

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

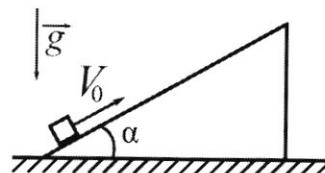
Шифр

(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.



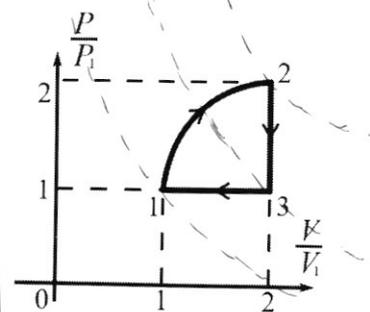
- 1) На какую максимальную высоту H над точкой старта поднимется шайба на клине?
- 2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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

1) Решение:

1) По ЗСЭ: (для фейерверка): $E_1 = E_2$
(E_1 - энергия в нижней точке полёта;
 E_2 - энергия в высшей точке полёта
(до разрыва))

$$E_1 = \frac{mV_0^2}{2}; \quad E_2 = mgh;$$

Откуда $V_0^2 = 2gh \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gh}$;

Вычислим:

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 65 \text{ м}} = \sqrt{1300 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 10\sqrt{13} \text{ м/с} \approx 36 \text{ м/с};$$

Ответ: 1) 36 м/с ($10\sqrt{13} \text{ м/с}$)

2) Рассмотрим произвольный осколок падающий под углом α к горизонту (α может быть отрицательным, если околос падает вверх).

Тогда закон движения такого осколка: направляется вертикально вниз.

$$h = \frac{gt^2}{2} - V \sin \alpha t$$

Рассмотрим когда этот осколок упадет на землю (тогда $h=0$).

$$0 = \frac{gt^2}{2} - V \sin \alpha t \Rightarrow gt^2 - 2V \sin \alpha t - 2h = 0$$

$$\frac{D}{4} = V^2 \sin^2 \alpha + 2gh > 0 \Rightarrow \text{т.к. нас интересует } t > 0 \\ t = \frac{V \sin \alpha + \sqrt{V^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g}$$

Отсюда видно, что t максимальна, когда максимально $\sin \alpha$ (т.е. остальные величины, включая начальную скорость скользя $\rightarrow 0$ мы фиксируем).

А т.к. $\sin \alpha \leq 1$, то

$t \leq \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gH}}{g}$ причем это возможно лишь при $\alpha = 30^\circ$ т.е. последним на

землю упадет скользя, летевший вверх (аналогично первому упав скользя, летевший вниз)

т.к. по условию он упадет через время T , то (скользя) во вращениях и искривлению уравнению $T^2 = t$; $\sin \alpha = 1$)

$gT^2 - 2v_0T - 2H = 0 \Rightarrow gT^2 - 2H = 2v_0T \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow v_0 = \frac{gT^2 - 2H}{2T} = \frac{gT}{2} - \frac{H}{T}$

А т.к. кинетическая энергия произвольной массы Δm ; $E = \frac{\Delta m v^2}{2}$, то

суммарная кинетическая энергия всех скользя после взрыва:

$E_0 = \sum_{\Delta m} \frac{\Delta m v^2}{2} = \frac{m}{2} \cdot \left(\frac{gT}{2} + \frac{H}{T} \right) = \frac{mgT}{4} + \frac{mH}{2T}$

Вычисления:

$E_0 = \frac{2m \cdot 10 \frac{m}{с^2} \cdot 10с}{4} + \frac{2m \cdot 65м}{20с} = 50 Дж + 6,5 Дж = 43,5 Дж$

Ответ: 2) 43,5 Дж (см. стр. 13)

14) Решение:

1) т.к. в процессе (2-3): $v = const$, то (2-3) \rightarrow изохорный процесс, а значит $Q = \Delta U + A$, а т.к. $A = 0$, то $Q = \Delta U = \frac{3}{2} 2R \Delta T$

2) т.к. в процессе (3-1): $p = const$, то (3-1) \rightarrow изобарный процесс, т.е.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T - \nu R \Delta T = \frac{1}{2} \nu R \Delta T;$$

