

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарем)

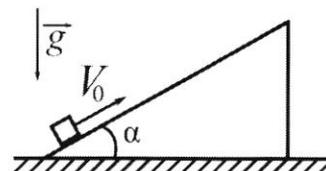
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ 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.

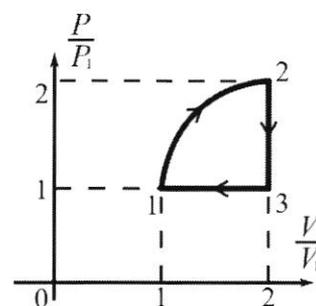
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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

11

Дано:

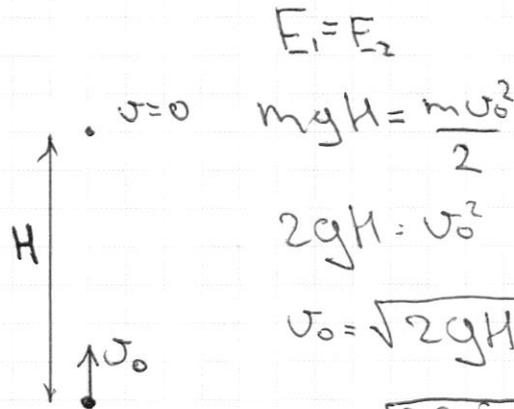
$$m = 2m$$

$$H = 65 \text{ м}$$

$$\gamma = 100$$

$$v_0 = ?$$

$$E_{\text{к}} = ?$$



$$E_1 = E_2$$

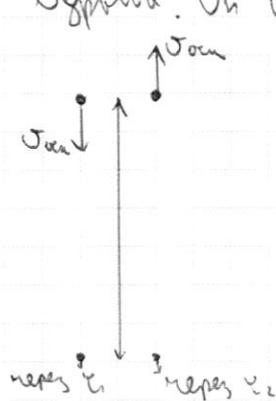
$$mgh = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$2gH = v_0^2$$

$$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 65 \text{ м}} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 13} = 10\sqrt{13} \text{ м}$$

Пусть 1-й шарик урон через γ_1 после взрыва. Он имеет $v_{\text{шар}}$ напр. вниз. 2-й шарик урон через γ_2 после взрыва. Он имеет $v_{\text{шар}}$ напр. вверх. $\gamma = \gamma_2 - \gamma_1$



$$0 \text{ м}: H = v_{\text{шар}} \gamma_1 + \frac{g\gamma_1^2}{2} \quad v_{\text{шар}} \gamma_1 = H - \frac{g\gamma_1^2}{2}$$

$$H = -v_{\text{шар}} \gamma_2 + \frac{g\gamma_2^2}{2} \quad v_{\text{шар}} \gamma_2 = \frac{g\gamma_2^2}{2} - H$$

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{H - \frac{g\gamma_1^2}{2}}{\frac{g\gamma_2^2}{2} - H}$$

$$\frac{g\gamma_2^2 \gamma_1}{2} - H\gamma_1 = H\gamma_2 - \frac{g\gamma_1^2 \gamma_2}{2}$$

$$\gamma_2^2 \left(\frac{g\gamma_1}{2} \right) - \gamma_2(H) + \gamma_2 \left(\frac{g\gamma_1^2}{2} \right) - H\gamma_1 = 0$$

$$\gamma_2^2 \left(\frac{g\gamma_1}{2} \right) + \gamma_2 \left(H - \frac{g\gamma_1^2}{2} \right) - H\gamma_1 = 0$$

$$D_2 = \left(H - \frac{g\gamma_1^2}{2} \right)^2 + 2gH\gamma_1$$

$$\frac{g(\tau_1 + \tau)^2 \tau_1}{2} - H\tau_1 = H\tau_1 + H\tau - \frac{g(\tau_1 + \tau)\tau^2}{2}$$

$$\frac{g}{2} (\tau_1 + \tau)\tau_1 (\tau_1 + \tau + \tau_1) = H(\tau_1 + \tau + \tau_1);$$

