

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 05

Место проведения г. Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

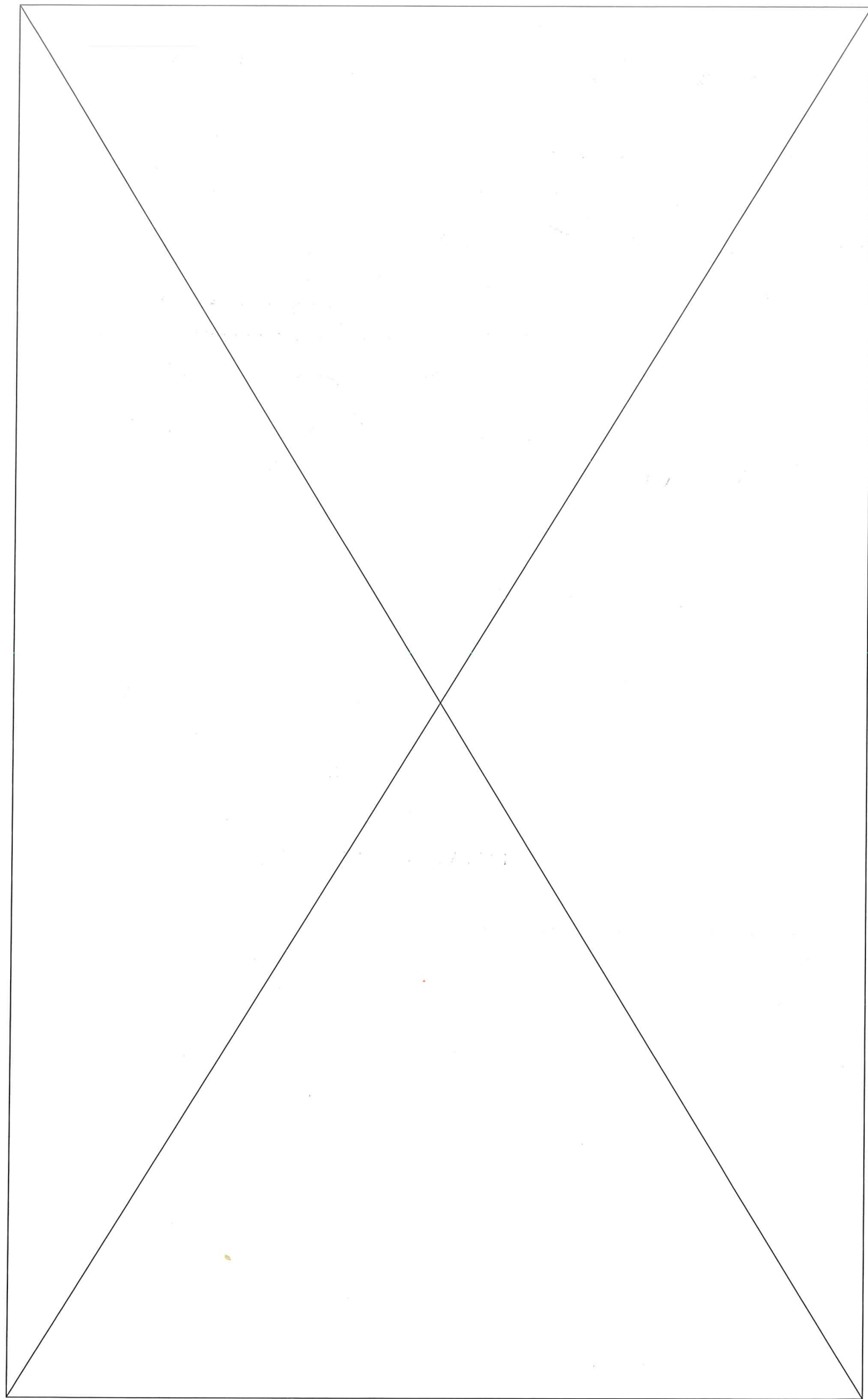
Олимпиада школьников Роборит
наименование олимпиады

