



Выход 16:27 Ва
возврат 16:29 Ва

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

Вариант I

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

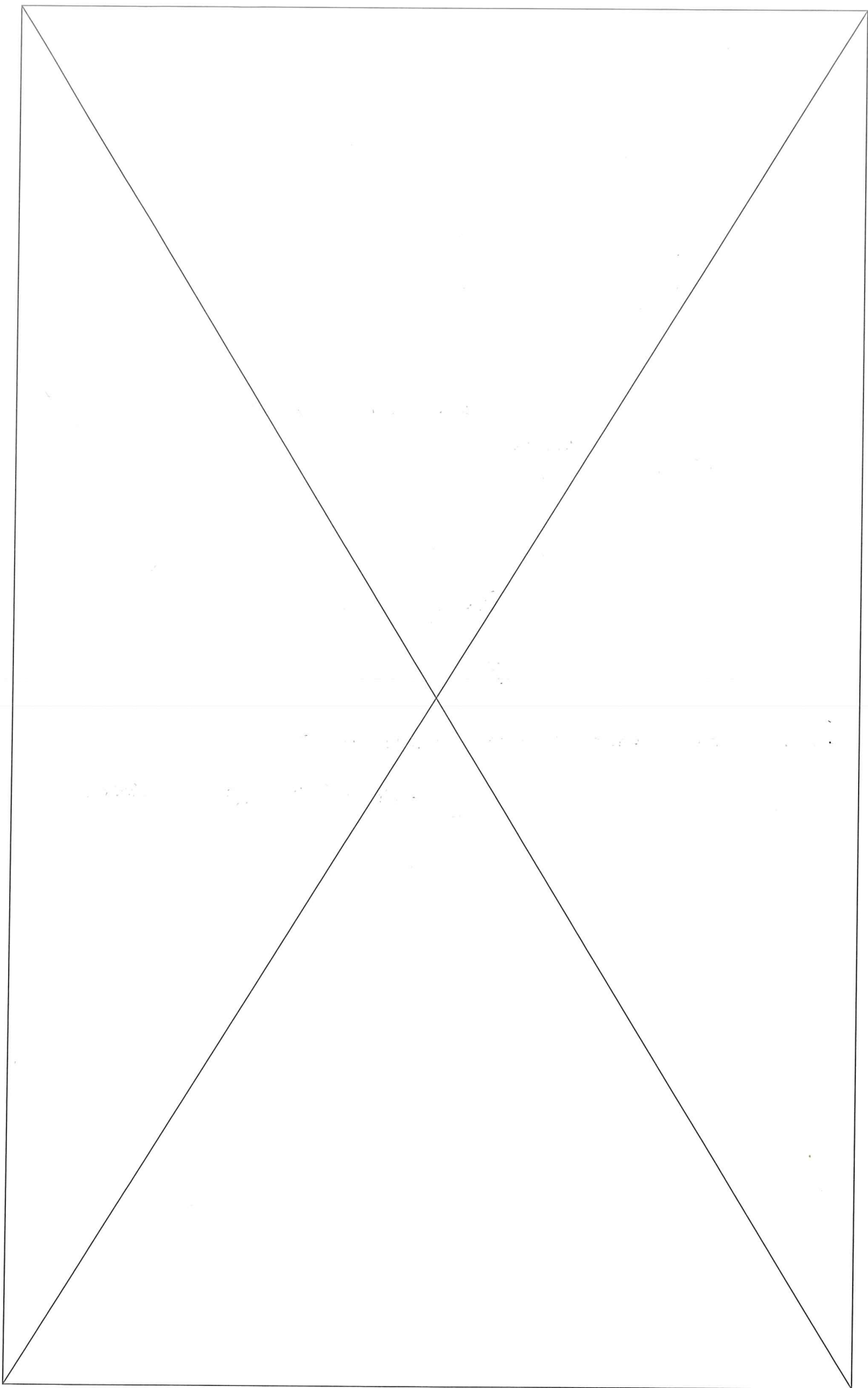
Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

