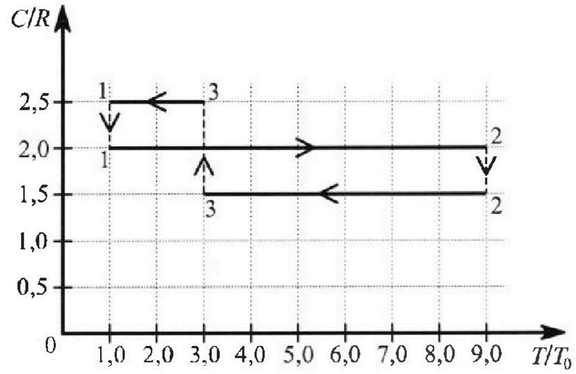
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 2$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300\ K$.



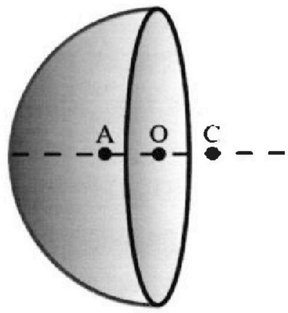
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 150$ кг за $N = 10$ циклов тепловой машины?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2, универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ Дж/(моль·K). 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 A, O, C находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка O удалена от всех точек полусферы на расстояние R. Из точки A стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m, заряд q. В точке O частица движется со скоростью V_O.



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки O? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k. Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C, с которой частица движется в точке C. Точки A и C находятся на неизвестных равных расстояниях от точки O.

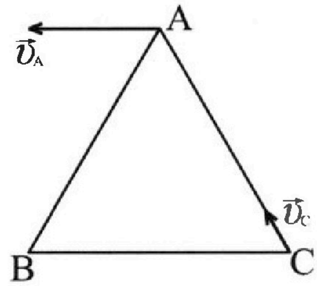
Эффекты, связанны е с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t = 0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC и по величине равна $v_A = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_C$ вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника $a = 0,2$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.
2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит три оборота?

Пчела массой $m = 100$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

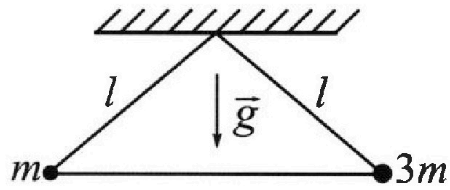
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной вы соте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 0,1$ кг и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l, прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.

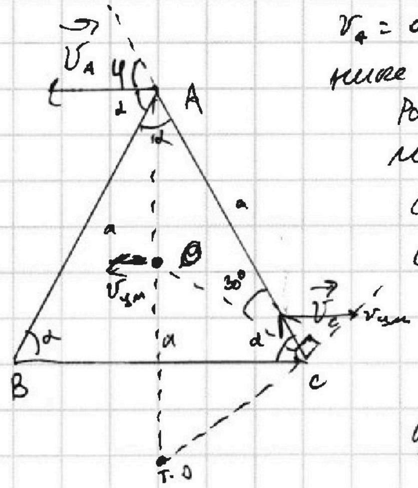


1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin\alpha$.
2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.
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 ☐

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!



$v_A = 0{,}4\frac{м}{с}$; $a = 0{,}2$ м; В равностороннем треугольнике углы между его сторонами равны $\alpha = 60°$; Рассмотрим прямую AC; т.к. расстояние между её точками постоянно, можем сказать, что все точки имеют равные проекции скоростей на эту прямую =>

$\cos(\varphi)\cdot v_A = v_c$; $\varphi = 180° - 2\alpha = 60°$ =>

=> $\frac{1}{2} v_A = v_c$ => $\boxed{v_c = 0{,}2\ м/с}$;

