МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ОЛИМПИАДНАЯ РАБОТА

Наименование олимпиады школьников: **«Ломоносов»**

Профиль олимпиады: **ФИЗИКА**

ФИО участника олимпиады: **Шатров Игорь Иванович**

Класс: 11

Технический балл: **90**

Дата проведения: 25 февраля 2022 года

ШИФР РАБОТЫ 8952034

	1	2	3	4	$\sum$
Задача	*10*	*15*	*15*	*15*	***90***
Вопрос	*9*	*8*	*8*	*10*	

Чистовик стр. 1

ВАРИАНТ 2

W 1.3.1

ВОПРОС

Импульс материальной точки

$\vec{p} = m\vec{v}$ (m - масса точки, v - её скорость)

Импульс системы мат. точек - сумма импульсов точек, входящих в неё.

По закону изм. импульса

$d\vec{p} = \vec{F}dt$ (F - равнодействующая всех сил).

Из этого закона видно, что импульс сохр. при $|\vec{F}| \to 0$.

Чистовик стр 2

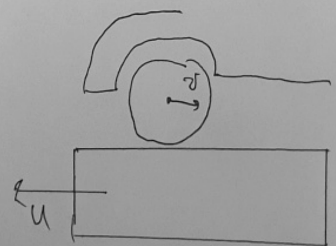
W 1.3.1

ЗАДАЧА

$M = 1кг;\ N = 2 Вт;\ n = 3;\ \mu = 0,3 \quad x = ?$

В момент, когда колёса перестанут проскальзывать, скорость точек соприкосновения колёс с доской равна скорости доски. Пока колеса проскальзывают, на них действует сила трения $F_{тр} = \frac{M}{n} \cdot \mu g$. Пусть R - радиус колеса, ω - его угловая скорость. $N = F_{тр}\,\omega R \Rightarrow \omega = const.$

Пусть в момент прекращения проскальзывания скорость доски u, машинки v.



Тогда $\frac{v+u}{R} = \omega = \frac{N}{F_{тр}R} \Rightarrow$

$\Rightarrow v + u = \frac{N}{F_{тр}}$

По зак. сохр. импульса

$\frac{M}{n} v = Mu \Rightarrow v = nu.$

Чистовик стр. 3

w 1.3.1

Задача (продолжение)

$$\left.\begin{aligned} v+u &= \frac{N}{F_{тр}} \\ v &= nu \end{aligned}\right\} \Rightarrow u = \frac{N}{F_{тр}(n+1)}$$

По зак. изм. энергии

$$\frac{mu^2}{2} + \frac{\frac{m}{n} v^2}{2} = F_{тр} \cdot x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{mN^2}{2F_{тр}^3 (n+1)} = \frac{N^2 n^3}{2(n+1) m^2 \mu^3 g^3} \approx 0{,}5 \text{ м.}$$

Ответ: $x = \frac{N^2 n^3}{2(n+1) m^2 \mu^3 g^3} \approx 0{,}5$ метров.

Чистовик стр 4

w 2.2.1

Вопрос

Влажность воздуха (или абсолютная влажность воздуха) - это плотность водяного пара, содержащегося в воздухе. Относительная влажность воздуха - это отношение плотности водяного пара, содержащегося в воздухе, к плотности насыщенного водяного пара: $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{н.п.}}$.

Состояние водяного пара можно приблизительно описать с помощью уравнения состояния идеального газа.

Из этого уравнения $\rho = \frac{pM}{RT}$

(p - давление, M - молярная масса, T - температура)

Тогда $\varphi = \frac{p}{p_{н.п.}}$.

Чистовик стр. 5

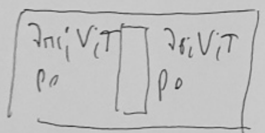
W2.2.1

Задача

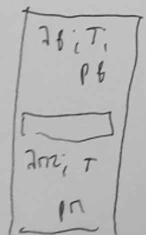
$m = 5\,кг$; $V = 1л = 10^{-3}\,м^3$; $T = 373K$; $S = 10^{-2}\,м^2$

$p_0 = 10^5\,Па$ $x = ?$

При температуре $100°C$ давление насыщ. пара воды равно атмосферному p_0.



