



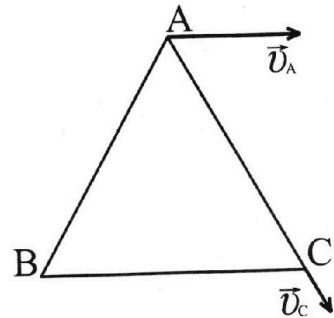
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.



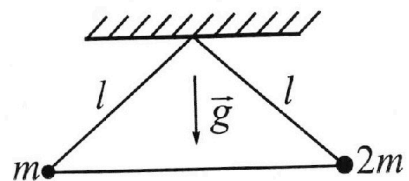
1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.
 2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит восемь оборотов?
Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.
 3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы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



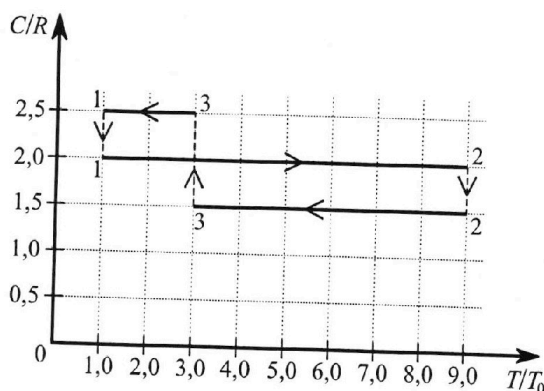
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

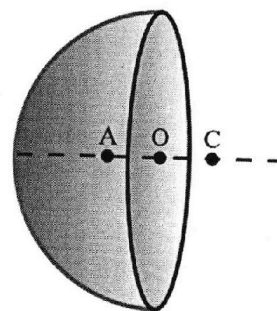


4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200$ К.



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 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 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.

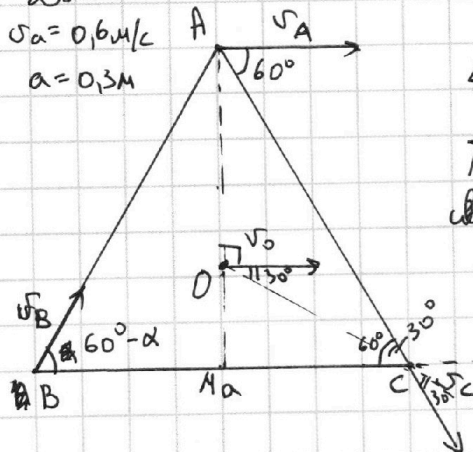


1 2 3 4 5 6 7

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 жесткий, 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. пласт., на которую лежит Δ шаркая, к Δ не прилагаются внешние силы \Rightarrow центр масс Δ (точка O) \checkmark не центр Δ , геометрический, т.к. пластина односторонняя) 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. связи 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 $\cos \alpha > 0 \Rightarrow$

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

стороны AB и $v_B = v_a / 2$

Пересоединим O с O_{CM} (материю центра масс)

\vec{v}_a \perp OA и точка O неподвижна (см. I), ~~и~~ Δ и A 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. энергии 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. энергии на отрезок OC:

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

$$v_0 = v_c = \frac{v_a}{2}$$

Перейдем в СЦМ (систему центра масс Δ):
В этот момент CO Δ вращается вокруг точки O с угловой скоростью ω (угловой скоростью)

~~$\omega = \frac{v_0}{AO} = \frac{v_a/2}{\frac{2}{3}AM} = \frac{v_a/2}{\frac{2}{3}AB \cdot \sin 60^\circ} = \frac{v_a/2}{\frac{2}{3}AB \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{v_a/2}{\frac{\sqrt{3}}{3}AB} = \frac{v_a/2}{\frac{\sqrt{3}}{2}a} = \frac{v_a}{\sqrt{3}a}$~~

~~$T = 8\omega \cdot 2\pi = 16\pi \cdot \frac{v_a}{\sqrt{3}a} = 2\sqrt{3} \cdot \frac{v_a}{a} \cdot \pi = 2\sqrt{3} \cdot 0,36 = 1,2\sqrt{3} \approx 2,08 \text{ с}$~~

