



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

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Лебедев Олег Алексеевич**

Класс: 11

Технический балл: **88**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 9798231

	1	2	3	4	Σ
Задача	<i>13</i>	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	88
Вопрос	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	<i>9</i>	

Шибанов

МСТ №1

№2.2.1

расширение цилиндра когда цилиндр расположен горизонтально:

пушкой в воздухе всего 3 мм

Дано:

$$M = 5 \text{ кг}$$

$$V = 1 \text{ м} = 0,001 \text{ м}^3$$

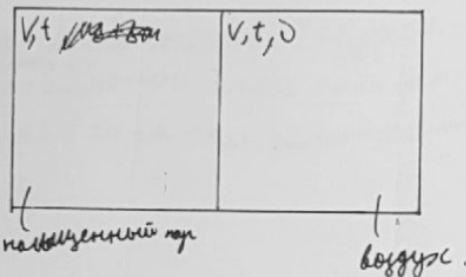
$$t = 100^\circ \text{C}$$

$$t = \text{const}$$

$$S = 0,01 \text{ м}^2$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$



X - ?

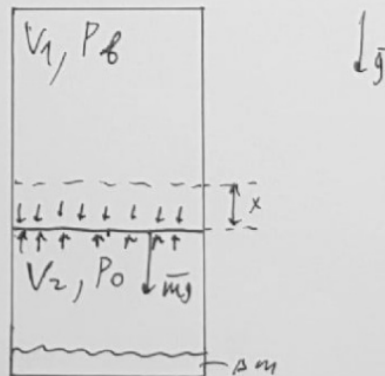
накальнику в левой части находится нагретый пар при $t = 100^\circ \text{C} \Rightarrow$ его давление равно атмосферному $P_0 = 10^5 \text{ Па}$, накальнику про отверстие в системе ничего не сказано \Rightarrow на поршень действует сила давления со

стороны ~~пара~~ пара и со стороны воздуха, накальнику поршень в равновесии, то давление пара равно давлению воздуха $P_{\text{возд}} = P_0$.
 запишем ур-ние Менделеева-Клапейрона для газа с воздухом: $P_0 V = \nu R T$, где

$$T = t + 273.$$

Теперь цилиндр перевернули:

когда цилиндр перевернули, то часть пара конденсировалась, при этом в конечном состоянии пар находится, накальнику находится в равновесии своей т.к. его температуру поддерживаем при 100°C , но его давление в конце так же равно P_0 .



условие равновесия поршня! $P_0 = P_0 + \frac{mg}{S} \Rightarrow P_0 = P_0 - \frac{mg}{S}$, давление воздуха
 запишем ур-ние Менделеева-Клапейрона для газа с воздухом: $P_1 (V + XS) = \nu R T$

XS - часть объема которая прибавилась к изначальной
 подставляя P_0 получаем: $(P_0 - \frac{mg}{S})(V + XS) = \nu R T$, где $\nu R T = P_0 V$ из горизонтального
 состояния $\Rightarrow P_0 V + P_0 XS - \frac{mgV}{S} - mgx = P_0 V \Rightarrow x = \frac{mgV}{S(P_0 S - mg)}$

$$X = \frac{5 \cdot 10 \cdot 0,001}{0,01(10^5 \cdot 0,01 - 5 \cdot 10)} = \frac{5}{10^3 - 5 \cdot 10} = \frac{1}{2 \cdot 10^2 - 10} = \frac{1}{190} \text{ м} = \frac{10}{19} \text{ мм} \approx 0,52 \text{ мм}$$

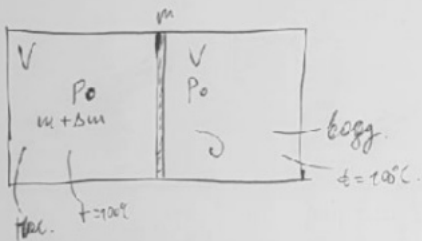
Ответ: $X \approx 0,52 \text{ мм}$

репродукция

№10

№2.2.1

1)



$T = +273$

$$P_0 V = \frac{m + \Delta m}{\mu_n} RT$$

$$P_0 V = \nu RT$$

2)



$$P_0 = P_2 + \frac{mg}{S} \Rightarrow P_2 = P_0 - \frac{mg}{S}$$

$$P_0(V - xS) = \frac{m}{\mu_n} RT$$

$$P_2(V + xS) = \nu RT = P_0 V$$

$$(P_0 - \frac{mg}{S})(V + xS) = P_0 V$$

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

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

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

$$\begin{array}{r} 10 \ 79 \\ - 0 \ 052 \\ \hline 700 \\ 98 \\ \hline 50 \end{array}$$

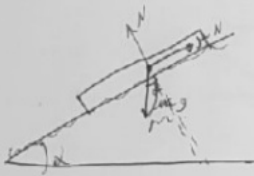
$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 5 \\ \hline 55 \end{array}$$

Упражнение № 11

№ 5. 1.