~~центр вращения пласти~~ ц.м. пластины движется со скоростью $v_{цм}$; В с.о. центра масс все скорости точек направлены перпендикулярно направлению на ц.м.; На равном расстоянии скорости равны; переведём $\vec{v}_c$ в скорость отн. ц.м.: известно, что $\vec{v}_c - \vec{v}_{цм}$ будет перп. направлению на ц.м.; Тогда $\underbrace{v_c \cdot \cos(30°) = v_{цм} \cdot \sin(60°)}_{\text{проекции на отрезок CO}}$;

$v_{цм} = v_c \cdot \frac{\cos(30°)}{\sin(60°)} = v_c$;

Рассмотрим скорость т. A отн. центра масс: $v_{Aцм} = v_a - v_{цм} = v_A - v_c = \frac{1}{2} v_a$; Отрезок $AO = \frac{2}{3} \cdot \cos(30°) \cdot a$ =>

ω вращения пластины $= \frac{v_{Aцм}}{AO} = \frac{\frac{1}{2} v_a}{\frac{2}{3}\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot a} = \frac{3}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{v_a}{a}$;

$\tau_{периода} = \frac{1}{\omega}$; $\tau_{3 периода} = \tau = \frac{3}{\omega}$ =>

=> $\tau = \frac{3}{\frac{3}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{v_a}{a}} = 2\sqrt{3} \cdot \frac{a}{v_A} \approx \boxed{\sqrt{3}\ с}$

Если пчела сядет в т. B, то на неё будут действовать скомпенсированные сила тяжести и сила норм. реакции опоры, а также некоторая ~~сила~~ результирующая горизон. сил $\vec{R}$, компенсирующая нормальное ускорение;

норм. уск. $a_н = \frac{v_{Bцм}^2}{AO} = \frac{v_{Aцм}^2}{AO} = \frac{\frac{1}{2} v_A{}^2}{\frac{2}{3}\cos(30°)\cdot a} = \frac{\frac{1}{4} v_A^2}{\frac{2}{3} a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a} = \frac{v_A^2}{a} \cdot \frac{3}{4\sqrt{3}}$;

$|\vec{R}| = a_н \cdot m$ => $R = m \cdot \frac{v_A^2}{a} \cdot \frac{3}{4\sqrt{3}} = \cancel{0{,}0001\ кг}\ 10^{-4}\ кг \cdot \frac{0{,}16\ \frac{м^2}{с^2}}{0{,}2\ м} \cdot \frac{3}{4\sqrt{3}} =$

$= \boxed{\frac{3}{5\sqrt{3}} \cdot 10^{-4}\ Н}$; Ответы: $v_c = 0{,}2$ м/с; $\tau = \sqrt{3}$ с; $R = \frac{3}{5\sqrt{3}} \cdot 10^{-4}$ Н

$$= -\sin(\alpha)\cdot\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}} + \cos(\alpha)\cdot\frac{1}{\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}}\cdot\frac{v_0^2}{g^2}\cdot\left(\sin^2(\alpha)\right)' =$$

$$= -\sin(\alpha)\cdot\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}} + \cos(\alpha)\cdot\frac{1}{\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}}\cdot\frac{v_0^2}{g^2}\cdot 2\sin(\alpha)\cdot\cos(\alpha) = 0$$

$l_{max}' = 0$ при $\alpha = 0$, или:

$$-\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}} + \cos^2(\alpha)\cdot\frac{1}{\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}}\cdot\frac{v_0^2}{g^2}\cdot 2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2\frac{v_0^2}{g^2}\cdot\cos^2(\alpha)\cdot\frac{1}{\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}} = \sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}} \Rightarrow$$

$$\cancel{2\cdot\frac{20^2}{10^2}\cdot\cos^2(\alpha)\cdot\frac{1}{\quad} \Rightarrow}$$

