

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарем)

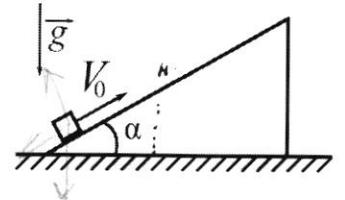
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разбивается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ м. На землю осколки падают в течение $\tau = 10$ с.

1) Найдите начальную скорость V_0 фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию K осколков сразу после взрыва.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость $V_0 = 2$ м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



1) На какую максимальную высоту H над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой P модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = \frac{\pi}{6}$. Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} такого

равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,9$.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

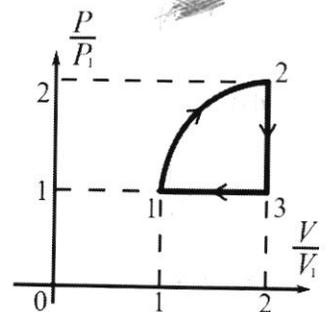
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

1) Какое количество Q теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

Универсальная газовая постоянная R .



5. Заряд $Q > 0$ однородно распределен по сфере радиуса R . В первом опыте на расстоянии $2R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом $q > 0$.

1) Найдите силу F_1 , действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R , стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $2R$ от центра.

2) Найдите силу F_2 , с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Явлениями поляризации пренебрегите.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 20 | 1) По закону сохранения механической энергии: $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$

1 0 | По закону сохранения механической энергии: $A + E_{k1} = E_{k2}$
 $A = \frac{mv_0^2}{2} = mgH \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{20 \cdot 65} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \approx 10 \cdot 3,6 \approx 36 \text{ м/с}$
 $A = mgH$

$$v = \sqrt{6} > \sqrt{3} > \sqrt{9} = 3$$

2) $\tau = 10 \text{ с}$ - максимальная время \Rightarrow через 10 с упадет осколок падавший после разрыва вверх. Пусть скорость осколка v , тогда:

$$\tau = \frac{2v}{g} + \frac{\sqrt{v^2 + 4Hg}}{2g} - v = \frac{3v + \sqrt{v^2 + 4Hg}}{2g}$$

$$3v + \sqrt{v^2 + 4Hg} = 2g\tau$$

$$v^2 + 4Hg = 4g^2\tau^2 + 9v^2 - 12g\tau v$$

$$8v^2 - 12g\tau v + 4g(g\tau^2 - H) = 0$$

$$8v^2 - 12 \cdot 10 \cdot 10v + 4 \cdot 10(10 \cdot 100 + 65) = 8v^2 - 1200v + 4675 = 0$$

$$v = \frac{150 \pm \sqrt{150^2 - 4 \cdot 8 \cdot 4675}}{2 \cdot 8} = \frac{150 \pm \sqrt{25 \cdot 6^2}}{16}$$

$$8v^2 - 395v + 935 = 0 \Rightarrow 2v^2 - 300v + 935 = 0 \Rightarrow v^2 - 150v + 467,5 = 0$$

$$v = \frac{150 \pm \sqrt{25 \cdot 6^2 - 4 \cdot 187 \cdot 25}}{2} = \frac{150 \pm \sqrt{25 \cdot 4 \cdot 9 - 4 \cdot 187 \cdot 25}}{2} =$$

$$= \frac{75 \pm \sqrt{25 \cdot 9 - 187}}{2} = 75 \pm 5 \sqrt{225 - 187} = 75 \pm 5 \cdot \sqrt{38} = 75 \pm 6,2 \cdot 5 = 75 \pm 31$$

$$v = 44 \text{ м/с}$$

$$K = \int_0^m \frac{v^2}{2} dm = \frac{mv^2}{2} = \frac{2 \cdot 44^2}{2} = 44^2 = 1936 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} 44 \\ \cdot 44 \\ \hline 176 \\ 176 \\ \hline 1936 \end{array}$$

Ответ: 36 м/с; 1936 Дж

№2. / 1) Стол 3L и D: $\frac{m \cdot v^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ м}$

2) 1 м^2

№4.