В горизонт. положении на поршень действуют только силы со стороны газов, поэтому давление пара равно давлению воздуха. $\nu_{п1}$ - кол-во пара в нач. положении, $\nu_в$ - кол-во воздуха. Тогда $p_0V = \nu_{п1}RT = \nu_вRT$. Пусть в конце $\nu_{п2}$ пара. В конце пар занимает объем $V - S\cdot x$, а воздух $V + Sx$. 2ЗН для поршня



$mg + p_вS = p_пS \Rightarrow p_п = \frac{mg}{S} + p_в.$

$p_в(V + S\cdot x) = \nu_вRT = p_0V \Rightarrow p_в = \frac{p_0V}{V + S\cdot x}.$

$p_п(V - S\cdot x) = \nu_{п2}RT$

Чистовик стр 6

W2.2.1

Задача (продолжение).

Пусть $\nu_{п2} > \nu_{п1}$, тогда $p_п \leq p_0$.

$p_п = \frac{\nu_{п2}RT}{V - S\cdot x} > \frac{\nu_{п1}RT}{V - S\cdot x} = \frac{p_0V}{V - S\cdot x} > p_0$ - противоречие

Тогда $\nu_{п2} \leq \nu_{п1}$ и $p_п = p_0$.

$$p_п = p_0 = \frac{mg}{S} + \frac{p_0V}{V + Sx} \Rightarrow x = \frac{mgV}{p_0S^2 - mgS} \approx$$

$$\approx \frac{5\,кг\cdot 10\,\frac{м}{с^2}\cdot 10^{-3}\,м^3}{10^5\,Па\cdot 10^{-4}\,м^4 - 5\,кг\cdot 10\,\frac{м}{с^2}\cdot 10^{-2}\,м^2} \approx \frac{5}{950}\,м \approx \frac{1}{190}\,м \approx 0{,}5\,см$$

Ответ: $x = \frac{mgV}{p_0S^2 - mgS} \approx 0{,}5\,см$

8952034

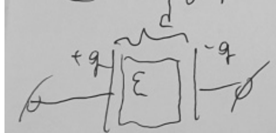
Чистовик стр 7

№ 3.5.1

Вопрос

Из опытов было установлено, что заряд системы проводников прямо пропорционален разности потенциалов этих проводников: $q = C \cdot \Delta\varphi$. Коэфф. пропорциональности C называют электроёмкостью.

Пусть плоский конденсатор с площадью пластин S, расстоянием между ними d заполнен диэлектриком проницаемостью ε и заряжен до заряда q. Разность



потенциалов между обкладками равна $\frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \cdot d$.

Тогда $C = \frac{q\,\varepsilon\varepsilon_0 S}{q d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

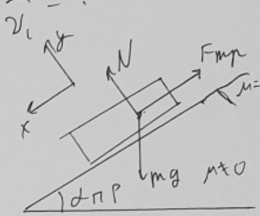
Чистовик стр 8

№ 3.5.1

Задача

$m = 0{,}1$ кг; $\alpha_{пр} = 30°$; $\sigma = 3\ \frac{мкКл}{м^2}$; $q = 3$ мкКл

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

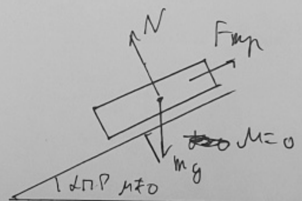


1) Пластина не заряжена и целиком на шероховатой части. При $\alpha = \alpha_{пр}$ $F_{тр} = \mu N$.

2 ЗН:

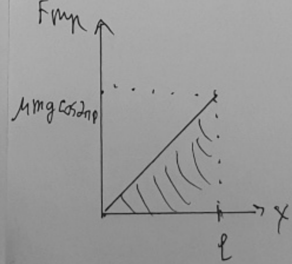
$y: N - mg\cos\alpha_{пр} = 0 \Rightarrow N = mg\cos\alpha_{пр}$

$x: mg\sin\alpha_{пр} - F_{тр} = 0 \Rightarrow \mu = tg\,\alpha_{пр}$



2) Пластина не заряжена и сместилась на x вдоль плиты. $N = mg\cos\alpha_{пр}$,

$F_{тр} = \mu N \frac{x}{\ell} = \mu mg\cos(\alpha_{пр})\frac{x}{\ell}$



Работу трения можно вычислить как минус площадь под графиком $F_{тр}(x)$.

