

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

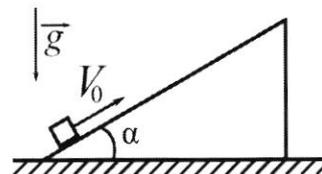
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

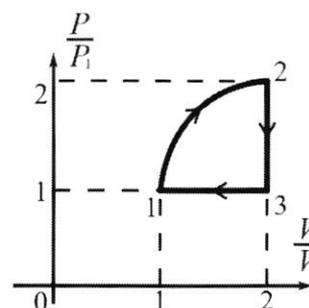
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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

$m = 2 \text{ кг}$
 $H = 65 \text{ м}$
 $T = 10 \text{ с}$
 $V_0 ?$
 $\Sigma E_i ?$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

№1
 $E_k = 0 \quad E_n = E_0$
 $E_n = 0 \quad E_k = E_0$

Скорость разрываемся в высшей точке траектории \Rightarrow скорость снаряда на высоте $H = 0$; законим $\int \Sigma E$
 E_0 - полная энергия, E_n - потенциальная

E_k - кинетическая

$$E_k = mgh; \quad E_k = \frac{mv^2}{2}; \quad E_0 = mgh; \quad E_0 = \frac{mv_0^2}{2}$$

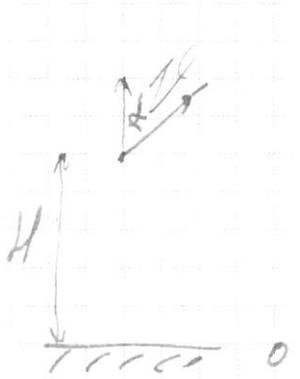
$$mgh = \frac{mv_0^2}{2}; \quad v_0 = \sqrt{2gh}; \quad v_0 = \sqrt{2 \cdot 65 \cdot 10} = \sqrt{2 \cdot 5 \cdot 13 \cdot 5 \cdot 2} =$$

$$= 10\sqrt{13} \approx 10 \cdot 3.6 \approx 36 \text{ м/с}$$

Движение всех осколков можно описать как движение n материальных точек, скорости всех осколков равны по условию задачи. $E_k = \sum_{i=0}^n E_i = \sum_{i=0}^n \frac{m_i v^2}{2}$; $m \neq$ кристалл

$\sum_{i=0}^n m = m$; Σ последним эффектом осколок,

скорости по ширине на и равна вертикально вверх. Запишем уравнение координаты:



$$x = H + vt - \frac{gt^2}{2} ; x_k = 0$$

$$0 = H + vt - \frac{gt^2}{2}$$

(Для скорости и направления не вертикально $v_y = v \cos \alpha \rightarrow$ все остальные скорости меньше, чем g вертикального обвала: α - угол с вертикалью)

$$0 = 65 + v \cdot 10 - 500 ; 0 = 13 + 2v - 100$$

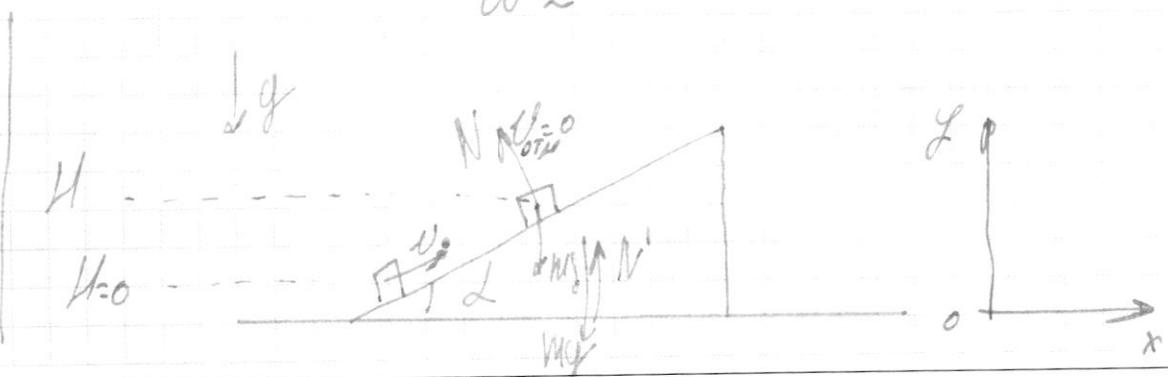
$$v = \frac{100 - 13}{2} = \frac{87}{2} = 43,5 \text{ м/с}$$

$$E_k = \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2} \Rightarrow \text{так как } v_i = v \text{ вынес}$$

$$E_k = \frac{v^2}{2} \sum_{i=1}^n m_i \Rightarrow E_k = \frac{m v^2}{2} = \frac{2 \cdot 43,5^2}{2} = 1892,25 \text{ Дж}$$

