МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

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

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Чучалин Владимир Александрович**

Класс: 11

Технический балл: **89**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

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

ШИФР РАБОТЫ	1700603

Результаты проверки:

	1	2	3	4	Σ
В	5	4	4	4	87
З	~~10~~ 12*	20	20	20	

*Изменение оценки (10-12) по апелляции.

Орлов Виталий Аркадьевич
Вишнева Полина Александровна

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:87

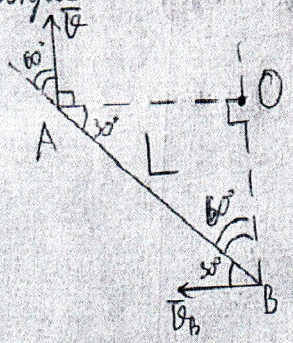
оценка изменена по итогам апелляции на 89 (восемьдесят девять) (Гаврилов И.В.)

1700603

Чистовик, Страница 1

Задание 1.

Вопрос:



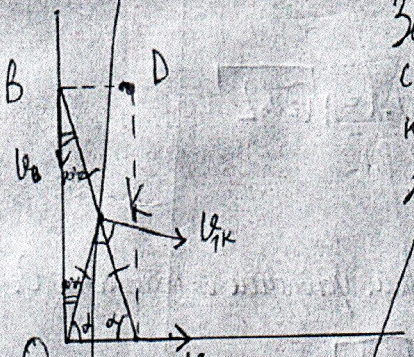
Найдём мгновенный центр вращения. Для этого опустим перпендикуляры к векторам $\vec{v}$ и $\vec{v_0}$ в точках A и B. Их пересечение - мгновенный центр вращения (O). Получился $\triangle AOB$ с $\angle O = 90°$. Тогда

$$\omega = \frac{v}{AO} = \frac{v}{\frac{\sqrt{3}}{2}L} = \frac{5}{\sqrt{3}}\,c^{-1} \approx 2{,}9\,c^{-1}$$ (+)

Задача:

Здесь я не совсем понял формулировку, т.к. непонятно, как изначально стояла лестница.

Изобразим лестницу в момент t:



Заметим, что кот движется по окружности с центром в точке O и с радиусом $OK = \frac{L}{2}$, т.к. в любой момент времени $\triangle AOB$ прямоугольный $\Rightarrow OK = \frac{AB}{2} = \frac{L}{2} = const$. Тогда скорость кота перпендикулярна OK.

Найдём скорость точки A в момент t: $v_{1A} = a_0 t = \sqrt{\frac{a_0 L}{2}}$.

Центр ~~мгнов~~ Мгновенный центр вращения находится в точке D.

Так как стержень (лестница) твёрдый, $\frac{v_K}{KD} = \frac{v_{1A}}{AD}$

$$OA = \frac{a_0 t^2}{2} = \frac{L}{4} \Rightarrow AD = BO = \frac{\sqrt{15}}{4}L$$

$$KD = OK = \frac{L}{2}\ (ADBO - \text{прямоугольник})$$

$$\frac{v_{1K}}{\frac{L}{2}} = \frac{v_{1A}}{\frac{\sqrt{15}}{4}L} \Rightarrow v_{1K} = \frac{2}{\sqrt{15}} v_{1A} = \sqrt{\frac{2}{15} a_0 L}$$

На кота действует нормальное ускорение к точке O: $a_{1\perp} = \frac{v_{1K}^2}{\frac{L}{2}} = \frac{4}{15}a_0$. Перейдём в СО точки A (она неинерциальна):

$$v'_{1K_x} = v_{1A} - v_{1K}\sin\alpha = \sqrt{\frac{a_0 L}{2}} - \sqrt{\frac{a_0 L}{8}} = \sqrt{\frac{a_0 L}{8}}, \quad v'_{1K_y} = v_{1K}$$

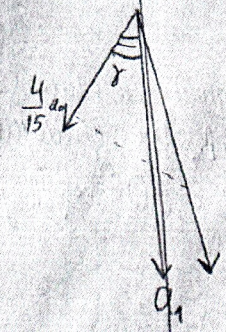
$$v'_{1K} = \sqrt{a_0 L} \cdot \sqrt{\frac{1}{8} + \frac{1}{120}} = \sqrt{\frac{2}{15} a_0 L}$$

$$a'_{1\perp} = \frac{v'^2_{1K}}{\frac{L}{2}} = \frac{4}{15}a_0$$, но это ускорение складывается из ускорения (его проекции) кота и точки A:

$$a_{1K_\perp} - a_0 \cos\alpha = \frac{4}{15}a_0 \Rightarrow a_{1K_\perp} = a_0\left(\frac{1}{4} + \frac{4}{15}\right) = \frac{31}{60}a_0$$

Итак, при проецировании на 2 оси под углами $180°-2\alpha$ ускорение a_{1K} даёт проекции $\frac{4}{15}a_0$ и $\frac{31}{60}a_0$.

$\beta = 180° - 2\alpha \Rightarrow \cos\beta = \frac{7}{8}$, $\sin\beta = \frac{\sqrt{15}}{8}$.



$$\begin{cases} a_1\cos\gamma = \frac{4}{15}a_0 \\ a_1\cos(\beta-\gamma) = \frac{31}{60}a_0 \end{cases}$$

$$\frac{7}{8}\cos\gamma + \frac{\sqrt{15}}{8}\sin\gamma = \frac{31}{16}\cos\gamma$$

