0 745944 640003

74-59-44-64
(51.)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 05

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Робофест
наменование олимпиады

по Физике
профиль олимпиады

Никитина Ивана Дмитриевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

выдан +1 лист

Дата

«04» апреля 2026 года

Подпись участника

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Выполнять задания на титульном листе запрещается!

Чистовик

№ A_2.

$n_1 = 1{,}4$

$\sin\alpha_1 = 0 \Rightarrow \sin\alpha_2 = 0 \to$

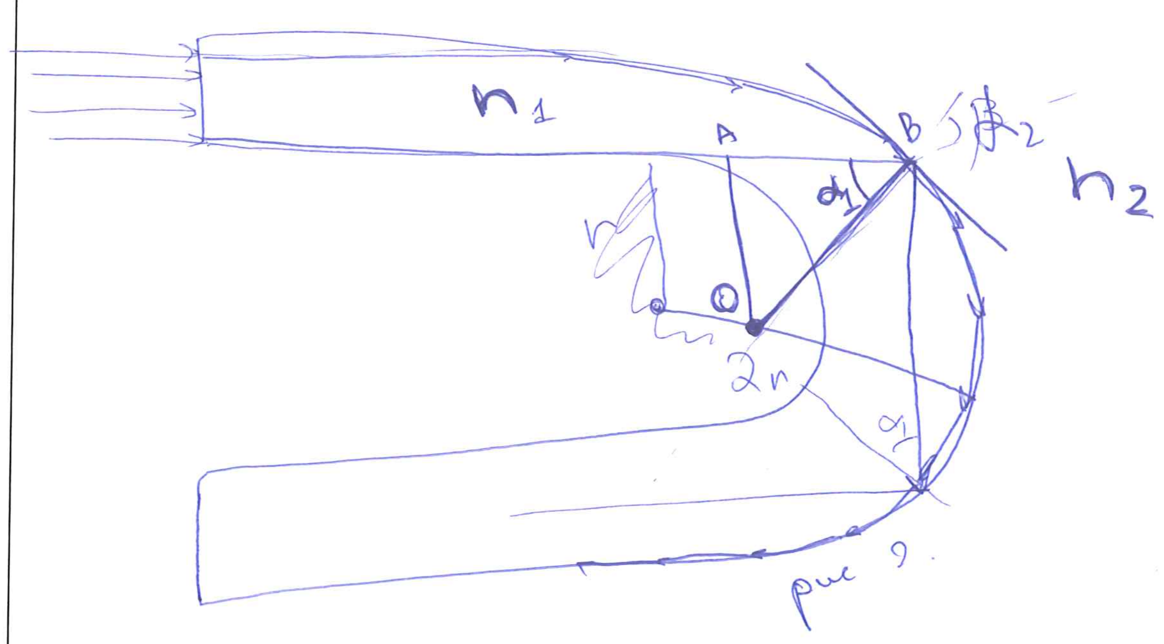
$n_2 = 1$

из 2й грани свет впервые выйдет наружу.

Ответ: из 2й.

Задача: $P = S\lambda$

$n \sim \frac{a}{\lambda}$



Рассмотрим все лучи

74-59-44-64 (151.9)

Σ 64

	1	2	3	4
Т	9	10	3	10
Э	5	7	5	15
Σ	14	17	8	25
	Новикова	[illegible]	Калинова	Марков

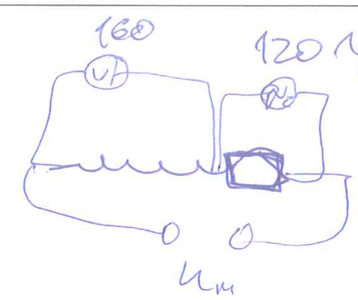
Оценка за теор. тур - 39

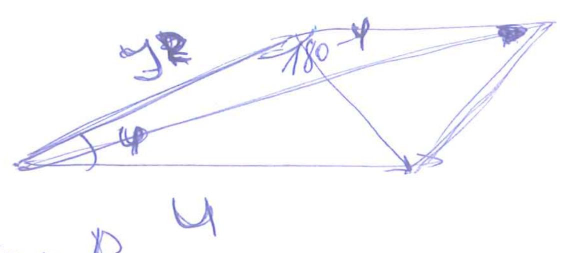
Итоговая оценка - 73

(Семьдесят три)

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Черновик.



