



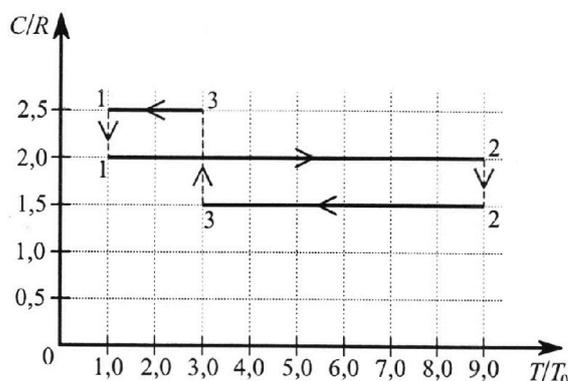
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

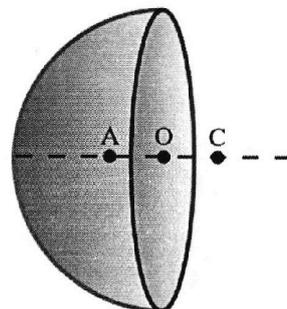


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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.



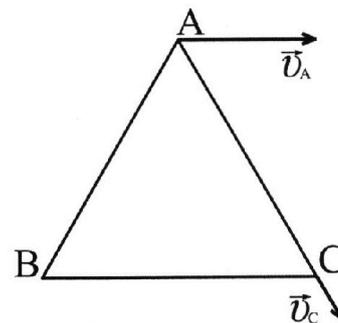
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

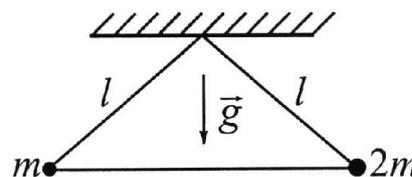
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

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

На максимальной высоте фейерверк разбивается 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.

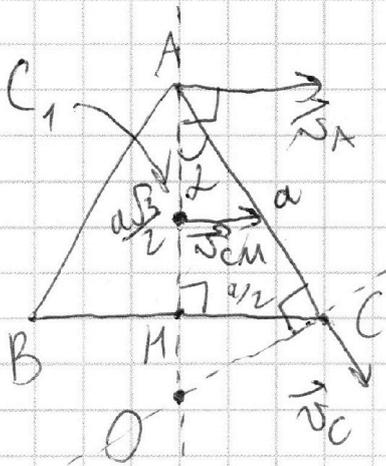


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



O - мгновенный центр вращения

$$\sin \alpha = \frac{OC}{AO} = \frac{NC}{AC} = \frac{a/2}{a} = \frac{1}{2}$$

$$2OC = AO \Rightarrow \frac{AO}{OC} = 2$$

$$\left. \begin{array}{l} v_A = \omega \cdot AO \\ v_C = \omega \cdot OC \end{array} \right\} \cdot \frac{v_A}{v_C} = \frac{\omega \cdot AO}{\omega \cdot OC} = 2$$

$$v_A = 2v_C \Rightarrow v_C = \frac{v_A}{2} = \frac{0,6 \frac{m}{c}}{2} = 0,3 \frac{m}{c}$$

Скорость центра масс — v_{cm} . Центр масс находится в симметричном центре треугольника (т.к. он равнобедренный).

$\triangle ABC$ — равнобедренный $\Rightarrow AC_1 = 2C_1N$

$$AO^2 = AC^2 + \left(\frac{AO}{2}\right)^2; AO^2 - \frac{AO^2}{4} = AC^2; \frac{3AO^2}{4} = AC^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow AO = \sqrt{\frac{4AC^2}{3}} = \frac{2AC}{\sqrt{3}} = \frac{2a}{\sqrt{3}}; C_1O = AO - \frac{2}{3}AN =$$

$$= \frac{2a}{\sqrt{3}} - \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} - \frac{\sqrt{3}}{3}\right)a = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{3}}\right)a = \frac{a}{\sqrt{3}};$$

$$\left. \begin{array}{l} v_A = \omega \cdot AO \\ v_{cm} = \omega \cdot C_1O \end{array} \right\} \cdot \frac{v_A}{v_{cm}} = \frac{\omega \cdot AO}{\omega \cdot C_1O} = \frac{\frac{2a}{\sqrt{3}}}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = 2 \Rightarrow v_A = 2v_{cm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{cm} = \frac{v_A}{2} = \frac{0,6 \frac{m}{c}}{2} = 0,3 \frac{m}{c};$$

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

Следовательно, CO центра масс инерциально и движется поступательно. Перейдем в CO центра масс. Тогда $v_{A \text{ ин}} = v_A - v_{cm} = \frac{v_A}{2} - \frac{v_A}{2} = \frac{v_A}{2} = \frac{0,6 \frac{m}{c}}{2} = 0,3 \frac{m}{c}$.