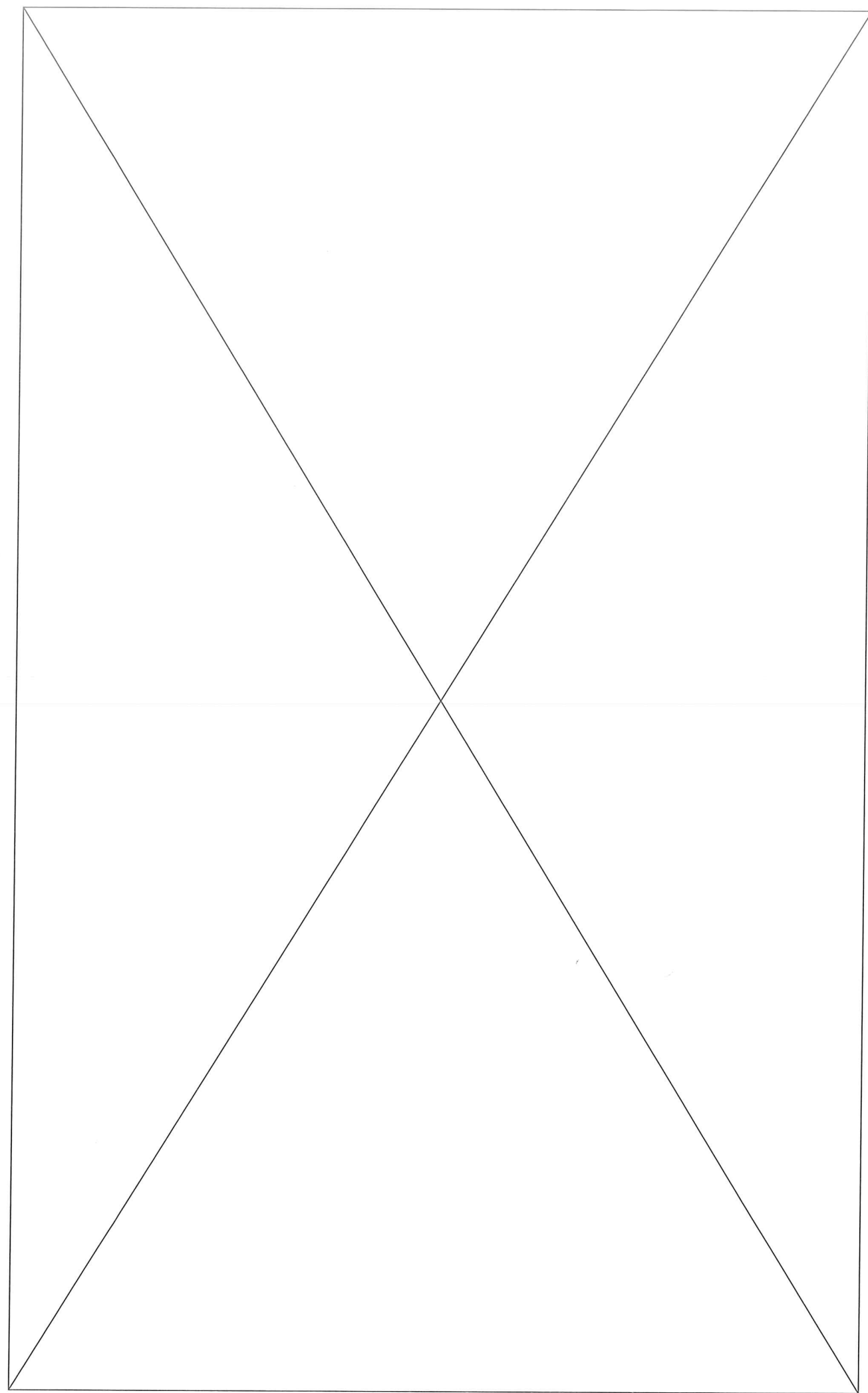
Рягуновой Валерии Александровны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
« 13 » сентября 2026 года

Подпись участника
РВа



Выполнять задания на титульном листе запрещается!



Выполнять задания на титульном листе запрещается!

черновик

$\rho_{об} = \rho_{об} + \rho_{лп} = \rho_0 + \rho_{лп}$ в равновесии
 $\rho_{лп} V = \rho_{лп} RT$ в комнате

~~$Q = \text{const}$~~ в комнате теплообмена с окр. средой нет
 $Q = \text{const}$

$Q = r_m M_1$ - при испарении поглотител. теплоты

$Q = \lambda_k M_2$ - при кристаллизации выделится теплоты

$Q_{исп} = r_m \mu \rho_{лп} V_{об} = \text{const}$

$\rho_0 V = \rho_{об} RT \rightarrow \rho_{об} = \frac{\rho_0 V}{RT}$

$\rho_{лп} V = \rho_{лп} RT$

$\rho_{лп} = \frac{\rho_{лп} V}{RT}$

$Q_{исп} = r_m \mu \frac{\rho_{лп} V}{RT}$

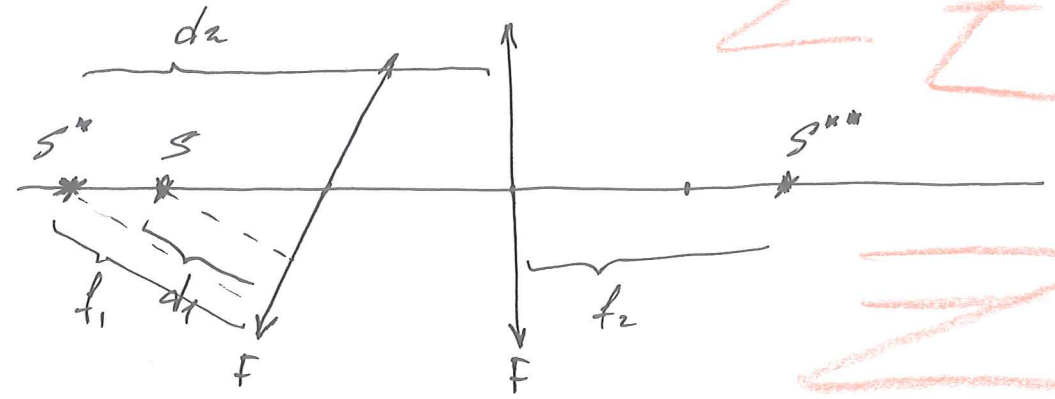
$Q_{кр.} = \lambda_k \Delta m$

$Q_{исп} = Q_{кр.}$

$r_m \mu \frac{\rho_{лп} V}{RT} = \lambda_k \Delta m \Rightarrow \Delta m = \frac{r_m \mu \rho_{лп} V}{RT \lambda_k}$