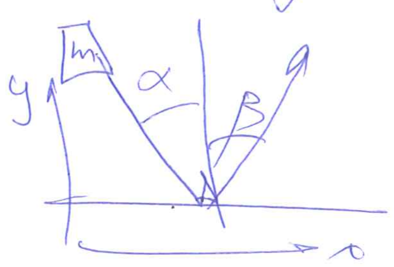


$X_L = i\omega L$

$X_c = \frac{1}{i\omega c}$ $\quad X_R = R$.

$a + ib = \rho e^{i\varphi}$

$\rho = \sqrt{a^2 + b^2}$ $\quad \varphi = \operatorname{arctg}\frac{b}{a}$.



$Ox: \; m 180 \sin\alpha = m V_{0x} \sin\beta$

№3.

$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \cdot e^{i \operatorname{arctg}\left(\frac{\omega L}{R}\right)}$

$P = U_D \mathcal{Y}_D$. $\quad U = U e^{i\omega t}$

$U(t) = U_м \cos\omega t$

$\mathcal{Y}(t) = \mathcal{Y}_м \cos(\omega t + \varphi) = \mathcal{Y}_м (\cos\omega t \cos\varphi - \sin\omega t \sin\varphi)$

$P^2 = U_D^2 \mathcal{Y}_D^2 = U_м^2 \cdot \mathcal{Y}_м^2 \cdot \cos^2\omega t$

$\frac{1}{2} U \mathcal{Y}$ $\quad \mathcal{Y}_м = \frac{U e^{i(\omega t - \operatorname{arctg}\frac{\omega L}{R})}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L}} =$

$= \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L}} \cdot \sin(\omega t - \operatorname{arctg}\frac{\omega L}{R})$

$\sin^2 = \frac{1}{2}$.

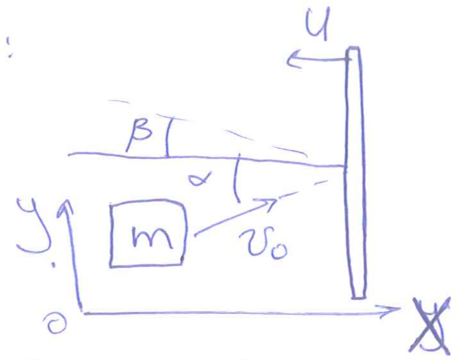
$P = \frac{U \mathcal{Y}}{\sqrt{2}\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик.

№1.

Вопрос:



1: рассмотрим проекции импульса тела на оси Oy и Ox

Oy: ~~[illegible]~~ $mv_{y_к} - mv_0 \sin\alpha = 0$,

т.к. внешних сил нет =>.

Видно, что компонента по оси Oy не изменится. => $v_{y_к} = v_0 \sin\alpha$.

Т.к. стенка движется без ускорения, перейдём в С.О.: Стена =>

Ox: $\underbrace{m(v_0 + u)}_{p_н} - \underbrace{(-mv_x)}_{p_к} = 0$

$v_x = v_{0_x} + u$ – в С.О. стена.

Перейдем в С.О. Земля =>

$v_x = v_{0_x} + u + u = v_{0_x} + 2u =$

$= v_{0_x} + 2\frac{v_0}{2} = \cancel{2v_0}\ v_0 \cdot \cos\alpha + v_0$

$tg\beta = \left(\frac{v_x}{v_{y_к}}\right)^{-1} = \left(\frac{v_0(\cos\alpha + 1)}{v_0 \sin\alpha}\right)^{-1} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha + 1}$

чистовик

вольтметр показывает действующее значение напряжения.

$P = \frac{I_м}{\sqrt{2}} \cdot U_{д_L} = \cancel{\frac{U_{0}\sqrt{2}}{\sqrt{2}\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} \cdot U_{д_L}} =$

$= \cancel{\frac{220}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}} \cdot 160$

напряжение на катушке

сила тока в цепи

$= \frac{U_д}{\sqrt{2}\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} \cdot U_{д_L} = \frac{220}{\sqrt{2}\sqrt{21^2+\omega^2L^2}} \cdot 160$ [Вт] $=$

$=$

Ответ: $P = \frac{220 \cdot 160}{\sqrt{2}\sqrt{21^2+\omega^2L^2}}$ [Вт]

№4. Вопрос.

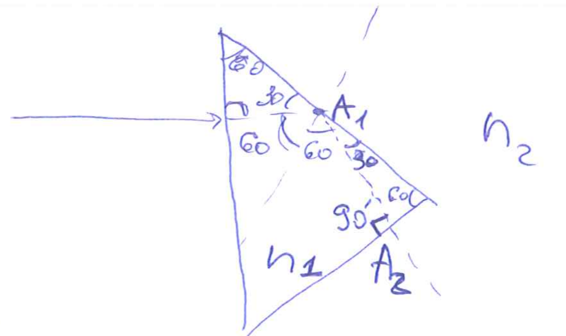


рис 1.