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin 40}{\cos 30} = \frac{1}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

1)



$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \frac{\pi}{6}$$



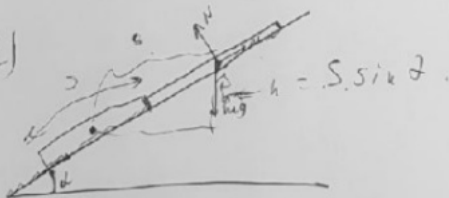
$$\frac{F}{N} = \frac{mg \sin \alpha}{mg \cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$$

где $\mu = \operatorname{tg} \alpha$

$$C = \frac{6 \cdot E \cdot S}{d}$$

это значит, что при увеличении длины проволоки ее жесткость уменьшается

2)



$$m \frac{dv}{dt} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$mg S \sin \alpha = \frac{mv^2}{2} + \mu mg \cos \alpha \cdot S$$

$$v_1 = a \tau \Rightarrow \tau = \frac{v_1}{a}$$

$$q \tau = v$$

$$S = \frac{a \tau^2}{2} = \frac{v_1^2}{2a}$$

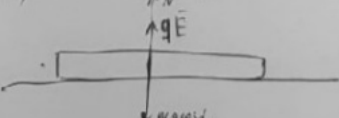
$$a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

Этот импульс передается - импульс электрона

v_1 - скорость электрона при его столкновении с цилиндром, при этом в процессе не происходит рассеяния

3)

$$m a_1 = mg \sin \alpha - \mu N$$



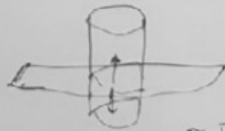
$$N = mg \cos \alpha - qE$$

$$m a_1 = mg \sin \alpha - \mu (mg \cos \alpha - qE)$$

$$mg S \sin \alpha = \frac{mv^2}{2} + \mu (mg \cos \alpha - qE) S$$

$$S = \frac{dv^2}{2a_1}$$

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

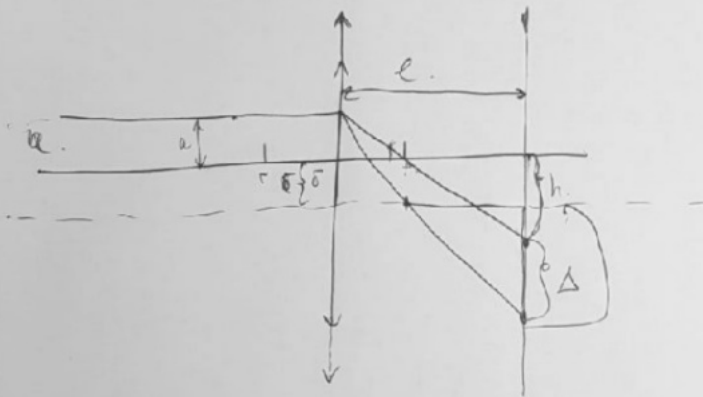


$$F \cdot 2\pi r^2 = \frac{q \cdot \pi r^2}{\epsilon_0}$$

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

Тепловик. №12.1

№4.3.1



~~а~~

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

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

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

$$ha + \delta h = ah + a\Delta - a\delta$$

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

$$F \left(\frac{\Delta - \delta}{\delta} + 1 \right) = l$$

$$F \left(\frac{\Delta - \delta + \delta}{\delta} \right) = l = F \frac{\Delta}{\delta} \Rightarrow F = \frac{l\delta}{\Delta}$$

Минимум

Лит №2.

Ответы на вопросы к заданию 2.2.1.

Влажность воздуха определяет концентрацию водяного пара в воздухе.

