



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 02

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Золотая осень
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Кравец Евгений Иванович
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

вход в зал
14:29-14:30

Дата

«12» апреля 2025 года

Подпись участника

Р

$$\frac{\cos \alpha}{1 - \sin \alpha} = \frac{1351}{780}$$

Черновик

$\cos \alpha$

13-85-61-87
(155.4)

Чистовик

N1

?? откуда, где берёг?

+3 $u = \sqrt{c^2 - u^2 \sin^2 \alpha} - u \cos \alpha = \sqrt{10^2 - 2^2 \sin^2 45} - 2 \cdot \cos 45 = 6\sqrt{2} \frac{m}{c}$
 Минус в формуле из-за того, что мы встали на берегу поречья
 $u = \frac{5}{u} = \frac{100m}{6\sqrt{2} \frac{m}{c}} = 10\sqrt{2} c \approx 14, 14c$

$$A, B = A, C = A, C = A, B = D$$

$$BC = \sqrt{AC^2 + AB^2} = \sqrt{D^2 + D^2} = \sqrt{2} D$$

$$u_1 = 3u \quad u_2 = \frac{u}{3}$$

$$S_1 = S_2$$

$$t_1 = t_2 \Rightarrow \frac{D}{u_1} + \frac{\sqrt{2}D}{u_1'} = \frac{D}{u_2} + \frac{\sqrt{2}D}{u_2'}$$

Стоим на D ≠ 0 и заменим u на $3u$, а u_2 на $\frac{u}{3}$

$$\frac{1}{3u} + \frac{\sqrt{2}}{u_1' u_1} = \frac{1}{u_1'} \frac{1}{u} + \frac{\sqrt{2}}{u_2'}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{u_1'} - \frac{\sqrt{2}}{u_2'} = \frac{3}{u} - \frac{1}{3u} = \frac{8}{3u}$$

$$\frac{\sqrt{2}u_2' - \sqrt{2}u_1'}{u_1' u_2'} = \frac{8}{3u} \quad \text{Пусть } u_1' = x$$

Или $t_1 = t_2$, то Если первый путь

$$\sqrt{2}(u_2' - u_1') = \frac{8}{3u}$$

Смешивание А.В. Смешивание В.Д. Смешивание В.Д. Смешивание В.Д. Смешивание В.Д.

85

Смешивание В.Д. Смешивание В.Д. Смешивание В.Д. Смешивание В.Д. Смешивание В.Д.

$$u_3' - u_1' = \sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} + u \cos \alpha - \sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} + u \cos \alpha =$$

$$= 2u \cos \alpha$$

$$u_3' \cdot u_1' = (\sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} + u \cos \alpha) (\sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} - u \cos \alpha) =$$

$$= \sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha}^2 - u^2 \cos^2 \alpha = u^2 - u^2 \sin^2 \alpha - u^2 \cos^2 \alpha =$$

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

$$\frac{\sqrt{2} u \cos \alpha}{u^2 - u^2} = \frac{8}{3u} \quad | \cdot (u^2 - u^2) 3u$$

$$\frac{2 \sqrt{2} u \cos \alpha}{u^2 - u^2} = \frac{8}{3} \quad \sqrt{2} 2u \cos \alpha - 3u = 8(u^2 - u^2)$$

$$\sqrt{2} \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 3 \cdot 12 \cdot u = 8(u^2 - 8u^2)$$

$$72u = 144 - 8u^2 \quad | :8$$

$$9u = 144 - u^2$$

$$u^2 + 9u - 144 = 0$$

$$u_1 = \frac{-9 + 3\sqrt{73}}{2}$$

$$u_2 = \frac{-9 - 3\sqrt{73}}{2} \quad (\text{меньше } 0)$$

$$\Rightarrow u = u_1 = \frac{3\sqrt{73} - 9}{2} \approx 8,316 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $10\sqrt{2} \text{ с}$
2) $\frac{3\sqrt{73} - 9}{2}$

Итак, чтобы устройство работало, за какое время (какой температуры) должно быть давление? И как оно меняется при нормальной температуре?

