

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарем)

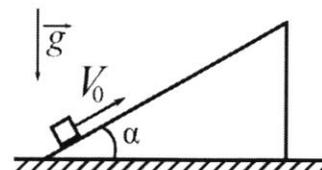
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$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

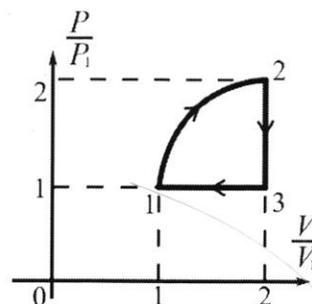
4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1-2 – дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1 .

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

Вариант 10-01

$\sqrt{1}$

$V=0 \text{ м/с}$ Скорость в верхней точке 0 м/с .
 пусть t - время полета до верхней точки
 Тогда $V_0 = gt$.
 $V = V_0 \text{ м/с}$ $H = V_{\text{ср}} \cdot t$ $V_{\text{ср}}$ - средн. скорость ~~на~~
 при полете до верхней
 точки.

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_0}{2}; \quad t = \frac{V_0}{g}; \quad H = \frac{V_0}{2} \cdot \frac{V_0}{g} = \frac{V_0^2}{2g}; \quad V_0 = \sqrt{2gH}$$

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13} \approx 10 \cdot 3,6 = 36 \text{ м/с}$$

V_1 - скорость осколка сразу после взрыва.

Первым упадет осколок, который отлетел вертикально вниз, а последним ~~отлетит~~ упадет тот, кто отлетел вертикально вверх.

пусть t_1 - время падения первого осколка. t_2 - время второго.

Заметим, что последний осколок при падении ~~будет~~ пройдет точку взрыва при падении со скоростью V_1 ,

то есть время падения последнего осколка ~~равно~~ $t_2 = t_1 + t_3$

Где t_3 - время, которое осколок провел выше точки взрыва.

t_3

осколок полетит по траектории 1-2-3-4, первый осколок полетит по 3-4
 т.е. $t_2 = t_3$; $t_3 = \frac{V_1}{g}$ ← время полета последнего осколка
 до верхней точки со
 траекторией. $K = \sum_{i=1}^n m_i \cdot V_i^2 = \frac{m V_1^2}{2}$, где n - кол-во осколков.

$K = \frac{m V_1^2}{2}; \quad V_1 = \frac{t_3 \cdot g}{2} = \frac{t_2 \cdot g}{2} = 50 \text{ м/с}$

$$V_1 = 50 \text{ м/с.} \quad k = \frac{2 \cdot 50^2}{2} = 2500 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $V_0 = 36 \text{ м/с}$ 2) $K = 2500 \text{ Дж}$

N 2.

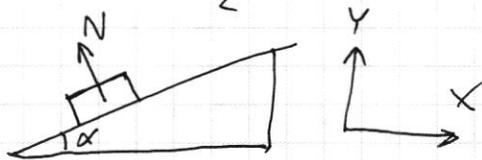
V_1 - скорость шайбы и кинка в наивысшей точке.

3) m - масса шайбы и кинки

Затем закон. сохр. энергии. *

$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_1^2}{2} + \frac{m V_1^2}{2} + mgH \quad gH + V_1^2 = \frac{V_0^2}{2}$$

$$gH = \frac{V_0^2}{2} - V_1^2 \quad H = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{V_1^2}{g}$$



N - сила реакции опоры в точке касания шайбы и кинки

Затем изменение импульсов \vec{p} шайбы и кинки

по осям X и Y $\Delta P_{шx} = m V_0 \cos \alpha - m V_1$

$\Delta P_{кx} = m V_1$ $\Delta P_{шy} = m V_0 \sin \alpha$ $\Delta P_{кy} = 0$

$\Delta P_{шx} - \Delta P_{кx} = N \cdot \sin \alpha \cdot \Delta t$

$\Delta P_{шy} - \Delta P_{кy} = N \cos \alpha \cdot \Delta t = \Delta P_{шy} \quad N = \frac{\Delta P_{шy}}{\cos \alpha \Delta t} = \frac{m V_0 \sin \alpha}{\Delta t \cos \alpha}$

~~at время за~~
~~которое происходит~~
 Δt - время, за
которое шайба достиг
выс. точки.