Относительная влажность воздуха — это функция, величина которой равна ^{давлению} парциальному давлению пара при данной температуре к давлению насыщенного пара при данной температуре.

$$\varphi_{\text{отн}} = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$$

Умован

МСТ № 3

N 3.5.1

Дано:

$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$

$d_{\text{уп}} = \frac{\sqrt{L}}{6}$

$\sigma = +3 \frac{\mu \text{кКл}}{\text{м}^2}$

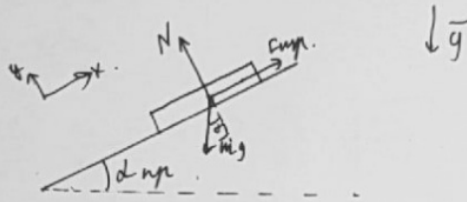
$q = +3 \text{ мкКл}$

$\epsilon_0 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

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

натягивающая координатная система μ .



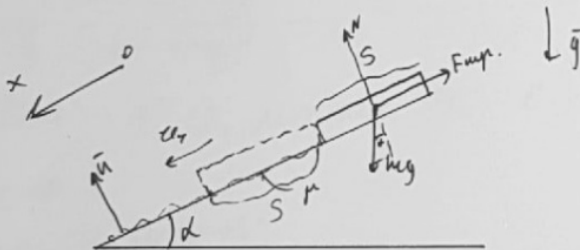
2-й закон Ньютона: $\sum X: \text{т.т. } F_{\text{уп}} = mg \sin \alpha$

$F_{\text{уп}} = \mu N$

$\sum Y: N = mg \cos \alpha \Rightarrow \mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha$

$\mu = \tan \alpha = \tan \frac{\pi}{6} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

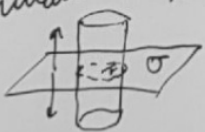
поработаем со ~~вторым~~ первым условием когда заряды не были параллельны



2-й закон Ньютона $\sum X: m a_1 = mg \sin \alpha - F_{\text{уп}}$

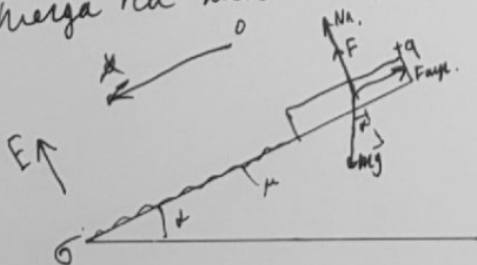
$F_{\text{уп}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow m a_1 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a_1 = g \sin \alpha - \frac{g \cos \alpha}{\sqrt{3}}$

теперь разберем, что происходит когда ~~эти~~ заряды параллельны!
 когда ~~они~~ нити передают ~~повышенную~~ ~~мощность~~ заряду σ , то вблизи нити создается однородное электрическое поле перпендикулярное нормали \vec{n} к плоскости нити. Натягивающее поле \vec{E} .



по теореме Гаусса: $E \cdot 2\sqrt{r}r^2 = \frac{\sigma \cdot \pi r^2}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

когда на нити будет действовать сила отталкивания $F = qE$



2-й закон Ньютона:

$\sum X: m a_2 = mg \sin \alpha - F_{\text{уп}}$

$F_{\text{уп}} = \mu N_1$

$N_1 = mg \cos \alpha - F = mg \cos \alpha - qE$

$m a_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha + \mu qE$

$a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha + \frac{\mu q E}{m}$

Универсум | лист № 4

использовать задачу №3.5.1

мысли S-группа миллиметров масса $S = \frac{kl_2^2 - kl_0^2}{2a}$, $kl_0 = 0 \Rightarrow S = \frac{kl_2^2}{2a}$.

где 1 измерил:

1) $S = \frac{kl_1^2}{2a_1}$

где 2 измерил:

2) $S = \frac{kl_2^2}{2a_2}$

логично 2) $kl_1 \cdot \frac{kl_2^2}{kl_1^2} \cdot \frac{a_1}{a_2} = 1 \Rightarrow \frac{kl_2}{kl_1} = \sqrt{\frac{a_2}{a_1}}$

$a_1 = g \sin t - \frac{g \cos t}{\sqrt{3}} = 10 \left(\sin t - \frac{\cos t}{\sqrt{3}} \right)$