$$\Rightarrow 2\cdot\frac{v_0^2}{g^2}\cdot\cos^2(\alpha) = \sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g} \Rightarrow \frac{\cos^2(\alpha)}{\sin^2(\alpha)} = \frac{1}{2}+\frac{gH}{v_0^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} = \sqrt{\frac{1}{2}+\frac{gH}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{1}{2}+\frac{98}{20^2}} \approx \sqrt{\frac{3}{4}} \Rightarrow \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} \approx \frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$\cos(\alpha) = \frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\sin(\alpha) \Rightarrow \cos^2(\alpha)+\sin^2(\alpha) = 1 \Rightarrow \sin^2(\alpha)+\frac{3}{4}\sin^2(\alpha) = 1 \Rightarrow \sin(\alpha) = \sqrt{\frac{4}{7}};$$

$$\cos(\alpha) = \sqrt{\frac{3}{7}};$$

$$l_{max} \approx 2\cdot\sqrt{\frac{\frac{4}{7}\cdot 20^2}{10^2}+\frac{20{,}0}{10}}\cdot\sqrt{\frac{3}{7}}\cdot 20\text{ м} \approx 40\cdot\sqrt{2+\frac{16}{7}}\cdot\sqrt{\frac{3}{7}}\text{ м} \approx$$

$$\approx 40\cdot\sqrt{\frac{3}{7}\cdot\frac{30}{7}}\text{ м} \approx 40\cdot\frac{3}{7}\cdot\sqrt{10}\text{ м} = \frac{120}{7}\cdot\sqrt{10}\text{ м}$$

Ответ: $\frac{120\sqrt{10}}{7}$ 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 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

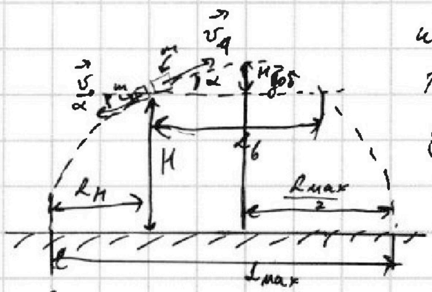
1) Так как фейерверк мгновенно сжёг своё топливо, можно считать, что в результате этого фейерверк ускорился до некоторой скорости $v_н$; весь последующий полёт фейерверк свободно летит, испытывая ускорение g, направленное вниз. Если принять высоту горизонтальной площадки за 0, то: за $\tau = 0{,}8$ с фейерверк долетел до $h = 8$ м, согласно закону движения равноускоренных тел, $h = v_н \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2}$; вычислим $v_н$: $v_н \cdot \tau = h + \frac{g\tau^2}{2} \Rightarrow v_н = \frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2} \approx 14\ \frac{м}{с}$

Исходя из этого можно вычислить максимальную высоту H: она будет достигнута при полной остановке фейерверка, то есть через время $\tau_н = \frac{v_н}{g}$; При этом $H = v_н \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2} = v_н \cdot \frac{v_н}{g} - \frac{g \cdot (\frac{v_н}{g})^2}{2} = \frac{v_н^2}{2g}$; т.к. $v_н = \frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2}$,

$$H = \frac{(\frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2})^2}{2g} = \frac{h^2}{2g\tau^2} + \frac{h}{2} + \frac{g\tau^2}{8} = \frac{v_н^2}{2g} \approx \boxed{9{,}8\ м}$$

• Ответ (вопрос 1): $H = 9{,}8$ м

2) Фейерверк взорвался при наборе макс. высоты в точке H;



Так как обе части равно массивны, а по З.С.И. (импульсов) их общий импульс после взрыва равен импульсу до, то если масса каждого осколка m, скорость до взрыва $= \vec{v}_{g0} = 0$, а скорость второго осколка $= \vec{v}_1$, то:

$\vec{v}_{g0} \cdot 2m = \vec{v}_0 \cdot m + \vec{v}_1 \cdot m \Rightarrow \vec{v}_0 \cdot m + \vec{v}_1 \cdot m = 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow \vec{v}_0 + \vec{v}_1 = 0 \Rightarrow \vec{v}_0 = -\vec{v}_1$ — итого обе скорости равны по модулю, противоположны по ~~направлению~~ направлению;