$$\frac{g(\tau_1 + \tau)\tau_1}{2} = H;$$

$$\tau_1^2 + \tau\tau_1 = \frac{2H}{g}$$

$$\tau_1^2 + \tau\tau_1 - \frac{2H}{g} = 0$$

$$D = \tau^2 + \frac{8H}{g}$$

$$\tau_1 = \frac{-\tau + \sqrt{\tau^2 + \frac{8H}{g}}}{2} = \frac{-100 + \sqrt{1000^2 + \frac{8 \cdot 65}{10} c^2}}{2} =$$

$$\begin{array}{r} 4 \quad 13 \\ 8 \cdot 65 \\ \hline 516 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -122 \quad | \quad 4 \\ \hline -17 \quad 38 \\ \hline -32 \\ \hline 3 \end{array}$$

$$= \frac{-10 + \sqrt{100 + 52}}{2} = \frac{-10 + \sqrt{152}}{2} c = -5 + \sqrt{38} c$$

$$\tau_2 = 5 + \sqrt{38} c$$

$$H = \sigma_0 \tau_1 + \frac{g\tau_1^2}{2}$$

$$\sigma_0 \tau_1 = H - \frac{g\tau_1^2}{2} \quad \sigma_0 = \frac{H}{\tau_1} - \frac{g\tau_1}{2} = 5(4 + \sqrt{38})$$

$$E_k = \frac{\sum m_i \sigma_0^2}{2} = \frac{m\sigma_0^2}{2} = \frac{m \left(\frac{H}{\tau_1} - \frac{g\tau_1}{2} \right)^2}{2} = \frac{2 \cdot 25(4 + \sqrt{38})^2}{2} \text{ Дж}$$

$$= 25(4 + \sqrt{38})^2 \text{ Дж}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3

Дано:

$$v_0 = 3,7 \text{ м/с}$$

$$R = 1,2 \text{ м}$$

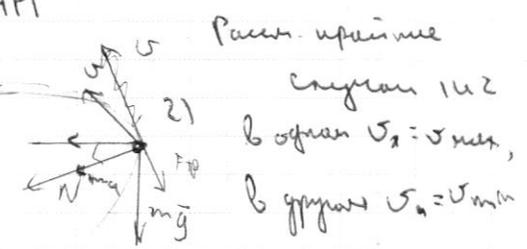
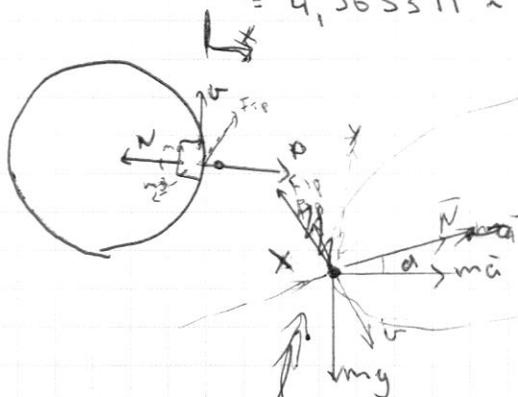
$$\mu = 0,9 \quad d = 30^\circ$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$P = ?$

$$\vec{P} = -\vec{N} \quad OX: N = ma_n$$

$$P = N \quad P = ma_n = \frac{mv^2}{R} = \frac{0,4 \text{ кг} \cdot 3,7^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{1,2 \text{ м}} = \frac{3,7^2}{3} \text{ Н} = 4,3633 \text{ Н} \approx 4,4 \text{ Н}$$



Рассм. крайние
случаи $\alpha = 0$
в точке $v_1 = v_{\text{max}}$
в точке $v_2 = v_{\text{min}}$