1) процесс расширения - процесс 1-2.

по 1 и 2: $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + S_{1231} = R \cdot \frac{3}{2} \cdot (4T_1 - T_1) + S_{1231} + V_1 p_1 =$

как степень свободы = 3

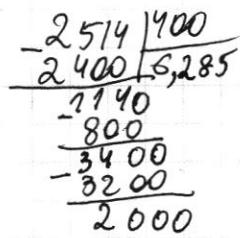
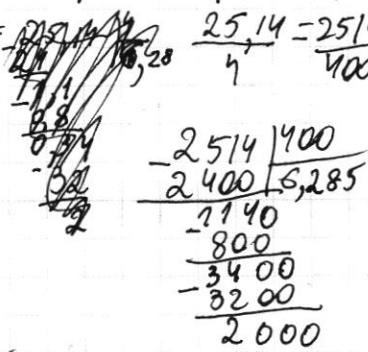
$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$

$T_2 = T_1 \cdot \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = T_1 \cdot \frac{2p_1 \cdot 2V_1}{p_1 V_1} = 4T_1$

$pV = \nu RT \Rightarrow p_1 V_1 = \nu RT_1 = RT_1$

$S_{1231} = \frac{\pi R^2}{4} = \frac{\pi V_1 p_1}{4} = \frac{\pi RT_1}{4}$

$\frac{22 + \pi}{4} \approx \frac{3,14 + 22}{4} = \frac{25,14}{4} = 6,285$

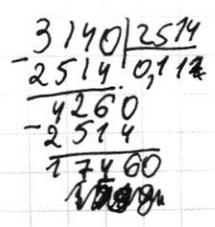


$= \frac{2}{2} T_1 R + RT_1 + \frac{\pi RT_1}{4} =$
 $= \frac{18T_1 R + 4RT_1 + \pi RT_1}{4} =$
 $= \frac{(x+22)RT_1}{4} \approx 6,285 RT_1$

Ответ: $Q = 6,285 RT_1$
 $A = \frac{\pi RT_1}{4}$
 $\eta = 11,7\%$

2) $A = S_{123} = S_{1231} = \frac{\pi RT_1}{4}$

3) $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{\pi RT_1}{4}}{\frac{(x+22)RT_1}{4}} = \frac{\pi}{x+22} = \frac{3,14}{25,14} \approx 11,7\%$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

1) По ЗСМЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = mgM + \frac{2mV^2}{2}$

$mV_0 \cos 30^\circ = 2mV$ - з. сохр. импульса, $V = \frac{V_0 \cos 30^\circ}{2}$

$M = \left(\frac{V_0^2}{2} - \left(\frac{V_0 \cos 30^\circ}{2} \right)^2 \right) \frac{1}{g} = \left(\frac{4}{2} - \frac{4 \cdot 3}{4 \cdot 4} \right) \frac{1}{g} = \frac{(2 - 0,75)}{10} = \frac{1,25}{10} = 0,125 \text{ м} = 12,5 \text{ см}$

Ответ: 12,5 см.

2) $\begin{cases} \frac{2mV^2}{2} + mgM = \frac{mU^2}{2} + \frac{2mV^2}{2} \\ 2mV = -U + 2mV \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U^2 + gM = \frac{U^2}{2} + V^2 \\ U = 2V - 2V \end{cases}$

$V^2 = V^2 + gM - \left(\frac{2V^2 + 2V^2}{2} \right) = -V^2 - 2V^2 + 8V^2 + gM = V^2$

3) $V^2 - 8V \cdot \frac{V_0 \cos 30^\circ}{2} - gM + \left(\frac{V_0 \cos 30^\circ}{2} \right)^2 = 0$

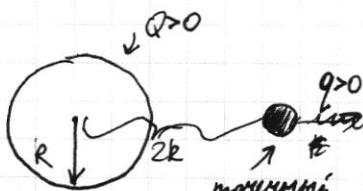
$3V^2 - 8V \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 0,125 \cdot 10 + \frac{3 \cdot 4}{4 \cdot 4} = 3V^2 - 4V\sqrt{3} - 1,25 + 0,75 = 3V^2 - 4V\sqrt{3} - \frac{3}{2} = 0$

