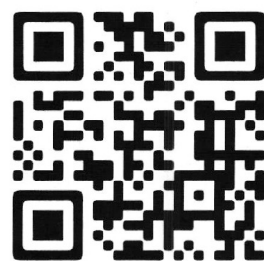




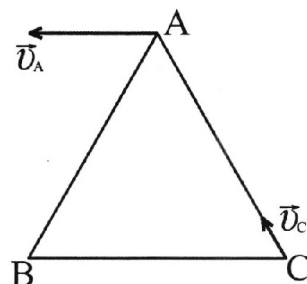
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

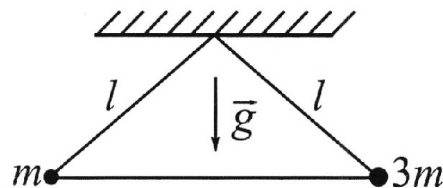
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

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

На максимальной высоте фейерверк разрывается 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.



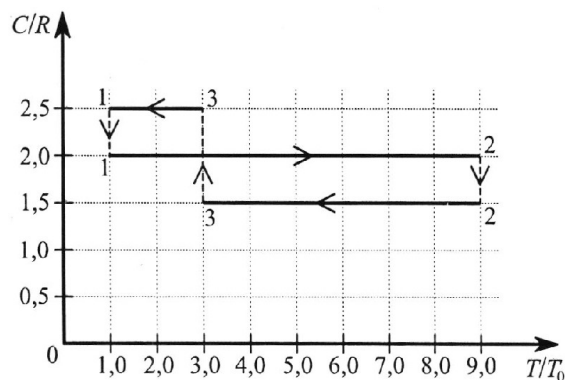
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.



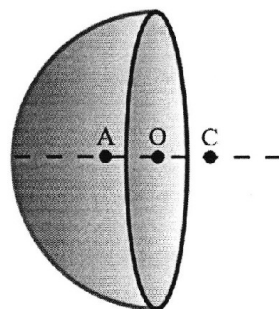
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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.



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!

Поскольку пластина сделана из листа металла, то данную конструкцию можно считать жёсткой.

1) В силу жёсткости проекции $\vec{v}_A$ и $\vec{v}_C$ на прямую AC должны быть равны. Тогда:

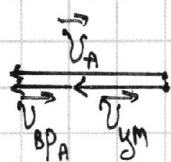
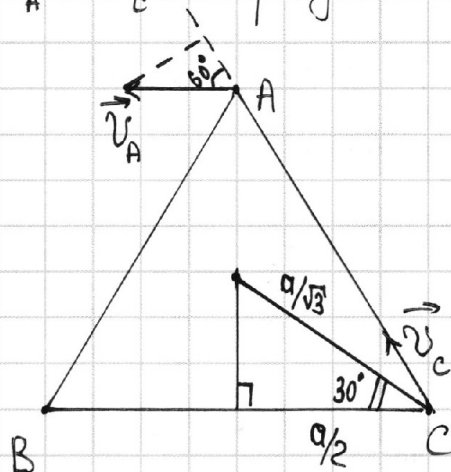
$$v_C = v_A \cos 60^\circ = \frac{v_A}{2} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Вектора скоростей точек A и C складываются из вектора скорости

ц.м. (в силу однородности он

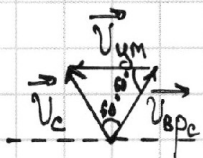
совпадает с геом. центром $\triangle ABC$) и вектора скорости вращения

вокруг ц.м. Из геометрии имеем:



А) Из геометрии $\vec{v}_{врА} \uparrow \vec{v}_A \Rightarrow \vec{v}_{ум} \uparrow \vec{v}_A$, где

$v_{ум}$ — скорость ц.м., $v_{врА}$ — скорость вращения A вокруг ц.м.



Б) Из геометрии $|\vec{v}_C| = |\vec{v}_{врС}| = |\vec{v}_{ум}|$, т.к. эти вектора образуют правильный $\triangle$ ($v_{врС}$ — скорость вращения C вокруг ц.м.)

Пусть ω — угл. скорость вращения системы относительно ц.м. Тогда:

$$\begin{cases} v_A = v_{врА} + v_{ум} \\ v_C = v_{ум} = v_{врС} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_A = v_{ум} + \omega \frac{a}{\sqrt{3}} \\ \frac{v_A}{2} = v_{ум} = \omega \frac{a}{\sqrt{3}} \end{cases} \Rightarrow \omega = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{v_A}{a} = \sqrt{3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$



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!

