



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

**ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА**

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Бунин Кирилл Андреевич**

Класс: 11

Технический балл: **81**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9424341

	1	2	3	4	$\Sigma$
Задача	5	15	15	15	<b>81</b>
Вопрос	9	3	9	10	

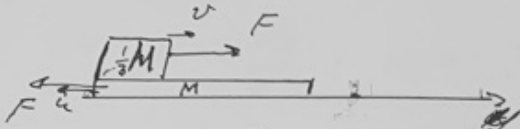
Вариант-2

Земовик.

лист 1 из 7  
+ 5 черновиков.

Задача 1.3.1.

*[Handwritten signature]*



Пусть  $v$  - скорость ленточки,  $u$  - скорость доски. П.к. (по условию) доска стоит на гладком полу, значит внешние силы на систему доска-ленточка все действительны.  $\Rightarrow \mathcal{E}P_i = 0$  (З.С.У.)  $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{1}{3} M v = M u \Rightarrow v = 3u$ . До того момента, как проскальзывание прекратится на ленточке и на доске действительны силы

$$F_0 = \text{const} = \frac{Mg\mu}{3}$$

$$N = \frac{F_0}{t} = \frac{F_0 dy}{dt} = F v; \text{ где}$$

$v$  - скорость в лабораторной системе отсчёта.

$$F = \frac{N}{v}; \text{ или}$$

$F < F_0 \Rightarrow F < \frac{Mg\mu}{3}$  проскальзывание прекращается.  $\Rightarrow \frac{N}{v} < \frac{Mg\mu}{3} \Rightarrow \frac{3N}{Mg\mu} < v \Rightarrow$

$\Rightarrow$  проскальзывание прекратится при  $v = \frac{3 \cdot 2}{1 + 0.03} = 2.7g\mu$  до окончания проскальзывания ускорение ленточки

$$a = \text{const} = \frac{3F_0}{M} = \frac{3}{M} \cdot \frac{Mg\mu}{3} = g\mu \Rightarrow \text{или } t - \text{время проскальзывания, то}$$

$$a t = g\mu t = v = \frac{3N}{Mg\mu} \Rightarrow t = \frac{3N}{M(g\mu)^2} = \frac{2}{3}c$$

перейдем в неинерциальную систему отсчёта доски



$v+u = v + \frac{v}{3} = \frac{4}{3}v \Rightarrow$  или  $x$  - ~~перемещение~~ перемещение в системе доски

reproblek.

10



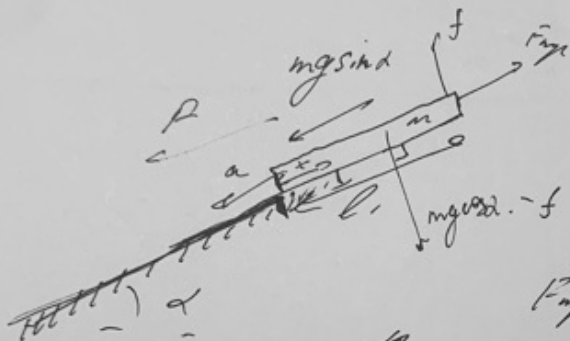
$$P_0 V = (N + Sx) / (P_0 - \frac{mg}{S})$$

$$P_0 V_0 = P_0 V - \frac{mgV}{S} + S P_0 x - mgx$$

$$\frac{mgV}{S(S P_0 - mg)} \cdot x = \frac{50 \cdot 10^3}{(10^3 - 50)}$$

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

$$\frac{50 \cdot 10^3}{2 \cdot 10} = 25 \cdot 10^3$$



$$C^u = \frac{v}{a} \frac{d}{l}$$

$$f = \frac{90}{2 \cdot 10}$$

$$F_{\text{fric}} = \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{x}{l}$$

$$ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \cdot \frac{x}{l}$$

$$ma = mg \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{l} x \right) = F$$

