



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

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

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Вавилов Михаил Борисович**

Класс: **11**

Технический балл: **86**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

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

ШИФР РАБОТЫ	1653402
--------------------	----------------

Результаты проверки:

	1	2	3	4	Σ
В	5	4	5	5	86
З	13	20	14	20	

Мартенко Светлана Николаевна 
Виньцова Полина Александровна 

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:86

Билет №3. Чистовик

№1

Вопрос:

Т.к. ~~кантел~~ кантел нерастяжимая $\Rightarrow$

$$\Rightarrow v \cos 60^\circ = v_1 \cos 30^\circ$$

↑
скорость второго шарика.

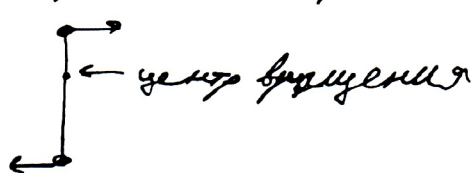
$$v_1 = \frac{1,5 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{3}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ м/с.}$$

Тогда нормальная к кантел составляющая скорости

$$\text{первого шарика это } v \sin 60^\circ = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{3\sqrt{3}}{4}$$

$$\text{для второго шарика } v_1 \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

Эти составляющие должны относиться, как расстояния от шариков до центра вращения, т.к. шарики в этот момент крутятся с одинаковой угловой скоростью:



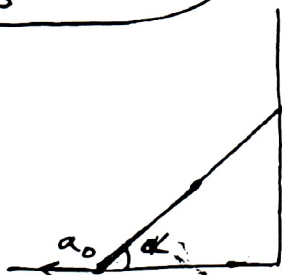
$$\frac{v \sin 60^\circ}{v_1 \sin 30^\circ} = \frac{\omega r}{\omega(L-r)} = \frac{r}{L-r}, \text{ где } r - \text{расст.}$$

от первого шарика до центра вращ.

$$3(L-r) = r; \quad 3L = 4r \Rightarrow r = \frac{3L}{4} \Rightarrow \omega = \frac{v \sin 60^\circ}{r} = \frac{3\sqrt{3} \cdot \frac{4}{10}}{4 \cdot 3 \cdot \frac{6}{10}} = \frac{5\sqrt{3}}{3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Ответ: $\frac{5\sqrt{3}}{3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

Задача:



$$t = \sqrt{\frac{L}{2a_0}}. \text{ За это время конец лестницы успеет сместиться на } l = \frac{a_0 t^2}{2} = \frac{a_0 L}{4a_0} = \frac{L}{4}$$

Если начальное расстояние от ниж. конца лестницы до стены равно l_0 , то $\cos \alpha = \cos 45^\circ = \frac{\frac{L}{4} + l_0}{L} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow L = \frac{\sqrt{2}}{4} L + \sqrt{2} l_0 \Rightarrow l_0 = L \cdot \frac{4 - \sqrt{2}}{4\sqrt{2}}$$

Из свойств прямоугольного треугольника и из того, что кот находится на середине гипотенузы (т.е. в центре описанной окружности, радиус которой равен половине гипотенузы) следует, что кот движется 1 из 5

по окружности с центром в вершине двугранного угла.
 Т.е. его скорость в момент, когда $\alpha = 45^\circ$, направлена
 вдоль гипотенузы и т.к. лестница нерастяжимая (если
 v_0 это скорость нижнего конца лестницы, v - скорость
 кота): ~~тогда~~ $v_0 \cdot \cos \alpha = v$. При этом $v_0 = a_0 t = \sqrt{\frac{L a_0}{2}}$

$$v = \frac{\sqrt{L a_0}}{2}$$

По той же причине (что лестница жесткая) тангенциальное
 ускорение кота в этот момент направлено вдоль ~~лестницы~~
 лестницы и равно $a_0 \cos 45^\circ = a_n = a_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$

Нормальное ускорение равно: $a_n = \frac{v^2}{\frac{L}{2}} = \frac{2 \cdot L a_0}{4 \cdot L} = \frac{a_0}{2}$.

Тогда полное ускорение $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = \sqrt{\frac{a_0^2}{4} + \frac{a_0^2}{2}} = a_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$

и тангенс угла наклона ускорения к лестнице:

$$\tan \beta = \frac{a_n}{a_\tau} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Ответ: $v = \frac{\sqrt{L a_0}}{2}$ и направлен вдоль лестницы.

$a = a_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$ и направлен под углом β к лестнице,
 где $\tan \beta = \frac{\sqrt{2}}{2}$

2.

Температура в мол.-кин. теории это мера средней
 кинетической энергии молекул системы: $E = \frac{3}{2} kT$,

где T - температура, k - пост. Больцмана, E - ср. кин. энергия.