Тогда:

$$T = \frac{2\pi \cdot 3}{\omega} = (2\pi \cdot \sqrt{3}) \text{ с} = 2\sqrt{3}\pi \text{ с}$$

з) Поскольку масса пчелы $m \ll M$ (пластины), то изменением характера движения пластины можно пренебречь. Тогда пчела будет испытывать на себе действие только одной* силы F , возникающей вследствие центростремительного ускорения $a_{\text{ус}}$.

Тогда:

$$F = m a_{\text{ус}} = m \omega^2 \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} \rightarrow F = 10^{-4} \text{ кг} \cdot 3 \text{ с}^{-2} \cdot \frac{0,2 \text{ м}}{\sqrt{3}} = 0,2 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{3} \text{ Н} = 20\sqrt{3} \text{ мкН}$$

* имеется в виду, что $\vec{R} = \vec{F}$, поскольку сила тяжести и сила реакции опоры полностью компенсируют друг друга.

Ответ: 1) $0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $2\sqrt{3}\pi \text{ с}$ 3) $20\sqrt{3} \text{ мкН}$



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 3

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!

1) Из условия мгновенного сгорания топлива следует, что в начальный момент времени фейерверк обрёл некую начальную скорость $v_{нач}$, а затем двигался в однородном поле тяжести с ускорением $\vec{g}$. Пусть на высоте $h=8\text{ м}$ он имел скорость v_h . Тогда:

$$v_h = v_{нач} - gt$$

$$h = v_{нач}t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow v_{нач} = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Тогда максимальная высота подъёма равна:

$$H = \frac{v_{нач}^2}{2g} = 9,8 \text{ м}$$

2) Поскольку на высоте H скорость фейерверка равна 0, а массы осколков одинаковы, то по ЗСИ вектора скоростей осколков равны по модулю, но противоположны по направлению.

Пусть скорость I осколка направлена под углом α вверх ($\alpha < 0$, если вниз) к горизонту. Пусть L_1 — расстояние между точкой запуска фейерверка и точкой приземления I осколка. Тогда:

см. след. стр.



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 3

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!

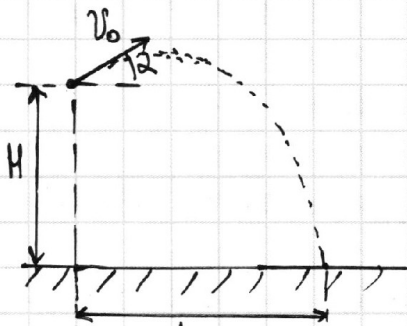
$$\begin{cases} H = v_0 \sin \alpha \cdot t \cdot (-1) + \frac{gt^2}{2} \\ L_1 = v_0 \cos \alpha \cdot t \end{cases}$$

t — время полёта I осколка

$$gt^2 - 2v_0 \sin \alpha \cdot t - 2H = 0$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{4v_0^2 \sin^2 \alpha + 8Hg}}{2g} = \frac{v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \quad (\oplus \text{ т.к. } v_0 \sin \alpha < \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} \text{ и } t > 0)$$

$$L_1 = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$



Очевидно, что для II осколка всё аналогично с той лишь разницей,

что угол равен $(-\alpha)$. Тогда:

$$L_2 = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$L = L_1 + L_2 = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$, где L — расстояние между осколками после их приземления.

$$L = \frac{2v_0^2}{g} \sqrt{\sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \frac{2gH}{v_0^2} \cos^2 \alpha} = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \sqrt{k(\alpha)}, \text{ где } k = \sqrt{\sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + \frac{2gH}{v_0^2} \cos^2 \alpha}$$

$L = L_{\max}$ при $k = k_{\max}$. Тогда продифференцируем функцию $k(\alpha)$:

$$k'(\alpha) = 2 \cdot \frac{1}{2} \sin \alpha \cos \alpha \cdot 2 \sin \alpha \cos \alpha \cdot (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) + \frac{2gH}{v_0^2} \cdot 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) = 0$$

$$\textcircled{1} \sin \alpha = 0 \text{ или } \cos \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0^\circ \text{ или } \alpha = 90^\circ$$

$$\textcircled{2} \sin \alpha \neq 0 \neq \cos \alpha \Rightarrow (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) - \frac{2gH}{v_0^2} = 0 \Rightarrow 1 - 2\sin^2 \alpha - \frac{4g}{100} = 0$$

$$2\sin^2 \alpha = \frac{51}{100} \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{51}{200}$$

см. след. стр.



