



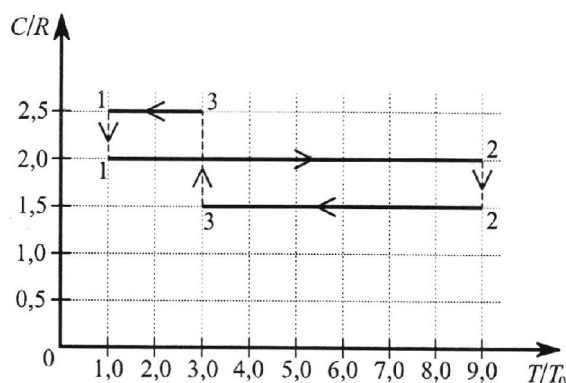
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200$ К.

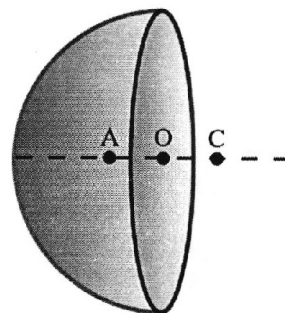


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 $M = 415$ кг за $N = 25$ 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 закреплённой 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 кинетическая энергия частицы равна K .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . 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.



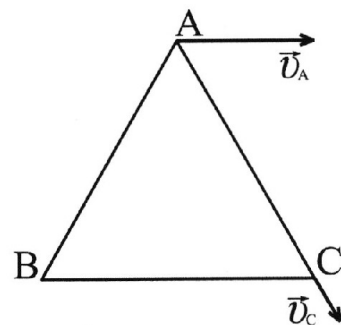
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

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 $v_A = 0,6$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?

Пчела массой $m = 60$ 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.

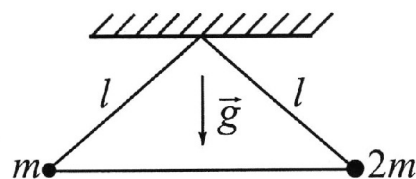
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

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 $V_0 = 30$ 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 $m = 200$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. 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.

~~Так~~ Так как на тело не действуют возмущающие силы, скорость центра масс остается постоянной.



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!

$$\omega = \frac{v_{A \text{ мин}}}{AC_1} = \frac{v_{A \text{ мин}}}{\frac{2}{3} AN} = \frac{v_{A \text{ мин}}}{\frac{12}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2}} = \frac{\beta v_{A \text{ мин}}}{a\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot v_A}{a \cdot 2} = \frac{v_A \sqrt{3}}{2a}$$

$$\tau = \delta \cdot T = \delta \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{16\pi}{\omega} = \frac{16\pi \cdot 2a}{v_A \sqrt{3}} = \frac{32\pi a}{v_A \sqrt{3}} = \frac{32 \cdot \pi \cdot 2,5 \text{ м}}{0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с} = \frac{16\pi\sqrt{3}}{3} \text{ с} \approx 29 \text{ с}$$

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 16 \\ \hline 1884 \\ + 314 \\ \hline 5024 \end{array} \quad \begin{array}{r} 50,24 \\ \times 1,73 \\ \hline 15072 \\ + 35168 \\ \hline 869152 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 86,9152 \overline{) 3} \\ - 6 \\ \hline 26 \\ - 24 \\ \hline 29 \\ - 24 \\ \hline 21 \\ - 21 \\ \hline 05 \\ - 3 \\ \hline 22 \\ - 21 \\ \hline 1 \end{array}$$

В центре
центра масс
масса вращается по
(равномерно)
окружности радиусом

$$\frac{a\sqrt{3}}{3} \Rightarrow a_n = \omega^2 \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{v_A^2 \sqrt{3}}{4a} \Rightarrow F_{тр} = m a_n = \frac{m v_A^2 \sqrt{3}}{4a}$$

$$N = mg; \Rightarrow R = \sqrt{F_{тр}^2 + N^2} = \sqrt{\frac{m^2 v_A^4 \cdot 3}{16a^2} + m^2 g^2}$$

$$\begin{aligned} &= m \sqrt{\frac{3 v_A^4}{16 a^2} + g^2} = 60 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \sqrt{\frac{3 (0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}})^4}{16 \cdot (0,3 \text{ м})^2} + (10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2})^2} = \\ &= 60 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{16 \cdot 0,3 \cdot 0,3} + 100} \text{ Н} = 60 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{4} + 100} \text{ Н} = \\ &= 60 \cdot 10^{-6} \sqrt{0,27 + 100} \text{ Н} = 60 \cdot 10^{-6} \sqrt{100,27} \text{ Н} \approx 60 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \text{ Н} = \\ &= 6 \cdot 10^{-4} \text{ Н} = 6 \cdot 10^{-1} \text{ мН} = 0,6 \text{ мН} \end{aligned}$$