(т.к. объём увеличивается, то работа отрицательна)

3) В точке (состоянии) 2:

$$pV = \nu RT \quad (\text{по ур-ю Менделеева-Клапейрона})$$

т.к. в состоянии 1:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1, \quad \text{то т.к. } p_2 = 2p_1; \quad V_2 = 2V_1, \quad \text{то}$$

$$T_2 = 4T_1;$$

т.к. в состоянии 3. $V_3 = 2V_1; \quad p_3 = p_1$, то

$$T_3 = 2T_1 \quad (\text{из того же уравнения}).$$

4) В процессе (1-2):

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A;$$

A - площадь под графиком $p(V)$, т.е.

$$A = p_1 V_1 + \frac{\pi}{4} \cdot p_1 V_1 = p_1 V_1 + 0,25 \pi p_1 V_1;$$

(из формулы площади круга; π - известная константа).

Откуда т.к. $p_1 V_1 = \nu R T_1$, то

$$\text{т.к. } \gamma = 1 \text{ (по условию), то}$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu R T_1 + 0,25 \pi \nu R T_1;$$

$$Q = 2,5 \nu R T_1 + 0,25 \pi \nu R T_1;$$

5) Т.к. (1-2) → единственный процесс расширения в цикле, то Q - искомое (цикл 1).

б) Т.к. $A_{12} = 2RT_1 + 0,25\pi 2RT_1$;
 $A_{23} = 0$;
 $A_{31} = -2RT_1$

То суммарная работа газа за цикл ;

$$A = 0,25\pi 2RT_1 = 0,25\pi RT_1 \quad (\text{т.к. } \Delta = 1 \text{ моль})$$

по условию.

г) $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$, где Q_1 - полученная теплота, а Q_2 - отданная теплота.

Т.к. $Q_{12} \rightarrow$ полученное ;

$Q_{23} \rightarrow$ отданное ;

$Q_{31} \rightarrow$ также отданное ;

то
$$\eta = 1 - \frac{1,52RT_1 + 0,52RT_1}{2,52RT_1 + 0,25\pi 2RT_1} =$$

$$= 1 - \frac{3,5}{2,5 + \frac{\pi}{4}} = 1 - \frac{14}{10 + \pi} = \frac{4 - \pi}{10 + \pi} ;$$

Ответ: 1) $Q = 2,5RT_1 + 0,25\pi RT_1$;

2) $A = 0,25\pi RT_1$;

3) $\eta = \frac{4 - \pi}{10 + \pi}$;

в2) Решение:

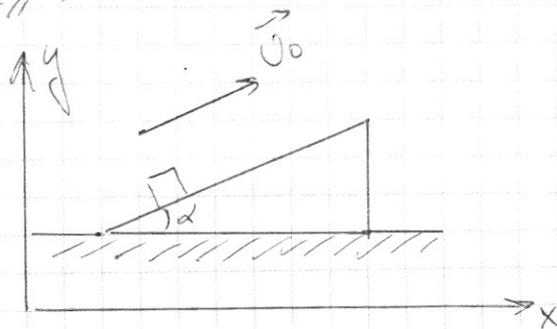
По закону сохранения импульса:

~~мгновенно~~

$$mV_0 \cos \alpha = mV_1 \quad (\text{проекции на ось } x)$$

до начала движения маятника.

в момент остановки маятника (когда она была в наивысшей точке)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

V_1 - скорость клина в соотв. момент).

Отсюда, т.к. массы шайбы и клина
'одинаковы, то $v_1 = v_0 \cos \alpha$.

Также по закону сохранения энергии
(ЗСЭ):

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h + \frac{m v_1^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_0^2 = 2 g h + v_1^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) = 2 g h \Leftrightarrow h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2 g};$$

Также по ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2}$$

энергия в момент до
начала движения
шайбы

энергия в момент,
когда шайба
вернулась
на исходную
высоту

v_2 - скорость
клина в соотв.
момент).

Отсюда $v_2 = v_0$.