$A_{тр1} = -\frac{1}{2}\ell\mu mg\cos\alpha_{пр}$

Чистовик стр 9

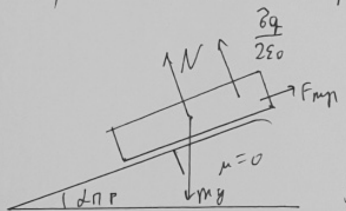
№3.5.1

Задача (продолжение).

По Зак. изм. мех. энергии:

$$\frac{mv_1^2}{2} - mgl\sin\alpha_{пр} = +A_{тр1} = -\frac{1}{2}l\mu mg\cos\alpha_{пр}$$

3) Пластина заряжена и сместилась на x.



$$N = mg\cos(\alpha_{пр}) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}$$

$$F_{тр} = \mu N\frac{x}{l} = \mu\frac{x}{l}\left(mg\cos(\alpha_{пр}) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)$$

$$A_{тр2} = -\frac{1}{2}l\mu\left(mg\cos(\alpha_{пр}) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)$$

$$\frac{mv_2^2}{2} - mgl\sin\alpha = -\frac{1}{2}l\mu\left(mg\cos(\alpha_{пр}) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{l\left(mg\sin\alpha_{пр} - \frac{1}{2}\mu mg\cos\alpha_{пр} + \frac{1}{2}\frac{\mu\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)}{l\left(mg\sin\alpha_{пр} - \frac{1}{2}\mu mg\cos\alpha_{пр}\right)}} =$$

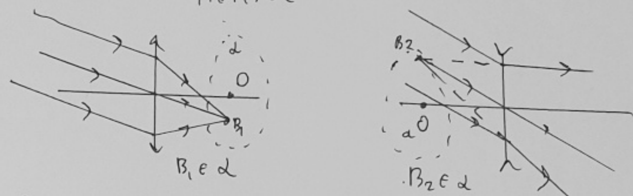
$$= \sqrt{1 + \frac{\frac{tg(\alpha_{пр})\sigma q}{4\varepsilon_0}}{mg\sin\alpha_{пр} - \frac{1}{2}mg\sin\alpha_{пр}}} \approx \sqrt{1 + \frac{3\sqrt{3}}{8,85}}$$

Ответ: в $\sqrt{1 + \frac{\frac{tg(\alpha_{пр})\sigma q}{4\varepsilon_0}}{\frac{1}{2}mg\sin\alpha_{пр}}} \approx \sqrt{1 + \frac{3\sqrt{3}}{8,85}}$ раз.

Чистовик стр 10

№4.3.1

Вопрос



Пусть O - точка на главн. опт. оси тонкой линзы, α - плоскость, содержащая т. O и $\perp$ Г.О.О. линзы. Если на линзу падает пучок параллельных лучей и после прохождения через линзу лучи или их продолжения проходят через одну точку в пл-ти α, то расстояние от O до линзы называют фокусным, α - фокальной плоскостью, точку O - фокусом.

Оптическая сила тонкой собирающей линзы $D_{соб} = \frac{1}{|F|}$, тонкой рассеивающей $D_{рас} = -\frac{1}{|F|}$, F - фокусное расстояние.

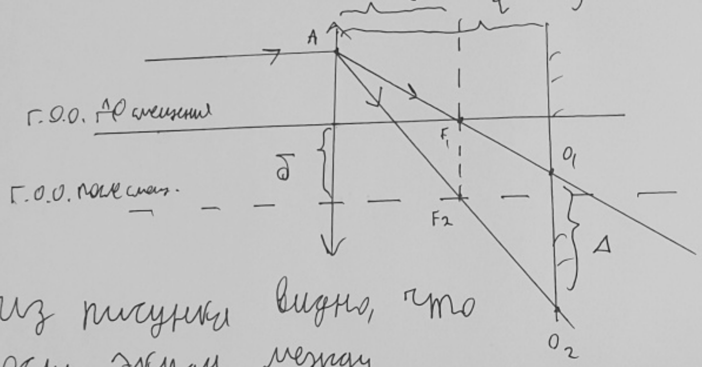
Оптическая сила измеряется в диоптриях.

