллельный $A'B'$, он не преломляется и пересекает фокальную плоскость зад фок F в т. М., в эту точку приходит луч $A''B''$.

② $\alpha = 60^\circ$, $m_1 = m$, P_1, $P_1' = \frac{P_1}{2}$

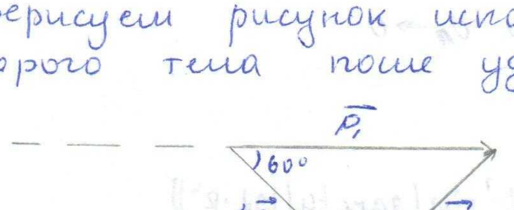


1) $P = mv \Rightarrow v = \frac{P}{m}$. Пусть v_0 – скорость первого тела до удара, тогда $v_0 = \frac{P_1}{m_1}$, после удара $P_1' = \frac{P_1}{2}$, тогда скорость первого тела после удара $v_1 = \frac{P_1}{2m} = \frac{1}{2}v_0$

2) Система замкнута

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{m_2u^2}{2}$, где u – скорость второго тела после удара, m_1 – его масса.

Перерисуем рисунок используя векторный перенос, где P_1 – импульс второго тела после удара.



2) По т. о. cos: $P_2^2 = P_1^2 + \left(\frac{P_1}{2}\right)^2 - \frac{2P_1 \cdot P_1}{2}\cos\alpha$.

$P_2^2 = P_1^2 + \frac{P_1^2}{4} - P_1^2\cos\alpha$.

$P_2 = \sqrt{P_1^2 + P_1^2 \cdot \frac{1}{4} - P_1^2 \cdot \frac{1}{2}} =$

$= P_1\sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{P_1 \cdot \sqrt{3}}{2}$

1

3) $\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{m_1u^2}{2} \\ P_2 = P_1\frac{\sqrt{3}}{2} \\ v_1 = \frac{1}{2}v_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{8} + \frac{m_1u^2}{2} \\ m_1u = \frac{mv_0\sqrt{3}}{2} \\ v_1 = \frac{1}{2}v_0 \end{cases} \Rightarrow$

$$\begin{cases} \frac{3mv_0^2}{8} = \frac{m_2u^2}{2} \quad (1) \\ m_2u = \frac{\sqrt{3}}{2}mv_0 \\ v_1 = \frac{1}{2}v_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_2u^2 = \frac{3}{4}mv_0^2 \\ m_2u = \frac{\sqrt{3}}{2}mv_0 \quad |^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_2u^2 = \frac{3}{4}mv_0^2 \quad (1) \\ m_2^2u^2 = \frac{3}{4}m^2v_0^2 \quad (2) \end{cases} \Rightarrow \frac{(2)}{(1)} \begin{cases} \frac{m_2^2u^2}{m_2u^2} = \frac{m^2v_0^2}{mv_0^2} \\ m_2^2u^2 = \frac{3}{4}m^2v_0^2 \end{cases}$$

(1) $\frac{3mv_0^2}{8} = \frac{m_2u^2}{2}$ $\Rightarrow$ $\boxed{m_2 = m}$

$m_2u^2 = \frac{3}{4}mv_0^2$

$\boxed{\text{Ответ: } m_2 = m}$

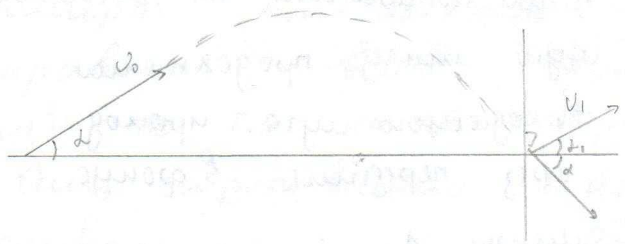
1

③ $\alpha = 15^\circ$

$v = 5$ м/с.

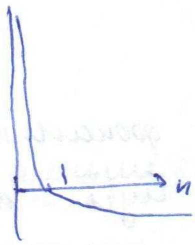
$R = 0{,}95$.