Траектория обоих тел образует параболу, поэтому $L_{макс}$ мы можем посчитать, как 2 расстояние, пройденное осколком, летящим вниз + расстояние, пройденное осколком, летящим вверх, от точки взрыва до точки с такой же высотой, как начальная; Если угол отклонения от горизонта у обоих тел равен α, то нижнее тело пролетит $L_н$, а верхнее — $L_б$;

~~при этом:~~

~~Нижн. тело: Время полёта нижнего (далее — $\tau_{пн}$): $H = \sin(\alpha) \cdot v_0 \tau_{пн} + \frac{g\tau_{пн}^2}{2} \Rightarrow \frac{g\tau_{пн}^2}{2} + v_0 \tau_{пн} - H = 0 \Rightarrow$~~
~~$\Rightarrow D = b^2 - 4ac = \sin^2(\alpha) v_0^2 + 2gH$, $\tau = \frac{-\sin(\alpha) v_0 + \sqrt{\sin^2(\alpha) v_0^2 + 2gH}}{g}$~~

Или же мы можем рассчитать, как будет вести себя „верхнее" тело после пролёта наивысшей точки; После этого оно пролетит $\frac{L_{max}}{2}$;

Рассмотрим этот случай:

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 ☐

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!

После взрыва „верхнее" тело получит ~~горизонтальную~~ вертикальную скорость $v_{y0} = \sin(\alpha)\cdot v_0$ и горизонтальную $v_{x0} = \cos(\alpha)\cdot v_0$; Максимальной высоты точки отн. точки взрыва на высоте $H_{доб}$ верхнее тело достигнет за $\frac{v_{y0}}{g}$; $H_{доб} = v_{y0}\cdot\left(\frac{v_{y0}}{g}\right) - \frac{g\left(\frac{v_{y0}}{g}\right)^2}{2} = \frac{v_{y0}^2}{2g}$; После этого тело будет лететь ещё $t_{пад}$ до падения; $H_{доб} + H = \frac{g t_{пад}^2}{2}$ =>

=> $t_{пад} = \sqrt{\frac{2(H_{доб}+H)}{g}}$; Тело пролетит за время падения $\frac{L_{max}}{2}$ по горизонтали; $\frac{L_{max}}{2} = t_{пад}\cdot v_{x0}$ => $L_{max} = 2t_{пад}\cdot v_{x0}$ =>

$$\Rightarrow L_{max} = 2\cdot\sqrt{\frac{2(H_{доб}+H)}{g}}\cdot\cos(\alpha)v_0 = 2\cdot\sqrt{\frac{v_{y0}^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}\cdot\cos(\alpha)v_0 =$$

$$= 2\cdot\sqrt{\frac{\sin^2(\alpha)\cdot v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}\cdot\cos(\alpha)v_0$$

Данная функция достигнет максимума (или минимума), когда $L_{max}' = 0$ (по $\Delta\alpha$). $(\alpha = [0°; 90°])$

$\frac{\Delta L_{max}}{\Delta\alpha} = 0$; $\left(2\cdot\cos(\alpha)\cdot v_0\cdot\sqrt{\frac{\sin^2(\alpha)\cdot v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}\right)' = 0$ =>

=> $\left(\cos(\alpha)\cdot\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}\right)' = 0$; $\left(\cos(\alpha)\cdot\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}\right)'$ ~~: эта функция обратится в 0 при~~ $= (\cos(\alpha))'\cdot\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}} + \cos(\alpha)\cdot\left(\sqrt{\sin(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}\right)' =$