ПО Физике
профиль олимпиады

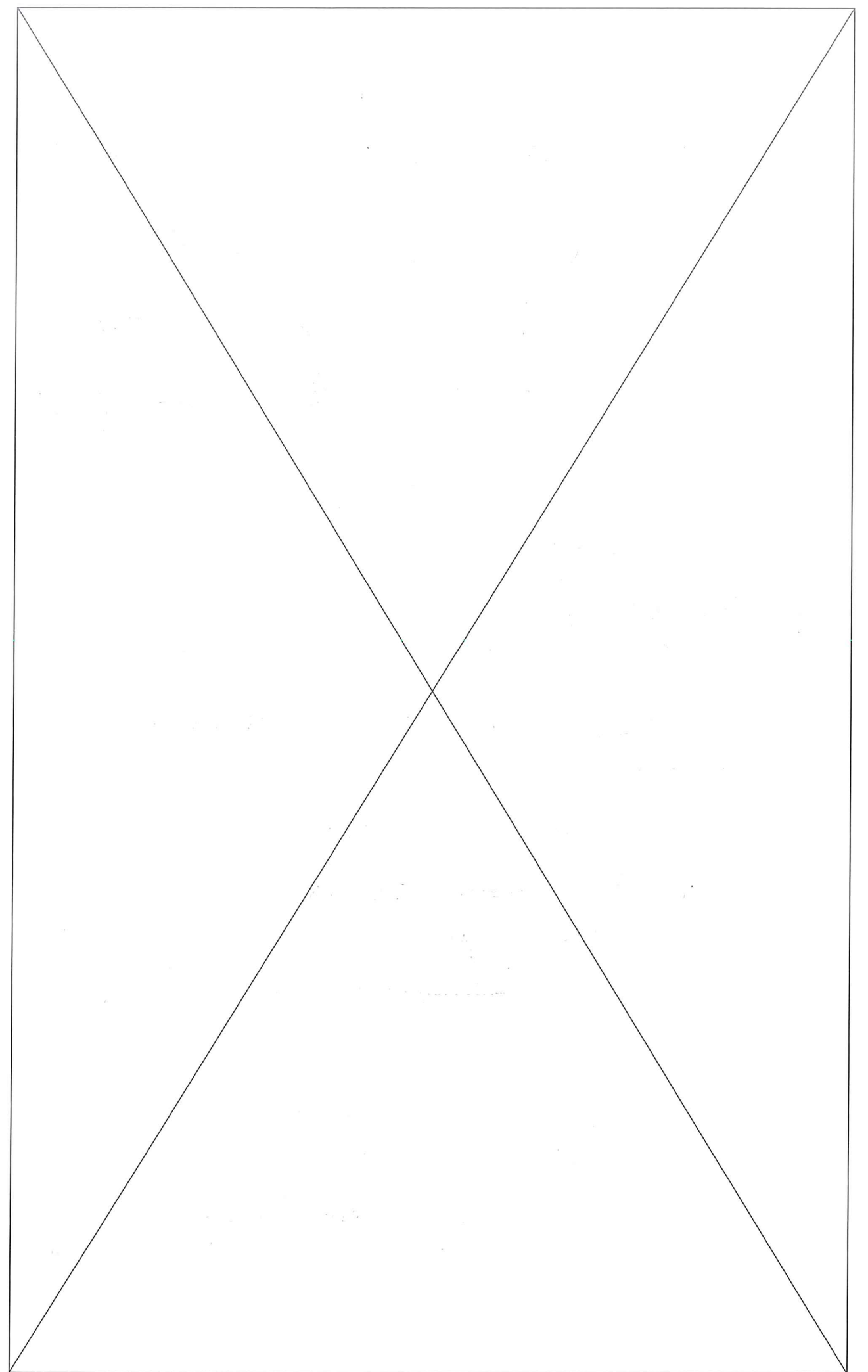
Петрова Кирилла Сергеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«4» апреля 2026 года

Подпись участника
Петров



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

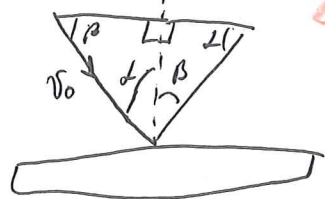
Чертовик

- 1) переход в С.О. стены. Кубик движется на неё со скоростью V_0 по оси Oy $V_0 \cos \alpha + u$
- 2) после упругого удара он движется от неё со скоростью V_0 по оси Oy $V_0 \cos \alpha + u$
- 3) переход в С.О. пола. Он движется со скоростью V_0