1) Для того, чтобы шарик перестал подпрыгивать угол тег его падения должен быть равен нулю, это значит, что его верт. составляющая скорости должна быть равна нулю.



2) ~~V~~ Вертикальная составляющая скорости шарика меняется по закону $v_y(n) = v_{0y} \cdot R^n$, где

n – номер отскока. ~~Явл~~ Данная зависимость яв. ~~степ~~ степенной, $R < 1 \Rightarrow$ в нуль она не обратится никогда $\to$ будем рассматривать приближения.



3) Дальность полёта шарика опр. по формуле.

$S_{0n} = \frac{2v_{0n}^2 \sin\alpha_n \cos\alpha_n}{g}$. Каждое последующее раст. будет меньше предыдущ. в одинаковое кол-во раз. так

$S_0 = \frac{2v_0^2 \cdot \sin\alpha \cos\alpha}{g} = \frac{2 \cdot 25 \cdot \sin 30^\circ}{10} = \frac{25}{20}$ м. Скорость шарика мен. по

закону $v_n = \sqrt{(v_0\cos\alpha)^2 + (v_0 \cdot R^n \sin\alpha_n)^2}$, тогда скорость после первого

удара $v_{y_1} = v_0\sin\alpha \cdot R = 5 \cdot \sin 15^\circ \cdot 0{,}95 \approx 1{,}23$ м/с.

$v_{x_1} = v_0\cos\alpha = 4{,}8$ м/с

$v = \sqrt{v_{y_1} + v_{x_1}} = \sqrt{1{,}23^2 + 4{,}8^2} = 4{,}95$ м/с.

$v_{y_2} = 5 \cdot \sin 15^\circ \cdot 0{,}95^2 = 1{,}16$

$v = 4{,}93$ м/с.

$v_{x_2} = 4{,}8$ м/с

$v_n = \sqrt{(v_0\cos\alpha)^2 + (v_0\sin\alpha \cdot R^n)^2}$

$\lim\limits_{v_n \to v_0\cos\alpha} v_n = \lim\limits_{v_n \to v_0\cos\alpha}(v_0\sin\alpha R^n)$ при $n \to \infty$ $v_n \to 0$

$\operatorname{tg}\alpha_n = \frac{v_0\sin\alpha R^n}{v_0\cos\alpha} = \operatorname{tg}\alpha \cdot R^n \Rightarrow \alpha_n = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^n)$

$S_n = \frac{2 \cdot v_n^2 \sin(\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha \cdot R^n))\cos(\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha \cdot R^n))}{g} = \frac{v_n^2 \sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha \cdot R^n))}{g} =$

$= \frac{((v_0\cos\alpha)^2 + (v_0\sin\alpha R^n)^2)\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^n))}{g} = \cancel{25(\cos 15)^2}$ $f(n)$

$\lim\limits_{n \to \infty} f(n) = \lim\limits_{n \to \infty} \frac{((v_0\cos\alpha)^2 + (v_0\sin\alpha R^n)^2)\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha \cdot R^n))}{g} = 0$ Теперь просуммируем все эти числа.

0,5

P (5) При попадании электрона в поле на него действует сила Лоренца $F_Л = qvB\sin\alpha$. по 2ЗН. $ma_ц = F_Л$.

$\frac{mv^2}{R} = qvB \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$. R_{max}, когда v_0 - max.

$\frac{h}{\lambda}\cancel{c} = A + \frac{mv^2}{2}$

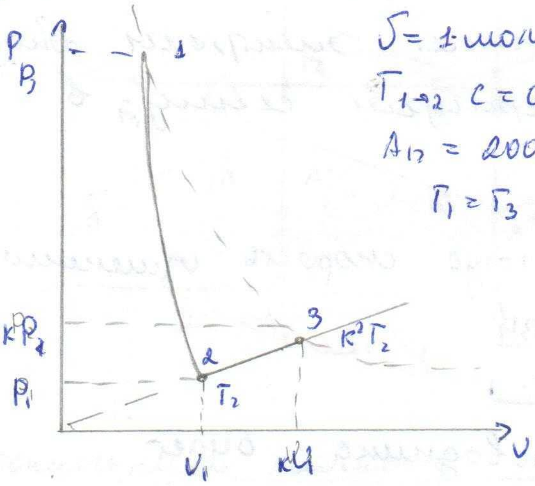
$\frac{(\frac{h}{m\lambda} - A)2}{m} = v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2h}{m\lambda} - \frac{2A}{m}}$

$R_{max} = \frac{m\sqrt{\frac{2h}{\lambda m} - \frac{2A}{m}}}{qB}$.