$N \sin \alpha \cdot \Delta t = \Delta P_{шx} - \Delta P_{кx} = m V_0 \cos \alpha - m V_1 - m V_1 = m (V_0 \cos \alpha - 2V_1)$

$\frac{m V_0 \sin \alpha}{\Delta t \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \alpha \cdot \Delta t = m (V_0 \cos \alpha - 2V_1); \quad \frac{V_0 \cdot \sin^2 \alpha}{\cos \alpha} = V_0 \cos \alpha - 2V_1$

$V_0 \sin^2 \alpha = V_0 \cos^2 \alpha - 2V_1 \cos \alpha; \quad \sin \alpha = \frac{1}{2}; \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$V_0 (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha) = -2V_1 \cos \alpha; \quad V_0 (\frac{1}{4} - \frac{3}{4}) = -2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot V_1$

$\frac{V_0}{2} = \sqrt{3} V_1 \quad \parallel \quad V_1 = \frac{V_0}{2\sqrt{3}}; \quad gH = \frac{V_0^2}{2} - \frac{V_0^2}{4 \cdot 3} = \frac{4}{2} - \frac{4}{12} = 2 - \frac{1}{3} = \frac{5}{3}; \quad H = \frac{5}{3g} = \frac{5}{30}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

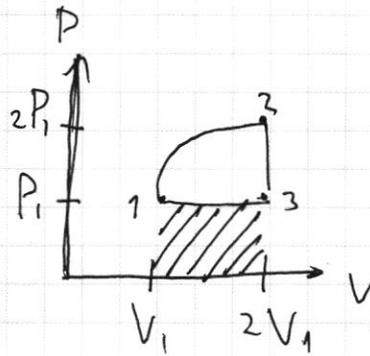
2) $A_u = A_{12} + A_{23} + A_{13}$; $A_{23} = 0$, так как процесс изохорный

$A_{13} = -$ работа на графике:

$$A_{13} = -P_1 V_1 = -JRT_1$$

$$A = JRT_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) - JRT_1 = JRT_1 \frac{\pi}{4}$$

$$A = \frac{\pi}{4} RT_1$$



3) $\eta = \frac{A}{Q_{12}}$; нагреватель изохорный только на 12

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{\frac{\pi}{4} RT_1}{\left(5,5 + \frac{\pi}{4}\right) RT_1} = \frac{\pi}{4\left(5,5 + \frac{\pi}{4}\right)}$$

