



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

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

Профиль олимпиады: **Физика**

ФИО участника олимпиады: **Лопаткин Вадим Александрович**

Класс: **11**

Технический балл: **88**

Дата проведения: **24 марта 2022 года**

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

ШИФР РАБОТЫ	1787954
--------------------	----------------

Результаты проверки:

	1	2	3	4	Σ
В	5	3	5	3	88
З	13	20	19	20	

Степаньшук Константин Викторович
Метелова Наталья Игоревна

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:88

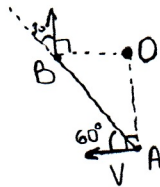
Штовик ①

N1

вопрос:

$$V = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$L = 0,6 \text{ м}$$

 $\omega = ?$ 

1) в данный момент лантель
вращ. ^{вокруж.} относительно мгновенной
оси вращения O. Найти её можно
построив перпендикуляр к скорости
м. Тогда $\omega = \frac{V}{OA}$

$$2) \angle BAO = 90 - 60 = 30^\circ$$

$$\angle OBA = 90 + 180 - 30 = 60^\circ = 2 \angle BOA = 90^\circ$$

$$|OA| = |AB| \frac{\cos 60^\circ}{\cos 30^\circ} = L \cos 30^\circ$$

$$\omega = \frac{V}{L \cos 30^\circ} = \frac{2V}{L \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,6 \text{ м} \cdot \sqrt{3}} = \frac{5\sqrt{3}}{3} \text{ с}^{-1}$$

Задача:

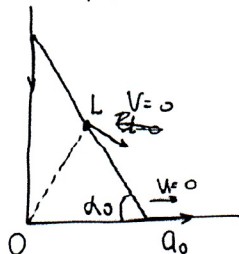
$$\alpha_0 = 45^\circ$$

 a_0

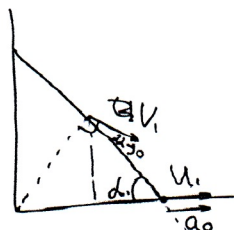
$$t = \sqrt{\frac{L a_0}{2}} \quad t = \sqrt{\frac{L}{2 a_0}}$$

$$\vec{V}, \vec{a} = ?$$

кат. мом.



произв. мом.



1) Заметим, что расстояние от т. O до Леопольда L постоянно, ведь это медиана в прямоугол. Δ : $OL = \frac{L}{2} \Rightarrow$ Леопольд движ. по окружности и его скорость $\perp OL$

2) проекции скоростей ^{мгновенны на} ~~твердого тела~~ неё равны, т.к. это твердое тело $\Rightarrow V \cos(2\alpha_0 - 90) = U \cos \alpha_0$

$$V \sin 2\alpha_0 = U \cos \alpha_0$$

$$V_1 = \frac{U_1}{\cos \alpha_0} \quad V_1 = \frac{U_1}{2 \sin \alpha_0}$$

$$3) U_2 = a_0 t \Rightarrow V = \frac{a_0 t}{2 \cos \alpha_0} \quad V = \frac{a_0 t}{2 \sin \alpha_0}$$

$$\text{В момент } t = \sqrt{\frac{L}{2 a_0}}, \quad \frac{\sin^2 \frac{\sqrt{2}}{2}}{\cos^2 \frac{\sqrt{2}}{2}} : \quad V = \frac{\sqrt{L a_0}}{2 \sqrt{2} \cdot \sin 45^\circ} =$$

$$= \frac{\sqrt{La_0}}{2\sqrt{\frac{1}{2}}} = \frac{\sqrt{La_0}}{2}$$

условия (2)

4) Найдем зависимость $\sin d_1$ от t_1 ~~$\cos d_1$ от t_1~~ :

в произв. мом.

$$\frac{a_0 t_1^2}{2} = L(\cos d_0 + \cos d_1)$$

в конст. мом.

$$\frac{a_0 t^2}{2} = L(\cos d_0 + \cos d)$$

$$\frac{L}{4} = L(\cos d_0 + \cos d) \Rightarrow \cos d_0 = \cos d - \frac{1}{4}$$

