



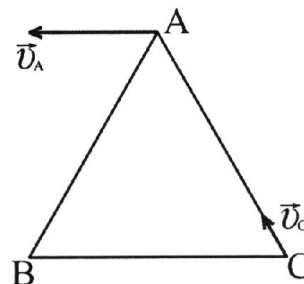
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника $a = 0,2$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит три оборота?

Пчела массой $m = 100$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

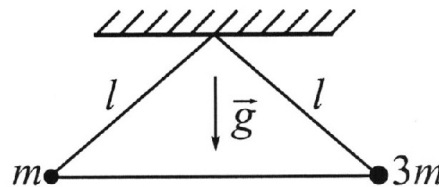
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разбивается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 0,1$ кг и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



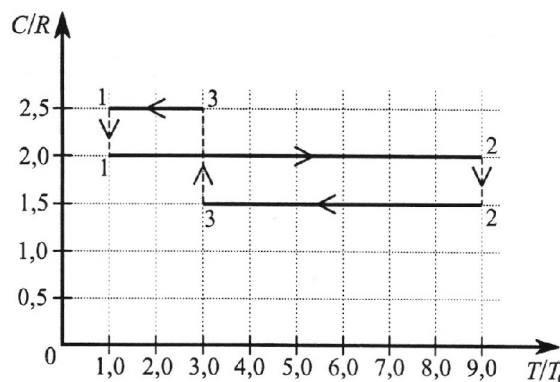
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 2$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300$ К.



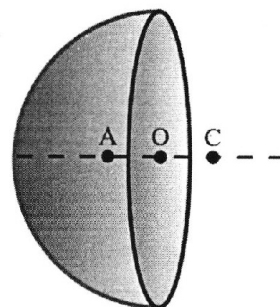
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 150$ кг за $N = 10$ циклов тепловой машины?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закрепленной диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . В точке О частица движется со скоростью V_O .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C , с которой частица движется в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.

$$A_Q = \frac{20}{203}, \quad H_Q = \frac{9}{203}$$

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Реша

$$\frac{V_A}{AO} = \frac{V_{\text{ц}}}{OQ}$$

$$AO = \frac{a}{2\sqrt{3}} + \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

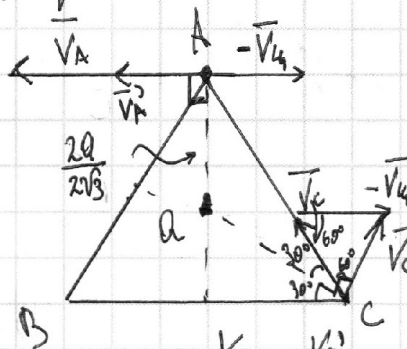
$$AO = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

$$V_{\text{ц}} = V_A \cdot \frac{OQ}{AO}$$

$$V_{\text{ц}} = \frac{1}{2} V_A = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{ц}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Переводим в систему центра масс Δ :



V_A' — скорость Т.А. в системе центра масс Δ

$$V_A' = V_A - V_{\text{ц}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_A' = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Т-период обращения

$$T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{V_A'}{AO}$$

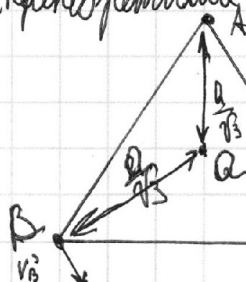
$$AO = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$3 \text{ оборота за время } \tau, \text{ т.е. } \tau = 3T = \frac{6\pi}{\omega} = \frac{6\pi AO}{V_A'}$$

$$\tau = \frac{6 \cdot 3,14 \cdot a}{0,2 \sqrt{3}} = \frac{6 \cdot 3,14 \cdot 0,2}{0,2 \sqrt{3}} = \frac{6 \cdot 3,14 \sqrt{3}}{3} = 6,28 \sqrt{3} \text{ с}$$

Ответ: $\tau = 6,28 \sqrt{3} \text{ с}$

3) Равнобедренная система координат в точке B $m = 0,1 \text{ кг}$ (среднегеометрическая по сравнению с Δ) $\Rightarrow$ не учитывается