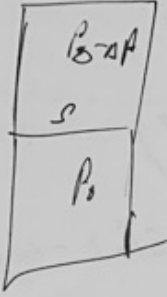
$$\int_0^l F dx = \int_0^l mg \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{l} x \right) dx = mg \left( l \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{l} \cdot \frac{l^2}{2} \right) = A$$

$$= mg l \left( \sin \alpha - \frac{\mu \cos \alpha}{2} \right) = \frac{m v^2}{2}$$

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

$$F = mg \sin \alpha + \mu \left( -mg \cos \alpha + \frac{90}{2 \cdot 10} \right) = \frac{90}{2 \cdot 10}$$

$$\Rightarrow A = l mg \sin \alpha + \left( \frac{90}{2 \cdot 10} - mg \cos \alpha \right) \cdot \frac{l^2}{2}$$



$$\frac{1000 \times 190}{950} = 200$$

$$\left(P_0 - \frac{mg}{s}\right) (s_x + V) = P_0 V$$

11

$$P_0 s_x + P_0 V - mgx - \frac{mgV}{s} = P_0 V$$

$$\frac{mgV}{s(P_0 s - mg)} x = \frac{s - \cancel{10^3}}{\cancel{10^3} - 50} = 2$$

$$= \frac{1}{200 - 10} = \frac{1}{190} \text{ m}$$

reproben

12

$$v^2 = 2gl(2\sin\alpha + \cos\alpha)$$

$$v_2^2 = 2gl \left( 2\sin\alpha + \frac{\mu g \tilde{v}}{2mg\epsilon_0} - \mu\cos\alpha \right)$$

$\alpha = 30^\circ$

$\frac{1}{3} \cdot \frac{5}{2}$

$\sin\alpha = \mu \cos\alpha$       $\mu = \tan\alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3}$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2\sin\alpha - \mu\cos\alpha + \frac{\mu g \tilde{v}}{2mg\epsilon_0}}{2\sin\alpha - \mu\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{2 - \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \cdot \frac{5}{2}}{2 - \frac{1}{3}}}$$

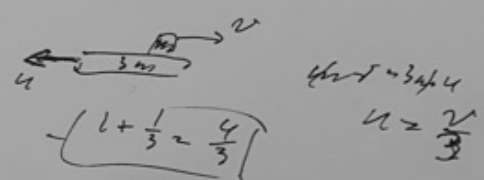
$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{1 + \frac{1}{3}}$$

$$\sqrt{1 + \frac{1}{3}} = \sqrt{1 + \frac{1}{3}}$$

$N = Fv$

$mg\mu v = N \Rightarrow v = \frac{N}{mg\mu} = \frac{2}{\frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,3} = 20 \text{ m/s}$

$g\mu t = v$   
 $t = \frac{v}{g\mu}$



$$t = \frac{4}{3} \cdot \frac{g\mu t^2}{2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{g\mu t^2}{2}$$

$(1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3})$   
 $\frac{2}{3} \cdot \frac{v^2}{g\mu} = \frac{2}{3} \cdot \frac{4}{3} = \frac{8}{9} \mu$

Условие

мет 2 из 7  
+ 5 реповиков

Задача 1.3.1.

$y$  - изменение вращ. момента осевого.

$$\text{по } v = \frac{dy}{dt}; v+u = \frac{4}{3}v = \frac{dx}{dt} \Rightarrow \frac{3}{4} \frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} \Rightarrow$$

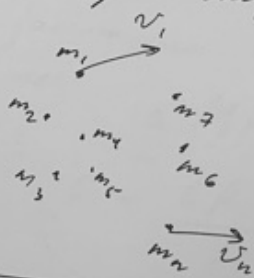
$$\Rightarrow dx = \frac{4}{3} dy \Rightarrow \boxed{x = \frac{4}{3} y}$$

$$y = \frac{at^2}{2} = \frac{g\mu}{2} \left( \frac{3M}{M(g\mu)^2} \right)^2 = \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{3 \cdot 2}{3^2} \right)^2 = \frac{2}{3} \mu.$$

$$\boxed{x = \frac{4}{3} y = \frac{8}{9} \mu}$$

Ответ:  $\frac{8}{9} \mu$

Закон сохранения импульса; импульс системы сохраняется при отсутствии внешних сил.

