Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

117205

Шифр ______________

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Тиманопольский Ян Михайлович

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, Школа № 1512, класс 11

Регистрационный номер ШЛ 0006

Вариант задания 26

Дата проведения «17» марта 2018 г.

Подпись участника

78 (семьдесят восемь)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

117205

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
12	12	4	20	20	10					78

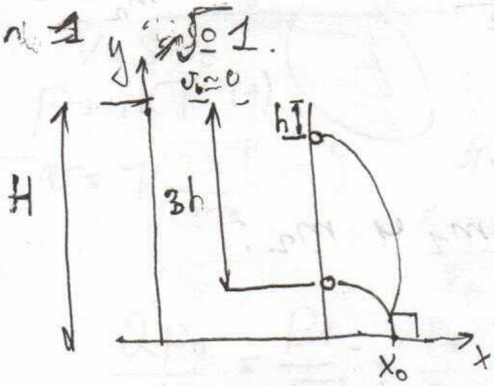
Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

117205

Вариант № 26

№ 1



1. По уравнению Бернули:

$$p_0 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g(H-h) = p_0 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g(H-3h) = p_0 + \rho g H$$

2. Найдем скорости v_1 и v_2:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g(H-h) = \rho g H \Rightarrow v_1 = \sqrt{2g(H-H+h)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1 = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

Аналогично $v_2 = \sqrt{6gh}$ (2)

3. Запишем условия вытекания жидкости из отверстий:

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= (H-h) - \frac{gt^2}{2} \\ x_1 &= v_1 t \Rightarrow t = \frac{x_1}{v_1} \end{aligned}\right\} \Rightarrow y_1 = (H-h) - \frac{g x_1^2}{2 v_1^2} \quad (3)$$

Аналогично: $y_2 = (H-3h) - \frac{g x_2^2}{2 v_2^2}$ (4)

4. Т.к. струи пересекаются в одной точке, то $x_1 = x_2$; $y_1 = y_2$.

Приравняем (3) и (4)

$$(H-h) - \frac{g x^2}{2 v_1^2} = (H-3h) - \frac{g x^2}{2 v_2^2}$$ Выразим отсюда x.

$$(H-h) - (H-3h) = \frac{g x^2}{2}\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{v_2^2 \cdot v_1^2}\right) \Rightarrow x = \sqrt{\frac{4h \cdot v_2^2 \cdot v_1^2}{v_2^2 - v_1^2}} \quad (5)$$

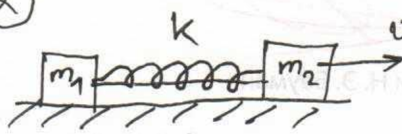
5. Подставим в (5) значения v_1 и v_2

$$x = \sqrt{\frac{4h \cdot 2gh \cdot 6gh}{g \cdot (6gh - 2gh)}} = \sqrt{\frac{48 g^2 h^3}{4 g^2 h}} = \sqrt{12 h^2} = 2h\sqrt{3}$$

+

Ответ: $2h\sqrt{3}$

②



1. В момент, когда центр масс брусков покоится максимальная скорость бруска $m_1 = v_0$.

$m_1 = m$

$m_2 = 2m.$

2. Запишем закон сохранения импульса

$$m_1 v_0 = m_2 v_2 \quad (1)$$

Найдём v_2 из (1): $v_2 = \frac{m_1 v_0}{m_2}$

1

3. Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{m_1 v_0^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \quad (3).$$ Подставим в (3) выражение (2):

$$k\Delta x^2 = m_1 v_0^2 + \frac{m_2 m_1^2 v_0^2}{m_2^2} = m_1 v_0^2\left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) \quad (4)$$

1

4. Выразим из (4) Δx:

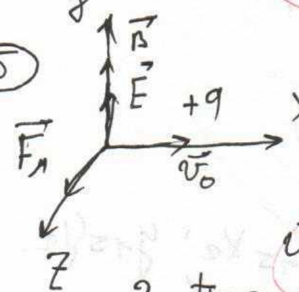
$$\Delta x = \sqrt{\frac{m_1 v_0^2 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)}{k}} \quad (5)$$

5. Подставим в (5) значения для m_1 и m_2:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{m v_0^2 \left(1 + \frac{m}{2m}\right)}{k}} = v_0 \sqrt{\frac{1{,}5\,m}{k}}.$$

Ответ: $\Delta x = v_0 \sqrt{\frac{1{,}5\,m}{k}}$. 1

⑤



1. Сила Лоренца направлена по оси Z, перпендикулярно скорости v_0 частицы.

2. Разложим вектор скорости $\vec v_0$ на две составляющие $\vec v_{\parallel}$ (параллельн) и $\vec v_{\perp}$ (перпендикулярн.)