Знаем, что

$n_1 \sin\alpha_1 = n_2 \sin\alpha_2$

Для т. A_1; $\begin{cases} n_1 = 1{,}4 \\ n_2 = 1 \\ \sin\alpha_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \end{cases}$ => $\sin\alpha_2 = \frac{n_1 \sin\alpha_1}{n_2} =$

(См рис 1, углы расставлены)

$= 1{,}21 > 1$ => Такого не может быть, тут отражение

Чистовик.

$$S_\lambda = \frac{P_н}{\Delta\lambda} = \frac{1}{20}$$

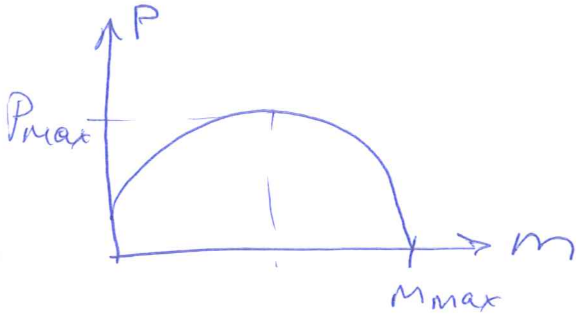
$$P_к = 260 \cdot \frac{1}{20} = 13 \text{ Вт}.$$

Ответ: $P_к = \cancel{13 \text{ Вт}}$ 13 Вт.

Эл. продолж.

$FV = \mathcal{E}J - J^2 r$

$m\cancel{A}V = \mathcal{E}J - J^2 r \Rightarrow \boxed{m = \frac{\mathcal{E}J - J^2 r}{nV}}$



Ответ на вопрос.

Задача: Понятно, что P_{max} будет в вершине параболы.

$m_{опт}$ ← масса, при которой P_{max}.

можно найти как $m = -\frac{b}{2a}$ ← коэфф. в квадратном трёхчлене

74-59-11-54 (51.1)

$$\sin\alpha_1 = \frac{OA}{OB} = \frac{r}{2r} = \frac{1}{2}$$ Чистовик

$n_1 \sin\alpha_1 = n_2 \sin\alpha_2$

$n_1 = \frac{a}{\lambda}$ $\quad$ $n_2 = 1$

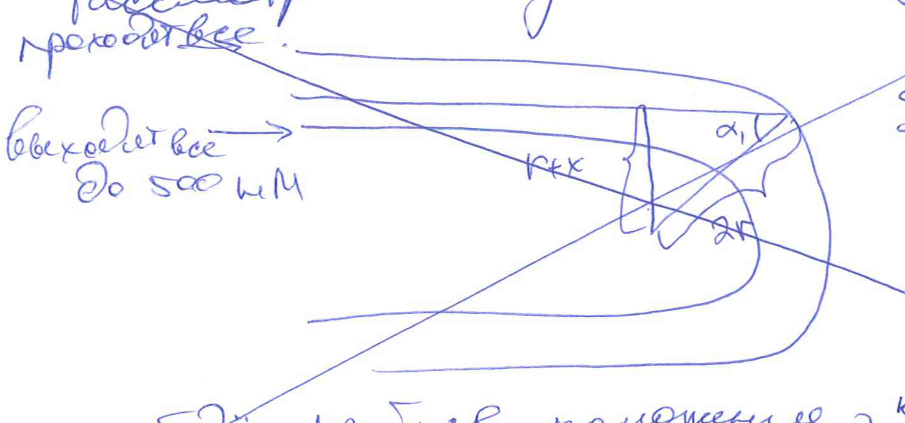
Заметим, что, если $\sin\alpha_2 > 1 \Rightarrow$ было полное внутреннее отр.

$\frac{1000}{\lambda}\frac{1}{2} > 1$, если $\lambda < 500$ нм $\Rightarrow$

все волны длиной ~~более~~ менее 500 нм — дойдут до приёмника; > 500 — покинут световод

Я рассмотрел лучи, которые идут вдоль внутр. стенки, рассмотрим у внешней: как показано на рис. 2. видно, что все лучи испытывают п.В.О $\Rightarrow$ все дойдут до приёмника. (т.к. $\sin\alpha \approx 1$)

~~Рассмотрим случайный луч~~



$\sin\alpha_1 = \frac{r+x}{2r}$

$x \in [0; r]$.

