



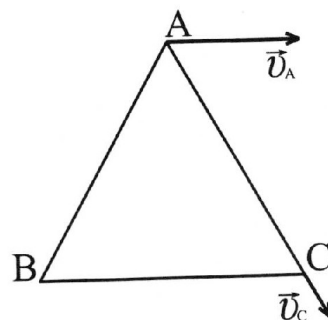
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равнобедренного 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.



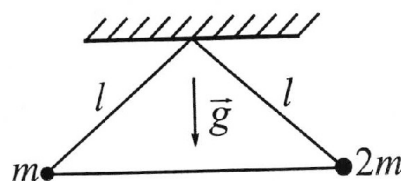
1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.
 2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?
 - Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.
 3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы 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 массы m 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.



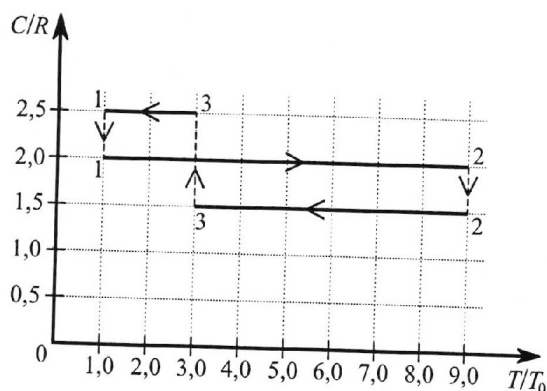
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-03

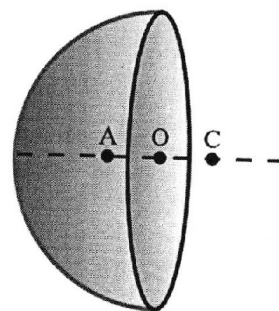
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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, $T_0 = 200 \text{ К}$.



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 $M = 415 \text{ кг}$ за $N = 25$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. 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.



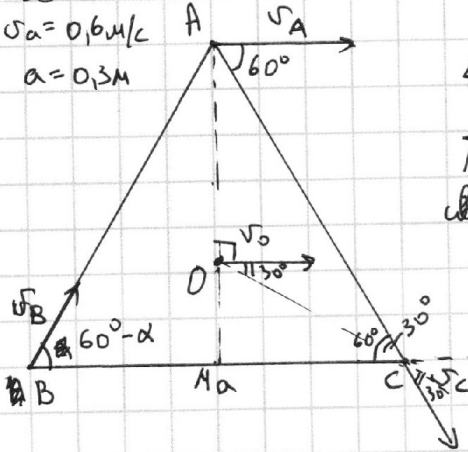
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
5 ИЗ 12

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:
 $v_A = 0,6 \text{ м/с}$
 $a = 0,3 \text{ м}$



* В этой задаче Δ -треугольник ABC, пластина т.к. Δ ~~равносторонний~~ равносторонний и $\vec{v}_A \parallel BC$, $\angle(\vec{v}_A, AC) = 60^\circ$

Т.к. Δ известен, можно записать кин. связь движения на равном расстоянии где стороны AC!

$$1) v_A \cdot \cos 60^\circ = v_C$$

$$v_C = \frac{1}{2} v_A = 0,3 \text{ м/с}$$

(I) Т.к. пл-ть, на которую лежит Δ гладкая, к Δ не приняты действующие внешние силы $\Rightarrow$ центр масс Δ (точка O) ~~не~~ $\checkmark$ центр Δ , геометрический, т.к. пластина однородная) будет неподвижна двигаться с $v_O = \text{const}$