Чистовик стр 11

№4.3.1

Задача

$\ell = 20$ см; $\delta = 0{,}5$ см; $\Delta = 1$ см $f = ?$



Из рисунка видно, что если экран между линзой и фокусом, то смещение центра пятна меньше δ. Но получ. $\Delta = 1$ см; $\delta = 0{,}5$ см.

Значит, экран за фокусом линзы.

Из подобия ΔAF_1F_2 и $\Delta A O_1O_2$

$$\frac{f}{\ell} = \frac{|F_1F_2|}{|O_1O_2|} = \frac{\delta}{\Delta} \Rightarrow f = \frac{\delta}{\Delta}\ell \approx \frac{0{,}5\text{ см}}{1\text{ см}} \cdot 20\text{ см} \approx 10\text{ см}$$

Ответ: $f = \frac{\delta}{\Delta}\ell \approx 10$ см.

Черновик стр 12

m V; S

S

$T = 373$ К

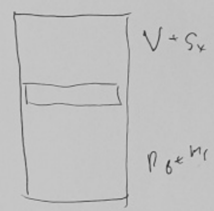
нач

ν_1

$p_0V = \nu_1 RT$

$p_0V = \nu_в RT$

$p_в(V + Sx) = \nu_в R\cancel{T}$



$(p_в + \frac{mg}{S})(V - S\cdot x) = \nu_{п2} RT$

] пар конденс

$\cancel{\nu_{п1}RT = p_0V}$ $p_0V = p_в(V + xS)$

$p_в = \frac{p_0V}{V + xS}$

$(\frac{p_0V}{V+xS} + \frac{mg}{S})(V - xS) = \nu_{п2}RT$ $p_п(V - Sx) = \nu_{п1}RT$

] $\nu_{п2} = \nu_1$

$(\frac{p_0V}{V+xS} + \frac{mg}{S})(V - Sx) = p_0V$ $p_п = \frac{\nu_{п1}RT}{V - Sx} = \frac{p_0V}{V - Sx}$

8952034

Черновик стр 13

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

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

$$\cancel{p_0 S x = mg}$$

$$\cancel{p_0 V} S + p_0 S^2 x = \cancel{p_0 V} S + mgV + mgSx$$

$$x(p_0 S^2 - mgS) = mgV$$

$$x = \frac{mgV}{p_0 S^2 - mgS} = \frac{\frac{кг \cdot м}{с^2} \cdot м^3}{\frac{м \cdot м}{с^2}}$$

$$= \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10^5 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10 \cdot 10^{-2}} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{10 - 0{,}5} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{9{,}5} м$$

$50 \cdot 10^2$

$950 \,|\, 5$, $\frac{5}{45}$, 190

$\frac{1}{200} м \approx 0{,}5 см$ $\quad \frac{5 \cdot 10^{-3}}{9{,}5}$ $\quad \frac{5}{950}$

$\frac{1}{100}$

Черновик стр 14

$$\frac{\rho}{\rho_{нп}} \qquad \rho = \frac{p\mu}{RT}$$

$$\varphi = \frac{p}{p_{нп}}$$

$m_i V_i$ + $i S$

$\boxed{\frac{\nu_{a1} V T}{p_0} \,\Big|\, \frac{\nu_{б} V T}{p_0}}$

$p_0 V = \nu_{a1} R T$

$p_0 V = \nu_б R T$

$V + Sx$

$V - Sx$

$\cancel{mg = p_б S -}$

$mg + p_б S = p_a S \Rightarrow$

$\Rightarrow p_a = \frac{mg}{S} + p_б$

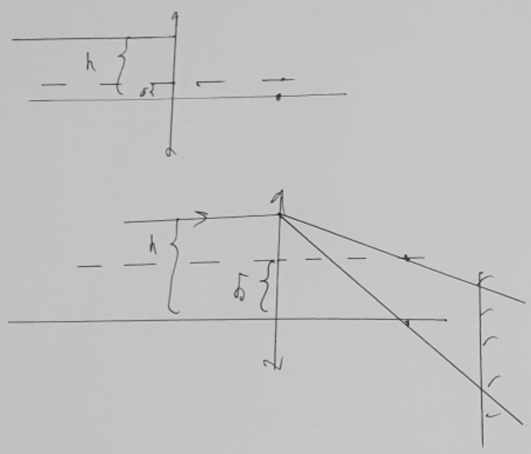
$p_б (V + Sx) = \nu_б R T \qquad p_б = \frac{p_0 V}{V + Sx}$