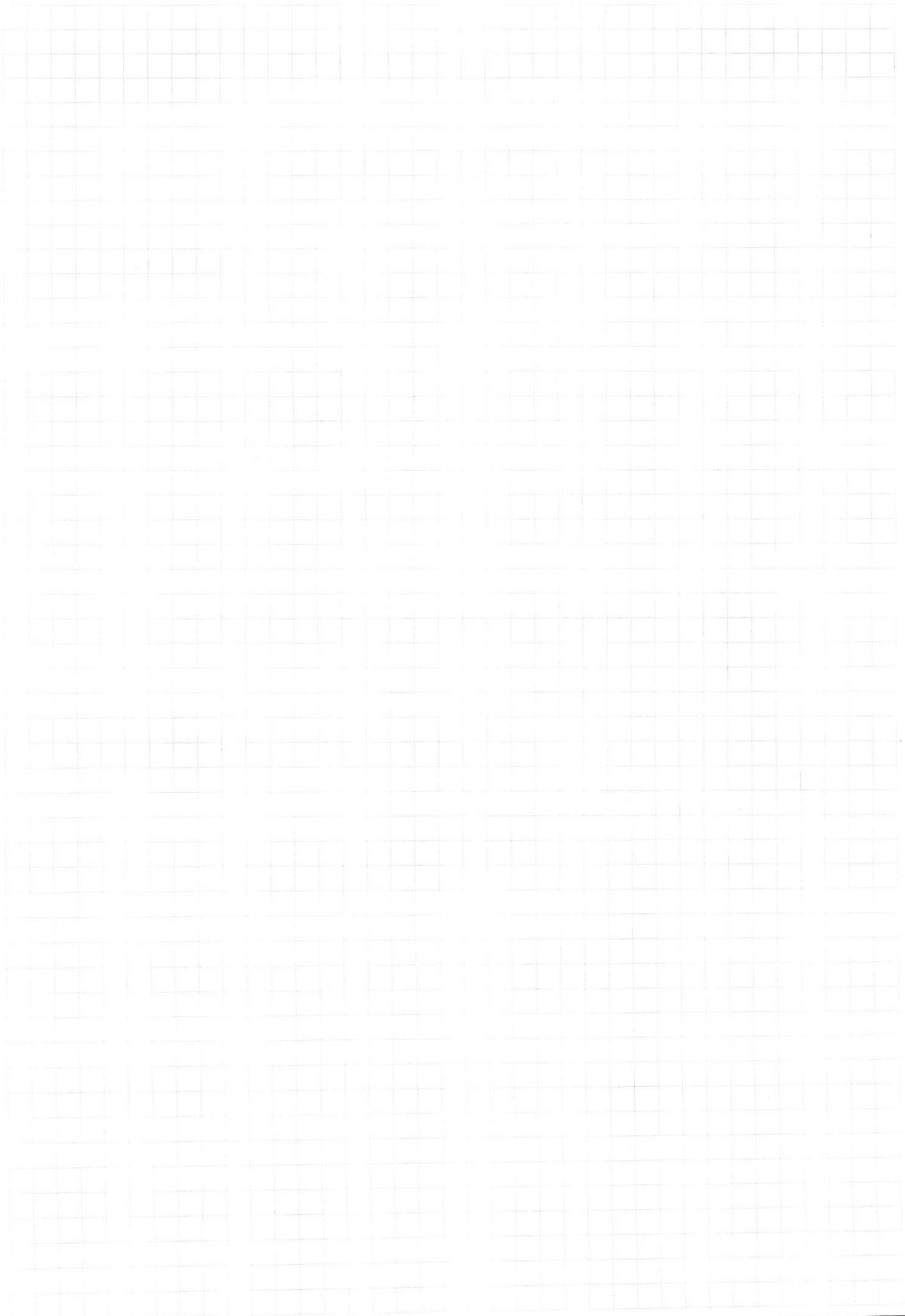
число $\pi \approx 3,1$

$$\eta = \frac{3,1}{4(5,5 + 3,1)} \approx \frac{3,1}{34} = 9\%$$

Отв: 1) $Q = RT_1 \left(5,5 + \frac{\pi}{4}\right)$

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

3) $\eta \approx 9\%$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$V_0 \cdot t = H$ $\frac{V_0^2}{2g} = H$ $V_0 = \sqrt{2gH}$

$t = \frac{V_0}{g}$ $V_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 15} = \sqrt{300} = \sqrt{13 \cdot 100} = 10\sqrt{13} \approx 36$

$V_0 \cdot V_0 = gt$

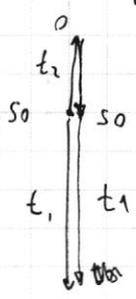
V_1 - скорость камня

$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{2 \cdot 50^2}{2} = 2500 \text{ Дж}$

