



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Галимов Эмиль Салаватович**

Класс: 11

Технический балл: **94**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9601650

	1	2	3	4	Σ
Задача	15	15	15	15	94
Вопрос	9	8	9	8	

1.3.1

Чистовик

1

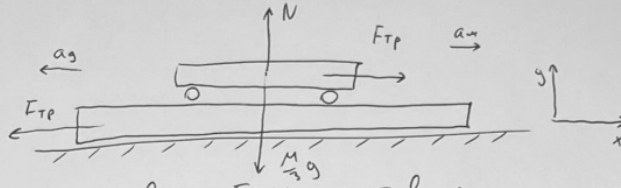
$$M = 1 \text{ м}$$

$$N = 2 \text{ Вт}$$

$$n = 3$$

$$\mu = 0,3$$

$$x = ?$$



Как только автомобиль поставим на доску, на него начинают действовать силы трения скольжения, которая его разгоняет, а на доску такая же сила, но направленная в другую сторону по 3 закону Ньютона.

Система замкнута \Rightarrow верен ЗСИ по оси x

$$x: 0 = \frac{M}{3} v_m - M v_d \quad (v_m \text{ и } v_d \text{ скорости машины и доски после проскальзывания})$$

$$v_d = \frac{v_m}{3}$$

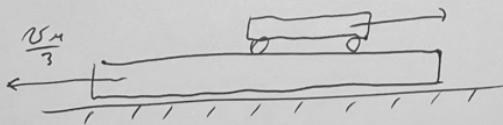
2 Закон Ньютона для машины во время проскальзывания

$$y: N - \frac{M}{3} g = 0 \quad \Rightarrow \quad a_m = \mu g$$

$$x: F_{тр} = \frac{M}{3} a_m$$

$$\begin{cases} v_d = a_d t \\ v_m = a_m t \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{v_m}{3} = a_d t \\ v_m = \mu g t \end{cases} \quad \Rightarrow \quad a_d = \frac{\mu g}{3} \quad \frac{4}{3} v_m = \frac{4}{3} \mu g t$$

$N = F_{тр} v_{отн}$ - мощность машины равна силе трения умноженной на скорость относительно доски (после проскальзывания, как перестает проскальзывать) v_m



$$v_{отн} = v_m + \frac{v_m}{3} = \frac{4v_m}{3}$$

$$N = \frac{\mu g}{3} \mu \frac{4v_m}{3} = \frac{\mu g}{3} \mu \cdot \frac{4}{3} \mu g t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{9N}{4\mu g^2 \mu^2} \quad - \text{ время}$$

до прекращения проскальзывания

$$S_1 = \frac{a_1 t^2}{2} \quad - \text{перемещение груза} \quad \text{машины} \quad \text{до} \quad \text{предела} \quad \text{прочности}$$

$$S_2 = \frac{g t^2}{2} \quad - \text{перемещение груза}$$

$$x = S_1 + S_2 = \frac{t^2}{2} (a_1 + a_2) = \frac{81 \text{ Н}^2}{32 \text{ М}^2 \text{ г}^4 \text{ м}^4} \cdot \frac{4}{3} \text{ м} \text{ г} = \frac{27 \text{ Н}^2}{8 \text{ М}^2 \text{ г}^3 \text{ м}^3} =$$

$$= \frac{27 \cdot 4}{8 \cdot 1 \cdot 0,3^3 \cdot 10^3} = \frac{27 \cdot 4}{8 \cdot 27} = 0,5 \text{ м}$$

Ответ: $x = \frac{27 \text{ Н}^2}{8 \text{ М}^2 \text{ г}^3 \text{ м}^3} = 0,5 \text{ м}$

Вопросы:

- Импульс системы материальных точек равен сумме импульсов ~~каждой из точек~~ ^{материальных точек} ~~в этой системе~~ ^{в эту систему} входящих.

$$\vec{p}_{\text{ит}} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \vec{p}_4 + \dots + \vec{p}_n$$

$$\vec{p}_{\text{ит}} = \sum_i \vec{p}_i$$

- Если сумма сил, действующих на систему м.т. равна нулю, то импульс системы сохраняется.