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!

Вертикальные шты, действующие на шты,
сжатие $\Rightarrow R = F_{тр} = \frac{m v_A^2 \sqrt{3}}{4a} =$
 $= \frac{15 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot (0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 \cdot \sqrt{3}}{4 \cdot 3 \text{ см}} = \frac{15 \cdot 10^{-6} \cdot 0,36 \cdot \sqrt{3}}{12} \text{ Н} =$
 $= 30 \cdot 36 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н} = 48 \sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н} \approx 31,14 \text{ мкН}$

$$\begin{array}{r} 52 \\ 1,73 \\ \times 18 \\ \hline 1384 \\ 173 \\ \hline 3114 \end{array}$$

ОТВЕТ: 1) $v_c = 0,3 \frac{\sqrt{A}}{2} = 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}};$

2) $\tau = \frac{32 \pi a}{v_A \sqrt{3}} \approx 29 \text{ с};$

3) $R = \frac{m v_A^2 \sqrt{3}}{4a} \approx 31,14 \text{ мкН};$



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 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!

Так как топливо горело мгновенно, фейерверк начал двигаться вверх с начальной скоростью u_0 и ускорением g , направленным вниз.

$$h = u_0 \tau - \frac{g \tau^2}{2} \Rightarrow u_0 = \frac{h + \frac{g \tau^2}{2}}{\tau} = \frac{h}{\tau} + \frac{g \tau}{2} = \frac{15 \text{ м}}{10} + \frac{5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10}{2} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

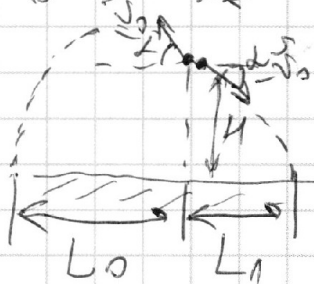
По закону сохранения энергии: $\frac{m u_0^2}{2} = m g H$

$$H = \frac{u_0^2}{2g} = \frac{\left(\frac{h}{\tau} + \frac{g \tau}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g}}{2g} = \frac{\left(20 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{400}{20} \text{ м} = 20 \text{ м}$$

Скорость, а значит, и импульс фейерверка $\vec{p}$ на максимальной высоте равен $\vec{0}$.

По закону сохранения импульса:

$$\vec{0} = m_{\text{жк}} \cdot \vec{v}_0 + m_{\text{жк}} \cdot \vec{v}_1 \Rightarrow \vec{v}_1 = -\vec{v}_0;$$



$$\left. \begin{aligned} L_0 &= v_0 \cos \alpha \cdot t_0 \\ H &= -v_0 \sin \alpha \cdot t_0 + \frac{g t_0^2}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{g t_0^2}{2} - v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - H = 0$$

$$\Phi = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2g \cdot \frac{g}{2} \cdot H = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH$$

$$L = L_0 + L_1 \quad \text{А } t_0 = \frac{v_0 \sin \alpha \pm \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$L_0 = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

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

Аналогично найдем:



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!