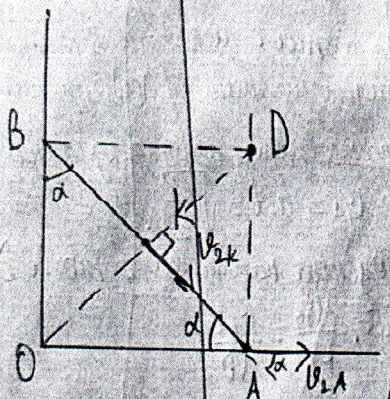
$$2\sqrt{15}\sin\gamma = 17\cos\gamma$$

$$289\cos^2\gamma = 60 - 60\cos^2\gamma$$

$$\cos\gamma = \sqrt{\frac{60}{349}}$$

$$a_1 = \frac{4a_0}{15\cos\gamma} = \frac{4}{15}\cdot\sqrt{\frac{349}{60}}\,a_0 = \frac{2\sqrt{349}}{15\sqrt{15}}a_0$$

Теперь рассмотрим момент, когда $\alpha = 45°$:



$$v_{2K} = v_{2A}\cos45° = \frac{v_{2A}}{\sqrt{2}}$$

$$a_0\tau = \frac{L}{\sqrt{2}} \Rightarrow \tau = \sqrt{\frac{\sqrt{2}L}{a_0}} \Rightarrow v_{2A} = a_0\tau = \sqrt{\sqrt{2}a_0L}$$

$$v_{2K} = \sqrt{\frac{a_0L}{\sqrt{2}}}$$

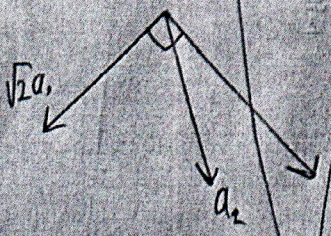
$$a_{2\perp K} = \frac{v_{2K}^2}{\frac{L}{2}} = \frac{2a_0}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}a_0$$ – норм. ускорение относительно O.

Перейдём в СО точки A: $v'_{2K} = \sqrt{v_{2Ky}^2 + \left(\frac{v_{2K}}{\sqrt{2}} + v_{2A}\right)^2} = \sqrt{\frac{a_0L}{\sqrt{2}}}$

$a'_{2\perp} = \sqrt{2}a_0 = a_{2K\perp} + \frac{a_0}{\sqrt{2}}$ – учитываем, что у A есть ускорение a_0.

$a_{2K\perp} = \frac{3}{\sqrt{2}}a_0$. Опять имеем похожую геометрию задачи:

$$a_2 = a_0\sqrt{2 + \frac{9}{2}} = \sqrt{\frac{13}{2}}\,a_0$$



Ответ: для момента t: $v_{1K} = \sqrt{\frac{2}{15}a_0L}$, $a_1 = \frac{2\sqrt{349}}{15\sqrt{15}}a_0$; для $\alpha = 45°$: $v_{2c} = \sqrt{\frac{a_0L}{\sqrt{2}}}$, $a_2 = \sqrt{\frac{13}{2}}a_0$.

Решение задачи 1 см. на стр. 7

Чистовик

Страница 2

Задание 2.

Вопрос:

Температура – мера нагретости тела. Температура определяет среднюю кинетическую энергию молекул газа: $\langle E \rangle = \frac{i}{2} kT$, где k – постоянная Больцмана, i – кол-во степеней свободы молекулы (для одноат. газа $i=3$, для двухат. газа $i=5$, для многоат. $i=6$). Если нужно вычислить среднюю квадратичную скорость поступательного движения, нужно решить ур-е:

$\frac{m\langle v_{кв} \rangle^2}{2} = \frac{3}{2} kT$, т.к. энергия вращ. движения идёт на следующие степени свободы.

Дубль При $T=0$ $\langle E \rangle = 0$ – ниже этой температуры не может быть. Шкала, у которой наименьшее значение температуры такое, называется абсолютной шкалой, по которой $T>0$, ед. измерения: $[T] = K$. Перевод в шкалу Цельсия: $T_C = T_K - 273{,}15°C$, т.е. по шкале Цельсия абсолютному нулю (кельвин) соответствует $T_C = -273{,}15°C$. +

Задача:

Уравнение $\frac{p}{p_0}\left(\frac{T}{T_0}\right)$; $\frac{p}{p_0} = \left(6 - \frac{T}{T_0}\right)$, действительно: $5 = 6-1$; $4 = 6-2$.

Тогда по уравнению Менделеева–Клапейрона: $p = \frac{\rho}{M}RT = \frac{\rho_0 R}{M}\left(6T - \frac{T^2}{T_0}\right)$,

$p(T)$ – парабола с ветвями вниз. Найдём её вершину:

$T_m = -\frac{6}{-\frac{2}{T_0}} = 3T_0$, $p_{max} = \frac{9\rho_0 R}{M}T_0$

Минимальное давление – на одной из границ промежутка $T \in [T_0; 4T_0]$:

$p_{1min} = \frac{\rho_0}{M}R\left(6T_0 - \frac{T_0^2}{T_0}\right) = \frac{5\rho_0 R}{M}T_0$.

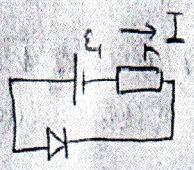
И $p_{2min} = \frac{\rho_0}{M}R\left(24T_0 - 16T_0\right) = \frac{8\rho_0 R}{M}T_0$. $p_{1min} < p_{2min} \Rightarrow$ давление – мин. при $T = T_0$.

$N = \frac{p_{max}}{p_{1min}} = \frac{9}{5} = 1{,}8$

Ответ: в 1,8 раз +

Задание 3.

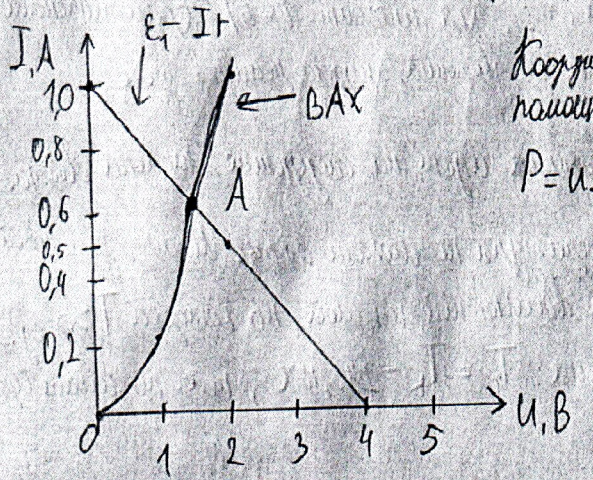
Вопрос:



$\mathcal{E}_1 = Ir + U_D(I)$ – второе правило Кирхгофа.