УРОВНИ

$$u_y = u \sin \beta$$

$$\sqrt{(u_{x1} t - u_{x2} t)^2 + (u_{y1} t - u_{y2} t)^2}$$

$$x_1 = u_{x1} t = u \cos \alpha t \quad y_1 = u_{y1} t - \frac{g t^2}{2} = u \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x_2 = u_{x2} t = u \cos \alpha t \quad y_2 = u_{y2} t - \frac{g t^2}{2} = u \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} = \sqrt{(u_{x1} t - u_{x2} t)^2 + (u_{y1} t - \frac{g t^2}{2} - u_{y2} t + \frac{g t^2}{2})^2}$$

$$= \sqrt{}$$

$$x_1 = \frac{g t^2}{2}$$

$$\sqrt{6 + 12}$$

$$u = 10(\sqrt{6} + \sqrt{2})$$

$$19,3185$$

$$x_1 = 5 \quad y_1 =$$

$$x_2 = 10 + 5\sqrt{3} \quad y_2 =$$

$$x_1 = 10 + 5\sqrt{3} \quad y_1 = 5$$

$$x_2 = 5 \quad y_2 = 10 + 5\sqrt{3}$$

$$y_1 = \frac{15}{4}$$

$$y_2 = \frac{35 + 10\sqrt{3}}{4}$$

$$\Delta x$$

$$\Delta y = 5 + 5\sqrt{3}$$

$$\Delta x = (5 + 5\sqrt{3})^2$$

$$\Delta y = 5 + 5\sqrt{3}$$

$$L = u t \cos \alpha$$

$$y_1 = u t \sin \alpha = u t$$

$$y_1 = u t (1 - \sin \alpha)$$

$$L = u t \cos \alpha$$

$$\frac{y_1}{L} = \frac{1 - \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\frac{S_1 \Delta t_1}{\delta_1} = \frac{S_2 \Delta t_2}{\delta_2}$$

$$200 \Delta t_1 = 340 \Delta t_2$$

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$



$$u_x = u \cos \alpha$$

$$u_y = u \sin \alpha$$

$$u_x = u \cos \beta$$

$$u_y = u \sin \beta$$

$$\text{Если } g t < u \sin \alpha$$

$$\text{то } x_1 = u_{x1} t$$

$$y_1 = u_{y1} t$$

$$x_2 = u_{x2} t$$

$$y_2 = u_{y2} t$$

$$\sqrt{x_1^2 + y_1^2} =$$

$$\sqrt{(u_{x1} t - u_{x2} t)^2 + (u_{y1} t - u_{y2} t)^2} = \sqrt{(u \cos \alpha - u \cos \beta)^2 t^2 + (u \sin \alpha - u \sin \beta)^2 t^2}$$

$$= \sqrt{u^2 t^2 (\cos^2 \alpha - 2 \cos \alpha \cos \beta + \cos^2 \beta + \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha \sin \beta + \sin^2 \beta)}$$

$$= \sqrt{u^2 t^2 ((\cos \alpha - \sin \alpha)^2 + (\cos \beta - \sin \beta)^2)} = u t \sqrt{(\cos \alpha - \sin \alpha)^2 + (\cos \beta - \sin \beta)^2}$$

$$= u t \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = u t = 0.5 u$$

$$\text{Если } g t > u \sin \alpha, \text{ тогда } u \sin \beta$$

чистовик

N2

Шкала Цельсия устроена следующим образом:
За начало (0°) берется температура, при которой лед начинает таять при ат нормальном атмосферном давлении = 101325 Па = 760 мм рт.ст.

А за другую точку (100°) берут температуру кипения воды при том же давлении.

А затем отмеряют одинаковые деления на нужное количество делений так, чтобы между ними было одинаковое расстояние.

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \rho_A = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Т.е. лед и вода находятся в равновесии, то у них температура 0°C. Вода при нормальном давлении кипит при 100°C.

$$\rho_A = 0.9 \rho_B$$

$$\frac{V}{\rho} = \frac{V_B}{\rho_B} = \frac{V_A}{\rho_A} \Rightarrow m_B + m_A = M = V_B \rho_B + V_A \rho_A = \frac{V}{2} \rho_B + \frac{V}{2} 0.9 \rho_B =$$

$$= \frac{V}{2} 1.9 \rho_B = 0.95 M \quad \text{из них } 0.5 M \text{ льда}$$

$$P \sim \frac{\Delta t S}{d}$$

$$\text{из них } 0.45 M$$

$$P t = Q = m c \Delta t$$

$$P t = m \lambda$$

$$P = \frac{m \lambda}{t} = 42 \text{ Вт (при } \Delta t = 100^\circ \text{C)}$$

Т.е. P от Δt зависит линейно, но можно воспользоваться средним арифметическим
При повышении с 0°C до 100°C средняя мощность
равна $P \sim \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{100 + 42}{2} = 71 \Rightarrow P = 41.58 \text{ Вт}$