найдём крайнее положение, когда все волны проходят.

$\cancel{n_1 = \frac{1000}{400}}$

$\cancel{n_1 \cdot \sin\alpha_1 = n_2 \cdot \sin\alpha_2}$

$\cancel{\frac{1000}{400} \cdot \boxed{\frac{400}{1000}} = 1 \qquad 1}$

$\cancel{\sin\alpha_1 = 0,4}$

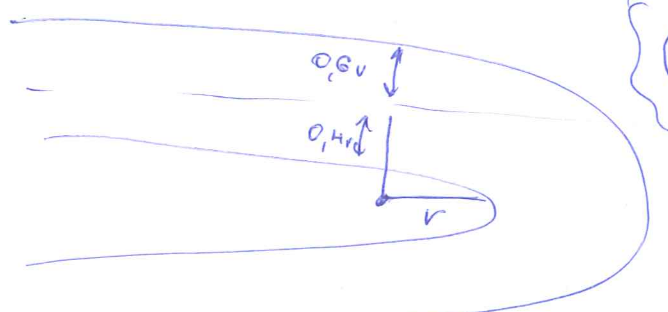
как устроено: чистовик

$\frac{r+x}{2r} \cdot \frac{a}{h} > 1 \Rightarrow$ полное внутр. отр.

$x \in [0; r]$.

От 400 нМ до 500 нМ — все волны везде проходят, когда x (расстояние от внутр. стенки до луча) $\geq 0,4r \Rightarrow$ все лучи проходят до приёмника.

$\boxed{(r+x) > \frac{h}{a} \cdot 2r}$



в промежутке $\overbrace{\text{от } 0,4r \text{ до } 0}^{\text{когда x принадлежит}}$ — ~~найти~~

там линейная зависимость, волны, длины которых от 700 нм до 500 нМ постепенно линейно перестают испытывать ПВО.

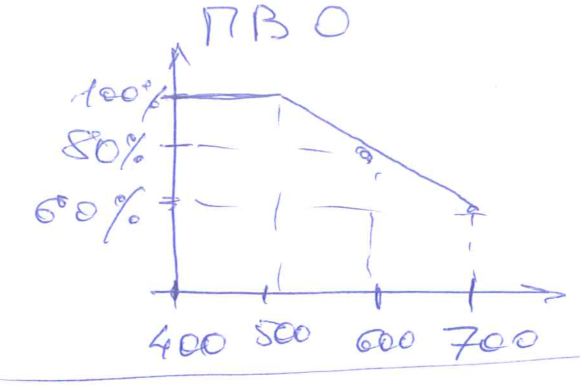
ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$\Rightarrow \lambda = 400$ нМ $\Rightarrow$ ПВО — испытывает 100% чистовик

$\lambda = 500$ нМ $\Rightarrow$ ПВО — 100%

$\lambda = 600$ нМ $\Rightarrow$ ПВО — 80% $\left(\frac{r-0,2r}{r}\right)$

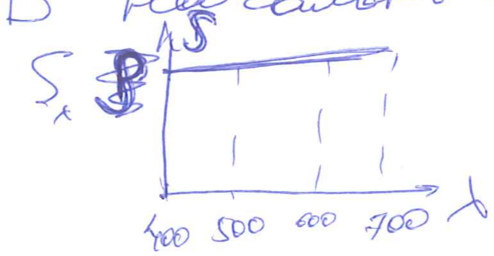
$\lambda = 700$ нМ $\Rightarrow$ ПВО — 60% $\left(\frac{r-0,4r}{r}\right)$



← Ответ.

Мощность излучения:

В начальный момент график такой:

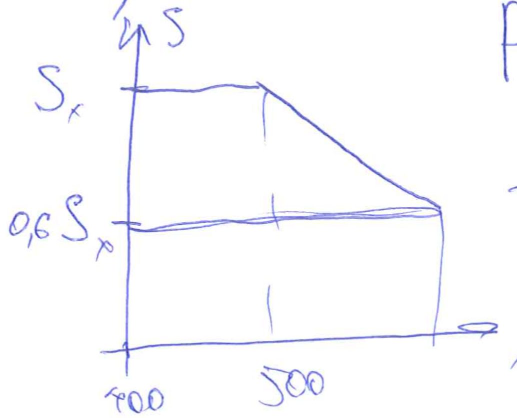


P — мощность.

$P_н = S_x \cdot \Delta\lambda = 15$ Вт.

