



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Рудоманов Михаил Алексеевич**

Класс: 9

Технический балл: **99**

Дата проведения: 24 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9542162

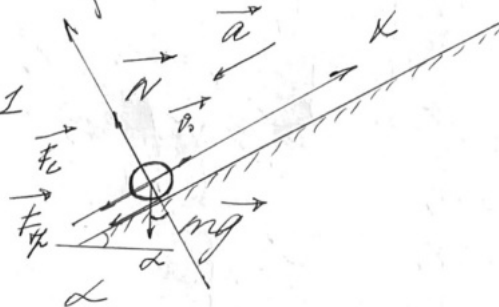
	1	2	3	4	Σ
Задача	25	24	25	25	99
Вопрос					

Ускорение

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

Решение:

рис. 1



УСО: кинем.

Шарик прилеп к материальной точке

1). По II з-у Ньютона:

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_k + \vec{F}_0 = m\vec{a}, \text{ где } a - \text{ ускорение}$$

с которым движется шар.

Из условия покоя шарика

$$F_k \rightarrow 0, F_0 \rightarrow 0. \text{ Тогда равенство перепишем так:}$$

$$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}.$$

В проекции на ОХ:

$$-ma = mg \sin \alpha, \quad a = -g \sin \alpha.$$

Таким образом зб-ие шарика равноускоренное движение:

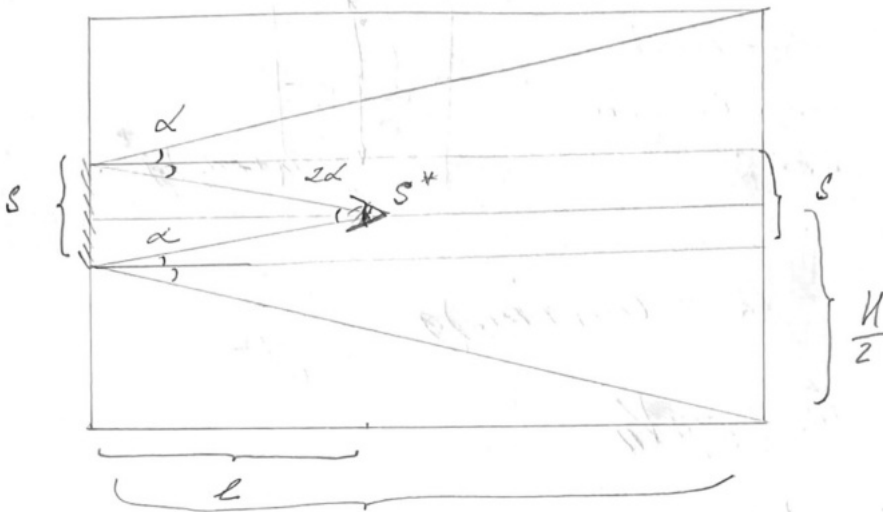
$$x(t) = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \quad x(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 \quad (a)$$

2) Зная, что в моменты времени t_1, t_2 координата шарика становится равной l заменим в уравнении (a) x на l и решим уравнение (a).

1 из 10

ЧЕРКОВАКА

4



$$L = 5 \text{ M}$$

$$H = 3 \text{ M}$$

$$l = 2 \text{ M}$$

$$s = ?$$

0,1070 1
1,070 2
10,70 3
107,0 4
1070 5

$$\begin{cases} \tan \alpha = \frac{s}{2l} = \frac{s}{2L} \\ \tan \alpha = \frac{(H-s) \frac{1}{2}}{L} = \frac{H-s}{2L} \end{cases}$$

$$\frac{s}{2L} = \frac{H-s}{2L}$$

$$2Ls = 2LH - 2Ls$$

$$s(2L + 2L) = 2LH$$

$$s = \frac{2LH}{2L + 2L}; \quad s = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3}{2 \cdot 5 + 2 \cdot 2} = \frac{6}{5+2} = \frac{6}{7} \text{ (M)}$$

$$s \approx 0,857 \text{ (M)}$$

Ответ: $s \approx 0,857 \text{ M}$

$$\begin{array}{r} 6/7 \\ 60 \\ \underline{56} \\ 40 \\ \underline{35} \\ 50 \\ \underline{49} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6/7 \\ 0 \\ \underline{0} \\ 60 \\ \underline{56} \\ 40 \\ \underline{35} \\ 50 \\ \underline{49} \end{array}$$