$$P \text{ и } PT = mc \Delta t \quad \text{числовик} \quad m = 0,95 \text{ кг} \quad c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \Delta t = 99^\circ\text{C} \quad \Delta t = 2^\circ\text{C}$$

$$T_1 = \frac{mc \Delta t}{P} = 191,9^\circ\text{C}$$

Аналогично с изменением от 88°C до 90°C

$$P = 4,02 \text{ Вт (при } \Delta t = 1^\circ\text{C)}$$

$$T_2 = \frac{mc \Delta t}{P} = \frac{955 \cdot 4200 \cdot 2}{4,62} = 1727,3^\circ\text{C}$$

Тогда $t_{\text{вытум}} = t_{\text{ин}}$, $t_{\text{нагрева}} = t$, $t_{\text{охлаждения}} = t_{\text{оут}}$

$$\text{Тогда } S_1(t - t_{\text{ин}}) = S_2(t_{\text{оут}} - t)$$

$$\frac{600(t-0)}{0,3} = \frac{680(100-t)}{0,2}$$

$$\frac{600t}{0,3} = \frac{68000 - 680t}{0,2}$$

$$2000t = 340000 - 3400t$$

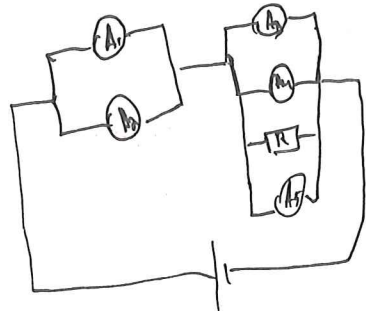
$$t = 5400t = 340000$$

$$t \approx 62,86 \approx 63^\circ\text{C}$$

Омберн: $t_1 = t = 63^\circ\text{C}$

$$T_1 = 191,9^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 1727,3^\circ\text{C}$$



$$U_1 = U_2$$

$$U_3 = U_4 = U_5 = U_{\text{ср}}$$

$$U_1 + U_3 = U = 5 \text{ В}$$

$$U_{12} + U_{345} = U = 5 \text{ В}$$

$$R_1 = 2 \text{ м}\Omega \quad R_5 = 1 \text{ м}\Omega$$

$$R_2 = 3 \text{ м}\Omega \quad r_R = 100 \Omega$$

$$R_3 = 2 \text{ м}\Omega \quad U_0 = 5 \text{ В}$$

$$R_4 = 3 \text{ м}\Omega \quad R_0 = 1 \Omega$$

$$I_{12} = I_{345} = I_0$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ м}\Omega$$

$$R_{345} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ м}\Omega$$

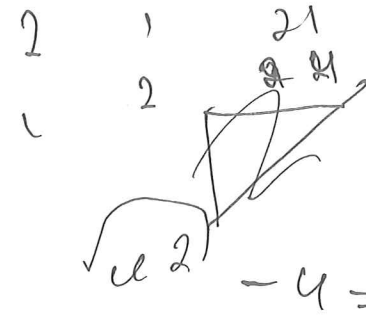
$$R_{345} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ м}\Omega$$

$$R_{345} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ м}\Omega$$

ЧЕРКОВИЧ

$$u = \sqrt{u^2 - u^2 \cos^2 \alpha} - u \cos \alpha = \sqrt{u^2 - u^2} - 0$$

$$u = \sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} - u \sin \alpha = \sqrt{u^2 - u^2} - u = u - u$$



$$\frac{1}{304} + \frac{\sqrt{2}}{x} = \frac{1}{304} + \frac{\sqrt{2}}{9x}$$

$$u_1' = 0,3812 u$$

$$u_2' = 1,30207 u$$

$$u = 16\sqrt{2} = \frac{u\sqrt{2}}{3}$$

$$\sqrt{u^2 - u^2} = 0 \quad \frac{D}{3u} + \frac{\sqrt{2}D}{41u} = \frac{D}{\frac{u}{3}} + \frac{\sqrt{2}D}{\frac{41u}{3}}$$

$$\frac{1}{3} + \frac{\sqrt{2}}{41} = \frac{3}{41} + \frac{\sqrt{2}}{9 \cdot 41}$$

$$3u_1' = u_2'$$

$$u_1' = \sqrt{u^2 - u^2 \cos^2 \alpha} - u \cos \alpha = \frac{\sqrt{41}}{41} u = 0,3817 u$$