$\mathcal{E}_1 - Ir = U_D(I)$

$\mathcal{E}_1 - Ir$ – прямая в координатах $U(I)$. Построим её:



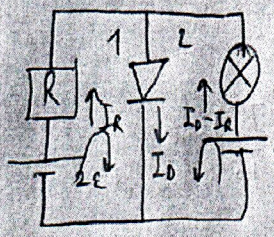
Координаты точки A: (1,6 В; 0,6 А) – примерно найдем с помощью линейки.

$P = UI \approx 0{,}96$ Вт

?

фото Вопрос ?

Задача:



Запишем II правило Кирхгофа для контуров 1 и 2:

$$\begin{cases} 2\mathcal{E} = I_R R + U(I_D) \\ \mathcal{E} = \left(\frac{I_D - I_R}{I_0}\right)^2 \mathcal{E} + U(I_D) \end{cases} \leftarrow I = I_0\sqrt{\frac{U}{\mathcal{E}}} \Rightarrow \left(\frac{I}{I_0}\right)^2 = \frac{U}{\mathcal{E}} \Rightarrow U = \left(\frac{I}{I_0}\right)^2 \mathcal{E}$$

$$I_R R = \mathcal{E} + \left(\frac{I_D - I_R}{I_0}\right)^2 \mathcal{E}$$

$$\frac{I_D^2 - 2I_D I_R + I_R^2}{I_0^2} + 1 = \frac{I_R R}{\mathcal{E}} \Leftrightarrow \frac{I_R^2}{I_0^2} - I_R\left(\frac{2I_D}{I_0^2} + \frac{R}{\mathcal{E}}\right) + \left(1 + \frac{I_D^2}{I_0^2}\right) = 0$$

$$I_R = \frac{\left(\frac{2I_D}{I_0^2} + \frac{R}{\mathcal{E}}\right) \pm \sqrt{\frac{4I_D^2}{I_0^4} + \frac{4I_D R}{\mathcal{E} I_0^2} + \frac{R^2}{\mathcal{E}^2} - \frac{4}{I_0^2} - \frac{4I_D^2}{I_0^4}}}{\frac{2}{I_0^2}} =$$

$$= \left(I_D + \frac{I_0^2 R}{2\mathcal{E}}\right) \pm \sqrt{\frac{I_D I_0^2 R}{\mathcal{E}} + \frac{I_0^4 R^2}{4\mathcal{E}^2} - I_0^2}$$

$U(I_D) = 2\mathcal{E} - I_R R$

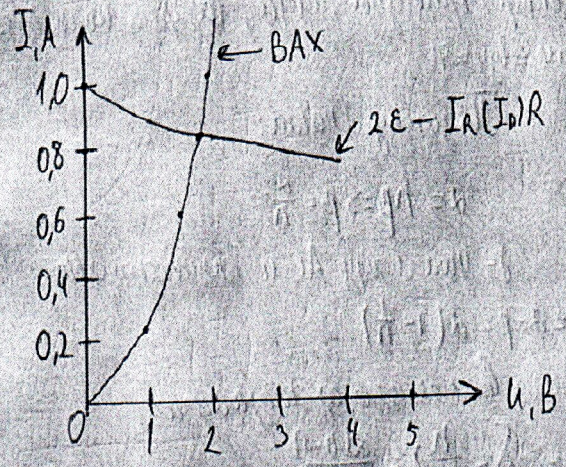
Подставим числа:

$$U(I_D) = 10 - 20I_D - 10 \pm 20\sqrt{I_D + 0{,}25 - 0{,}25} = \pm 20\sqrt{I_D} - 20I_D$$

$U(I_D) > 0 \Rightarrow U(I_D) = 20(\sqrt{I_D} - I_D)$

Можно сказать, что ВАХ диода проходит через точку (1,8 В; 0,8 А) (примерно). Тогда $U(0{,}8\text{А}) \approx 20(0{,}89 - 0{,}8) \approx 1{,}8$ В. Т.е. графики пересекаются где-то рядом с этой точкой.

$P_д \approx 1{,}8 \cdot 0{,}8 = 1{,}44$ Вт.



Ответ: ≈ 1,44 Вт. (+)

Задание 4.

Вопрос:

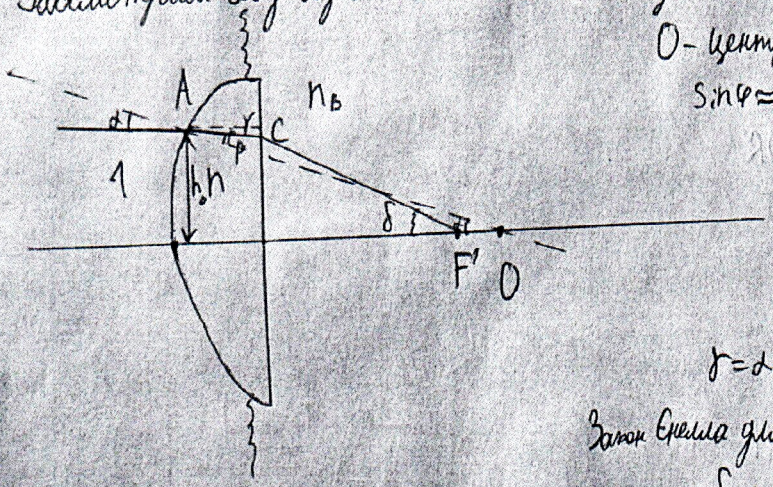
Если поместить линзу в жидкость, её оптическая сила станет такой: $|D'| = \left|\left(\frac{n}{n_ж} - 1\right)\right|$, где n – показатель преломления линзы, $n_ж$ – жидкости. В воздухе $|D| = \frac{n-1}{R}$

$|D'| < |D| \Rightarrow$ оптическая сила уменьшится по модулю. Если $n_ж > n$, то линза из собирающей станет рассеивающей, а из рассеивающей – собирающей, при $n = n_ж$ линза преломлять не будет.