пусть скорость точки B - v_B и она направлена под $\angle 60^\circ$ к стороне ~~BA~~ AB $\Rightarrow$ под $\angle 60^\circ - \alpha$ к стороне BC тогда запишем кин. связь где AB и где BC:

$$1) v_B \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2} v_A$$

$$1) v_B \cos(60^\circ - \alpha) = v_A \cos 60^\circ = \frac{1}{2} v_A$$

$$2) v_B \cos \alpha = v_C \cdot \cos 60^\circ = \frac{1}{2} v_C = \frac{1}{4} v_A$$

$$\Rightarrow v_B \cos \alpha = \frac{1}{2} v_B \cos(60^\circ - \alpha)$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2} (\cos 60^\circ \cdot \cos \alpha + \sin 60^\circ \cdot \sin \alpha)$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{4} \cos \alpha + \frac{\sqrt{3}}{4} \sin \alpha$$

$$2) v_B (\cos(60^\circ - \alpha)) = \frac{1}{2} v_C = \frac{1}{4} v_A$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} v_B \cos \alpha = \cos(60^\circ - \alpha) v_B$$

$$\frac{1}{2} \cos \alpha = (\cos 60^\circ \cdot \cos \alpha + \sin 60^\circ \cdot \sin \alpha)$$

$$\frac{1}{2} \cos \alpha = \frac{1}{2} \cos \alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \alpha$$

при этом $\cos \alpha > 0 \Rightarrow$

$$\sin \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0 \Rightarrow v_B \text{ вдоль}$$

сторону AB и $v_B = v_A/2$

Переведем в СМТ (материю центра масс)

$\vec{v}_A \perp OA$ и точка O неподвижна (см. I), ~~тогда A и B~~ вращаются с $\omega = \text{const}$ вокруг точки O.



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

6 ИЗ 12

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!

Найдем v_0 - скорость центра масс.
из кин. связи на отрезок AO:

$$v_0 \cdot \cos \angle(\vec{v}_0; AO) = v_A \cdot \cos 90^\circ = 0 \quad (\text{т.к. } \Delta \text{ равнобедренный, } AO \perp BC)$$

$$\Rightarrow \angle(\vec{v}_0; AO) = 0 \Rightarrow \vec{v}_0 \perp AO.$$

из кин. связи на отрезок OC:

$$v_0 \cdot \cos 30^\circ = v_C \cdot \cos 30^\circ \quad (\angle AOC = 120^\circ, AO, OC - \text{биссектрисы соответствующих } \angle)$$

$$v_0 = v_C = \frac{v_A}{2}$$

Перейдем в СЦМ (систему центра масс Δ):
В этой СО Δ вращается вокруг точки O с угловой скоростью ω (угловой скоростью)

~~$$\omega = \frac{v_A}{AO} = \frac{v_A}{\frac{2}{3}AM} = \frac{3v_A}{2AM} = \frac{3v_A}{2AB \cdot \sin 60^\circ} = \frac{3v_A}{2AB \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{3v_A}{\sqrt{3}AB} = \frac{3v_A}{\sqrt{3}a}$$~~

$$AO = \frac{2}{3}AM, \text{ т.к. } AM - \text{медиана}$$

$$AM = AB \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

$$\omega = \frac{v_A'}{AO} = \frac{v_A - v_0}{\frac{\sqrt{3}}{3}a} = \frac{v_A}{2a} \cdot \sqrt{3}$$

~~$$T = 8\omega \cdot 2\pi = 16\pi \cdot \frac{v_A}{2a} \cdot \sqrt{3} = \frac{8\pi v_A \sqrt{3}}{a} \approx \frac{8 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 1,7}{1} = 21,2 \text{ с}$$~~

$$T = 8 \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{16\pi \cdot 2a}{\sqrt{3} v_A} = \frac{32\pi a}{\sqrt{3} v_A} \approx \frac{32 \cdot 3,14 \cdot 0,5}{1,7 \cdot 0,6} = \frac{16 \cdot 3,14}{1,7} \approx \frac{17 \cdot 3,14}{1,7} = 31,4 \text{ с}$$

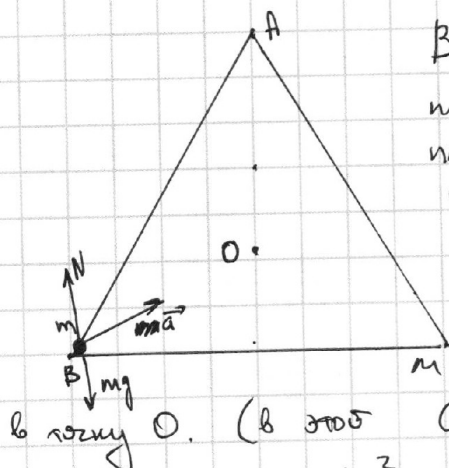


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
7 ИЗ 12

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!