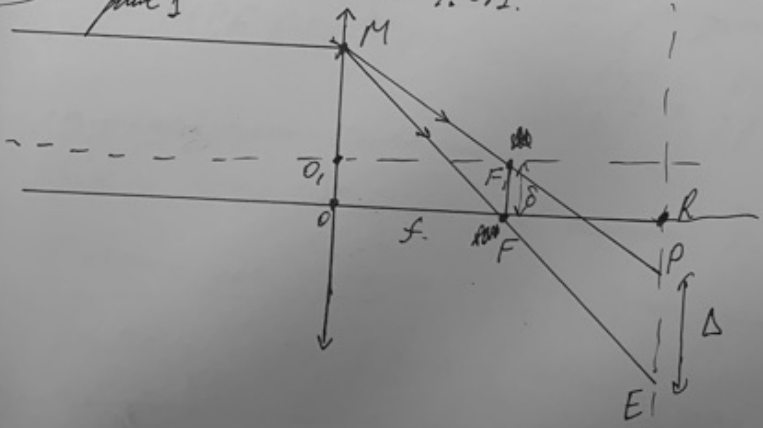


$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i; \text{ где } \vec{p} - \text{ единичный импульс системы материальной точек.}$$

I) Задача 4.3.1.

$l = 20 \text{ см}$

$f = ?$



$O_1$  - новый оптический центр линзы  
 $F_1$  - новый радиус фокуса линзы.

Чистовек

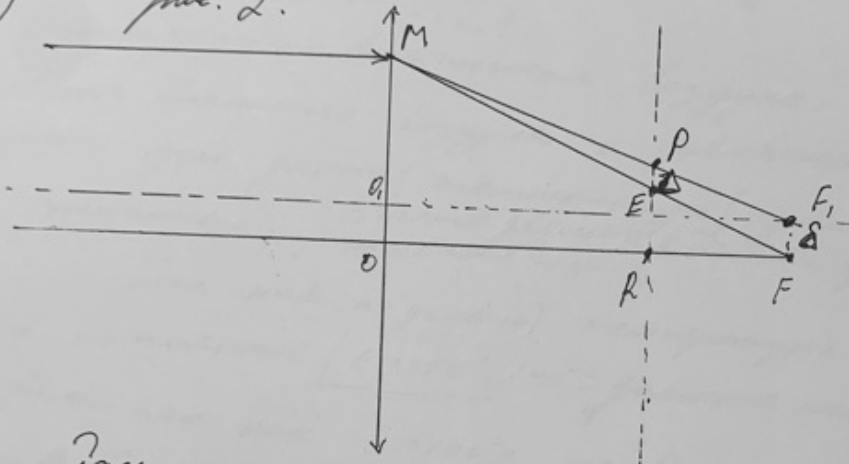
мет 3 из 7  
+5 черновиков.

Задача 4.3.1.

Система имеет 2 различных случая I-го порядка  
систем между точками  $O$  и  $R$  (см. рисунок)  
Случай изображен на рис. 1.

II-го порядка систем за точкой  $R$ .  
рис. 2.

II)



Заменим случай I: на рисунке(1) изображен ход лучей

$$\triangle MFF_1 \sim \triangle MPE \Rightarrow \frac{PE}{OR} = \frac{FF_1}{f}$$

$$f = \frac{OR \cdot FF_1}{PE} = \frac{l \cdot \delta}{\Delta} = \frac{l}{2} = 10 \text{ см}$$

Заменим случай II: на рисунке(2) изображен ход лучей:

$$\triangle MPE \sim \triangle MFF_1 \Rightarrow \frac{F_1F}{OF} = \frac{PE}{OR} \Rightarrow OF = f = \frac{OR}{PE} \cdot F_1F =$$

получаем противоречие;

$$т.к. еще F служит за точкой R; то  $f = l \cdot \frac{\delta}{\Delta} = \frac{l}{2}$$$

F служит на отрезке  $OR \Rightarrow$  верен случай I

$$\text{Ответ: } f = l \cdot \frac{\delta}{\Delta} = \frac{l}{2} = 10 \text{ см.}$$



Шитовик  
задача 4.3.1.

