



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Покори Воробьёвы Горы!»**

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Тильга Павел Денисович**

Класс: **11**

Технический балл: **94**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

Олимпиада школьников «Покори Воробьевы Горы!»  
Заключительный этап 2021/22 учебного года.

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| <b>ШИФР РАБОТЫ</b> | <b>1725034</b> |
|--------------------|----------------|

Результаты проверки:

|          | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>Σ</b> |  |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| <b>В</b> | 5        | 2        | 5        | 3        | 94       |  |
| <b>З</b> | 19       | 20       | 20       | 20       |          |  |

Степаньшина  
Истемцова

Константикин  
Наталия

Викторович  
Игорь

Сидоров  
Михаил

**ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:94**

Упробук

$$v = a_0 t \cdot \cos \alpha$$

$$dv = -a_0 t \sin \alpha dx$$

$$a = \frac{dv}{dt}$$

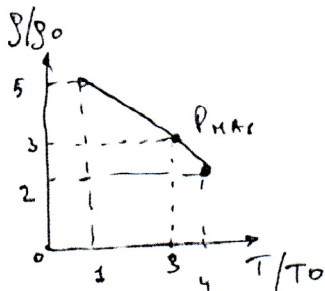
$$dx = \frac{L \cdot d\alpha}{2 \sin \alpha}$$

$$a_0 t dt = dx$$

$$a_0 t \cdot dt = -L \sin \alpha d\alpha$$

$$dt = \frac{-L \sin \alpha d\alpha}{a_0 t}$$

$$a = \frac{-a_0 t \sin \alpha \cdot d\alpha}{L \sin \alpha d\alpha} = \frac{a_0^2 t^2}{L} = \frac{a_0^2 K}{2 a_0 K} = \frac{a_0}{2}$$



$$pV = \nu RT$$

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

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

$$\mu p = \rho RT$$

$$\rho \sim \frac{1}{V}$$

$$p = 5p_0 - \frac{(T - T_0)p_0}{T_0}$$

$$= 5p_0 - \frac{T p_0}{T_0} + p_0 =$$

$$= \left(6p_0 - \frac{T}{T_0}\right)p_0$$

$$P_m = \frac{R}{\mu} \left( 5p_0 T - 6T - \frac{T^2}{T_0} \right) p_0$$

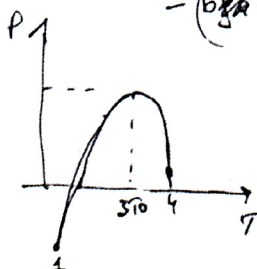
$$0 = \frac{R}{\mu} \left( 6 - \frac{2T}{T_0} \right)$$

$$T = 3T_0$$

$$P_{max} = \frac{R p_0}{\mu} (18T_0 - 9T_0) = 9 \dots$$

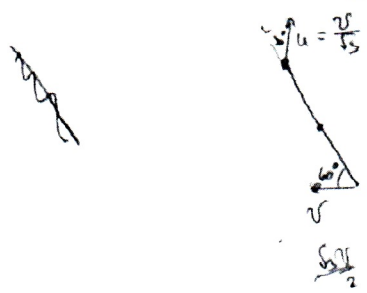
$$P_{min} = \frac{R p_0}{\mu} (6T_0 - T_0) = 5 \dots$$

(1.8)



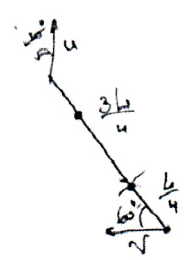
154

# Углублен



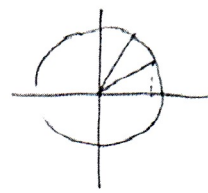
$$u \cos 30^\circ = v \cos 60^\circ$$

$$u = \frac{v \cos 60^\circ}{\cos 30^\circ} = v \cdot \frac{1/2}{\sqrt{3}/2} = \frac{v}{\sqrt{3}}$$



