Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

(+1)

117061

Шифр ________________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
## на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Шелкова Дарья Львовна

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, лицей 1580 при МГТУ им. Баумана

Регистрационный номер ШМ0425

Вариант задания 26

Дата проведения «17» марта 2018 г.

Подпись участника ________________

78 (семьдесят восемь)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

117061

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 12 | 4 | 15 | 20 | 15 | | | | | 78 |
| | | | | | | | | | | |

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

7061

Вариант № 26

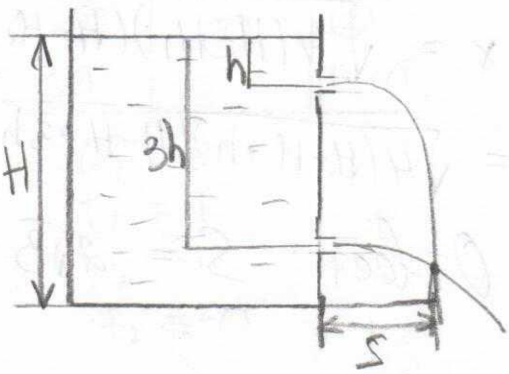
№ 1

Дано: $h, 3h$; $H - const$; $S - ?$

Решение:

I Запишем у-ние Бернулли:

$$\begin{cases} 1) P_0 + \rho g H = P_0 + \rho \frac{v_1^2}{2} + \rho g H_1 \\ 2) P_0 + \rho g H = P_0 + \rho \frac{v_2^2}{2} + \rho g H_2 \end{cases}$$




где $H_1 = H - h$

$H_2 = H - 3h$

$$\begin{cases} \rho g H = \rho \frac{v_1^2}{2} + \rho g H_1 \\ \rho g H = \rho \frac{v_2^2}{2} + \rho g H_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} g H = \frac{v_1^2}{2} + g H_1 \\ g H = \frac{v_2^2}{2} + g H_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{v_1^2}{2} = gH - gH_1 \\ \frac{v_2^2}{2} = gH - gH_2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} v_1^2 = 2(gH - gH_1) \\ v_2^2 = 2(gH - gH_2) \end{cases}$$

1

II $x = vt \Rightarrow t = \frac{x}{v_1}$

$$\begin{cases} y_1 = H_1 - \frac{g t_1^2}{2} \\ y_2 = H_2 - \frac{g t_2^2}{2} \end{cases}$$, т.к. струи встретятся, то в точке их пересечения $x_1 = x_2$ и $y_1 = y_2$

$$H_1 - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_1^2} = H_2 - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_2^2}$$

$$H_1 - H_2 = \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_1^2} - \frac{g x^2}{2 v_2^2}$$

$$H_1 - H_2 = \frac{x^2}{2 \cdot 2(H - H_1)} - \frac{x^2}{2 \cdot 2(H - H_2)} = \frac{x^2}{4(H - H_1)} - \frac{x^2}{4(H - H_2)} \Rightarrow$$

$$H_1 - H_2 = x^2\left(\frac{1}{4(H-H_1)} - \frac{1}{4(H-H_2)}\right)$$

$$H_1 - H_2 = x^2\left(\frac{4(H-H_2) - 4(H-H_1)}{16(H-H_1)(H-H_2)}\right)$$

$$H_1 - H_2 = x^2\left(\frac{\cancel{44}\, H-H_2-H+H_1}{4(H-H_1)(H-H_2)}\right)$$

$$H_1 - H_2 = x^2\left(\frac{H_1-H_2}{4(H-H_1)(H-H_2)}\right)$$

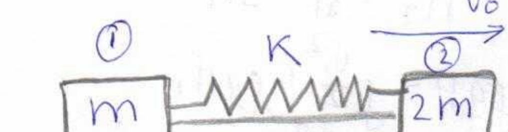
$$x^2 = \frac{(H_1-H_2)\cdot 4(H-H_1)(H-H_2)}{H_1-H_2} = 4(H-H_1)(H-H_2)$$

$$S = x = \sqrt{4(H-H_1)(H-H_2)} = \sqrt{4(H-(H-h))(H-(H-3h))} =$$

$$= \sqrt{4(H-H+h)(H-H+3h)} = 2\sqrt{h\cdot 3h} = 2\sqrt{3}\,h$$

Ответ: $S = 2\sqrt{3}\,h$

№2




| Дано: | Решение: |
|---|---|
| $m, 2m$<br>$k, \upsilon_0$ | I Остановиться может только груз ~~массой m~~, номер (1), значит |
| $\Delta x$ - ? | в системе отсчета, где центр масс системы покоится его максимальная скорость будет равна $\upsilon_0$. |

