



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Базалева Ксения Александровна**

Класс: 9

Технический балл: **99**

Дата проведения: 24 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9034974

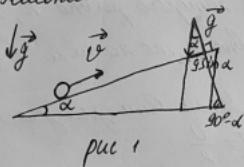
	1	2	3	4	Σ
Задача	25	25	24	25	99
Вопрос					

Лист 1 из 11

Умови

Дано:
 $l = 0,6 \text{ м}$
 $t_1 = 1 \text{ с}$
 $t_2 = 2 \text{ с}$
 $v_0 = ?$

Решение:



Пусть α -ый наклоня плоскости (гориз.) и вертикали. Тогда как доска гладкая, и трением $v_{гориз}$ можно пренебречь, можем представить данную ситуацию, как движение шарика вертикально вверх, но при этом на него будет действовать ускорение свободного падения, равное $g \sin \alpha$ - проекция \vec{g} на наклонную плоскость. (рис. 1)

Шарик движется равномерно с параллельной скоростью v_0 и ускорением $g \sin \alpha$.

Запишем уравнение движения шарика:

$$y(t) = v_0 t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

Направим ось координат, как показано на рисунке 2

В проекции на ось Oy:

$$y(t) = v_0 t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

По условию:

$$y(t_1) = y(t_2) = l$$

Таким образом, получим:

$$l = v_0 t_1 - \frac{g \sin \alpha t_1^2}{2} \quad (1)$$

$$y_1(1): 2l = 2v_0 t_1 - g \sin \alpha t_1^2$$

$$\sin \alpha = \frac{2(v_0 t_1 - l)}{g t_1^2}$$

$$l = v_0 t_2 - \frac{g \sin \alpha t_2^2}{2} \quad (2)$$

$$y_2(2): 2l = 2v_0 t_2 - g \sin \alpha t_2^2$$

$$\sin \alpha = \frac{2(v_0 t_2 - l)}{g t_2^2}$$

Получим:

$$\frac{2(v_0 t_1 - l)}{g t_1^2} = \frac{2(v_0 t_2 - l)}{g t_2^2} \quad (\text{сравним на } \frac{2}{g})$$

$$\frac{v_0 t_1 - l}{t_1^2} = \frac{v_0 t_2 - l}{t_2^2} \Rightarrow v_0 t_1 t_2^2 - l t_2^2 = v_0 t_2 t_1^2 - l t_1^2 \Rightarrow v_0 t_1 t_2 (t_2 - t_1) = l (t_2^2 - t_1^2)$$

$$v_0 t_1 t_2 (t_2 - t_1) = l (t_2 - t_1) (t_2 + t_1) \quad (\text{сравним на } (t_2 - t_1))$$

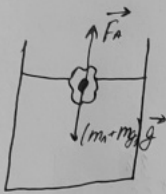
$$v_0 = l \frac{t_2 + t_1}{t_1 t_2} = 0,6 \text{ м} \cdot \frac{(2+1) \text{ с}}{1 \times 2 \text{ с}^2} = \frac{0,6 \cdot 3}{2} \text{ м/с} = 0,9 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_0 = 0,9 \text{ м/с}$

Масса 10 кг 11

Черновик

ρ_2



$$F_A = (m_1 + m_2)g$$

$$\rho_0 g V_n = (m_1 + m_2)g$$

$$\rho_0 V_n = (m_1 + m_2)$$

$$\frac{1}{10} \cdot 9$$

$$\frac{-0,11111}{10}$$

$$\frac{-9}{10}$$

$$F_A = 10 \cdot 105 = 1050 \text{ Н}$$

$$F_A = (m_1 + m_2)g = 0,105 \cdot 10 = 1,05 \text{ Н}$$

$$V_n = \frac{m_1 + m_2}{\rho_0} = \frac{100 + 5}{1} = 105 \text{ (куб)}^3$$

$$V_n = \frac{m_1}{\rho_1} = \frac{100}{\frac{9}{10}} = \frac{1000}{9} \text{ (куб)}^3 = \frac{900 + 100}{9} = \frac{999 + 1}{9} = 111 \frac{1}{9} \text{ куб}^3 = 111,1 \text{ куб}^3$$

$$\frac{111}{105} = \frac{6 \text{ куб}^3}{006}$$

Плюс момент, когда $mg > F_A$

При погружении менее лег погружаем малеб

Тяжесть рассчитана от леге и глубинке со легам постраде токунте

$$F_n = (m_n - \delta m + m_2)g$$

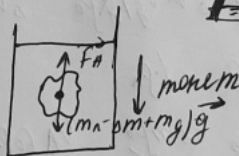
$$F_n > F_{A2}$$

$$V_g = ? \quad \boxed{V_g = 0}$$

$$F_{A2} = (V_n - \delta V + V_g) \rho_0 g$$

Минимальная от сообразительном минимальная δ !

