



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

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

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Васильев Ярослав Алексеевич**

Класс: **11**

Технический балл: **87**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

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

ШИФР РАБОТЫ	1851600
--------------------	----------------

Результаты проверки:

	1	2	3	4	Σ
В	5	3	5	3	87
З	11	20	20	20	

Степасьеву Константин Викторович
Метельова Наталья Игоревна

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:87

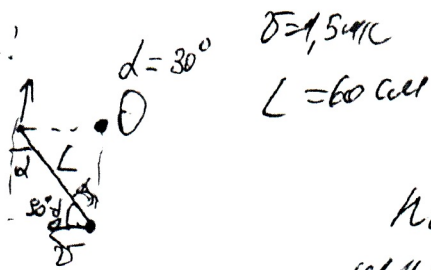
1851600

Билет 403

Шеменов

Н1

Вопрос:



$$\alpha = 30^\circ$$

$$\sigma = 1,5 \text{ м/с}$$

$$L = 60 \text{ см}$$

Раз картинка симметрична
по отношению к центру
масс, то теорема о движении
центра масс применима.

Центр масс находится на расстоянии L от вершины угла. (Это так
как следует из симметрии стержня)

т.е. $60^\circ + 30^\circ = 90^\circ$ и скорости шаров перпенди-
кулярны стержню такого прямоугольного
треугольника $\Rightarrow \omega = \frac{v}{L \cos \alpha} \Rightarrow \omega = \frac{v}{L \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2v}{L\sqrt{3}} \Rightarrow \omega = \frac{2 \cdot 1,5 \text{ м/с}}{0,6 \text{ м} \cdot \sqrt{3}} \Rightarrow \omega = \frac{3 \text{ м/с}}{0,6 \cdot \sqrt{3}} \Rightarrow$$

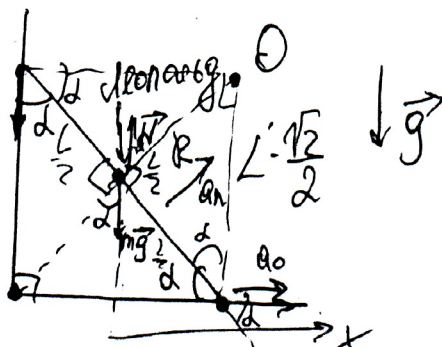
$$\Rightarrow \omega \approx \frac{3 \text{ м/с}}{1,04 \sqrt{3}} \Rightarrow \omega \approx \frac{5}{\sqrt{3}} \text{ с}^{-1} \Rightarrow \omega$$

$$\sqrt{3} \approx 1,73 \Rightarrow \omega \approx \frac{5 \cdot 10}{17} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega \approx 3 \text{ рад/с}$$

Ответ: $\omega \approx 3 \text{ рад/с}$

Задача:



Но как же можно
двигаться с ускорением?
Это сила реакции
со стороны шарика
и сила тяжести. $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ т.е. они направлены вдоль одной прямой $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ ускорение центра масс из второго закона Ньютона
следует, что ускорение центра масс по горизон-
тальной оси Ox будет равно 0. $\Rightarrow \ddot{x} = \text{const}$

Штатов

П.п. стержень падает и промывает сечение. Кое-где отрыва и дуга его концы, то в дуге шестерни вращаются. Шестерня центр вращается относительно центра вращательного движения. Из геометрии можно найти расстояние от м. О до центра вращательного движения. $R = \frac{L}{2}$ (п.п. стержень и вращательное движение в центре и в центре $R \rightarrow$) $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ ~~тогда~~ скорость центра шестерни $\Rightarrow$ $v_0 = a_0 t \Rightarrow v_0 = a_0 \sqrt{\frac{L}{2a_0}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \omega = \frac{v_0}{L \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} \Rightarrow$ тогда скорость у центра шестерни будет направлена вверх стержня