10 49 10

Уверобук

$$\begin{cases} l = v_0 t_1 - \frac{1}{2} g \sin \alpha t_1^2 \\ l = v_0 t_2 - \frac{1}{2} g \sin \alpha t_2^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} l - v_0 t_1 = -\frac{1}{2} g \sin \alpha t_1^2 \\ l - v_0 t_2 = -\frac{1}{2} g \sin \alpha t_2^2 \end{cases} \quad \div$$

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

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

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

Найдем числовое значение: (в см)

$$v_0 = 0,6 \text{ м} \frac{(20)^2 - (10)^2}{(20^2)(20 - 10)} = 0,6 \cdot \frac{3}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:

Найденное значение скорости шарика

$$v_0 = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

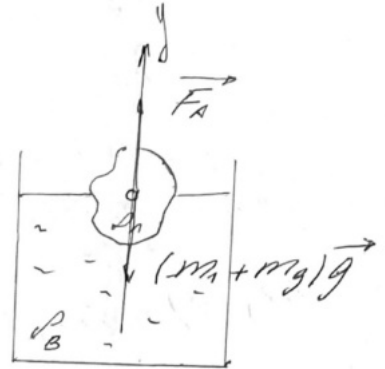
2 из 10

Условие

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad \rho_n &= 0,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \\ t_0 &= 0^\circ\text{C} \\ m_1 &= 100 \text{ г} \\ m_2 &= 5 \text{ г} \\ \rho_B &= 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \\ \lambda &= 340 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

Решение:

рис. 1.



Q - ?
1) Причиной явления
где есть энергии будет
состояние равновесия.
Дальнейшие направления зависят из
потенциала.

Раз система в равновесии, то
сравнительно:

$$\vec{F}_A + (m_1 + m_2)\vec{g} = 0, \text{ где } F_A - \text{ сила Архимеда}$$

$F_A = \rho_B g V_n$, V_n - объем погруженной.

В проекции на ось координат:

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

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

$$\rho_B V_n = (m_1 + m_2), \text{ откуда}$$

$$V_n = \frac{m_1 + m_2}{\rho_B} \quad (a)$$

2) Для данного случая при том объеме погруженной за весь объем тела в данный момент

3 из 10

Числовик

Максимальное равновесие шломет этого установившись, когда нагрузка поружидет шудне.

В результате нагревания обьем жидкости будет уменьшатся по 3-у:

$$m(Q) = m_1 - \frac{Q}{\lambda} \quad (5), \quad \text{т.к. } \lambda \Delta m = Q$$

3). Обьем поружидет будет равен (из (а)).

$$V_H = \frac{m(Q)}{\rho_A} + \frac{m_g}{\rho_g}, \quad \text{где } \frac{m_g}{\rho_g} \text{ можно пренебречь}$$

$$\left(\frac{m_g}{\rho_g} \right) \ll 1$$

Таким образом.

$$\frac{m_1 - \frac{Q}{\lambda}}{\rho_A} = \frac{m_1 + m_g}{\rho_B}, \quad m_1 - \frac{Q}{\lambda} = (m_1 + m_g) \frac{\rho_A}{\rho_B}$$

$$Q = \lambda (m_1 - (m_1 + m_g) \frac{\rho_A}{\rho_B})$$

Подставлю значения: (в СИ)

$$Q = 3,4 \cdot 10^5 \cdot (0,1 - (0,1 + 0,05) \cdot \frac{0,9}{1}) =$$

$$= 3,4 \cdot 10^5 (0,1 - 0,105 \frac{9}{10}) = 0,0055 \cdot 3,4 \cdot 10^5 = 0,01870 \cdot 10^5 =$$

$$= 1870 \text{ (Дж)}$$

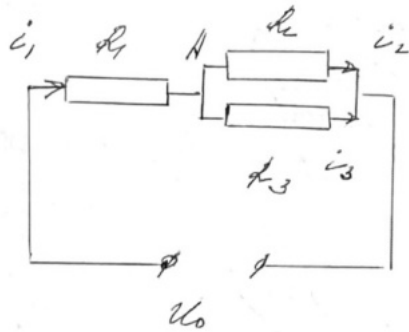
Ответ: Минимальное кол-во энергии, которое нужно сообщить жидкости, чтобы она утонула $Q = 1870 \text{ Дж}$.