Или вычисления:

$$1) \quad h = \frac{(2 \text{ м/с})^2 \cdot \sin^2 30^\circ}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{1}{20} \text{ м} = 0,05 \text{ м}$$

$$2) \quad v_2 = 2 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 0,05 м.

2) 2 м/с.

Р. §. Т.к. в условии все поверхности гладкие, то можем пренебречь трением и использовать ЗСН и ЗСЭ (деформируемых объектов тем более пренебрегаем).

№5 Решение:

① По закону Кулона; (средство для заряженной сферы)

$$F_1 = k \frac{Qq}{(2R)^2} = \frac{kQq}{4R^2};$$

Ответ: 1) $\left\{ \frac{kQq}{4R^2} \right\}$.

② Решение:

Посчитаем направление поля в произвольной точке стержня, расположенной на расстоянии $(2R+x)$ от центра сферы $(0 \leq x \leq 2R)$ (поле, создаваемое сферой).

$$E(x) = k \frac{Q}{(2R+x)^2};$$

Просуммируем все такие направленные векторы (т.к. они являются сонаправленными векторами, направленными от центра сферы, то их модули можно сложить и взять среднее значение).

Чтобы просуммировать такие направленные неоднородно и достаточно решить \int_R^R интеграл.

$$\int_0^{2R} \frac{kQ}{(2R+x)^2} dx = kQ \int_0^{2R} \frac{1}{(2R+x)^2} dx = kQ \cdot$$

$$\left(-\frac{kQ}{3R} + \frac{kQ}{2R} \right) = \frac{kQ}{6R};$$

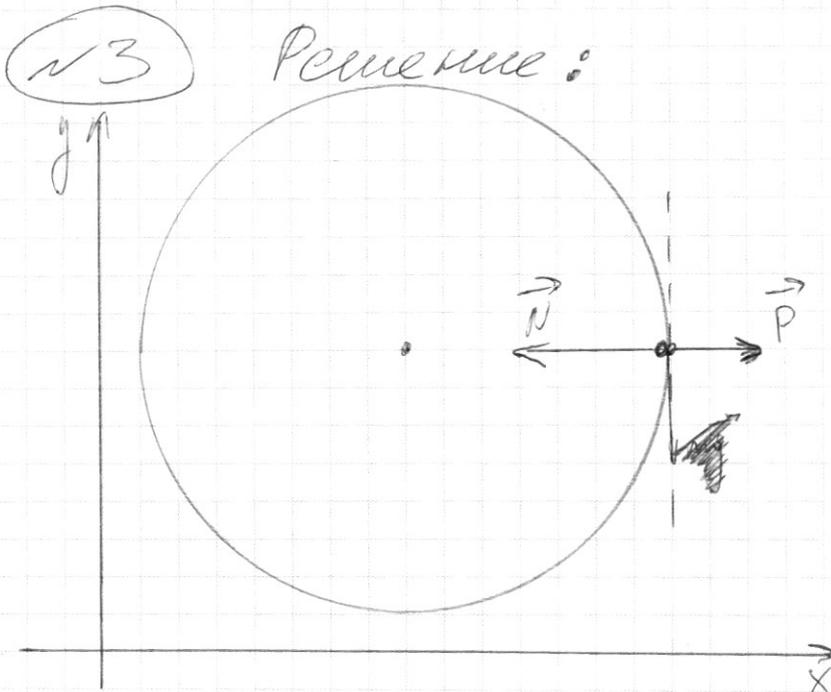
А т.к. длина стержня $\rightarrow R$, то искомое значение $E_{\text{ст}} = \frac{kQ}{6R^2}$;

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

А т.к. $E = \frac{F}{q}$, то $F = \frac{kQq}{6R^2}$;

($E \rightarrow$ напряженность поля, создаваемого сферой для энергии).

Ответ: $\left\{ +\frac{kQq}{6R^2} \right\}$.