$p_a (V - Sx) = \nu_{a2} R T$

$\nu_{a2} \geq \nu_{a1}$, $p_a \leq p_0$ $\qquad p_a = \frac{\nu_{a2} R T}{V - Sx} \Rightarrow \frac{\nu_{a1} R T}{V - Sx} = \frac{p_0 V}{V - Sx} > p_0$!

$\nu_{a2} < \nu_{a1}$

Черновик стр 15



Черновик стр 16

$p_П = p_0$

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

$p_0(V-Sx) = \nu R T$

$\cancel{\frac{mg}{S} + \frac{p_0V}{V+Sx}}$ $\quad \frac{mg}{S} + \frac{p_0 V}{V+Sx} = p_0$

$mg(V+Sx) + p_0VS = p_0 S(V+Sx)$

$10^{-3} - \cancel{4}$

$mgV + mgSx + \cancel{p_0VS} = \cancel{p_0VS} + p_0S^2x$

$10^{-3} \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^{-4}$

$mgV = x(p_0S^2 - mgS)$

$10^5 \cdot 10^{-2}$

$x = \frac{mgV}{S(p_0S - mg)} \approx$

$1000 - 50$

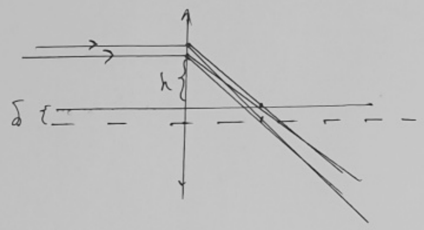
$\approx \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}(10^3 - 50)} = \frac{5}{950}$ м $\approx \frac{1}{190}$ м $\approx \frac{100}{190}$ см $\approx$

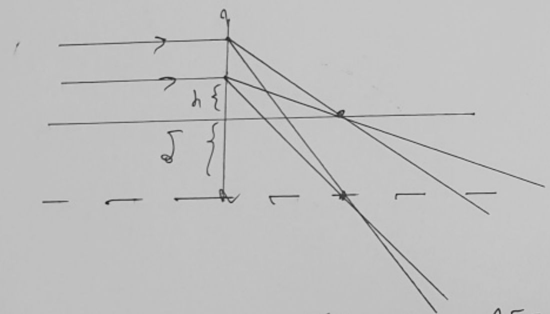
$= \cancel{10}$

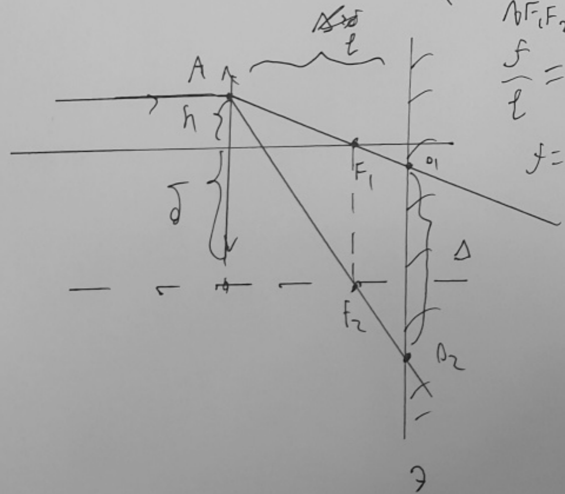
10^5.