$2t_2 = 10 \text{ c}$ $t_2 = 5 \text{ c}$

50 м/с

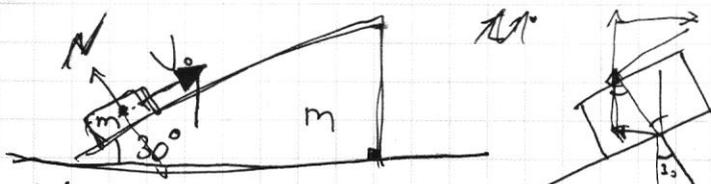
$\frac{3,1}{34,4} = 0,09$



$mgh + \frac{2mV_1^2}{2} = mgh + mV_1^2 = \frac{mV_0^2}{2}$

$gh + V_1^2 = \frac{V_0^2}{2}$

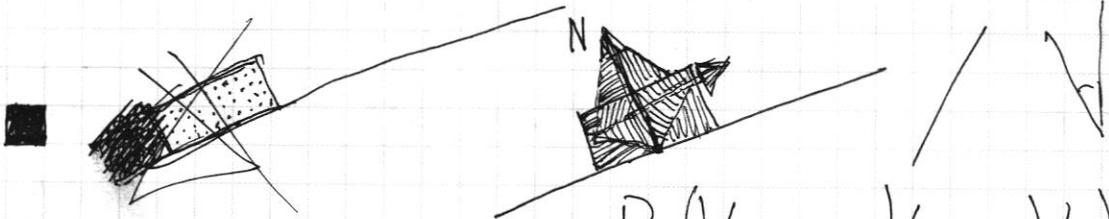
$\frac{2V_1 + gt}{2} \cdot t = H$



$V_1 t + \frac{gt^2}{2} = H$

$N \cdot \sin \alpha$ $N \cdot \cos \alpha$

$m V_0 \cdot \sin \alpha = N \cdot \sin \alpha = m V_1$



$\Delta P_x = (V_0 \cdot \sin \alpha + V_0 \cos \alpha - V_1) m$

$\Delta P_u = m V_1$ $\Delta P_u = \Delta P_x$

$\Delta P_{wx} = m(V_0 \cos \alpha - V_1)$

$\Delta P_{kx} = m V_1$

$\Delta P_{wx} = m V_0 \sin \alpha$

$\Delta P_{ky} = 0$

$N = \frac{m V_0 \sin \alpha}{\cos \alpha \cdot t}$

$\Delta P_{wx} - \Delta P_{kx} = \frac{m V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha \cdot t}$

$V_0 \cos \alpha - V_1 = \frac{V_0 \cdot \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}$

$V_0 \cos^2 \alpha - 2 V_1 \cos \alpha = V_0 \sin^2 \alpha$

$$V_0 \cos^2 \alpha - 2V_1 \cos \alpha = V_0 \sin^2 \alpha$$

$$V_0 (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) = 2V_1 \cos \alpha$$

$$\alpha = 30^\circ \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \sin \alpha = \frac{1}{2}$$

$$V_0 \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{4} \right) = 2V_1 \frac{0,60,6}{0,1,4}$$



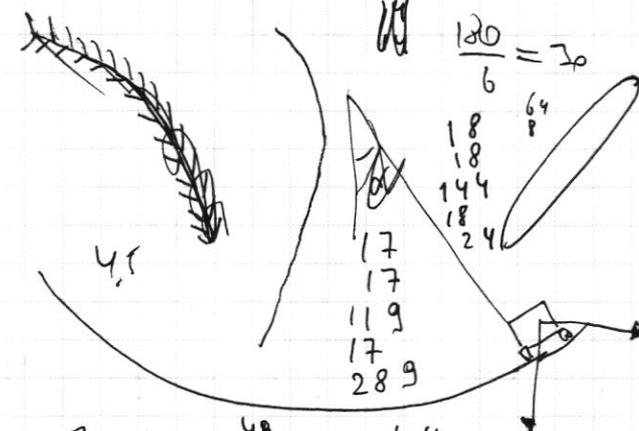
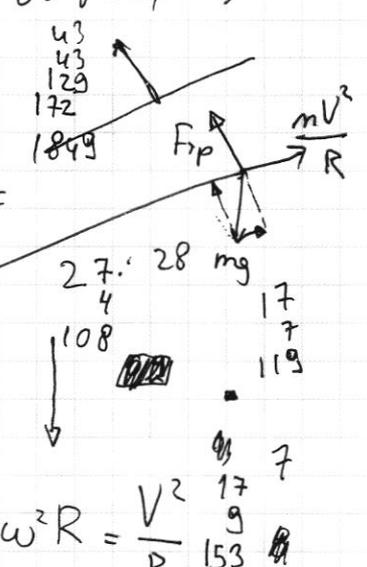
$$\frac{V_0}{2} = \sqrt{3} V_1$$

$$V_1 = \frac{V_0}{2\sqrt{3}}$$

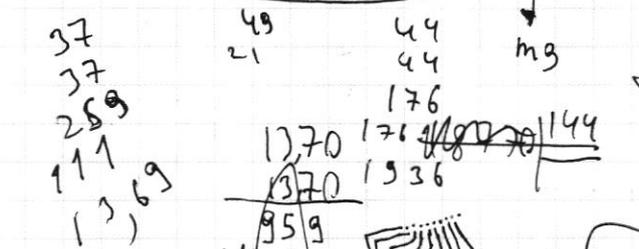
$$m V_0 \sin \alpha = N \cos \alpha \cdot t + mg \cos \alpha t$$