$\Delta\lambda = 300$

$P_к$ = можно найти как площадь 2х трапеций



$P = S_x \cdot \Delta\lambda_1 + \frac{S_x + 0,6S_x}{2} \cdot \Delta\lambda_2 =$

$= S_x(500-400) + \frac{1,6 \cdot S_x}{2}(700-500) =$

$= S_x(100 + 0,8 \cdot 200) =$

$S_x \cdot 260$

Подписывать лист-вкладыш запрещено! Писать на полях листа-вкладыша запрещено!

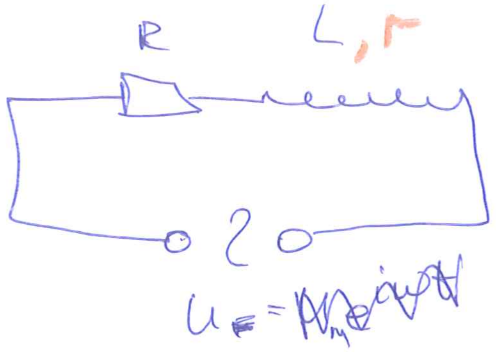
Чистовик.

=> можем подсчитать среднюю выделяющуюся мощность за период

$$P = J_д \cdot U_д = \frac{U_м}{\sqrt{2}} \cdot \frac{J_м}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} U_м \cdot J_м.$$

Ответ: $P_{ср} = \frac{1}{2} U_м \cdot J_м \cdot \cos\varphi$

Задача:



$X_R = R$

$X_L = i\omega L$

$\Rightarrow Z = R + i\omega L$

Z – импеданс аналог сопротивления цепи.

$$Z = \sqrt{R + i\omega L} = \sqrt{R^2+\omega^2L^2} \cdot e^{i\,\mathrm{arctg}\frac{\omega L}{R}}.$$

{введение: $a + ib = \sqrt{a^2+b^2} \cdot e^{i\,\mathrm{arctg}\frac{b}{a}}$}

$\mp$ Нет вект. диагр! катушка неидеальная!

$$J_д = \frac{U_д \cdot \cancel{e^{i\omega t}}}{Z} = \frac{U_м \cancel{e^{i\omega t}}}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2} \cdot e^{i\,\mathrm{arctg}\frac{\omega L}{R}}} = \frac{U_м}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} \cdot e^{i(\ldots - \mathrm{arctg}\frac{\omega L}{R})} =$$

$$= \boxed{\frac{U_д}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}} \cdot \sin\left(\ldots - \mathrm{arctg}\frac{\omega L}{R}\right)$$

напр. ист.

~~$U_м = U_д\sqrt{2}$~~

$$J_м = \frac{U_д}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}$$

~~$P = U$~~

74-59-44-64 (151:?)

чистовик.

Сравним с $\mathrm{tg}\alpha$, проверим правильность наших рассуждений (в теории $0 \le \beta < \alpha$.

$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \vee \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha + 1}$$ — видно, что $\mathrm{tg}\beta < \mathrm{tg}\alpha \Rightarrow$

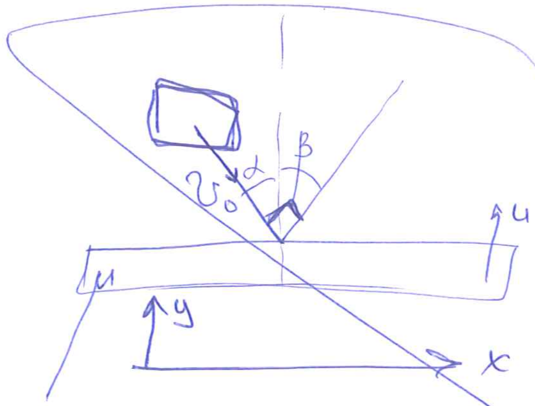
$\beta < \alpha \Rightarrow$ рассуждения верны

+

$$\boxed{\beta = \mathrm{arctg}\left(\frac{\sin 40}{\cos 40 + 1}\right)}$$ ← ответ на вопрос.

Задача

Найдём коэффициент трения μ.



С.О. стена.

Oy: $mv_y - (-mv_0 \cdot \cos\alpha) = N\Delta t$

$v_y = v_0\cos\alpha \Rightarrow$

$2mv_0\cos\alpha = N\Delta t$.