$V_{0x} = 2V_0$ $V_0 \cos \alpha + 2u = V_0 (\cos \alpha + 1)$

$V_{0y} = V_0 \cos \alpha$ $V_{ky} = V_0 (\cos \alpha + 1)$ $\tan \alpha = \frac{V_{0x}}{V_{0y}} = \frac{2V_0}{V_0 \cos \alpha} = \frac{2}{\cos \alpha}$
 $V_{ky} = 2V_0 \cos \alpha$ $V_{0y} = V_0 \cos \alpha$ $\tan \beta = \frac{V_{kx}}{V_{ky}} = \frac{2V_0}{2V_0 \cos \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{1}{\sin \alpha}$
 $V_{0x} = V_{kx}$ (мас. см. нет) $\tan \beta = \frac{V_{0x}}{V_{0y}} = \frac{2V_0}{V_0 \cos \alpha} = \frac{2}{\cos \alpha}$
 $\tan \alpha = \frac{2}{\cos \alpha} = \frac{2 \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{2 \sin \alpha}{1 - \sin^2 \alpha}$ $\tan \beta = \frac{2}{\cos \alpha} = \frac{2 \sin \alpha}{1 - \sin^2 \alpha}$
 $\alpha = \arctan \left(\frac{2}{\cos \alpha} \right) \approx 22,76^\circ$ $\beta = 20^\circ$

$V_{0x} - \frac{8}{5}V_0 = V_0 \left(\frac{4}{5} - \frac{8}{5} \right) = -\frac{4}{5}V_0$ $2\mu = 1$ $\mu = \frac{1}{2} = 0,5$



$\sin \alpha = 0,8 = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{3}{5}$

$V_{0y} = V_0 \cos \alpha$ $V_{0x} = V_0 \sin \alpha$

$V_{ky} = V_0 \cos \alpha + 2u = V_0 \cos \alpha + \frac{2V_0}{5} = V_0$

$N \Delta t = m(V_0 \cos \alpha - (-V_0 \cos \alpha - \frac{2V_0}{5})) = 2mV_0 \cos \alpha + \frac{2mV_0}{5}$

$N \Delta t = m(V_0 \cos \alpha - (-V_0 \cos \alpha - \frac{2V_0}{5})) = 2mV_0 \cos \alpha + \frac{2mV_0}{5} = 2mV_0 \left(\cos \alpha + \frac{1}{5} \right) = 2mV_0 \left(\frac{3}{5} + \frac{1}{5} \right) = \frac{8}{5}mV_0$

$\frac{N \Delta t}{m} = \frac{8V_0}{5}$

$V_{kx} = V_{0x} - \frac{F \Delta t}{m} = V_0 \sin \alpha - \frac{8}{5}V_0 = V_0 \left(\frac{3}{5} - \frac{8}{5} \right) = -V_0$

$V_{kx} = -V_0$

$\frac{V_{kx}}{V_{ky}} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{3}{4} \Rightarrow \mu = \frac{1}{32}$

$4V_0 \left(\frac{4-8\mu}{5} \right) = 3V_0$ $4-8\mu = \frac{15}{4}$ $8\mu = 4 - \frac{15}{4} = \frac{16-15}{4} = \frac{1}{4}$ $\mu = \frac{1}{32}$

$4-8\mu = \frac{15}{4}$ $8\mu = 4 - \frac{15}{4} = \frac{16-15}{4} = \frac{1}{4}$ $\mu = \frac{1}{32}$

Читовик

- 1) переход в С.О. стены. Кубик движется на неё со скоростью V_0 по оси Oy , по нормали к стене - за V_x

$V_{0y} = V_0 \cos \alpha$; $V_{0x} = V_0 \sin \alpha$

- 2) переход в С.О. стены. В ней стена неподвижна, а кубик имеет скорость $V_0 \cos \alpha + u$, направл. к стене.

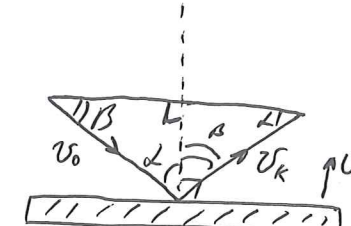
- 3) во время удара т.к. а) он упругий и б) краем стены реакция опоры нет, следовательно, его скорость изменится только по модулю, но направление останется в оси Oy , а V_{0x} силы не действуют никак $\Rightarrow V_{0x} = V_{kx}$

- 4) переход в нормальную С.О., в ней отн. звыши скорость кубика $V_{ky} = (V_0 \cos \alpha + u) + u = V_0 \cos \alpha + 2u = V_0 (\cos \alpha + 1)$

$\tan \beta = \frac{V_{kx}}{V_{ky}} = \frac{V_{0x}}{V_0 (\cos \alpha + 1)} = \frac{V_0 \sin \alpha}{V_0 (\cos \alpha + 1)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + 1}$