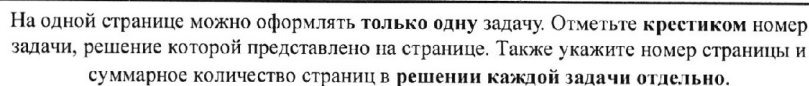


$$V_B' = V_A' = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$R = ma \text{ или } a = \frac{V_B'^2 \sqrt{3}}{a} = 0,2 \sqrt{3}$$

$$R = 0,02 \sqrt{3} \text{ Н}$$

Ответ: $0,02 \sqrt{3} \text{ Н}$

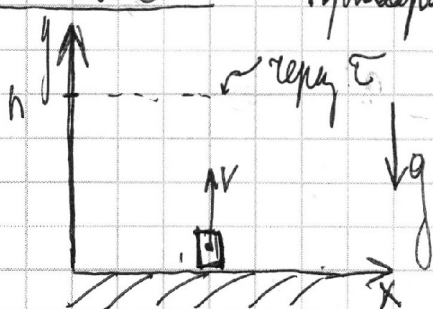


СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Reddyne:

1) Поле многовековой спорной территории передвинулось



$$h = v\lambda - \frac{p\lambda^2}{2}$$

$$V = \frac{h + \frac{g^2}{2}}{g} = \frac{h}{g} + \frac{g}{2} = \frac{8}{98} + \frac{10 \cdot 0.8}{2} = 10 + 4 = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = 14 \frac{u}{c}$$

Н-мани. Включи.

3C3: $\frac{mv^2}{2} = mgh$

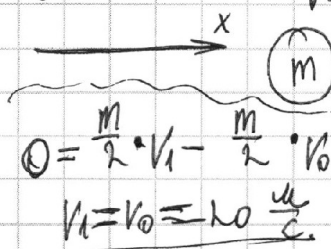
$$H = \frac{v^2}{2g} = \frac{14 \cdot 14}{20} = \frac{49}{5} = 9,8 \text{ m}$$

Orber: $H = 9,8 \text{ m}$

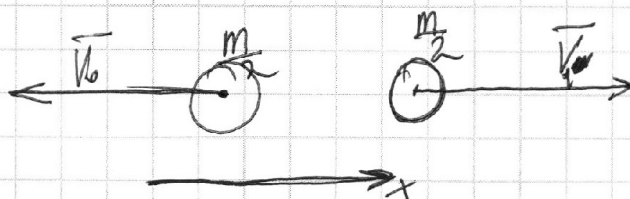
2) Расстояние между околными слоями max или то есть
направлено ~~перпендикулярно~~ параллельно земле.

3000

20

$$V=0$$


Howe





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

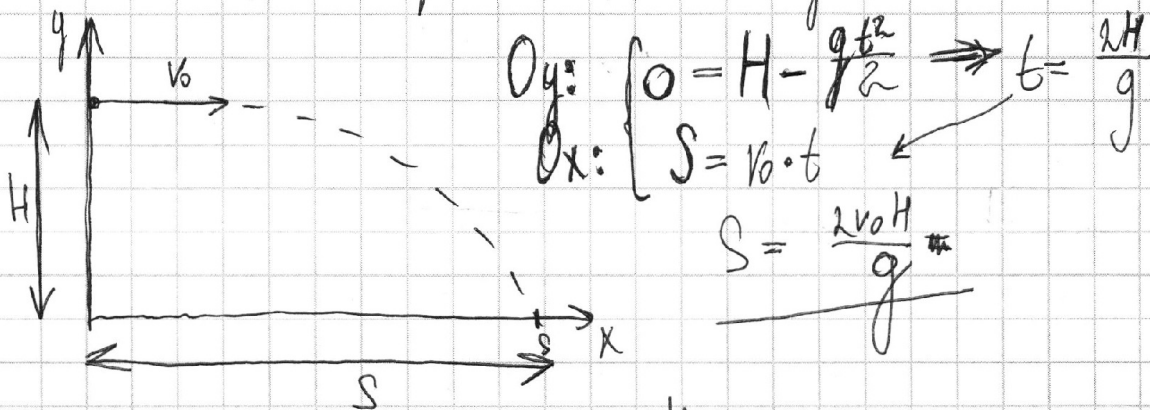
7
☐

СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Пока $L_{\max} = 2S$ где S расстояние от точки старта до места падения одного осколка.