2.2.1

$$m = 5 \text{ кг}$$

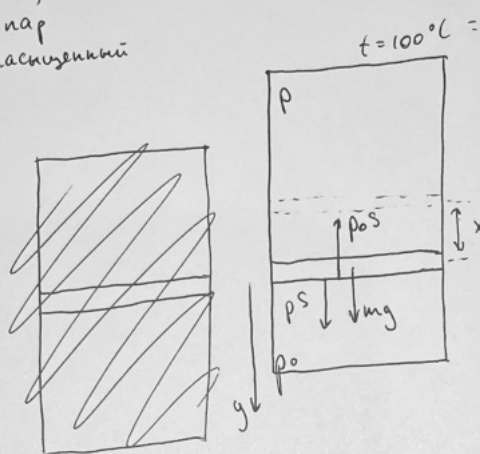
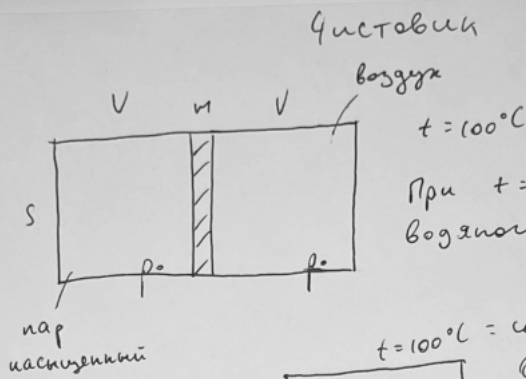
$$V = 1 \text{ л}$$

$$t = 100^\circ \text{C}$$

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$p_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$x = ?$$



Закон Менделеева - крайняя точка где воздуха:

$$\begin{cases} p_0 V = \nu R T \\ p(V + Sx) = \nu R T \end{cases}$$

$$p_0 V = (p_0 - \frac{mg}{S})(V + Sx)$$

$$p_0 V = p_0 V + p_0 Sx - \frac{mgV}{S} - mgx$$

$$mgx = p_0 Sx - \frac{mgV}{S}$$

$$x(p_0 S - mg) = \frac{mgV}{S}$$

$$x = \frac{mgV}{S(p_0 S - mg)} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{0,01(10^5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10)} = \frac{5000}{1000 - 50} = \frac{50}{950} = \frac{5}{950} = \frac{1}{190} \text{ м}$$

Ответ: $x = \frac{mgV}{S(p_0 S - mg)} = \frac{1}{190} \text{ м}$

Вопросы:

- Влажность воздуха - давление насыщенного пара, содержащегося в воздухе.
- Относительная влажность воздуха - отношение давления водяных паров к давлению насыщенного пара при данной температуре.

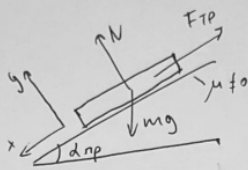
$$\varphi = \frac{p_n}{p_{\text{нп}}} \cdot 100\%$$

Чистовик

3.5.1

- $m = 100 \text{ г}$
- $\alpha_{\text{др}} = 30^\circ$
- $\sigma = +3 \text{ мкКл/м}^2$
- $q = +3 \text{ мкКл}$
- $\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

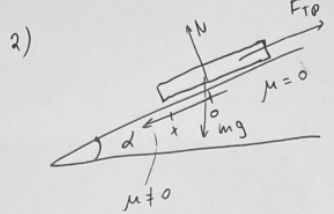
$\frac{v_2}{v_1} = ?$



1) 2 Закон Ньютона
 $y: -mg \cos \alpha_{\text{др}} + N = 0$
 $x: mg \sin \alpha_{\text{др}} - F_{\text{тр}} = 0$
 $F_{\text{тр}} = \mu N$

$mg \sin \alpha_{\text{др}} = \mu mg \cos \alpha_{\text{др}} \Rightarrow \boxed{\mu = \tan \alpha_{\text{др}}}$

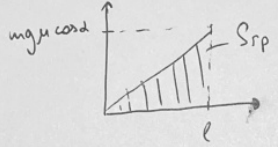
Пусть l - длина ст. частицы
 $F_{\text{тр}1} = \mu N^*$ - N^* - сила реакции от части на шероховатой поверхности



$N^* = mg \cos \alpha = \frac{m}{l} \times g \cos \alpha$

$F_{\text{тр}1}(x) = \frac{mg \cos \alpha}{l} x$

$A_{\text{тр}1} = -S_{\text{тр}} = -\frac{mg \cos \alpha l}{2}$



СУММ:

