



24-96-73-87
(69.2)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Выход 15⁴⁹ - 15⁵³ А-

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Шевковой Ксении Викторовны

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Кшев

24-96-73-87
(69,2)

Методик

№3

Дано:

$I_1 = 12 \text{ mA}$

$U_1 = 9,6 \text{ B}$

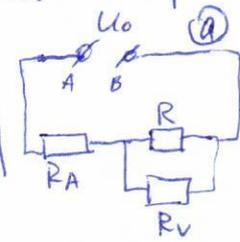
$I_2 = 10 \text{ mA}$

$U_2 = 12 \text{ B}$

$R = ?$

Решение:

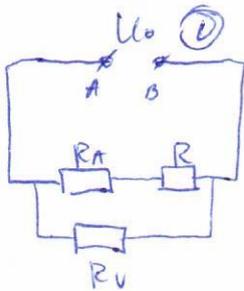
$U_0 = \text{const}$ - по условию - напряжение м/у А и В.
пусть R_A - сопротивление амперметра;
 R_V - сопротивление вольтметра.



$U_0 = U_A + U_V$ - по 3-му закону сохранения энергии;
 $U_V = I_V \cdot R_V$, I_V - ток, текущий ч/з вольтметр; $U_V = U_1$
 $U_{A_2} = I_{A_1} \cdot R_A$, $I_{A_1} = I_1$.

$I_i = \frac{U_i}{R_i}$ - 3-й закон Ома для участка цепи.

$U_0 = U_1 + I_1 R_A \Rightarrow R_A = \frac{U_0 - U_1}{I_1}$



Вольтметр подключен параллельно точкам А и В $\Rightarrow U_2 = U_0$, в то же время

$U_0 = U_{A_2} + U_R$; $U_{A_2} = I_{A_2} \cdot R_A$; $U_R = R \cdot I_R$,

$I_R = I_{A_2} = I_2$ - по 3-му закону сохранения энергии.

$U_0 = I_2 \cdot R_A + I_2 \cdot R \Rightarrow R = \frac{U_2}{I_2} - R_A$;

$R = \frac{U_2}{I_2} - \frac{U_0 - U_1}{I_1} = \frac{U_2(I_1 - I_2) + U_1 I_2}{I_2 I_1}$

$R = \frac{12 \text{ B} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ A} + 9,6 \text{ B} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ A}}{12 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ A}^2} = \frac{24 + 96}{120} \text{ k}\Omega = 1 \text{ k}\Omega$

Ответ: $R = 1 \text{ k}\Omega$

№1

Дано:

$S_1 = \frac{1}{9} \text{ S}$

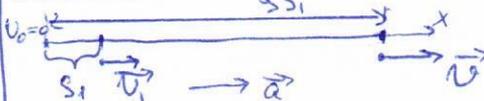
$a = \text{const}$

$V_0 = 0$

$V_{\text{ср}} = 10 \text{ км/ч}$

$v = ?$

Решение:



формула для равно-
ускоренного движения:
с нулевой начальной
скоростью:

$S_{1x} = \frac{a_x t_x^2}{2}$; $V_{1x} = a_x t_x$; $a_x > 0$ - разгон; $a_x = a$

Рассмотрим первый участок пути (S_1). Пусть t - время движения от начала до момента прохождения S_1 , тогда $S_1 = \frac{at^2}{2}$; $V_1 = at$. Тк движение равноускоренное, средняя скорость равна сред. арифмет.: $V_{\text{ср}} = \frac{V_1 + V_0}{2} = \frac{V_1}{2}$

$v_0 = 0$, тк коэф постоян движение ^{н. продолжение} Митовик

$$v_{cp} = \frac{at}{2}; \quad (v_{cp} \cdot t = S; \quad 2S = at^2 = v_1 \cdot t \Rightarrow v_{cp} = \frac{v_1}{2})$$

Рассмотрим весь путь разгона (gS_1)

$$gS_1 = \frac{aT^2}{2}, \text{ где } T - \text{ время разгона (полное)}$$

$v = aT$ - конечная скорость.