$\beta = \arctan \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + 1} \right) = 20^\circ$

Ответ на вопрос: $\beta = 20^\circ$



Т.к. угол между касательной и нормальной скоростью равен 90° (угол прямой), то $\sin \alpha = \cos \beta$; $\cos \alpha = \sin \beta$

$\sin \alpha = 0,8 = \frac{4}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{3}{5}$

Найдём V_{ky} : $V_{ky} = V_{0y} + 2u$ (найдем в решении вопроса)
 $V_{ky} = V_0 \cos \alpha + \frac{2V_0}{5} = V_0 \left(\cos \alpha + \frac{2}{5} \right) = V_0 \left(\frac{3}{5} + \frac{2}{5} \right) = V_0$

Найдём импульс реакции опоры за время удара:

$N \Delta t = m(V_0 \cos \alpha - (-V_0 \cos \alpha - 2u)) = 2m(V_0 \cos \alpha + u) = 2mV_0 \cdot \frac{4}{5} = \frac{8}{5}mV_0$

Т.к. $V_{kx} \neq 0$, то $V_{kx} = V_{0x} - \frac{F \Delta t}{m} = V_0 \sin \alpha - \frac{8}{5}V_0 = V_0 \left(\frac{3}{5} - \frac{8}{5} \right) = -V_0$

Крайне важно $\frac{V_{kx}}{V_{ky}} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{3}{4} \Rightarrow V_{kx} \sin \alpha = V_{ky} \cos \alpha$
 $V_0 \left(\frac{3}{5} - \frac{8}{5} \right) \cdot \frac{4}{5} = V_0 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5}$ $(4-8\mu) \cdot 4 = 3$; $4-8\mu = \frac{15}{4}$; $8\mu = 4 - \frac{15}{4} = \frac{1}{4}$

Условие отскока: $V_{kx} = 0 = 2V_0 \mu \sin \alpha - \frac{8}{5}V_0 = 0$ $4-8\mu = 0 \Rightarrow \mu = \frac{1}{2}$

Ответ: $\mu = 0,03125$ $\mu = \frac{1}{32} = 0,03125$ $\mu = \frac{1}{32}$

33-12-06-21 (151,2)

Оценки за Теор. вып. - 60
 Угловый оценочка - 94
 100 (Доброго всем)

10	15	20	25
3	10	15	20
4	10	15	20

Черновик

В2) Т.к. $F \sim I$, следовательно $\text{const} = k \cdot \frac{F}{I} \Rightarrow F = kI$

$$\mathcal{E}I = RI^2 + FV$$

$\mathcal{E}I = RI^2 + kIV$, но т.к. груз движется вверх по накл. плоск. со скор. v , то



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

$$kI = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) \quad | : k$$

$$I = m \cdot \frac{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{k} \quad \text{объём} \rightarrow A = \text{const}$$

$$I = m \cdot A$$

$$\mathcal{E}I = RI^2 + kIv \quad \text{или} \quad mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)v$$

$$mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)v = \mathcal{E}I - I^2R \quad | : I$$

$$\frac{m}{I} \cdot g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)v = \mathcal{E} - IR$$

~~WATP = ...~~

$$\frac{x}{2} = \frac{21}{a} - 1 = \frac{21-a}{a}$$

$$1 - \left(\frac{21-a}{a}\right) = \frac{a-21+a}{a} = 2\left(\frac{a-1}{a}\right)$$

Черновик

~~$$\mathcal{E}I = RI^2 + FV = I^2R + kIV$$~~

~~$$\mathcal{E}I = I^2R + FV \quad \mathcal{E}, R, v = \text{const}; F = kI$$~~

~~$$kI = I^2R + kIV$$~~

~~$$\mathcal{E}I = I^2R + kIV \quad \text{но } F = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$~~