$$m V_0 \sin \alpha t + mg \cos \alpha t = N \cos \alpha t$$

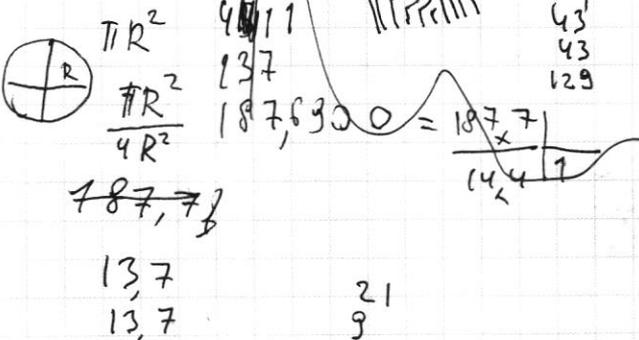
$$m (V_0 \sin \alpha + g \cos \alpha) = N \cos \alpha$$



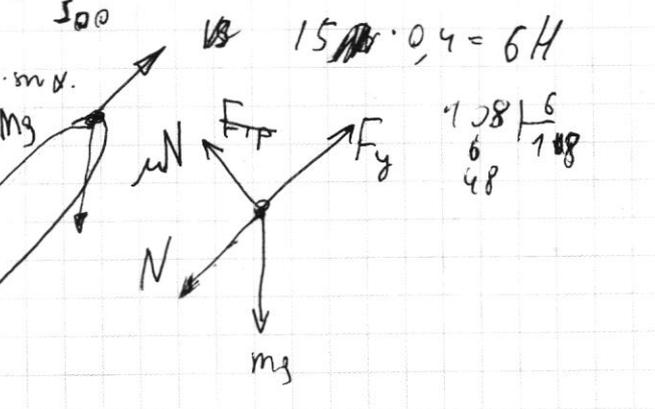
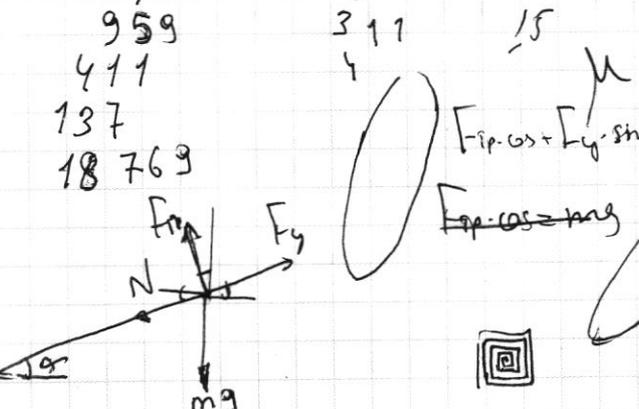
$$V = \omega R \quad a_y = \omega^2 R = \frac{V^2}{R}$$



$$F_y = \frac{mV^2}{R} \quad \sqrt{\frac{m^2 V^4}{R^2} + m^2 g^2} = m \sqrt{\frac{V^4}{R^2} + g^2} = 43$$



$$\sqrt{130 + 100} = \sqrt{230} \approx 15,17$$



$$3 = \frac{0,36 \sqrt{3} V_{min}^2}{2,4} - 0,9 \sqrt{3} \quad \sqrt{3} \approx 1,7$$

$$17,6 = \frac{0,36 V_{min}^2}{2,4} - 0,9$$

$$17,6 = \frac{0,36 V_{min}^2}{2,4} - 0,9$$

$$2,66 = \frac{0,6 V_{min}^2}{4}$$

$$V_{min}^2 = \frac{2,66 \cdot 4}{0,6} =$$

$$= 18 \text{ м}^2/\text{с}^2 \quad V_{min} = \sqrt{18} \approx 4,2 \text{ м/с}$$

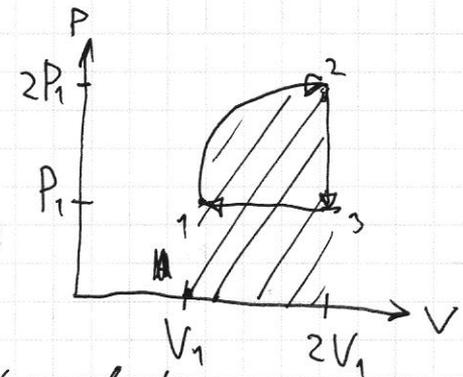
Отб: 1) $P = 6 \text{ Вт}$
 $V_{min} \approx 4,2 \text{ м/с}$