В СЦМ (инерциальной с.о.), т.к. масса $m \ll M \Rightarrow$ равномерность не нарушается, $m\vec{g} = \vec{N} \Rightarrow$ равнодействующая всех действующих сил $\vec{R}$ будет направлена в горизонтальной м-ти, т.е. ускорение $\vec{a}$ лежит в горизонтальной м-ти и направлено

в точку O. (в этой с.о. Δ вращается с $\omega = \text{const}$)

$$\vec{R} = m\vec{a} \Rightarrow R = m\omega^2 \cdot (BO) = m \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} a \cdot \frac{3\sqrt{3}}{4a^2} =$$

$$= m \frac{\sqrt{3}\sqrt{3}a^2}{4a} = \frac{\sqrt{3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,36}{4 \cdot 0,3} \approx \frac{1,7 \cdot 60 \cdot 0,3}{1000} = \frac{1,7 \cdot 18}{1000} = \frac{306}{10000} =$$

$$= 0,0306 \text{ Н} \approx 0,03 \text{ Н}$$

Ответ: $v = \frac{\sqrt{3}}{2} a = 0,3 \text{ м/с}$
 $T = \frac{32\pi a}{\sqrt{3}\sqrt{3}} \approx 31,4 \text{ с}$

$$R = m \frac{\sqrt{3}\sqrt{3}a^2}{4a} \approx 0,03 \text{ Н}$$

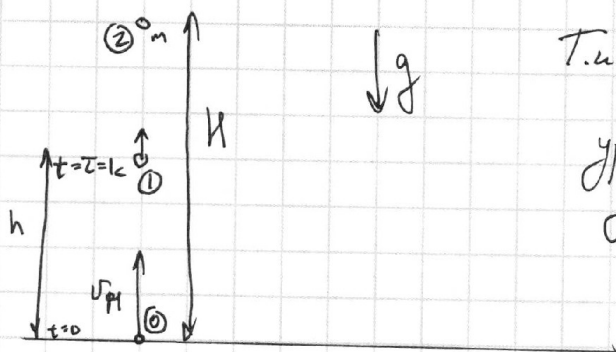


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
8 ИЗ 12

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!



Т.к. з.рейверк летит по вертикали,
уравнение движения из состояния 0
до состояния 1:

$$h = v_0 t - g \frac{t^2}{2} \Rightarrow$$

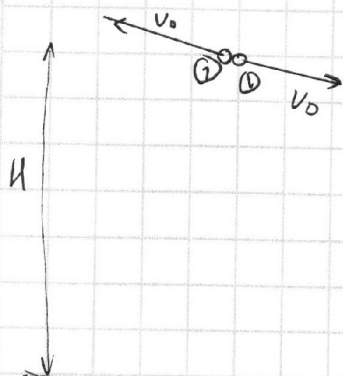
$$v_0 = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2}$$

~~уравнение движения из состояния 0 до состояния 2 (подсчета на максимальной высоте)~~

Из закона сохранения энергии для состояний 0 и 2:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\left(\frac{h}{t} + \frac{gt}{2}\right)^2}{2g} = \frac{h^2}{2gt^2} + hg + \frac{gt^2}{4} = \frac{h^2}{2gt^2} + \frac{h}{2} + \frac{gt^2}{8} =$$

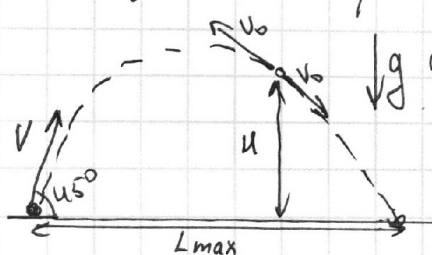
$$= \frac{(15+5)^2}{20} = 20 \text{ м}$$



Т.к. до этого осколки летели ~~по вертикали~~ по вертикали, его скорость в состоянии 2 равна 0. $\Rightarrow$ из закона сохранения импульса для до и сразу после разрыва:

$$0 = m\vec{v}_0 + m\vec{v}_2 \Rightarrow \vec{v}_2 = -\vec{v}_0 \text{ (т.к. осколки равной массы)}$$

Перейдем в с.о., связанную со зм. осколком. Т.к. в земной с.о. у обоих осколков было ускорение g , в с.о., связанной со зм. осколком, зм. осколок будет двигаться равномерно.