- ① Т.к. модель движется по «большому кругу», то $N \rightarrow$ сила реакции опоры горизонтальна. Если все силы, действующие на модель сгруппировать на ось x , то получим уравнение: (следующее из 3-и Ньютона)

$N = m a_n$; т.к. $a_n = \frac{v^2}{R}$, то

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

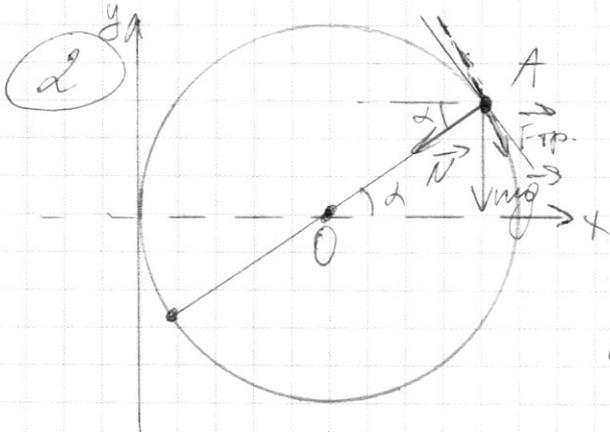
А т.к. по III-ему з-н Ньютона $\vec{P} = -\vec{N}$, то

$$P = \frac{mv_0^2}{R};$$

Вычисление:

$$P = \frac{4 \text{ кг} \cdot (3,7 \text{ м/с})^2}{\frac{1,2 \text{ м}}{3}} = \frac{3,7^2}{3} \text{ Н} = \frac{13,69}{3} \text{ Н} \approx 4,56 \text{ Н}$$

Ответ: 1) 4,56 Н.



~~Рассмотрим движение
модели по траектории.
Рассмотрим
вращательное~~

Очевидно, что если скорость будет меньше v_{\min} , то модель упадет в самой верхней точке траектории (или не доберется до нее).

Т.е. нам необходимо и достаточно потребовать чтобы модель не упала с верхней точки (т.н.).

~~Выразим все силы, действующие на модель на ось OA:~~

~~$$N + mg \sin \alpha = m a_n \quad (F_{\text{тр}} \perp OA)$$~~

~~$$\text{Т.к. } a_n = \frac{v_{\min}^2}{R}, \text{ то } v_{\min} = \sqrt{\frac{NR}{m} + gR \sin \alpha};$$~~

~~Т.к. тело движется по окружности равномерно, то при прецированном всех сил, действующих на модель на вертикальной оси получим:~~

~~$$mg + N \sin \alpha +$$~~

к задаче №1;

Отсюда
$$t = t_{\max} - t_{\min} = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gH}}{g} - \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gH}}{g} = \frac{2v_0}{g} \Rightarrow v_0 = \frac{gH}{2};$$

Отсюда, т.к. кинетическая энергия одного такого осколка массы Δm , то суммарная кинетическая энергия всех осколков равна:

$$E = \sum_{\Delta m} \frac{\Delta m v^2}{2} = \frac{m v^2}{2} = \frac{m g^2 H^2}{8};$$

Вычисляем:

$$E = \frac{2 \text{ кг} \cdot 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} \cdot 100 \text{ м}^2}{8} = 2500 \text{ Дж} = 2,5 \text{ кДж};$$

Ответ: 2,5 кДж.

Вернемся к задаче №3:

Спроецируем все силы, действующие на модель, на ось Ox (включая равнодействующую $F_{\text{тр}}$ в I закона Ньютона);

$$mg + N \sin \alpha = m a_n \cdot \sin \alpha.$$

$$mg + N \sin \alpha + F_{\text{тр}} \cos \alpha = m a_n \sin \alpha.$$

($F_{\text{тр}}$ перпендикулярна плоскости траектории)

Т.к. $F_{\text{тр}} = \mu N$, то $mg + N(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = m a_n \sin \alpha$

$$= \frac{m v_{\text{min}}^2}{R} \quad \left(\text{т.к. } a_n = \frac{v_{\text{min}}^2}{R} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

А если все силы, действующие на модель спроецировать на ось OX , то получим:

$$N + mg \sin \alpha = m a_n$$

$$N + mg \sin \alpha = \frac{m v_{\min}^2}{R} \Rightarrow N = \frac{m v_{\min}^2}{R} - mg \sin \alpha;$$