$$v \cos 60^\circ = u \cos 60^\circ$$

$$u = v = \frac{1/2}{\sqrt{3}/2} = \frac{\sqrt{3} v}{3}$$



$$x^2 + \frac{1}{4} = 1$$

$$\sqrt{3}$$

$$v_{\perp} = v \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3} v}{2}$$

$$u_{\perp} = \frac{\sqrt{3} v}{3} \cdot \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3} v}{6}$$

$$\omega \frac{3L}{4} = \frac{\sqrt{3} v}{2}$$

$$\omega \frac{L}{4} = \frac{\sqrt{3} v}{6}$$

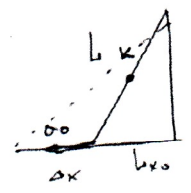
$$\frac{5\sqrt{3}}{3} =$$

$$\frac{a \omega t^2}{2} = \Delta x$$

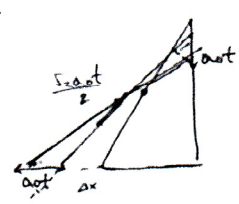
$$\frac{a_0 L}{2 \omega_0 \cdot 2} = \frac{L}{4}$$



$$\omega = \frac{4\sqrt{3}}{6} \frac{v}{L} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{v}{L} = \frac{2 \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{3} \cdot 0.62} = \frac{5}{\sqrt{3}}$$



$$L_{x0} = \frac{\sqrt{3} L}{2} - \frac{L}{4}$$



$$a = \frac{dv}{dt} =$$

$$x = L \cos \alpha$$

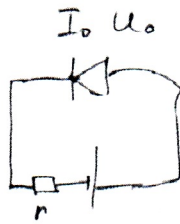
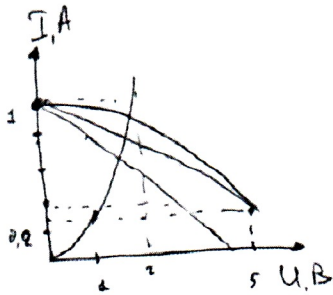
$$dx = -L \sin \alpha d\alpha$$

$$\frac{v^2}{2} = 2g$$

$$v = \frac{\sqrt{2}}{2} \omega \sqrt{\frac{L a_0}{2}} = \frac{\sqrt{L a_0}}{2} \cdot \omega \sin \alpha t$$

$$a \omega t \cdot dt = dx$$

Углубление



$$I_0 = \frac{U_0}{r}$$

$$U_0 + I_0 r = \mathcal{E}$$

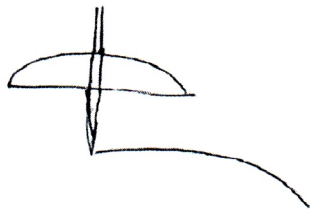
$$U_0 = 4 I_0 = 4$$

$$I_0 = 0.6 \text{ A}$$

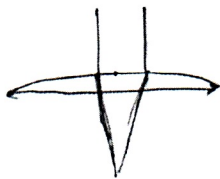
$$U_0 = 1.6 \text{ B}$$

аналит:

$$I = I_0 \cdot \sqrt{\frac{U}{\mathcal{E}}}$$



$$P = I_0 \cdot U_0 \approx 1.26 \text{ BT}$$



для цепи упрощен.

$$\frac{1}{D} =$$

$$\frac{1}{F} = D = \left( \frac{n_{cr} - 1}{n} \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \text{ упрощен}$$

$$D = 7 = (n_{cr} - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{h} = D$$

$$5 = \left( \frac{n_{cr}}{n_b} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{7}{5} = \frac{n_{cr} - 1}{n_b}$$