чистовик

N 4. 10. 1. $F = 7,5 \text{ cm}$ $\alpha = 30^\circ$ $l = ?$



1) $d_1 = F \cos \alpha < F$, значит, и g^* будет минимальным
 $f_1 = \frac{d_1 F}{F - d_1} = \frac{F \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$

2) $d_2 = F + \frac{f_1}{\cos \alpha} = F + \frac{F}{1 - \cos \alpha} = F \left(\frac{2 - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \right)$

$f_2 = \frac{d_2 F}{d_2 - F} = \frac{F \left(2 + \frac{1}{1 - \cos \alpha} \right) F}{\frac{F}{1 - \cos \alpha}} = F (2 - \cos \alpha)$

3) $l = f_2 + d_2 - \left(f_1 \cos \alpha - \frac{d_1 \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \right) =$
 $= F (2 - \cos \alpha) + F \frac{2 - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} - \frac{F \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} - F \cos \alpha =$
 $= F \left(2 - \cos \alpha + \frac{2 - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} - \frac{\cos \alpha}{1 - \cos \alpha} - 1 \right)$

$= F (2 - \cos \alpha) + F \frac{2 - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} - \left(\frac{F}{1 - \cos \alpha} - F \right) =$
 $= 2F - F \cos \alpha + F + F \frac{2 - \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} - \frac{F}{1 - \cos \alpha} =$

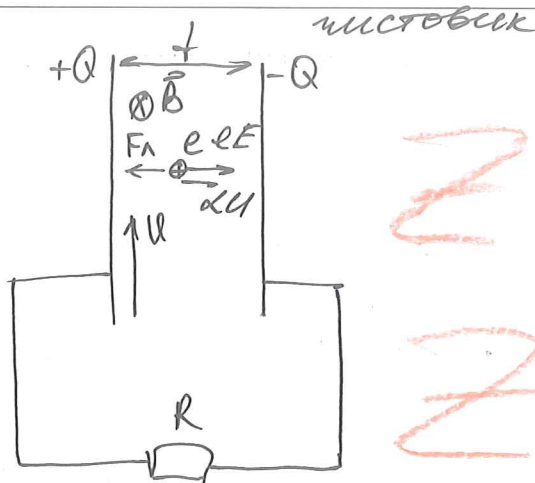
$= 3F - F \cos \alpha + F \frac{2 - \cos \alpha - 1}{1 - \cos \alpha} = 3F - F \cos \alpha + F$

$l = 4F - F \cos \alpha = 7,5 \text{ cm} (4 - \frac{\sqrt{3}}{2}) = \frac{15}{2} \text{ cm} \cdot \frac{8 - \sqrt{3}}{2}$

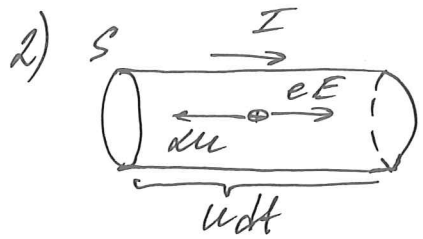
Ответ: $F(4 - \cos \alpha) = \frac{15(8 - \sqrt{3})}{4} \text{ cm}$

09-94-47-63 (1.1)
 (всему миру)
 81
 5
 16
 6+5
 19
 10
 Петровс-
 ка

N3.3.1. $R = 0,4 \text{ (Om)}$
 $U = 10 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$
 $B = 1 \text{ Тл}$
 $P_m = 1 \text{ мВт}$
 $d = ?$



1) $Ed = IR$
 $E = \frac{IR}{d}$



$dL = eE$
 $I = \frac{dq}{dt} = \frac{nudtSe}{dt} = nuse$

$I = \frac{SE}{\rho}$

$\frac{SE}{\rho} = nuse \Rightarrow u = \frac{E}{\rho ne}$

$d \frac{E}{\rho ne} = eE \Rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{ne^2}{\alpha}$

3) В какой-то момент наступает уст. режим,

когда $F_A = eE + dL$
 $e\alpha B = eE + d \frac{E}{\rho ne}$

$\alpha B = E + \frac{d}{\rho ne} E$

$\alpha B = E(1 + \frac{1}{\rho^2}) \Rightarrow \alpha B = \frac{IR}{d}(1 + \frac{1}{\rho^2})$

ρ удельная проводимость в-ва.

$I = \frac{\alpha B d}{R(1 + \frac{1}{\rho^2})}$

$P = (\frac{\alpha B d}{R(1 + \frac{1}{\rho^2})})^2 R = (\frac{\alpha B d}{1 + \frac{1}{\rho^2}})^2 \frac{1}{R}$

$d = \frac{PR(1 + \frac{1}{\rho^2})^2}{\alpha B^2}$
 Отсюда $\rho = 1$, жидкость проводящая, значит,

Ответ: $d = \frac{4 P_{max} R}{\alpha^2 B^2} = 0,16 \text{ м}$

N2.3.1. $V_1, T_1, P_{m1} (0^\circ)$

черноееек

$\Delta m - ?$

в помещении только сухой воздух

$\rho_{св} V = \rho_{св} R T$

$u_1 = at_1$ $l = at_1 t + \frac{at^2}{2}$ $l_2 = \frac{at_2^2}{2} + (at_1 + at^*)t_2$
 $l_1 = \frac{at_1^2}{2}$ $u^* = at_1 + at^*$ $u_2 = at_1 + at^* + at_2$
 $u_2 = at + at_2$