2) $Ox: N + mg \cdot \sin d = ma$

$$Ox: N - mg \cdot \sin d = ma$$

$$Oy: mg = N \cdot \sin d$$

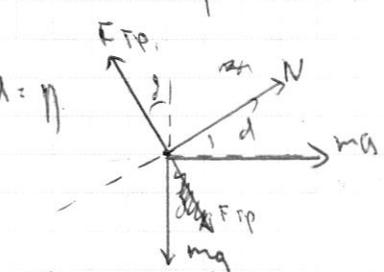
$$\frac{mg}{\sin d} - mg \cdot \sin d = ma$$

$$\frac{g}{\sin d} - g \sin d = a$$

$$g(1 - \sin^2 d) = a \sin d$$

$$\frac{g \cos^2 d}{\sin d} = a$$

1) $Ox: ma = N \cdot \cos d - F_{cp} \cdot \sin d = \dots$
 $= N(\cos d - \mu \sin d)$



$$Ox: mg + N \cdot \sin d = F_{fp} \cdot \cos d;$$

$$mg = N(\mu \cos d + \sin d)$$

$$\frac{a \cdot \cos d - \mu \sin d}{g} = \mu \cos d + \sin d$$

$$a_1 < a_2 \Rightarrow v_1 < v_2$$

$$v_1 = v_{\text{min}}$$

$$\frac{v_1^2}{Rg} = \frac{\cos d - \mu \sin d}{\mu \cos d + \sin d}$$

$$2) \quad Oxi: ma_z = N_z \cos d + F_{fp} \cdot \sin d = \mu N_z (\mu \cos d + \sin d)$$

$$Oy: mg = F_{fp} \cdot \cos d - N_z \cdot \sin d$$

$$\frac{a_z}{g} = \frac{\cos d + \mu \sin d}{\mu \cos d - \sin d}$$

$$v_1^2 = \frac{a_z R \cdot (\cos d - \mu \sin d)}{\mu \cos d + \sin d}$$

$$= \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 1,2 \text{ м}}{0,9}$$

N 4

1 → 2 $A > 0$ $U > 0 \Rightarrow Q_{12} > 0$

2 → 3 $A = 0$ $U < 0 \Rightarrow Q_{23} < 0$

3 → 1 $A < 0$ $U < 0 \Rightarrow Q_{31} < 0$

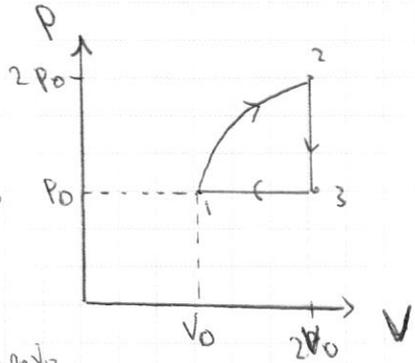
$$Q = Q_{12} = U_{12} + A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{\pi}{4} V_0 P_0 V_0$$

$$= \frac{3}{2} (4V_0 P_0 - V_0 P_0) + \frac{\pi}{4} V_0 P_0 V_0 = \frac{9}{2} P_0 V_0 + \frac{\pi}{4} V_0 P_0 V_0 + P_0 V_0$$

$$\because P_0 V_0 = JRT, \quad Q = \left(\frac{9}{2} + \frac{\pi}{4} \right) JRT = \left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4} \right) JRT,$$

$$A_{\text{цикл}} = \frac{\pi}{4} P_0 V_0 = \frac{\pi}{4} JRT,$$

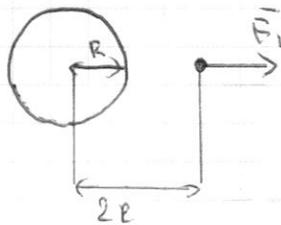
$$\eta = \frac{A_{\text{цикл}}}{Q} = \frac{\frac{\pi}{4} JRT}{\left(\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4} \right) JRT} = \frac{\frac{\pi}{4}}{\frac{11}{2} + \frac{\pi}{4}} = \frac{\pi}{22 + \pi}$$



Демо:

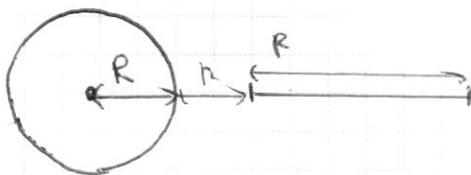
Q, q, R
 k
 $F_1 = ?$
 $F_2 = ?$

N 5



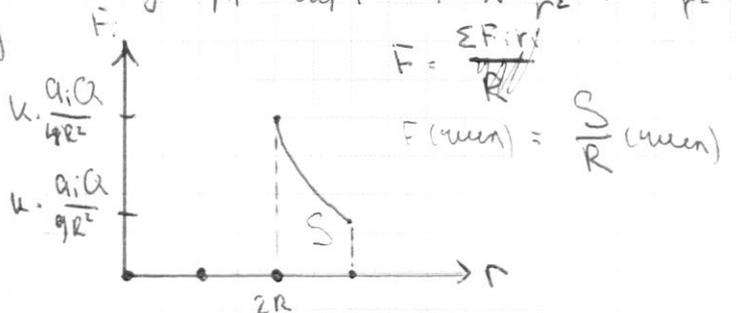
Поле, создаваемое сферой вне её равно полю, создаваемому точечным зарядом $Q = Q_{\text{сферы}}$ и расположенным в центре сферы.

$$F_1 = E \cdot q = k \cdot \frac{Q}{4R^2} \cdot q = \frac{kqQ}{4R^2}$$



$q_1 = q_i = q_j = q_k, \dots$, т.к. заряд
равно. равномерно

Возьмем точечный заряд q_i , расположенный на стержне. Ко радиусу от центра шара $F_r = k \cdot \frac{Q}{r^2}$ $F = k \cdot \frac{q_i Q}{r^2}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

$$\frac{U_i^2}{gR} = \frac{\cos\alpha - \mu \sin\alpha}{\mu \cos\alpha + \sin\alpha} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} - 0,9 \cdot \frac{1}{2}}{0,9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{3} - 0,45}{\sqrt{3} \cdot 0,45 + \frac{1}{2}}$$

$$U_i^2 = 12 \text{ м}^2/\text{с}^2 \left(\frac{\sqrt{3} - 0,45}{\sqrt{3} \cdot 0,45 + \frac{1}{2}} \right)$$

$$U_i = \sqrt{12} \text{ м/с} \cdot \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} - 0,45}{\sqrt{3} \cdot 0,45 + \frac{1}{2}} \right)} = U_{\min}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано

$$v_0 = 2 \text{ м/с}$$

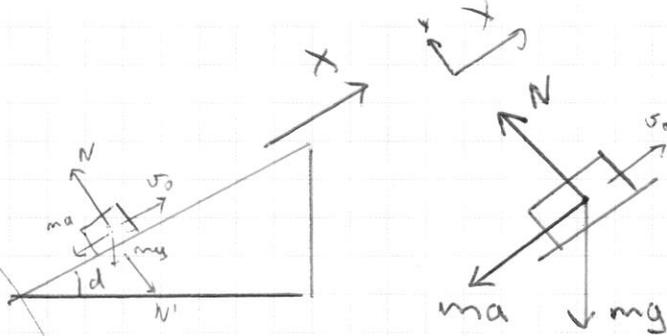
$$\alpha = 30^\circ$$

$h = ?$

$v = ?$

$$\vec{N} = -\vec{N}'$$

$$N = N'$$



$$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$Ox: ma = mg \cdot \sin \alpha$$

$$a = g \cdot \sin \alpha$$

$$Oy: N = mg \cdot \cos \alpha$$

~~$$h = \frac{v_0^2 - 0}{2g \cdot \sin \alpha} = \frac{4 \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{1}{2}} = 0,4 \text{ м}$$~~

уравнение движения $Ox: 0 = v_0 t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$