+

Задача:

Рассмотрим ход луча в этой тонкой линзе:



O – центр кривизны линзы, все углы малы, т.е.

$\sin\varphi \approx \operatorname{tg}\varphi \approx \varphi$

По закону Снелла:

$\alpha = n\beta \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{n}$

γ – угол между AC и оптической осью

$\gamma = \alpha - \beta = \alpha\left(1 - \frac{1}{n}\right)$

Закон Снелла для вылетающего из линзы луча:

$n\gamma = n_в\delta \Rightarrow \delta = \frac{n}{n_в}\gamma = \frac{\alpha(n-1)}{n_в}$

Пусть h – высота, на которой влетел луч, вылетит он на той же высоте, т.к. линза тонкая

Тогда $F' = \frac{h_0}{\operatorname{tg}\delta} \approx \frac{h_0}{\delta} = \frac{n_в h_0}{\alpha(n-1)}$ – фокусное расстояние линзы в воде

$R\sin\alpha = h_0 \Rightarrow \frac{h_0}{\sin\alpha} \approx \frac{h_0}{\alpha} = R$

$F' = \frac{n_в R}{(n-1)} \Rightarrow D' = \frac{1}{F'} = \frac{n-1}{n_в R}$

В воздухе у линзы оптическая сила $D = \frac{n-1}{R} \Rightarrow D' = \frac{D}{n_в}$. По условию $F' = 20$ см $\Rightarrow D' = 5$ дптр.

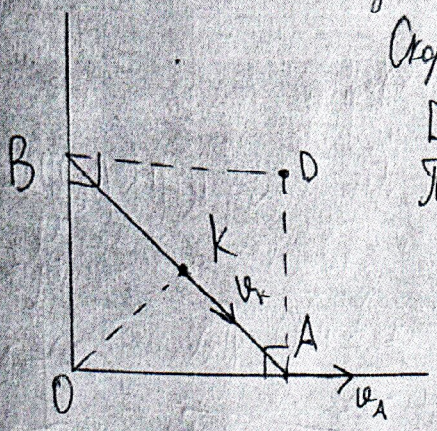
$n_в = \frac{D}{D'} = \frac{7}{5} = 1{,}4$

Ответ: 1,4.

+

Задача 1:

Кот движется по окружности с радиусом $\frac{L}{2}$ и центром в точке O, т.к. $\triangle AOB$ – прямоугольный, а кот находится на медиане из прямого угла, ее длина равна половине гипотенузы, т.е. $\frac{L}{2}$.



Скорость кота перпендикулярна $OK \Rightarrow$ параллельна AB.

D – мгновенный центр вращения, $OBDA$ – квадрат со стороной $\frac{L}{\sqrt{2}}$.

Так как лестница – твердое тело:

$$\frac{v_K}{KD} = \frac{v_A}{AD}$$

$$KD = \frac{L}{2}, \quad AD = \frac{L}{\sqrt{2}}$$

$$v_K = \sqrt{2} v_A \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$v_A = a_0 t = \sqrt{\frac{a_0 L}{2}} \Rightarrow v_K = \frac{\sqrt{a_0 L}}{2} \quad (+)$$

На кота действует ускорение $a_\perp$ в сторону O (нормальное ускорение):

$a_\perp = \frac{v_K^2}{\frac{L}{2}} = 2a_0$. Но есть и тангенциальная составляющая. Перейдём в СО точки A.

v_K' – новая скорость кота. $v_{Ky}' = v_{Ky}$, $v_{Kx}' = v_A - \frac{v_K}{\sqrt{2}} = 0 \Rightarrow$ кот в СО точки A движется по вертикали $\Rightarrow$ нормальное ускорение

$$v_{Kx}' = \sqrt{a_0 L}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) = \frac{1}{2}\sqrt{a_0 L} \quad \frac{\sqrt{a_0 L}}{2\sqrt{2}}$$

$$v_K' = \sqrt{a_0 L}\sqrt{\left(\frac{1}{2\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{1}{2\sqrt{2}}\right)^2} = \frac{1}{2}\sqrt{a_0 L}$$

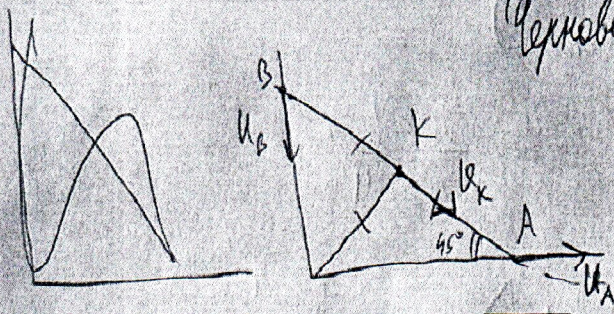
В этой СО также вычитается a_0 – ускорение точки A. Тогда нормальное ускорение в ней такое:

$$\frac{v_K'^2}{\frac{L}{2}} = a_\parallel - a_0 \cos 45° \Rightarrow a_\parallel = a_0\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \quad (-)$$

Тогда общее ускорение: $a_K = \sqrt{a_\perp^2 + a_\parallel^2} = a_0\sqrt{4 + 1 + \sqrt{2} + \frac{1}{2}} = a_0\sqrt{\frac{11}{2} + \sqrt{2}}$