Отсюда $mg + N / (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = \frac{m v_{\min}^2}{R} \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow mg + \frac{m v_{\min}^2}{R} (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) - mg \sin \alpha =$$

$$\frac{m v_{\min}^2}{R} (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = \frac{m v_{\min}^2}{R} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow gR + v_{\min}^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) - gR \sin \alpha =$$

$$\frac{m v_{\min}^2}{R} (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = v_{\min}^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_{\min} = \sqrt{\frac{gR (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \sin \alpha - 1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha - 1}}$$

Вычисление:

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 1,2 \text{ м} \cdot \left((0,5 + 0,9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}) \cdot \frac{1}{2} - 1 \right)}{0,5 + 0,9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 1}}$$

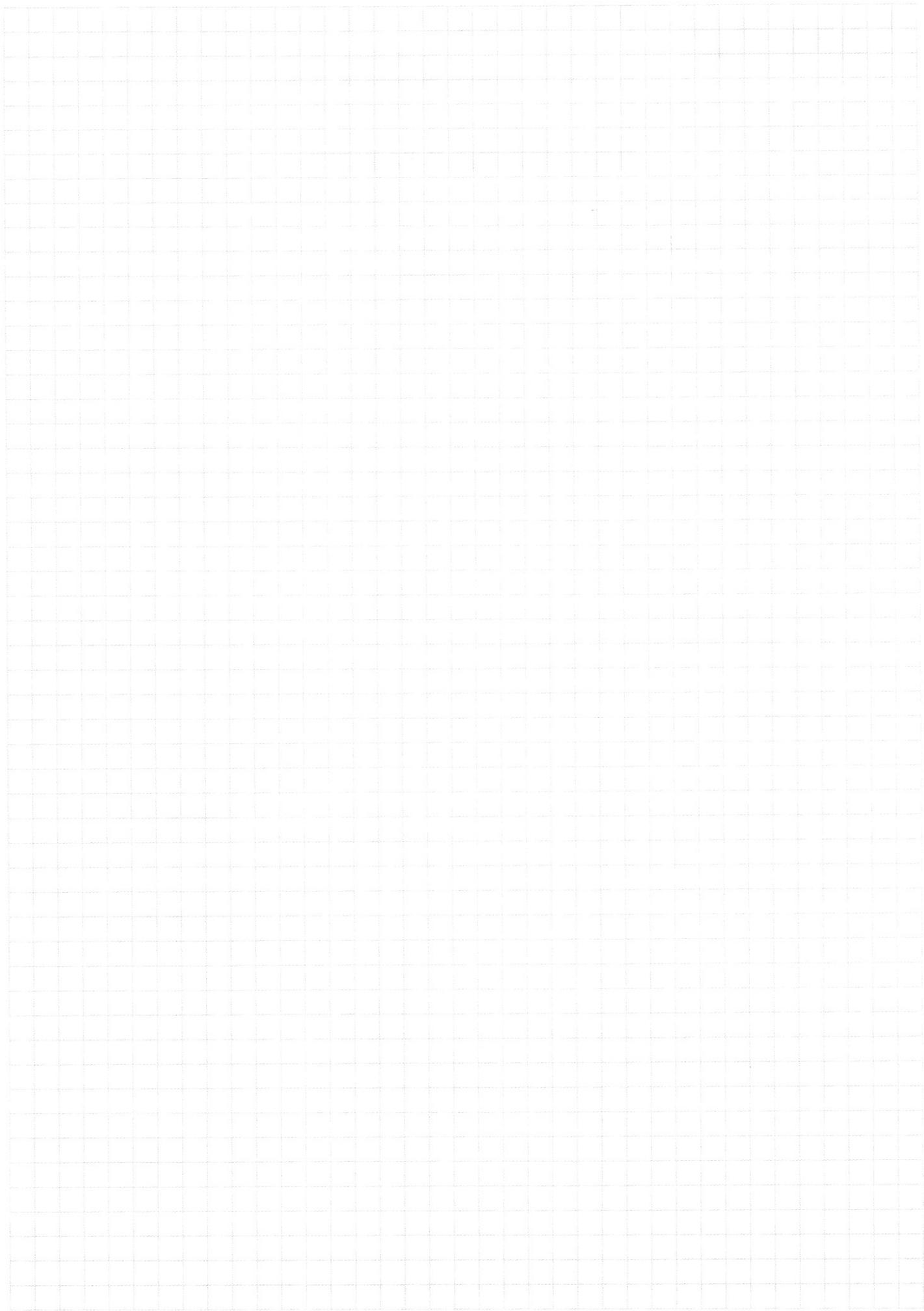
$$\approx \sqrt{\frac{12 \cdot \left((0,5 + 7,8) \cdot \frac{1}{2} - 1 \right)}{7,8 - 0,5}} \text{ м/с}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \sqrt{\frac{12 \cdot 9,15}{7,3}} \text{ м/с} = \sqrt{\frac{37,8}{7,3}} \text{ м/с} \approx \text{или } 2,3 \text{ м/с.}$$