Рассмотрим траекторию одного осколка



Пока $L_{\max} = 2S = 4 \frac{v_0H}{g} = 48,4 \text{ м}$
Ответ: $L_{\max} = 48,4 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано: $m = 0,1 \text{ кг}$
 $L = 1,6 \text{ л}$

Решение:

$\sin \beta = \frac{4}{5}$
 $\cos \beta = \frac{3}{5}$

α_1 - угловая ускорения с массой m в начальный момент времени.
 L - расстояние между α_1 и осью вращения.

1) В начальный момент времени (при освобождении системы) по закону инерции углового скорости $\omega_1 = \frac{v_1}{r} = 0$, и существует только тангенциальное ускорение (a_τ) $\Rightarrow \vec{a}_1 = \vec{a}_\tau$

Примем $\vec{a}_1 \perp$ Вращению, ось перпендикулярна плоскости рисунка.

Из подобия $\Delta \Rightarrow L \equiv \beta$ т.е. $\sin L = \frac{4}{5}$; $\cos L = \frac{3}{5}$.

Ответ: $\sin L = \frac{4}{5}$

2) Масса с массой m :

2-й закон Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{T}_{H1} = m\vec{a}_1$$

$$Ox: T \cos L - mg \sin L = ma_1 \quad (1)$$

$$Oy: T_{H1} - T \sin L - mg \cos L = 0$$

Следует помнить что ускорения у обеих шаров одинаковы, т.е. они связаны.

2-й закон Ньютона: (для шара $3m$)

$$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{T}_{H2} = 3m\vec{a}_2$$

$$Ox: 3mg \sin L - T \cos L = 3ma_2 \quad (2)$$

$$Oy: T_{H2} - 3mg \cos L - T \sin L = 0$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.



СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~Решение~~

$$(1): T \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma_1$$

$$(2): 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha = 3ma_1$$

Решим данную систему
и найдем T и a_1

$$ma_1 + mg \sin \alpha = 3mg \sin \alpha - 3ma_1$$

$$4a_1 = 2g \sin \alpha$$

$$a_1 = \frac{1}{2} g \sin \alpha \quad \text{где } \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\text{т.е. } a_1 = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$\text{Ответ: } a_1 = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$3) (1): T \cos \alpha = ma_1 + mg \sin \alpha$$

$$T = \frac{m(a_1 + g \sin \alpha)}{\cos \alpha}$$

$$\text{где } a_1 = 4 \frac{m}{c^2}; \sin \alpha = \frac{4}{5}; \cos \alpha = \frac{3}{5}$$

$$T = 2H$$

$$\text{Ответ: } T = 2H$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N4

Дано:

$i=3$

$\nu=2$ моль

$T_0=300$ К

График

Решение:

$$\frac{C_V}{R} = \frac{i}{2} = \frac{3}{2} \quad (C_V - \text{молярная теплоемкость при } V=\text{const})$$

$$\frac{C_P}{R} = \frac{i+2}{2} = \frac{5}{2} \quad (C_P - \text{молярная теплоемкость при } p=\text{const})$$

Процесс:

2-3: Т.К. $\frac{C}{R} = \frac{3}{2}$ по ν изохорное ^{охлаждение} ~~нагрев~~; $V=\text{const}$; $T \downarrow$; $p \downarrow$

3-1: Т.К. $\frac{C}{R} = \frac{5}{2}$ по ν изобарное ~~нагрев~~; $p=\text{const}$; $T \downarrow$; $V \downarrow$

В точке 1 ν из или изобарное хох-ни: $p_1=p_0$; $V_1=V_0$; $T_1=T_0$

Процесс 3-1: 3-н Тейл - процесс $\Rightarrow p_3=p_1=p_0$

$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_0}{T_0}$ при этом из графика видно, что $T_3=3T_0$, тогда $V_3=V_0$.