$$L = L_0 + L_1 = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh} = v_0 \cos \alpha \cdot 2 \cdot \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}$$

$$L' = \frac{2v_0}{g} \cdot \left(-\sin \alpha \cdot \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh} + \cos \alpha \cdot \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}} \right) = 0$$

$$-\sin \alpha \cdot \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh} + \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos^2 \alpha}{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}} = 0 \quad (\text{умножить на } \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh})$$

$$\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh = v_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$2gh = v_0^2 (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)$$

$$2gh = v_0^2 \cos 2\alpha$$

$$\cos 2\alpha = \frac{2gh}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м}}{(30 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} = \frac{400}{900}$$

$$\cos 2\alpha = \frac{4}{9}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \arccos \frac{4}{9} \quad \text{— точка максимума} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L_{\max} = L(\alpha = \frac{1}{2} \arccos \frac{4}{9})$$

$$2\cos^2 \alpha - 1 = \cos 2\alpha = \frac{4}{9} \Rightarrow 2\cos^2 \alpha = 1 + \frac{4}{9} = \frac{13}{9}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{13}{18} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{13}}{3\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{26}}{6}$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha = 1 - \frac{13}{18} = \frac{5}{18}$$

$$L_{\max} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{26}}{6} \cdot \frac{1}{\sqrt{13}} \cdot \sqrt{(30 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 \cdot \frac{5}{18} + 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м}} = \sqrt{\frac{30 \cdot 30 \cdot 5}{18} + 400} \text{ м} =$$

$$= \sqrt{250 + 400} \text{ м} = \sqrt{650} \text{ м} = \sqrt{13 \cdot 50} \text{ м} = \sqrt{26 \cdot 25} \text{ м} = 5\sqrt{26} \text{ м} \approx 5 \cdot 5,1 \text{ м} = 25,5 \text{ м}$$

ОТВЕТ: 1) $H = 20 \text{ м}$; 2) $L_{\max} = 25,5 \text{ м}$.

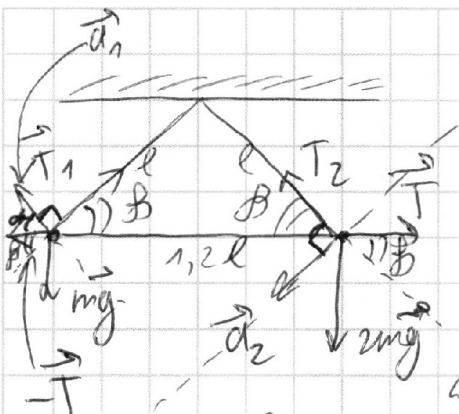


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Предположим, что обе массы в начальный момент времени неподвижны. Тогда как скорости в вершине шариков равны нулю, их ускорения — тангенциальные следовательно, направлены перпендикулярно ~~касательной~~ ~~касательной~~ касательной к траектории катания.

Запишем теорему косинусов:

$$l^2 + (1,2l)^2 - 2 \cdot l \cdot 1,2l \cdot \cos \beta = l^2$$

$$(1,2l)^2 = 2,4l^2 \cos \beta$$

$$1,44l^2 = 2,4l^2 \cos \beta$$

$$\cos \beta = \frac{1,44}{2,4} = \frac{14,4}{24} = \frac{144}{240} = \frac{12^3}{20^3} = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin \beta = \frac{4}{5} = \cos \alpha$$

$$\begin{aligned} T \cos \beta + 2mg \sin \beta &= T_2 \quad (1) \\ 2mg \cos \beta - T \sin \beta &= 2ma_2 \quad (2) \end{aligned}$$

$\alpha = 90^\circ - \beta \Rightarrow \sin \alpha = \cos \beta = \frac{3}{5}$
 $\cos \alpha = \sin \beta = \frac{4}{5}$

$$\begin{aligned} T \sin \beta + mg \sin \beta &= T_1 \quad (3) \\ T \sin \beta - mg \cos \beta &= ma_1 \quad (4) \end{aligned}$$

П.к. ускорения a_1 и a_2 — тангенциальные, они равны

$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{dv_2}{dt}$$

П.к. скорости любых двух точек на нити равны.

$$\begin{aligned} v_1 \sin \beta &= v_2 \sin \beta \\ v_1 &= v_2 \\ a_1 &= a_2 \end{aligned}$$

(4): $a_1 = \frac{T \sin \beta}{m} - g \cos \beta$
(2): $a_2 = g \cos \beta - \frac{T \sin \beta}{2m}$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{3/5}{4/5} = \frac{3}{4}$$

$$\begin{aligned} \frac{T \sin \beta}{m} - g \cos \beta &= g \cos \beta - \frac{T \sin \beta}{2m} \\ \frac{3T \sin \beta}{2m} &= 2g \cos \beta \Rightarrow T = \frac{2m}{3} \cdot 2g \cos \beta = \\ &= \frac{4mg \cos \beta}{3} = \frac{4mg \sin \alpha}{3 \cos \alpha} = \frac{4mg \tan \alpha}{3} = \frac{4mg \cdot \frac{3}{4}}{3} = 1,3 \cdot 2 \cdot 10 \cdot \frac{m}{0,2} \cdot \frac{3}{4} = 211 \end{aligned}$$



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!