~~$= \sin(\alpha)\cdot\sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot\frac{v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}} + \cos(\alpha)\cdot$~~ Данная функция не будет $\neq 0$ при $\alpha = [0°; 90°]$, но т.к. ~~она увеличивается при~~ уменьшении α, L_{max} будет макс. при $\alpha = 0$ =>

$$\Rightarrow L_{max} = 2\cdot\sqrt{\frac{\sin^2(0)\cdot v_0^2}{g^2}+\frac{2H}{g}}\cdot\cos(0)v_0 = 2\cdot\sqrt{\frac{2H}{g}}\cdot v_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L_{max} = 2\cdot\sqrt{\frac{2\cdot 9{,}8\,м}{10\,\frac{м}{с^2}}}\cdot 20\,\frac{м}{с} = \cancel{2\cdot\sqrt{1{,}96}}\ \boxed{56\ м}$$

• Ответ (вопрос 2): ~~56км~~ $L_{max} = 56$ м

Все ответы: $H = 9{,}8$ м;

$L_{max} = 56$ м.

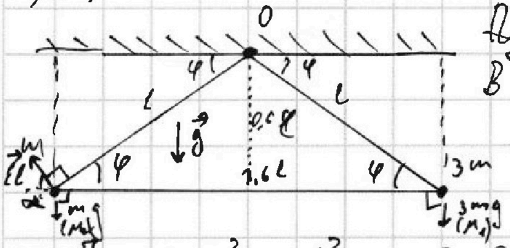
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

1 и 2)



~~Пусть~~ Назовём точку крепления к потолку точкой 0. В данной системе ~~являются~~ расстояния между точками системы постоянны в начале. Данную систему можем рассматривать как вращающийся объект с моментом инерции $J = 3m \cdot l^2 + m \cdot l^2 = 4ml^2$; Один из углов на схеме обозначим как φ; $\cos\varphi = 0,8$; $\sin\varphi = 0,6$; Тогда на схему будут действовать 2 момента силы M_1 и M_2 (к 3m и m соотв.); они равны:

$M_1 = \cos\varphi \cdot l \cdot 3mg = 2,4\, lmg$. $M_2 = \cos\varphi \cdot l \cdot mg = 0,8\, lmg$;
(по час. стрелке полож. значения)

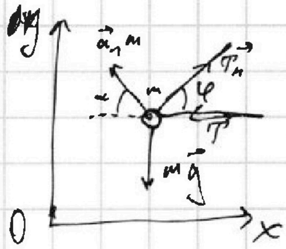
$\Sigma M = M_1 + M_2 = 1,6\, lmg$ (по час. стрелке);

Тогда $M_{общ} = \varepsilon \cdot J$, где ε - угловое ускорение системы;

$\varepsilon = \frac{M_{общ}}{J} = \frac{1,6\, lmg}{4ml^2} = 0.4\frac{g}{l}$; Ускорение груза m, расположенного на l от центра вращения равно $a_1 = \varepsilon l = 0,4g$ и направлено перпендикулярно ~~стержню~~ нити от т.0 до груза m, вверх; При этом угол между горизонталью и ускорением равен $\alpha = 180° - 90° - \varphi \Rightarrow$ $\Rightarrow \alpha = 90° - \varphi \Rightarrow$ $\boxed{\sin(\alpha) = \cos(\varphi) = 0,8}$; $\boxed{a_1 = 0,4g = 4\frac{м}{с^2}}$;

- Ответы (вопросы 1 и 2): под углом с $\sin(\alpha) = 0,8$ и ускорением $a_1 = 4\frac{м}{с^2}$

3) Рассмотрим все силы, действующие на груз:



На груз действуют: сила натяж. нити $\vec{T_н}$; сила упругости стержня $\vec{T}$; сила тяготения $m\vec{g}$ + ускорение $\vec{a_1}$; $a_1 = 0,4g$;

Рассмотрим проекции сил на ось OX:

OX: $T_н \cdot \cos(\varphi) - T = \cos(\alpha) \cdot a_1 m$; На Oy:

Oy: $\sin(\varphi) \cdot T_н - mg = \sin(\alpha) \cdot a_1 m$; Зная, что $a_1 = 0,4g$, а $\alpha = 90° - \varphi$, можно привести выражение к виду

~~OX: $T_н \cdot 0,8 - T = 0,6 \cdot 0,4mg$; OX: $T_н \cdot 0,8 - T = 0,24mg$~~

~~Oy: $0,6 \cdot T_н - mg = 0,8 \cdot 0,4mg$; Oy: $0,6 T_н - mg = 0,32mg$~~

~~OX: $T_н$~~

(см. сл. страницу

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!

$$\Rightarrow \cancel{0{,}8\,T_н} \begin{cases} \cos(\varphi)\cdot T_н - T = \sin(\varphi)\cdot a_1 m \\ \sin(\varphi)\cdot T_н - mg = \cos(\varphi)\cdot a_1 m \end{cases}$$

т.к. $\cos(\varphi) = 0{,}8$; $\sin(\varphi) = 0{,}6$:

$$\begin{cases} 0{,}8\,T_н - T = 0{,}6\,a_1 m \\ 0{,}6\,T_н - mg = 0{,}8 a_1 m \end{cases}$$

т.к. $a_1 = 0{,}4g$:

$$\begin{cases} 0{,}8\,T_н - T = 0{,}24\,mg \\ 0{,}6\,T_н - mg = 0{,}32\,mg \quad \Big| \cdot \frac{4}{3} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0{,}8\,T_н - T = 0{,}24\,mg \\ 0{,}8\,T_н - \frac{4}{3}mg = \frac{4}{3}\cdot 0{,}32\,mg \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\frac{4}{3}mg + T = \frac{4}{3}\cdot 0{,}32\,mg - 0{,}24\,mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{4}{3}(1+0{,}32)mg - 0{,}24\,mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{4}{3}\cdot 1{,}32\,mg - 0{,}24\,mg \Rightarrow T = (4\cdot 0{,}44 - 0{,}24)\,mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = (1{,}76 - 0{,}24)\,mg \Rightarrow T = 1{,}52\,mg = \boxed{1{,}52\ Н}$$

• Ответ: $|\vec{T}| = 1{,}52$ Н

Все Ответы:

$\sin(\alpha) = 0{,}8$

$a_1 = 4\ \frac{м}{с^2}$

$T = 1{,}52$ Н

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

На графике представлены 3 участка, каждый из которых обладает ~~пост~~ постоянной теплоёмкостью, т.е. имеет место быть политропический процесс $pV^n = const$, где $n = \frac{c - c_p}{c - c_p}$; т.к. газ – одноатомный, $c_p = \frac{3}{2}R$, $c_p = \frac{5}{2}R$ =>

=> n для процесса 1→2 (n_{12}) равно $n_{12} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{5}{2}R} = -1$

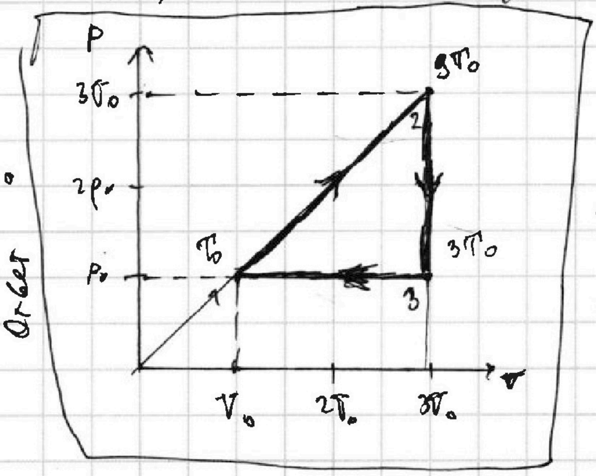
Аналогично $n_{23} = \frac{\frac{3}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R - \frac{5}{2}R} = 0$ и