найдем (относительно)

$$0 = v_0 - \frac{g \sin \alpha t}{2}$$

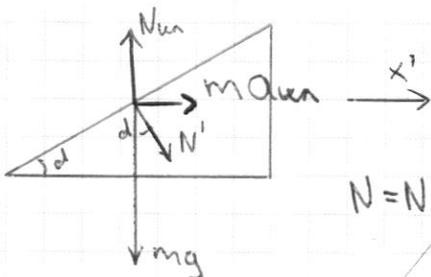
$$\frac{g \sin \alpha t}{2} = v_0;$$

$$t = \frac{2v_0}{g \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 2 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ с}$$

по возвращению

найдем на ме-

сто



$$N = N'$$

$$Ox' ma_{\text{un}} = N' \cdot \sin \alpha$$

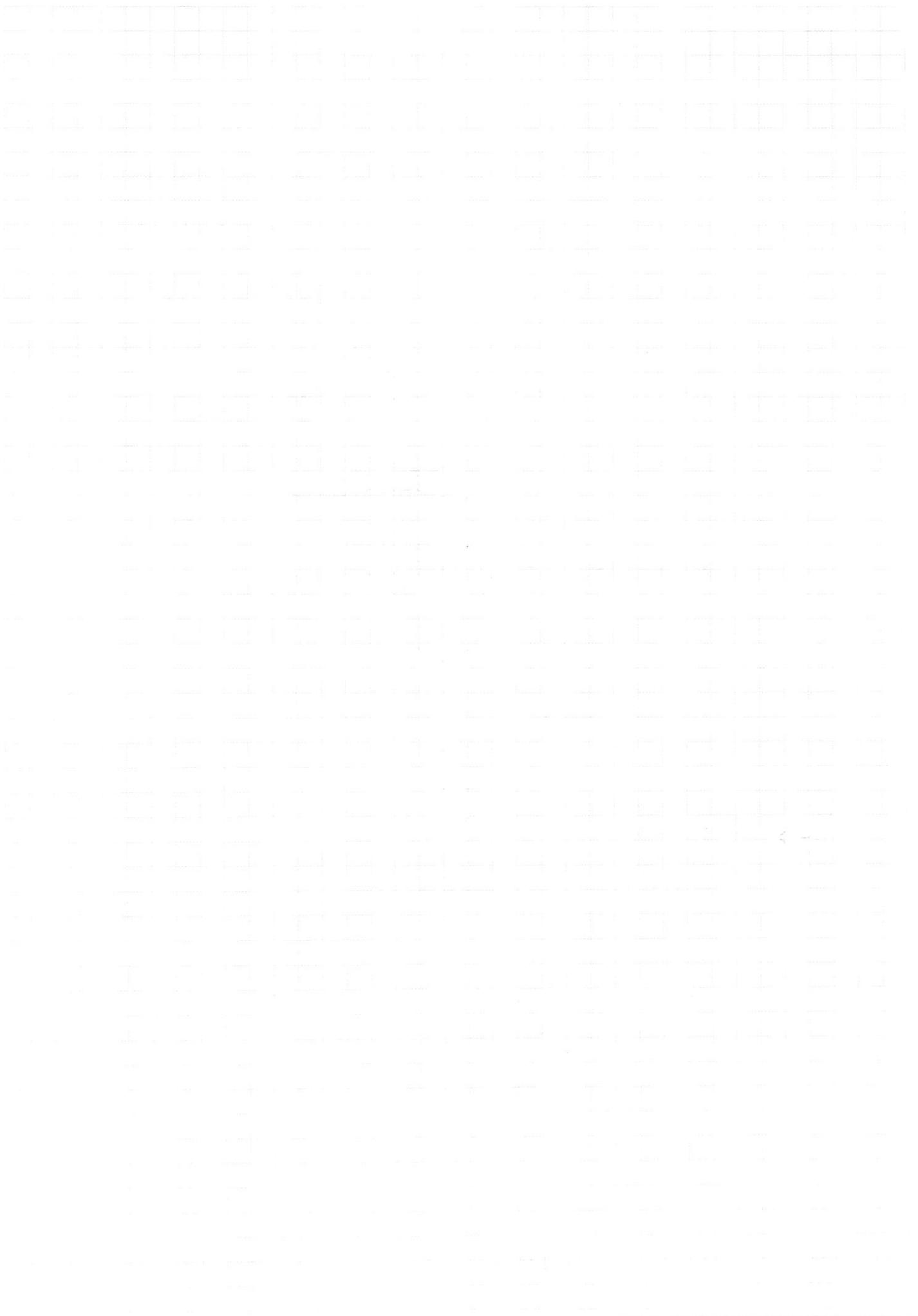
$$ma_{\text{un}} = mg \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$a_{\text{un}} = g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha =$$