Ответ: $v_0 = 36 \text{ м/с}$; $E_k = 1892,25 \text{ Дж}$

$m_1 = m_2$
 $\alpha = 30^\circ$
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $H = ?$
 $v = ?$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Запишем 23 Н в проекциях на ось OX и OY :
шайба

$$Ox: ma_x = -N \sin \alpha$$

$$Oy: ma_y = mg - N \cos \alpha$$

клин

$$Ox: ma_{kx} = N \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = N' - mg - N \cos \alpha$$

В момент когда шайба достигнет
всей верхней точки, $v_{Oy} = 0$, и в
 $v_{Ox} = v_{Oxk}$ (Ox Oy проекции на соответств
оси, без учета отскока и шайбы,
с учетом $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$) Запишем
ЗСЭ для конечного состояния на ось Ox :

$$m v \cos \alpha = m v' + m v' - v' \text{ скорость}$$

шайбы в момент верха кривой на оси

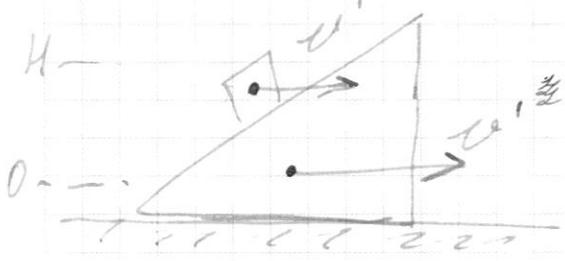
$$v' = \frac{1}{2} v \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot 2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ м/с}$$

Применим ЗСЭ для всей системы

$$E_0 = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} : \frac{m v^2}{2} = mgH + \frac{2m v'^2}{2}$$

$$2 = 10 \cdot H + \frac{3}{4} : H = \frac{2 - \frac{3}{4}}{10} = \frac{5}{40} = 0,125 \text{ м}$$

На склоне на действующем вращающемся
 вал. Терейдем в системе отсчета
 движущуюся со скоростью v' .



Из кинематики, получим
 проекции 2α получим

чмо $a_{yk} = a_x$; $a_y = g - \frac{N \cos \alpha}{m}$

$v_{yk} = v_{km}$ (v_{yk} - поперечная или v_{km} - поперечная
 скорости)

Терейдем в системе отсчета
 связанную с клином:

$$m g h = \frac{m v_k^2}{2} \Rightarrow \frac{m v_k^2}{2} = \frac{m v'^2}{2} - \frac{m v'^2}{2} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

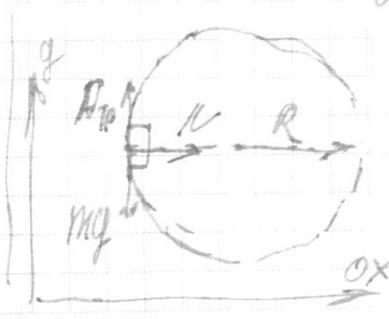
$$v_k^2 = 4 - \frac{6}{4} = \frac{13}{4} ; v_k = \frac{\sqrt{13}}{2}$$

Могли в нормальной системе отсчета
 скорость клина:

$$v_k = v' + \frac{v_k}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{13}}{4} = \frac{2\sqrt{3} + \sqrt{13}}{4} = \frac{6,6}{4} = 1,65 \text{ м/с}$$

Ответ: $H = 0,125 \text{ м}$; $v = 1,65 \text{ м/с}$
 $\pm \sqrt{3}$

$R = 1,2 \text{ м}$
 $v_0 = 3,7 \text{ м/с}$
 $m = 0,4 \text{ кг}$
 $P?$ $v_{\text{min}}?$