Аналогично $n_{31} = \frac{\frac{5}{2}R - \frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R - \frac{5}{2}R} \to \infty$

1→2 $pV^{-1} = const$ – ~~термо изотермический~~ процесс, где $p \sim V$

2→3 $pV^0 = const$ – изобарной процесс

3→1 $pV^{\infty} = const$ – ~~адиабатический~~ изохорный процесс



$Q_{общ} = \Sigma(C_{общ} \cdot \Delta T) = Q_1 =$

$= \nu \cdot 2{,}5R \cdot 2T_0 + \nu \cdot 2R \cdot 8T_0 - \nu \cdot \frac{3}{2}R \cdot 6T_0 =$

$= 16\nu RT_0 - 5\nu RT_0 - 9\nu RT_0 = 2\nu RT_0 \approx$

$\approx (1200 \cdot 8{,}31)$ Дж ≈ 8972 Дж;

$Q_{1\to2} = 8\nu RT = 71{,}776$ кДж

Ответ: $Q_1 = 8972$ Дж подведено и отведено тепла (71776 Дж – подведено в 1→2)

работа одного цикла $A_ц$ = площадь графика p от V $= 2p_0V_0$; $p_0V_0 = \nu RT_0$ =>

=> $A_ц = 2\nu RT_0$; Зная, что η (КПД) машины $= 0{,}5$,

$A_{общ} = A_ц \cdot N \cdot \eta = 10\nu RT_0$; $A_{общ} = Mg \cdot H \Rightarrow H = \frac{A_{общ}}{Mg} \Rightarrow$

$\Rightarrow H = \frac{10\nu RT_0}{Mg} \approx \frac{10 \cdot 2 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{150 \cdot 10}$ м $= (4 \cdot 8{,}31)$ м $\approx 33{,}24$ м

Ответ: $H = 33{,}24$ м

Все ответы: см. график; $Q_1 = 8972$ Дж (71776 Дж только в 1→2); $H = 33{,}24$ м

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

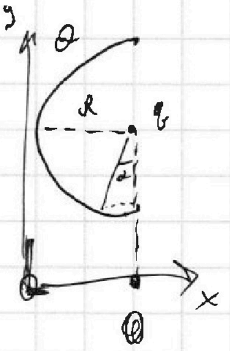
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

З-н Кулона: $F = k\cdot\frac{q_1\cdot q_2}{r^2}$; Пот. энергия ~~заряд~~ кулоновских сил:

$E_{кул} = k\cdot\frac{q_1\cdot q_2}{r}$;

Определим суммарную энергию воздействия полусферы на частицу ~~(я не помню формулы)~~.



На единицу площади полусферы приходится заряд $\frac{Q\cdot s}{2\pi R^2}$, где s - площадь маленького участка.

В зав-ти от угла α сила воздействия каждого „кольца" равна $k\frac{Q\cdot q}{2\pi R^2}\cdot\cos(\alpha)\cdot\sin(\alpha)\cdot\pi R =$

$= k\frac{Q\cdot q}{2R^2}\cdot\cos(\alpha)\cdot\sin(\alpha)$; ~~$\frac{d\alpha}{360°}$~~ ~~Если проинтегрировать данное выражение, получим выражение~~ $E_{кул}$ вт. 0 (далее - $E_{куло}$):

$E_{куло}$ ~~$k\frac{Q\cdot q}{2R}$~~; Начальная энергия частицы равна $E_{куло}+E_{кин1}$;

$E_{куло}$ - энергия кулоновских сил

Она равна $E_{кин2}$; $E_{кин1}$ (кин. энерг. в начале) = $\frac{mV_0^2}{2}$;

$E_{кин2}$ (кин. энерг. на большом удалении) $\frac{mV^2}{2}$;