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
3 ИЗ 3

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!

Для каждого из найденных значений посчитаем $k(\alpha)$:

$$\alpha = 0^\circ: k(0^\circ) = \frac{2gH}{v_0^2} = \frac{4g}{100}$$

$$\alpha = 90^\circ: k(90^\circ) = 0$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{51}{200}: k = \sin^2 \alpha (1 - \sin^2 \alpha) + \frac{4g}{100} (1 - \sin^2 \alpha) = \frac{4g}{200} \cdot \frac{149}{200} + \frac{4g}{100} \cdot \frac{51}{200} \cdot \frac{149}{200} + \frac{4g}{100} \cdot \frac{149}{200} =$$
$$= \frac{51 \cdot 149 + 49 \cdot 149 \cdot 2}{200^2} = \frac{149 \cdot 100 + 49 \cdot 149}{200^2} = \left(\frac{149}{200}\right)^2$$

$$\left(\frac{149}{200}\right)^2 > \frac{4g}{100} > 0 \Rightarrow k_{\max} = \left(\frac{149}{200}\right)^2$$

Тогда:

$$L_{\max} = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \sqrt{k_{\max}} = \frac{2 \cdot 400}{10} \cdot \frac{149}{200} \text{ м} = \frac{4 \cdot 149}{10} \text{ м} = 59,6 \text{ м}$$

Ответ: 1) $H = 9,8 \text{ м}$ 2) $L_{\max} = 59,6 \text{ м}$



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!

1) Поскольку нить нерастяжима,

то шарики будут двигаться

по дугам окружности

радиуса l . При этом

в начальный момент

времени нормальная проекция

ускорения равна 0, т.к. в начальный момент

времени скорость шарика также равна 0. При этом

ускорение направлено вверх к горизонту, т.к. момент сил тяжести

относительно O (точки крепления нитей) равен $2mg \cdot 0,8l > 0$

(если считать вращение по часовой стрелке за положительный

момент). Тогда из геометрии (см. рис.) $\sin \alpha = \frac{0,8l}{l} = 0,8$.

2) Введём ось X ~~нити~~ $\perp$ нити, связанной с шариком m . Тогда:

~~$\otimes$ $ma_1 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha$~~

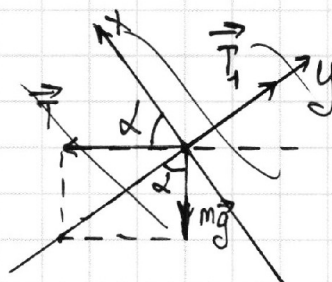
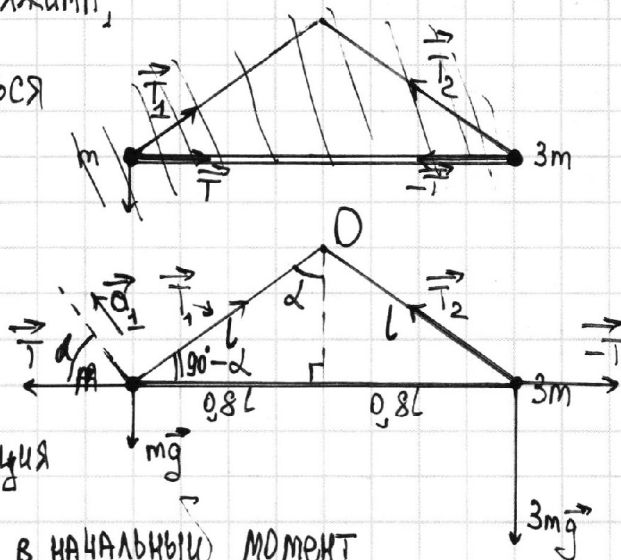
~~$\odot$ $\vec{a} = \vec{a}_1 \leftarrow \vec{T}_1^2 = \vec{T}^2 + m$~~

Из геометрии и того, что норм. проекция ускорения равна 0, имеем:

~~$\vec{T}_1 = \vec{T} + m\vec{g}$~~

~~$\frac{T}{mg} = \frac{1}{\sin \alpha}$~~

см. след. стр.





