



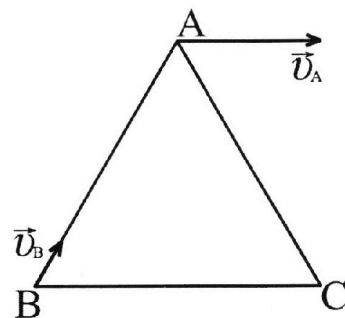
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

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 $v_A = 0,8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

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

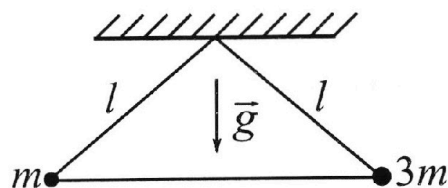
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 16$ 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 $m = 80$ г и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарика скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарика находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ 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.



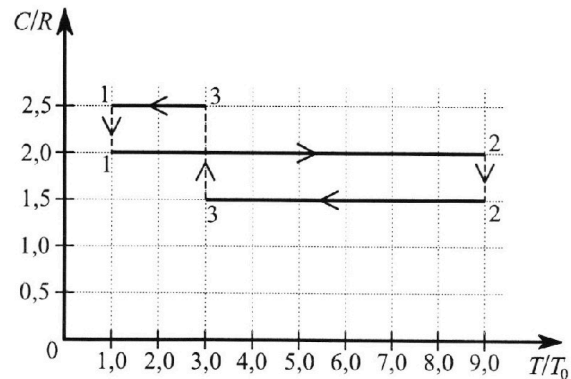
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270$ К.

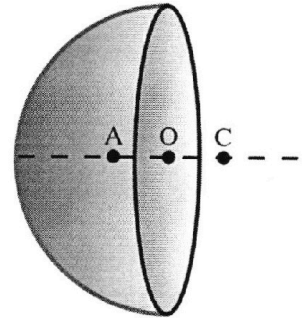


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250$ кг за $N = 15$ 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 электрической 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 . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с R расстоянии от точки О скорость частицы равна V . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С.

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.

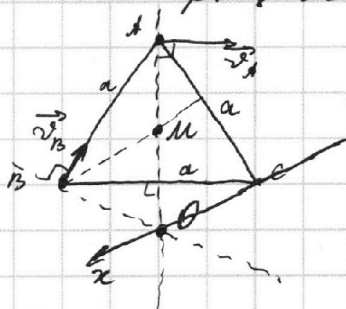
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

N1

Пластина будет считаться абсолютно твердой, тогда существует некоторая точка O , неподвижная в CO стола, такая, что скорость любой точки пластины перпендикулярна прямой, сф. эту точку и точку O . Точка O — ось вращения пластины. Найдём её, построив через A перпендикуляр к $\vec{v}_A$ и через B — к $\vec{v}_B$, точка пересеч. этих прямых и есть $m. O$



Чтобы скорости всех точек пластины отн. $m. O$ равны, обозначим их ω .

т.к. $OA \perp \vec{v}_A$ и $\vec{v}_A \parallel BC$, то $OA \perp BC$. ~~Обозначим~~
~~точку пересеч. OA и BC как~~

$\angle BAO = 30^\circ$, т.к. треугольник равнобедренный (углы по 60°) и OA — перпендикуляр к BC , а сф. и биссектриса.

$BA \perp BO$ в прямоугол. $\triangle ABO$: $r_A = BO = a \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} a$,
~~где~~ $r_A = OA = \frac{a}{\cos 30^\circ} = \frac{2a}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}a}{3}$, где r_B — радиус прямой — радиус AB , r_O — радиус траектории $m. O$.

из 3-х движений по окр.:

$$\left. \begin{aligned} v_A &= \omega r_A \\ v_B &= \omega r_B \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{r_A}{r_B} = \frac{\frac{2\sqrt{3}a}{3}}{\frac{\sqrt{3}a}{3}} = 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_B = \frac{v_A}{2} \Rightarrow v_B = \frac{0,8 \frac{m}{c}}{2} = 0,4 \frac{m}{c}$$

из уравн. $v_A = \omega r_A$:

$$\omega = \frac{v_A}{r_A} = \frac{v_A}{\frac{2\sqrt{3}a}{3}} = \frac{\sqrt{3}v_A}{2a} \text{ — угл. сф. пластины отн. } m. O$$

~~Период обращения пластины T :~~

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\frac{\sqrt{3}v_A}{2a}} = \frac{4\pi a}{\sqrt{3}v_A}$$



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!

~~т.к. пластина должна совершить 4 оборота:~~

~~$$T = 4T_1 = \frac{16\pi a}{\sqrt{3}v_a} = \frac{16\sqrt{3}\pi a}{3v_a}$$~~

Обозначим центр масс точкой М. т.к. М лежит на биссектр. $\angle ABC$, то $\angle MB O = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$, а т.к.