$$v = a_{\text{un}} \cdot t = g \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha \cdot t =$$

$$= 10 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,8 =$$

$$= 10 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,2 = 2\sqrt{3} \text{ м/с}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

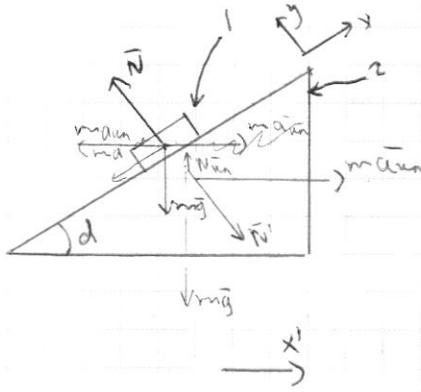
Demo

$$v_0 = 2 \text{ м/с}$$

$$d = 30^\circ$$

H = ?

s = ?



$$1) \text{ OX: } m a = m a_{\text{un}} \cdot \cos d + m g \cdot \sin d;$$

$$a = a_{\text{un}} \cdot \cos d + g \cdot \sin d$$

$$\text{OY: } N + m a_{\text{un}} \cdot \sin d = m g \cdot \cos d$$

$$N = N' \text{ (III)}$$

$$2) \text{ OX': } m a_{\text{un}} = N' \cdot \sin d = N \cdot \sin d$$

$$\frac{m a_{\text{un}}}{\sin d} + m a_{\text{un}} \cdot \sin d = m g \cdot \cos d;$$

$$a_{\text{un}} \cdot (\sin^2 d + 1) = g \cos d \sin d$$

$$a_{\text{un}} = \frac{g \cdot \cos d \cdot \sin d}{\sin^2 d + 1}$$

$$m a = a = a_{\text{un}} \cdot \cos d + g \sin d =$$

$$= g \sin d \left(1 + \frac{\cos d \cdot \cos d}{\sin^2 d + 1} \right) =$$

$$= g \sin d \left(\frac{\cos^2 d + \sin^2 d + 1}{\sin^2 d + 1} \right) =$$

$$= g \sin d \cdot \frac{2}{\sin^2 d + 1} = g \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\frac{1}{4} + 1} =$$

$$= g \cdot \frac{1}{5} = \frac{4}{5} g$$

$$2) \text{ OX: } 0 = v_0 t - \frac{a t^2}{2} \quad \leftarrow \text{yepshie boypruzhennye}$$

$$0 = v_0 - \frac{a t}{2}$$

$$a t = 2 v_0$$

$$t = \frac{2 v_0}{a} = \frac{2 v_0}{\frac{4}{5} g} = \frac{10 v_0}{4 g} = 2,5 \frac{v_0}{g}$$

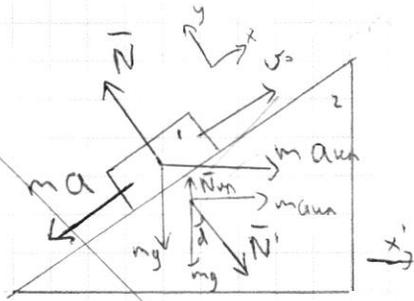
$$v = a_{\text{un}} t = a_{\text{un}} \cdot 2,5 \frac{v_0}{g} = \frac{g \cdot \cos d \cdot \sin d}{\sin^2 d + 1} \cdot 2,5 \cdot v_0 / g =$$

$$= 2,5 v_0 \cdot \frac{\cos d \sin d}{\sin^2 d + 1} = 2,5 v_0 \cdot \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{5}{4}} = 2,5 v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{5} = v_0 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} =$$

$$= \sqrt{3} \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $\sigma_0 = 2 \text{ мкс}$
 $\alpha = 30^\circ$
К-? σ -?