$$\frac{3\sqrt{41}}{41} u_2' = \sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} + u \cos \alpha = \sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} + u \cos \alpha$$

$$\sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} + u \cos \alpha = 3\sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha} - 3u \cos \alpha$$

$$8,316$$

$$104 \cos^2 \alpha = 8 \sqrt{u^2 - u^2 \sin^2 \alpha}$$

$$100 u^2 \cos^2 \alpha = 64 u^2 - 64 u^2 \sin^2 \alpha$$

$$100 u^2 \cos^2 \alpha = 64 \cdot 10^2 - 64 u^2 \sin^2 \alpha$$

$$\frac{100 u^2}{2} = 3216 - \frac{64 u^2}{2}$$

$$50 u^2 + 32 u^2 = 3216$$

$$u = \frac{16\sqrt{2}}{41} \cdot \frac{48\sqrt{82}}{41}$$

$$\sqrt{2} = 3x$$

$$\frac{1}{3} + \frac{\sqrt{2}}{x} = 3 + \frac{\sqrt{2}}{9x}$$

$$\frac{x}{3} + \sqrt{2} = 3x + \frac{\sqrt{2}}{9}$$

$$\sqrt{2} - \frac{\sqrt{2}}{9} = 3x - \frac{x}{3}$$

$$9\sqrt{2} - \sqrt{2} = 27x - 3x$$

$$8\sqrt{2} = 24x$$

$U_{x1} = U \cdot \cos \alpha$ $U_{x2} = 0$ Чистовик
 $U_{y1} = U \sin \alpha - gt$ $U_{y2} = U \sin \alpha - gt$
 т.к. столкновение абсолютно упругое, во время полета
 2-го шара, то ее $U_{y2} = U - gt$ и координата y_2 все время
 увеличивается

$x_1 t =$
 $x_2 t = x_2$ $U \cos \alpha t = x_2 = L = 675,5$
 $U \sin \alpha - gt$
 $y_1 + U \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = U t - \frac{gt^2}{2}$

$\cos \alpha = \frac{L}{U t}$
 $\sin \alpha = \frac{U - U_1}{U t}$
 $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$
 $\frac{L^2}{U^2 t^2} + \frac{(U - U_1)^2}{U^2 t^2} = 1$

$L = U \cos \alpha t$ $U_1 = U t (1 - \sin \alpha)$

$\frac{L}{U_1} = \frac{U \cos \alpha}{U t (1 - \sin \alpha)} = \frac{\cos \alpha}{1 - \sin \alpha} = \frac{675,5}{390}$

$\alpha = 30^\circ$ $\oplus$
 Если $L = 225,2$, то

$\frac{\cos \alpha}{1 - \sin \alpha} = \frac{L}{U_1} = \frac{225,2}{390}$, то $\cos \alpha - \sin \alpha = -39$, то есть
 надо направить выстрел относительно горизонтала на 30°

Ответ: 1) $0,15 \text{ м}$ 2) $\alpha = 30^\circ$ 3) $\alpha = -30^\circ$

13-85-61-87
(155.4)

Чистовик

$R_{24} R_{57} = \frac{6}{11} \text{ мЛ}$

$R_{12} + R_{3457} = \frac{96}{55} \text{ мЛ} = 1,75 \text{ мЛ}$

$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{5}{1} = 5 \text{ А}$

$I_{12} = I_{3457} = I_0 = 5$

$I_1 + I_2 = 5$ $I_1 = 5 - I_2$

$U_1 = U_2$

$I_1 R_1 = I_2 R_2$

$R_1 (5 - I_2) = I_2 R_2$

$29002 (5 - I_2) = I_2 \cdot 0,003$

$I_2 = 2 \text{ А}$

$I_1 = 3 \text{ А}$

$I_3 R_3 = I_4 R_4 = I_5 R_5 = I_6 R_6 = I_7 R_7$

$I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 = 5$

т.к. R больше чем в 10000 раз, то ток пог.
 мы не мерем $\Rightarrow I_r \ll 0,005 \text{ А}$