↓

$$\frac{a_0 t_1^2}{2} = L(\cos d_1 - \cos d + \frac{1}{4})$$

$$\cos d_1 = \frac{a_0 t_1^2}{2L} + (\cos d - \frac{1}{4})$$

$$\sin d_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{a_0 t_1^2}{2L} + (\cos d - \frac{1}{4})\right)^2}$$

$$V = \frac{a_0 t_1}{2\sqrt{1 - \left(\frac{a_0 t_1^2}{2L} + (\cos d - \frac{1}{4})\right)^2}}$$

$$V = \frac{a_0 t_1}{\frac{a_0 t_1^2}{L} + (2\cos d - \frac{1}{2})}$$

зависим только от t_1

5) в мом $t = \sqrt{\frac{L}{2a_0}}$:

⇒ в мом. $t = \sqrt{\frac{L}{2a_0}}$:

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{a_0 \cdot 2\sqrt{1 - \left(\frac{a_0 t^2}{2L} + (\cos d - \frac{1}{4})\right)^2} - a_0 t (2\sqrt{\dots})'}{4\left(1 - \left(\frac{a_0 t^2}{2L} + (\cos d - \frac{1}{4})\right)^2\right)}$$

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{a_0 \left(\frac{a_0 t^2}{L} + 2\cos d - \frac{1}{2}\right) - 2a_0 t \cdot a_0 t}{\left(\frac{a_0 t^2}{L} + 2\cos d - \frac{1}{2}\right)^2}$$

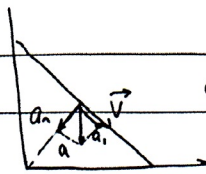
$$= \frac{a_0(2\cos d - \frac{1}{2}) - a_0^2 t^2}{\left(\frac{a_0 t^2}{L} + 2\cos d - \frac{1}{2}\right)^2} = \frac{a_0(2\cos d - \frac{1}{2})}{\left(\frac{a_0 t^2}{L} + 2\cos d - \frac{1}{2}\right)^2}$$

$$= \frac{a_0(2\cos d - \frac{1}{2}) - \frac{a_0 \cdot L}{2a_0 \cdot L}}{\left(\frac{a_0 \cdot L}{2a_0 \cdot L} + 2\cos d - \frac{1}{2}\right)^2} = \frac{a_0(2\cos d - 1)}{4\cos^2 d} = \frac{a_0(\sqrt{2} - 1)}{24 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{a_0(\sqrt{2} - 1)}{2}$$

6) Направление $\vec{V}$ и $\vec{a}$:

$$V \perp OL$$

в мом. $t = \sqrt{\frac{L}{2a_0}}$ от $\vec{V}$ направлена вдоль ординаты



$$a_n = \frac{V^2}{L/2} = \frac{La_0}{L/2} = \frac{a_0}{2}$$

$$a^2 = a_n^2 + a_t^2$$

$$\frac{a_0^2(\sqrt{2}-1)^2}{4} + \frac{a_0^2}{4} = a_t^2$$

$$a_1^2 = \frac{a_0^2 (\sqrt{2}-2)(\sqrt{2})}{4} = a_0^2 (2-2\sqrt{2})$$

$$a_1^2 = \frac{a_0^2 (\sqrt{2}-1)^2}{4} = \text{исходное } (3)$$

$$(2\sqrt{})' = \frac{2()'}{2\sqrt{}} = \frac{-2(\frac{a_0 t^2}{2L} + \cos\alpha - \frac{1}{4}) \cdot \frac{a_0 t}{L}}{\sqrt{}}$$

V''

$$a = \frac{2a_0 \sqrt{1 - \left(\frac{a_0 t^2}{2L} + \cos\alpha - \frac{1}{4}\right)^2} + \left(2 \frac{a_0 t^2}{L} \left/ \frac{a_0 t^2}{2L} + \cos\alpha - \frac{1}{4} \right/ \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{a_0 t^2}{2L} + \cos\alpha - \frac{1}{4}\right)^2}\right)}{4 \left(1 - \left(\frac{a_0 t^2}{2L} + \cos\alpha - \frac{1}{4}\right)^2\right)}$$