Ox: $mv_x - mv_0\sin\alpha = -|F_{тр}|\Delta t$

$v_x = v_0 \cdot \sin\beta$

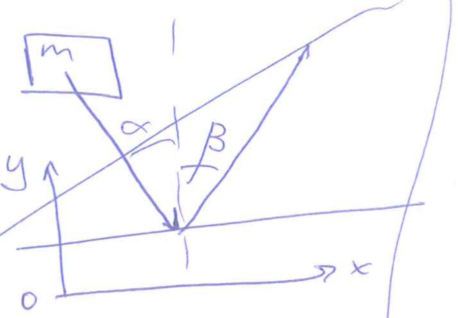
См след. лист.

Чистовик.

№1

Вопрос:

~~Рассмотрим проекции импульсов на Ox и Oy в С.О: стена:~~



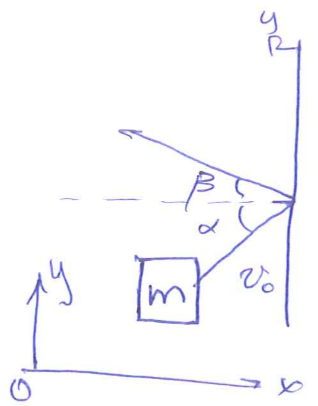
$Ox: \Delta p = 0 \Rightarrow m v_0 \sin\alpha = m v_{xк} \Rightarrow$

$v_{xк} = v_0 \sin\alpha.$

$Oy: m\left(v_0\cos\alpha + \frac{v_0}{2}\right) = m v_y$

$v_0\cos\alpha + v_0 = v_y \quad tg\beta = \frac{v_x}{v_y} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha + 1}$

Найдем коэффициент трения μ:



В С.О. стена:

$Ox: \underbrace{-m(v_0\cos\alpha + u)}_{p_н} + \underbrace{(-m v_x)}_{p_к} = N\Delta t$

$\Delta p = p_к - p_н$

$Oy: p_н = m v_0 \cancel{\cos\alpha} \sin\alpha$

$p_к = m v_0 \cancel{\cos\beta} \sin\beta$

$m v_0 (\sin\beta - \sin\alpha) = -|F_{тр}| \Delta t'$

$F_{тр} \leq \mu N$, т.к. $v_{yк}$ не может быть < 0, а брусок отскочил $\Rightarrow$ +

$\Delta t' = \Delta t.$

$\cancel{m v_0 (\cos\beta - \cos\alpha) = +|F_{тр}| \Delta t' = \mu N \Delta t =}$

$\cancel{= (m v_0 \cos\alpha + u) + m v_0)\mu}$

$\cancel{\beta = 90 - \alpha.}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

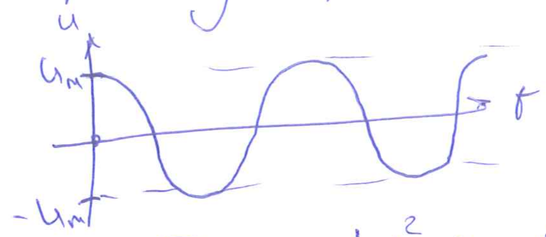
№3.

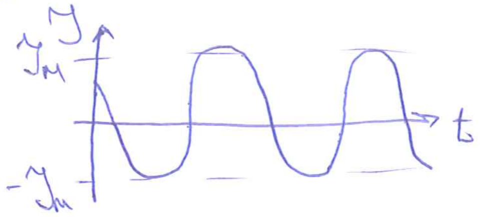
Вопрос 3:

~~пу~~ пусть напряжение зависит от времени так: $U(t) = U_м \cos(\omega t)$, тогда

$I(t) = I_м \cdot \cos(\omega t + \varphi)$

Приведу графики зависимости



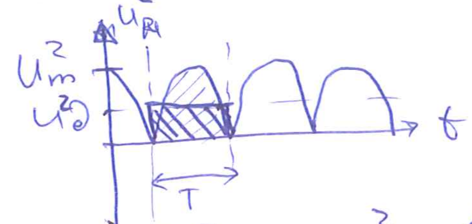


тогда $U^2(t) = U_м^2 \cdot \cos^2(\omega t).$

$I^2(t) = I_м^2 \cdot \cos^2(\omega t + \varphi)$

среднее значение косинуса в квадрате т.е. от 0 до π — $\frac{1}{2}$

Усреднить надо U·I !



$U_д^2 = U_м^2 \cdot \frac{1}{2} \qquad I_д^2 = I_м^2 \frac{1}{2}$

Оказывается, что площадь

$U_д^2 \cdot T = T \cdot S_{U_м^2}$ ← площадь за период под графиком.