~~$$\mathcal{E}I = I^2R + kIV$$~~

$$g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = \text{const} \Rightarrow kI = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

$$\mathcal{E}I = I^2R + FV$$

$$\mathcal{E}I = I^2R + vI \cdot m \cdot \text{const} \quad v = \text{const} \Rightarrow P \sim F$$

$$\mathcal{E} = IR + v \cdot m \cdot \text{const} \quad F = kI = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$$

$$m \cdot v \cdot \text{const} = \mathcal{E} - IR$$

$$m = \frac{A}{A} I \quad I = \frac{m}{A}$$

~~$$IR = \mathcal{E} - v \cdot \text{const} \cdot m$$~~

$$\mathcal{E}I = I^2R + kIV$$

$$I = \frac{\mathcal{E} - \text{const} \cdot m}{R} = \text{const} - \text{const} \cdot m$$

$$\mathcal{E} = \frac{m}{A} R + kV$$

$$P = kIV = \text{const}(\text{const} - \text{const} \cdot m) = \frac{m}{A} R \mathcal{E} - kV$$

$$= \text{const} \cdot m$$

$$m = \frac{A(\mathcal{E} - kV)}{R}$$

$$y = \sqrt{10 - x^2}$$

~~...~~

$$y_1 = \sqrt{10}$$

$$y_2 = 3$$

$$y_3 = \sqrt{6}$$

$$y_4 = 1$$

$$C \cdot I = C \cdot I^2 + C_1 m$$

$$C_1 I^2 - C_2 I + C_3 m = 0$$

$$D = b^2 - 4ac = C_2^2 - 4C_1 C_3 m$$

$$x_1 = \frac{C_2 \pm \sqrt{C_2^2 - 4C_1 C_3 m}}{2C_1}$$

$$\mathcal{E}I = I^2R + kIV$$

$$k = \frac{m}{I}$$

$$\frac{\mathcal{E}^2}{R} = I(\mathcal{E} - kV)$$

$$I = \frac{\mathcal{E} - \frac{mV}{I}}{R}$$

~~$$IR = \mathcal{E} - \frac{mV}{I}$$~~

$$IR = \mathcal{E} - \frac{mV}{I}$$

Черновик

$$\xi I = I^2 R + F \cdot v$$

$$\xi = IR + kV$$

$$\xi - IR = kV$$

$$k = \frac{\xi - IR}{V}$$

$$kI = m \cdot c$$

$$k = \frac{m \cdot c}{I}$$

$$kI = mg$$

$$\frac{m}{I} = \text{const}$$

$$kI = mg \cdot A$$

$$I = I^2 R + FV$$

$$F \cdot v = \xi I - I^2 R = I(\xi - IR)$$

$$mg \cdot v = I(\xi - I^2 R)$$

$$m \cdot v = I(\xi - IR)$$

$$m \cdot \text{const} = (\xi - IR) \cdot \text{const}$$

$$I \cdot k = m \cdot k_2$$

$$N = m \cdot v \cdot g = kI$$

$$N(m) = k N(I)$$

$$P = g \cdot A \cdot m \cdot v = \frac{A}{B^2 R} (\xi B - Av)^2$$

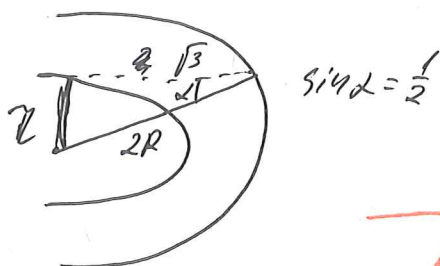
$$U = 200 \text{ В}$$

$$R = 40 \Omega$$

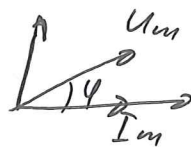
$$\xi I = I^2 R + mgv$$

$$\xi I = I^2 R + kIV$$

$$\xi = IR + kV$$



$$\sin \alpha = \frac{1}{2}$$

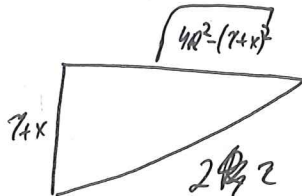


g.t.

$$\frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

g.t.

$$\frac{U_m}{\sqrt{2}}$$



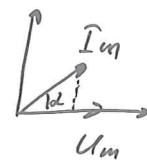
$$\frac{R+x}{2R}$$

$$P = I \cdot U$$

33-12-06-21
(151.2)

(V3)

Рассмотрим два расположенные близко друг к другу проводника: для удобства примем U_m ток и обратим $P = I_m \cdot \cos \alpha \cdot U_m$ в любой момент времени, т.к. при увеличении U_m значение тока имеет значение $I_m \cos \alpha$ в любой момент, а мощность вычисляется в моменте.

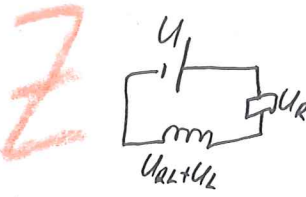


Ток и обратим $P = I_m \cdot \cos \alpha \cdot U_m$ в любой момент времени, т.к. при увеличении U_m значение тока имеет значение $I_m \cos \alpha$ в любой момент, а мощность вычисляется в моменте.