II Перейдем в систему отсчета, где центр масс покоится

$m_1 = m$, $m_2 = 2m$, $\upsilon_1$ - скорость (1), $\upsilon_2'$ - скорость (2)

З.С.Э.

$$\frac{m_1\upsilon_1^2}{2} + \frac{m_2\upsilon_2^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$$

З.С.И.

$$m_1\upsilon_1 = m_2\upsilon_2 \Rightarrow \upsilon_2 = \frac{m_1\upsilon_1}{m_2}$$

$$\Downarrow$$

$$m_1\upsilon_1^2 + m_2\upsilon_2^2 = kx_0^2$$

$$m_1\upsilon_1^2 + m_2\left(\frac{m_1\upsilon_1}{m_2}\right)^2 = kx_0^2$$

$$m_1\upsilon_1^2 + \frac{m_1^2\upsilon_1^2}{m_2} = kx_0^2$$

$$m v_0^2 + \frac{m v_0^2}{2} = k x_0^2$$

$$\frac{2 m v_0^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2} = k x_0^2$$

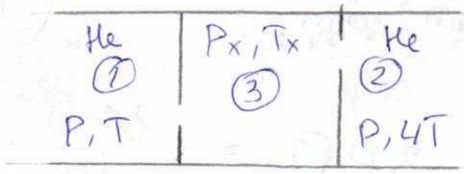
$$\frac{3 m v_0^2}{2} = k x_0^2 \Rightarrow x_0^2 = \frac{3 m v_0^2}{2k} \Rightarrow x_0 = v_0 \sqrt{\frac{3m}{2k}}$$

$$\Delta x = v_0 \sqrt{\frac{3m}{2k}}$$

Ответ: $\Delta x = v_0 \sqrt{\frac{3m}{2k}}$

№ 4

| Дано: | Решение |
|---|---|
| He, P, T, 4T | $N = n S v \Delta t$, $n = \frac{P}{kT}$, $v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ |
| $T_x$ – ? | проходящих частиц через отверстие |




$P_1 = P$
$T_1 = T$
$P_2 = P$
$T_2 = 4T$

I $N_1 + N_2 = 2N_3$

$$n_1 S v_1 \Delta t + n_2 S v_2 \Delta t = 2 n_3 S v_3 \Delta t$$

$$n_1 v_1 + n_2 v_2 = 2 n_3 v_3$$

$$\frac{P_1}{kT_1} \cdot \sqrt{\frac{3kT_1}{m_0}} + \frac{P_2}{kT_2}\sqrt{\frac{3kT_2}{m_0}} = 2\frac{P_3}{kT_3}\sqrt{\frac{3kT_3}{m_0}}$$

$$\frac{P_1}{T_1}\sqrt{T_1} + \frac{P_2}{T_2}\sqrt{T_2} = \frac{2P_3}{T_3}\sqrt{T_3} \quad (1)$$

II з.с.э.

$$N_1 \frac{3}{2} kT_1 + N_2 \cdot \frac{3}{2} kT_2 = 2N_3 \frac{3}{2} kT_3$$

$$n_1 S v_1 \Delta t \cdot T_1 + n_2 S v_2 \Delta t\, T_2 = 2 n_3 S v_3 \Delta t \cdot T_3$$

$$\frac{P_1}{kT_1} \cdot \sqrt{\frac{3kT_1}{m_0}} \cdot T_1 + \frac{P_2}{kT_2} \cdot \sqrt{\frac{3kT_2}{m_0}} \cdot T_2 = 2\frac{P_3}{kT_3}\sqrt{\frac{3kT_3}{m_0}} \cdot T_3$$

$$\frac{P_1}{T_1}\sqrt{T_1} \cdot T_1 + \frac{P_2}{T_2}\sqrt{T_2} \cdot T_2 = 2\frac{P_3}{T_3} \cdot \sqrt{T_3} \cdot T_3$$

$$P_1\sqrt{T_1} + P_2\sqrt{T_2} = 2P_3\sqrt{T_3} \quad (2)$$

III из ур-ния (1)

$$\frac{P}{T}\sqrt{T} + \frac{P}{4T}\sqrt{4T} = \frac{2P_3}{T_3}\sqrt{T_3} \qquad \frac{2P\sqrt{T}}{2T} + \frac{P\sqrt{T}}{2T} = \frac{2P_3}{T_3}\sqrt{T_3}$$

$$\frac{P\sqrt{T}}{T} + \frac{2P\sqrt{T}}{4T} = \frac{2P_3}{T_3}\sqrt{T_3} \Rightarrow \frac{3P\sqrt{T}}{2T} = \frac{2P_3}{T_3}\sqrt{T_3} \quad (4)$$