$V_{1,2} = \frac{4\sqrt{3} \pm \sqrt{16 + 18}}{6} = \frac{4\sqrt{3} \pm \sqrt{34}}{6} = \frac{6,8 \pm 5,8}{6} \Rightarrow V = \frac{1}{6} \approx 0,1(6) \text{ м/с}$

$\sqrt{3} \approx 1,7$
 $\sqrt{34} \approx 5,8$
 $\frac{4,7}{6,8}$

Ответ: 0,1(6) м/с

№5.



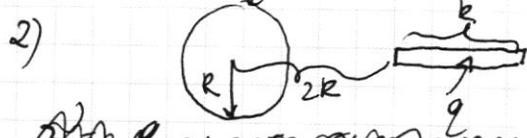
$E = \frac{kQ}{r^2}$, $F = Eq = \frac{kQ}{(2R)^2} \cdot q = \frac{kQq}{4R^2}$

по 1. Гаусса: $ES = \frac{Q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0} = \frac{kQ}{R^2}$

Напряженность электрического поля

Ответ: $F = \frac{kQq}{4R^2}$ - сила: скалярная величина, м.к. зарядов одинакового знака.

$\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0} = \int \vec{E} \cdot \vec{S}$



$F = \int_{2R}^{3R} \frac{kQ}{r^2} \cdot dr \cdot S \cdot \rho = kQ S \rho \int_{2R}^{3R} \frac{1}{r^2} dr = \frac{kQ S \rho}{6R} = \frac{kQ S \rho}{6R} = \frac{kQ q}{6R}$

ρ - объемная плотность заряда $\Rightarrow \rho = \frac{dq}{dr \cdot S}$

площадь сечения

Ответ: $\frac{kqQ}{6k^2}$ - тела отталкиваются

N3

1) $\frac{mv^2}{R} = \frac{0,4 \cdot 3,7^2}{1,2} = \frac{37^2}{10^2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1369}{300} = 4,56(3) \text{ М.}$

2) ~~...~~ Ответ: 4,56(3)М

~~$\frac{mv^2}{R} = mg \cos 60^\circ$~~

$\frac{\pi}{6} - 30^\circ, \frac{\pi}{3} - 60^\circ$

~~$N = m(g \cos 60^\circ + \frac{v^2}{R})$~~

1) $N = m(g \cos 60^\circ + \frac{v^2}{R})$
 2) $\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + 2R \sin 30^\circ mg - \int R \mu$
 $N = \frac{2R \sin 60^\circ}{\int R \mu (g \cos 60^\circ - \frac{v^2}{R})} > 0$

~~$2R \sin 60^\circ (g + \frac{v^2}{R} \cos 60^\circ) > \mu \int (\frac{v^2}{R} \cos 60^\circ + g) \cdot d\alpha \cdot R$~~
 ~~$g + \frac{v^2}{R} \cdot \frac{1}{2} > \mu \int (\frac{v^2}{R} \cos 60^\circ + g) \cdot d\alpha$~~
 ~~$10 + \frac{v^2}{2,4} > 0,9 \cdot \frac{10 \cdot \frac{\pi}{3}}{2,4}$~~
 ~~$25 > \sqrt{3} \pi \cdot 2,4 - 24$~~

1) $N > 0 \Rightarrow m(g \cos 60^\circ - \frac{v^2}{R}) > 0, v \in (0; Rg \cos 60^\circ)$

2) $mg \cdot R \sin 30^\circ \geq - \int m \mu (\frac{v^2}{R} \cos 60^\circ + g) d\alpha$
 $g \geq - (\frac{v^2}{R} \cdot \sin \frac{\pi}{3} |_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}}) + g |_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{\pi}{2}}$
 $g \geq \frac{v^2}{R} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{g}{3}$