$AO = \frac{2}{3}AM$, т.к. AM - медиана
 $AM = AB \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}a$

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

~~$T = 8\omega \cdot 2\pi = 16\pi \cdot \frac{v_a}{2a} \cdot \sqrt{3} = 8\pi \frac{v_a \sqrt{3}}{a} \approx 8 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 1,7 = 37 \cdot 0,200 = 7,39 \text{ с}$~~

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

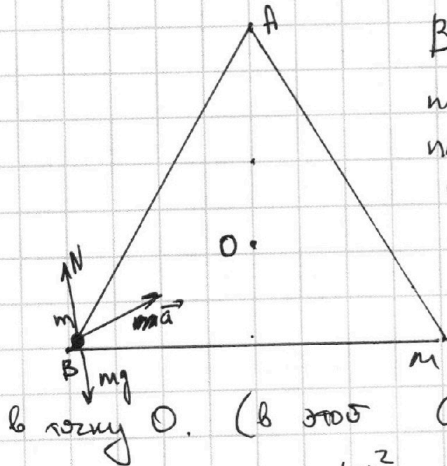


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 м лежит на горизонтальной м-ти и $m \ll M \Rightarrow$ равномерность не нарушается, $m\vec{g} = \vec{N} \Rightarrow$ равнодействующая всех действующих сил \vec{R} будет направлена в горизонтальной м-ти, т.е. уже ранее муми \vec{a} лежит в горизонтальной м-ти и направлено

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

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

$$= m \frac{\sqrt{3}\omega^2}{4a} = \frac{\sqrt{3} \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,36}{4 \cdot 0,13} \approx \frac{1,7 \cdot 60 \cdot 0,3}{1000} = \frac{1,7 \cdot 18}{1000} = \frac{306}{10000} =$$

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

Ответ: $v_2 = \frac{v_A}{2} = 0,3 \text{ м/с}$
 $T = \frac{32\pi a}{\sqrt{3} v_A} \approx 31,4 \text{ с}$

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

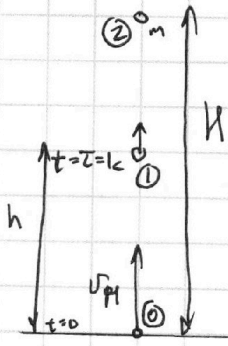


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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. g фреймверк летит по вертикали, уравнение движения из состояния 0 до состояния 1:

$$h = v_n \tau - g \frac{\tau^2}{2} \Rightarrow$$

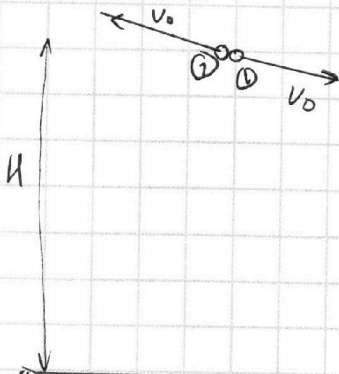
$$v_n = \frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2}$$

~~Уравнение движения из состояния 0 до состояния 2 (подсказка на максимум высоты)~~

Из закона сохранения энергии для состояний 0 и 2:

$$\frac{mv_n^2}{2} = mgh \Rightarrow h = \frac{v_n^2}{2g} = \frac{\left(\frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2}\right)^2}{2g} = \frac{h^2}{2g\tau^2} + \frac{hg}{2} + \frac{g^2\tau^2}{8}$$

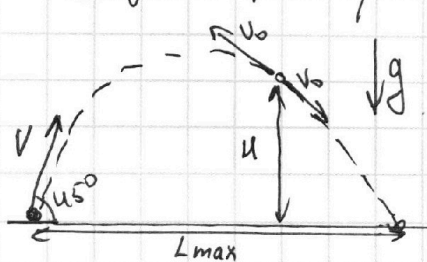
$$= \frac{(15+5)^2}{20} = 20 \text{ м}$$