Ответ: $R_{max} = \frac{m\sqrt{\frac{2h}{\lambda m} - \frac{2A}{m}}}{qB}$ радиус максимален, когда скорость электрона ⊥ вектору маг. индукции.

$\cancel{R_{max} = \sqrt{2m(h-A)}}$

(4)



$\nu = 1$ моль

$T_{1\to2}$ $C = const$

$A_{12} = 200$ Дж.

$T_1 = T_3$

$Q_{12} = ?$ $Q = \Delta U + A$.

1) Процесс 2→3 - прямая пропорциональность $\Rightarrow V_2 = kV_1$, $P_2 = kP_1$ где k - коэффициент пропорциональности. Тогда если в точке 2 температура T_2, то в точке 3 температура $T_3 = k^2T_2$

2) т. 1 и 3 лежат на одной изотерме $\Rightarrow \boxed{T_1 = T_3 = k^2T_2}$ 0,5

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$. $\Delta U_{12} = ?$

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$, $A_{23} = S_{под\ гр} = \frac{P_1 + kP_1}{2}(V_1k - V_1) = \frac{P_1(k+1)V_1(k+1)}{2} =$

$= \frac{P_1V_1(k+1)^2}{2}$, тогда $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\Delta P\Delta V = \frac{3}{2}P_1(k-1)V_1(k-1) = \frac{3}{2}P_1V_1(k-1)^2$

$Q_{23} = \frac{1}{2}P_1V_1(k+1)^2 + \frac{3}{2}P_1V_1(k-1)^2 = \frac{1}{2}P_1V_1(k^2+2k+1+3k^2-6k+3) = \frac{1}{2}P_1V_1(4k^2-4k+4)$

$= 2P_1V_1(k^2+k+1) = 200 \Rightarrow \boxed{P_1V_1 = \frac{100}{k^2+k+1}}$ $P_1V_1 = \nu RT_1 \Rightarrow \boxed{T_1 = \frac{P_1V_1}{\nu R} = \frac{100}{(k^2+k+1)\nu R}}$

3) $PV = \nu RT$.

$kP_1 kV_1 = \nu R k^2T_2$ $P_1V_1 = \nu RT_1$

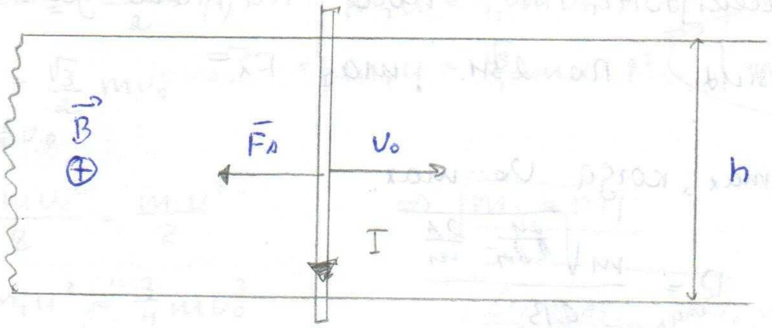
$P_3V_3 = \nu RT_3 = \nu Rk^2T_2$ $\Delta U_{12} = \cancel{\frac{3}{2}(kP_1 - P_3)(V_1 - V_3)} = cm\Delta T = cm(T_2 - T_1)$

$= cm(T_2 - k^2T_2) = cmT_2(1-k)(1+k)$ $C = \frac{Q_{23}}{T_3 - T_2} = \frac{200}{T_2(k^2-1)}$

$\cancel{c = \frac{Q_{12}}{T_1 - T_2}}$, $\cancel{Q_{12} = \frac{Q_{12}}{T_1 - T_2}m(T_2 - T_1) + A_{12}}$.