~~$N > 0$ во всех точках~~

~~в верхней точке: $\frac{mv^2}{R} = mg \cos 60^\circ - N, N > 0$~~

~~$\frac{mg}{\cos 60^\circ} = N \mu, N = \frac{mg \cos 60^\circ}{\mu \cos 60^\circ}$~~

~~$\frac{mv^2}{R} > mg \cos 60^\circ - \frac{mg \cos 60^\circ}{\mu \cos 60^\circ}$~~
 ~~$v^2 > Rg \cos 60^\circ - \frac{Rg \cos 60^\circ}{\mu \cos 60^\circ}$~~
 ~~$v^2 > \frac{12 \cdot 1}{2} - \frac{12}{\frac{0,9}{1} \cdot \frac{1}{2}}$~~

$$4\sqrt{3} - \sqrt{34} > 0$$

$$4\sqrt{3} > \sqrt{34}$$

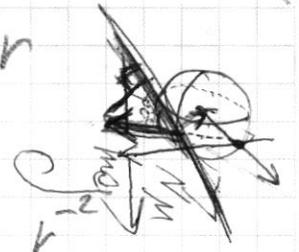
$$16 \cdot 3 > 34$$

$$48 > 34$$

$$\frac{106}{610,16}$$

$$\frac{40}{36}$$

$$\int_{2R}^{3R} \frac{kq}{r^2} \cdot dr \cdot Sp = \int_{2R}^{3R} \frac{1}{r^2} dr$$



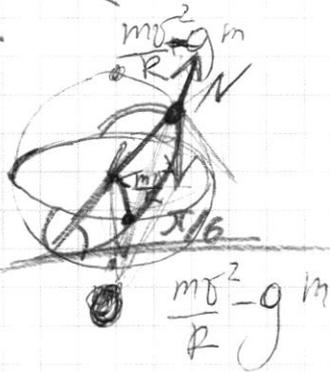
$$kQSp \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{3R} \right) \int x^2 dx$$

$$\frac{r^{-1}}{-2+1} = -\frac{1}{r} \quad \text{mg} \cos \alpha = \frac{N}{m}$$

$$kQSp \cdot \left(\frac{3R - 2R}{6R^2} \right) = \frac{3kQSp}{6R}$$

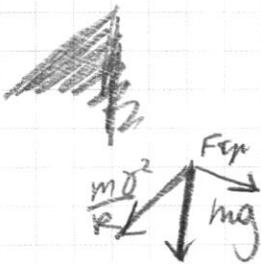
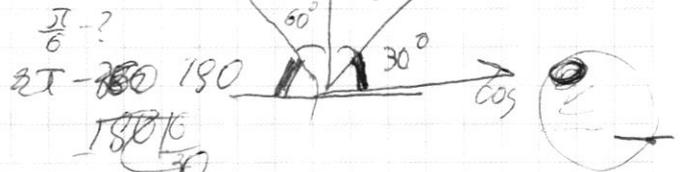
$$\frac{1 - \frac{1}{3}}{2 \cdot 3} = \frac{3-2}{6}$$

$$\int_{2R}^{3R} \frac{kQ}{r^2} \cdot dr \cdot Sp = kQSp \cdot \left(\frac{1}{2R} - \frac{1}{3R} \right) = kQSp \cdot \frac{1}{6R} = \frac{kQS \cdot 1}{6R \cdot 4R \cdot 5}$$

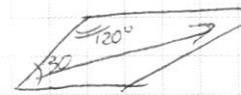


$$\begin{array}{r} 4 \\ 37 \\ 37 \\ \hline 7259 \\ 111 \\ \hline 4369 \\ 300 \end{array}$$

15



$$\begin{array}{r} -1369 \quad 300 \\ 1200 \quad 4583 \\ \hline 1690 \\ -1500 \\ \hline 1900 \\ -1800 \\ \hline 1000 \end{array}$$



$$\frac{mv^2}{2} - TR =$$

$$mg + \frac{mv^4}{R^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{mg \cdot mv^2}{R^2} =$$