Т.к. до этого осколок летел ~~по~~ 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 2м осколком. Т.к. в земной С.О. у обоих осколков было ускорение g , в С.О., связанной со 2м осколком, 1й 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 достигли угла на землю под 45°

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

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

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

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

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

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

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

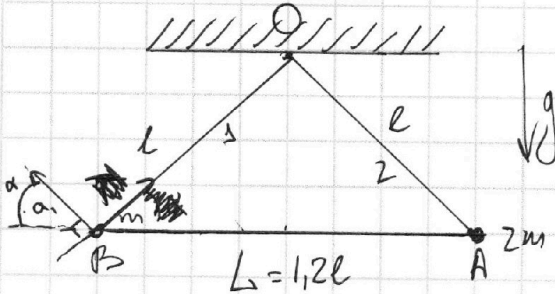


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

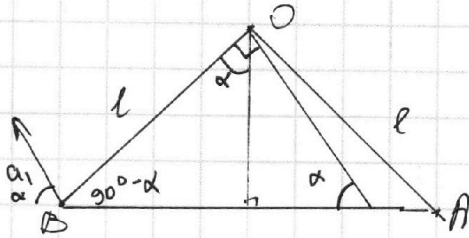
СТРАНИЦА
10 из 12

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 начальном моменте скорость груза с массой m равна 0 $\Rightarrow a_{\text{н}} = 0 \Rightarrow a_{\perp}$ нити 1

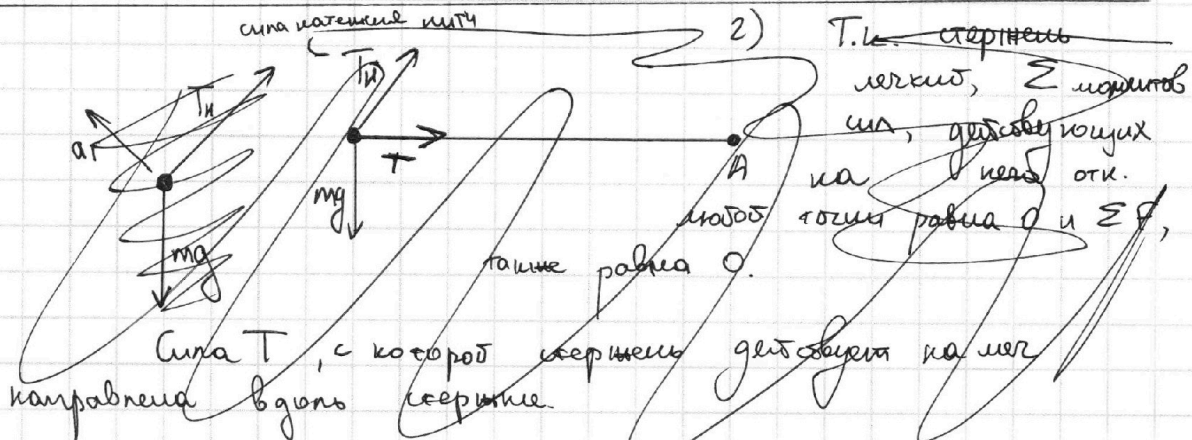


вычисляем площадь Δ , образованного нитями и стержнем двумя способами:

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

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

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





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 равны 0, можно написать кин. связь для z_1

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

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

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

Стержень АВ жесткий, в начальный момент скорости грузов (концов 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 (сч. и моменты сч.) на ось отн. любой точк. равна 0.