лист 4 из 7  
+5 черновиков.

фокусное расстояние ~~оптической системы~~ кратчайшее расстояние от оптического центра линзы до изображения ~~от~~ сильно удаленного источника (измеряется в метрах)  
Оптическая сила - величина, обратная фокусному расстоянию. (измеряется в [м]<sup>-1</sup>) [Дптр]

Задача 2.2.1.

Относительная влажность воздуха, отношение давления насыщенного пара при данной температуре (измеряется в джоуль на килограмм) к давлению пара  $P_0$  (измеряется в джоуль на килограмм); значим

так как (по условию) температура поддерживается постоянной  $t = 2100^\circ\text{C} \Rightarrow$  давление паров  $P_{2100^\circ\text{C}}$

Закон уравнение состояния газа для ~~воздуха~~  
воздуха в верхнем отсеке.  $PV = \nu RT$

$$\nu RT = P_0 V$$

$$\nu RT = (P_0 - \Delta P)(V + \Delta V); \text{ где } \nu V - \text{измерение объема верхнего отсека}$$

$\Delta P$  - разность давлений в нижнем и верхнем отсеках.

$$\Delta V = xS,$$

$$\Delta P = \frac{mg}{S} \Rightarrow P_0 V = \left(P_0 - \frac{mg}{S}\right)(V + xS) = P_0 V + P_0 xS - \frac{mgV}{S} - mgx$$

$$P_0 xS - \frac{mgV}{S} - mgx = 0$$

$$x = \frac{mgV}{S(P_0 S - mg)} = \frac{1}{190} \text{ м.}$$

Числовик.

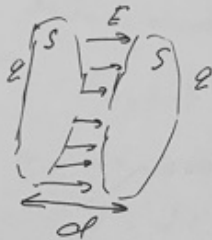
лист 5 из 7  
+ 5 черновиков.

Задача 2.21.

Ответ:  $x = \frac{1}{190} \text{ м}$

Задача 3.51.

Диэлектрическая - характеристика конденсатора, равная отношению заряда на обкладках конденсатора к разности потенциалов между ними.  
Землю и плоский конденсатор



$Ed = \Delta\phi = U$

$\frac{Q}{\epsilon_0} = 2S \frac{E}{2} \Rightarrow E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$

$\frac{Qd}{\epsilon_0 S} = U \Rightarrow \frac{\epsilon_0 S U}{d} = Q$

$\frac{Q}{U} = C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

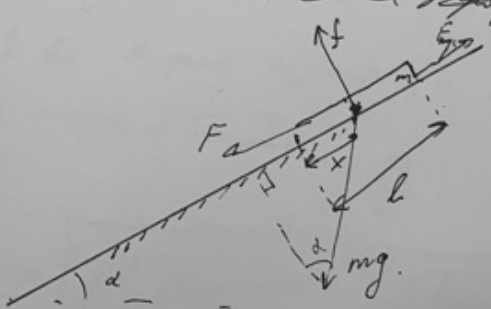
где  $d$  - расстояние между обкладками конденсатора.

$\epsilon_0$  - электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{ФФ}}{\text{м}}$

$S$  - площадь обкладок конденсатора.

Задача 3.51.

~~Задача 3.51.1~~



где  $l$  - длина пластмассовой пластины  $l = 0.2 \text{ м}$  для двух случаев.

$F_{np}$  - сила натяжения

$x$  - длина пластины в состоянии трения

$F$  - результирующая сила

Задача

Мет 6 из 7  
+ 5 черновиков

Задача 3.5.1.

Вопрос: найти

Третье  $N$  - сила реакции опоры, действующая на тело со стороны мотка в точке  $X$ . Будем предполагать из соображений того, что сила реакции опоры действует на тело равномерно по всей длине.

Тогда  $N = \frac{x}{l} (mg \cos \alpha - f)$  где  $f$  - сила электростатического отталкивания.