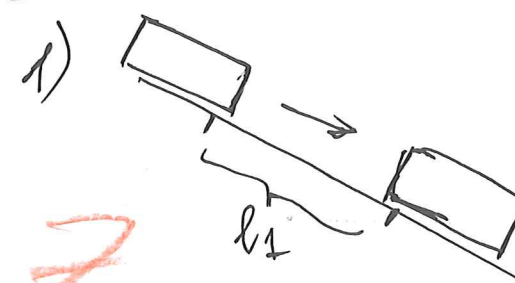
$l_1 = l_2 =$
 $\frac{at_1^2}{2} = \frac{at_2^2}{2} + (at_1 + at^*)t_2$

$\frac{t_1^2}{2} = \frac{t_2^2}{2} + t_1 t_2 + t^* t_2$

$t^* = (\frac{t_1^2}{2} - \frac{t_2^2}{2} - t_1 t_2) \frac{1}{t_2}$

$t^* = (\frac{t_1^2}{2t_2} - \frac{t_2}{2} - t_1) = \frac{4}{2} - \frac{1}{2} - 2 = -\frac{1}{2}$

~~$ka = \frac{a}{2} + 2a + at^*$~~



$u_1 = at_1 + b$
 $l_1 = \frac{at_1^2}{2}$

$b = \frac{5 \cdot 10^{-3} - 0,1}{2} = 9,9 \cdot 10^{-2}$

$\frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4}{12 \cdot 0,1^2} = \frac{16 \cdot 10^{-4}}{12 \cdot 10^{-2}}$

$c_1 = c_2 =$

$\frac{at_1^2}{2} - b = \frac{at_2^2}{2} - b + at^* t_2$

$\frac{at_1^2}{2} = \frac{at_2^2}{2} + (at_1 + at^*)t_2$

$\frac{at_1^2}{2} = \frac{at_2^2}{2} + at_1 t_2 + at^* t_2$

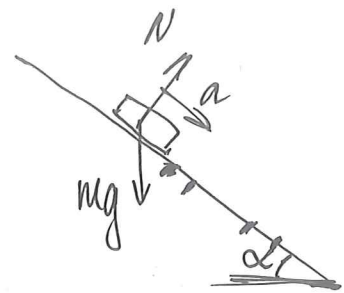
$\frac{1}{50} - \frac{1}{2} =$

$\frac{at_1^2}{2} = b$
 $0,1 = \frac{16}{2} \cdot 10^{-4}$

$0,1 = 10$

NL.

черновик



$$mg \sin \alpha = ma$$

$$a = g \sin \alpha = \text{const}$$

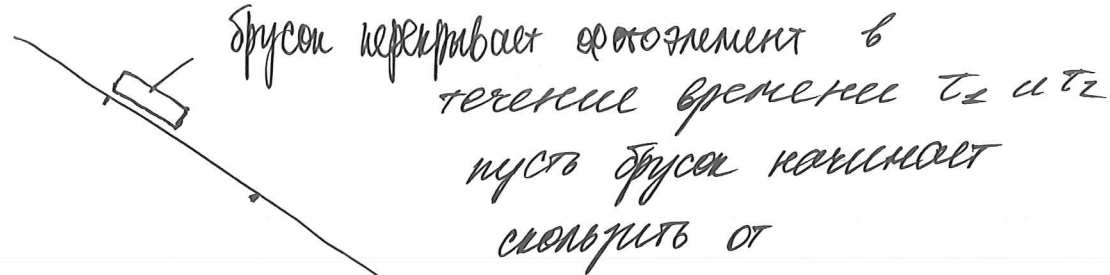
до первого порога элемента он пройдет расстояние

$$v_1 = \frac{at_1^2}{2} = \frac{g \sin \alpha t_1^2}{2}$$

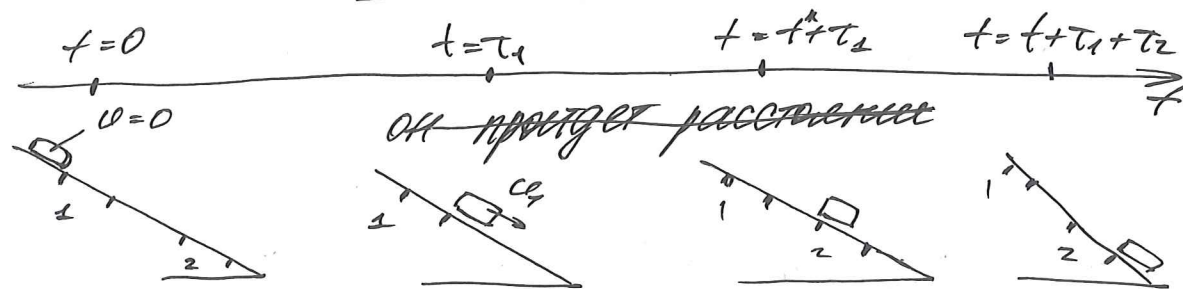
и разогнался на $v_1 = g \sin \alpha t_1$

далее $v_2 = \frac{g \sin \alpha t_2^2}{2}$

и разогнался до $v_2 = g \sin \alpha t_2 + v_1$



брусон перегибает элемент в течение времени t_1 и t_2 пусть брусон начинает скользить от



за t_1 $v_1 = \frac{at_1^2}{2}$
 $v_1 = at_1$

за t
 $v = at$
 $l = v_1 t + \frac{at^2}{2}$
 $v_2 = v_1 + at$

за t_2
 $v_2 = \frac{at_2^2}{2} + v_1 t_2$
 $v_2 = v_1 + at_2$

надо найти $t_1 + t_2 = \tau$?