Аналогично для тока

$I_м^2 T = T \cdot S_{I_м^2}$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Чистовик.

~~будет тогда~~, когда $m_1 \to 0$

$FV = \mathcal{E}J - J^2 r$

$F = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$, пусть $g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = n$.

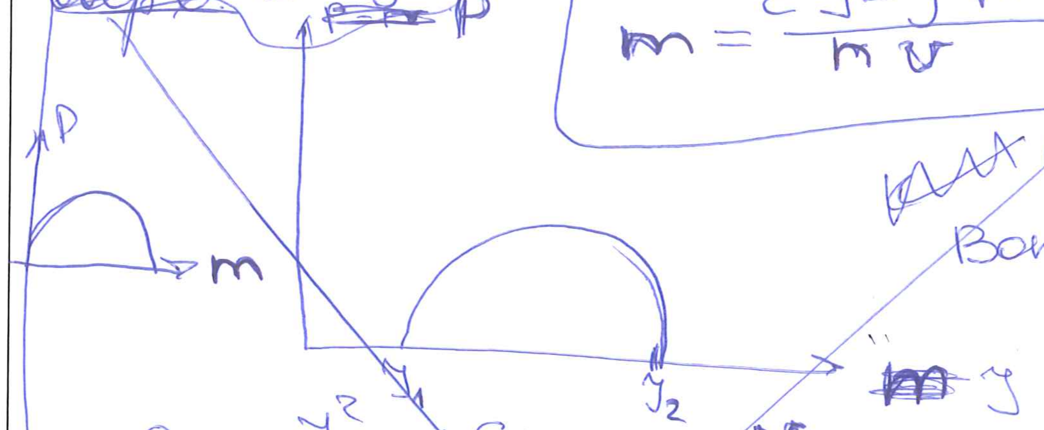
$P = mnV = \mathcal{E}J - J^2 r = -J^2 r + \mathcal{E}J$

$n = const$, видно, что $\mathcal{E}J - J^2 r$ - ~~рас~~ убывает не линейно,

график - ~~парабол~~ часть параболы, ветвями ~~вверх~~ вниз (смотр бланк)

$$\boxed{m = \frac{\mathcal{E}J - J^2 r}{nV}}$$

Ответ на вопрос



$0 = -J^2 r + \mathcal{E}J - mnV$

$$J_{1,2} = \frac{+\mathcal{E} \pm \sqrt{\mathcal{E}^2 - 4mnV\cdot r}}{+2r} = \frac{\mathcal{E} - \sqrt{\mathcal{E}^2 - 4mnV\cdot r}}{2r} = J_1, \quad \frac{\mathcal{E} + \sqrt{\mathcal{E}^2 - 4mnVr}}{2r} = J_2$$

Задача. Понятно, что P_{max} будет в вершине параболы; $J_B = +\frac{\mathcal{E}}{+2r} = \frac{\mathcal{E}}{2r} = \frac{200}{2\cdot 4} = 25$ A.

$mn = kJ$

74-59-44-54 (15.1)

Чистовик

ИСО Земля

Ox: $p_н = mv_0\cdot\cos\alpha$.

$p_к = -m(v_0\cos\alpha + 2u)$

$p_к - p_н = N\Delta t$.

$-m(v_0\cos\alpha + 2u) - mv_0\cos\alpha = N\Delta t$.

$m v_0(\sin\beta - \sin\alpha) = \mu|N\Delta t| = \mu|m(v_0\cos\alpha + 2u) + mv_0\cos\alpha| \Rightarrow$

$$\Rightarrow \mu = \left|\frac{mv_0(\sin\beta - \sin\alpha)}{2mv_0\cos\alpha + 2um}\right| =$$

$\beta = 90 - \alpha$. $\sin(90-\alpha) = \underbrace{\sin 90}_{1}\cos\alpha - \underbrace{\cos 90}_{0}\cdot\sin\alpha$

$\cos(90-\alpha) = \underbrace{\cos 90\cdot\cos\alpha}_{0} + \underbrace{\sin 90}_{1}\cdot\sin\alpha = \sin\alpha$

$$= \left|\frac{v_0(\cos\alpha - \sin\alpha)}{2v_0\cos\alpha + \frac{2}{5}v_0}\right| = \left|\frac{0{,}6 - 0{,}8}{2\cdot 0{,}8 + 0{,}4}\right| = 0{,}1$$

$\sin\alpha = 0{,}8 \Rightarrow \cos\alpha = 0{,}6$.