Ответ: 2) 2,3 м/с.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$\left(\frac{1}{f(x)}\right)' = \frac{1' \cdot f(x) - 1 \cdot f'(x)}{f^2(x)} = - \frac{f'(x)}{f^2(x)}$$

$$(x+2R)' = 1;$$

$$\left(\frac{1}{x+2R}\right)' = - \frac{1}{(x+2R)^2}$$

$$\int \frac{kQ\Delta Q}{(x+2R)^2} dx = kQ\Delta Q \int \frac{1}{(x+2R)^2} dx =$$

$$= -kQ\Delta Q \cdot \frac{1}{(x+2R)}$$

$$(b>a) \int_a^b f(x) = f(b) - f(a)$$

$$\frac{378/93}{365/517} = \frac{130}{73} = \frac{570}{570}$$

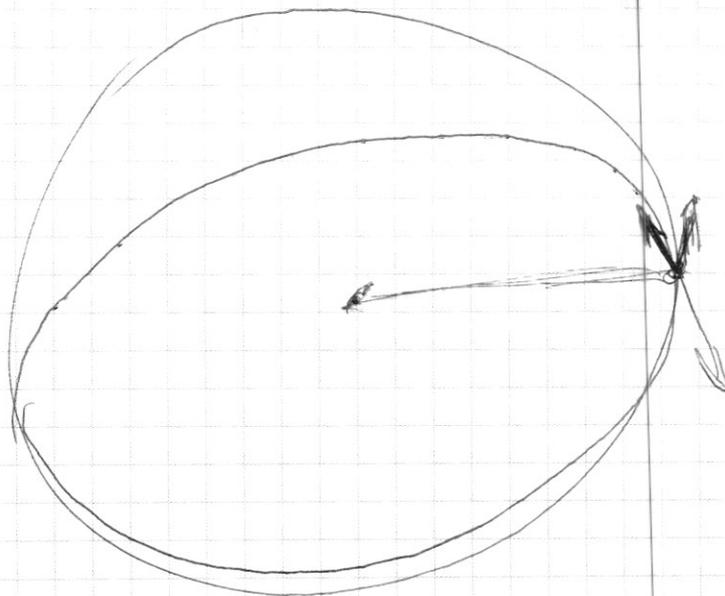
$$f(2R) - f(0) = -kQ\Delta Q \cdot \frac{1}{2R} + kQ\Delta Q \cdot \frac{1}{2R} =$$

$$= \frac{kQ\Delta Q}{6R} = \frac{kQ \cdot \frac{9Q\Delta Q}{R}}{6R}$$

$$\begin{array}{r} \times 37 \\ 37 \\ \hline 259 \\ 111 \\ \hline 1369 \end{array} \Bigg| \begin{array}{r} 3 \\ 456 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \hline 16 \\ \hline 15 \\ \hline 19 \\ \hline 18 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 213 \\ \hline 6 \\ \hline 46 \\ \hline 529 \end{array}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV = \nu RT$$

$$\text{ч } T_1 = T_2$$

A - площадь под графиком; $(V_1 p_1 + V_1 p_1 \cdot \frac{\pi R^2}{4})$
 Δu - считается. $(V_1 p_1 + V_1 p_1 \cdot \frac{\pi}{4})$
 $(2R 3T_1)$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_{отд}}{Q_{получ}} \quad (100\%)$$