1) $v_1 = \frac{a}{2} t_1^2 = \frac{a}{2} 4 = 2a$ 3) $v_2 = \frac{a}{2} + (2a + at^*)$

$v_1 = 2a$

2) $l = 2at^* + \frac{a}{2} t^{*2}$

$v^* = 2a + at^*$

$v_2 = 2a + at^* + a$

$v_2 = 3a + at^*$

09-94-47-63 (1.1)

N5.2.1. $l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$

1) $U_0 = \frac{Q}{d}$ матовик

$U_0 = 100 \text{ В}$

$d = 1 \text{ мм}$

$\epsilon = 4$

$m = 0,01 \text{ кг}$

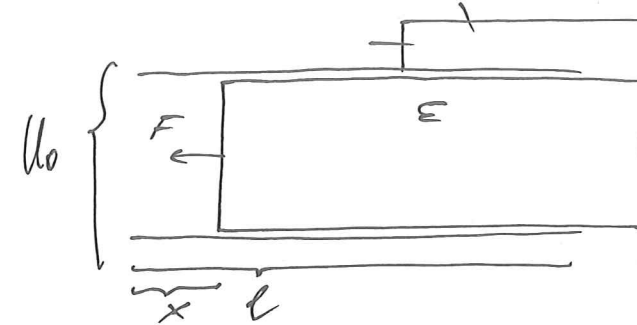
$x = 0,1 \text{ мм}$

$T = ?$

$Q = U_0 d$ - заряды пластин, которые не меняются.

2) $W_0 = \frac{Q^2}{2C} = F dx$

Найдем C



3) $C = \frac{\epsilon_0 l x}{d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 l (l-x)}{d} = \frac{\epsilon_0 l}{d} (\epsilon l + x(1-\epsilon))$

4) $W' = \frac{Q^2}{2} (C')' = \frac{Q^2}{2} (1-\epsilon) C^{-2} \cdot C'$

$W' = \frac{Q^2}{2} (1-\epsilon) \left(\frac{\epsilon_0 l}{d} (\epsilon l + x(1-\epsilon)) \right)^{-2} \frac{\epsilon_0 l}{d} (1-\epsilon) =$

$= -\frac{Q^2}{2} \frac{d^2}{(\epsilon_0 l)^2} \frac{1}{(\epsilon l + x(1-\epsilon))^2} \frac{\epsilon_0 l}{d} (1-\epsilon)$

$F = \frac{Q^2 (\epsilon - 1) d}{2 \epsilon_0 l (\epsilon l + x(1-\epsilon))^2} = \frac{Q^2 (\epsilon - 1) d}{2 \epsilon_0 l} (\epsilon l + x(1-\epsilon))^{-2}$

5) $-F = \max$
 $\frac{Q^2 (\epsilon - 1) d}{2 \epsilon_0 l m} + ax = \frac{Q^2 (\epsilon - 1) d}{2 \epsilon_0 l \epsilon^2} (1 + x \frac{(1-\epsilon)}{\epsilon l})^{-2}$

$\max x = \frac{Q^2 (\epsilon - 1) d}{2 \epsilon_0 l^3 \epsilon^2} \frac{(1-\epsilon) x}{\epsilon l} = \frac{Q^2 (\epsilon - 1) d}{2 \epsilon_0 l^3 \epsilon^2}$ m?

$ax + \frac{Q^2 (\epsilon - 1)^2 d}{\epsilon_0 l^4 \epsilon^3} x = \frac{Q^2 (\epsilon - 1) d}{2 \epsilon_0 l^3 \epsilon^2}$ Обер: $T = \frac{2\pi l^2 d}{U_0 (\epsilon - 1)} \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon^3}{d}}$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{\epsilon_0 l^4 \epsilon^3}{Q^2 (\epsilon - 1)^2 d}} = 2\pi \frac{l^2}{Q (\epsilon - 1)} \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon^3}{d}}$ Обер:

№2.3.1. $V = 30 \text{ м}^3$
 $T = 273 \text{ К}$
 $\rho_0 = 1 \text{ атм} \approx 10^5 \text{ Па} \approx 10^5 \cdot 1,3 \cdot 10^3 \text{ Па}$ *чистовесек*

$\rho_{\text{нп}}(T) = 611 \text{ Па} = \rho_{\text{нп}}$

$\mu = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$, $\lambda_k = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, $r_n = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

$\Delta M = ?$

1) В комнате был сухой воздух, его коэф-во не уменьшилось
 ~~$\rho_0 V = \nu_{\text{св}} RT \rightarrow \nu_{\text{св}} = \frac{\rho_0 V}{RT}$~~

После вынесения сосуда в комнату в какой-то части содержимого капли испаряться, из-за чего будет поглощаться теплота.

В комнате $Q = \text{const}$, т.е. сколько теплоты пошло на испарение, столько и выделится.

Значит, из-за поглощения теплоты при испарении часть жидкости начнет кристаллиз.