$10 \approx 2$

Черновик стр 17







$\Delta F_1F_2 \sim \Delta O_1O_2$

$\frac{f}{\ell} = \frac{\delta}{\Delta}$

$f = \frac{\delta}{\Delta}\ell \approx$

$\approx \frac{0{,}5}{1} \cdot 2 мм \approx$

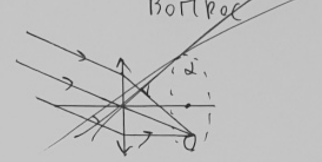
$\approx 1 см.$

~~Черновик~~ стр 18

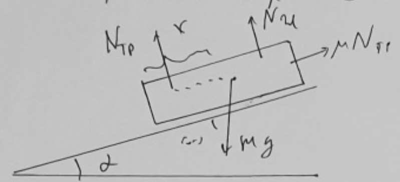
Черновик

№ 4.3.1

Вопрос



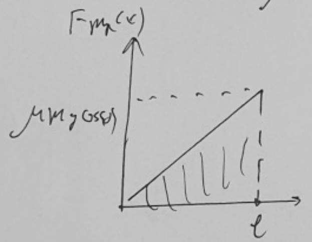
Черновик стр. 19



$N = mg\cos\alpha$

$F_{тр} = \mu N \frac{x}{l} = \mu mg\cos(\alpha)\frac{x}{l}$

$ma = \mu mg\cos(\alpha)\frac{x}{l}$ $\quad v = x'$ $\quad a = x''$



$A_{тр1} = -\frac{1}{2}\mu mg\cos(\alpha)\, l$

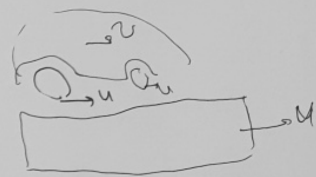
$\frac{mv_1^2}{2} - mgl\sin\alpha = -\frac{1}{2}\mu mg\cos(\alpha)\, l$

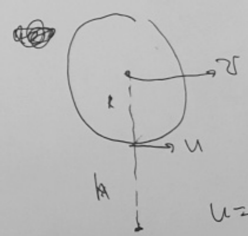
$\frac{mv_1^2}{2} = mgl\sin\alpha - \frac{1}{2}\mu mg\cos(\alpha)\, l$

Черновик стр 20

$M = 1m_i$ $\quad N = 2R$ $\quad n = 3$ $\quad \mu$

$\frac{M}{n} = \frac{M}{3}$ $\quad N = \kappa v = \frac{f}{t}$ $\quad v_0$





$(v-u) = \omega_2 R$

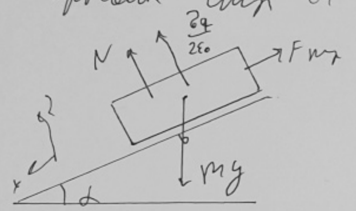
$u = \omega h$

$v = \omega(R+h)$

$v - u = \omega R$

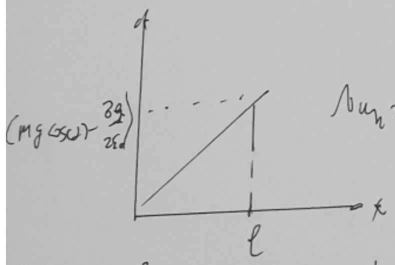
$\frac{v}{u} = \frac{R+h}{h}$

Черновик стр 21



$$N = mg\cos(\alpha) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}$$

$$F_{тр} = \mu N \frac{x}{\ell} = \mu \frac{x}{\ell}\left(mg\cos(\alpha) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)$$



$$A_{тр\,2} = -\frac{1}{2}\ell\mu\left(mg\cos(\alpha) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)$$

$$\frac{mv_2^2}{2} - mg\ell\sin\alpha = -\frac{1}{2}\mu\ell\left(mg\cos(\alpha) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = mg\ell\sin\alpha - \frac{1}{2}\mu\ell\left(mg\cos(\alpha) - \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)$$

Черновик стр 22

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

$\sin 30 = \frac{1}{2}$

$\cos 30 = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$tg\,30 = \frac{1}{\sqrt{3}}$