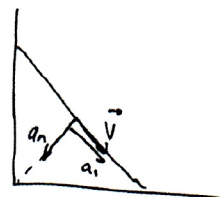
$$= \frac{\frac{2a_0 \sqrt{1 - \cos^2\alpha}}{1} + \frac{2a_0 (\cos\alpha)}{\sqrt{1 - \cos^2\alpha}}}{4(1 - \cos^2\alpha)} = \frac{2a_0 \sin\alpha + a_0 \cot\alpha}{4 \sin^2\alpha}$$

$$= \frac{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} a_0 + a_0 \cdot 1}{2 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2} + 1}{2} a_0$$

6) Направление $\vec{V}$ и $\vec{a}$

• $V \perp OL$

В мом $\alpha = 45^\circ$ $\vec{V}$ напр. вдоль перпендикуляра



$$\sin\beta = \frac{a_n}{a} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{2}+1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}+1}$$

$$a^2 = a_n^2 + a_t^2$$

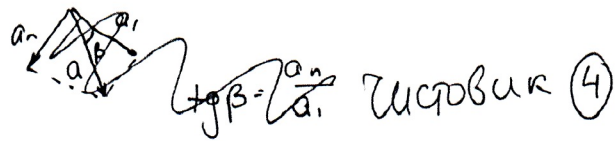
$$a_n = \frac{V^2}{\rho_L} = \frac{a_0}{2}$$

$$a_t = \frac{V}{\frac{1}{2}} = \frac{a_0}{2}$$

$$\frac{a_0^2 (\sqrt{2}+1)^2}{4} = \frac{a_0^2}{4} + a_t^2$$

$$a_1^2 = \frac{a_0^2 (2+2\sqrt{2})}{4}$$

$$\frac{a_0^2 (\sqrt{2}+1)^2}{4} = a_1^2$$



Ответ. $V = \frac{\sqrt{2}a_0}{2}$ и направлена вдоль лестницы

$a = a_0 \frac{\sqrt{2}+1}{2}$ и направл. под углом $\beta = \arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{2}+1}\right)$
(см. рис. в н.с.)

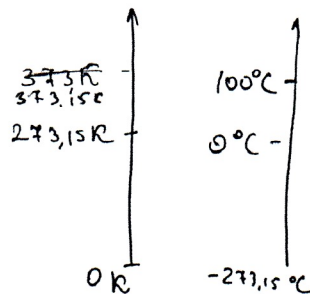
N2

Вопрос.

- Температура - это мера средней кинетической энергии движения частицы

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \cdot \frac{m_0 v^2}{2} = \bar{E} \rightarrow \underline{\underline{\bar{E} = \frac{1}{2} kT}}$$
- Температура может измеряться в Цельсиях, Кельвинах и Фаренгейтах.
- Шкала Кельвина самая удобная, ведь начинается с абсолютного нуля

связь Цельс. и Кельв: $K - 273,15 = ^\circ C$



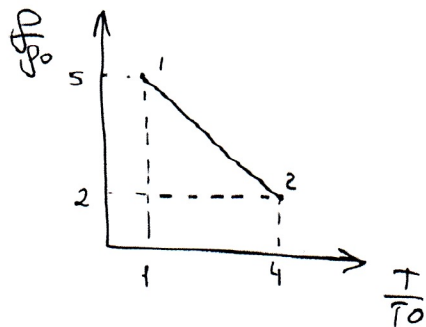
- Также температура характеризует тепловое равновесие системы



Задана

методом ⑤

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



$$2) \quad p = \frac{pM}{RT} = 6p_0 - \frac{p_0}{T_0} T$$

$$p = \frac{pRT}{M}$$

$$p = \frac{6p_0 RT}{M} - \frac{p_0 RT^2}{MT_0}$$

нужно $p_0 = \frac{p_0 RT_0}{M}$

$$p = 6p_0 \frac{T}{T_0} - p_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^2$$

$$\frac{p}{p_0} = 6 \frac{T}{T_0} - \left(\frac{T}{T_0}\right)^2$$

↑ зависимость $\frac{p}{p_0}$ от $\frac{T}{T_0}$
представим собой параболу

1) гр-е прямой:

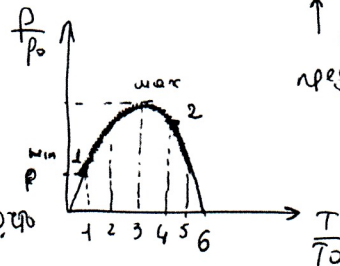
$$\frac{T}{T_0} = 6$$

$$T = 6T_0 \quad p = 6p_0 - \frac{p_0}{T_0} T$$

3)

Обозначим точки 1 и 2:

из гр-ка определим



$$\left(\frac{p}{p_0}\right)_{max} \text{ при } \frac{T}{T_0} = 3 \quad \left(\frac{p}{p_0}\right)_{min} = 5 \Rightarrow p_{max} = 9p_0$$

$$\text{и } \left(\frac{p}{p_0}\right)_{min} \text{ при } \frac{T}{T_0} = 1 \quad \left(\frac{p}{p_0}\right)_{min} = 5 \Rightarrow p_{min} = 5p_0$$

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



Ответ. $\frac{9}{5}$

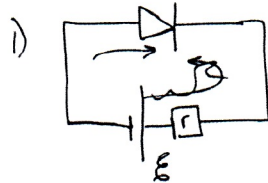
N3

вопрос

$$\mathcal{E} = 4 \text{ В}$$

$$r = 4 \Omega$$

использ. 6)

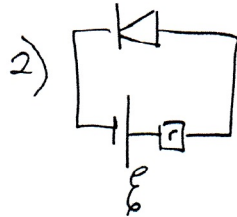


если подключить так, то $I = 0$, т.к. диод не пропускает в эту сторону

$$\mathcal{E} = -Ir - U$$

$$U = -\mathcal{E} - Ir$$

нет пересечения

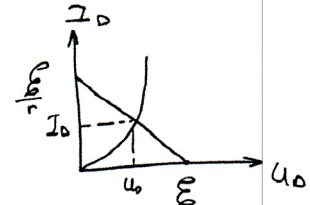


$$U_0 = \mathcal{E} + Ir$$

$$\mathcal{E} = Ir + U_0$$

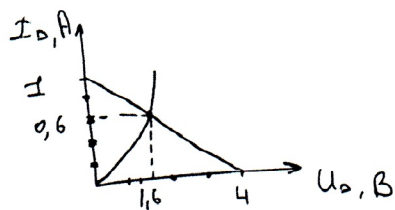
$$U_0 = \mathcal{E} - Ir$$

$$I = \frac{\mathcal{E} - U_0}{r}$$



построим нагрузочную прямую)
ее пересечение с ВАХом даст

I_0 и U_0



из гр-ка не можно видно, ведь он не рассчитан, поэтому я использую неточные значения с небольшой погрешностью:

$$\begin{cases} I_0 = 0.6 \text{ А} \\ U_0 = 1.6 \text{ В} \end{cases}$$

Ответ. 0.6 А

ЗАДАЧА

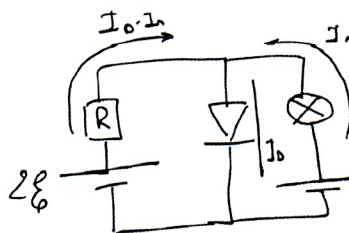
$$I_n = I_0 \sqrt{\frac{U_n}{\mathcal{E}}}$$

$$I_0 = 0.5 \text{ А}$$

$$\mathcal{E} = 3 \text{ В}$$

$$R = 20 \Omega$$

$$P_0 = ?$$



$$U_n = \frac{I_n^2}{I_0^2} \mathcal{E}$$

• диод всегда открыт, ведь если это не так, то тока нигде нет, то nowhere

$$2\mathcal{E} - \mathcal{E} = (I_0 - I_n)R - \frac{I_n^2}{I_0^2} \mathcal{E}$$

$$2\mathcal{E} = (I_0 - I_n)R + U_n$$

$$I_n = \frac{2\mathcal{E} - U_n}{R} \quad I_n = I_0 \frac{2\mathcal{E} - U_n}{R}$$

используем (7)

$$\mathcal{E} = 2\mathcal{E} - U_D \cdot \frac{(I_D - \frac{2\mathcal{E} - U_D}{R})^2}{I_0^2} \mathcal{E}$$