Процесс 2-3: 3-н Шарля $\Rightarrow V_2=V_3=3V_0$

$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_0}{T_0}$ при этом из графика видно, что $T_2=9T_0$, тогда $p_2=3p_0$

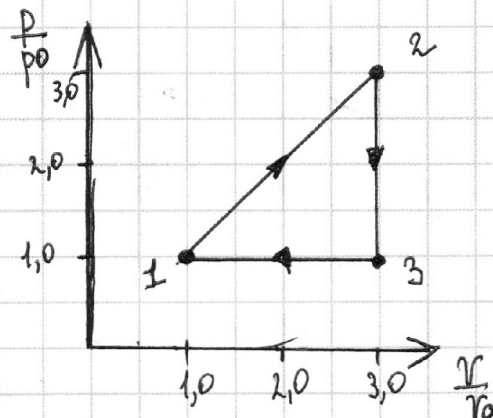
Выводим:

Т.1: $p_1=p_0$; $V_1=V_0$; $T_1=T_0$

Т.2: $p_2=3p_0$; $V_2=3V_0$; $T_2=9T_0$

Т.3: $p_3=p_0$; $V_3=3V_0$; $T_3=3T_0$

1) Нарисовать график в координатах $(\frac{p}{p_0}, \frac{V}{V_0})$





1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

2) Расширение газа происходит только в процессе 1-2:

$$Q_1 = A_{1-2} + \Delta U_{1-2}$$

Уравнение Клапейрона-Менделеева для T.1:
 $p_0 V_0 = \nu R T_0$

$$A_{1-2} = \frac{p_0 + 3p_0}{2} \cdot 2V_0 = 4p_0 V_0 = 4\nu R T_0$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot \nu R \cdot 8T_0 = 12\nu R T_0$$

ИД $Q_1 = 16\nu R T_0 = 79776 \text{ Дж}$

Ответ: $Q_1 = 79776 \text{ Дж}$

3) A^2 - работа газа за цикл.
 $M = 150 \text{ т}$
 $N = 10$

A^2 - площадь фигуры внутри цикла.
 $A^2 = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 2V_0 = 2p_0 V_0 = 2\nu R T_0$

по условию $A^{\text{пол}} = \frac{1}{2} A^2 = \nu R T_0$

Энергия за N циклов $= A^{\text{пол}} \cdot N$

Энергия уходит на ~~сделанный~~ совершение работы
по наклонной плоскости ($V = \text{const}$)
 $A = M g H$

ИД найдем

$$A^{\text{пол}} \cdot N = A$$

~~ИД~~: $\nu R T_0 \cdot N = M g H$

$$H = \frac{\nu R T_0 N}{M g} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 300 \cdot 10}{150 \cdot 10} = 4,8,31 = 33,24 \text{ м}$$

Ответ: $H = 33,24 \text{ м}$

$$\begin{array}{r} 98 \\ \times 28 \\ \hline 784 \end{array}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