$N =$

$N =$



$$N = \sqrt{m^2 \left(g^2 + \frac{v^4}{R^2} + \frac{g v^2}{R^2} \right)} - N \cos \alpha = \frac{mv^2}{2}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№2. 1) По ЗСМЭ: $\frac{mV_0^2}{2} = mgM + \frac{1}{2}Mv^2$

$mV_0 \cos 30^\circ = 2Mv$ - закон сохранения импульса $= \frac{3 \cdot 10 \cdot 0,18}{16}$

$M = \frac{1}{g} \left(\frac{mV_0^2}{2} - \frac{(V_0 \cos 30^\circ)^2}{2} \right) = \frac{1}{10} \cdot \left(\frac{4}{2} - \frac{4 \cdot \frac{3}{4}}{2} \right) = \frac{1 \cdot 10}{2 \cdot 10 \cdot 8}$

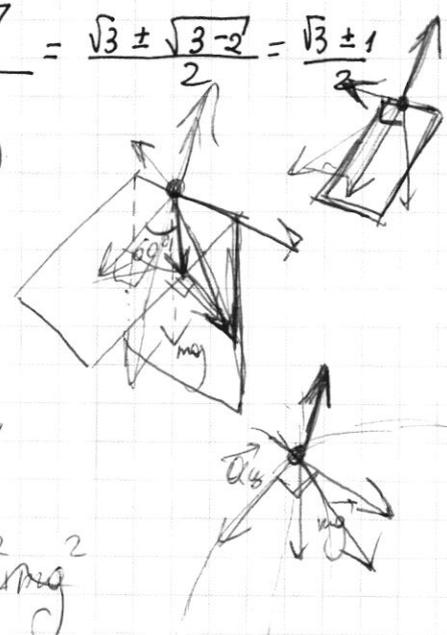
2) $\begin{cases} \frac{1}{2}Mv^2 + mgM = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{mgh}{2} \Rightarrow \sqrt{\left(\frac{V_0 \cos 30^\circ}{2}\right)^2 - \frac{h^2}{2} + gM} \cdot 2' = \sqrt{\frac{V_0^2 \cos^2 30^\circ - V^2 \cos^2 30^\circ + 2gh \cos 30^\circ}{2}} \\ Mv = -uh + V M \\ u = v - v = v - V_0 \cos 30^\circ \end{cases}$

$v^2 = 2V_0 \cos 30^\circ v - v^2 - 2gM$

$v^2 - v \cdot V_0 \cos 30^\circ + gM = 0 \Rightarrow v = \frac{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \pm \sqrt{\frac{4 \cdot 3}{4} - 40 \cdot \frac{1}{20}}}{2} = \frac{\sqrt{3} \pm \sqrt{3-2}}{2} = \frac{\sqrt{3} \pm 1}{2}$

$v = \frac{\sqrt{3}+1}{2} \approx \frac{1,7+1}{2} \approx \frac{2,7}{2} = 1,35 \text{ м/с}$

Ответ: 0,18 м; 1,35 м/с



$(N \mu)^2 + (mg)^2 \quad F_{\text{пр}} = N \mu$

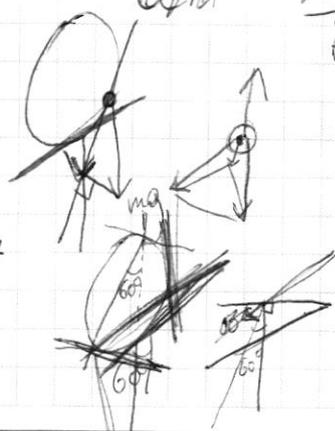
$N^2 = (N \mu)^2 + mg^2$

$\frac{mv^2}{2} = \mu mg$

$\frac{mv^2}{R} = N +$

$N^2 = (N \mu)^2 + mg^2 + \left(\frac{mv^2}{R}\right)^2 + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2 \sqrt{(N \mu)^2 + mg^2} \cdot \frac{mv^2}{R}$