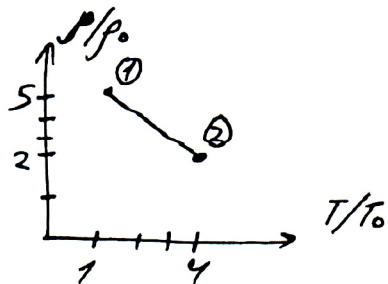
~~В~~ По шкале Цельсия за нуль температуры считается
 точка замерзания воды (или иногда тройная точка воды,
 которая не очень сильно отличается), а за 100°C температура
 кипения воды при атм. давлении.

Нуль по абсолютной шкале (Кельвина) считается той
 температурой, при которой прекращается тепловое
 движение молекул (при этом у них сохраняется
 некоторая "нулевая" энергия).

2 из 5

Учитывая
Измерения на 1°C соответствует изменению на 1K .
 $0\text{K} \approx -273^\circ\text{C}$

Задача:



$$\frac{p_{\max}}{p_{\min}} = ?$$

~~Знаю~~
у-е Менг.-Клан: $pV = \nu RT$

$$\text{или } p\mu = \nu RT$$

$$\begin{cases} p_1 \mu = p_1 R T_1 \\ p_2 \mu = p_2 R T_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{p_1}{p_0 T_0} \mu = \frac{p_1}{p_0} R \cdot \frac{T_1}{T_0} \\ \frac{p_2}{p_0 T_0} \mu = \frac{p_2}{p_0} R \cdot \frac{T_2}{T_0} \end{cases}$$

$$\frac{p}{p_0 T_0} \mu = \frac{p}{p_0} R \frac{T}{T_0} \quad \leftarrow \text{это уловный коэфф.}$$

$$\frac{\frac{p_1}{p_0} - \frac{p_2}{p_0}}{\frac{T_1}{T_0} - \frac{T_2}{T_0}} = \frac{-3}{3} = -1 \Rightarrow \frac{p_1}{p_0} - 2 = -\frac{T_1}{T_0} + 4$$

$$\frac{p_1}{p_0} = 6 - \frac{T_1}{T_0}$$

$$\frac{p}{p_0 T_0} \mu = R \cdot 6 \frac{T}{T_0} - R \frac{T^2}{T_0^2}$$

$$p\left(\frac{T}{T_0}\right) = \frac{R p_0 T_0}{\mu} \left(-\left(\frac{T}{T_0}\right)^2 + 6 \frac{T}{T_0} \right) \quad \leftarrow \text{это параболка безвыши вниз.}$$

$$p'(\frac{T}{T_0}) = 0 = \frac{R p_0 T_0}{\mu} \cdot \left(6 - 2 \frac{T}{T_0} \right) \Rightarrow \frac{T}{T_0} = 3$$

$$p''(\frac{T}{T_0}) = -\frac{R p_0 T_0}{\mu} \cdot 2 \Rightarrow \text{при } \frac{T}{T_0} = 3 \quad p \rightarrow \max.$$

$$p(3) = p_{\max} = \frac{R p_0 T_0}{\mu} \cdot (-9 + 18) = \frac{9 R p_0 T_0}{\mu}$$

$$p(1) = \frac{5 R p_0 T_0}{\mu}$$

$\Rightarrow$ в ходе процесса $p(1) = p_{\min}$

$$p(4) = \frac{8 R p_0 T_0}{\mu}$$

$$\text{Тогда } \frac{p_{\max}}{p_{\min}} = \frac{9}{5}$$

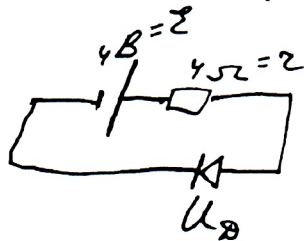
Ответ: $\frac{9}{5}$

(+)

Условие

$\sqrt{3}$

Вопрос:

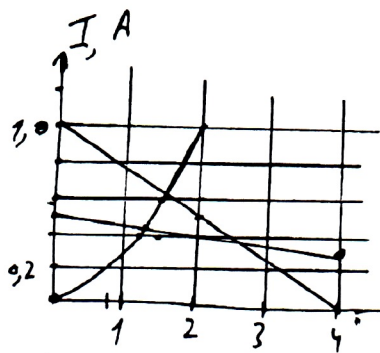


Обход контура.
 $2 - i \cdot 2 = U_D \Rightarrow i = 1 - \frac{U_D}{2}$

проводим эту прямую на ВАХ и смотрим пересечение.

Получаем примерно $(1,5; 0,6)$

Проверим: $1 - \frac{3}{8} = \frac{5}{8} \approx 0,6 \text{ A}$.