№ 4 Из графика:

$$P_2 = 2P_1 \quad \text{и} \quad V_2 = V_3 = 2V_1 \quad Q = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$P_1 = P_3$$

Нарисуем график $P(V)$:



A_{12} = заштрихов. площ. на граф.
 т.к. эта работа это мощность по графику.

$$A_{12} = P_1 V_1 + \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot P_1 V_1; \text{ по ур-ю Менделеева-Клапейрона:}$$

$$P_1 V_1 = J R T_1; \quad J = 1 \text{ моль}; \quad A_{12} = P_1 V_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) = J R T_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) =$$

$$= R T_1 \left(1 + \frac{\pi}{4}\right) \quad \Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} J R T_2 - \frac{3}{2} J R T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} J R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} J R T_1$$

по ур-ю М-К: $P_2 V_2 = J R T_2; \quad 4 P_1 V_1 = J R T_2 \quad 4 J R T_1 = J R T_2$

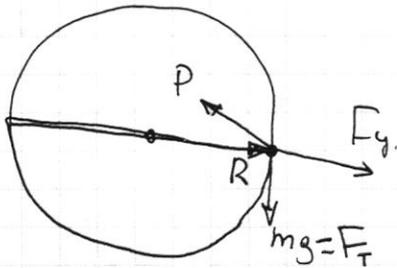
$$T_2 = 4 T_1; \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} J R 3 T_1 = \frac{9}{2} J R T_1; \quad Q = J R T_1 \left(5,5 + \frac{\pi}{4}\right)$$

$$Q = R T_1 \left(5,5 + \frac{\pi}{4}\right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$H = \frac{5}{30} = \frac{1}{6} = 0,16 \text{ м} \quad \text{Об: 1) } H = 0,16 \text{ м.}$$

N3 1)



~~Д~~ ~~тогда~~ ~~противоположен~~ ~~вектор~~ ~~гравитации~~
силы: F_y и F_T ;

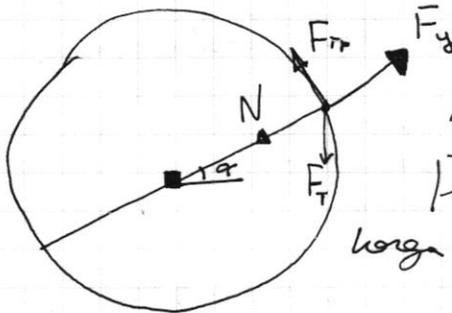
F_y - центростремительная сила
 F_T сила тяжести, $F_T = mg$

a_y - центростремительное ускорение

$$F_y = m a_y; \quad a_y = \frac{V^2}{R}; \quad P^2 = F_y^2 + F_T^2 = \left(\frac{mV^2}{R}\right)^2 + m^2 g^2 =$$

$$P = m \sqrt{\frac{V^4}{R^2} + g^2} \approx 0,4 \sqrt{230} \approx 6 \text{ Н} \quad \text{Об: 1) } P \approx 6 \text{ Н}$$

2)



F_{Tp} - сила трения
 N - сила реакции опоры.

Рассмотрим ~~в~~ ~~ка~~ ~~момент~~ ~~времени~~, ~~когда~~ ~~машинка~~ ~~в~~ ~~высшей~~ ~~точке~~.

$$F_{Tp} = \mu N; \quad F_T = F_y \cdot \sin \alpha + F_{Tp} \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha; \quad F_y = \frac{mV_{\min}^2}{R}$$

$$F_T \cdot \sin \alpha = F_y - N; \quad \sin \alpha = \frac{1}{2}; \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad N = F_y - F_T \sin \alpha$$

$$F_T = \sin \alpha (F_y - N) + \mu N \cos \alpha \quad F_T = F_T \cdot \sin^2 \alpha + \mu \cdot N \cdot \cos \alpha$$

$$F_T = \frac{F_T}{4} + \mu \cdot \cos \alpha \cdot \frac{mV_{\min}^2}{R} - \mu \cos \alpha \cdot F_T \sin \alpha = \frac{m g}{4} + \frac{\mu \cdot \sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{3}{4} \cdot 0,4 \cdot 10 = \frac{0,9 \sqrt{3}}{2} + \frac{0,4 \cdot V_{\min}^2}{1,2} - \frac{0,9 \sqrt{3}}{2} \cdot 0,4 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

| |
|------|
| ШИФР |
|------|

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)