$F = m a$; $F_{TP} = \mu N$
 $P = \mu N$ $P = \mu N$
 $o x$; $m a = N$
 $o y$; $0 = m g - F_{TP}$

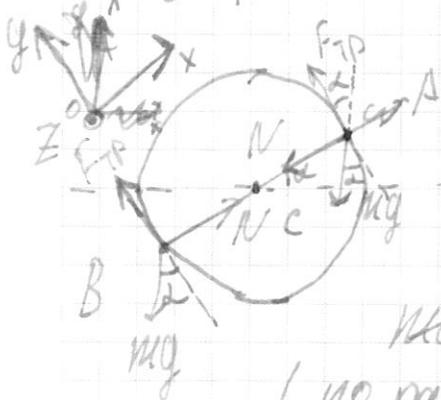
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$a = \frac{v^2}{R}$: Сила с поперечной составляющей в действии на сферу \vec{F} полна сила реакции опоры: найдем по теореме Пифагора.

$P = \sqrt{N + F_{TP}}$; мощность стабилизи \Rightarrow

$$F_{TP} = mg; \quad P = \sqrt{\left(\frac{10^2}{R} m\right)^2 + m^2 g^2} = m \sqrt{\frac{10^4}{R^2} + g^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{187,7}{1,44} + 100} = \sqrt{131 + 100} = \sqrt{231} \approx 15,2 \text{ Н}$$



$$\alpha = \frac{90}{6} \quad \left. \begin{array}{l} \text{В точке C: } OX: NA = N \\ OY: \theta = \mu F_{TP} = \mu N \end{array} \right\} \mu = 0,9 \quad \mu a = \frac{mg}{\mu} : a = 11 \text{ м/с}^2$$

Максимум N будет в верхней точке B , рассмотрим $\alpha = 0,1 A$

(по расложению сил на рисунке)

(оси в плоскости xy и yz)

(a) A:

$Ox:$

$$Ox: ma = -N - mg \sin \alpha$$

т.к. т.т.т. максимум a , при $N=0$, рассмотрим второе ср.

$$Oy: 0 = F_{TP} - mg \cos \alpha : \leftarrow \text{условия того}$$

что машина останется будет касаться

$$\text{плоскости: } F_{TP} = \mu N: \quad \mu N = mg \cos \alpha$$

$$\mu N = \frac{\sqrt{3}}{2} mg : \quad ma = \frac{\sqrt{3} mg}{2\mu} - \frac{mg}{2} =$$

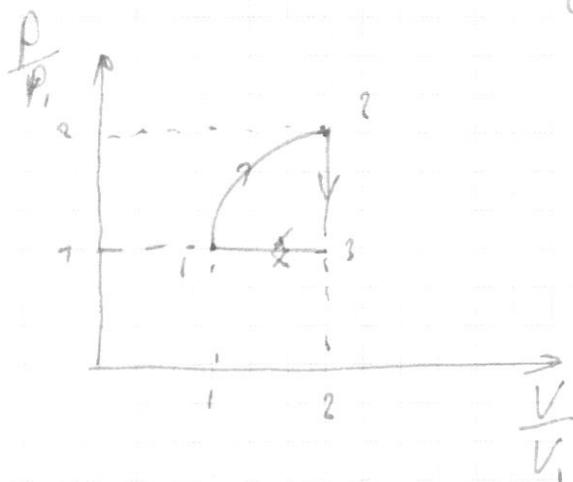
$$a = g \cdot \left(\frac{\sqrt{3} - 1}{2} \right) \approx 0,35 \text{ м/с}^2 \approx 4,5 \text{ м/с}^2$$

$$a = \frac{v^2}{R}; \quad v = \sqrt{aR} = \sqrt{4,5 \cdot 1,2} = \sqrt{\frac{132}{5,4}} \approx 3,68 \text{ м/с}$$

(В каждой точке $\mu g \sin \alpha$ поперек
 ушек пружины, \Rightarrow при том же ускорении
 $N' > N$)

Максимум наблюдается в точке С, раставивши ноль.