1) $F = \frac{k Q \Delta q}{(2R)^2} = \frac{k Q \Delta q}{4R^2}$

2)



$$\frac{k Q \Delta q}{(2R+x)^2}$$

$$\frac{k Q \Delta q}{(2R)^2} = \frac{k Q \Delta q}{4R^2}$$

$$\frac{k Q \Delta q}{(3R)^2} = \frac{k Q \Delta q}{9R^2}$$

$\sqrt{\frac{243}{4}} = \sqrt{60.75} = 7.8$
 $315 \times \frac{12}{630} = 6$
 3780

$\int_a^b \frac{1}{f(x)} dx = \int_a^b \frac{1}{f(x)} dx = k \frac{1}{f(x)}$
 $60,75 \cdot 8$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$45 \cdot 45 = 2025$$

$$25 \cdot 25 = 625$$

$$35 \cdot 35 =$$

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 35 \\ \hline 175 \\ + 105 \\ \hline 1225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 36 \\ \hline 216 \\ + 108 \\ \hline 1296 \end{array}$$



$$H = -v_{\text{cos}} \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

$$gt^2 - 2v t \sin \alpha - 2H = 0$$

$$\frac{D}{4} = \frac{v^2 \cos^2 \alpha + 2gH}{\sin^2 \alpha}$$

$$t = \frac{v \sin \alpha \pm \sqrt{v^2 \cos^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$T = \frac{v + \sqrt{v^2 + 2gH}}{g}$$

$$vT = \frac{gT^2}{2} - H$$

$$v = \frac{gT}{2} - \frac{H}{v} = \frac{10 \cdot 10}{2} - \frac{65}{10} = 50 - 6,5 = 43,5 \text{ м/с}$$

$$Q = C \Delta T$$

3-1: изобара:

$$Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T,$$

1-2 изотерма:

~~$$Q = \Delta U + A \quad (\Delta U = 0)$$~~

$$Q = A.$$

(2-3): изохора:

$$A = 0: Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T.$$

$$A = \Delta U \cdot \rho = \nu R T,$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T,$$



$$a_n = \frac{v_0^2}{R \sin \alpha}$$

$$mg = N \cos \alpha.$$

$$N \sin \alpha = ma = \frac{m v_0^2}{R \sin \alpha}$$

$$N \cdot R \cdot \sin^2 \alpha = m v_0^2$$

$$\frac{mg}{\cos \alpha} \cdot R \cdot \sin^2 \alpha = m v_0^2$$

$$g R \sin^2 \alpha = v_0^2 \cos \alpha$$

$$g R - g R \cos^2 \alpha = v_0^2 \cos \alpha$$

$$D = v_0^2 + 4gR \cos^2 \alpha > 0 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{-v_0^2 \pm \sqrt{v_0^2 + 4g^2 R^2}}{2gR}$$