$N^2(1 - \mu) =$



$N \mu + N - mg \cos 60^\circ = \frac{mv^2}{R}$

$\frac{mv^2}{2} =$

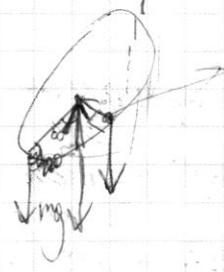
~~100000~~

$$(g + \frac{v^2}{R} \cdot \cos 60^\circ) m \cdot 2R \cdot \sin 30^\circ = M \cdot m \cdot g$$



$$(g + \frac{v^2}{R} \cos 60^\circ) m \cdot 2R \sin 30^\circ = \mu \int_{\frac{1}{3}}^{\frac{1}{3}} (g + \frac{v^2}{R} \cos \alpha) dl + g$$

~~sin x~~



~~g + \frac{v^2}{R}~~

$$g \left(\frac{10 + \frac{x^2}{2} \cdot \frac{1}{2} \right) \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot \frac{x^2}{2} = \frac{12 + x^2}{2}$$

$\cos x dx$
 $-\sin x$



$$\mu \left(g + \int \frac{v^2}{R} \cos \alpha d\alpha \right)$$

$$\frac{1}{3} \cdot 2 \cdot \frac{x^2}{2} > 0, g \left(10 + \frac{x^2}{2} \right)$$

$\sin x \cos x$
 $\cos x - \sin x$

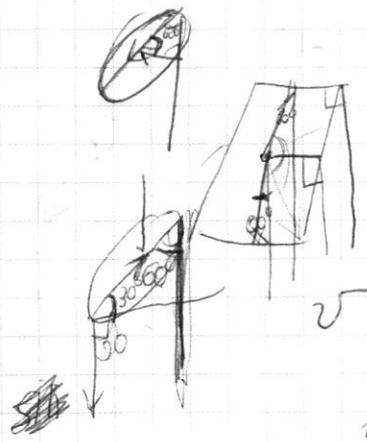


$$\mu \left(\frac{v^2}{R} \cos x + g \right)$$

$\sin 30^\circ$
 $\frac{1}{2}$

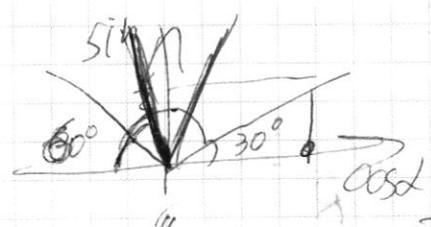
$m \frac{v^2}{R} = mg - N$
 $N = mg - \frac{mv^2}{R}$

$\int \cos x dx$
 $\frac{1}{3}$

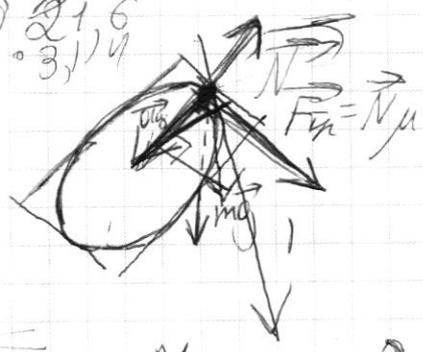


$v = \sqrt{(g) \cdot (10) \cdot 2,4}$

$g - \frac{v^2}{R}$



$3,14$
 9
 $2,4$
 $3,14$

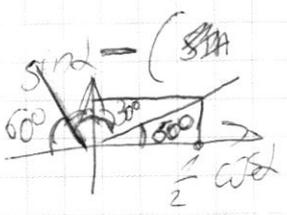


$-\frac{1}{2}$

$-\frac{\sqrt{3}}{2}$

$2260,8$

$3x - 10 W > 0$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3. 2) $N > 0$

во всех точках

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv_{\min}^2}{R} = mg \cos 60^\circ - N \\ mg \sin 60^\circ = N\mu \end{array} \right. \Rightarrow$$

$$\frac{mv^2}{R} = mg \cos 60^\circ - mg \sin 60^\circ$$
$$v_{\min} = 6 - \frac{12 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{10}{9} \cdot \frac{1}{3}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)