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!

Тогда:

$$ma_1 = mg \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

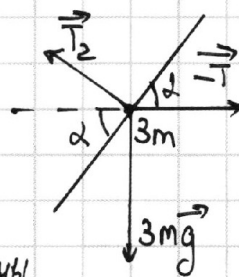
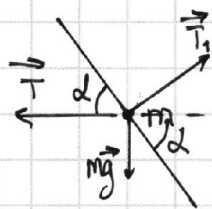
У):

2) Заметим, что ускорение II шарика $\vec{a}_2$ также направлено под углом α к горизонту, но вниз.

Тогда спроецируем для каждого шарика IIЗН на оси 1 и 2:

$$\begin{cases} ma_1 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha \\ 3ma_2 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha \end{cases}$$

$$3ma_2 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$



В приближении жёсткого стержня

проекция ускорений шариков на ось стержня равны.

Тогда:

$$a_1 \cos \alpha = a_2 \cos \alpha \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$\begin{cases} ma_1 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha \\ 3ma_1 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow 4ma_1 = 2mg \sin \alpha \Rightarrow a_1 = g \cdot \frac{\sin \alpha}{2} = 0,4g = 4 \frac{m}{c^2}$$

$$3) T = \frac{1}{\cos \alpha} mg \left(\frac{\sin \alpha}{2} + \sin \alpha \right) = \frac{3}{2} \tan \alpha \cdot mg = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} mg = 2mg = 2 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $\sin \alpha = 0,8$ 2) $4 \frac{m}{c^2}$ 3) 2 Н



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!

1) Заметим, что для одноатомного газа при $C = \frac{3}{2}R$ происходит изохорный процесс, а при $C = \frac{5}{2}R$ — изобарный.

Рассмотрим случай с $C = 2R = \frac{4}{2}R$:

$$Q = 2\gamma R \Delta T = \frac{3}{2}\gamma R \Delta T + \frac{1}{2}\gamma R \Delta T = \Delta U + A \Rightarrow A = \frac{1}{2}\gamma R \Delta T$$

т.к. $C = 2R$

Пусть Δp , ΔV , ΔT — очень малые изменения соотв. величин. Тогда:

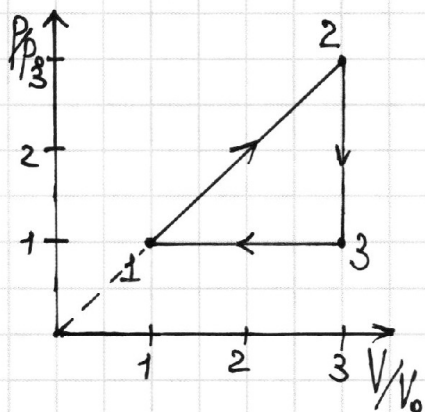
$$\begin{cases} pV = \gamma RT \\ (p + \Delta p)(V + \Delta V) = \gamma R(T + \Delta T) \end{cases} \Rightarrow \Delta p \cdot V + p \Delta V = \gamma R \Delta T \quad (\Delta p \Delta V \rightarrow 0)$$

Тогда:

$$\begin{cases} \Delta p \cdot V + p \Delta V = \gamma R \Delta T \\ A = p \Delta V = \frac{1}{2}\gamma R \Delta T \end{cases} \Rightarrow \Delta p \cdot V + p \Delta V = 2p \Delta V \Rightarrow \Delta p \cdot V = p \Delta V \Rightarrow \frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{p}{V}$$

Поскольку $\frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{p}{V}$ справедливо для любого момента времени, когда $C = 2R$, то имеем на этом участке прямую пропорциональность $p \sim V$.

Тогда график имеет следующий вид:





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!

2) Из графика $\frac{p}{p_0} \left(\frac{V}{V_0} \right)$ видно, что газ расширяется лишь на участке 1-2. В этом процессе его теплоёмкость $C=2R$.