$\vec v_{\parallel} \parallel B$; $v_{\perp} \perp B$. $\vec v_{\parallel} + \vec v_{\perp} = \vec v$.

3. Перейдём в систему отсчёта ~~для~~ движущуюся с постоянной скоростью $v_{\parallel}$, тогда на частицу будет действовать только $v_{\perp}$. Сила Лоренца направлена перпендикулярно скорости частицы, поэтому она создаёт нормальное ускорение.

4. $F_л = qvB$.

$$\left.\begin{aligned} ma &= qv_{\perp}B \\ a &= \frac{v_{\perp}^2}{R} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{m v_{\perp}^2}{R} = q v_{\perp} B \Rightarrow R = \frac{m v_{\perp}}{qB}.$$

$$\left.\begin{aligned} T &= \frac{2\pi B}{v_{\perp}} \\ R &= \frac{m v_{\perp}}{qB} \end{aligned}\right\} \Rightarrow T = \frac{2 m v_{\perp} \pi}{q B v_{\perp}} = \frac{2\pi m}{qB} \quad (1).$$

1 1

5. $$\left.\begin{aligned} F_к &= ma; \Rightarrow a = \frac{qE}{m}. \\ y &= \frac{a t^2}{2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left.\begin{aligned} y &= \frac{qEt^2}{2m} \\ t &= nT \end{aligned}\right\} \Rightarrow y = \frac{qEn^2T^2}{2m} \quad (2).$$

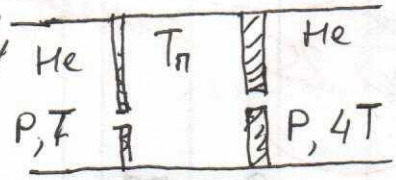
6. Подставим (1) в выражение (2).

$$y = \frac{qEn^2 4\pi^2 m^2}{q^2 B^2 2m} = \frac{2En^2\pi^2 m}{qB^2}. \quad \text{Подставим } n = 2.$$

$$y = \frac{2E4\pi^2 m}{qB^2}.$$

Ответ: $y = \dfrac{8E\pi^2 m}{qB^2}$

№ 4



$V = S\upsilon t$

$p = nkT$ (1)

$\upsilon = \sqrt{\dfrac{3kT}{m_0}}$ (2)

1. Чтобы давление было постоянным при постоянной температуре нужно чтобы сохранялось количество молекул.

$$\left.\begin{aligned} &2N_п = N_1 + N_2 \Rightarrow \\ &N = nV = n\upsilon St \end{aligned}\right\} \Rightarrow 2n_п V_п = n_1 V_1 + n_2 V_2. \quad (3)$$

Подставим (2), (1) в (3).

$$\frac{2p_п}{T_п}\sqrt{\frac{\cancel{3}kT_п}{m_0}} = \frac{p_1}{T_1}\sqrt{\frac{\cancel{3}kT_1}{m_0}} + \frac{p_2}{T_2}\sqrt{\frac{\cancel{3}kT_2}{m_0}}$$

$$\frac{2p_п}{\sqrt{T_п}} = \frac{p_1}{\sqrt{T_1}} + \frac{p_2}{\sqrt{T_2}} \quad (4)$$

2. Чтобы температура была постоянной запишем баланс энергий.

$$2N_п\frac{3}{2}kT_п = N_1\frac{3}{2}kT_1 + N_2\frac{3}{2}kT_2$$

$$2n_п \cancel{St}\upsilon_п T_п = n_1\cancel{St}\upsilon_1 T_1 + n_2\cancel{St}\upsilon_2 T_2$$

$$\frac{2p_п}{\cancel{kT_п}}\sqrt{\frac{\cancel{3}kT_п}{\cancel{m_0}}}\,\cancel{T_п} = \frac{p_1}{\cancel{kT_1}}\sqrt{\frac{\cancel{3}kT_1}{\cancel{m_0}}}\cdot\cancel{T_1} + \frac{p_2}{\cancel{kT_2}}\sqrt{\frac{\cancel{3}kT_2}{\cancel{m_0}}}\,\cancel{T_2}$$

$$2p_п\sqrt{T_п} = p_1\sqrt{T_1} + p_2\sqrt{T_2}. \quad (5)$$

3. Выразим из (5) $p_п$: $\quad p_п = \dfrac{\sqrt{T_1}\,p_1 + p_2\sqrt{T_2}}{2\sqrt{T_п}}$ (6)

4. Подставим (6) в выражение (4):

$$\frac{p_1\sqrt{T_1} + p_2\sqrt{T_2}}{T_п} = \frac{p_1\sqrt{T_2} + p_2\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_1}\sqrt{T_2}} \Rightarrow T_п = \frac{(p_1\sqrt{T_1} + p_2\sqrt{T_2})\sqrt{T_1}\sqrt{T_2}}{p_1\sqrt{T_2} + p_2\sqrt{T_1}} \quad (7)$$