2) В равновесии в комнате $\rho_{\text{св}} = \rho_{\text{св}} + \rho_{\text{нп}}$

Ур-ие Менделеева-Клапейрона: $\rho_{\text{нп}} V = \nu_{\text{нп}} RT$

$\nu_{\text{нп}} = \frac{\rho_{\text{нп}} V}{RT}$

$Q_{\text{исп}} = r_n \mu \nu_{\text{нп}} = r_n \mu \frac{\rho_{\text{нп}} V}{RT}$

$Q_{\text{кр}} = \lambda_k \Delta M$

$Q_{\text{исп}} = Q_{\text{кр}}$

$r_n \mu \frac{\rho_{\text{нп}} V}{RT} = \lambda_k \Delta M \rightarrow \Delta M = \frac{r_n \mu \rho_{\text{нп}} V}{RT \lambda_k}$

$\Delta M = \frac{2,3 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 611 \cdot 30}{8,3 \cdot 273 \cdot 3,3 \cdot 10^5} \text{ кг} \approx ?$

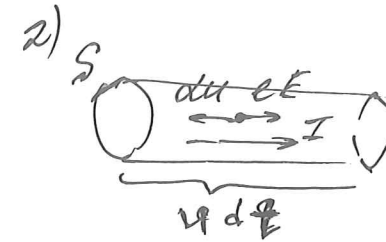
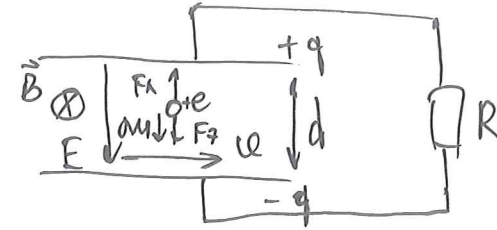
*кей закончено
ответ*

Ответ: $\frac{r_n \mu \rho_{\text{нп}} V}{RT \lambda_k} = \Delta M$

№3.

черновесек

1) $IR = Ed \rightarrow I = \frac{Ed}{R}$
 $F_1 = dU + F_2$ в уст. сост.
 $eBv = dU + eE$



$dq = n S v dt e$

$I = \frac{dq}{dt} = n S v e \rightarrow v = \frac{I}{n S e}$

$dU = eE dl$

$I = \lambda S E$

$n S v e = \lambda S E$

$v = \frac{\lambda E}{n S e}$

$v = \frac{\lambda E}{n e}$

$d \frac{\lambda S E}{n S e} = e E dl \rightarrow \lambda = \frac{e^2 n}{\alpha}$

3) $eBv = \alpha \frac{\lambda E}{n e} + eE$

$Bv = \frac{\alpha \lambda E}{n e^2} + E$

$Bv = E(1 + \lambda^2) \rightarrow v = \frac{IR}{d}(1 + \lambda^2)$

$eBv = \alpha \frac{I}{n S e} + eE$

$eBv = \alpha \frac{I}{n S e} + e \frac{IR}{d} \quad | : e$

$Bv = \frac{\alpha}{n e^2} \frac{I}{S} + \frac{IR}{d} \rightarrow I = \frac{Bv d}{\frac{\alpha}{n e^2} \frac{d}{S} + R}$

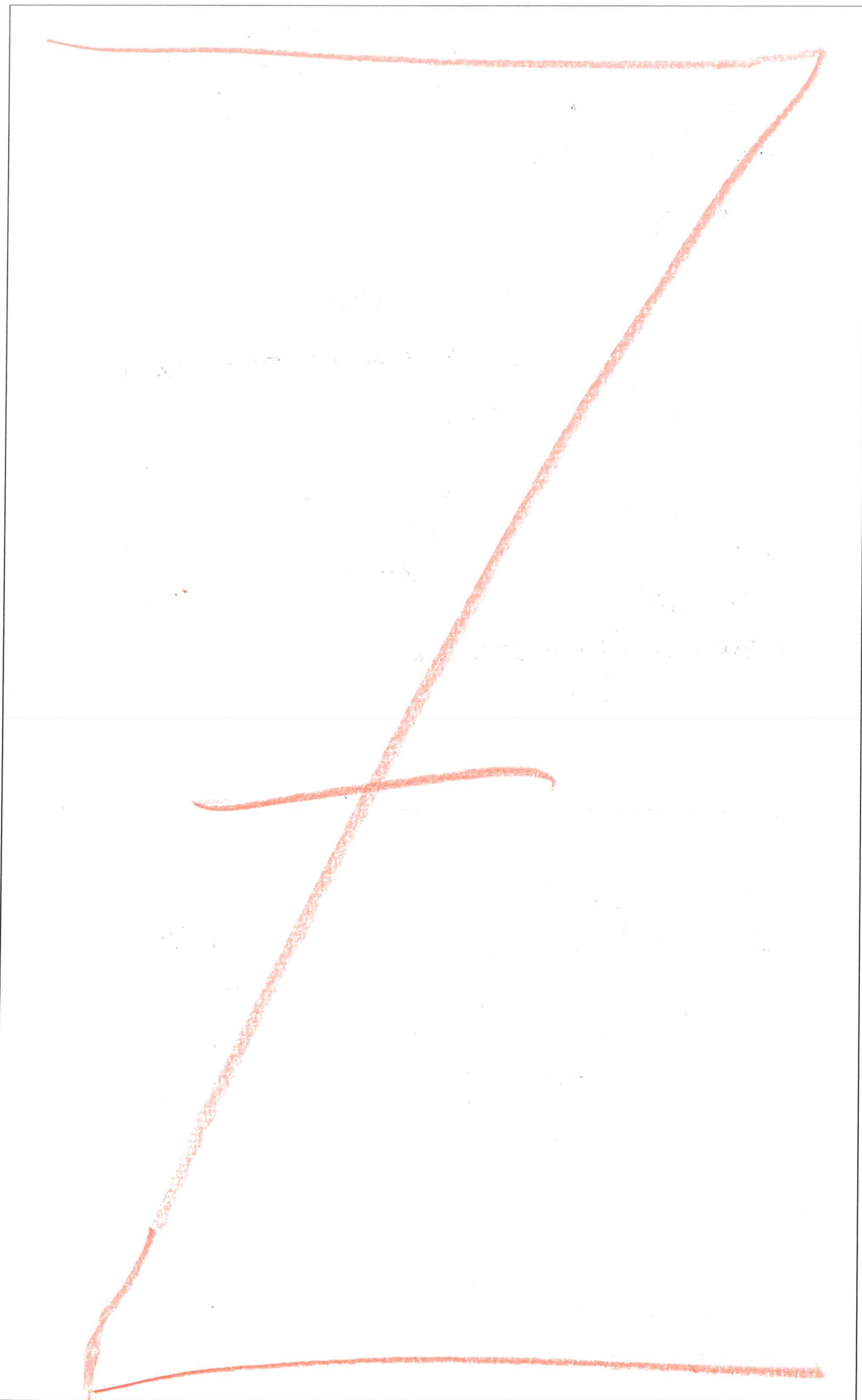
$P = I^2 R = \left(\frac{Bv d}{\frac{\alpha d}{n e^2 S} + R} \right)^2 R$