Значит

$$F(x) = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha - \mu \frac{x}{l} (mg \cos \alpha - f)$$

$$\int F(x) dx = A \Rightarrow \text{работа на весь путь}$$

из ЗСЭ:

$$A = \frac{mv^2}{2} \quad (\text{работа силы тяжести в } A)$$

$$A = \int_0^l (mg \sin \alpha - \mu \frac{x}{l} (mg \cos \alpha - f)) dx = \frac{mv^2}{2}$$

$$2lg \sin \alpha - \mu l (g \cos \alpha - \frac{f}{m}) = v^2$$

$$gl (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha + \frac{\mu f}{mg}) = v^2$$

$$v_1 = \sqrt{gl (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha)}, \quad \text{т.к. } f = 0.$$

$f$  бо направлена вверх  $f = Eq$ , где  $E$  - напряженность поля в момент времени.

то по формуле Гаусса:

$$\frac{S\sigma}{\epsilon_0} = 2SE \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow f = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0}$$

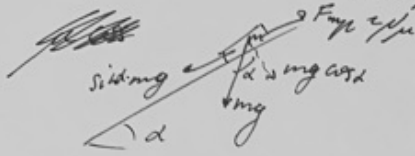
$$v_2 = \sqrt{gl (2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha + \frac{\mu q \sigma}{2mg \epsilon_0})} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha + \frac{\mu q \sigma}{2mg \epsilon_0}}{2 \sin \alpha - \mu \cos \alpha}}$$

Землевек

метр 7 из 7.  
+5 черновиков.

Задача 3.5.1.

Затемним условие равновесия для покатывающей шара на шероховатой поверхности.



$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ N = mg \cos \alpha \end{cases}$$

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

Значит условие

$$\mu = \tan \alpha \quad \alpha = 30^\circ$$

$$n = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{2 \sin \alpha - \sin \alpha + \frac{20}{2mg \epsilon_0} \tan \alpha}{2 \sin \alpha - \sin \alpha}} =$$

$$= n = \sqrt{\frac{\sin \alpha + \frac{20 \sin \alpha}{2mg \epsilon_0 \cos \alpha}}{2 \sin \alpha}} = \sqrt{1 + \frac{20}{2mg \epsilon_0 \cos \alpha}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}$$

(при предельном  $\alpha = 30^\circ$ )

$$\text{Ответ: } n = \sqrt{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}$$

~~Землевек~~

Чертовик.

8



~~3m = 1m~~  $m = \frac{1}{3}m$

$N = 2F$

$\mu = 0,3$

$\lambda = ?$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$$N = Fv = \frac{Fdx}{dt} \Rightarrow F = \frac{N}{v}$$

$$F_0 = mg\mu$$

Условие равенства:

что  $F = mg\mu$  происходит одновременно

$$\frac{N}{3v} = mg\mu \Rightarrow v = \frac{N}{3mg\mu} \Rightarrow v = \frac{2}{3 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,3} = \frac{2}{3} \text{ м/с}$$