$E_{куло}+E_{кин1}=E_{кин2} \Rightarrow$ ~~$k\frac{Q\cdot q}{2R}$~~

рад

~~Рассчитаем $E_{куло}$: $E_{кольца} = \frac{d\alpha}{360°}\cdot R\cdot k\frac{Q\cdot q}{2\pi R^2}\cdot\sin(2\alpha)\cdot\pi R =$~~ 2π

$= \cancel{k\frac{Q\cdot q}{4\pi}}$

$E_{кольца} = \frac{d\alpha}{2\pi}\cdot R\cdot k\frac{\frac{Q}{2\pi R^2}\cdot q}{R}\cdot\cos(\alpha)R = k\cdot\frac{Q\cdot q}{4\pi R}\cdot\cos(\alpha)\cdot d\alpha$

$E_{куло} = \int_0^{\pi} k\frac{Qq}{4\pi R}\cdot\cos(\alpha)\cdot d\alpha = k\cdot\frac{Qq}{4\pi R}$;

$E_{кин2} = E_{куло}+E_{кин1} \Rightarrow \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + k\frac{Qq}{4\pi R}$

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 ☐

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!

$$V^2 = V_0^2 + k\cdot\frac{2Qq}{4\pi R\cdot m} \Rightarrow V = \sqrt{V_0^2 + k\cdot\frac{Qq}{2\pi R m}}$$

Ответ: $V = \sqrt{V_0^2 + k\cdot\frac{Qq}{2\pi R m}}$

~~2)~~

7) Мысленно ~~сконцу~~ отразим ~~сфер~~ полусферу так, чтобы образовать сферу, тогда отражённая т. А совпадёт с т. С а отр. т. С совпадёт с т. А; По т. Гаусса на каждую точку в такой сфере будет действовать $\Sigma F = 0$, значит сила, действующая на т. А со стороны реальной сферы равна действию на т. А со стороны отражённой $\Rightarrow$ сила возд. на т. А и т. С у оригинальной сферы равны $\Rightarrow$ равны и Епотенциальные тоже. Тогда

$$E_{пот\,A} + V_{кин\,A} = E_{пот\,C} = V_{кин\,C} \Rightarrow V_{кин\,A} = V_{кин\,C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_A = V_C = 0 \quad \text{Ответ: } 0$$

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

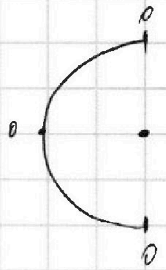
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА __ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$\sin(30)\cdot\cos(30) = \sin(2\cdot 30)$

$\sin(\alpha)\cdot\cos(\alpha) = \sin(2\alpha)$



$\sin(30)\cdot\cos(30)$

$\frac{\sqrt{3}}{2}\ 0{,}5 = \frac{2\sqrt{3}}{4}$

$k\cdot\frac{Q\cdot q}{2\pi R^2}\cdot dS;$

$\frac{\Delta x}{\cancel{R^2}}$

$E_x = dh\cdot k\frac{Q\cdot q}{2\pi R^2}\cdot\sin(\alpha)\cdot\cos(\alpha)\cdot\pi R$

$\frac{d\alpha}{360^\circ}\cdot l \quad \Rightarrow E_x = \frac{d\alpha}{\underset{2\pi}{360^\circ}}\cdot k\frac{Q\cdot q}{2}\cdot\sin(2\alpha) =$

$= d\alpha\cdot k\frac{Q\cdot q}{4\pi}\cdot\sin(2\alpha)$

$\int_0^{90^\circ} k\cdot\frac{Q\cdot q}{4\pi}\cdot\sin(2\alpha)\cdot d\alpha =$

$\sin(\alpha)\cdot\sqrt{1-\sin^2(\alpha)} = \sqrt{\sin^2(\alpha)\cdot(1-\sin^2(\alpha))} = \sqrt{\sin^2(\alpha)-\sin^4(\alpha)} =$

$= \cancel{\sqrt{1-\sin}}\ \sin^2(\alpha)\cdot(1-\sin(\alpha))(1+\sin(\alpha))$

Черновик