$c_1 + S = \frac{\alpha \tau^2}{2}$

$c_1 + b + \alpha \tau_1 t^* + \frac{\alpha t^{*2}}{2} = \frac{\alpha \tau^2}{2}$

$\frac{\alpha \tau_1^2}{2} - \alpha \tau_1 t^* + \alpha \tau_1 t^* + \frac{\alpha t^{*2}}{2} = \frac{\alpha}{2} (\tau^2 + \tau_1^2)$

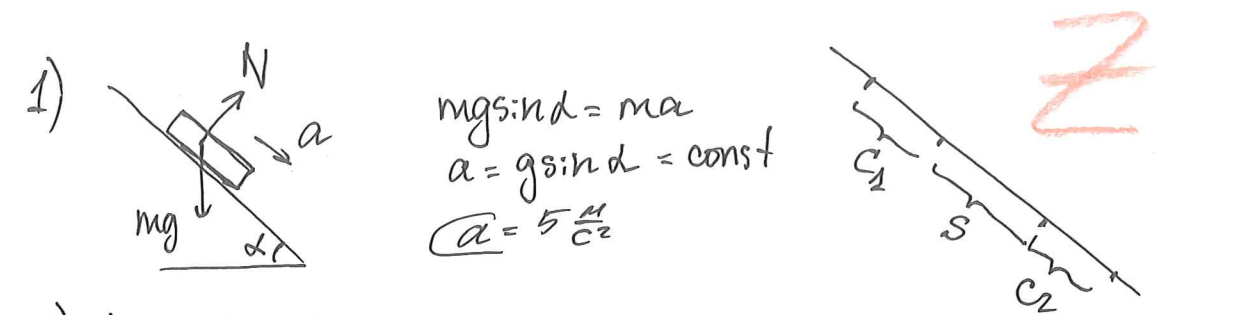
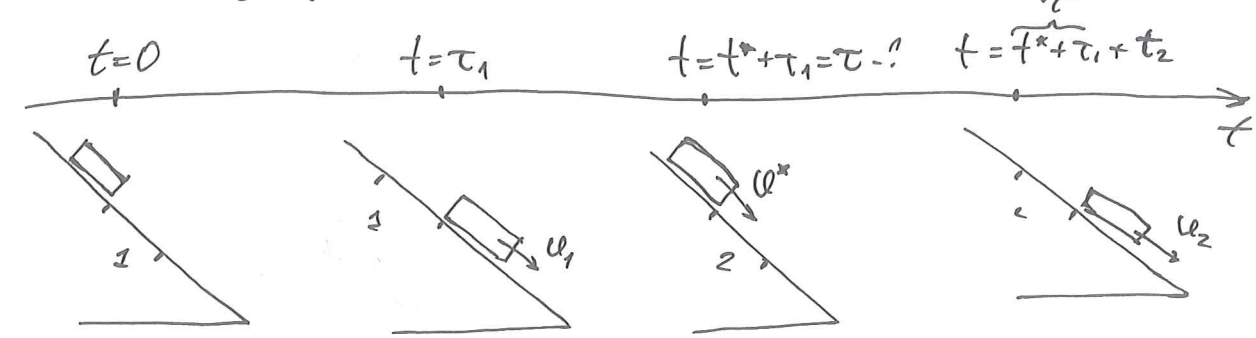
$\frac{\tau_1^2}{2} + \tau_1 t^* + \frac{t^{*2}}{2} =$



09-94-47-63
(1.1)