$$\vec{N} = -\vec{N}' \quad N = N'$$

$$1) \vec{N} + m\vec{g} + m\vec{a}_{\text{un}} = m\vec{a}$$

$$Ox: mg \cdot \sin \alpha - m a_{\text{un}} \cdot \cos \alpha = m a$$

$$g \cdot \sin \alpha - a_{\text{un}} \cdot \cos \alpha = a$$

$$Oy: N = mg \cdot \cos \alpha + m a_{\text{un}} \cdot \sin \alpha$$

$$2) m\vec{g} + \vec{N}_{\text{un}} + \vec{N}' = m\vec{a}_{\text{un}}$$

$$Ox': m a_{\text{un}} = N' \cdot \sin \alpha = N \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{m a_{\text{un}}}{\sin \alpha} = mg \cos \alpha + m a_{\text{un}} \cdot \sin \alpha;$$

$$\frac{a_{\text{un}}}{\sin \alpha} = g \cos \alpha + a_{\text{un}} \cdot \sin \alpha$$

$$a_{\text{un}} = g \cos \alpha \sin \alpha + a_{\text{un}} \sin^2 \alpha;$$

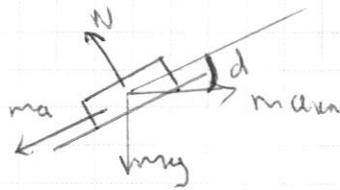
$$a_{\text{un}} \cos^2 \alpha = g \cos \alpha \sin \alpha;$$

$$a_{\text{un}} = g \cdot \text{tg} \alpha$$

~~$$mg \cdot \sin \alpha -$$~~

~~$$g \cdot \sin \alpha - a_{\text{un}} \cdot \cos \alpha = a$$~~

~~$$g \cdot \sin \alpha - g \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$~~

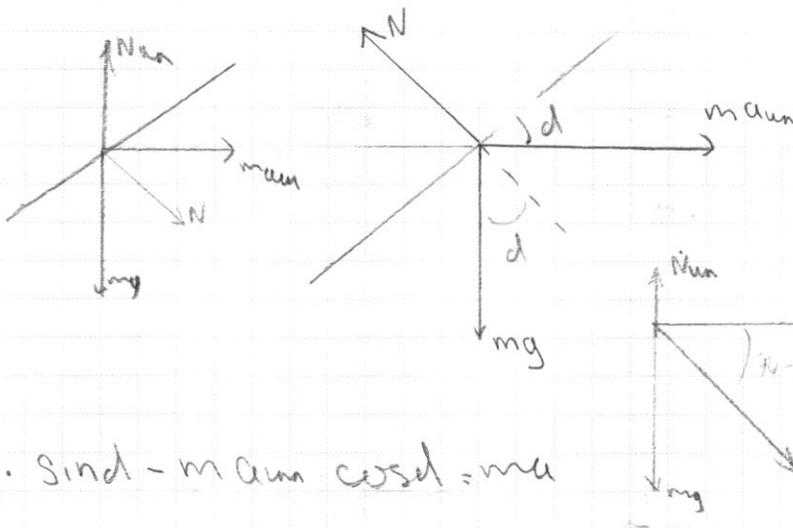


$$m a_{\text{un}} = m g \sin \alpha \cos \alpha$$

$$-m g \sin \alpha \cos^2 \alpha + m g \sin \alpha = m a;$$

$$g \sin \alpha (1 - \cos^2 \alpha) = a;$$

$$g \sin^3 \alpha = a$$



$$m g \cdot \sin \alpha - m a_{\text{un}} \cos \alpha = m a$$

$$m a_{\text{un}} \cdot \sin \alpha + m g \cdot \cos \alpha = N$$

$$N \sin \alpha = m a_{\text{un}}$$

$$N \cdot \sin^2 \alpha + m g \cdot \cos \alpha = N$$

$$m g \cdot \cos \alpha = N \cdot \cos \alpha;$$

$$m g \cdot N \cdot \cos \alpha$$

$$m \cdot a_{\text{un}} \cdot \sin \alpha + m g \cdot \cos \alpha = \frac{m g}{\cos \alpha}$$