IV Из ур-ния (2)

$$p_1\sqrt{T_1} + P_2\sqrt{T_2} = 2P_3\sqrt{T_3}$$
$$P\sqrt{T} + P\sqrt{4T} = 2P_3\sqrt{T_3}$$
$$P\sqrt{T} + 2P\sqrt{T} = 2P_3\sqrt{T_3}$$
$$3P\sqrt{T} = 2P_3\sqrt{T_3}$$
$$\frac{3P\sqrt{T}}{2} = P_3\sqrt{T_3} \quad (5)$$

0,75

V Из ур-ний (4) и (5)

$$\begin{cases} \frac{3P\sqrt{T}}{2T} = \frac{2P_3\sqrt{T_3}}{T_3} \\ \frac{3P\sqrt{T}}{2} = P_3\sqrt{T_3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{3P\sqrt{T}}{4T} = \frac{P_3\sqrt{T_3}}{T_3} \\ P_3 = \frac{3P\sqrt{T}}{2\sqrt{T_3}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{3P\sqrt{T}}{4T} = \frac{3P\sqrt{T}}{2\sqrt{T_3}} \cdot \frac{\sqrt{T_3}}{T_3} \\ \frac{3P\sqrt{T}}{4T} = \frac{3P\sqrt{T}}{2T_3} \end{cases} \Rightarrow$$

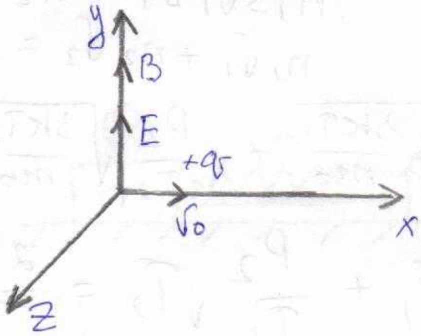
?

$$\Rightarrow 3P\sqrt{T} = \frac{3P\sqrt{T}}{4T} \cdot 2T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{3P\sqrt{T} : 4T}{3P\sqrt{T}} = 4T$$ ?

Ответ: $T_x = 4T$ ?

№5

| Дано: | Решение: |
|---|---|
| $\upsilon_0, m, q$<br>$n = 2$ | В системе отсчета, которая движется вдоль оси Oy частица движется по окружности, и она будет пересекать ось Oy в конце каждого оборота + + |
| $y$ - ? | |




I

$F_э = qE$

$a_y = \frac{F_э}{m}$

$y = \frac{at^2}{2}$

$t = n \cdot T$

$$\Rightarrow y = \frac{t^2}{2} \cdot \frac{qE}{m} = \cancel{\frac{n^2 4\pi^2 q E}{2m}} \quad (1)$$

$$\upsilon = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow R = \frac{\upsilon T}{2\pi}$$

+ +

II $F_л = ma$

$q\upsilon B = ma$

$q\upsilon B = m\frac{\upsilon^2}{R}$

$$qB = \frac{m\upsilon}{R} \Rightarrow qB = \frac{m\upsilon}{\frac{\upsilon T}{2\pi}} = \frac{m\upsilon \cdot 2\pi}{\upsilon T} = \frac{2m\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{qB} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{n \cdot 2\pi m}{qB}$$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

117061

Шифр ____________________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 26

III из ур-ния (1)

$$y = \frac{t^2}{2}\cdot\frac{qE}{m} = \frac{\pi^2 4H^2 m^2}{2q^2B^2}\cdot\frac{qE}{m} = \frac{2\pi^2 E H^2 m}{qB^2} = 8\frac{EH^2m}{qB^2}$$

Ответ: на расстоянии $y = 8\frac{EH^2m}{qB^2}$ +

№6

Дано: $h, r, v$; $B(t) = \frac{B_0}{\tau}t$; $B_0, \tau$; $Q$ — ?

Решение:

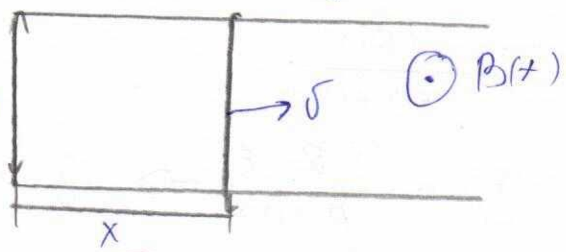
I. $x = vt$, т.к. $v$ — const

$R = rx$

$\Phi = BS = B\cdot h\cdot x = \frac{B_0}{\tau}t\cdot h\cdot vt = \frac{B_0}{\tau}hvt^2$ +