$a_2 = g \sin t - \frac{g \cos t}{\sqrt{3}} + \frac{qE}{m\sqrt{3}} = 10 \left(\sin t - \frac{\cos t}{\sqrt{3}} \right) + \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{12}}{0,1 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^{31} \cdot 2} = 10 \left(\sin t - \frac{\cos t}{\sqrt{3}} \right) + \frac{10}{25}$

$q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ ку}$

$\sigma = 3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кВ}}{\text{м}^2}$

$\frac{kl_2}{kl_1} = \sqrt{\frac{10 \left(\sin t - \frac{\cos t}{\sqrt{3}} \right) + \frac{10}{25}}{10 \left(\sin t - \frac{\cos t}{\sqrt{3}} \right)}} = \sqrt{\frac{\sin t - \frac{\cos t}{\sqrt{3}} + \frac{1}{25}}{\sin t - \frac{\cos t}{\sqrt{3}}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{3} \sin t - \cos t + \frac{1}{2}}{\sqrt{3} \sin t - \cos t}} = \sqrt{1 + \frac{1}{2(\sqrt{3} \sin t - \cos t)}}$

Омбли: kl_1 , масса kl_2 $8 \sqrt{1 + \frac{1}{2(\sqrt{3} \sin t - \cos t)}}$ раз.

Известно

Омбли: на борту:

Закрепленные - физические единицы определять где еще

используем и рассмотрим пластин сферической формы оптом от $C = \frac{q}{\Delta \rho}$ и рассмотрим концентрические сферы радиуса r и $r + \Delta r$ и рассмотрим

популярна электрические массы концентрические сферы радиуса r и $r + \Delta r$

так $C = \frac{q}{\Delta \rho}$, где a $C = \frac{4 \epsilon_0 S}{d}$, где d - радиус сферы C - масса сферы.

Шмидт

ИМТ №5 24.8.

№ 4.3.1

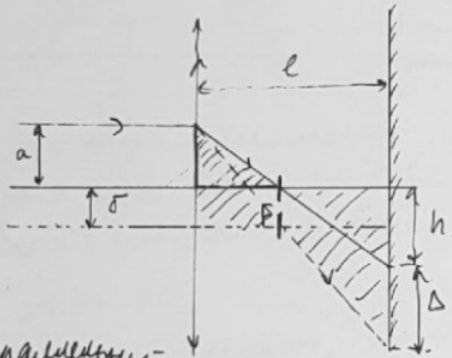
Дано:

$$l = 20 \text{ см}$$

$$\delta = 0,5 \text{ см}$$

$$\Delta = 1 \text{ см}$$

F = ?



лучок света параллельный главной оптической оси линзы проходит через линзу параллельно так, что он ~~проходит~~ проходит через фокус линзы. Пусть между линзой и главной оптической осью расстояние a , тогда из подобия треугольников $\frac{h}{a} = \frac{l-F}{F}$ измерь между линзой на δ из подобия $\frac{h-\delta+\Delta}{a+\delta} = \frac{l-F}{F}$

$$\text{приравняв } ① = ② \Rightarrow \frac{h}{a} = \frac{h+\delta-\delta}{a+\delta} \Rightarrow ha + h\delta = ah + a\delta - a\delta$$

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

$$F \left(\frac{\Delta-\delta}{\delta} + 1 \right) = l$$

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

Ответ: $F = 10 \text{ см}$

Ответ на вопрос:

Фокусное расстояние - это расстояние характеризующее точку линзы. Через фокус проходят параллельные главной оптической оси лучи. Параллельный лучок света падая через линзу собирается в одной точке расстояние от которой до линзы равно фокусному расстоянию.

Оптическая сила линзы - величина обратно пропорциональная фокусному расстоянию $D = \frac{1}{F}$, и измеряется в диоптриях [дптр]

Минусик

Мин №6

№1.3.1.

Дано:

$$M = 1 \text{ кг.}$$

$$N = 2 \text{ Вт}$$

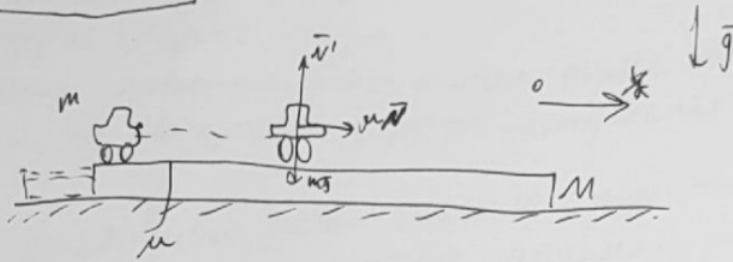
$$m = \frac{M}{n}$$

$$\mu = 0,3$$

$$n = 3$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

X-?