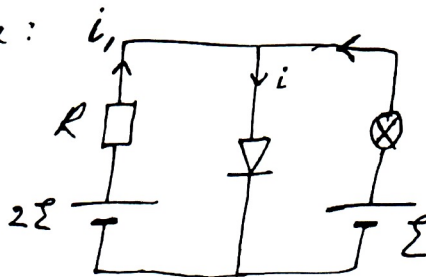


Значит, через диод потечет примерно

но 0,6 A. Ответ: примерно 0,6 A



Задача:



$I = I_0 \cdot \sqrt{\frac{U}{U_0}}$; $U = \left(\frac{I}{I_0}\right)^2 \cdot U_0$

$U = 5 \text{ V}; I_0 = 0,5 \text{ A}$

$R = 20 \Omega$

$P_D = ?$

$2 - i \cdot R = U_D$

$10 - i_1 \cdot 20 = U_D$

$i_1 = \frac{1}{2} - \frac{U_D}{20}$

$\frac{1}{2} - \frac{5}{4 \cdot 20} = \frac{1}{2} - \frac{1}{16} = \frac{7}{16} \approx 0,44$

~~Значит~~

$U = \left(\frac{I}{I_0}\right)^2 \cdot U_0$

Для лампы: $I^2 = I_0^2 \cdot \frac{U}{U_0}$

т.к. $R = \frac{U}{I} \Rightarrow I = I_0^2 \cdot \frac{R}{U}$

$10 - i_1 \cdot 20 = U_D$; $i_1 = \frac{1}{2} - \frac{U_D}{20}$. Строим эту прямую на ВАХ и ищем пересечение. Получаем напряжение на диоде примерно $1,38 \text{ V} = U_D$; $i_1 = 0,5$

Находим i из (*). Тогда $P_D = i \cdot U_D$

?

4 из 5

Числовик

✓ 4.

Вопрос:



В воздухе $\frac{1}{f} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right)$

n_1 - показ. преломл. линзы; R_1, R_2 - её радиусы кривизны.

В ~~воздухе~~ $n_2 = 1$, тогда $\frac{1}{f_1} = D_1 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) (n_1 - 1)$

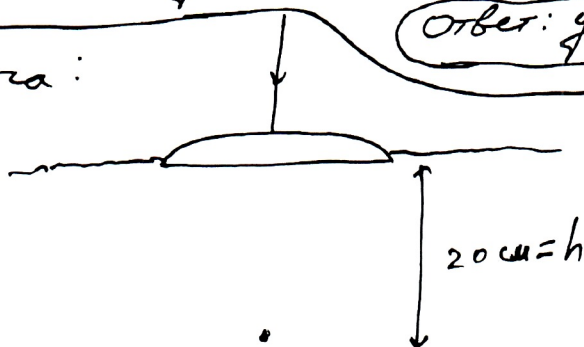
В среде с $n_2 > 1$: $\frac{1}{f_2} = D_2 = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right)$

Если $1 < n_2 < n_1$, то $D_2 < D_1$,

Если Видим, что $D_2 < D_1$, то есть опт сила уменьшится.

Ответ: уменьшится

Задача:



$D = \frac{1}{R} \cdot (n - 1)$

показ. преломл. линзы.

Пучок лучей в фокусе линзы

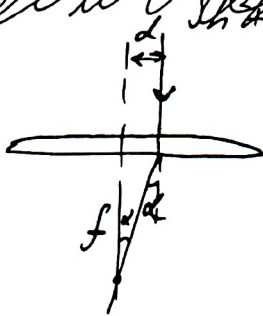
~~Средняя часть линзы~~
~~составляет 2/3 от всей линзы~~
~~и составляет 2/3 от фокуса~~
~~и составляет 2/3 от фокуса~~

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

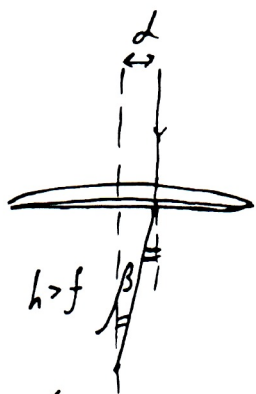
$n = \frac{D_1}{D_2} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{7}{10} = \frac{7}{10}$

$\sin \alpha = \frac{d}{f + z}$

В воздухе:



В воде:



Т.к. $d \ll f$ (лучок узкий): $\tan \alpha \approx \sin \alpha = \frac{d}{f}$

Аналогично $\tan \beta \approx \sin \beta = \frac{d}{h}$

При этом $\sin \alpha = n \sin \beta$ $\frac{d}{f} = \frac{n}{h} \Rightarrow n = h D = 7 \cdot \frac{2}{10} = \frac{7}{5}$

Ответ: $\frac{7}{5}$

+

5 из 5