N 1.5.1. $\alpha = 30^\circ, b = 0,1 \text{ м}$
 $\tau_1 = 2 \text{ с}, \tau_2 = 1 \text{ с}$
 $\tau = ?$

*длина бруска
 путь начальной скорости
 бруска равна 0. (на ответ это
 никак не повлияет)*



1) $mg \sin \alpha = ma$
 $a = g \sin \alpha = \text{const}$
 $a = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) Когда брусок проезжает элемент, то время, за которое это происходит τ_1 , длина элемента b .
 Брусок проходит расстояние $s_1 + b$ за τ_1
 $s_1 + b = \frac{a \tau_1^2}{2}$
 $s_1 + b = \frac{a \tau_1^2}{2}$
 за это время он разогнается на $v_1 = a \tau_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $s_1 = \frac{a \tau_1^2}{2} - b = 4,9 \text{ м} = 9,9 \text{ м}$ *это не мало...*

3) Далее брусок скользит расстояние s_2 между элементами $s_2 - b$
 $s_2 - b = v_1 t^* + \frac{a t^{*2}}{2} \rightarrow s_2 = b + a \tau_1 t^* + \frac{a t^{*2}}{2}$
 и разогнается до $v^* = a_1 + a t^* = a \tau_1 + a t^*$

4) Брусок скользит по второму элементу:
 $s_2 + b = \frac{a \tau_2^2}{2} \rightarrow s_2 = \frac{a \tau_2^2}{2} - b + v^* \tau_2 = \frac{a \tau_2^2}{2} + (a \tau_1 + a t^*) \tau_2 - b$
 и разогнается до $v_2 = v^* + a \tau_2$
 на $a \tau_2$

5) ~~По условию элементов довольно маленькое, значит их размерами можно пренебречь~~

$$\frac{\alpha t_2^2}{2} + (\alpha t_1 + \alpha t^*) t_2 - b = 0$$

черновик

$$(\alpha t_1 + \alpha t^*) t_2 = b - \frac{\alpha t_2^2}{2}$$

$$\alpha t_1 + \alpha t^* = \frac{1}{t_2} (b - \frac{\alpha t_2^2}{2})$$

$$t^* = \frac{1}{\alpha} (\frac{1}{t_2} (b - \frac{\alpha t_2^2}{2}) - \alpha t_1)$$

6) $t = t_1 + t^*$

$$t^* = \frac{b}{\alpha t_2} - \frac{t_2}{2} - t_1$$

$$t = \frac{b}{\alpha t_2} - \frac{t_2}{2} = \frac{0,1 \text{ м}}{5 \cdot 10^8 \cdot 10} - \frac{10}{2} < 0$$

$$c_1 = c_2$$

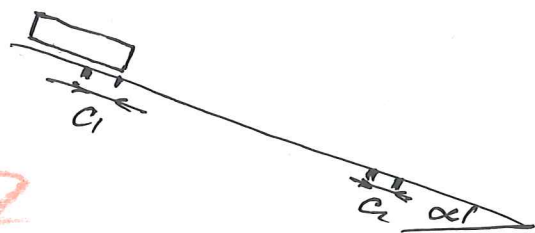
$$\frac{\alpha t_1^2}{2} = \frac{\alpha t_2^2}{2} + (\alpha t_1 + \alpha t^*) t_2$$

$$\frac{t_1^2}{2} - \frac{t_2^2}{2} - t_1 t_2 = t^* t_2$$

$$2 - \frac{1}{2} - 2 = t^* t_2 < 0$$

значит, скорость разноразмеров.

$$c_1 + S + c_2 + b = \frac{\alpha (t_1 + t^* + t_2)^2}{2}$$



брусок находится на отрезке

t_1 и t_2
по усл. они
малы по
размерам,

значит, брусок пройдет расст. b на эти
времена

$$b = \frac{\alpha t_2^2}{2} + \alpha t_2 = \frac{\alpha t_2^2}{2} + (\alpha t_1 + \alpha t^*) t_2$$

$$0,1 = \frac{5}{2} + (5 \cdot 2 + 5 \cdot t^*)$$

5) По условию отрезки малы, значит, размером второго можно пренебречь при его проходе:

$$b = \frac{\alpha t_2^2}{2} + \alpha t_2 = \frac{\alpha t_2^2}{2} + (\alpha t_1 + \alpha t^*) t_2$$

$$\frac{b}{t_2} + \frac{\alpha t_2}{2} = \alpha t_1 + \alpha t^*$$

$$t^* = \frac{1}{\alpha} (\frac{b}{t_2} - \frac{\alpha t_2}{2} - \alpha t_1) = \frac{b}{\alpha t_2} - \frac{t_2}{2} - t_1$$

$$t = t_1 + t^* = \frac{b}{\alpha t_2} - \frac{t_2}{2} = \frac{0,1}{5 \cdot 10^8} - \frac{1}{2} = -\frac{24}{50} \text{ с} < 0$$

$$t = \frac{b}{g \sin \alpha t_2} - \frac{t_2}{2}$$

если не предполагать, что $c_1 = c_2$, то

$$\frac{\alpha t_1^2}{2} = \frac{\alpha t_2^2}{2} + (\alpha t_1 + \alpha t^*) t_2$$

$$t^* = \frac{t_1^2}{2 t_2} - \frac{t_2}{2} - t_1$$

$$t = t^* + t_1 = \frac{t_1^2}{2 t_2} - \frac{t_2}{2} < 0$$