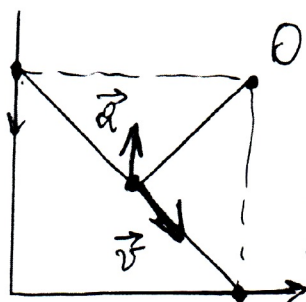
и равно: $v = \omega \cdot R \Rightarrow v = \frac{v_0}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \cdot \frac{L}{2} \Rightarrow v = \frac{a_0 \cdot \sqrt{L}}{\sqrt{2} \cdot 2} \Rightarrow v = \frac{a_0 \cdot \sqrt{L}}{\sqrt{4a_0}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow v = \frac{\sqrt{La_0}}{2}$$

или доказано, что по горизонтальной оси умножение нет $\Rightarrow a \cdot \cos \alpha = a_h \Rightarrow a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = a_h$

$$a_h = \frac{v^2}{R} \Rightarrow a_h = \frac{La_0 \cdot 2}{2 \cdot \frac{L}{2}} \Rightarrow a_h = \frac{a_0}{2} \Rightarrow a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{a_0}{2} \Rightarrow a = \frac{a_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow R = a_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{Ответ: } v = \frac{\sqrt{La_0}}{2}; a = a_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$



Направление ускорения центра вращательного движения

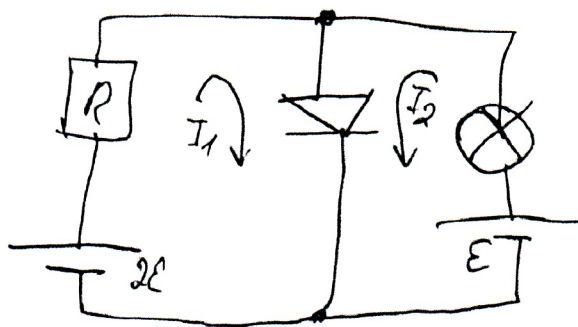
Примечание: ~~шестерня~~ шестерня о шестеренной дуге вращательного движения из центра стержня и его вращения

$$v_1 \cos \alpha = v_2 \cos \beta$$

шестерни, т.е.



Задача:



$$I = I_0 \cdot \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

$$\left(\frac{I}{I_0}\right)^2 \varepsilon = 4k$$

£-58

Re 20 R

$$\hat{L}_0 = 954$$

Заменим второе правило Киргоса для нр-
го 4. Второго контура соответственно:

$$-2\mathcal{E} + I_1 R + \mathcal{U}_0 = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{2\mathcal{E} - \mathcal{U}_0}{R}$$

$$-E + U_u + U_D = 0 \Rightarrow -E + \left(\frac{I_D}{I_0}\right)^2 E + U_D = 0 \Rightarrow \left(\frac{I_D}{I_0}\right)^2 = \frac{E - U_D}{E} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 \cdot \sqrt{1 - \frac{U_D}{E}}$$

По первому правилу Кирхгофа! $I_1 + I_2 = I_D \Rightarrow$

$$\Rightarrow I_D = \frac{2\mathcal{E} - V_D}{R_s} + I_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{V_D}{\phi_0}}$$

при этом $\Rightarrow$ не доминирует

найти пересечение прямой AB и BC и BC и CA и CA и AB

$$\frac{dT_0}{dU_0} = -\frac{1}{R} \frac{T_0}{\varepsilon^2 \sqrt{1 - \frac{U_0}{\varepsilon}}} \Rightarrow \frac{dT_0}{dU_0} < 0 \text{ при } U_0 < \varepsilon,$$

т.е. эта величина ~~отрицательна~~ отрицательна

т.е. это дублирующая ~~много-~~

$\frac{dU_0}{d\alpha} = R \frac{\varepsilon_2 \sqrt{1 - \frac{U_0}{\varepsilon_1}}}{\varepsilon_1}$ т.е. эта функция ~~тоже~~ монотонно убывает $\Rightarrow$ н.б. ~~функции~~ ВЛХ снова монотонно возрастает ~~и~~ и эта функция ~~монотонно~~ убывает $\Rightarrow$ у них не более ~~одной~~ 1 точка пересечения

$\Delta m \Rightarrow y$ wenn sie auch Δm ist
~~$$\Delta E = \frac{1}{2} \Delta m c^2 = \frac{1}{2} \Delta m \cdot 2 \cdot 10^8 \text{ eV} = \Delta m \cdot 10^8 \text{ eV}$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} \Delta m c^2 = \frac{1}{2} \Delta m \cdot 2 \cdot 10^8 \text{ eV} = \Delta m \cdot 10^8 \text{ eV}$$