$\angle BAO = 30^\circ$ и $\angle BOA = 60^\circ$, то $\triangle BOM$ — равносторонний, и $OM = OB = \frac{\sqrt{3}}{3}a$, где OM — радиус траектории т. М отн. т. О $OM = \frac{2a}{2}$

~~Найдём ускор.~~ ~~т. М и т. В~~

~~$$a_M = \omega^2 OM$$~~

~~$$a_B = \omega^2 OB$$~~

~~Найдём ускор. т. В в ~~т. М~~ т. М:~~

~~$$a_B' = a_B - a_M = \omega^2 OB - \omega^2 OM = \omega^2 (OB - OM) = \omega^2 (2OM - OM) = \omega^2 OM$$~~

или из 3-го движения по окруж.

~~$$a_B' = \omega_{\text{англ}}^2 (2OM - OM) = \omega_{\text{англ}}^2 OM, \text{ где } \omega_{\text{англ}} - \text{угловая скор. т. М отн. т. О}$$~~

~~Пусть скорость т. М отн. т. О равна v_M , тогда:~~

~~$$v_M = \omega OM = \omega OB = v_B,$$~~

~~$\vec{v}_M \parallel BC$, а т.к. М лежит на AO , $\vec{v}_M \perp \vec{v}_B$, т.к. т. М движется по AO .~~

В CO т. М:

$$\vec{v}_B' = \vec{v}_B - \vec{v}_M$$

$$v_B' = v_B - v_B = v_B - \frac{v_B}{2} = \frac{v_B}{2}$$

Радиус траектории т. В в CO т. М:

$$r_{BM} = \frac{2\sqrt{3}}{3}a - \frac{\sqrt{3}}{3}a = \frac{\sqrt{3}}{3}a$$

Отсюда период обращения пластины в CO ч.м.:

$$T_{\text{ч.м.}} = \frac{2\pi r_{BM}}{v_B'} = \frac{2\pi \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}a}{\frac{v_B}{2}} = \frac{4\pi a}{\sqrt{3}v_a}$$

$$T = 4T_{\text{ч.м.}} = \frac{16\pi a}{\sqrt{3}v_a} \Rightarrow T = \frac{16\pi \cdot 0,4 \text{ м}}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} \text{ с} = \frac{8\sqrt{3}}{3} \pi \text{ с.}$$

На тело действуют 3 силы: сила тяжести, сила нормальной реакции опоры (нормали) и сила трения.



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!

Сила тяжести и сила Норм. реакции опоры компенсируют друг друга (следует из 2-го закона Ньютона, т.к. шар не имеет ускорения по верт. оси) $\Rightarrow \vec{R} = \vec{F}_{\text{ор}}$.

Направим ось Ox вдоль направления CO .

~~Д~~ $OB = OC$ из симметрии $\Rightarrow$ скорость точки C

$v_c = v_B$, причём она направ. $\perp OC$. Ускорение точки C

$$a_c = \frac{v_c^2}{r_c} = \frac{v_B^2}{r_B} = \frac{\frac{v_A^2}{4}}{\frac{\sqrt{3}}{2}a} = \frac{\sqrt{3}v_A^2}{4a}, \text{ где } r_c - \text{радиус}$$

траектории т. C отн. т. O .

2-й закон Ньютона в проекции на Ox :

$$\vec{R}_x = m a_c, \text{ где } R_x - \text{проекция}$$

$$\vec{R} = m \vec{a}_c, \text{ то}$$

$$R = m a_c = m \cdot \frac{\sqrt{3}v_A^2}{4a} = \frac{\sqrt{3}m v_A^2}{4a}$$

$$R = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,06 \text{ кг} \cdot (0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{4 \cdot 0,4 \text{ м}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,06 \cdot 0,64}{1,6} \text{ Н} =$$

$$= 0,024\sqrt{3} \text{ Н}$$

Ответ: 1) $v_B = \frac{v_A}{2} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $\tau = \frac{4\pi a}{\sqrt{3}v_A} = \frac{8\sqrt{3}}{3} \pi \text{ с}$

3) $R = \frac{\sqrt{3}m v_A^2}{4a} = 0,024\sqrt{3} \text{ Н}$

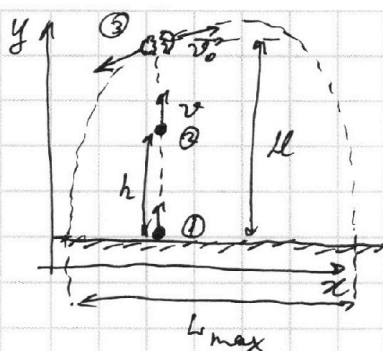


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



N2

Ось Oy направим вертикально вверх, Ox горизонтально.