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!

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

$$\tau = \delta \cdot T = \delta \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{16\pi}{\omega} = \frac{16\pi \cdot 2a}{v_A \sqrt{3}} = \frac{32\pi a}{v_A \sqrt{3}}$$

$$= \frac{32 \cdot \pi \cdot 0,3 \text{ м}}{0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с} = \frac{16\pi \sqrt{3}}{3} \text{ с} \approx 29,1 \text{ с} \approx 29 \text{ с}$$

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

$$\begin{array}{r} 26,9152 \mid 3 \\ \underline{-6} \\ 20 \\ \underline{-24} \\ 21 \\ \underline{-21} \\ 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{В центре} \\ \text{центра масс} \\ \text{масса вращается по} \\ \text{(плоскости)} \\ \text{окружности радиусом} \end{array}$$

масса вращается по (плоскости) окружности радиусом

$$= \frac{v_A (\sqrt{3})^2}{4a^2} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{v_A^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot a \sqrt{3}}{4a^2 \cdot \beta_1} = \frac{v_A^2 \sqrt{3}}{4a} \Rightarrow F_{TP} = m a_n =$$

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

$$= m \sqrt{\frac{3 v_A^4}{16 a^2} + g^2} = 60 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \sqrt{\frac{3 (0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}})^4}{16 \cdot (0,3 \text{ м})^2} + (10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2})^2}$$

$$= 60 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{16 \cdot 0,3 \cdot 0,3} + 100} \text{ Н} = 60 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{3 \cdot 0,6 \cdot 0,6}{4} + 100} \text{ Н}$$

$$= 60 \cdot 10^{-6} \sqrt{9,27 + 100} \text{ Н} = 60 \cdot 10^{-6} \sqrt{109,27} \text{ Н} \approx 60 \cdot 10^{-6} \cdot 10,45 \text{ Н}$$

$$= 6,27 \cdot 10^{-4} \text{ Н} = 6,27 \cdot 10^{-1} \text{ мН} \approx 0,6 \text{ мН}$$



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

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

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.

$$h = u_0 t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow u_0 = \frac{h + \frac{g t^2}{2}}{t} = \frac{h}{t} + \frac{g t}{2} = \frac{15 \text{ м}}{1 \text{ с}} + \frac{5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ с}}{2} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

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

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

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

По закону сохранения импульса:

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



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

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

$$\Delta = v_0^2 \sin^2 \alpha + 4 \cdot \frac{g}{2} \cdot H = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH$$

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

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

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

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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

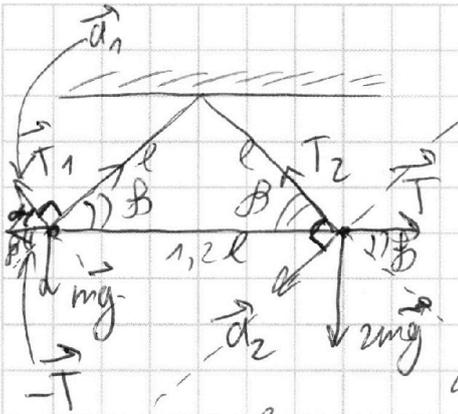


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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, так и ускорения — тангенциальные следовательно, направлены перпендикулярно к поверхности касания.

Запишем теорему косинусов:

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

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

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

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

$$\begin{aligned} T \cos \beta + 2mg \sin \beta &= T_2 \quad (1) \\ 2mg \cos \beta - T \sin \beta &= 2ma_2 \quad (2) \end{aligned} \quad \begin{aligned} \alpha = 90^\circ - \beta \Rightarrow \sin \alpha &= \sin(90^\circ - \beta) = \cos \beta = \frac{3}{5} \\ &= \frac{3}{5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T \cos \beta + mg \sin \beta &= T_1 \quad (3) \\ T \sin \beta - mg \cos \beta &= ma_1 \quad (4) \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{П.к. ускорения } a_1 \text{ и } a_2 & \\ \text{тангенциальные, они равны} & \end{aligned}$$

$\frac{dv_1}{dt}$ и $\frac{dv_2}{dt}$. П.к. скорости любых двух точек на нити равны.