$$a_{\text{un}} \cdot \sin \alpha \cos \alpha + m g \cos^2 \alpha = m g;$$

$$a_{\text{un}} \cdot \sin \alpha \cos \alpha = m g \sin^2 \alpha;$$

$$a_{\text{un}} \cdot \cos \alpha \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$a_{\text{un}} = g \cdot \sin \alpha$$

$$m a = m g \cdot \sin \alpha + m a_{\text{un}} \cdot \cos \alpha$$

$$a = g \cdot \sin \alpha + a_{\text{un}} \cdot \cos \alpha = g \sin \alpha \left(1 + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \right)$$

$$= g \sin \alpha \left(1 + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \right) = g \sin \alpha \left(\frac{\sin \alpha + \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)$$

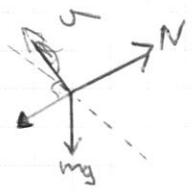
$$= g \sin \alpha \frac{2}{1 + \sin^2 \alpha}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$-5 + \sqrt{38}$$

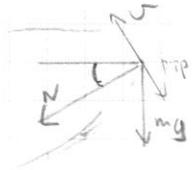
$$38 - 25 = 13$$

$$\frac{65}{-5 + \sqrt{38}} - \frac{10(-5 + \sqrt{38})}{2} =$$



$$= \frac{130 - 10(-5 + \sqrt{38})}{10 - 2\sqrt{38}} = \frac{130(5 + \sqrt{38}) - 10 \cdot 13}{2 \cdot 13} = \frac{10(5 + \sqrt{38})}{2}$$

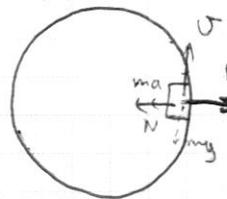
$$-10 = 5(4 + \sqrt{38})$$



$$Q = \frac{1}{2} J \omega (T_2 - T_1) + \vec{T} \cdot \vec{v}, P$$

$$Q_1 = \frac{1}{2} J \omega (T_2 - T_1) + A$$

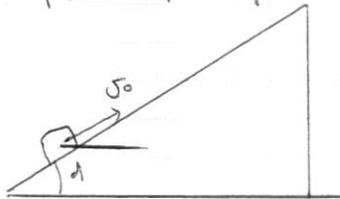
$$J \omega T_2 = P_2 v_2 \quad J \omega T_1 = P_1 v_1$$



$$\vec{N} = -\vec{P}$$

$$N = P$$

$$N = ma = P$$

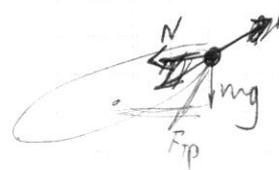


$$a = \frac{v^2}{R}$$

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



$$(x-2)^2 + (y-0)^2 = 1$$



$$\begin{array}{r} 24 \\ 37 \\ \times 37 \\ \hline 259 \\ + 111 \\ \hline 1369 \end{array}$$

$$\left(\frac{v}{v_1} - 2\right)^2 + \left(\frac{P}{P_1} - 1\right)^2 = 1$$

$$v = v_0 t - \frac{g t^2}{4}$$

$$A = \pi R^2 = \pi (v_1, P_1)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg \cdot \sin \alpha \cdot h$$

$$v_0 = \sqrt{2gh \sin \alpha}$$

$$h = \frac{v_0^2}{g \sin \alpha}$$

$$v = v_0 t - \frac{g t^2}{4}$$

$$D = v_0^2 - g h$$

$$t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - g h}}{2}$$