Модуль T получился положительным $\Rightarrow$ направление вектора $\vec{T}$ выбрано правильно, кроме того, T_1 и T_2 также получились положительными (взят из уравнений (1) и (3)), а значит, предположение о направлении сил верно. В начале решения оказалось верно.

$$(4): a_1 = \frac{T \sin \beta}{m} - g \cos \beta = \frac{2H \cdot \frac{4}{5}}{0,2 \text{ кг}} - \frac{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{3}{5}}{1} = \frac{8H}{1 \text{ кг}} - 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \boxed{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}.$$

ОТВЕТ: 1) $\sin \alpha = \frac{3}{5} = 0,6$

2) $a_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

3) $T = 2H$



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 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!

$$C = \frac{\delta Q}{dT} ; i = 3$$

Закон сохранения энергии (первое начало термодинамики)!
термодинамики!

$$dU = \delta Q - \delta A$$

$$\frac{i}{2} \nu R dT = \delta Q - p dV$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow p = \frac{\nu RT}{V}$$

$$\frac{3}{2} \nu R dT = \delta Q - p dV \quad | : dT (\nu dT)$$

$$T = \frac{pV}{\nu R}$$

$$p dV = \frac{\nu RT dV}{V}$$

$$\frac{3}{2} \nu R =$$

$$\frac{3}{2} R = C - \frac{p dV}{dT}$$

$$\frac{3}{2} R = C - \frac{\nu R T dV}{V \cdot dT}$$

$$C = \frac{3}{2} R + \frac{T}{V} \cdot \frac{dV}{dT} \cdot R$$

Температура газа
на камнях из уравнения
цикла постоянна $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{T}{V} \cdot \frac{dV}{dT} = \text{const}$$

$$\frac{dV/V}{dT/T} = \text{const}$$

Для уравнения 3-1:

$$C_{3-1} = 2,5 R = \frac{5}{2} R = \frac{3}{2} R + \frac{dT/T}{dV/V} \cdot R$$

$$\frac{dV/V}{dT/T} = 1$$

$$\frac{V}{V_3} = \frac{pV}{\nu RT_3}$$

$$\frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

$$p_0 = p = \frac{\nu R}{\nu RT_3} = \text{const} \Rightarrow \text{процесс 3-1 — изобарный}$$

$$\ln \frac{V}{V_3} = \ln \frac{T}{T_3}$$

$$\frac{V}{V_3} = \frac{T}{T_3}$$

здесь ~~не~~ V_0 и T_0 нормальные
 $(p = p_0) \quad | : p_0 ; \quad \frac{p}{p_0} = 1$

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
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!

Ка уравнение 1-2:

$$C_{1-2} = 2,0R = \frac{3}{2}R + \frac{dV/V}{dT/T} \cdot R$$

$$\frac{dV/V}{dT/T} = \frac{1}{2}$$

$$2 \cdot \int \frac{dV}{V} = \int \frac{dT}{T}$$

$$2 \cdot \ln \frac{V}{V_1} = \ln \frac{T}{T_1}$$

$$\left(\frac{V}{V_1}\right)^2 = \frac{T}{T_1}$$

$$\frac{V^2}{V_1^2} = \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

$$p = \frac{V}{V_1^2} \cdot \nu R T_1$$

$$p = \frac{\nu R T_1}{V_1^2} \cdot V \quad \text{--- прямая пропорциональность}$$

$$p = \frac{p_1 V_1^2}{V_1^2 V_1} \cdot V$$

$$p = \frac{p_0 V}{V_0} \quad 1: p_0$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{V}{V_0}$$