Ответ: $P = 15,2 \text{ Н}; \quad v = 3,884 \text{ м/с}^2$



$$v = 1 : T_1$$

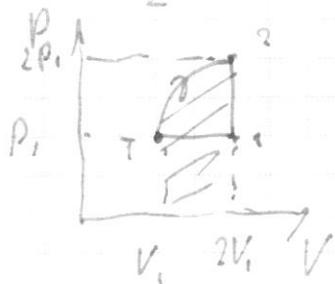
$$PV = \nu RT$$

воздух расширяется в
 процессе 1-2 совершая
 работу: та работа

воздух в осях $PV \rightarrow$ площадь под графиком

$$A = S; \quad Q = \Delta U + A_2; \quad U = \frac{3}{2} \nu R T; \quad 3 - \text{ти степеней}$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R T + A_2; \quad A_2 = S; \quad S = ((V_2 - V_1) \cdot P_1) + \frac{1}{4} \pi PV$$



$\frac{1}{4} \pi PV$ - $\frac{1}{4}$ площади и рана с радиусом
 1 - 1 степеней g)

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = 4 T_1$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R 3 T_1 + P_1 V_1 \cdot \left(1 + \frac{\pi}{4} \right) = \left(\frac{9}{2} + 1 + \frac{\pi}{4} \right) P_1 V_1 = \frac{22 + \pi}{4} P_1 V_1$$

$$\frac{22 + \pi}{4} \nu R T_1; \quad \text{эта работа тоже же сумм}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

если площадь S окружен кол 2 радиусов \Rightarrow
 площадь $S = \frac{1}{4}$ окружности $\Rightarrow \frac{1}{4} \pi R^2, V_1 = A = \frac{1}{4} \pi \rho R T,$

$$\eta = \frac{A}{Q_H}; \text{ в процессах 2-3 } A=0; \Rightarrow Q = \Delta U$$

$$\Delta U < 0 \text{ т.к. } \Delta T = 2T_1 - 2T_1 < 0$$

$$\text{в процессе 3-1 } Q = A_2 + \Delta U$$

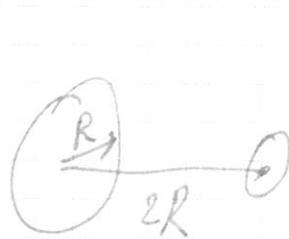
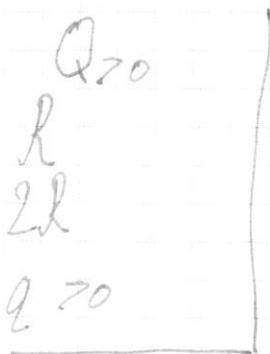
$$\Delta U < 0 \Rightarrow \text{т.к. } \Delta T = 2T_1 - 2T_1; \Delta A < 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \Rightarrow$$

$$Q_H \Rightarrow Q_{1-2};$$

$$\eta = \frac{\pi \rho R T_1}{4(22 + \pi) \rho R T_1} = \frac{\pi}{22 + \pi} = 0,12 = 12\%$$

$$\text{Ответ: } Q = \frac{22 + \pi}{4} \rho R T_1; A = \frac{1}{4} \pi \rho R T_1$$

$$\eta = 0,12 = 12\%$$



NS
 За пределами
 сферой; увеличим сферу
 это можно рассмотреть
 как материальную точку.

$$F = \frac{k Q q}{4R^2};$$



Электрическое поле результирующее
 можно считать \Rightarrow

Рассмотрим стержень как множество
точечных зарядов dq : $q = n \cdot dl$

$$F = \sum_{i=1}^n F_i; \quad F_i = \frac{k Q dl_i}{R(2R+dl)}; \quad dl \cdot n = l = R$$

l - длина стержня

λ - поверхностная линейная плотность
заряда. $\lambda = \frac{q}{R}$:

$$F_i = \frac{k Q \lambda dl}{4R^2 + 4Rdl + dl^2}; \quad F = \int_0^R \frac{k Q \lambda dl}{4R^2 + 4Rdl + dl^2}$$

$$F = k Q \frac{q}{R} \cdot \int_0^R \frac{dl}{(2R+dl)^2} \approx k Q \frac{q}{R} \cdot \frac{Rq}{4R^2 + 9R^2} \approx \frac{k Q q}{15R^2}$$