$$a = \frac{F_0}{m} = \frac{mg\mu}{m} = g\mu$$

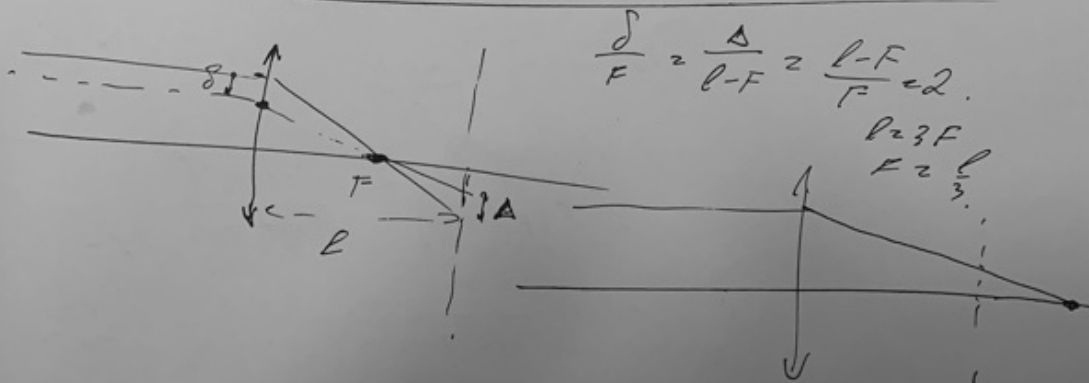
$t$  - время разгона

$$g\mu t = \frac{N}{3mg\mu} \Rightarrow t = \frac{N}{3m(g\mu)^2}$$

$$x = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} g\mu \left( \frac{N}{3m(g\mu)^2} \right)^2 = \frac{2N^2}{27m^2(g\mu)^3} = \frac{2 \cdot 4}{27 \cdot \frac{1}{9} \cdot 3^3} = \frac{8}{81} \text{ м}$$

$$\frac{4 \cdot 2}{1 \cdot 3^2} = \left( \frac{2}{3} \text{ с} \right)$$

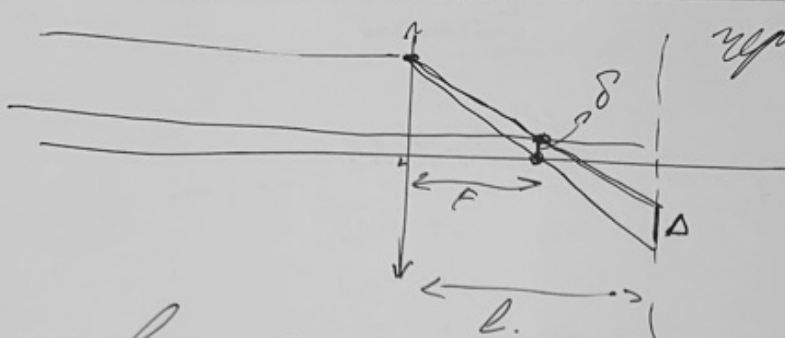
$$\frac{4}{3} \cdot \frac{2}{3} = \frac{8}{9}$$



$$\frac{F}{F} = \frac{\Delta}{l-F} = \frac{l-F}{F} = 2$$

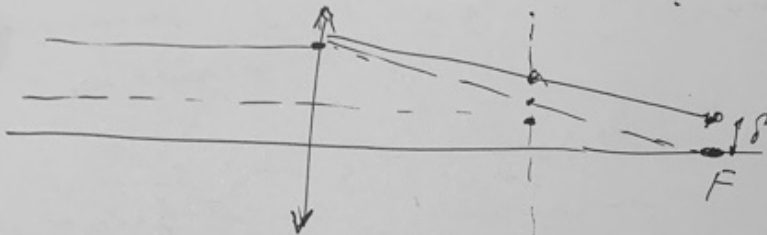
$$l = 3F$$

$$F = \frac{l}{3}$$

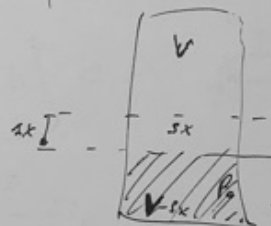
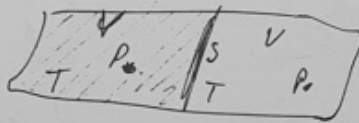


уравнение 9

$$\frac{l}{F} = \frac{\Delta}{f} = 22 \Rightarrow K = \frac{l}{2}$$



$$\Delta V = Sx$$



$$\frac{5 \cdot 10^{-3}}{10^5 \cdot 0.05 - 5 \cdot 0}$$

$$\frac{1}{200-10} = \frac{1}{190} \text{ м.}$$

$$\begin{cases} 2T = P_0 V \\ 2RT = 2(P_0 Sx - \frac{mg}{S} V) / (V + Sx) = P_0 V \end{cases}$$

$$P_0 K + P_0 Sx - \frac{mg}{S} V = mgx = P_0 K \quad 0$$

$$x(P_0 S - mg) = \frac{mgV}{S}$$

$$x = \frac{mgV}{S(P_0 S - mg)} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{10^5 \cdot 0.05 - 5 \cdot 0}$$

$$x = \frac{5}{1000 - 50} = \frac{1}{200-10} = \frac{1}{190} \text{ м.}$$