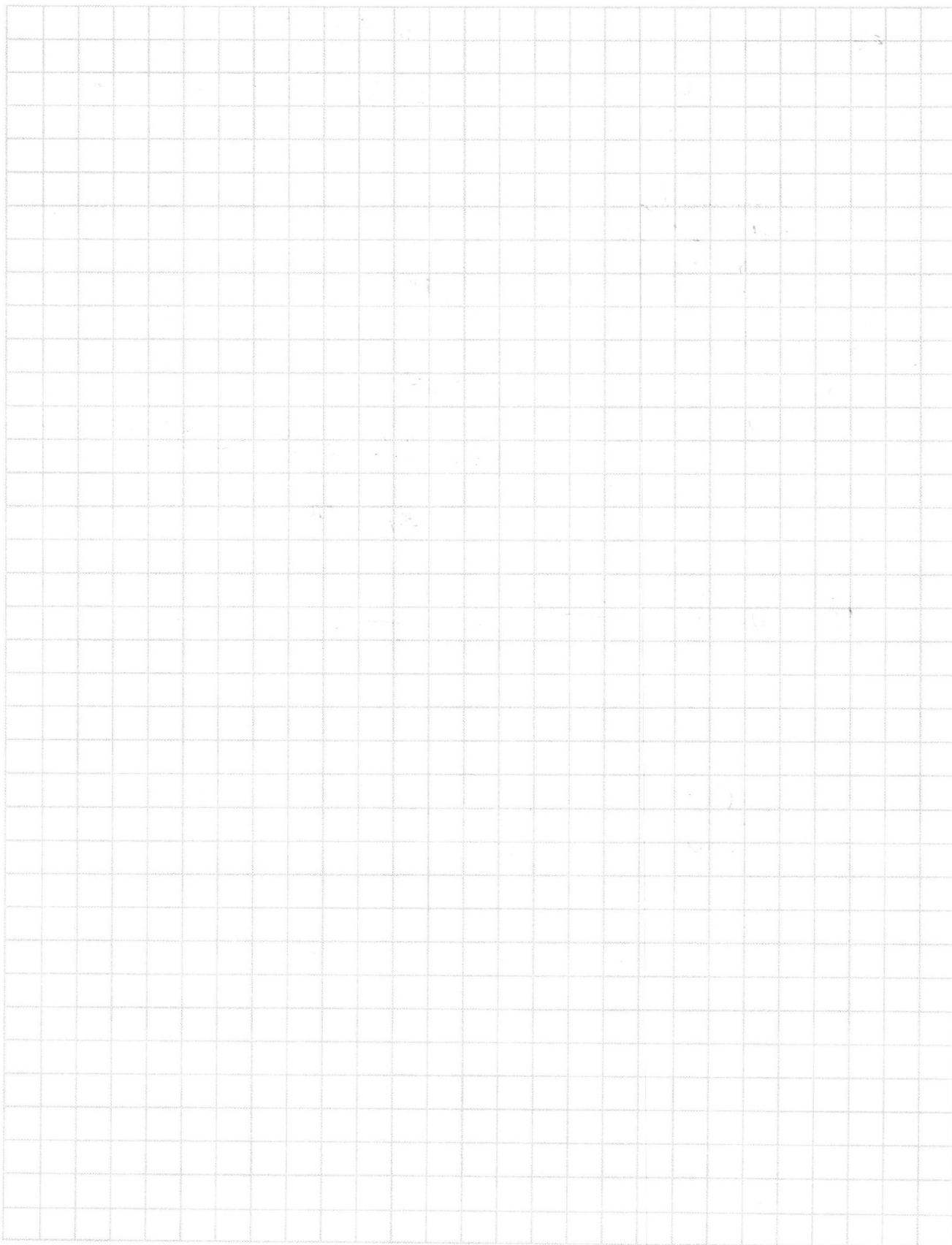
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

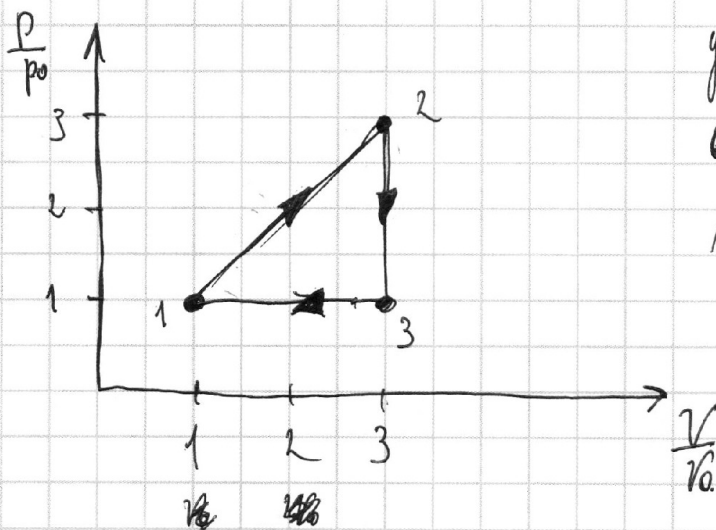
СТРАНИЦА
 __ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{C_p}{R} = \frac{3}{2} \approx \frac{i}{2}$$

$$\frac{C_p}{R} = \frac{i+1}{2} = \frac{5}{2}$$

1-2: $v = \text{const}$; $v = 2 \text{ макс.}$
 2-3: $v = \text{const}$; $v = 2 \text{ макс.}$
 3-4: $p = \text{const}$; $v = 2 \text{ макс.}$