Условие

3) $R_1 = 1 \Omega$
 $R_2 = 2 \Omega$
 $R_3 = 3 \Omega$
 $N_1 = 25 \text{ Вт}$
 $N_2 = ?$

Решение:

рис. 1



1) По 1 правилу Кирхгофа $i_1 = i_2 + i_3$

2) Ветви параллельного соединения
 $U_2 = U_3$, $R_2 i_2 = R_3 i_3$

3) Мощность, выделяющаяся в резисторе:
 $N_j = i_j^2 R_j$

4) Две решаемые неравенства загорел
 лампу сформулируем уравнения:

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 & (1) \\ N_1 = i_1^2 R_1 & (2) \\ R_2 i_2 = R_3 i_3 & (3) \\ N_2 = i_2^2 R_2 & (4) \end{cases}$$

из (3): $\frac{i_2}{i_3} = \frac{R_3}{R_2}$
 $i_3 = i_2 \frac{R_2}{R_3}$
 из (2): $i_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}}$, где

в условиях неравенства загорел
 из (1): $i_1 = i_2 \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)$, $i_2 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_3}}$

→ в (4):

$$N_2 = \frac{N_1}{R_1} \frac{1}{\left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)^2} R_2 = \frac{25}{1} \cdot \frac{1}{\frac{5^2}{3^2}} \cdot 2 = \frac{25}{1} \cdot \frac{9}{25} \cdot 2 = 18 \text{ (Вт)}$$

Ответ: $N_2 = 18 \text{ Вт}$

Условие

④ $L = 5 \text{ м}$

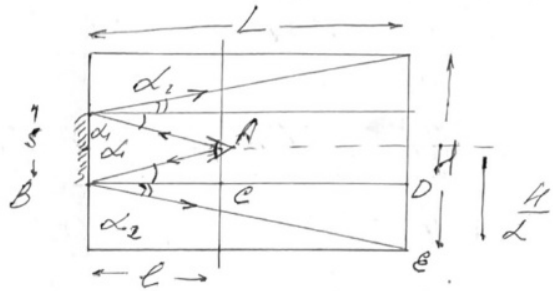
Решение:

$H = 3 \text{ м}$

$l = 2 \text{ м}$

$s = ?$

рис. 1.



1) Будем рассматривать оптимальную (т.е. минимальная высота) ситуацию, где линия зрения человека и центр зеркала находится на $\frac{H}{2}$.

2) Тогда, по 3-й оптической:

$d_1 = d_2$ и будем симметричны на respecto половине комнаты относительно ее центра.

3) $d_1 = d_2 = d$

а) $\triangle ABC$: $\begin{cases} \sin \alpha = \frac{s}{d} = \frac{s}{2d} \\ \sin \alpha = \frac{\frac{H}{2} - s}{L} = \frac{H-s}{2L} \end{cases}$

б) $\triangle BDE$: $\begin{cases} \sin \alpha = \frac{s}{d} = \frac{s}{2d} \\ \sin \alpha = \frac{\frac{H}{2} - s}{L} = \frac{H-s}{2L} \end{cases}$

Следовательно: $\frac{s}{2L} = \frac{H-s}{2L}$

$2LH - 2Ls = 2Ls$, $s = \frac{2LH}{2L+2L}$

Подставим числовые значения:

$$s = \frac{2 \cdot 2 \text{ м} \cdot 3 \text{ м}}{2(5 \text{ м} + 2 \text{ м})} = \frac{6 \text{ м}^2}{7 \text{ м}} = \frac{6}{7} \text{ м} \approx 0,857 \text{ м}$$

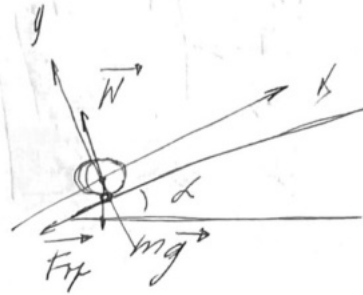
Ответ:

Минимальная высота зеркала
 $s = \frac{6}{7} \text{ м} \approx 0,857 \text{ м}$

ЧЕРНОВИК

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

$F_{\text{тр}} = \mu N$,
 $\mu \rightarrow 0$,
 $F_{\text{тр}} \rightarrow 0$.



Тогда применим равноускоренное прямолинейное гб-ие:

Нач-ая эк-ва: $v_{0x} = v_0$

Уск-ие: $a_x = -g \sin \alpha$

По II з-у Ньютона:

$m a_x = -m g \sin \alpha$, $a_x = -g \sin \alpha$.