$A_{\text{тр}1} = E_k - E_u$

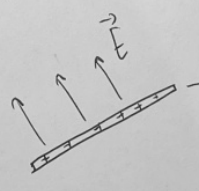
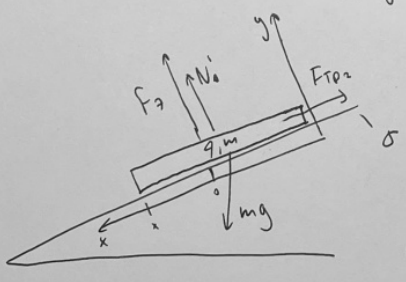
$-\frac{mg \cos \alpha l}{2} = mgh + \frac{mv_1^2}{2} - mg(h + l \sin \alpha)$

$mg l \sin \alpha - \frac{mg \cos \alpha l}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$

$v_1^2 = 2gl \sin \alpha - gl \cos \alpha$

$v_1 = \sqrt{gl(2 \sin \alpha - \cos \alpha)}$

3)



$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

$F_2 = Eq = \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma q x}{2\epsilon_0}$

из БН:

* $y: F_2 + N_1 - mg \cos \alpha = 0$ на часть на шероховатой поверхности
 $\frac{\sigma q}{2\epsilon_0} + N_1 = mg \cos \alpha$

$N_1 = mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2\epsilon_0}$

Числовик

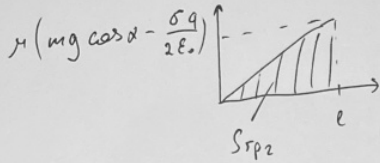
234:

$$y: F_1 + N_1 - \mu mg \cos \alpha = 0$$

$$\frac{\sigma q x}{2 \epsilon_0 l} + N_1 = \frac{\mu}{\epsilon} g \cos \alpha x$$

$$N_1 = \left(\frac{\mu g}{\epsilon} \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0 l} \right) x$$

$$F_{T2} = N_1 \mu \quad F_{T2}(x) = \left(\frac{\mu g}{\epsilon} \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0 l} \right) \mu x$$



$$A_{T2} = -S_{T2}$$

$$A_{T2} = \frac{-\mu(mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0 l}) l}{2}$$

3 и м 9:

$$A_{T2} = E_k - E_n \quad \frac{-\mu(mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0 l}) l}{2} = mgh + \frac{mv_2^2}{2} - mg(h + l \sin \alpha)$$

$$2mgls \sin \alpha + \mu(mg \cos \alpha - \frac{\sigma q}{2 \epsilon_0 l}) l = mv_2^2$$

$$v_2^2 = 2gls \sin \alpha - g\mu \cos \alpha + \frac{\mu \sigma q l}{2 \epsilon_0 m} = v_1^2$$

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{2gls \sin \alpha - g\mu \cos \alpha + \frac{\mu \sigma q l}{2 \epsilon_0 m}}{2gls \sin \alpha - g\mu \cos \alpha} = 1 + \frac{\mu \sigma q}{2 \epsilon_0 m (2gls \sin \alpha - g\mu \cos \alpha)} =$$

$$= 1 + \frac{tg \alpha \cdot \sigma \cdot q}{2 \epsilon_0 m (2g \sin \alpha \cdot l - g \mu \cos \alpha)} = 1 + \frac{tg \alpha \cdot \sigma \cdot q}{2 \epsilon_0 m g \sin \alpha \cdot l}$$

$$= 1 + \frac{\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 8 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,1} = 1 + \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{3 + \sqrt{3}}{3} \Rightarrow$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{tg \alpha \cdot \sigma \cdot q}{2 \epsilon_0 m g \sin \alpha \cdot l}} = \sqrt{1 + \frac{\sqrt{3}}{3}}$$

$$\text{Ответ: } \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{tg \alpha \cdot \sigma \cdot q}{2 \epsilon_0 m g \sin \alpha \cdot l}} = \sqrt{1 + \frac{\sqrt{3}}{3}}$$

Чистович

6

Вопросы

- ϵ ёмкость - скалярная физическая величина, равная отношению заряда ~~на~~ проводника к его потенциалу.