$$\delta = \delta m \cdot \delta$$



$$F = \rho_0 g V$$

$$F_A(\delta m) = (m_1 - \delta m + m_2)g$$

$$F_A(\delta V) = \rho_0 g (V_n - \delta V)$$

$$\delta V = \frac{\delta m}{\rho_1}$$

$$(m_1 - \delta m + m_2) = \rho_0 (V_n - \frac{\delta m}{\rho_1}) / \rho_1$$

$$m_1 \rho_1 - \delta m \rho_1 + m_2 \rho_1 = \rho_0 V_n \rho_1 - \rho_0 \delta m$$

$$\delta m (\rho_0 - \rho_1) = \rho_1 (\rho_0 V_n - m_1 - m_2)$$

$$\delta m = \frac{0,9 (1 \cdot 105 - 100 - 5)}{0,1}$$

Упробле

Задача 11 из 11

1/2

Задача 3

$$\Delta V = 3 \text{ м}^3$$

$$\Delta m = 3,49 = 2,7 \text{ т}$$

$$F_A = 1000 \cdot 10 \cdot 102 \cdot 10^{-6} = 102 \cdot 10^{-2} = 1,02 \text{ Н}$$

$$F_T = (100 - 2,7 + 5) \cdot 10^{-2} = 102,3 \cdot 10^{-2} = 1,023 \text{ Н}$$

$$F_T > F_A$$

Задача 2

$$\Delta V = 2$$

$$F_A = 10^4 \cdot 103 \cdot 10^{-6} = 1,03 \text{ Н}$$

$$F_T = (100 - 1,8 + 5) \cdot 10^{-2} = 103,2 \cdot 10^{-2} = 1,032 \text{ Н}$$

$$F_T > F_A$$

$$\Delta V = 1$$

$$\Delta m = 2,9$$

$$F_A = 10^{-1} \cdot 104 = 1,04 \text{ Н}$$

$$F_T = (100 - 0,9 + 5) \cdot 10^{-2} = 104,1 \cdot 10^{-2} = 1,041 \text{ Н}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ 34 \\ \times 55 \\ + 170 \\ \hline 170 \\ \hline 1870 \end{array}$$

$$(m_n - \Delta m + m_g) g \geq (V_n - \Delta V + V_g) \rho_0 \quad \Delta V = \frac{\Delta m}{\rho_n}$$

$$m_n - \Delta m + m_g \geq (V_n - \Delta V) \rho_0 \quad \cdot \rho_n$$

$$\rho_n m_n - \Delta m \rho_n + m_g \rho_n \geq \frac{V_n \rho_0 \rho_n}{m_n \rho_0} - \Delta m \rho_0 \quad V_n \rho_0 \rho_n = \frac{m_n}{\rho_n} \rho_0 \rho_n = m_n \rho_0$$

$$\Delta m (\rho_0 - \rho_n) \geq \rho_n (V_n \rho_0 - m_n)$$

$$\Delta m (\rho_0 - \rho_n) \geq m_n (\rho_0 - \rho_n) - m_g \rho_n$$

$$\Delta m \geq \frac{100 \cdot 0,1 - 5 \cdot 0,9}{0,1} = 100 - 5 \cdot 9 = 100 - 45 = 55$$

$$\Delta m_{\min} = 55 \text{ т} = 0,055 \text{ кг}$$

$$Q = \frac{340 \text{ дж}}{\text{кг}} \cdot 55 \text{ кг} = 18,7 \text{ кДж}$$

Лист 2 из 11

Числовой

N3

Дано:

$$R_1 = 1 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 3 \text{ Ом}$$

$$N_1 = 15 \text{ Вт}$$

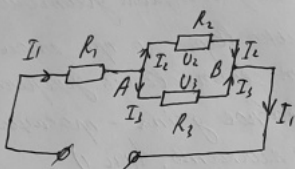
$R_2 = ?$

Решение:

Есть резистор, сопротивление которого равно R , течёт ток I , а напряжение на нём равно U , то на нём выделяется мощность, равная:

$$N = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (\text{Закон Ома для участка цепи!})$$

$$I = \frac{U}{R}$$



Зная мощность, выделяющуюся на резисторе R_1 , найдём ток I_1 :

$$N_1 = I_1^2 R_1 \Rightarrow I_1^2 = \frac{N_1}{R_1} \Rightarrow I_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{15 \text{ Вт}}{1 \text{ Ом}}} = 5 \text{ А}$$

$$N_2 = I_2^2 R_2 \quad (1)$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (\text{закон Кирхгофа в узлах A и B})$$

Поскольку резисторы R_2 и R_3 подключены параллельно, напряжение, выделяющееся на них равно, то есть, $U_2 = U_3$ (2)

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= I_2 R_2 \\ U_3 &= I_3 R_3 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{б (2)} \quad I_2 R_2 = I_3 R_3 \Rightarrow I_3 = I_2 \frac{R_2}{R_3} \Rightarrow \text{б (1)}$$

$$I_1 = I_2 + I_2 \frac{R_2}{R_3} = I_2 \left(\frac{R_3 + R_2}{R_3} \right); \quad I_2 = I_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3}; \quad I_2 = 5 \text{ А} \frac{3 \text{ Ом}}{(2+3) \text{ Ом}} = 3 \text{ А} \Rightarrow \text{б (1)}$$

$$N_2 = 3^2 \text{ А}^2 \cdot 2 \text{ Ом} = 18 \text{ Вт}$$

Ответ: $N_2 = 18 \text{ Вт}$

Кимович

Лист № 41

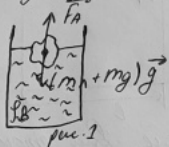
№ 2

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Дано:
 $t_0 = 0^\circ\text{C}$
 $m_n = 100 \text{ г} = 0.1 \text{ кг}$
 $m_d = 5 \text{ г} = 0.005 \text{ кг}$
 $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$
 $\rho_n = 0.9 \text{ г/см}^3 = 900 \text{ кг/м}^3$
 $\lambda = 340 \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}} = 340 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}}$
 $V_d \ll V_n$
 Ответ?

Решение:
 Так как в сосуде присутствуют лёд и вода при 0°C , эти породоны в тепловом равновесии, при подгре телье ледик тает лёд.

Изобразим начальную ситуацию:



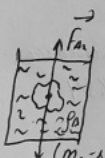
Так как тела находятся в равновесии:
 $(m_n + m_d)g = F_A$; F_A — сила Архимеда
 $F_A = \rho_0 g V_n$, где V_n — объём погружённой части
 $(m_n + m_d)g = \rho_0 g V_n$ сравним на g
 $m_n + m_d = \rho_0 V_n \Rightarrow V_n = \frac{m_n + m_d}{\rho_0}$; $V_n = \frac{100 + 5}{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} = 105 \text{ см}^3$

Найдём объём льда:

$$V_n = \frac{m_n}{\rho_n}; \quad V_n = \frac{100 \text{ г}}{0.9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} = \frac{1000}{9} \text{ см}^3 \approx 111 \frac{1}{9} \text{ см}^3$$

$V_n < V_n$, значит, какой-то часть системы "лёд-вода" находится над уровнем воды, как показано на рисунке 1.

Когда тело тонет, оно либо находится в равновесии, но полностью погружено под воду, либо погружается на дно (во II случае сила Архимеда меньше, чем сила тяжести, действующая на погружённое тело)



от- масса растаявшего льда
 $a = \text{от} \cdot \lambda$ минимальную значение a соответствует минимальное значение от , то есть
 $a_{\text{min}} = \text{от}_{\text{min}} \cdot \lambda \quad (1)$

F_{A2} — сила Архимеда, действующая на погружённое тело

$$F_{A2} \leq (m_n - \text{от} + m_d)g$$

$$F_{A2} = \rho_0 g (V_n - \Delta V + V_d)$$
, где ΔV — объём растаявшего льда

$$V_n = \frac{m_n}{\rho_n}; \quad \Delta V = \frac{\text{от}}{\rho_n} \quad F_{A2} = \rho_0 g \left(\frac{m_n}{\rho_n} - \frac{\text{от}}{\rho_n} \right) = (m_n - \text{от})g \frac{\rho_0}{\rho_n}$$