$I_3 R_3 = I_4 R_4 = I_5 R_5$

$I_3 + I_4 + I_5 = 5$

$2 I_3 = 3 I_4 = I_5$

$I_3 + I_4 + I_5 = 5$

$I_3 + \frac{2}{3} I_3 + 2 I_3 = 5$

$\frac{11}{3} I_3 = 5$

$11 I_3 = 15$

$I_3 = \frac{15}{11} \text{ А} \approx 1,35 \text{ А}$

$I_4 = \frac{10}{11} \text{ А} \approx 0,90 \text{ А}$

$I_5 = \frac{20}{11} \text{ А} \approx 1,80 \text{ А}$

$I_5 = 2 I_3$

$I_4 = \frac{2}{3} I_3$

$I_1 = 2,00 \text{ А}$

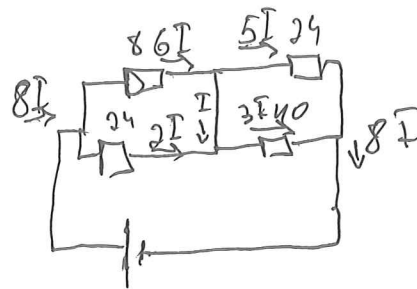
$I_2 = 2,00 \text{ А}$

или ставим

т.к. сопротивление проводов 1000 раз меньше, то их сопротивление можно пренебречь

т.к. $R_V = 1 \text{ М}\Omega$, то там ток не течет и мы можем мысленно убрать их

т.к. $R_A = R_B = 1 \text{ к}\Omega$, то мы можем считать просто перемычкой

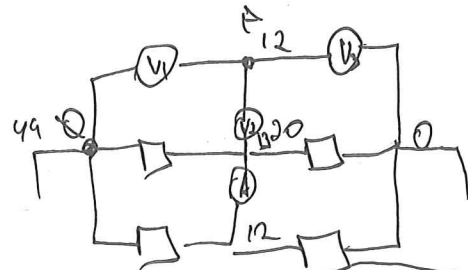


Через амперметр протекает ток I

$$8I = \frac{U}{R} = \frac{44}{1} = 44 \Rightarrow I = 5.5$$

$$I_A = 5.5 \text{ A}$$

Вольтметры показывают разность потенциалов



$V_1 = V_3$, т.к. разность потенциалов равна одинакова,
равна $(A - 0) = A$
 $V_2 = (A - B)$

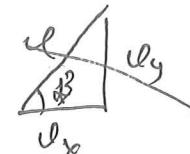
$U_1 = 44 \text{ A} = 44 - 22 = 22$
 $U_2 = A - B = 22 - 11 = 11$
 $U_3 = A - 0 = 22 - 0 = 22$

Ответ: 1) $I_1 = 3.00 \text{ A}$; $I_2 = 2.00 \text{ A}$; $I_3 = 1.35 \text{ A}$; $I_4 = 0.90 \text{ A}$; $I_5 = 2.70 \text{ A}$

2) $I_1 = 5.5 \text{ A}$; $V_1 = 38$; $V_2 = 8$; $V_3 = 12$

или ставим

$$U_x = U$$



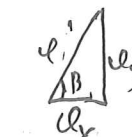
$$U_{x1} = U \cdot \cos \beta$$

$$U_{x1} = U \cos \beta$$

$$U_{y1} = U \sin \alpha$$

$$x_1 = U_{x1} t$$

$$x_2 = U_{x2} t$$



$$U_{x2} = U \cos \beta$$

$$U_{y2} = U \sin \beta$$

$$y_1 = U_{y1} t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_2 = U_{y2} t - \frac{gt^2}{2}$$

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} = \sqrt{(U_{x1} t - U_{x2} t)^2 + (U_{y1} t - \frac{gt^2}{2} - U_{y2} t + \frac{gt^2}{2})^2}$$

$$= \sqrt{(U_{x1} t - U_{x2} t)^2 + (U_{y1} t - U_{y2} t)^2} =$$

$$= \sqrt{(U t (\cos \alpha - \cos \beta))^2 + (U t (\sin \alpha - \sin \beta))^2} = \sqrt{U^2 t^2 ((\cos \alpha - \cos \beta)^2 + (\sin \alpha - \sin \beta)^2)}$$

$$= \sqrt{U^2 t^2 ((\cos \alpha - \cos \beta)^2 + (\sin \alpha - \sin \beta)^2)} = U t \sqrt{(\cos \alpha - \cos \beta)^2 + (\sin \alpha - \sin \beta)^2}$$

$$\sqrt{(\cos 75 - \cos 15)^2 + (\sin 75 - \sin 15)^2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

$$\Rightarrow L = U t = 0.5 U \quad (+)$$

Чтобы они столкнулись из координаты должны быть равны, причем это должно произойти за время t
Пусть в начале первый снаряд имел координаты $(0, 0)$, тогда второй имел $(L, 0)$