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

- ~~Ёмкость~~ ёмкость плоского конденсатора:



(разность потенциалов φ между обкладками
 пропорциональна заряду q на обкладках
 и обратно пропорциональна площади S)

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

(ϵ - диэлектрическая проницаемость
 ϵ_0 - электрическая постоянная
 S - площадь пластины конденсатора
 d - расстояние между обкладками)

$$C = \frac{q}{U}$$

(q - заряд конденсатора
 U - разность потенциалов между обкладками)

4.3.1

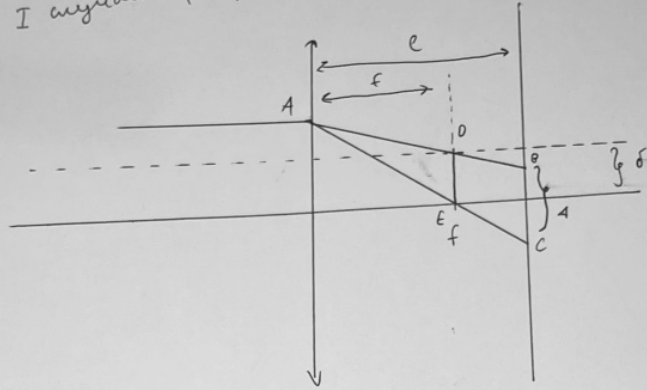
$l = 20 \text{ см}$

$\delta = 0,5 \text{ см}$

$\Delta = 1 \text{ см}$

$f = ?$

I случай (зритель за оптической осью) Чистовских 7

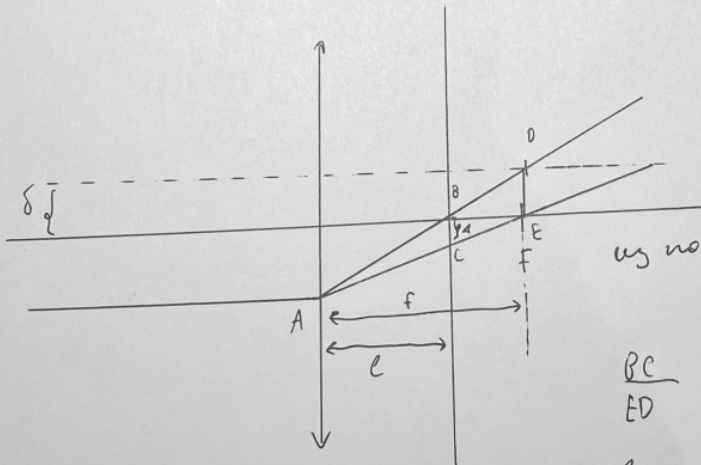


$\angle CAB$ - общий
 $\angle AED = \angle ACB$ (соответственные) $\Rightarrow \triangle ADE \sim \triangle ABC \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{ED}{BC} = \frac{\text{высота } \triangle ADE}{\text{высота } \triangle ABC}$$

$$\frac{\delta}{\Delta} = \frac{f}{l} \quad f = \frac{l\delta}{\Delta} = \frac{20 \cdot 0,5}{1} = 10 \text{ см}$$

II случай (зритель перед оптической осью)

из подобия $\triangle ABC$ и $\triangle ADE$

$$\frac{BC}{ED} = \frac{\text{высота } \triangle ABC}{\text{высота } \triangle ADE}$$

$$\frac{\Delta}{\delta} = \frac{l}{f} \Rightarrow f = \frac{l\delta}{\Delta} = 10 \text{ см}$$

Ответ: $f = \frac{l\delta}{\Delta} = 10 \text{ см}$

Вопросы.

- Фокусное расстояние тонкой линзы - это расстояние от главного оптического центра линзы до точки, в которой после прохождения линзы собираются лучи (в случае собирающей линзы) или продолжение лучей (в случае рассеивающей линзы), параллельные главной оптической осн.
- Оптическая сила - величина обратная фокусному расстоянию:

$$D = \frac{1}{F} \quad - \text{ собирающая линза}$$

$$D = -\frac{1}{F} \quad - \text{ рассеивающая}$$

Церковник

13

1.3.1

$$M = 1 \text{ м}$$

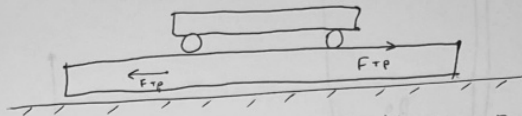
$$N = 2 \text{ Вт}$$

$$n = 3$$

$$\mu = 0,3$$

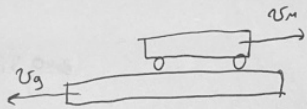
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$N = Fv$$