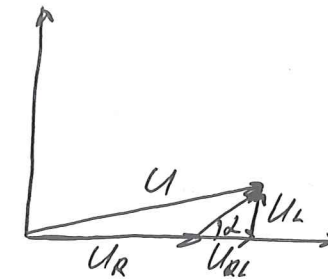
$$P = I_g \cdot U_g; I_g = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; U_g = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$P = \frac{I_m \cdot U_m \cdot \cos \alpha}{2}$$

$$\text{Ответ на вопрос: } P_g = \frac{I_m U_m \cos \alpha}{2}$$



U_R - напряж. на резисторе
 U_{RL} - ампл. сопр. коэф.
 U_L - амплит. сопр. коэф.
 U_1 - сопр. коэффициент



По 1-му теореме Пифагора

$$(U_R + U_{RL})^2 + U_L^2 = U^2$$

$$(U_R + U_1 \cos \alpha)^2 + (U_1 \sin \alpha)^2 = U^2$$

$$U_R^2 + 2U_R U_1 \cos \alpha + U_1^2 \cos^2 \alpha + U_1^2 \sin^2 \alpha = U^2$$

$$2U_R U_1 \cos \alpha = U^2 - U_R^2 - U_1^2$$

$$\cos \alpha = \frac{U^2 - U_R^2 - U_1^2}{2U_R U_1} = \frac{7}{32}$$

$$U_{RL} = U_1 \cdot \cos \alpha = 35 \text{ В}$$

$$U_R I_{RL} = I R \Rightarrow I = \frac{U_R}{R} \Rightarrow I_{RL} = \frac{U_R}{R}$$

$$U_R = R \cdot I_R \Rightarrow I_R = I_{RL} \Rightarrow I_{RL} = \frac{U_R}{R}$$

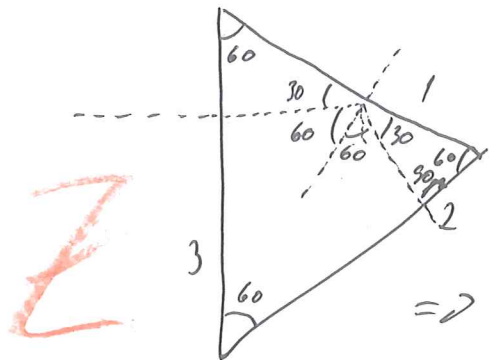
$$P_i = P_{RL} \text{ (мощн. выг-ся на ампл. сопр.)}$$

$$P_{RL} = U_1 \cos \alpha \cdot I_{RL} = \frac{U_1 \cdot \cos \alpha \cdot U_R}{R} = \frac{160 \cdot \frac{7}{32} \cdot 190}{21} = 200 \text{ Вт}$$

$$\text{Ответ: } 200 \text{ Вт}$$

Числовик (N4)

Вопрос:

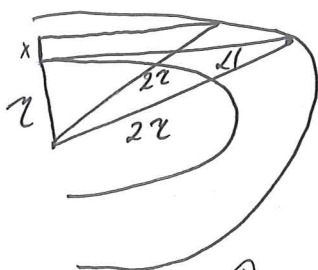


При первом попадании на пластину происходит ПВО ($\sin \beta = n_1 \cdot \sin 60 > 1$)
 При втором попадании $\lambda = 0 \Rightarrow \sin \lambda = 0 \Rightarrow$ ПВО не будет
 \Rightarrow это граница 2

Ответ на вопрос: граница 2

+100

Задача: для какого угла падения, какие волны попадают нормально:

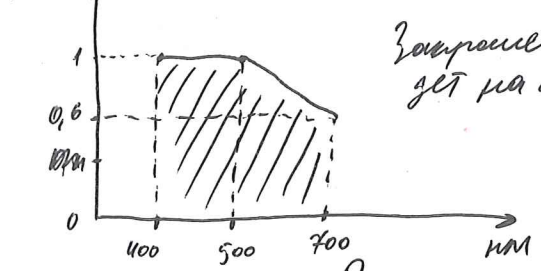


$\sin \alpha = \frac{1}{2}$, т.е. при $n \geq 2$ все лучи дойдут до центра, т.е. при первом отражении все лучи, которые не вошли дойдут до центра.
 т.е. $\frac{a}{\lambda} \geq 2 \Rightarrow \lambda \leq 500$, т.е.