рассмотрим шмелю "голка + машинка"
 вдоль оси OX на нее не действующим силами
 сила \Rightarrow шмелю шмелю будет сдвигаться

вдоль этой оси.

Когда колеса прокатываются, то между машинкой и
 фольгой возникает сила трения скольжения, которая будет
 раздвигать машинку и фольгу в разные направления:

1) запишем ЗСМ на ось OX: $0 = m v_m - M v_M$, v_m - скор маш.
 v_M - скор фольги

2) когда прокатывание прекратилось, то тела будут двигаться
 с одинаковой скоростью, а это значит, что $F_{\text{тр}} = \mu mg$

$$F_{\text{тр}} = \frac{N}{v_{\text{км}}} - \text{век- скорость верхняя машинки}$$

$$v_{\text{км}} = \frac{N}{\mu mg}; \quad v_{\text{км}} = \frac{m v_{\text{км}}}{M} = \frac{N}{\mu Mg}$$

~~Ускорение~~ ускорение машинки: $Ma_n = \mu mg$ ускорение фольги: $Ma_n = \mu gm$
 $a_n = \mu g$ $a_n = \mu g \frac{m}{M} = \frac{\mu g}{n}$

когда \emptyset найдем расстояние которое проехала машинка.
 аналогично фольге: $S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a}$; $v_0 = 0 \Rightarrow S_m = \frac{v_{\text{км}}^2}{2a_n} = \frac{N^2}{2\mu^2 g^3 m^2}$

$$= \frac{N^2}{2\mu^2 g^3 m^2}, \text{ аналогично. } S_M = \frac{v_{\text{км}}^2}{2a_M} = \frac{N^2}{2\mu^2 g^3 M m}$$

$$\text{тогда } X = S_m - S_M = \frac{N^2}{2\mu^2 g^3 m^2} - \frac{N^2}{2\mu^2 g^3 M m} = \frac{N^2}{2\mu^2 g^3} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{Mm} \right)$$

$$M = 3m = 1 \text{ кг.} \Rightarrow m = \frac{1}{3} \text{ кг}$$

$$X = \frac{N^2}{2\mu^2 g^3} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{3m^2} \right) = \frac{N^2}{2\mu^2 g^3 m^2} \left(1 - \frac{1}{3} \right) = \frac{N^2}{3\mu^2 g^3 m^2} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^5}{3 \cdot 3^2 \cdot 10^3 \cdot 3^2} = \frac{4}{9} \text{ м} \approx 0,44 \text{ м}$$

Ответ: $X \approx 0,44 \text{ м.}$

Тема

Лист № 7

Ответ на вопрос задачи № 1.3.1.

Импульс системы материальных точек определяется, как векторная сумма импульсов каждой материальной точки системы.

Закон сохранения импульса гласит о том, что ~~импульс системы материальных точек сохраняется~~ импульсы материальных точек сохраняются, тогда когда на эту систему не действуют внешние сил.

Стоит отметить, что импульс это векторная величина и если на систему в какой либо проекции на ось не действуют внешние силы, то ~~импульс~~ вдоль этой оси по закону сохранения импульса.

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

Черновик

№8

N 1.3.1

Дано:

$M = 1 \text{ кг}$

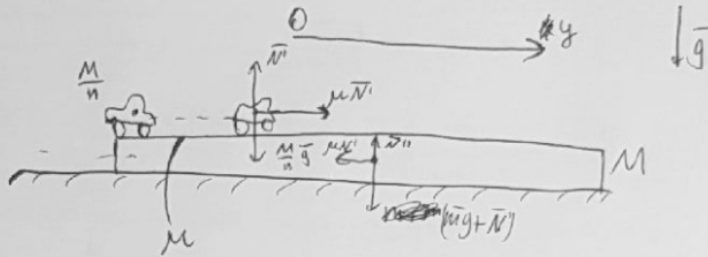
$N = 2 \text{ Вт}$

$m = \frac{M}{n}$

$\mu = 0.3$

$n = 3$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



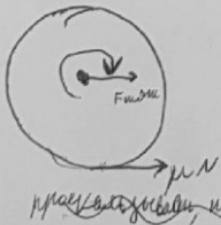
параллельны оси Oy на нее не действуют боковые силы \Rightarrow штифты шпинделя будут охраняться вращением оси.