← 10

Ответ: $F_1 = \frac{k Q q}{4R^2}; \quad F_2 = k Q \frac{q}{R} \int_0^R \frac{dl}{(R+dl)^2} \approx$
 $\approx \frac{k Q q}{15R^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Запишем 2 СИ в проекциях
на ось где шайбы.

$$Ox': ma_{ш} = -mg \sin \alpha$$

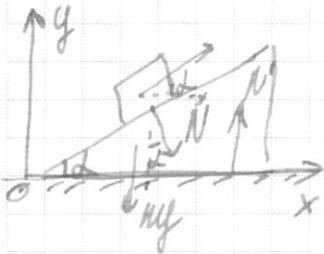
$$Oy': 0 = N - mg \cos \alpha$$

Для планки

$$Ox: ma_k = N \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = N' - N \cos \alpha - mg$$

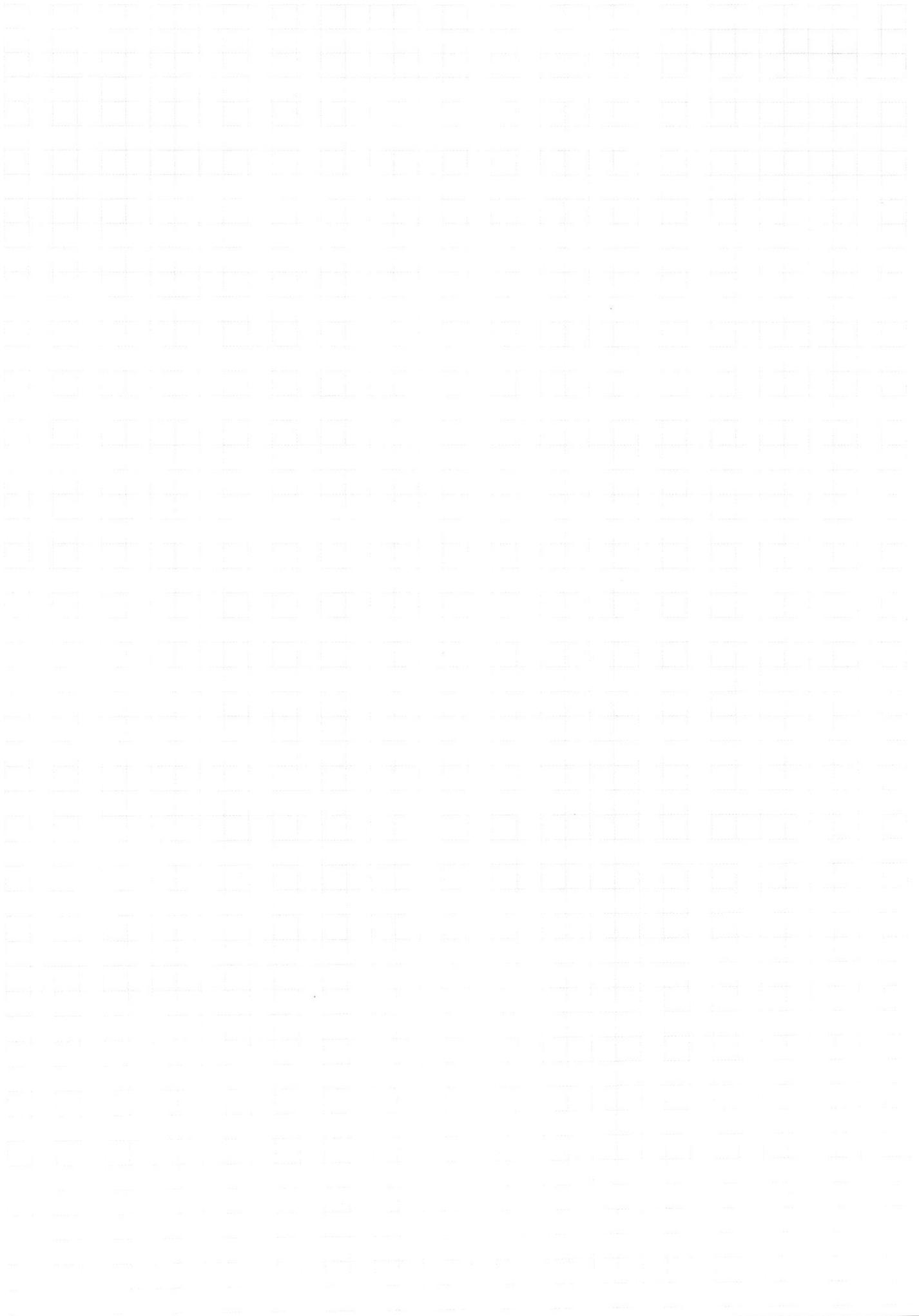
$$ma_k = N \sin \alpha = mg \cos \alpha \sin \alpha$$