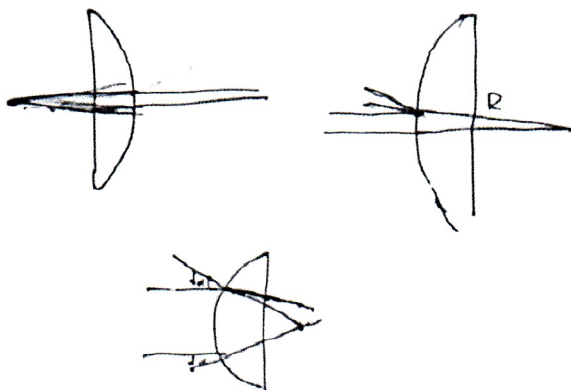
$$\frac{7 n_{cr}}{n_b}$$

$$\frac{7 n_{cr}}{n_b} = 5 n_{cr} + 2$$

8 у 4

$$n_b = \frac{7 n_{cr}}{5 n_{cr} + 2}$$

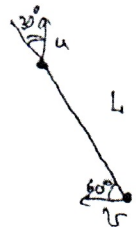
Черновики



1454

Задание 1

Вопрос:



Скорость первого шарика  $v$  (направлена под углом  $60^\circ$  к поверхности)

Обозначим  $u$  - скорость второго шарика (направлена под углом  $30^\circ$  к поверхности)

По скользку поверхность не имеет,  
то проекции скоростей вдоль него  
должны сохраняться:

$$v \cos 60^\circ = u \cos 30^\circ \Rightarrow u = \frac{v}{\sqrt{3}}$$

Зная скорости и направления шариков можно найти мгновенный центр вращения (расстояние до него) относительно как перпендикулярные к поверхности проекции шариков.

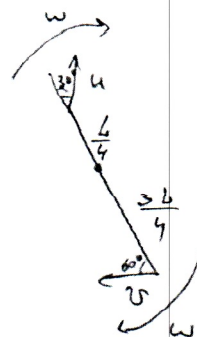
$$u_{\perp} = \frac{v}{\sqrt{3}} \cdot \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3} \cdot v}{6}$$

$$\Rightarrow \frac{u_{\perp}}{v_{\perp}} = \frac{1}{3} = \frac{L/4}{3L/4}$$

$$v_{\perp} = v \cdot \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3} v}{2}$$

Осталось записать:

$$\omega \cdot \frac{L}{4} = \frac{\sqrt{3} \cdot v}{6} \Rightarrow \omega = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{v}{L} \approx 2,3 \text{ рад/с}$$



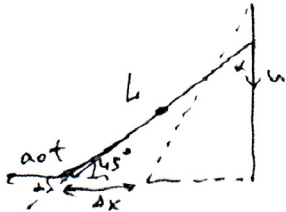
+



# Цистовик

## Задача 4

Задача:



$$\alpha = 45^\circ$$

Перемещение нижнего конца за время  $t$ :

$$\Delta x = \frac{a_0 t^2}{2} = \frac{L}{4} < \frac{\sqrt{2}L}{2}, \text{ значит вертикально лестница не выскочит}$$

Скорость нижнего конца горизонтальная и равна  $a_0 t$

Скорость верхнего вертикальна и равна  $u$

П.к. ст. лестница перпендикулярна, значит проекции скоростей на неё сохраняются:

$$a_0 t \cdot \cos 45^\circ = u \cdot \cos 45^\circ$$

Получается, что оба конца имеют

$$u = a_0 t$$

одинаковую скорость и направлены под одним углом к лестнице.

Отсюда можно сделать вывод, что мгновенный центр вращения в этот момент находится по середине лестницы, т.е. там где Леопольд.