Ответ: $v_K = \frac{\sqrt{a_0 L}}{2}$; $a_K = a_0\sqrt{\frac{11}{2} + \sqrt{2}}$

Черновик 8



$\frac{a_0 t^2}{2} = \frac{L}{\sqrt{2}}$ $\quad t^2 = \frac{\sqrt{2}L}{a_0}$ $\quad t = \sqrt{\frac{\sqrt{2}L}{a_0}}$

$u_A = \sqrt{\sqrt{2} a_0 L}$

$v_K = u_A \cos 45° = \sqrt{\frac{a_0 L}{\sqrt{2}}}$

$a_\perp = \frac{v_2^2}{\frac{L}{2}} = \frac{\frac{a_0 L}{\sqrt{2}}}{\frac{L}{2}} = \sqrt{2} a_0$

$n_0 \alpha = n\beta \Rightarrow \beta = \frac{n_0}{n}\alpha$

$\gamma = \alpha\left(1 - \frac{n_0}{n}\right)$

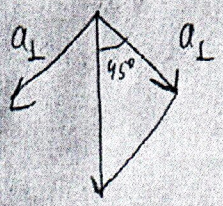
$\alpha(n - n_0) = n_0 \delta \Rightarrow \delta_a = \alpha\left(\frac{n}{n_0} - 1\right)$

$F' = \frac{h}{\delta} = \frac{h}{\alpha\left(\frac{n}{n_0} - 1\right)} = \frac{R}{\frac{n}{n_0} - 1}$

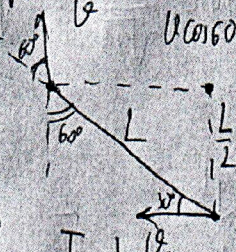
$v'_{Kg} = \sqrt{\frac{a_0 L}{2\sqrt{2}}}$

$v'_{Kgc} = \sqrt{\sqrt{2} a_0 L} - \sqrt{\frac{a_0 L}{2\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{a_0 L}{2\sqrt{2}}}$

$v'_K = \sqrt{\frac{a_0 L}{\sqrt{2}}}$ $\quad a'_\perp = \sqrt{2} a_0$



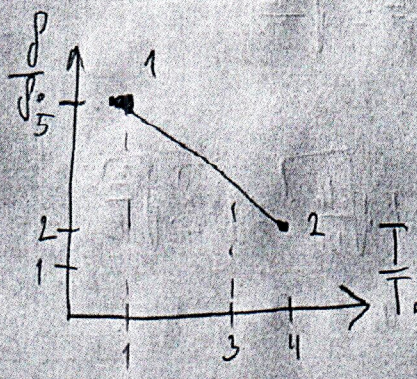
$a_0 = \sqrt{2} a_\perp = 2a_\perp$



$v \cos 60° = v_2 \cos 30°$

$v_2 = \frac{v}{\sqrt{3}}$

$\omega = \frac{v_2}{\frac{L}{2}} = \frac{2v}{\sqrt{3}L}$



$\frac{\rho}{\rho_0} = a\frac{T}{T_0} + b$

$\begin{cases} 5 = a + b \\ 2 = 4a + b \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} a = -1 \\ b = 6 \end{matrix}$

$\frac{\rho}{\rho_0} = 6 - \frac{T}{T_0} \Rightarrow \rho = \rho_0\left(6 - \frac{T}{T_0}\right)$

$p = \frac{\rho}{M} RT = \frac{\rho_0 R}{M}\left(6 - \frac{T}{T_0}\right) T$

$p_M = T_M = \frac{-6}{-\frac{2}{T_0}} = 3T_0$

$p = \frac{\rho_0 R}{M}\left(6T - \frac{T^2}{T_0}\right)$

$T = T_0: p = \frac{\rho_0 R}{M}(6T_0 - T_0) = \frac{5\rho_0 R}{M} T_0$ $\quad p_M = \frac{\rho_0 R}{M} 9T_0 = \frac{9\rho_0 R}{M} T_0$

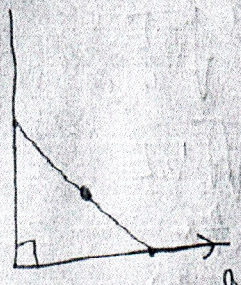
$T = 4T_0: p = \frac{\rho_0 R}{M}(24T_0 - 16T_0) = \frac{8\rho_0 R}{M} T_0$

$k = \frac{p_{max}}{p_{min}} = \frac{9}{5} = 1{,}8$ раз

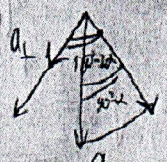
$0{,}065 \cdot 400 / 100$

Черновик 9

1.



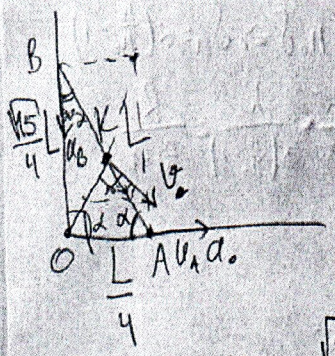
$$\frac{a_0 \cdot \frac{L}{2a_0}}{2} = \frac{L}{4}$$



$a_\perp = a \sin\alpha$

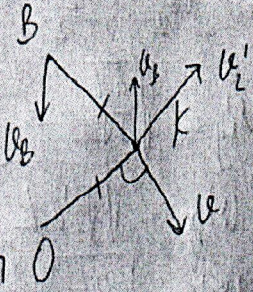
$a = \frac{a_\perp}{\sin\alpha} = \frac{\frac{4}{15}a_0}{\frac{\sqrt{15}}{4}} = \frac{16}{15\sqrt{15}}a_0$