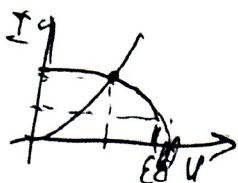
$$\Delta E = \frac{1}{2} \Delta m c^2 = \frac{1}{2} \Delta m \cdot 2 \cdot 10^8 \text{ eV} = \Delta m \cdot 10^8 \text{ eV}$$~~

~~Вывод: при включении резистора в цепь...~~ Минусовая

Подберем тогда такую точку на характеристике, что будет максимум мощности.

при $U_D = \mathcal{E} \Rightarrow I_D = \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow I_D = 0,25 \text{ A}$

при $U_D = 0 \Rightarrow I_D = 1 \text{ A} \Rightarrow$ ~~точка короткого замыкания~~



Подберем $I_D = 0,8 \text{ A} \Rightarrow U_D \approx 1,8 \text{ B}$

$\Rightarrow \frac{10 \text{ B} - 1,8 \text{ B}}{20 \Omega} + 0,5 \text{ A} \sqrt{1 - \frac{1,8 \text{ B}}{5 \text{ B}}}$

$\frac{8,2}{20} = 0,41 \text{ A}$

~~$\frac{1,8}{20} = 0,09 \text{ A}$~~ $\frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} = 0,4 \text{ A} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ точка $I_D = 0,8 \text{ A}$; $U_D \approx 1,8 \text{ B}$ нам подходит $\Rightarrow$

$\Rightarrow P = I_D \cdot U_D \Rightarrow P = 0,8 \cdot 1,8 \text{ B} \Rightarrow P = \frac{8}{10} \cdot \frac{18}{10} \Rightarrow P = \frac{48 \cdot 3}{100} \text{ Bm} \Rightarrow$

$\Rightarrow P \approx 1,44 \frac{144}{100} \text{ Bm} \Rightarrow P \approx 1,44 \text{ Bm}$

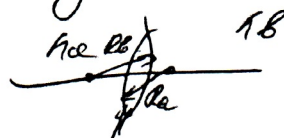
Ответ: $P \approx 1,44 \text{ Bm}$

Примечание: ввиду неточного определения вычисления по графикам возможен незначительный разброс значений.

Вопрос:

По общедельной формуле сетки К:

$\frac{h_e}{a} + \frac{h_b}{b} = \frac{h_e - h_c}{R_a} + \frac{h_c - h_b}{R_b}$



если $h_c = h_b \Rightarrow \frac{h}{a} + \frac{h}{b} = \frac{h - h}{R_a} + \frac{h - h}{R_b}$, если нам известны формулы, то получим парадоксальный нулевой ответ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow Q = 0 \Rightarrow \frac{n}{R} = 0 \Rightarrow \frac{n}{F_H} = (n_H - 1) \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cancel{\frac{n}{F_H}} \quad D = \frac{1}{F_H} \Rightarrow D_H = \left(\frac{n_H - 1}{n} \right) \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0} \right)$$

Она отрицательна или в воздухе:

$$D_H \neq 0 = (n_H - 1) \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0} \right) \Rightarrow \frac{D_H}{D} = \frac{n_H - 1}{n(n_H - 1)} \Rightarrow$$

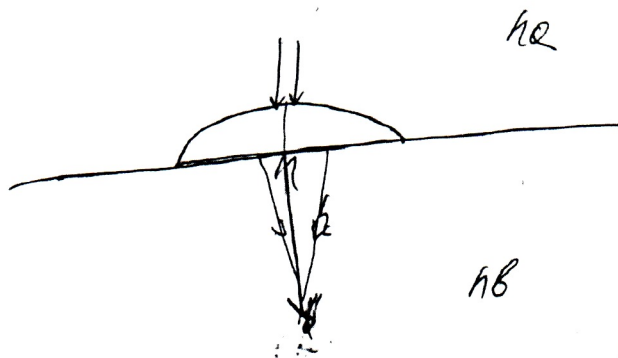
$$\Rightarrow \frac{D_H}{D} = \left(\frac{n_H}{n} - 1 \right) \Rightarrow \text{т.е. } n > 1 \Rightarrow D_H < 0 \Rightarrow \text{отрицательная}$$

сила линзы ~~отрицательная~~ ~~уменьшится~~.