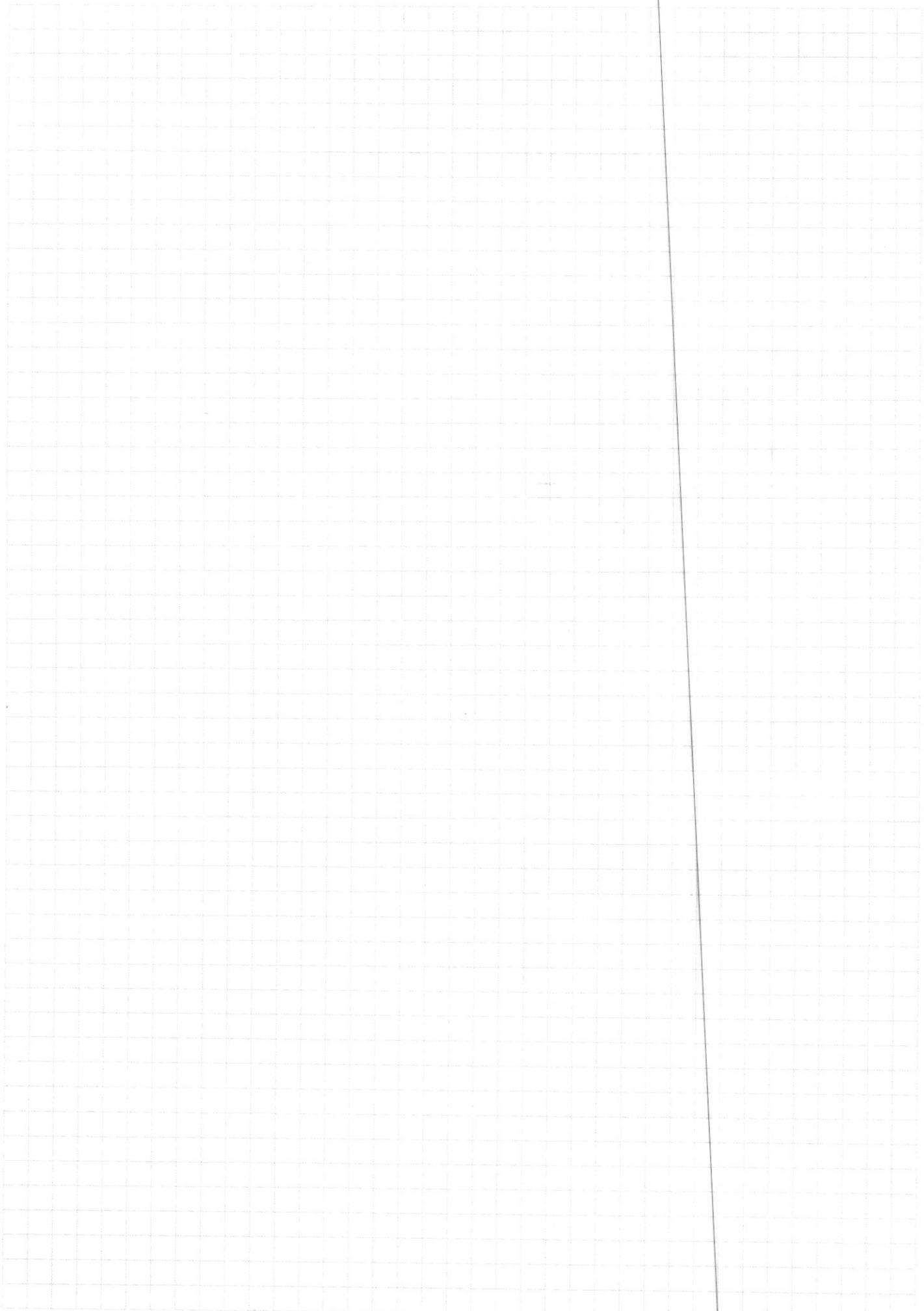
$$3,7 \text{ м/с} \cdot 3,7 \text{ м/с} = 136,9 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

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

$$\begin{array}{r} \times 137 \\ 137 \\ + 959 \\ \hline 411 \\ \hline 18769 \end{array}$$

$$187,69 + 144 = 331,69$$

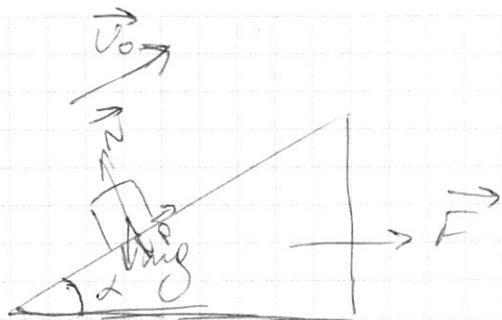
$$\frac{18 - 13,7}{2 \cdot 12} = \frac{4,3}{24}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$U = U_0 \quad m U_0^2 / 2$$

$$\parallel \quad m U^2 / 2$$

$$\parallel \quad m g H + \frac{m U_1^2}{2}$$

$$m g \cos \alpha = P$$

$$P \cos \alpha = F$$

$$F = \frac{m g \sin 2\alpha}{2} = \frac{\sqrt{3} m g}{4}$$