$a_\perp = \frac{\frac{2a_0 L}{15}}{\frac{L}{2}} = \frac{4}{15}a_0$



$v_A = \sqrt{\frac{a_0 L}{2}}$ $\quad a_\perp = \frac{v^2}{\frac{L}{2}} =$

$\frac{v_A}{\frac{\sqrt{15}}{4}L} = \frac{v}{\frac{L}{2}}$



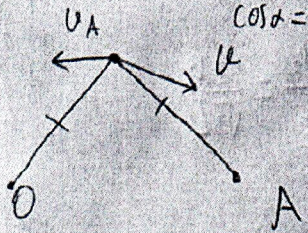
$v = \frac{2v_A}{\sqrt{15}} = \sqrt{\frac{2a_0 L}{15}}$

$\sin\alpha = \frac{\sqrt{15}}{4}$

$\cos\alpha = \frac{1}{4}$

$120 = 4 \cdot 30$

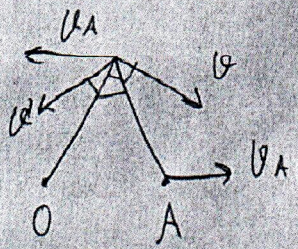
$v_x = \sqrt{\frac{a_0 L}{8}}$



$v_{0y} =$

$v_x' = v_A - \frac{\sqrt{15}}{4}v = \sqrt{\frac{a_0 L}{2}} - \sqrt{\frac{a_0 L}{8}} = \sqrt{\frac{a_0 L}{8}}$

$v_y' = v_y = v\cos\alpha = \sqrt{\frac{a_0 L}{120}}$



$v_m' = \sqrt{a_0 L}\sqrt{\frac{1}{8} + \frac{1}{120}} = a_0 L \cdot \sqrt{\frac{16}{120}} = \sqrt{a_0 L} \cdot \sqrt{\frac{2}{15}}$

$a_{\perp_1} = \frac{v_m'^2}{\frac{L}{2}} = \frac{a_0 L^2 \cdot \frac{2}{15}}{\frac{L}{2}} = \frac{4}{15}a_0$

$v_B \sin\alpha = v_A \cos\alpha = \sqrt{\frac{a_0 L}{30}}$

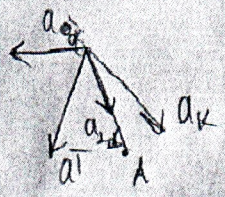
$v_B = v_A \operatorname{ctg}\alpha = \sqrt{\frac{a_0 L}{30}}$

$v_{2y}' = \sqrt{\frac{a_0 L}{30}} - \sqrt{\frac{a_0 L}{120}} = \sqrt{\frac{a_0 L}{120}}$ $\quad v_2' = \sqrt{a_0 L} \cdot \sqrt{\frac{1}{120} + \frac{1}{8}} = \sqrt{\frac{2}{15}} \cdot \sqrt{a_0 L}$

$a_{\perp_2} = \frac{4}{15}a_0$

Черновик. 10

$\frac{15}{16} - \frac{1}{16} = \frac{7}{8}$



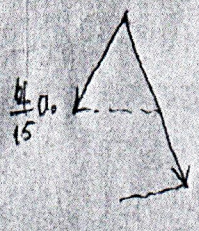
$\cos(180° - 2\alpha) = -\cos 2\alpha = \sin^2\alpha - \cos^2\alpha = \frac{7}{8}$

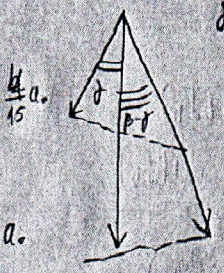
$\sin(180° - 2\alpha) = \sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha = \frac{\sqrt{15}}{8}$

$\beta = 180° - 2\alpha$

$a_{к\perp}^2 - a_0\cos\alpha = \left(\sqrt{\frac{4}{15}a_0 L}\right)^2$

$\frac{L}{2}$





$\frac{4}{15}a_0 = a_{к\perp} - \frac{1}{4}a_0$

$a_{к\perp} = \frac{31}{60}a_0$

$\begin{cases} a\cos\gamma = \frac{4}{15}a_0 \\ a\cos(\beta - \gamma) = \frac{31}{60}a_0 \end{cases}$ $-\frac{105}{120} + \frac{248}{120} = \frac{143}{120}$

$a(\cos\beta\cos\alpha + \sin\beta\sin\alpha) = \frac{31}{60}a_0$

$\frac{7}{8}\cos\alpha + \frac{\sqrt{15}}{8}\sin\alpha = \frac{31}{15}\cos\alpha$

$\sqrt{15}\sin\alpha = \frac{143}{15}\cos\alpha$

$15\sin^2\alpha$

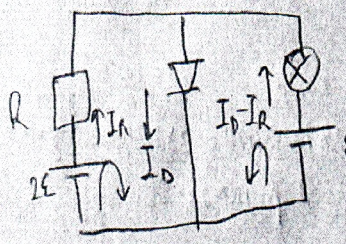
$\frac{143^2}{225}\cos^2\alpha = 15 - 15\cos^2\alpha$

$\frac{143^2 + 15^3}{225}\cos^2\alpha = 15$

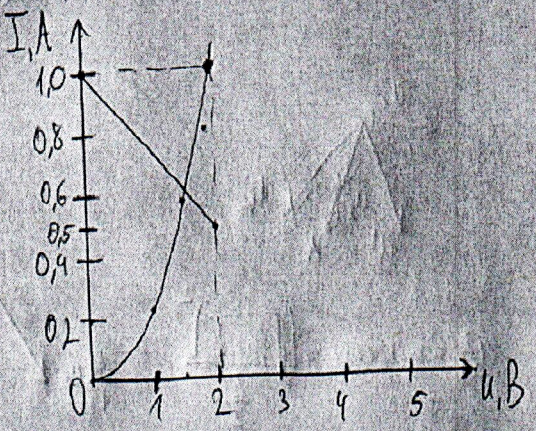
$\cos\alpha = \sqrt{\frac{15^3}{143^2 + 15^3}}$