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

$$\frac{I_0^2}{I_0^2} - \frac{U_D}{\mathcal{E}} \frac{I_0^2}{I_0^2} = \frac{I_0^2}{I_0^2} + \left(\frac{2\mathcal{E}}{R}\right)^2 + \frac{U_D^2}{R^2} - \frac{4\mathcal{E}U_D}{R^2} - \frac{4\mathcal{E}I_0}{R} + \frac{2I_0U_D}{R}$$

$$I_0^2 R^2 - \frac{I_0^2 R^2}{\mathcal{E}} U_D = I_0^2 R^2 + 4\mathcal{E}^2 + U_D^2 - 4\mathcal{E}U_D - 4\mathcal{E}I_0 R + 2I_0 U_D R$$

$$- \frac{R^2 I_0^2}{\mathcal{E}} U_D + \frac{R^2 I_0^2}{\mathcal{E}} U_D + \frac{4\mathcal{E}^2}{R^2} + \frac{U_D^2}{R^2} + 4\mathcal{E}^2 + U_D^2 - 4\mathcal{E}U_D - 4\mathcal{E}I_0 R + 2I_0 U_D R$$

3) Заметим, что

$$4\mathcal{E} \cdot U_D = \frac{R^2 I_0^2}{\mathcal{E}} U_D$$

$$\text{и } 4\mathcal{E}^2 = I_0^2 R^2$$



$$I_0^2 R^2 + U_D^2 - 4\mathcal{E}I_0 R + 2I_0 U_D R = 0$$

$$(I_0 R + U_D)^2 = 4\mathcal{E}I_0 R$$

$$U_D = \sqrt{4\mathcal{E}I_0 R} - I_0 R$$

попробуем также заметить, что $4\mathcal{E} = \frac{R^2 I_0^2}{\mathcal{E}}$

$$R^2 I_0^2 + 4\mathcal{E}^2 + U_D^2 - 4\mathcal{E}R I_0 + 2I_0 U_D R - I_0^2 R^2$$

$$I_0 = \frac{4\mathcal{E}^2 + U_D^2}{4\mathcal{E}R + 2U_D R}$$

$$(U_D - I_0 R)^2 = 4\mathcal{E}R I_0$$

$$\Leftrightarrow U_D = 2\sqrt{I_0 R} - I_0 R$$

4) попробуем также построить эквивалентную цепь, но мы можем попытаться найти точку пересечения графиков:

$$U_D = \frac{I_D}{\sqrt{3}}$$

но мы можем попытаться найти точку пересечения графиков:

при $U_D = 1,8$, $I_D = 0,81$ ← эта точка лежит на заданной кривой

$$5) P = U_D I_D = 1,8 \cdot 0,81 \approx 1,458 \text{ Вт} \approx 1,5 \text{ Вт}$$

$$\text{Отв. } P = 1,5 \text{ Вт}$$



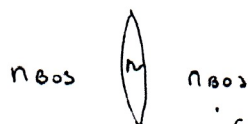
Упробин ⑧

N4

Вопрос

оптическая сила - величина
обратная фокус. расстоянию

$$D = \frac{1}{F}; [D] = \text{дптр}$$



$$D = \left(\frac{n}{n_{\text{вс}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad D = \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

+ - выпукл. поверхн.
- - вогнутая поверхн.

при $n_1 = n_{\text{вс}}$: $D_1 = \left(\frac{n}{n_{\text{вс}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

при $n_1 \neq n_{\text{вс}}$: $D_2 = \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

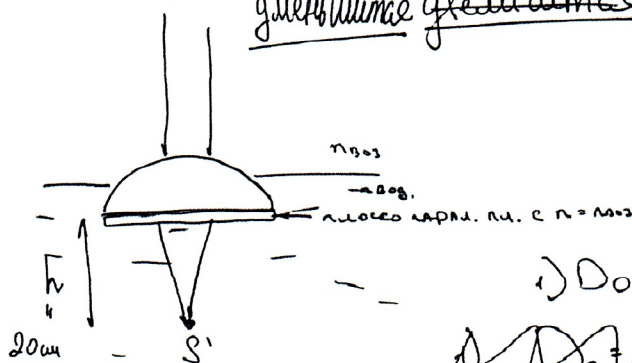
$n_1 > n_{\text{вс}}$
 $\frac{n}{n_1} < \frac{n}{n_{\text{вс}}} \Rightarrow D_2 < D_1$