$$\begin{aligned} v_1 \sin \beta &= v_2 \sin \beta \\ v_1 &= v_2 \\ a_1 &= a_2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} (4): a_1 &= \frac{T \sin \beta}{m} - g \cos \beta \\ (2): a_2 &= g \cos \beta - \frac{T \sin \beta}{2m} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{3/5}{4/5} = \frac{3}{4} \\ &= \frac{3}{4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{T \sin \beta}{m} - g \cos \beta &= g \cos \beta - \frac{T \sin \beta}{2m} \\ \frac{3T \sin \beta}{2m} &= 2g \cos \beta \Rightarrow T = \frac{2m}{3 \sin \beta} \cdot 2g \cos \beta = \\ &= \frac{4mg \cos \beta}{3 \sin \beta} = \frac{4mg \sin \alpha}{3 \cos \alpha} = \frac{4mg \tan \alpha}{3} = \frac{4}{3} \cdot 15 \cdot 0,2 \cdot \frac{m}{0,2} \cdot \frac{3}{4} = 20 \end{aligned}$$



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, крае m ,
(отвернуть ось x)
 T_1 и T_2 также получились положительными (вышло из уравнений (1) и (3)), а значит, предположение о направлении сил в начале решения оказалось верным.

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

- 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!

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

Зависит от процесса (первое касало ~~термодинамики~~ термодинамики)!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Температура газа на камушке из графика цикла возрастает \Rightarrow

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

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

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

По уравнению 3-1:

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

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

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

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

$$p_0 = p = \frac{\nu R}{V T_3} = const \Rightarrow \text{процесс 3-1 — изобарный}$$

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

~~здесь V_0 и T_0 нормальные~~

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

$$p = p_0 \quad | : p_0 ; \frac{p}{p_0} = 1$$

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!

Для уравнения 1-2:

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

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

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

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

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

$$\frac{V^2}{V_1^2} = \frac{pV}{p_1 V_1}$$

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

$$p = \frac{p_1 V_1}{V_1^2} \cdot V \quad \text{--- правильная пропорциональность}$$

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

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

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

Газ расширяется по уравнению 1-2; $\Rightarrow Q_1 = C_{1-2} \Delta T$

Для уравнения 2-3:

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

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

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

$$\int dV = 0$$

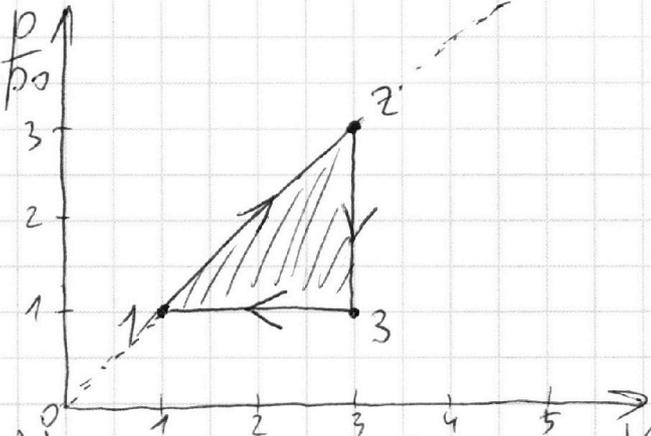
$$V_3 = V_2 = V = \text{const}$$

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

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

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

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



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



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
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!

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

~~$$= \frac{qQ}{R} \int_{R^2+a^2}^{R^2+a^2-2aR} \frac{R^2+a^2-2aR}{R^2+a^2} dl$$~~

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

$$(1) \quad \frac{qQ}{2aR} \int_{R^2+a^2}^{R^2+a^2-2aR} \frac{R^2+a^2-2aR}{2a} \frac{db}{b^{3/2}} = \frac{qQ}{4a^2} \int_{R^2+a^2-2aR}^{R^2+a^2} \frac{(R^2-a^2) b^{-3/2} - \frac{1}{2} b^{-2}}{b^{3/2}} db$$

$$\begin{aligned} &= \frac{qQ}{4a^2} \left(\frac{(R^2-a^2) b^{-1/2}}{-1/2} - \frac{b^{-1/2}}{1/2} \right) \Big|_{R^2+a^2-2aR}^{R^2+a^2} \\ &= \frac{qQ}{4a^2} \left(-2 \frac{R^2-a^2}{\sqrt{R^2+a^2}} + 2 \frac{R^2-a^2}{\sqrt{R^2+a^2-2aR}} - 2\sqrt{R^2+a^2} + 2\sqrt{R^2+a^2-2aR} \right) \end{aligned}$$

~~тип $a=0$:~~

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

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

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



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!

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

Рассмотрим действие такого калыца на с сосредоточенной массой заряда q на заряд q :
 Горизонтальные компоненты всех сил, действующих с каждого кусочка калыца dQ взаимно уничтожатся.

$$dS = 2\pi R \cdot dl$$

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

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

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

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

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

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

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