у обоих осколков ускорение $g \Rightarrow$ их траектории - одна парабола $\Rightarrow L_{\text{max}}$ будет максимальным, если эта парабола будет совпадать с траекторией движения осколка, брошенного с земли под 45°



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
9 из 12

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!

$\Rightarrow$ осколки разлетелись под углом 45°

Скорость V — такая, как осколки, брошенные с земли со скоростью V_0 под 45° на высоте H будет иметь скорость V_0

$$H = \frac{V_0^2 - V^2}{-2g} = \frac{V^2 - V_0^2}{2g}$$

$$\Rightarrow V^2 = 2gH + V_0^2 = \left(\frac{h}{2} + \frac{gH}{2}\right) + V_0^2$$

$$V = \sqrt{\left(\frac{h}{2} + \frac{gH}{2}\right) + V_0^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ м/с}$$

$$L_{\max} = \frac{V^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{V^2}{g} = \frac{50 \cdot 50}{10} = 250 \text{ м}$$

Ответ: $H = \frac{\left(\frac{h}{2} + \frac{gH}{2}\right)^2}{2g} = 20 \text{ м}$

$$L_{\max} = \frac{\left(\frac{h}{2} + \frac{gH}{2}\right)^2 + V_0^2}{g} = 250 \text{ м}$$

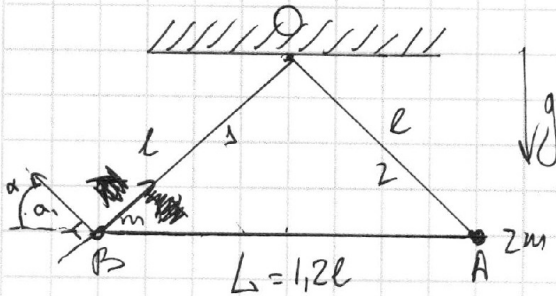


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

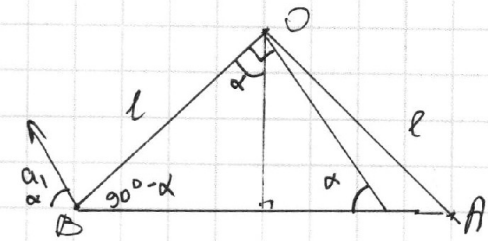
СТРАНИЦА
10 из 12

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) ~~В~~ В начальном моменте обе нити натянуты $\Rightarrow$ груз массой m будет двигаться по окружности радиусом l , с центром в точке O .

В начальный момент скорость груза с массой m равна 0 $\Rightarrow a_n = 0 \Rightarrow a_{\perp}$ нити 1

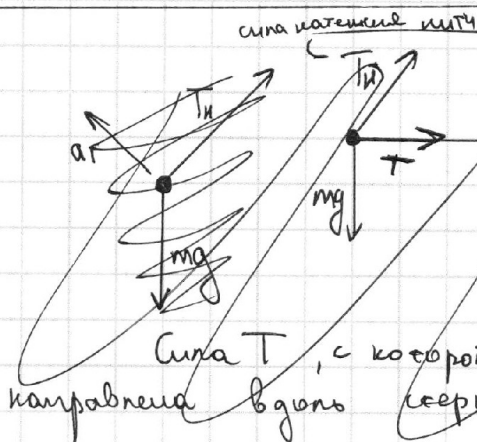


посчитаем площадь Δ , образованного нитями и стержнем двумя способами:

$$S = \frac{1}{2} L l \cdot \sin(90^\circ - \alpha) = \sqrt{p(p-l)^2(p-L)} = \sqrt{\frac{2l+1.2l}{2} (1.6l-l)^2 (1.6l-1.2l)} = \sqrt{1.6l \cdot 0.36l^2 \cdot 0.4l} = l \sqrt{\frac{16 \cdot 36 \cdot 4}{10000}} = l \sqrt{\frac{4^2 \cdot 6^2 \cdot 2^2}{100^2}} = l \cdot \frac{48}{100} = 0.48l^2$$

$$S = 0.48l^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.2l \cdot l \cdot \cos \alpha = 0.6l^2 \cos \alpha$$

$$0.8 = \cos \alpha \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$$



2) Т.к. стержень легкий, Σ моментов сил, действующих на него, относительно точки равна 0 и $\Sigma F_x = 0$, то $T_A = T$.