уменьшится

+

Задача

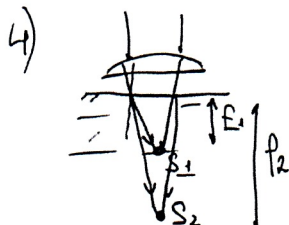
$D_0 = ?$
 $n_{\text{вс}} = ?$



$D_0 = \frac{1}{F_0}$

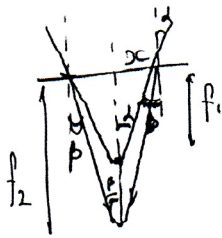
$D_0 = 2 \left(\frac{n}{n_{\text{вс}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R} \right)$

3) $f_1 = F_0 = \frac{1}{D_0}$



2) вставим плоско парал. пластинку в плоской части линзы (Она не даст никаких искажений). Тогда наши лучи сначала пройдут линзу, войдут в воздух и выйдут в воздухе, будто все линза в воздухе, А после произойдет переход воздух-вода

приставка 9



$$OC = f_2 \cdot \beta = \underline{a} \cdot \alpha$$

по закону Снеллиуса

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i = \alpha$$

$$f_2 = 100g f_1$$

V

$$h = n_{\text{log}} \cdot F_0 = \frac{n_{\text{log}}}{D_0}$$

$$h_{\text{fog}} = h_{D_o} = \frac{Q_{\text{f}}}{A_{\text{f}}} = \underline{1.4}$$

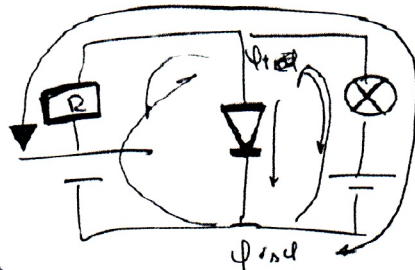
Ombem. noog. = 1,4

f

репробук

(10)

$$y + \frac{E}{R} = \frac{x^2 + y^2 - 2xy}{I_0^2}$$



$$I = \frac{E - U_n}{R}$$

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{20 \cdot 20}{5}$$

$$\frac{2E - U_n}{R} - \frac{E}{I_0^2} \left(I_0 - \frac{2E - U_n}{R} \right)^2 = 0$$

$$2E = IR + U_n$$

$$I = \frac{2E}{R} - \frac{U_n}{R}$$

$$\frac{1}{2} \frac{U_n}{R}$$

$$P = (I + I_n)(E - U_n) =$$

$$I_0 = \frac{100 + U_0^2}{400 + 40U_0}$$

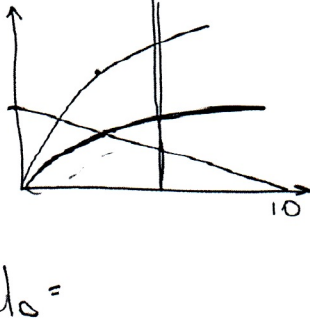
$$I_0 = I + I_n$$

$$I_n = \frac{1}{2} \frac{U_n}{R} = 2 \cdot 0,5 - \frac{U_0}{20}$$

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{2I_0U_0}{2}$$

$$\frac{4E U_0 - 4I_0 U_0^2}{R^2} - \frac{4I_0 U_0^2}{R^2} - \frac{4I_0 U_0^2}{R^2} = 0$$

$$x^2 + y^2 - 2xy = 0$$



$$\frac{U_0}{20} + \frac{U_0}{20\sqrt{5}} - 0,5 = 0$$

$$\sqrt{U_0} = -2\sqrt{5} \pm \sqrt{20 + 0,1}$$

$$E = U_n + U_0$$

$$U_0 = E - \frac{I_n^2}{I_0^2}$$

$$2 \cdot \frac{10}{\sqrt{50}} - 1$$

$$4 \cdot 5 \cdot 20$$

$$20\sqrt{5} - 20I_0$$



$$\begin{aligned} &0,05 \cdot 20 \\ &0,16 - 0,64 \\ &0,16 + 20 \\ &0,36 \end{aligned}$$