получим что происходит: когда колеса проскальзывают по между машинной и фрикцией возникает сила трения скольжения, которая будет разгонять машинную и доску.

в разности направлений: 1) запишем закон сохранения импульса на ось Oy :

$0 = \frac{M}{n} \cdot v_m - M \cdot v_g \Rightarrow v_g = \frac{v_m}{n}$, v_g - скорость доске, v_m - скорость машинки.

запишем 2 закон Ньютона для машинки: $\frac{M}{n} \frac{dv_m}{dt} = \mu N' - N'$
где $N' = \frac{M}{n} g$

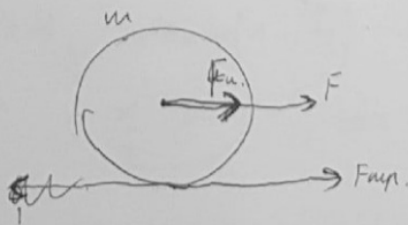
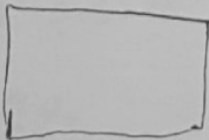


проекции скорости, иском нест.

запишем для доске: $M \frac{dv_g}{dt} = -\mu N' = Ma_g$.

БСЭ: $NOC = \frac{M}{n} \cdot \frac{v_m^2}{2} + \frac{M v_g^2}{2} \Big| \cdot \frac{1}{dt}$
Энергия взаимодействия

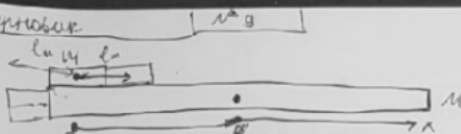
$N = \frac{M}{n} \cdot v_m \cdot a_m + M v_g \cdot a_g = \frac{M}{n} \cdot a_m$



$F_{шп} = M a_{шп}$

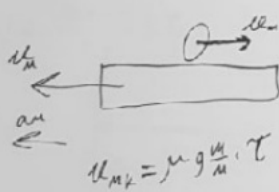
$M a_{шп} = F + F_{шп} + F_{шп}$

Задача



$$X_{cm} = v \cdot t = \frac{\mu g + \mu g \cdot \frac{L}{2}}{\mu + 1} \cdot t = \frac{\mu \cdot 0 + M \cdot \frac{L}{2}}{\mu + 1} = \frac{\mu \cdot 0 + M(\frac{L}{2} - l_0)}{\mu + 1}$$

Условием сохранения энергии конца, энергии центра масс, но не совсем верно $= 0 \Rightarrow$ $\text{проект. закон. \& \text{конец-конец}}$



$$M a_M = \mu m g$$

$$S_M = \frac{a_M \cdot t^2}{2}$$

$$\frac{N}{l_0} = \mu m g$$

$$v = v_{cm} - l_0 \omega$$

$$v_{cm} = \mu g t$$

$$M a_M = \mu m g$$

$$S_M = \frac{a_M t^2}{2} = \frac{4 \cdot 19}{40} = 0,95$$

$(S_{cm} - S_M) ?$

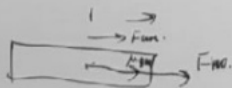
$N \cdot \omega = E_{kin} + E_{pot} + A_{fric}$
 $A_{fric} = F_{fric} \cdot dS = \mu m g (S_M + S_{cm})$

$$M v_{cm} = M l_0 \omega$$

$$m S_M = M S_{cm}$$

$$S_M = \frac{m}{M} S_{cm}$$

$$M a_M = m a_m + F_{fric} + \mu m g$$



$$a_M = \frac{m}{M} a_m$$

$$N d t = \frac{M}{2} v_M^2 + \frac{m}{2} v_m^2 + \mu m g (S_M + S_{cm}) \cdot \frac{M}{m}$$

$$M a_M \cdot (1 - \frac{m}{M}) = \frac{M}{m} + \mu m g$$

$$v_M = \frac{m}{M} v_m$$

$$S_M = v_M dt$$

$$\frac{M}{m} (M - m) \frac{d v_M}{dt} = \frac{M}{m} + \mu m g$$

$$2 v_M dt = N dt + \mu m g dt$$