Значит он имеет скорость только

вдоль лестницы, которая постоянна по всей длине и равна,

$$v = a_0 t \cdot \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a_0 t = \frac{\sqrt{2} a_0 L}{2} \text{ скорость Леопольда}$$

Ускорение равно:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{-a_0 t \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha \cdot a_0 t}{-L \sin \alpha \cdot d\alpha} = \frac{a_0^2 t^2}{L} = \frac{a_0^2 L}{L \cdot 2 a_0} = \frac{a_0}{2}$$

$$dv = -a_0 t \sin \alpha \cdot d\alpha$$

$$v dt = dx$$

$$a_0 t \cdot dt = dx = -L \sin \alpha \cdot d\alpha$$

$$\frac{1}{2} dx = (L \cos \alpha)' = -L \sin \alpha \cdot d\alpha$$

$$dt = \frac{dx}{a_0 t} = \frac{-L \sin \alpha \cdot d\alpha}{a_0 t}$$

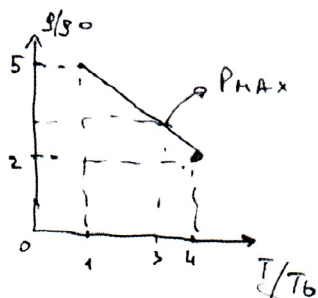
Ответ:  $v = \frac{\sqrt{2} a_0 L}{2}$   
 $a = \frac{a_0}{2}$



# Числовые

## Задача 2

Задача:



Ур-е прямой:

$$g = \left(6 - \frac{T}{T_0}\right) g_0$$

в диапазоне  $[T_0; 4T_0]$

$$PV = \nu RT$$

$$P = \frac{m}{V \cdot \mu} RT$$

$$P = g \frac{RT}{\mu}$$

$$\nu = \text{const}$$

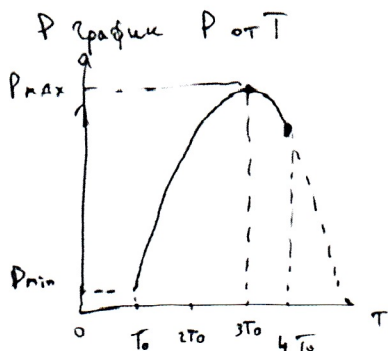
$$\nu = \frac{m}{\mu}$$

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

$$P = \frac{R}{\mu} \left(6T - \frac{T^2}{T_0}\right) g_0 \quad \text{— параболла}$$

возьмём производную

$$0 = \frac{R}{\mu} g_0 \left(6 - \frac{2T}{T_0}\right) \Rightarrow T = 3T_0$$



видно что  $P_{\max}$  при  $3T_0$

$P_{\min}$  при  $T_0$ , так как  $3T_0 - T_0 > 4T_0 - 3T_0$

т.к. слева параболы  
ниже  
(она симметрична)

$$P_{\max} = \frac{R g_0}{\mu} (18T_0 - 9T_0)$$

$$P_{\min} = \frac{R g_0}{\mu} (6T_0 - T_0)$$

$$\frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{9}{5} = 1.8$$



Ответ: в 1,8 раз

Задача 2

Чистовик

Вопрос:

Тем-ра с точки зрения молекулярно-кинетической теории -

Величина, которая характеризует интенсивность теплового движения и пропор. средней кинетич. энергии частицы

Абсолютная шкала тем-ур это тем-ра в кельвинах (K)

где начало отсчёта абсолютный 0 тем-ры ( $273,15^{\circ}\text{C}$ )



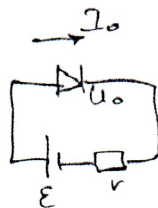
Лист 1 из 6

## Числовые

### Задача 3

Вопрос:

Схема:



$$E = U_0 + I_0 r, \text{ где } I_0 \text{ и } U_0$$

ток и напр.