$$N = Fv \Rightarrow v = \frac{N}{F} \quad F = \frac{Mg}{3}\mu$$

$$v = \frac{3N}{Mg\mu} \quad \text{— скорость отн. — ко} \\ \text{години}$$



$$v_g + v_m = 0$$

$$v_g = -a_g t$$

$$v_m = a_m t$$

$$\frac{Mg}{3}\mu = \frac{M}{3} a_m$$

$$a_m = g\mu$$

$$\frac{Mg}{3}\mu = Ma_g$$

$$a_g = \frac{g\mu}{3}$$

$$N = \frac{2m}{c} = \frac{U \cdot \mu}{c}$$

$$\frac{N^2}{(Mg)^2 g} = \frac{U^2 \mu^2}{c^2 U^2 \mu} = \mu$$

$$g\mu t + \frac{g\mu}{3} t = \frac{3N}{Mg\mu}$$

$$\frac{4}{3} g\mu t = \frac{3N}{Mg\mu}$$

$$t = \frac{3N}{g^2 \mu^2 M} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9N}{4Mg^2 \mu^2}$$

$$x = \frac{a_g t^2}{2} + \frac{a_m t^2}{2} = \frac{27 N^2}{8 M^2 g^4 \mu^4} \cdot \frac{4}{8} = \\ = \frac{27 N^2}{8 M^2 g^3 \mu^3}$$

Вопросы:

Черновик

10/8

Фокусное расстояние тонкой линзы - это расстояние от центра линзы до точки, в которой собираются параллельные лучи света после прохождения линзы (в случае собирающей линзы) или продолжение параллельных лучей (в случае рассеивающей линзы)

Фокусное расстояние тонкой линзы - это расстояние от главного оптического центра линзы, до точки, в которой собираются лучи, параллельные главной оптической оси, после прохождения линзы (в случае собирающей линзы)

$$p_0 v = \left(p_0 - \frac{mg}{s} \right) (v + sx)$$

~~$$p_0 v = p_0 v + p_0 s x - \frac{mgv}{s} - mgx$$~~

$$\frac{mgv}{s} = x(p_0 s - mg)$$

$$x = \frac{mgv}{s(p_0 s - mg)} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{1000 - 50} = \frac{5}{950} = \frac{1}{190} \text{ м}$$

$$\frac{mgv}{s(p_0 s - mg)}$$

$$= \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10^3(10^3 - 50)}$$

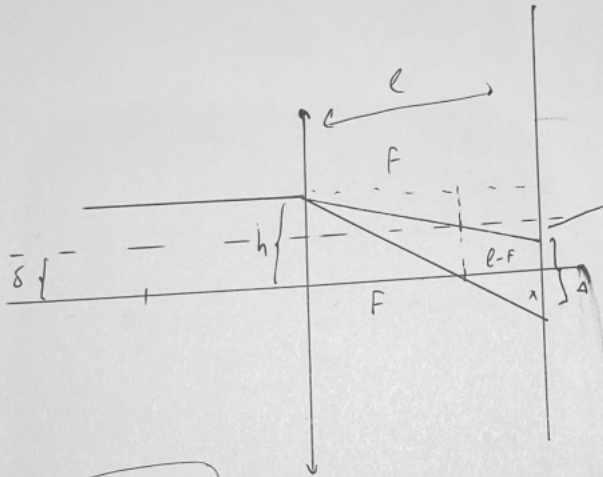
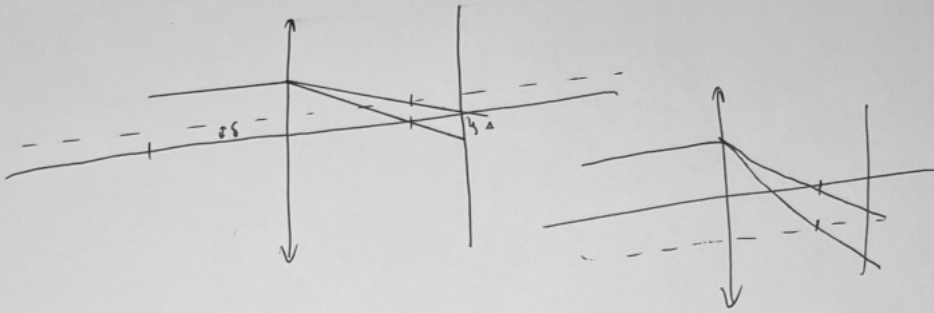
$$= \frac{5}{1000 - 50}$$