$\alpha = \alpha_{пр}$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\ell\left(mg\sin\alpha - \frac{1}{2}\mu mg\cos\alpha + \frac{1}{2}\frac{\mu\sigma q}{2\varepsilon_0}\right)}{\ell\left(mg\sin\alpha - \frac{1}{2}\mu mg\cos\alpha\right)}} =$$

$$= \sqrt{1 + \frac{\frac{\cancel{1}\, tg(\alpha_{пр})\,\sigma q}{4\varepsilon_0}}{mg\sin\alpha_{пр} - \frac{1}{2} tg(\alpha_{пр})\, mg\cos(\alpha_{пр})}} \approx$$

$$\approx \sqrt{1 + \frac{\frac{3\cdot 10^{-6}\cdot 3\cdot 10^{-6}}{\sqrt{3}}}{}}$$

$$\sqrt{1 + \frac{\frac{3\cdot 10^{-6}\cdot 3\cdot 10^{-6}}{\sqrt{3}\cdot 4\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}}}{\frac{1}{2} - \frac{1}{4}}} =$$

$$= \sqrt{1 + \frac{4\cdot\sqrt{3}\cdot 3}{\sqrt{3}\cdot 4\cdot 8{,}85}} \approx \sqrt{1 + \frac{3\sqrt{3}}{8{,}85}}\ мс.$$

Чернетка стр 23

$Q = C\Delta\varphi$ q $-q$ S

$E = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S}$

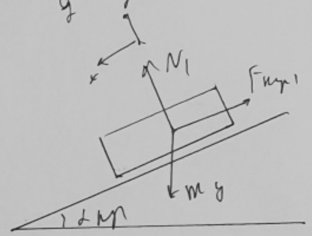
$C = \frac{q}{\varphi d} \cdot \varepsilon\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ d

$\frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \cdot d$

---

m i α $\mu = tg\,\alpha_{пр}$ v_1

$\beta > g$ g ? v_2



$F_{тр1} = \mu N_1$

y: $N_1 = mg\cos\alpha_{пр}$

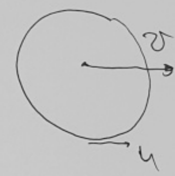
x: $\mu\, mg\cos\alpha = mg\sin\alpha$

$\mu = tg\,\alpha_{пр}$

Чернетка стр 24

m, N, h, μ

v_0



$\cancel{\mu mg = \mu \frac{d\omega}{dt} R}$

$\frac{\mu g}{R} = -\frac{d\omega}{dt}$

$mv_0 = mv + 3mu$

$(v_0 - v_{k_0}) = \omega_1 R$

$\vec{p}$:

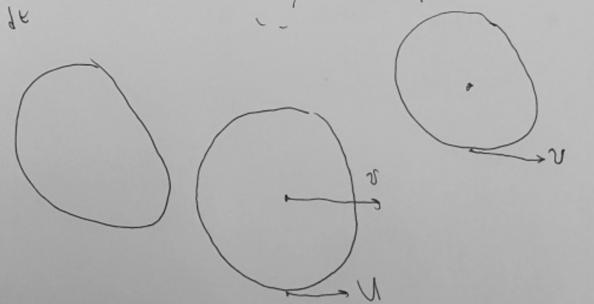
$\vec{p}_\Sigma = \int \vec{p}_i$

$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_\Sigma$

$\frac{\mu g}{R}\tau = v_0 - v_{k_0} - v + u$

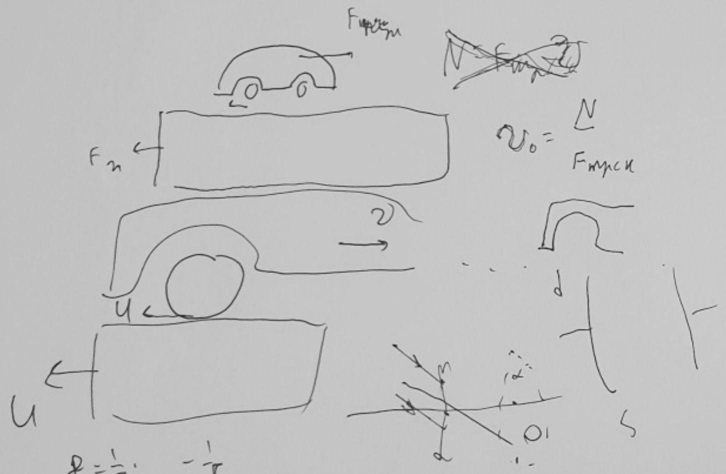
$N\tau$

$\mu \frac{r}{3} g x$



Черновик стр 25

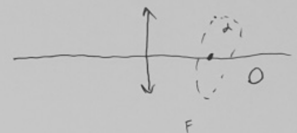
$F_{тр} = \mu \frac{M}{n} g$

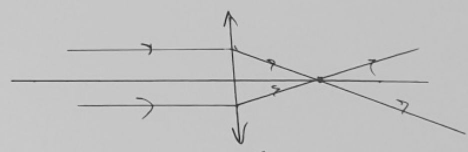


$v_0 = \frac{N}{F_{тяск}}$

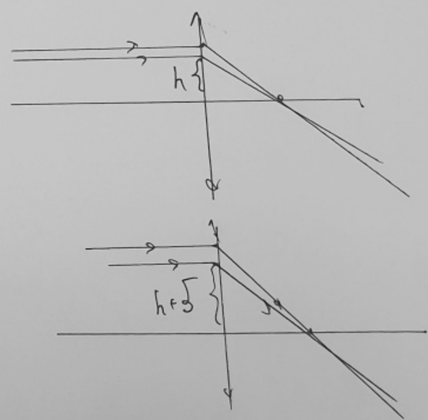
$g = \frac{1}{F_1} \quad - \frac{1}{F}$

Черновик стр 26



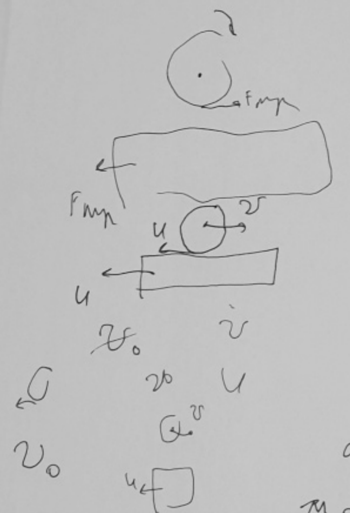


$f = ?$



Черновик стр 27

$\mu_i \; n_i \; N_i \mu$



$\cancel{N = F_{тр}}$

$N = \cancel{\mu ...} \; ma$

$\cancel{M} = F_{тр} R = \frac{N}{\omega}$

$N = F_{тр} \omega R$

$v_0 = \omega R$

$\omega R = v_0 = v + u = \frac{N}{F_{тр}}$

$\frac{M}{n} v = Mu \qquad v = nu$

$u(n+1) = \frac{N}{F_{тр}}$

$u = \frac{N}{F_{тр}(n+1)}$

$v = \frac{nN}{F_{тр}(n+1)}$

$\frac{Mu^2}{2} + \frac{M}{n \cdot 2} v^2 = \cancel{\mu} F_{тр} x$

$\frac{Mu^2}{2} + \frac{Mn u^2}{2n}$

$\frac{Mu^3}{2} + \frac{M n^2 u^2}{2n} = \cancel{M} x F_{тр}$

$\frac{Mu^2 (n+1)}{2} = \cancel{M} F_{тр} \cdot x$

Черновик стр. 28

$x = \frac{Mu^2(n+1)}{2F_{тр}} =$

$= \frac{\cancel{M} u^2 (n+1) n}{2 \cdot \mu \cdot \cancel{M} g} = \frac{u^2 (n+1) n}{2 \mu g} =$

$n \cdot \frac{\mu^2}{3}$

$= \frac{Mu^2(n+1)}{2F_{тр}} = \frac{M(n+1) N^2}{2 F_{тр}^3 (n+1)^2} =$

$F_{тр} = \frac{M}{n} \mu g$

$= \frac{M N^2}{2 F_{тр}^3 (n+1)} = \frac{\cancel{M} N^2 n^3}{2(n+1) M^3 \mu^3 g^3}$

$\frac{Вт^2 \cdot c^6}{кг^2 \cdot м^3} = \frac{кг^2 \cdot м^4 \cdot c^6}{c^6 \cdot м^2 \cdot м^3}$

$\frac{4 \cdot 27 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^3}$

Каждая задача решена полностью и доведена до верного ответа. Ответ на каждый теоретический вопрос содержит необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла.

Оценка не изменена зач

Шатров
Игорь
Иванович
N=813821