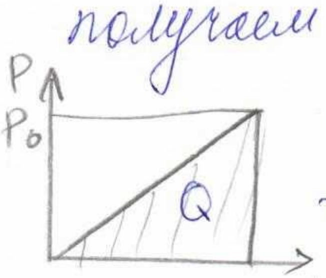
$\varepsilon_i = \Phi'(t) = 2hvt\frac{B_0}{\tau}$

Вид сверху




II $P = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{(2hvt\frac{B_0}{\tau})^2}{R} = \frac{4h^2v^2t^2\frac{B_0^2}{\tau^2}}{rvt} = \frac{4h^2vt\frac{B_0^2}{\tau^2}}{r}$

получаем линейную зависимость $P(t)$




$Q = \frac{1}{2}P_0t_0 = \frac{1}{2}\cdot\frac{4h^2vt_0\frac{B_0^2}{\tau^2}}{r}\cdot t_0 = \frac{2h^2v\frac{x}{v}\frac{B_0^2}{\tau^2}}{r}\cdot\frac{x}{v} =$

$t_0 = \frac{x}{v}$

$= \frac{2h^2x^2\frac{B_0^2}{\tau^2}}{rv}\ (1) \Rightarrow \frac{2h^2v^2\tau^2\frac{B_0^2}{\tau^2}}{rv} = \frac{2h^2B_0^2v}{r}$

III т.к. ~~когда~~ $B = B_0 \Rightarrow \frac{B_0}{\tau}t = B_0 \Rightarrow t = \tau$, значит $x = vt = v\tau$, подставим в (1)

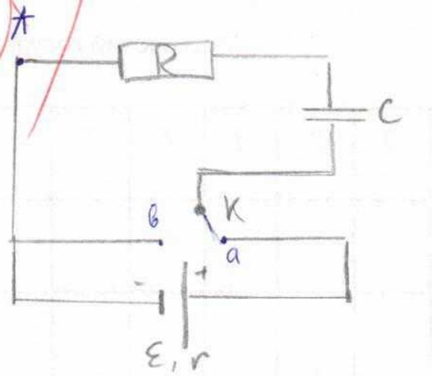
Ответ: $Q = \frac{2h^2B_0^2v}{r}$ ?

0,75

№3

| Дано: | Решение: |
|---|---|
| $\mathcal{E} = 100$ В<br>$r = 100$ Ом<br>$C = 200$ мкФ<br>$R = 10$ Ом<br>$P, \eta - ?$ | I $P = I^2R = UI = \frac{U^2}{R}$<br>$\eta = \frac{Q}{A} = \frac{IR}{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$<br>II 1) $\cancel{q/A} + U - IR - Ir - \mathcal{E} = \cancel{q/A}$ |

Пояснения?

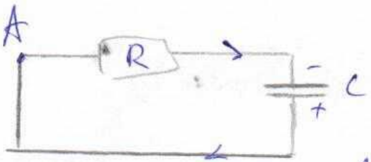



$U - IR - Ir - \mathcal{E} = 0$

$U - \mathcal{E} = I(R + r)$

$I = \frac{U - \mathcal{E}}{R + r}$ (1) ?

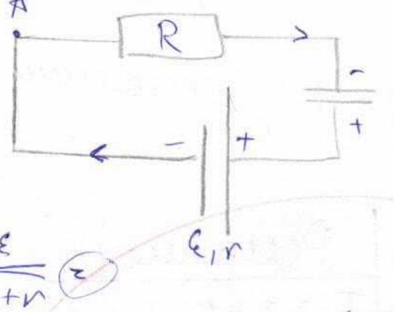
в положении а:




2) $-IR + U = 0$

$IR = U$ (2)

в положении в:




3) Из. ур-ний (1) и (2)

~~$I = \frac{IR - \mathcal{E}}{R + r} \Rightarrow I(R + r) = IR - \mathcal{E} \Rightarrow$~~

~~$\Rightarrow I(R + r + R) = -\mathcal{E} \Rightarrow I = -\frac{\mathcal{E}}{2R + r} =$~~

~~$= \frac{-100}{20 + 100}$~~

0,25

$I \neq const$

$I = \frac{IR - \mathcal{E}}{R + r} \Rightarrow I = \frac{10I - 100}{10 + 100} \Rightarrow I = \frac{10I - 100}{110} \Rightarrow$

$\Rightarrow 110I = 10I - 100 \Rightarrow I = -1$ А (неправильно выбрала направление тока)

$U = 10$ В

III $P = 1 \cdot 10 = 10$ Вт

IV $\eta = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{100}{10 + 100} = \frac{100}{110} = \frac{10}{11}$

?

Ответ: $P = 10$ Вт, $\eta = \frac{10}{11}$