Газ расширяется по уравнению 1-2; $\Rightarrow Q_1 = C_{1-2} \Delta T = 2R \nu (T_2 - T_1) = 2R \nu (9T_0 - T_0) = 16R \nu T_0 = 16 \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot 250 \text{ К} = 831 \cdot 32 \text{ Дж} = 26592 \text{ Дж} \approx 26,6 \text{ кДж}$

$$\Rightarrow 16 \cdot 831 \cdot 2 \text{ Дж} = 831 \cdot 32 \text{ Дж} = 26592 \text{ Дж} \approx 26,6 \text{ кДж}$$

Ка уравнение 2-3:

$$C_{2-3} = \frac{3}{2}R = \frac{3}{2}R + \frac{dV/V}{dT/T} \cdot R$$

$$\frac{dV/V}{dT/T} = 0$$

$$\frac{dV}{V} = 0$$

$$\int dV = 0$$

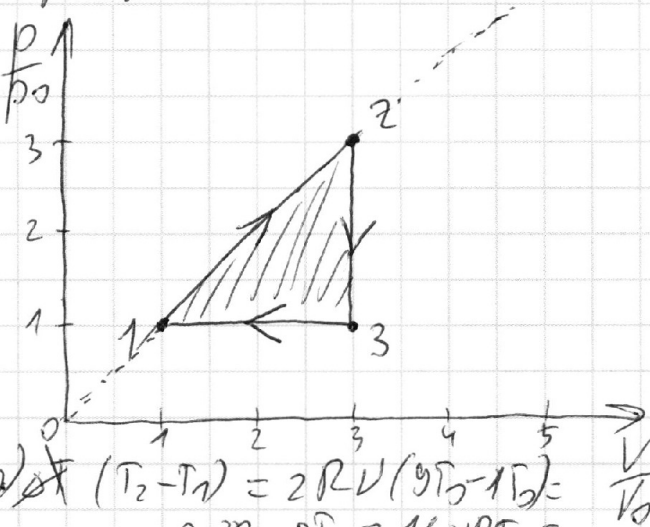
$$V_3 = V_2 = V = \text{const}$$

$$V_3 = \frac{\nu R T_3}{p_3} = \frac{\nu R T_3}{p_1} = \frac{\nu R T_3}{p_0} = \frac{3T_0 \nu R}{p_0}$$

$$V = \frac{3\nu R T_0}{p_0} \quad 1: V_0$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{3\nu R T_0}{p_0 V_0} = 3$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 32 \\ \hline 1662 \\ + 2493 \\ \hline 26592 \end{array}$$



$$= 2R \nu \cdot 8T_0 = 16R \nu T_0 = 16 \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot 250 \text{ К} = 831 \cdot 32 \text{ Дж} = 26592 \text{ Дж} \approx 26,6 \text{ кДж}$$



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!

Закон сохранения энергии:

$$A_{\text{изг}} = MgH = \frac{A_{\text{изг}}}{2} = \frac{N \cdot A}{2}$$

$$H = \frac{N \cdot A}{2Mg}$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot (p_2 - p_3) \cdot (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} \cdot (3p_0 - p_0) \cdot (3V_0 - V_0) =$$
$$= \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 2V_0 = 2p_0V_0$$

$$H = \frac{N \cdot 2p_0V_0}{2Mg} = \frac{Np_0V_0}{Mg} = 25 \cdot$$

$$= \frac{Np_0V_0}{Mg} = \frac{25 \cdot 1 \text{ ммб} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{ммб} \cdot \text{К}} \cdot 200 \text{ К}}{415 \text{ Кл} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} =$$

$$= \frac{25 \cdot 831 \cdot 2}{415 \cdot 10} \text{ м} = \frac{831}{83} \text{ м} = \frac{831}{83} \text{ м} = 10 \frac{1}{83} \text{ м} \approx 10,012 \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 1 \overline{) 83} \\ - 0 \overline{) 0,0120} \\ \hline 10 \\ - 80 \\ \hline 200 \\ - 166 \\ \hline 34 \\ - 32 \\ \hline 20 \end{array}$$

ОТВЕТ: 1) график построен;

2) $Q_1 \approx 26,6 \text{ кДж}$

3) $H \approx 10,012 \text{ м}$

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
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!