$Q_{12} = ?$

⑥



1) В начальный момент времени, когда перемычка только начинает движение, её скорость v_0, возникает ЭДС индукции в контуре. $\mathcal{E} = vBL = vBh$, т.к. разность потенциалов считается от мест соприкосновения перемычки и стержней $L = h$

2) Ток в катушке скачком не изменится $\Rightarrow I(0) = 0\,A$.

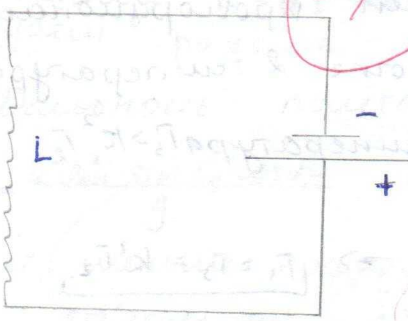
3) На проводник также будет действовать сила Ампера $F_A = BIL\sin\alpha = IBh$. По правилу лев. руки она направлена влево, ток в процессе движения течёт вниз т.к. сила Лоренца толкает электроны вниз.

4) Если сопротивления нигде нет, перерисуем схему. в произвольный момент вр.

0,25

$\mathcal{E} = LI' = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$, тогда скорость изменения тока $I'(0) = \frac{v_0Bh}{L}$.

Колебание



$\mathcal{E}$. Движение проводника будет равно-ускоренным, ускорение меньше 0.

$ma = F_A$; $ma = BI(t)L$; $m\frac{\Delta v}{\Delta t} = BI(t)L$

Если тело прошло путь S, то $S = \frac{v_к^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow \boxed{\frac{-v_0^2}{2S} = a}$

$I(t) = I_m\cos(\omega t)$

Тогда имеем $\frac{-mv_0^2}{2S} = BIL$

$L\frac{\Delta I}{\Delta t} = vBL = \frac{\Delta S}{\Delta t}BL$ $I(t) = \frac{\Delta S BL}{L}$ $\Rightarrow$ ток линейно зависит от перемещения перемычки, движение равнозамедленно.

$a = \frac{-v_0^2}{2S}$ $v(t) = v_0 + at$

$\frac{v_0}{2} - v_0 = -\frac{v_0^2}{2S}t \Rightarrow t = \frac{\frac{1}{2}v_0}{\frac{v_0^2}{2S}} = \frac{v_0 \cdot 2S}{2v_0^2} = \boxed{\frac{S}{v_0} = t_1}$

$-\frac{1}{2}v_0 = -\frac{v_0^2}{2S}t$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

115005

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 14

③ Получаем ~~в~~ $S(u) = \frac{((v_0 \cancel{\cos}\cos\alpha)^2 + (v_0 \sin^2\alpha\, R^4)^2)\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha\, R^4))}{g} =$

$= \frac{(\cancel{v_0}\ 25\cdot\cos^2 15^\circ + 25\sin^2 15^\circ R^4)\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4))}{g} =$

$= \frac{(23{,}3 + 1{,}67 R^4)\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4))}{g} = \frac{23{,}3\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4)) + 1{,}67R^4\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4))}{g}$

$= \frac{23{,}3}{g}\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4)) + \frac{1{,}67}{g}R^4\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4))$?

$\int S(u) = \int_{+\infty}^{0}\frac{23{,}3}{g}\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4))\,du + \frac{1{,}67}{g}\int_{+\infty}^{0}R^4\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4))\,du =$?

$= \frac{23{,}3}{g}\int_{+\infty}^{0}\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4))\,du + \frac{1{,}67}{g}\int_{+\infty}^{0}R^4\sin(2\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\alpha R^4))\,du = \ldots$

④ $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = c\nu(T_3 - T_1) + A_{23} = c\nu T_2(k^2-1) + \frac{P_1V_1(k+1)^2}{2} = 200$

$P_1V_1 = \frac{100}{k^2+k+1}$; $c\nu = \frac{200 - \frac{P_1V_1(k+1)^2}{2}}{T_2(k^2-1)} =$