$$\frac{gS_1}{S_1} = \frac{aT^2/2}{at^2/2} \quad T^2 = 9t^2; \quad T = 3t \text{ (знак "-" не подходит по смыслу разгона, } T > 0)$$

$$v = 3at; \quad v_{cp} = \frac{at}{2}; \quad \frac{v}{v_{cp}} = \frac{3at \cdot 2}{at} \Rightarrow$$

$$N = 6v_{cp};$$

$$N = 6 \cdot 10 \text{ км/ч} = 60 \text{ км/ч} \quad (25)$$

Ответ: 60 км/ч

N4

Дано:

$$H = 15 \text{ м}$$

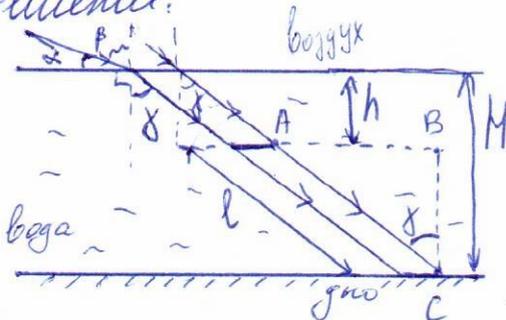
$$l = 0,7 \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$n = 1,33$$

$h = ?$

Решение:



закон преломления:
луч параллельный, луч перпендикуляр,
восстановленный в(о) паде-
ние луча на границе раз-
дела сред, лежащий в одной
плоскости. $\frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$, где

β - угол между падающим и \perp ом, $\beta = 90^\circ - \alpha = 60^\circ$, γ - угол между преломленным лучом и \perp ом, n_1 - показ. прелом. воздуха, $n_2 = n$ - показ. прелом. воды.

$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin \gamma} = 1,33; \quad \sin \gamma = \frac{\sqrt{3}}{2 \cdot 1,33} = \frac{\sin 60^\circ}{1,33}$$

Рассмотрим $\triangle ABC$. $\angle B = 90^\circ$ по построению (считаем, что роба падает "горизонтально"); $\angle C = \gamma$ как внутренние накрест лежащие углы при параллельных прямых и секущей.

$$\cos \gamma = \frac{BC}{AC} - \text{по определению}; \quad BC = H - h; \quad AC = l$$

$$\sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma = 1 - \text{осн. тригон. тождество}$$

Числовик
N4, продолжение.

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} = \sqrt{1 - \frac{3}{4 \cdot 1,33^2}} = \frac{2 \cdot 1,33}{2 \cdot 1,33}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 60^\circ}{1,33^2}} = \frac{\sqrt{1,33^2 - \sin^2 60^\circ}}{1,33} = \frac{\sqrt{\cos^2 60^\circ + 0,66 + 0,33^2}}{1,33}$$

$$1,33^2 = (1 + 0,33)^2 = 1 + 0,33^2 + 0,66$$

$$\cos \varphi = \frac{\sqrt{\cos^2 60^\circ + 0,7689}}{1,33}; \cos 60^\circ = 0,5 \Rightarrow \cos \varphi = \frac{\sqrt{1,0189}}{1,33} \approx 0,757 \dots$$

возьмем приближенное значение: $\sqrt{0,576} = 2,4 \cdot \frac{1}{\sqrt{10}}; \sqrt{10} \approx 3,17$

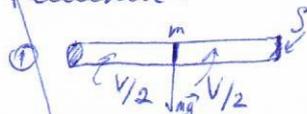
$$\cos \varphi = \frac{M-h}{l} \Rightarrow h = M - l \cos \varphi$$

$$h = 150 \text{ см} - 70 \text{ см} \cdot \frac{\sqrt{1,0189}}{1,33} = 150 \text{ см} - \sqrt{0,576} \cdot 70 \text{ см} \approx 109,68 \text{ см} \approx 110 \text{ см}$$

Ответ: $h = 110 \text{ см}$
N2

Дано:
 $S = 3,5 \text{ см}^2$
 $p_0 = 2 \text{ кПа}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $pV = \text{const}$
 $p = 2p_0$
 $m = ?$