Сила T , с которой стержень действует на левый конец, направлена вдоль стержня.



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
11 ИЗ 12

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!

Т.к. стержень АВ жесткий, в начальный момент скорости грузов (полюсов стержня) равны 0, можно написать кин. связь для ускорений:

$a_1 \cos \alpha = a_2 \cos \beta$

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

$m \vec{a}_2 = 2m \vec{g} + \vec{T}_2$

— кин. на

груз 1 на стержне

груз 2 на стержне

стержень АВ жесткий, в начальный момент скорости грузов (полюсов стержня) равны 0 $\Rightarrow$ можно записать кин. связь для ускорений:

$a_1 \cos \alpha = a_2 \cos \beta$

Т.к. стержень легкий, ΣF и ΣM (или и моменты сил) на ось отн. любой точки равны 0.

$mgL = T \cdot L \sin \delta$, $3mg = T \sin \delta_1 + T_2 \sin \delta_2$

$2mgL = T_2 L \sin \delta_2$

Или $T \cos \delta_1 = T_2 \cos \delta_2$

Или ΣF на Ох:

$T \cos \delta_2 - T \cos \delta_1 = 0$

Или ΣF на Ох:

$T_2 \cos \delta_2 = T \cos \delta_1$

Или ΣF на Оу:

$T \sin \delta_1 + T_2 \sin \delta_2 = 3mg$

Или $T \sin \delta_1 + T_2 \sin \delta_2 = 3mg$



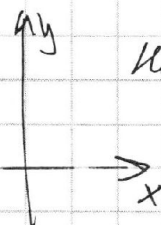
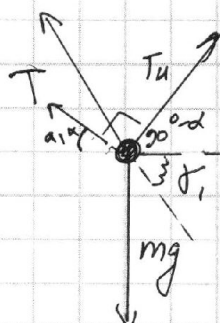
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

12 из 12

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!



Запишем II закон Ньютона на грузе Ox и Oy :

$$1) m a_1 \cos \alpha = T_1 \sin \delta_1 + T \cos \delta_1$$

$$2) m a_1 \sin \alpha = T_1 \cos \delta_1 + T \sin \delta_1 - mg =$$

$$= T_1 \cos \delta_1$$

$$(т.е. mg = T \sin \delta_1)$$

$$\Rightarrow \Rightarrow T_1 = m a_1 \tan \alpha$$

$$m a_1 \cos \alpha = -m a_1 \tan \alpha \cdot \sin \alpha + T \cos \delta_1$$

$$T \cos \delta_1 = m a_1 \left(\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{m a_1}{\cos \alpha}$$

Аналогично, для груза массой $2m$ получим:

$$T_2 \cos \delta_2 = 2m a_2 \cos \beta$$

$$1) m a_2 \cos \beta = T_{12} \sin \delta_2 - T_2 \cos \delta_2$$

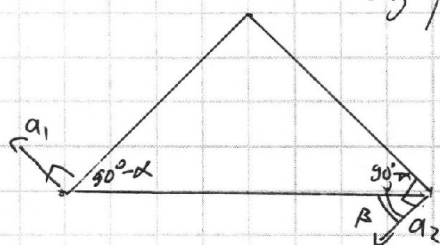
$$2) m a_2 \sin \beta = 2mg - T_2 \sin \delta_2 + T_{12} \cos \beta$$

Но т.к. скорость груза 2 так же равна 0,

$a_2 \perp$ или 2

из равнобедренности $\Delta \Rightarrow \beta = \alpha \Rightarrow$

т.к. $a_1 \cos \alpha = a_2 \cos \beta$, $a_2 = a_1$





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
1 ИЗ 12

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!