$a = \sqrt{\frac{143^2 + 15^3}{15^3}} \cdot \frac{4}{15}a_0$

Черновик. 11



$$U = \left(\frac{I}{I_0}\right)^2 \mathcal{E}$$



$$2\mathcal{E} = I_R R + U(I_D)$$

$$\mathcal{E} = \left(\frac{I_D - I_R}{I_0}\right)^2 \mathcal{E} + U(I_D)$$

$$I_R R = \left(\frac{I_D - I_R}{I_0}\right)^2 \mathcal{E} + \mathcal{E}$$

$$\frac{I_R R}{\mathcal{E}} = \frac{I_D^2 - 2 I_D I_R + I_R^2}{I_0^2} + 1$$

$$\frac{I_R^2}{I_0^2} - \left(\frac{2 I_D}{I_0^2} + \frac{R}{\mathcal{E}}\right) I_R + \left(\frac{I_D^2}{I_0^2} + 1\right) = 0$$

$$I_R = \frac{\left(\frac{2 I_D}{I_0^2} + \frac{R}{\mathcal{E}}\right) \pm \sqrt{\frac{4 I_D^2}{I_0^4} + \frac{4 I_D R}{\mathcal{E} I_0^2} + \frac{R^2}{\mathcal{E}^2} - \frac{4 I_D^2}{I_0^2} - 4}}{\frac{2}{I_0^2}} =$$

$$= \left(I_D + \frac{I_0^2 R}{2\mathcal{E}}\right) \pm \sqrt{\frac{I_D I_0^2 R}{\mathcal{E}} + \frac{I_0^4 R^2}{4\mathcal{E}^2} - I_0^2}$$

$$I_R = \left(I_D + 0{,}5\right) \pm \sqrt{I_D}$$

$$U(I_D) = 10 - 20 I_D - 10 \pm 20\sqrt{I_D}$$

$$U(I_B) = \pm 20\left(\sqrt{I_D} - I_D\right)$$

$1 < I_D > 0 \Rightarrow \sqrt{I_D} \geq I_D$

$$U(I_D) = 20\left(\sqrt{I_D} - I_D\right)$$

$P = 0{,}96\,\text{Вт}$

$I_D = 1{,}8\,\text{А}$ $I_D = 0{,}8\,\text{А}$

$U_D = 1{,}8\,\text{В}$

$P = 1{,}44\,\text{Вт}$

$\mathcal{E} - IR = U_D$

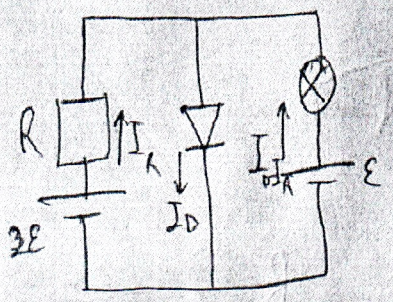
$4 - 4I = U_D$

$\frac{0{,}45 - 20}{10} = 0{,}5$

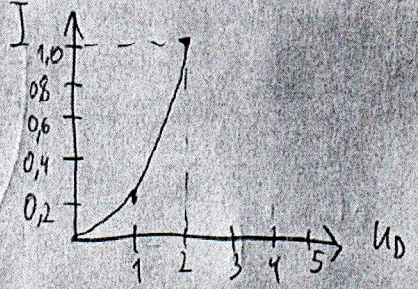
$\frac{0{,}0625 \cdot 400}{100} = 0{,}25$

$-0{,}25$

Черновик 12



$I = I_0\sqrt{\frac{U}{\mathcal{E}}} \Rightarrow \left(\frac{I}{I_0}\right)^2 = \frac{U}{\mathcal{E}} \Rightarrow U = \mathcal{E}\left(\frac{I}{I_0}\right)^2$



$$\begin{cases} 2\mathcal{E} = I_R R + U_D(I_D) \\ \mathcal{E} = U_D(I_D) + \mathcal{E}\left(\frac{I_D - I_R}{I_0}\right)^2 \end{cases}$$

$$\mathcal{E}\left(\frac{I_D - I_R}{I_0}\right)^2 = I_R R - \mathcal{E}$$

$$\frac{I_D^2 - 2I_D I_R - I_R^2}{I_0^2} = \frac{I_R R}{\mathcal{E}} - 1$$

$$\frac{I_D^2}{I_0^2} - \frac{2I_D}{I_0^2} I_R + \frac{I_R^2}{I_0^2} + I_R\left(\frac{2I_D}{I_0^2} + \frac{R}{\mathcal{E}}\right) - \left(1 + \frac{I_D^2}{I_0^2}\right) = 0$$

$$I_R = \frac{\sqrt{\frac{4I_D^2}{I_0^4} + \frac{4I_D R}{\mathcal{E} I_0^2} + \frac{R^2}{\mathcal{E}^2} + \frac{4}{I_0^2} + \frac{4I_D^2}{I_0^2}} - \left(\frac{2I_D}{I_0^2} + \frac{R}{\mathcal{E}}\right)}{\frac{2}{I_0^2}}$$

$$= \sqrt{2I_D^2 + \frac{I_D I_0^2 R}{\mathcal{E}} + \frac{I_0^4 R^2}{\mathcal{E}^2} + I_0^2} - \left(I_D + \frac{I_0^2 R}{2\mathcal{E}}\right)$$

$$I_R = \sqrt{2I_D^2 + I_D + 1{,}25} - I_D - 0{,}5$$

$$U_D = 10 - 20\sqrt{2I_D^2 + I_D + 1{,}25} + 20I_D + 10$$

$$U_D = 20\left(I_D + 1 - \sqrt{2I_D^2 + I_D + 1{,}25}\right)$$

$$U_D(1A) = 20\left(1 + 1 - \sqrt{3 + 1{,}25}\right) =$$

$$U_D(0{,}8) = 20\left(1{,}8 - \sqrt{6{,}48 + 0{,}8 + 1{,}25}\right)$$

$$20\left(1{,}5 - \sqrt{\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2} + 1{,}5}\right) = 0$$