~~недосчитаем~~, если $\beta = 0$

Ox: $p_н = mv_0\cos\alpha$.

$p_к = -m(v_0\cos\alpha + 2u)$

$N\Delta t = -m(v_0\cos\alpha + 2u) - mv_0\cos\alpha = -2mv_0\cos\alpha + (2mu)$

Oy: $p_н = mv_0\sin\alpha$.

$p_к = 0$

$mv_0\sin\alpha = F_{тр}\Delta t = \mu(2mv_0\cos\alpha + 2mu)$

$$\mu = \frac{mv_0\sin\alpha}{2mv_0\cos\alpha + 2m\frac{v_0}{5}} = \frac{0{,}8}{2\cdot 0{,}6 + 0{,}4} = 0{,}5$$

Ответ: Чистовик

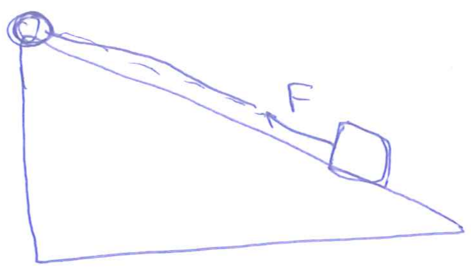
Вопрос: $\beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{\sin 40}{\cos 40 + 1}\right)$ +

Задача а) $\mu = 0,1$ ⊖

б) $\mu \geq 0,5$. +

№2.

Вопрос.



Пусть у двигателя ε и r (напряжение и внутреннее сопротивление)

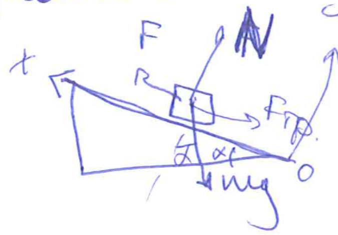
$P = \varepsilon J = J^2 r + FV$ $\quad FV = P_п$

По условию $F = kJ \Rightarrow$

$\varepsilon J = J^2 r + kJV \Rightarrow \varepsilon - Jr = kV$

Полезная мощность – мощность на подъём груза, в данном случае: $FV = \varepsilon J - J^2 r$ +

найдём зависимость $FV(m)$



Oy: $N = mg\cos\alpha$.

Ox: $0 = F - mg\sin\alpha - F_{тр}$

$F = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha =$

$= mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = kJ = \frac{\varepsilon J - J^2 r}{V}$

$a = 0$, т.к. $V = const$.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Чистовик

$V = \frac{\varepsilon}{k} - \frac{Jr}{k}$, $k = const$

$Vk^2 = \varepsilon - Jkr$

$Vk^2 = \varepsilon - mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)r$

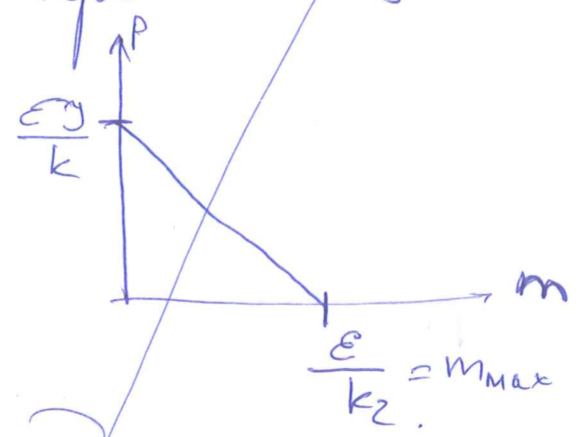
пусть $g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)r = k_2$.

$Vk^2 = \varepsilon - mk_2$

$VkJ \cdot k = \varepsilon J - mk_2 J$

$P_п k = (\varepsilon - mk_2)J \Rightarrow P_п = -m\frac{k_2}{k}J + \frac{\varepsilon J}{k}$

если ε, k, k_2 и $J = const$, то график $P_п(m)$ — прямая пропорциональность, не проходящая через 0.



$P_п = 0 \Rightarrow m\frac{k_2}{k}J = \frac{\varepsilon J}{k}$

← Ответ на вопрос.

Задача:

из условия $\frac{\varepsilon}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = 500$ кг $\Rightarrow \sin\alpha + \mu\cos\alpha = 0,04$

$U = \varepsilon = 200$ В.

Максимальная полезная мощность будет тогда, когда $J \to 0$. , т.к. $P_п = \varepsilon - Jr$

$J = \frac{m_1 g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{k}$ ← const

из графика и ур-я видно, что P_{max}

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!