Волны с частотами $400 \leq \lambda \leq 500$ дойдут нормально

Для остальных дойдут, волны, идущие с разл. $n \times$ иными ПВО, тогда прошло $\frac{x}{2}$ от всех волн этой полноты
 $\sin \alpha = \frac{x+z}{2z}$, т.е. $n = \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{2z}{x+z}$, т.е. $\lambda = \frac{a}{n} = \frac{a(x+z)}{2z}$

$2\lambda z = ax + az$
 $ax = 2\lambda z - az$
 $x = \frac{z(2\lambda - a)}{a}$



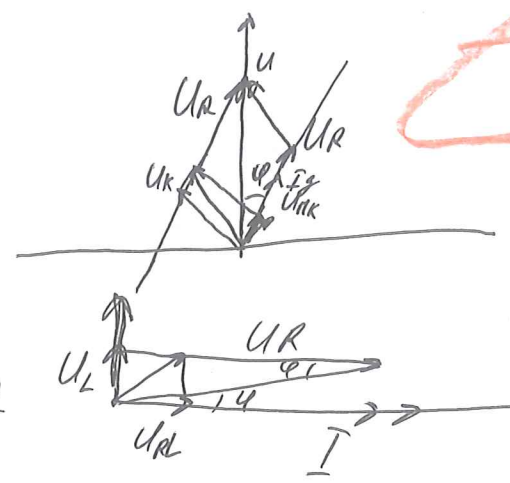
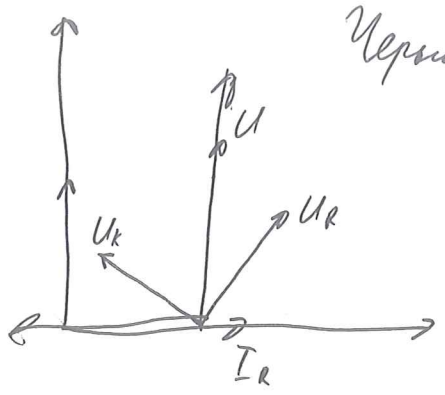
$\frac{x}{z} = \frac{2\lambda}{a} - 1$ - доля лучей, кот. дойдут до центра
 соответ-но до центра дойдут $(1 - \frac{x}{z}) = 2 - \frac{2\lambda}{a} = 2(\frac{a-\lambda}{a})$

Запрошенная площадь - площ-ть, кот. попадет на пластинку.
 Так, кот. не дойдут: $\frac{(1-0,6) \cdot (700-500)}{2} = \frac{0,4 \cdot 200}{2} = 40$
 Вся - $(700-400) \cdot 1 = 300$

$P_{\text{полн}} = \frac{P_{\text{вход}}}{P_{\text{вых}}} = 15 \text{ Вт} \cdot \frac{S_{\text{вх}} - S_{\text{не дойдут}}}{S_{\text{вх}}} = \frac{300-40}{300} = \frac{260}{300} = 13 \text{ Вт}$
 (всех волн ПВО)

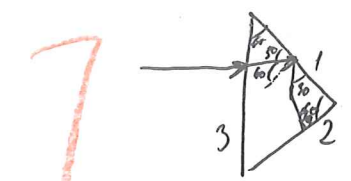
Ответ: При длине λ между 400 нм $\leq \lambda \leq 500$ нм дойдут все лучи
 При ост. λ дойдут $2(\frac{a-\lambda}{a})$ лучей от всех при этом диапазоне
 Конечная мощность на пластинке 13 Вт +155

Черновик Указ =



$U_g = 220 \text{ В}$
 $I_g = \frac{120}{21}$

$n_1 \sin 60 = n_2 \sin \beta$



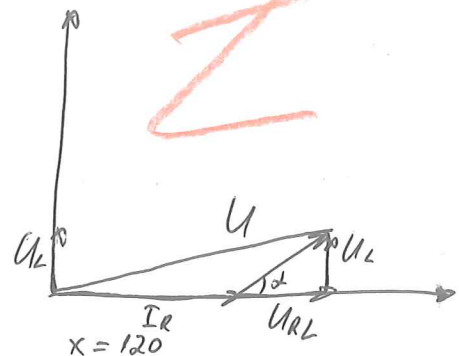
$U_R^2 + U_L^2 + U_R^2 = U^2$
 $U_R^2 = \dots$