Минимальному значению от соответствует равенство $F_{A2} \leq (m_n - \text{от} + m_d)g$

$$(m_n - \text{от} + m_d)g \geq (m_n - \text{от})g \frac{\rho_0}{\rho_n} \quad \text{то } 1 \cdot \frac{\rho_n}{\rho_0}; \quad \rho_n m_n - \rho_n \text{от} + \rho_n m_d \geq m_n \rho_0 - \text{от} \rho_0$$

$$(\rho_0 - \rho_n) \text{от} \geq m_n (\rho_0 - \rho_n) - \rho_n m_d$$

Зум 5 уз 11

Кумов

(№. програмирање)

$$\Delta m \geq \frac{m_n(p_0 - p_n) - p_n m_g}{p_0 - p_n}$$

Максимални одговор, на основу тога минимално од m равно:

$$\Delta m_{\min} = m_n - m_g \frac{p_n}{p_0 - p_n}$$

$$\Delta m_{\min} = 100 \text{ €} - 5 \frac{0,9 \frac{\text{€}}{\text{kg}}}{1,4 \frac{\text{€}}{\text{kg}} - 0,9 \frac{\text{€}}{\text{kg}}} = 100 \text{ €} - 5 \frac{0,9}{0,5} = 100 \text{ €} - 45 \text{ €} = 55 \text{ €} \Rightarrow b \quad (1)$$

$$\Delta m_{\min} = 55 \text{ €} \cdot 340 \frac{\text{kg}}{\text{€}} = 18700 \text{ kg} \quad \Delta m = 18,7 \text{ kg}$$

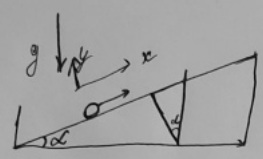
$$\begin{array}{r} 34 \\ \times 55 \\ \hline 170 \\ + 1700 \\ \hline 1870 \end{array}$$

Answer: $\Delta m_{\min} = 18,7 \text{ kg}$

Num 6 uz 11

Vježba

(N1)



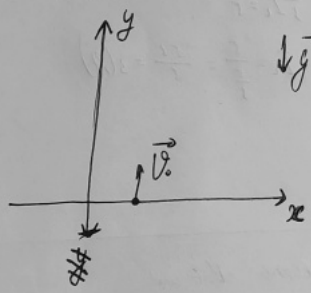
$g \sin \alpha$?



$a_x: g \sin \alpha$
 $a_y: g \cos \alpha$

$s = a$
 $s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$

(g sin alpha)



$\downarrow g \sin \alpha$

$\frac{F}{m}$

$y(t) = v_0 t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$

ty $y(t_1) = y(t_2) = l$

$l = v_0 t_1 - \frac{g \sin \alpha t_1^2}{2}$
 $l = v_0 t_2 - \frac{g \sin \alpha t_2^2}{2}$

1) $2l = 2v_0 t_1 - g \sin \alpha t_1^2$
 $g \sin \alpha t_1^2 = 2(v_0 t_1 - l)$ $\sin \alpha = \frac{2(v_0 t_1 - l)}{g t_1^2}$

2) $2l = 2v_0 t_2 - g \sin \alpha t_2^2$
 $g \sin \alpha t_2^2 = 2(v_0 t_2 - l)$ $\sin \alpha = \frac{2(v_0 t_2 - l)}{g t_2^2}$

$\frac{v_0 t_1 - l}{t_1^2} = \frac{v_0 t_2 - l}{t_2^2}$

$v_0 t_1 t_2^2 - l t_2^2 = v_0 t_2 t_1^2 - l t_1^2$

$\frac{u \cdot \Delta}{c^2} = \frac{L}{c}$

$v_0 t_1 t_2 (t_2 - t_1) = l (t_2^2 - t_1^2) = l (t_2 - t_1)(t_2 + t_1)$

$v_0 t_1 t_2 = l (t_2 + t_1) \Rightarrow v_0 = \frac{l (t_2 + t_1)}{t_1 t_2}$

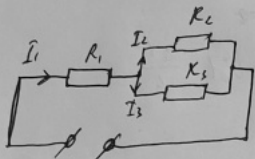
$v_0 = \frac{0,6 \cdot 3}{2} = 0,9 \cdot 3 = 0,9 (u/c)$