~~##~~ $ma_{ш} = mg \sin \alpha$ - проекция perpendicular на

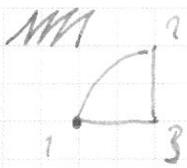
$$Ox \text{ и } Oy: \quad \# \alpha_{ш} \quad Ox: ma_{шx} = a_{ш} \sin \alpha \cos \alpha$$

$$Oy: a_{шy} = a_{ш} \sin \alpha$$



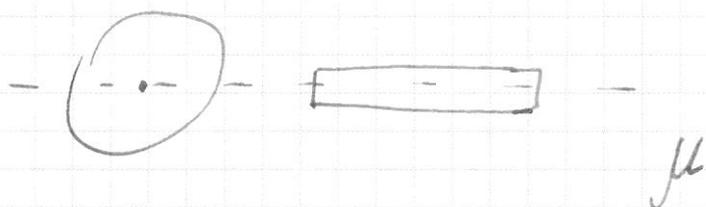
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$T_2 = 4T_1, \quad T_3 = 2T_1$$

$$\frac{3}{25} = 0,12$$



$$N = ma; \quad F_{\text{тр}} = \mu N = \mu a$$

$$ma = \mu a \cdot g \quad a \cdot \mu = g; \quad ma = \frac{\mu g}{\mu} = 1,4 \text{ м/с}^2$$

$$Ox: \quad ma = N - mg \sin \alpha$$

$$Oy: \quad F_{\text{тр}} = mg \cos \alpha$$

$$ma = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha \quad a = (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \cdot g$$

$$\frac{1 - 1,7}{2} = \frac{0,9 - 1,7}{1,8} = \frac{0,8}{1,8} = 0,45$$

13,2;

$$\begin{array}{r} 55 \\ 35 \\ \hline 155 \\ 105 \\ \hline 1205 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ 31 \\ 37 \\ \hline 259 \\ 111 \\ \hline 1369 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 2 \\ 35 \\ \underline{35} \\ 175 \\ \underline{105} \\ 1225 \end{array} \quad \begin{array}{r} 3 \\ 36 \\ \underline{36} \\ 216 \\ \underline{171} \\ 1326 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 500 - 65 = 435 \\ \underline{10} \\ 435 \\ \underline{435} \\ 2175 \\ \underline{1505} \\ 2740 \\ \underline{189225} \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 188 \overline{)444} \\ \underline{44} \\ 432 \end{array}$$

1) $OX: ma_x = -N \sin \alpha$
 $OY: ma_y = mg - N \cos \alpha$

2) $OX: ma_{KX} = N \sin \alpha$
 $OY: 0 = N - mg - N \cos \alpha$

$$\frac{5}{4} \frac{N^2}{2} = 1,25 N \quad ; \quad v = \sqrt{2,5} = \frac{5}{\sqrt{10}}$$

$$\frac{5\sqrt{10}}{20} = 3,4 + 3,2 \quad \begin{array}{r} 6,6 \overline{)14} \\ \underline{28} \\ 165 \end{array}$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{16}{1,2} = 14$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ \underline{1,2} \\ 40 \\ \underline{35} \\ 420 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,7 \\ \underline{3,7} \\ 289 \\ \underline{111} \\ 1569 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13,7 \\ \underline{13,7} \\ 4959 \\ \underline{411} \\ 137 \\ \underline{137} \\ 69 \end{array}$$

187,7