$mgL = T \cdot L \sin \delta$
 $2mgL = T_2 L \sin \delta_2$

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

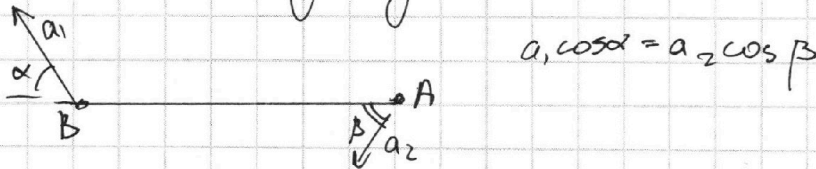
$m \vec{a}_1 = m \vec{g} \sin \alpha + T \cos(180^\circ - \alpha - \delta)$

$T \cos \delta_1 = T_2 \cos \delta_2$
 $\frac{mg}{g \sin \alpha} = \frac{2mg}{g \sin \delta_2}$

из ΣF на Ox :
 $T \cos \delta_2 - T \cos \delta_1 = 0$

из ΣF на Oy :
 $T_2 \cos \delta_2 = T \cos \delta_1$

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



Т.к. стержень легкий, ΣF и ΣM (сч. и моменты сч.) на ось отн. любой точк. равна 0.

$mgL = T \cdot L \sin \delta$
 $2mgL = T_2 L \sin \delta_2$

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

$m \vec{a}_1 = m \vec{g} \sin \alpha + T \cos(180^\circ - \alpha - \delta)$

$T \cos \delta_1 = T_2 \cos \delta_2$
 $\frac{mg}{g \sin \alpha} = \frac{2mg}{g \sin \delta_2}$

из ΣF на Ox :
 $T \cos \delta_2 - T \cos \delta_1 = 0$

из ΣF на Oy :
 $T_2 \cos \delta_2 = T \cos \delta_1$

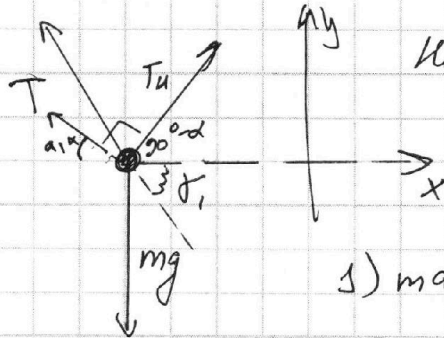


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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 для груза на Ox и Oy :

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

$$2) m a_1 \sin \alpha = T_1 \cos \alpha + T \sin \delta - mg = T_1 \cos \alpha \quad (\text{т.к. } mg = T \sin \delta)$$

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

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

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

Аналогично, для груза массой $2m$ получим:

~~$$T \cos \delta = m a_2 \cos \beta$$~~

$$1) m a_2 \cos \beta = T_2 \sin \beta - T \cos \delta$$

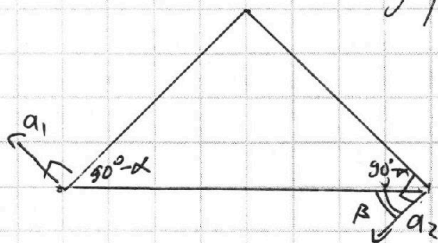
$$2) m a_2 \sin \beta = 2mg - T_2 \sin \beta + T \cos \delta$$

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

$\vec{a}_2 \perp$ нити 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 ударный процесс
 $\nu = 1$ моль
 $T_0 = 200\text{K}$
 газ одноатомный \Rightarrow процесс 2-3 также политропический
 $c_v = \frac{3}{2}R$ \Rightarrow т.ч. $c_{23} = \frac{3}{2}R = c_v$ - это изохорический процесс
 $c_p = \frac{5}{2}R$
 $\Rightarrow P_1 = P_0 = P_3$; $T_1 = T_0$
 $V_2 = V_3$; $T_2 = 9T_0$
 $T_3 = 3T_0$

Из 3-на Менделеева-Клапейрона:

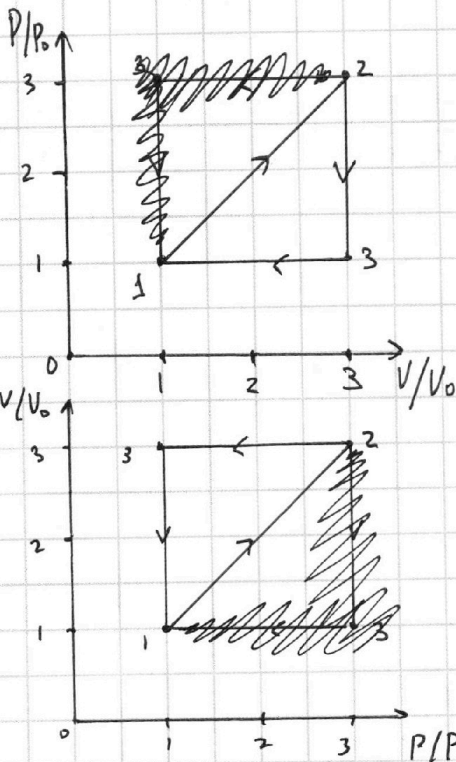
- 1) $P_0 V_0 = \nu R T_0$ - соот. 1
 - 2) $P_2 V_2 = \nu R \cdot 9T_0$ - соот. 2
 - 3) $P_3 V_3 = P_0 V_2 = \nu R \cdot 3T_0$ - соот. 3.
- $\Rightarrow V_2 = 3V_0$
 $P_2 = 3P_0$

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 - изобарный (P ~ 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 1го зак. Термодинамики)

A_1, ν площади под графиками



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 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!

$$A_1 = \frac{2P_0 \cdot 2V_0}{2} = 2P_0V_0 \text{ - площадь } \Delta \text{ равна } \text{высоте на высоте} \\ \text{из Менделеева - Клапейрона:} \quad \text{поперечн.}$$

$$P_0V_0 = \nu RT_0$$

$$\Rightarrow Q_1 = A_1 = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0 = 2 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 = 831 \cdot 4 = 3200 + \\ + 120 + 4 = 3324 \text{ Дж}$$

3) Дано:

$$\eta = 0,15$$

$$M = 415 \text{ кг}$$

$$N = 25$$

$$H = ?$$

$W = \eta A_1$ - полезная работа подъемника

$NW = Mgh$ - т.е. груз поднимается медленно, полезная энергия идет на

увеличение потенциальной энергии груза.

$$Mgh = N\eta A_1$$

$$H = \frac{N\eta A_1}{Mg} = \frac{N\eta \cdot 2\nu RT_0}{Mg} = \frac{25 \cdot 0,15 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200}{415 \cdot 10} = \frac{20 \cdot 25 \cdot 8,31}{415} =$$

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

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

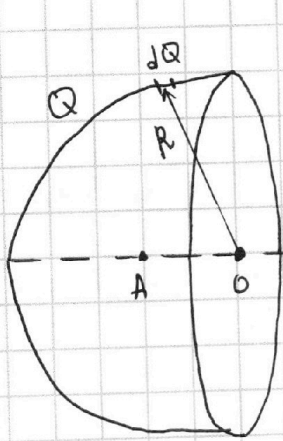


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 попу с маленьким 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.)

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

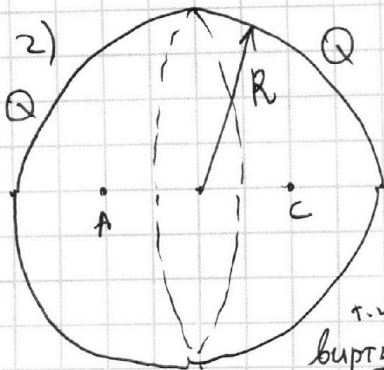
- потенциал в точке O от полушара. (т.е. заряд Q распределен равномерно)

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

$$k + \varphi_0 \cdot q = \frac{mV^2}{2}$$

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

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



Мысленно добавим виртуальную вторую полушару, чтобы получилась полная полушару до сферы.

Тогда $\varphi_A = \varphi_C = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ - потенциал внутри сферы равен во всех точках, т.е. сфера заряжена равномерно, заряд полушара 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. для виртуальной полусферы точка A точно такая же, с точки зрения потенциалов, как для реальной полусферы точка C и наоборот

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

Запишем закон сохранения энергии для заряда q , когда он движется в точке A и в точке O :

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

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

Запишем закон сохранения энергии для заряда q , когда он движется в точке A и в точке C .

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

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

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

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

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

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