Задача!

$n = 20 \text{ см}$
 $D = 7 \text{ диоп}$



По формуле линзы:

$$\frac{n_0}{a} + \frac{n_b}{b} = \frac{n_H - n_0}{R_0} + \frac{n_H - n_b}{R_b}$$

В нашем случае:

$$n_0 = 1$$

$$n_b = n$$

$$R_0 = R$$

$$R_b \rightarrow \infty \text{ (поверхность плоская)}$$

$$b = F$$

По формуле линзы:

$$D = (n_H - 1) \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_b} \right) \Rightarrow$$

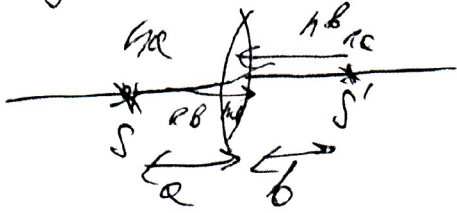
$$\Rightarrow D = \frac{(n_H - 1)}{R} \Rightarrow \frac{n}{h} = D \Rightarrow n = h \cdot D \Rightarrow n = 92 \text{ диоп} \cdot 7 \text{ диоп} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{7}{5} \Rightarrow n = 1,4$$



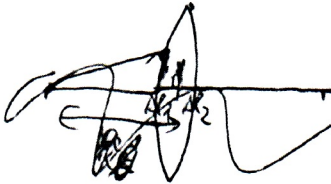
Ответ: $n = 1,4$

Выведем обобщенную формулу линзы:

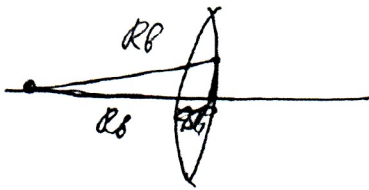


Используем Перпендикуляр!

$$h_a \cdot (a - \Delta l_1) + h_b \cdot (b - \Delta l_2) + h_a(\Delta l_1 + \Delta l_2) = 0$$



$$\begin{aligned} (a - \Delta l_1)^2 + h_a^2 &= f^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow h_a^2 &= (a - \Delta l_1) \cdot 2af \\ \Rightarrow h_a^2 &= 2af \cdot \Delta l_1 \\ h_a^2 &= 2a \cdot \Delta l_1 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} (b - \Delta l_2)^2 + h_b^2 &= f^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow h_b^2 &= 2 \cdot \Delta l_2 \cdot Rb \\ h_b^2 &= 2 \Delta l_2 \cdot Rb \end{aligned}$$

$$h_a \cdot \sqrt{a^2 + 2 \Delta l_1 R a} + h_b \cdot \sqrt{b^2 + 2 \Delta l_2 R b} = h_a(a - \Delta l_1) + h_b(b - \Delta l_2) + h_a(\Delta l_1 + \Delta l_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_a \cdot a \left(1 + \frac{\Delta l_1 R a}{a^2}\right) + h_b \cdot b \left(1 + \frac{\Delta l_2 R b}{b^2}\right) = h_a \cdot a - h_a \cdot \Delta l_1 + h_b \cdot b - h_b \cdot \Delta l_2 + h_a \cdot \Delta l_1 + h_b \cdot \Delta l_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h_a \cdot \frac{\Delta l_1 \cdot R a}{a} + h_b \cdot \frac{\Delta l_2 \cdot R b}{b} = -h_a \cdot \Delta l_1 - h_b \cdot \Delta l_2 + h_a \cdot \Delta l_1 + h_b \cdot \Delta l_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{h_a}{a} \cdot R a + h_a - h_a\right) + \left(h_b \cdot \frac{R b}{b} + h_b - h_b\right) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{h_a}{a} + \frac{h_b}{b} = \frac{h_a - h_a}{R a} + \frac{h_b - h_b}{R b}$$