Чепродан

Зачем 7 уг 11

(N3)

$$N = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$



$$N_1 = 2,5 \text{ BT}$$

$$N_1 = I_1^2 R_1$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{2,5}{1}} = 5 \text{ (A)}$$

$$N_2 = I_2^2 R_2$$

$$I_2 + I_3 = I_1 \quad \frac{1}{3} I_2 + \frac{2}{3} I_2 = I_1 \quad \frac{5}{3} I_2 = I_1 \quad \frac{5}{3} I_2 = 5$$

$$U_2 = U_3$$

$$I_2 R_2 = I_3 R_3 \quad I_3 = I_2 \frac{R_2}{R_3} = \frac{2}{3} I_2$$

$$I_2 = \frac{5}{\frac{5}{3}} = \frac{5 \cdot 3}{5} = 3 \text{ (A)}$$

$N_2 = 9 \cdot 2 = 18 \text{ BT}$

(N2) Рынок парового 6 км вода, но емкост 6 км

$$\Delta m = 99,6 = 5,4 \text{ г}$$

$$F_A = 110$$

$$F_A = 1000 \cdot 10 \cdot 99 = 990000$$

$$F_A = 1000 \cdot 10 \cdot 99 \cdot 10^{-6} = 10^3 \cdot 10^{-6} \cdot 99 = 99 \cdot 10^{-3} = 0,99 \text{ H}$$

~~$$mg = (101 - 0,0054 + 0,0005) \cdot 10 = 90,996 \text{ H}$$~~

$$mg = (100 - 5,4 + 5) \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 99,6 \cdot 10^{-2} = 0,996$$

$mg > F_A$

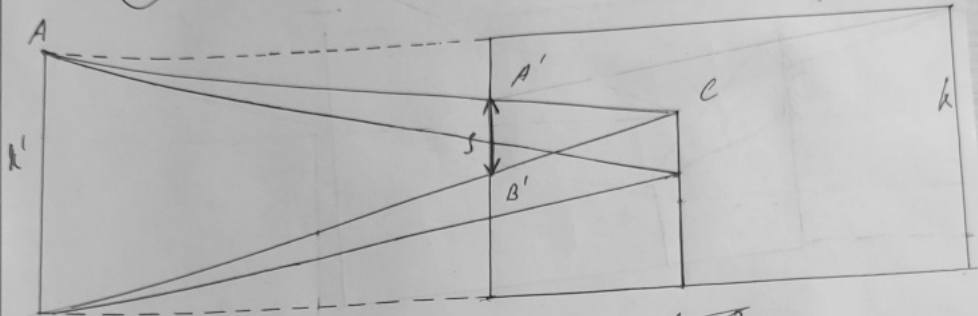


$$\begin{array}{r} 15,0 \\ - 8,5 \\ \hline 6,5 \end{array}$$

Lucum 8 uz 11

Чепробна

(14)



B

$\triangle ABC \sim \triangle A'B'C$

$\frac{h}{s} = \frac{L+l}{l}$

$s = \frac{lh}{L+l}$

$s = \frac{2 \cdot 3}{5+2} = \frac{6}{7}$

~~$\frac{6}{5} = \frac{14}{4}$~~

$s = \frac{14}{4} = \frac{12}{7} = 1\frac{5}{7}$

$\frac{6}{60}$

$\frac{12}{7} \text{ cm} = 1\frac{5}{7}$

$\frac{21}{7} = 3\frac{3}{7}$

(12)

Рамало 5 $\Delta V = 5 \text{ cm}^3$
 $\Delta m = 0,95 = 4,52$

$F_A = 1000 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 10^6 \cdot 10^{-6} = 1 \text{ H}$

$mg = (100 - 4,5 + 5) \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 99,5 \cdot 10^{-2} = 9,95$

$mg = (100 + 0,5) \cdot 10^{-3} = 100,5 \cdot 10^{-3} = 100,5 \text{ H}$

10
 $mg > F$

$\begin{array}{r} 5,0 \\ - 3,6 \\ \hline 1,4 \end{array}$

~~mg~~ $F_T > F_A$

$(m_1 - \Delta m + m_2) > \rho_0 g$

Рамало 4

$\Delta V = 4 \text{ cm}^3$

$\Delta m = 0,95 \cdot 4 = 3,62$

$F_A = 1000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 10^{-1} = 1,01 \text{ H}$

$F_T = (100 - 3,6 + 5) \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 101,4 \cdot 10^{-2} = 1,014 \text{ H}$

$F_T > F_A$

Лист 3 из 11

Чертеж

№ 4