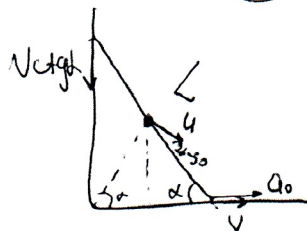
репуган

(11)

$$V \cos 60 = U \cos 30$$

$$U = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$\omega = \frac{V}{L \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2V}{L\sqrt{3}}$$



$$\frac{V}{\sqrt{3} \cdot 0.3} =$$

$$U \sin 2\alpha$$

$$U \cos(2\alpha - 90) = V \cos \alpha$$

$$U \cdot 2 \cos \alpha = V$$

$$U = \frac{V}{2 \cos \alpha}$$

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

$$0,26$$

$$V = a_0 t = \sqrt{\frac{L a_0}{2}}$$

$$0,625 A$$

$$\frac{n_1}{a_1} - \frac{n_2}{a_2} = \frac{n_1}{R_1} - \frac{n_2}{R_2} = N \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$a_1 \rightarrow \infty \quad - \frac{n_2}{a_2} = \frac{n_2}{R_2} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad \frac{L a_0}{2} = \frac{a_0}{2}$$

$$\frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

$$2 a_0 \left(1 - \left(\frac{a_0}{L} \right)^2 \right) + \frac{2 a_0^3}{L} \left(\right)$$

$$U = \frac{a_0 t}{2 \cos \alpha}$$



$$U = \frac{V}{2 \cos \alpha} = \frac{\sqrt{\frac{L a_0}{2}}}{2 \cos \alpha}$$

$$a = \frac{du}{dt} = \frac{du}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{U du}{dx}$$

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

$$a, \frac{2.4}{2.6} = 4 \cdot U_0$$

$$U_0 = 1.48$$

$$\frac{1}{4} a_0^3 \cdot a^2 = \frac{a_0^3 (2.1 - 2.6)}{4}$$

$$L (\cos \alpha - \cos \alpha_0) = \frac{a_0 L}{2 a_0 \cdot 2}$$

$$x = L \cos \alpha = \frac{a_0 t^2}{2}$$

$$a^2 = \frac{a_0^3 (2.1 - 2.6)}{4 \cdot 2}$$

$$dx = L \sin \alpha d\alpha \quad a = a_0 \sqrt{\frac{1 - \sqrt{2}}{2}}$$

$$a_0 \sqrt{\frac{1 - \sqrt{2}}{2}}$$

$$a = \frac{U du}{L \sin \alpha d\alpha}$$

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

$$\frac{1}{2} + \sqrt{2} - \frac{1}{2}$$

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

$$\cos \alpha_0 = \cos \alpha - \frac{1}{4}$$

$$\cos \alpha_0 = \frac{2\sqrt{2} - 1}{4}$$

$$L \left(\cos \alpha - \frac{2\sqrt{2} - 1}{4} \right) = \frac{a_0 t^2}{2}$$

$$\cos \alpha = \frac{a_0 t^2}{2L} + \frac{2\sqrt{2} - 1}{4}$$

$$U = \frac{a_0 t}{\frac{a_0 t^2}{L} + \frac{2\sqrt{2} - 1}{2}} = \frac{2(-2)}{2\sqrt{2}}$$

$$a_0 \left(\frac{a_0 t^2}{L} + \frac{2\sqrt{2} - 1}{2} \right) + a_0 t \left(\frac{2 a_0 t}{L} \right)$$

$$a = \frac{a_0 \left(\frac{2\sqrt{2} - 1}{2} \right) - \frac{a_0^2 t^2}{L}}{\left(\frac{a_0 t^2}{L} + \frac{2\sqrt{2} - 1}{2} \right)^2} = \frac{a_0 \left(\frac{2\sqrt{2} - 1}{2} \right) - \frac{a_0}{2}}{\left(\frac{1}{2} + \frac{2\sqrt{2} - 1}{2} \right)^2} = \frac{a_0 (2\sqrt{2} - 2)}{2 \cdot 2} = \frac{\sqrt{2} - 1}{2} a_0$$