5. Подставим в (7) значение:

$p_1 = p$

$p_2 = p$

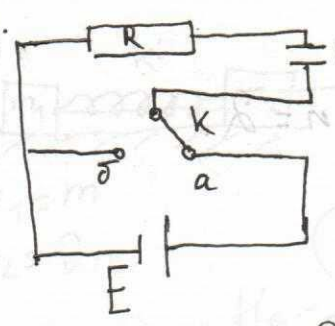
$T_1 = T$

$T_2 = 4T$

$$T_п = \frac{(p\sqrt{T} + p\sqrt{4T})\sqrt{T}\sqrt{4T}}{p\sqrt{4T} + p\sqrt{T}} = \frac{(p\sqrt{T} + 2p\sqrt{T})\sqrt{4T^2}}{2p\sqrt{T} + p\sqrt{T}} = \sqrt{4T^2} = 2T$$

Ответ: 2T. $T_п = 2T$

3.



Дано:
$E = 100$ В;
$C = 200 \cdot 10^{-6}$ Ф;
$R = 10$ Ом;
$r = 100$ Ом.
$t = 1$ с.

$P_{ср}$; η − ?

1. $P = I^2 R$. Из закона Ома: $I = \dfrac{\varepsilon}{R+r}$? =>

=> $P = \dfrac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2} = \dfrac{10000 \cdot 10}{12100} = 8{,}26$ (Вт)

I ≠ const и не линейно меняется

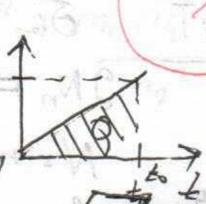
0,25

2. $\nu = 10$
$T = 0{,}1$.
$P_{ср} = \dfrac{P}{T} = \dfrac{8{,}26}{0{,}1} = 82{,}6$

Ответ: $P_{ср} = 82{,}6$.

3. $\eta = \dfrac{A_{пол}}{A_{затр}} = \dfrac{U}{\varepsilon}$?

4. $Q = \dfrac{CU^2}{2} \Rightarrow U = \sqrt{\dfrac{2Q}{C}}$



Q − площадь под графиком.

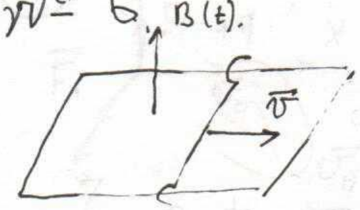
5. $Q = \dfrac{1}{2} P_0 t_0 = A \Rightarrow U = \sqrt{\dfrac{2 \cdot \frac{1}{2} P_0 t_0}{C}} = \sqrt{\dfrac{P_0 t_0}{C}}$

6. $\eta = \dfrac{U}{\varepsilon} = \dfrac{\sqrt{\frac{P_0 t_0}{C}}}{\varepsilon} = \dfrac{\sqrt{\frac{8{,}26 \cdot 1}{200 \cdot 10^{-6}}}}{100} = \dfrac{203}{100} \approx 0{,}2$.

Ответ: $\eta = 20\%$

Ответ: $P_{ср} = 82{,}6$; $\eta = 20\%$.

№ 6



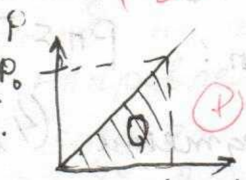
$B(t) = \dfrac{B_0}{\tau} t$.
$R = r$
Q − ?

1. ЭДС индукции $\varepsilon_i = \Phi'_B(t)$.
2. $\Phi_B = B \cdot S$, где $S = h \cdot v \cdot t$. (+)

$\Phi_B = B_0 \cdot \tau^{-1} \cdot t^2 \cdot h \cdot v$. ?

3. $\varepsilon_i = \Phi'_B(t) = \dfrac{-2t h v}{\tau^2}$?

4. $P = \dfrac{\varepsilon^2}{2R} = \dfrac{4t^2 h^2 v^2}{2\tau^4 \cdot r}$

5.  (+) Q − площадь под графиком $Q = \dfrac{1}{2} P_0 t_0$.

0,5

5. Пусть l − путь, который прошла перемычка, тогда $t = \dfrac{l}{v}$ => $Q = \dfrac{\frac{1}{2} 4 \cdot l^2 h^2 \cancel{v^2}}{\cancel{v^2} \cdot \tau^4 \cdot 2r} \cdot \dfrac{l}{v} = \dfrac{l^3 h^2}{\tau^4 r v}$.

разберитесь

Ответ: $Q = \dfrac{t^3 h^2 v^2 t}{\tau r} = \dfrac{l^3 h^2}{\tau^4 r v}$