$$F_k = \frac{qQ}{R} \int_{-a}^{R-a} \frac{l dl}{(R^2 - a^2 - 2a l)^{3/2}} = \text{замена: } R^2 - a^2 - 2a l = b \quad (1)$$

~~$$= \frac{qQ}{R} \int_{R^2+a^2}^{R^2-a^2-2aR} \frac{R^2+a^2-2aR}{R^2+a^2} \frac{R^2+a^2-2aR}{b^{3/2}} db$$~~

$$\begin{aligned} -a &\rightarrow R^2 + a^2 \\ R-a &\rightarrow R^2 - a^2 - 2aR + 2a^2 \\ &= R^2 + a^2 - 2aR \\ l &= \frac{b - R^2 + a^2}{-2a} = \\ &= \frac{R^2 - a^2 - b}{2a} \\ dl &= -\frac{1}{2a} db \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1) \quad &= \frac{qQ}{2aR} \int_{R^2+a^2}^{R^2-a^2-2aR} \frac{R^2+a^2-2aR}{b^{3/2}} db = \frac{qQ}{4a^2} \int_{R^2+a^2}^{R^2-a^2-2aR} \frac{(R^2-a^2) b^{-3/2} - \frac{1}{b^{3/2}}}{1} db \\ &= \frac{qQ}{4a^2} \left(\frac{(R^2-a^2) b^{-1/2}}{-1/2} - \frac{b^{-1/2}}{-1/2} \right) = \\ &= \frac{qQ}{4a^2} \left(-2 \frac{R^2-a^2}{\sqrt{R^2+a^2}} + 2 \frac{R^2-a^2}{\sqrt{R^2-a^2-2aR}} - 2\sqrt{R^2+a^2} + 2\sqrt{R^2-a^2-2aR} \right) \end{aligned}$$

~~$$\text{При } a=0:$$~~

$$\begin{aligned} &= \frac{qQ}{2a^2} \left(\frac{R^2-a^2}{\sqrt{R^2-a^2-2aR}} - \frac{R^2-a^2}{\sqrt{R^2+a^2}} + (R-a) \frac{1}{\sqrt{R^2+a^2}} \right) \\ &= \frac{qQ}{2a^2} \left(2R - \frac{R^2-a^2}{\sqrt{R^2+a^2}} - \sqrt{R^2+a^2} \right) \end{aligned}$$

$$F_k = \frac{qQ}{2a^2} \left(2R - \frac{R^2-a^2}{\sqrt{R^2+a^2}} - \sqrt{R^2+a^2} \right)$$



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!

$$S = \frac{4\pi R^2}{2} \Rightarrow \sigma = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{2\pi R^2}$$

Рассмотрим действие такого калыца на с поверхности площадью dS заряда σ на заряд q :

Горизонтальные компоненты всех сил, действующих с каждого кусочка калыца dS компенсируются.

$$dS = 2\pi r \cdot dr$$

$$dF_k = \frac{q dQ}{r^2 + l^2} \cos \alpha = \frac{q dQ}{r^2 + l^2} \cdot \frac{l}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

$$= \frac{q l dQ}{(r^2 + l^2)^{3/2}}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{R^2 - (l+a)^2}}{R}$$

$$dQ = \sigma \cdot dS = \sigma \cdot 2\pi r \cdot dr = \frac{Q}{2\pi R^2} \cdot 2\pi r \cdot \frac{dr}{\frac{\sqrt{R^2 - (l+a)^2}}{R}} \quad (*)$$

$$\Rightarrow \frac{Q r dr}{R \sqrt{R^2 - (l+a)^2}} = \frac{Q r dr}{R \sqrt{R^2 - (l+a)^2}}$$

$$= \frac{Q r dr}{R \sqrt{R^2 - (l+a)^2}} = \frac{Q dr}{R}$$

$$dF_k = \frac{q l}{(r^2 + l^2)^{3/2}} \cdot \frac{Q dr}{R} = \frac{q l Q dr}{R (R^2 - a^2 - 2la)^{3/2}}$$

$$F_k = \int_{-a}^{R-a} \frac{q l Q dr}{R (R^2 - a^2 - 2la)^{3/2}} = \frac{q Q}{R} \int_{-a}^{R-a} \frac{dr}{(R^2 - a^2 - 2la)^{3/2}}$$