Решение:



② $V = \frac{V}{2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{7}{8} V$



пусть $pV = \alpha$, тогда

$$2p_0 \cdot \frac{V}{2} = p_2 \cdot \frac{7}{8} V = p_1 \cdot \frac{V}{8} = \alpha$$

$$p_1 = 7p_2 = 8p_0$$

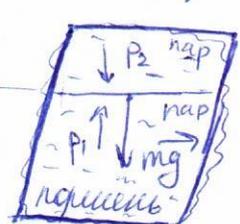
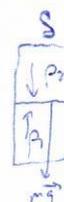
Равновесие поршня: $p_2 \cdot S + mg = p_1 \cdot S$

$$\Rightarrow m = \frac{(p_1 - p_2) S}{g}; m = \frac{p_0 \cdot S}{g} \left(8 - \frac{8}{7}\right) = \frac{48}{7} \frac{p_0 S}{g}$$

$$m = \frac{48}{7} \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \frac{1}{10 \text{ м/с}^2} = 0,48 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 0,48 \text{ кг}$

V - объём трубки
поршня
смещение поршня
даже так, что сила тяжести поршня теперь действует не \perp , как в случае ①, а параллельно.



Числовик:

N 2

7

Дано:

$$S = 3,5 \text{ м}^2$$

$$\rho_0 = 2 \text{ кПа}$$

$$\rho_H = 2 \rho_0$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\rho V = \text{const}$$

$m = ?$

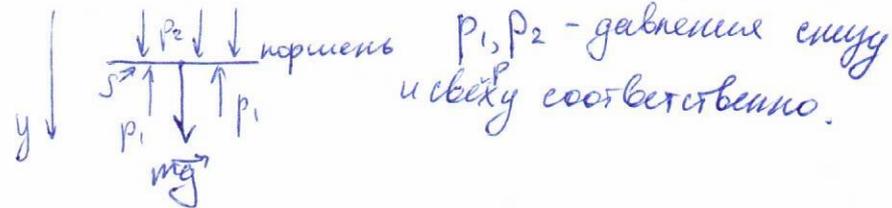
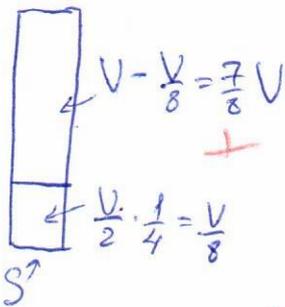
Решение:

состояние поршня показано из-за того, что в горизонтальной плоскости

$m\vec{g} \perp \vec{F}_0$, \vec{F}_0 - сила давления газа на поршень,

а в вертикальной плоскости

$m\vec{g} \parallel \vec{F}_0'$, \vec{F}_0' - новая сила давл. на поршень.



Условие равновесия поршня: $\sum \vec{F}_i = 0$

$$+ mg + p_2 S = p_1 S - \text{в проекции на Oy.}$$

$$\Rightarrow m = \frac{S(p_1 - p_2)}{g}; \text{ поршень остановился, пар стал насыщенным (сверху), т.е.}$$

$$2\rho_0 \cdot \frac{V}{8} = \rho_2 \cdot \frac{7}{8} V; \quad p_1 = 2\rho_0 \quad \rho_0 \cdot \frac{V}{2} = \rho_2 \cdot \frac{7}{8} V \Rightarrow \rho_2 = \frac{4}{7} \rho_0!$$

$$p_2 = \frac{2}{7} \rho_0; \quad p_1 - p_2 = \rho_0 \left(2 - \frac{2}{7}\right) = \frac{12}{7} \rho_0$$

$$m = \frac{\rho_0 \cdot S \cdot 12}{g \cdot 7}$$

$$m = \frac{12}{7} \cdot \frac{2 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{10 \text{ м/с}^2} = 0,12 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 0,12 \text{ кг}$