$$\frac{0{,}0625 \cdot 400}{25} =$$

$$= 0{,}0025 \cdot 400 =$$

$$= 1$$

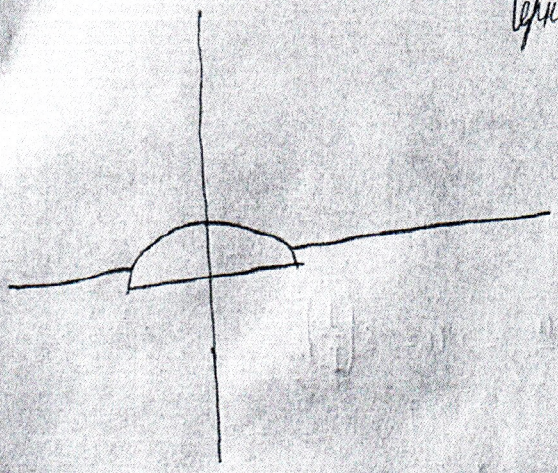
$$\frac{0{,}25 \cdot 20}{10} = 0{,}5$$

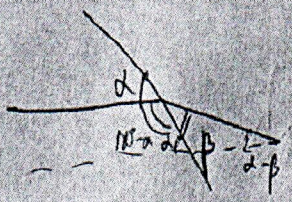
$$I_D^2 - I_D + \frac{1}{4} \le 0$$

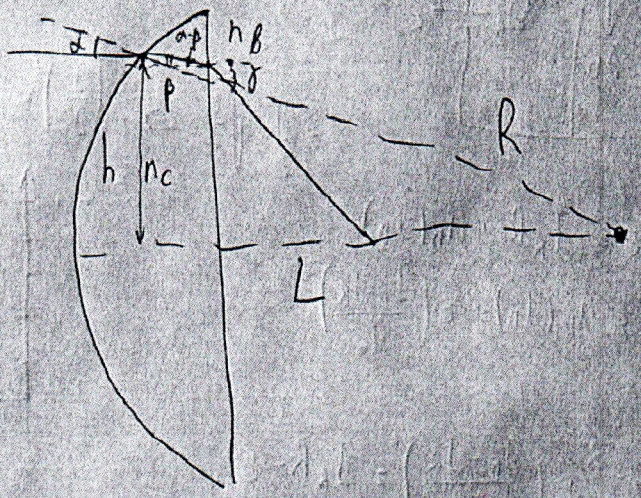
$$I_D = \frac{1}{2}$$

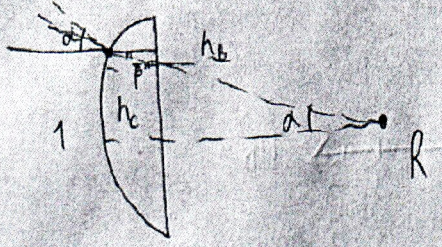
$$\left(I_D^2 + 2I_D + 1\right) + I_D^2 - I_D + 0{,}5$$

Черновик. 13









$n_c\beta = \alpha \Rightarrow \beta = \frac{\alpha}{n_c}$

$\gamma = n_c(\alpha - \beta)$

$\gamma = (n_c - 1)\alpha$

$n_в\gamma = n_c(\alpha - \beta)$

$\gamma = \frac{n_c}{n_в}\left(\alpha - \frac{\alpha}{n_c}\right) = \frac{n_c}{n_в}\left(1 - \frac{1}{n_c}\right)\alpha = \frac{n_c - 1}{n_в}\alpha$ $\quad D_0 = \frac{n_c - 1}{R}$

$L = h\gamma = \frac{n_c - 1}{n_в}\alpha h$ $\quad h = R\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{h}{R}$

$L = \frac{h}{\gamma} = \frac{n_в h}{(n_c - 1)\alpha} = \frac{n_в R}{n_c - 1}$

D' = ?дптр

$F = \frac{n_в R}{n_c - 1} \Rightarrow D' = \frac{n_c - 1}{n_в R}$

$n_в = 1{,}4$.

Председателю апелляционной комиссии
Олимпиады школьников
"Покори Воробьевы горы!"
"Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему

ученика 11 класса лицея „Физико-
Техническая школа" имени Ж.И. Алфёрова.
СПБ (Санкт-Петербург)
Чучалина Владимира Александровича

Решение жюри:
повысить оценку
на 2 (две) балла:
итоговая оценка -
89 (восемьдесят
девять) баллов

апелляция

Прошу пересмотреть выставленные технические баллы за мою работу (87) заключительного этапа по физике, поскольку считаю, что за свои решения могу получить следующие баллы:

1) Задание 1. Вопрос – 5б.
Задача – ⩾ 17б., т.к. в решении допущена математическая ошибка, приведшая к неверному ответу (при вычислении нормального ускорения ($a_\perp$) по ф-ле $\frac{v_k^2}{\frac{L}{2}}$ должно было получиться $\frac{a_0}{2}$, а не $2a_0$).
2) Задание 2. Вопрос – ⩾ 4б., т.к. ключевые пункты ответа представлены, но, возможно, обоснован он недостаточно
Задача – 20б.
3) Задание 3. Вопрос – 5б, здесь могли поставить меньше, т.к. в ответе записана мощность, а найти нужно было ток, но ток тоже найден, в работе точка пересечения была записана ток: (1,6В; 0,6А).
Задача – 20б.
4) Задание 4. Вопрос – 5б.
Задача – 20б.

Итого: ⩾ 96б.

Заранее благодарен!

Дата
01.04.2022