$m \vec{a} = \vec{F}$, \vec{F} — результирующая

Ур-ие гб-ия в виде:

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

$$\begin{cases} l = v_0 t_1 - \frac{1}{2} g \sin \alpha t_1^2 \\ l = v_0 t_2 - \frac{1}{2} g \sin \alpha t_2^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 = \frac{l}{t_1} + \frac{1}{2} g \sin \alpha t_1 \\ v_0 = \frac{l}{t_2} + \frac{1}{2} g \sin \alpha t_2 \end{cases} \Rightarrow v_0 = \frac{0,6}{1} + \frac{1}{2} g \sin \alpha$$

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

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

$$v_0 = \frac{l \left(\frac{t_2}{t_1} - \frac{t_1}{t_2} \right)}{t_2 - t_1} = 0,6 \cdot \frac{\left(\frac{2}{1} - \frac{1}{2} \right)}{2 - 1} = 0,6 \cdot \frac{3}{2} = \frac{6^3}{10} \cdot \frac{3}{2} = \frac{9}{10}$$

$v_0 = 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

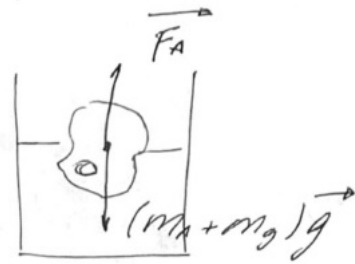
Ответ: $0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

F us 10

ЧЕРНОВИК

② $t_B = 0^{\circ}$
 $m_A = 100 \text{ г}$
 $m_B = 5 \text{ г}$
 $\rho_B = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
 $\rho_A = 8,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
 $\lambda = 340 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$

Традиционно
 считается
 равновесие
 будет:



$F_A = (m_A + m_B)g$, где

$F_A = \rho g V_n$

$\rho g V_n = (m_A + m_B)g$, $V_n = \frac{m_A + m_B}{\rho}$

масса горючего вещества неизменна,
 не меняется.

$m_A^* = m_A - \frac{Q}{\lambda}$, ($Q = m \lambda$)

$\frac{m_A - \frac{Q}{\lambda}}{\rho_A} + \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{m_A + m_B}{\rho}$

$\times 0,105$
 $\frac{0,105}{0,945}$
 $- 0,1000$
 $\frac{0,0055}{0,0055}$

$\times 0,0055$
 $\frac{0,0055}{1,870}$
 $\frac{1,870}{0,1870}$

где в условии

значит газам можно пренебречь

$\frac{\rho_B}{\rho_A} \gg 1$. (≈ 8)

$m_A - \frac{Q}{\lambda} = (m_A + m_B) \frac{\rho_A}{\rho}$

$Q = \lambda (m_A + (m_A + m_B) \frac{\rho_A}{\rho}) = \lambda (m_A - (m_A + m_B) \frac{\rho_A}{\rho})$

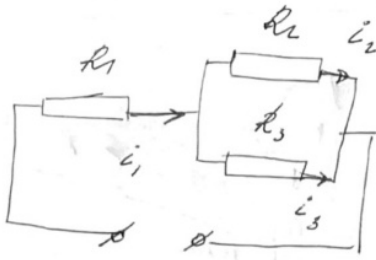
$Q = 3,4 \cdot 10^5 \cdot (0,1 - 0,1 + 0,005) \frac{\text{г}}{10} = 0,1870 \cdot 10^5 = 1,870 \cdot 10^4 = 18700 \text{ Дж}$

Ответ: 18,7 кДж.

8 из 10

ЧЕРНОВИК

③



$$R_1 = 1 \Omega$$

$$R_2 = 2 \Omega$$

$$R_3 = 3 \Omega$$

$$N_1 = 25 \text{ Вт}$$

$$N_2 = ?$$

По правилу Кирхгофа:

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

$$i_1 = i_2 + i_3$$

R_2 и R_3 соединены параллельно, поэтому на них одинаковое:

$$R_2 i_2 = R_3 i_3$$

Мощность выделяющаяся на проводнике

$$N_3 = i_3^2 R_3$$

Прямую измерить трудно:

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3 \\ R_2 i_2 = R_3 i_3 \\ N_1 = i_1^2 R_1 \\ N_2 = i_2^2 R_2 \end{cases}$$

$$i_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}}, \text{ знак " - " определяем}$$

$$i_3 = \frac{R_2}{R_3} i_2$$

$$\sqrt{\frac{N_1}{R_1}} = i_2 \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)$$

$$i_2 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1}} \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_3}}$$

$$N_2 = \left(\sqrt{\frac{N_1}{R_1}} \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_3}} \right)^2 R_2 = \frac{25}{1} \cdot \left(\frac{1}{1 + \frac{2}{3}} \right)^2 \cdot 2 = 25 \cdot \frac{1}{\left(\frac{5}{3}\right)^2} \cdot 2 =$$

$$= 25 \cdot \frac{3^2}{25} \cdot 2 = 9 \cdot 2 = 18 \text{ Вт}$$

Ответ: 18 Вт

9 из 10