$x^2 + y^2 = a_1$
 $x^2 + y^2 + z^2 = a_2$

$(I(R+z))^2 + U_L^2 = U^2$
 $\sin \alpha = \dots$
 $I^2 R^2 + U_L^2 = U^2$
 $\cos \alpha = \frac{U_L + U_R}{U}$

$U = IR \quad I = \frac{U}{R}$

Черновик



~~$x^2 + y^2 = 4^2$~~

~~$(x + y \cos \alpha)^2 + (y \sin \alpha)^2 = 4^2$~~

~~$x^2 + 2xy \cos \alpha + y^2 \cos^2 \alpha + y^2 \sin^2 \alpha = 4^2$~~

~~$2xy \cos \alpha + x^2 + y^2 = 4^2$~~

~~$2 \cdot 120 \cdot 160 \cdot \cos \alpha + 200^2 = 220^2$~~

~~$2 \cdot 120 \cdot 160 \cdot \cos \alpha = 20 \cdot 420$~~

~~$\cos \alpha = \frac{20 \cdot 420}{2 \cdot 120 \cdot 160} = \frac{7}{32}$~~

~~$120 + \frac{160 \cdot 7}{32} = 155$~~

~~$U_{RL} = I \cdot R$
 $I = 5A$~~

~~$P = I \cdot U_{RL} = 5 \cdot 160 \cdot \frac{7}{32} = 5 \cdot 35 = 175 \text{ Вт}$~~

33-12-05-21 (513)

Черновик

(N2)

Импульс равен \Rightarrow ~~направление~~

Импульс равен \Rightarrow ~~направление~~ $\Rightarrow F = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$, ~~то~~



$f(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ ~~коэф. трения, обм. трения A~~

$F = kI$; $I = \frac{m \Delta v}{k} = m \cdot \beta$, т.к. k - ~~коэф. трения~~

Тогда $\epsilon I = I^2 R + FV$

$\epsilon \cdot m \cdot \beta = R \cdot m^2 \beta^2 + m \cdot A \cdot V$ | : m

$\epsilon \beta = R m \beta^2 + A V$ $V = \frac{\epsilon \beta - R m \beta^2}{A}$

$N = F \cdot V = m \cdot A \cdot V = m \cdot A \cdot \left(\frac{\epsilon \beta - R m \beta^2}{A} \right) = \epsilon m \beta - R m^2 \beta^2$

\Rightarrow это параболы ветви вниз

Ответ: это параболы ветви вниз на графике

~~$U = 200 \text{ В} = \epsilon$~~ $\epsilon \beta - R m \beta^2 = 0$
 ~~$R = 4 \text{ Ом}$~~

~~$m_{\max} = 500 \text{ кг}$~~

~~$v_{\max} = 1,25 \text{ м/с}$~~

~~или 1,2 м/с?~~

$\epsilon = R m \beta_{\max}$

$\beta = \frac{\epsilon}{R \cdot m_{\max}} = \frac{200}{4 \cdot 500} = \frac{200}{2000} = 0,1$

~~Или $\beta = \frac{U}{R} = \frac{200}{4} = 50 \text{ А}$~~
~~или $\beta = \frac{U}{R} = \frac{200}{4} = 50 \text{ А}$~~
 ~~$\epsilon I = R I^2$~~

Найдем m_1 :
 $m_1 = \frac{\epsilon}{2\beta} = \frac{-\epsilon \beta}{-2R\beta^2} = \frac{-200 \cdot 0,1}{-2 \cdot 4 \cdot 0,01} = \frac{20}{0,08} = 250 \text{ кг}$

$m_2 = 1,2 m_1 = 300 \text{ кг}$

$V_1 = \frac{\epsilon \beta - R m_1 \beta^2}{A}$ $A = \frac{\epsilon \beta - R m_1 \beta^2}{m V} = \frac{200 \cdot 0,1 - 4 \cdot 250 \cdot 0,01}{1,25} = \frac{20 - 10}{1,25} = \frac{10}{1,25} = 8$

Найдем N_{\max} : $N = 200 \cdot 250 \cdot 0,1 - 4 \cdot 0,01 \cdot 250^2 = 2500 \text{ Вт}$

$V_2 = \frac{\epsilon \beta - R m_2 \beta^2}{A} = \frac{200 \cdot 0,1 - 4 \cdot 300 \cdot 0,01}{8} = \frac{20 - 12}{8} = 1 \text{ м/с}$

Ответ: $m_1 = 250 \text{ кг}$ $N_{\max} = 2500 \text{ Вт}$
 $V_2 = 1 \text{ м/с}$