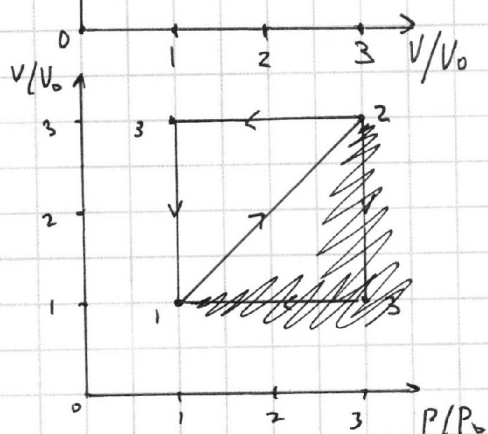
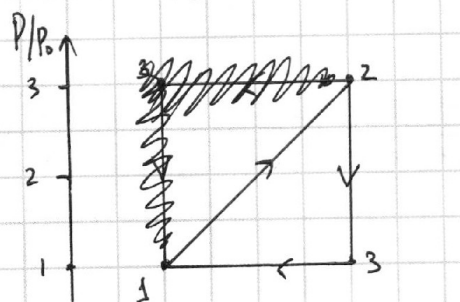
Дано: 1) Т.ч. процесс 3-1 политропический и его теплоемкость $\frac{5}{2}R$ - это изобарный процесс
 $\nu = 1 \text{ моль}$
 $T_0 = 200 \text{ К}$
 газ одноатомный $\Rightarrow c_v = \frac{3}{2}R$
 $c_p = \frac{5}{2}R$
 $\Rightarrow P_1 = P_0 = P_3$; $T_1 = T_0$
 $V_2 = V_3$; $T_2 = 9T_0$
 $T_3 = 3T_0$

Из 3-на Менделеева-Клапейрона:

$$\begin{aligned} 1) P_0 V_0 &= \nu R T_0 - \text{сост. 1} \\ 2) P_2 V_2 &= \nu R \cdot 9T_0 - \text{сост. 2} \\ 3) P_3 V_3 &= P_0 V_2 = \nu R \cdot 3T_0 - \text{сост. 3.} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow V_2 = 3V_0$$

$$P_2 = 3P_0$$



Процесс 1-2 также политропа (с постоянной теплоемкостью) $\Rightarrow$

имеет вид $PV^n = \text{const}$

$$n = \frac{c - c_v}{c - c_p} = \frac{2 - \frac{3}{2}}{2 - \frac{5}{2}} = \frac{0.5}{-0.5} = -1$$

$\Rightarrow$ процесс 1-2 - гипербола ($P \sim V$)

Построим график $P/P_0(V/V_0)$ - верхний график и $V/V_0(P/P_0)$ - нижний график.
 Далее в решении "графики" - верхний график $P/P_0(V/V_0)$

2) ~~Т.ч. процесс 1-2-3-1 - цикл~~

Т.ч. процесс 1-2-3-1 - цикл, увеличение внутренней энергии газа за цикл не меняется

$\Rightarrow Q_1 = A_1$ - работа газа за весь цикл. (из 1-го зак. Термодинамики)

A_1 и площадь под графиком



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 12

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!

$$A_1 = \frac{2P_0 \cdot 2V_0}{2} = 2P_0 V_0 - \text{площадь } \Delta \text{ равна выносу на}$$

из Менделеева - Клапейрона: высоту

$$P_0 V_0 = 2RT_0$$

$$\Rightarrow Q_1 = A_1 = 2P_0 V_0 = 2RT_0 = 2 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 = 831 \cdot 4 = 3200 + 120 + 4 = 3324 \text{ Дж}$$

3) Дано:

$$\eta = 0,5$$

$$M = 415 \text{ Н}$$

$$N = 25$$

$$H = ?$$

$$W = \eta A_1 - \text{полезная работа насосника}$$

$$NW = Mgh - \text{т.е. груз поднимается на высоту, полезная энергия идет на}$$

увеличение потенциальной энергии груза.