$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 96 \\ \hline 4986 \\ 7479 \\ \hline 79776 \end{array}$$

$$A_{\text{max}} = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 2v_0 = 2p_0v_0$$

$$A_{\text{max}} = 2 \cdot 1R T_0$$

$$A_{\text{max}} = 1R T_0$$

$$N \cdot A_{\text{max}} = mgh$$

$$N \cdot 1R T_0 = mgh$$

$$10 \cdot 2 \cdot 831 \cdot 300 = 150 \cdot 10 \cdot h$$

Точка 1: T_0 по v_0

Точка 3: $3T_0$ по $3v_0$

Точка 2: $9T_0$ по $3v_0$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 96 \\ \hline 4986 \\ 7479 \\ \hline 79776 \end{array}$$

$$79776$$

Расширение происходит по
 закону 1-2!

$$Q_1 = A^* + \Delta U$$

$$A^* = \frac{p_0 + 3p_0}{2} \cdot 2v_0 = 4p_0v_0$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 1R \Delta T = 1R \cdot 8T_0 = 8 \cdot 1R T_0$$

или

$$1. p_0v_0 = 1R T_0$$

$$Q_1 = 12 \cdot 1R T_0$$

$$10 \cdot 32 \cdot 831 \cdot 300 = 96 \cdot 831 \cdot 100$$

$$79776 \cdot Q_m$$

$$h = 4.831$$

$$h = 32 + 1.24 =$$

$$h = 33.24 \text{ м}$$

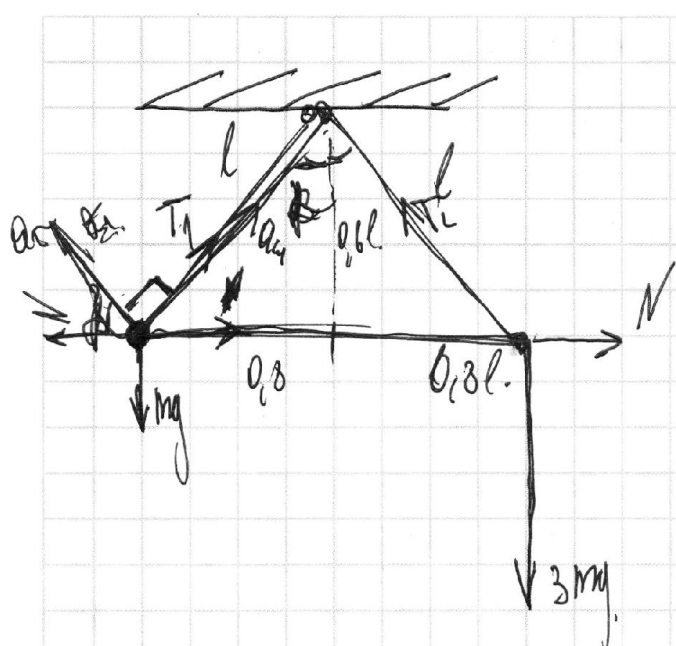


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\sin \beta = \frac{4}{5},$$
$$\cos \beta = \frac{3}{5}.$$

$$\cancel{\frac{4}{5}} \quad \frac{3}{5}$$

$$\begin{cases} T_2 \sin \alpha = N \\ T_2 \cos \alpha = 3mg \end{cases}$$

$$\cancel{T_2 \sin \alpha = N}$$

$$T_2 \cos \alpha = mg$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 3.$$

$$N = 3T_1 \sin \alpha.$$

$$N - T_1 \sin \alpha = \cancel{n T_1 \sin \alpha} = m a_1.$$

$$\frac{0,1 \cdot (4 + 8)}{\frac{3}{5}} = \frac{1,2 \cdot 5}{3} = 0,4 \cdot 5 = 2. \quad a_2 =$$

$$4 \cdot \frac{20 \cdot 9,8}{10} = 8 \cdot 9,8.$$

$$\begin{array}{r} 9,8 \\ \times 1,8 \\ \hline 78,4 \end{array}$$