$$= \frac{5}{950} = \frac{1}{190}$$

$$\begin{array}{r} 950 \overline{) 5} \\ \underline{45} \\ 190 \end{array}$$

Горизонт

11



$$\frac{F}{\delta} = \frac{l}{\Delta}$$

$$h = ?$$

$$x = ?$$

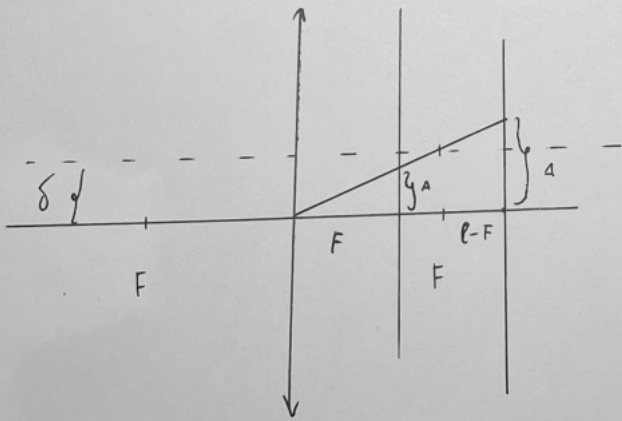
$$F = ?$$

$$F = \frac{\delta l}{\Delta}$$

$$\frac{\delta}{F} = \frac{\delta - \Delta}{F - l}$$

$$\frac{h}{F} = \frac{x}{l - F}$$

$$\frac{h - \delta}{F} = \frac{\delta + x - \Delta}{l - F}$$



$$\frac{h - \delta}{h} = \frac{\delta + x - \Delta}{x}$$

$$1 - \frac{\delta}{h} = \frac{\delta}{x} + 1 - \frac{\Delta}{x}$$

$$\frac{\delta}{h} = \frac{\Delta - \delta}{x}$$

$$\frac{\delta}{F} = \frac{\Delta - \delta}{l - F}$$

$$\delta(l - F) = F(\Delta - \delta)$$

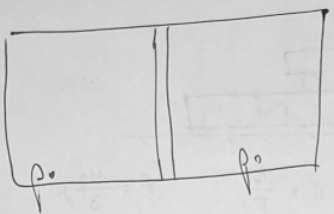
$$\delta l - F\delta = F\Delta - F\delta$$

$$F = \frac{\delta l}{\Delta} = \frac{0,5 \cdot 20}{1} = 10 \text{ cm}$$

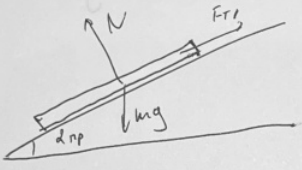
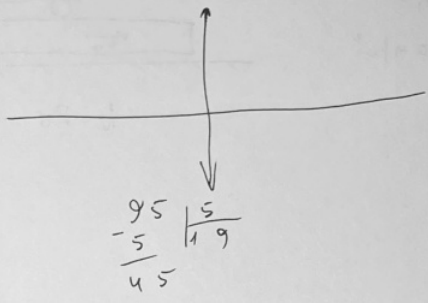
2.2.1

Гермаевик
 $t = 100^\circ$

(12)

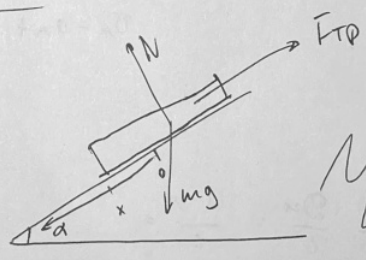
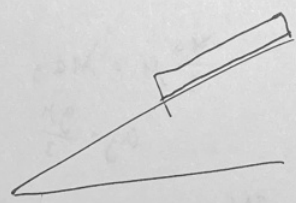
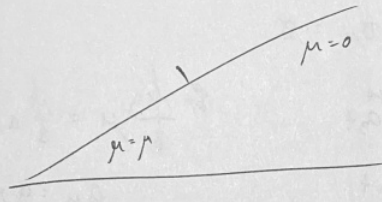


$T = \text{const}$

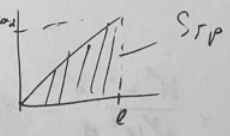


$mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$

$\mu = \tan \alpha = \frac{5}{9}$



$F_{TP}(x) = \frac{m}{l} x g \cos \alpha \mu$



$A_{TP} = mgh + \frac{mv_1^2}{2} - mg(h + l \sin \alpha)$

$A_{TP} = -S_{TP}$

$-\frac{\mu m g l \cos \alpha}{2} = -m g l \sin \alpha + \frac{mv_1^2}{2}$