$$Mgh = N\eta A_1$$

$$H = \frac{N\eta A_1}{Mg} = \frac{N\eta \cdot 2RT_0}{Mg} = \frac{25 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200}{415 \cdot 10} = \frac{20 \cdot 25 \cdot 8,31}{415} =$$

$$= \frac{5 \cdot 831}{415} = \frac{831}{83} \approx 10 \text{ м}$$

Ответ: $Q = 3324 \text{ Дж}$
 $H \approx 10 \text{ м}$

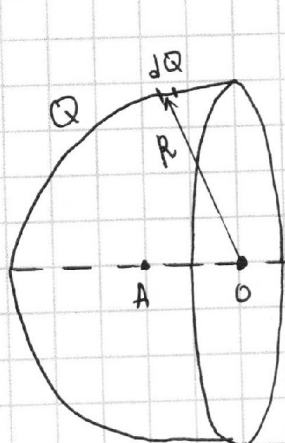


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 12

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:
 $R; m; q; k; \epsilon_0; Q$
 $V = ?$
 $V_c = ?$

1) Возьмем произвольную dS поверхность сферы с малым зарядом dQ .

$d\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dQ}{R}$ - потенциал в точке O от заряда dQ (заряд dQ можно считать точечным.)

$$\varphi_0 = \int d\varphi_0 = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dQ}{R} = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dS \cdot Q}{SR} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R}$$

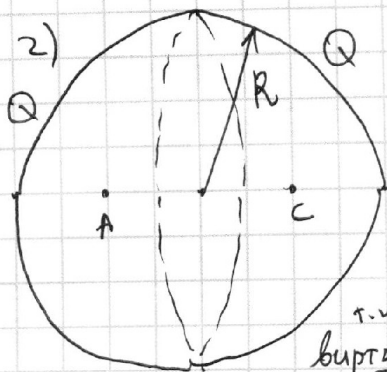
- потенциал в точке O от полусферы. т.е. заряд Q распределен равномерно

Запишем закон сохранения энергии для заряда q в точке O и когда он улетел на ∞ .

$$K + U_0 \cdot q = \frac{mV^2}{2}$$

$$k + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{R} = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V^2 = \frac{2}{m} \left(k + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{R} \right)$$

$$V = \sqrt{\frac{2}{m} \left(k + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq}{R} \right)}$$



Мысленно добавим виртуальную вторую полусферу, получив полную или полусферу до сферы.

Тогда $\varphi_A = \varphi_C = \frac{k \cdot 2Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ - потенциал внутри сферы равен во всех точках, т.е. сфера заряжена равномерно, заряд полусферы также равен Q



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
4 ИЗ 12

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!

При этом, т.к. $AO = OC$, точки O симметричны относительно сферы $\Rightarrow \varphi_A' = \varphi_C' = \varphi_A + \varphi_C$, где φ_A - потенциал, который создает реальная полусфера в точке A , а φ_C - потенциал, который создает реальная полусфера в точке C .

Т.к. где виртуальной полусферы точка A точно такая же, с точки зрения потенциалов, как где реальной полусферы точка C и наоборот

$$\Rightarrow \varphi_A + \varphi_C = \frac{1}{2} \frac{Q}{R} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Запишем закон сохранения энергии где заряда q , когда он был в точке A и в точке O :

$$\varphi_A q = \varphi_O q + k$$

$$\varphi_A q = \frac{1}{2} \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} + k \Rightarrow \varphi q = \frac{1}{2} \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} - k \quad (\text{т.к. } (\varphi_A + \varphi_C)q = \frac{1}{2} \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R})$$

Запишем закон сохранения энергии где заряда q , когда он был в точке A и в точке C .

$$\varphi_A q = \varphi_C q + \frac{mV_C^2}{2}$$

$$\frac{1}{2} \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} + k = \frac{1}{2} \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} - k + \frac{mV_C^2}{2}$$

$$\frac{mV_C^2}{2} = 2k$$

$$V_C = \sqrt{\frac{4k}{m}}$$

Ответ: $V = \sqrt{\frac{2}{m} \left(k + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{R} \right)}$

$$V_C = \sqrt{\frac{4k}{m}}$$