на диоде

$$I_0 = \frac{E}{r} - \frac{U_0}{r} \text{ - прямая}$$

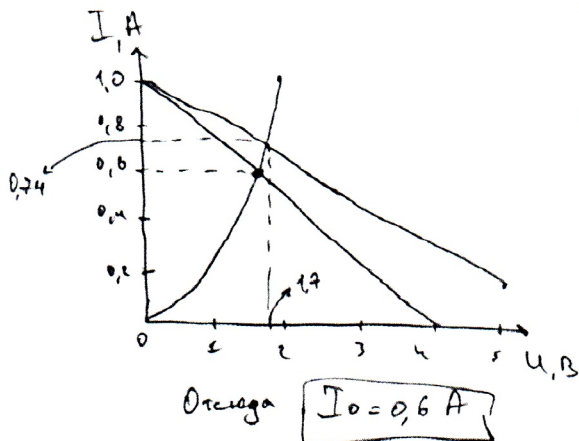
$$I_0 = 1 - \frac{U_0}{4}$$

её можно провести

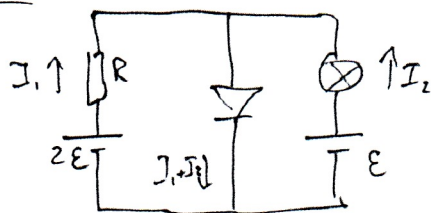
по закону Ома

и найти пересечение

это и будет ответ.



Задача:



$$\begin{cases} 2E = I_1 R + U_D \\ E = U_A + U_D \end{cases}$$

$$E = U_A + U_D$$

$$I_2 = I_0 \sqrt{\frac{U_A}{E}}$$

$I_0$  - ток через диод.

$U_D$  - напр. на диоде

$U_A$  - напр. на лампочке

$$E = I_1 R - U_A$$

функции ( $I_D$  от  $U_D$ )

$$I_D = \frac{2E - U_D}{R} + I_0 \sqrt{1 - \frac{U_D}{E}}$$

- найти пересечение этой функции с графиком можно найти  $I_D$  и  $U_D$

$$I_D = \frac{10 - U_D}{20} + \frac{1}{2} \sqrt{1 - \frac{U_D}{5}}$$

из графика  $I_D \approx 0.74 \text{ A}$   $U_D \approx 1.7 \text{ В}$

Ответ: 1,26 Вт

Тогда мощность

$$P_D = I_D U_D \approx 1,26 \text{ Вт}$$

Лист 5 из 6



## Чистовик

### Задание 4

Вопрос:      Формула:       $\frac{1}{F} = D = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

Здесь  $n_2$  - показатель преломл. материала линзы

$n_1$  - показ. преломл. среды вокруг

$R_1$  и  $R_2$  - радиусы кривизны линзы

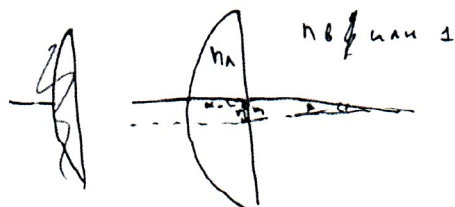
Из формулы видно, что при покрывании линзы в микроств с большим показателем преломления оптическая сила

$D$  - уменьшится

### Задача:

По условию пучок узкий и двигает с осью линзы

Значит все лучи можно считать параллельными



В случае когда нет воды

пучок выйдет на расстоянии

$F = \frac{1}{D}$

$$F = \frac{1}{D}$$

с водой на расстоянии  $h$ .

Тогда:

$$\tan \beta = \frac{n}{F} ; \tan \beta_1 = \frac{n}{h}$$

$$\frac{\tan \beta_1}{\tan \beta} = \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta} = \frac{1}{D \cdot h}$$

Обозначим угол  $\beta$  - угол отклонения луча в воздухе и зп. опт. осью

$\beta_1$  - между лучом в воде и зп. опт. осью

$\alpha$  - угол падения луча на плоскую поверхность и тангл

По за-ку преломления:

$$n_2 \cdot \sin \beta' = \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha$$

$$\sin \beta = n_1 \cdot \sin \alpha$$

$$n_2 = \frac{\sin \beta}{\sin \beta_1} = D \cdot h = \left( \frac{1}{F} \right) \cdot h$$

Ответ:  $n_2 = 1,4$

$h$  - расстояние от точки падения луча до зп. опт. осей

$n_1$  - показ. преломл. линзы

$n_2$  - вода

или в воде