Тогда:

$$Q_1 = 2R \cdot \gamma \cdot 8T_0 = 16\gamma RT_0 = (16 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300) \text{ Дж} \approx 79776 \text{ Дж}$$

3) работа газа за один цикл равна (по графику $\frac{p}{p_0} \left(\frac{V}{V_0} \right)$):

$$A_{\text{цикл}} = 2p_0 \cdot 2V_0 \cdot \frac{1}{2} = 2p_0 V_0 = 2\gamma RT_0$$

Для системы груз-подъёмник имеем:

$$MgH = \frac{1}{2} N \cdot 2\gamma RT_0 = N\gamma RT_0$$

$$H = \frac{N\gamma RT_0}{Mg} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300}{150 \cdot 10} \text{ м} = 4 \cdot 8,31 \text{ м} = 33,24 \text{ м}$$

Ответ: 1) см. стр. 1 2) 79776 Дж 3) 33,24 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 1

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!

1) —

2) Пусть на участке АО работа эл. стат. сил равна A .

Тогда по ЗЦПМЭ имеем:

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

Для участка ОС представим, что частица движется в суперпозиции поля полной сферы зарядом $2Q$ и полусферы зарядом $(-Q)$, где последняя занимает всю часть сферы, не занятую

исходной полусферой. Пусть при перемещении из О в С эл. стат. силы совершили работу A' . Заметим, что вклад поля полной сферы равен 0, т.к. внутри ^{полой} сферы $F_{кул} = 0$.

Тогда работу совершает только эл. поле полусферы $(-Q)$, при этом в силу симметрии любой элементарной работе с участка ОС можно сопоставить единственную элементарную работу с участка АО, выполненную на симметричном малом отрезке. Тогда $A' = A$. Отсюда:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{mv^2}{2} = A \\ \frac{mv_c^2}{2} = A + A' \end{array} \right\} \Rightarrow v_c^2 = 2v_0^2 \Rightarrow v_c = v_0\sqrt{2}$$

Ответ: $v_c = v_0\sqrt{2}$.

1) —



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!

$$c = \text{const} \rightarrow PV^n = \text{const}$$

$$Q = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T + \int_{p_{\text{нач}}}^{p_{\text{кон}}} p dV = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T + \gamma R \Delta T$$

$$\textcircled{1} c = \frac{5}{2} R$$

$$Q = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T + \gamma R \Delta T \rightarrow p = \text{const}$$

$$\textcircled{2} c = \frac{3}{2} R$$

$$Q = \gamma R \Delta T \rightarrow V = \text{const}$$

$$\textcircled{3} c = \frac{4}{2} R$$

$$\Delta p = \alpha \Delta V$$

$$Q = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T + \frac{1}{2} \gamma R \Delta T$$

$$\cancel{1/} \quad pV = \gamma RT$$

$$(p + \Delta p)(V + \Delta V) = \gamma R (T + \Delta T)$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{\Delta p} + \frac{1}{\Delta V}$$

$$\Delta p V + p \Delta V = \gamma R \Delta T$$

$$\Delta p \cdot V + p \cdot \Delta V = 2 \cdot p \Delta V$$

$$\Delta p V = p \Delta V$$

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta V}{V} \quad \frac{\Delta p}{\Delta V} = \frac{p}{V} \rightarrow p \sim V$$



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
☐

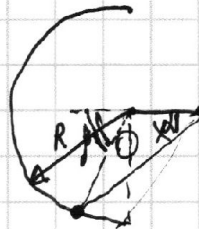
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

$$16 \cdot 2 \cdot 300 = 9600$$

$$\begin{array}{r} 9600 \\ - 831 \\ \hline 8769 \\ - 831 \\ \hline 4486 \\ + 4479 \\ \hline 8965 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \cdot 831 \\ \hline 96 \\ + 4986 \\ + 7479 \\ \hline 79776 \end{array}$$



$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{R}{x}$$

$$\beta = \alpha + \arcsin \left(\sin \alpha \cdot \frac{x}{R} \right)$$

$$W = \frac{qE^2}{2}$$

$$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$K_A \cdot \frac{H^2}{K_A^2} = \frac{\text{кг}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{с}^4 \cdot K_A}$$

$$\text{кг} \leq \text{с}^2 \cdot K_A$$

$$k \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{K_A^2}{\text{м}^2} \right] = \left[\frac{\text{кг} \cdot K_A^2}{\text{м} \cdot \text{с}^2} \right]$$

$$E \left[\frac{\text{м}}{\text{кг}} \right] = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot K_A} \right]$$