7

Черновик

$$\sqrt{0,576} = 2,4 \cdot \frac{1}{\sqrt{10}} ; \sqrt{10} \approx 3,17$$

$$\begin{array}{r} 2400 \overline{) 317} \\ \underline{1585} \\ 0,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2400 \overline{) 317} \\ \underline{1002} \\ 0,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2400 \overline{) 517} \\ \underline{2219} \\ 1810 \\ \underline{1585} \\ 2250 \\ \underline{2219} \\ 31 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7,57 \\ \underline{7} \\ 5299 \approx 53 \end{array}$$

$$150 - 53 = 97$$

$$2\rho_0 \cdot \frac{1}{8} V = \rho'_1 \cdot \frac{7}{8} V$$

$$\rho_0 \approx 3,5 \rho'_1 \quad \rho'_1 = \frac{2}{7} \rho_0$$

$$d_{m1} \approx 2,5$$

$$m = \frac{5}{7} \frac{\rho_0 S}{g}$$

$$\frac{5}{7}$$

Черновик

$$U_v = I_v \cdot R_v; \quad (a)$$

$$I_1 = I_v + I_R; \quad \frac{I_v}{I_R} = \frac{R}{R_v} \Rightarrow I_R = \frac{I_v \cdot R_v}{R}$$

$$U_v = R_v \left(I_1 - \frac{I_v R_v}{R} \right)$$

$$U_0 = U_v + U_A = R_v \left(I_1 - \frac{I_v R_v}{R} \right) + I_1 R_A$$

$$U_0 = U_1 + I_1 \cdot R_A$$

$$R_A = \frac{U_0 - U_1}{I_1}$$



$$S = \frac{at^2}{2}; \quad v_{cp} = \frac{v_1}{2} = \frac{at}{2}$$

$$gS = \frac{aT^2}{2}; \quad v_k = aT$$

$$g = \frac{T^2}{t^2} \Rightarrow T = 3t$$

$$v_k = 3at$$

33
33
99
99
0,1089
+ 0,6600
0,7689
+ 0,2500
1,0189

$$4 \cdot 0,756 = 10^{-2} \cdot 2$$

24
577
228
3,17
2,4
4268
634
7608

1,0189 | 17685
88445 | 0,58760
134450
106134
28316
17889
106250
106134
116

7,608
582,56
5,76
7
40,32
150,00
40,32
109,68

$$I_2 = I_R'$$

$$U_0 = U_2$$

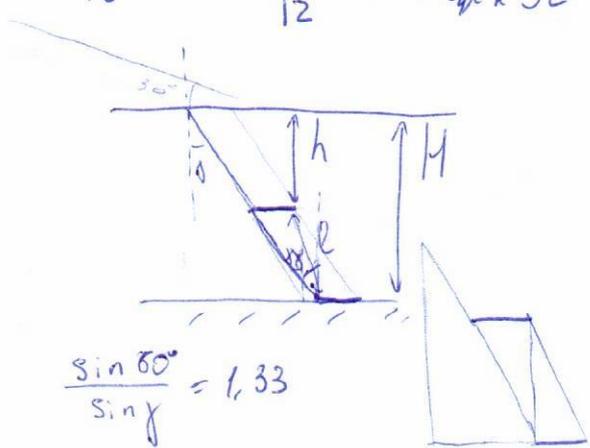
$$\frac{I_2}{I_v'} = \frac{R_v}{R + R_A}$$

$$I_2(R_A + R) = U_0$$

$$R = \frac{U_0}{I_2} - R_A$$

$$R = \frac{U_0}{I_2} - \frac{U_0 - U_1}{I_1}$$

$$\frac{12 \cdot 10^3}{10} - \frac{2,4 \cdot 10^3}{12} = 1 \text{ k}\Omega$$



$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin y} = 1,33$$

1,33
1,33
399
399
133
1,7689
7,0756

$$\sin y = \frac{\sin 60}{1,33}$$

$$\cos y = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 60}{1,33^2}} =$$

$$= \frac{1,33 - \sin 60}{1,33}$$

$$\sqrt{0,576} = 2,4 \sqrt{0,1}$$

$$\sqrt{10} \approx 3$$

3,2
3,2
64
96
10,24
3,17
3,17
2219
317
951
10,489