т.к. действовавший пуцц вертикально то до разрыва проекции всех величин на Ox равны 0, а на Oy — модуль этих величин с положительным или отрицательным знаком.

из 3-на сохр. энергии между сост. 2 и 3 (из рн): (сост. 3 до разрыва фэйрверка); за m обознач. масса снаряда.

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = mgH, \text{ т.к. в начальн. моме скорость равна 0.}$$

$$H = \frac{v^2}{2g} + h$$

$$H = \frac{(4 \frac{m}{c})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} + 11,2 \text{ м} = \frac{16}{20} \text{ м} + 11,2 \text{ м} = 0,8 \text{ м} + 11,2 \text{ м} = 12 \text{ м}$$

В моме взрыва ~~тоже~~ и непосредственно после него в каждый моме времени на каждую осею действовала равнодействующая по модулю т.е. приложен сил, дейст. на осею противоположно $\Rightarrow$ импульс сил, дейст. на осею противоположно $\Rightarrow$ т.к. начальн. импульс (перед взрывом) равен 0, то импульс осей после взрыва противоположны:

$$\frac{m\vec{v}_0}{2} = -\frac{m\vec{v}_0'}{2}, \text{ где } \vec{v}_0' - \text{ скорость второго осею сразу после взрыва } \Rightarrow \vec{v}_0' = -\vec{v}_0, \text{ тогда их проекции на осе:}$$

$$Ox: v_{0x}' = -v_{0x}$$

$$Oy: v_{0y}' = -v_{0y}$$

Найдём скорость центра масс осей $\vec{v}_c$ в проекции на осе:



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!

$$L_2 = v_0 \cos \angle \tau_2 = v_0 \cos \angle \cdot \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \angle + 2gH} - v_0 \sin \angle}{g}$$

Пусть L_1 — ~~проекция~~ проекция перемещения 4-го осколка на Ox от g взрыва до момента времени Δt (отм. взрыва), тогда:

$$L_1 = v_0 \cos \angle \Delta t = v_0 \cos \angle \cdot \frac{2v_0 \sin \angle}{g}$$

$$L_{\max} = L_1 + 2L_2 \quad (\text{из скользящего выноса})$$

$$L_{\max} = v_0 \cos \angle \cdot \frac{2v_0 \sin \angle}{g} + 2v_0 \cos \angle \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \angle + 2gH} - v_0 \sin \angle}{g} - 2v_0 \cos \angle \cdot \frac{v_0 \sin \angle}{g} =$$

$$= \frac{2v_0 \cos \angle \sqrt{v_0^2 \sin^2 \angle + 2gH}}{g} = \sqrt{\frac{4v_0^4 \cos^2 \angle \sin^2 \angle}{g^2} + \frac{8v_0^3 \cos^2 \angle H}{g}}$$

Осколки имеют одинаковую массу, а их скорости равны по модулю и противоположны по напр. $\Rightarrow$ их проекции вместе образуют ~~на~~ параболу — проекцию полёта ~~на~~ гипотенузы осколка, пуцкиной с некоторой скоростью v_1 , с земли u почти падений осколка Δ осколка, при этом v_1 будет таким же по модулю и противоположным по напр. по отношению к скорости падения осколка. Из закона сохр. Энерг найдём модуль этой скорости:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgH$$

$$v_1^2 = v_0^2 + 4gH$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 4gH}$$

Пусть осколки упали под углом β к горизонту, тогда:

$$Ox: v_{1x} = v_1 \cos \beta, \quad a_x = 0$$

$$Oy: v_{1y} = v_1 \sin \beta, \quad a_y = -g$$

Пусть этот гипотенузный осколок летит время τ , тогда:

$$\begin{cases} 0 = v_{1y} \tau - \frac{g\tau^2}{2} \\ L_{\max} = v_{1x} \tau \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau(v_{1y} - \frac{g\tau}{2}) = 0, \\ L_{\max} = v_1 \cos \beta \tau, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau = 0, \\ \tau = \frac{2v_{1y}}{g}, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} L_{\max} = v_1 \cos \beta \tau \end{cases}$$

$$\Rightarrow L_{\max} = v_1 \cos \beta \cdot \frac{2v_1 \sin \beta}{g} = \frac{2v_1^2 \sin \beta \cos \beta}{g}$$



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!

Т.е. $L_{\max}$ — максимальное расст., по

$$\frac{2v_1^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{v_1^2 \sin 2\beta}{g} \rightarrow \max \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin 2\beta \rightarrow \max \Rightarrow \sin 2\beta = 1, \text{ при } \beta = 45^\circ, \text{ тогда}$$

$$L_{\max} = \frac{v_1^2 \cdot 1}{g} = \frac{v_1^2}{g} = \frac{v_0^2 + 4gH}{g} = \frac{v_0^2}{g} + 4H$$

$$L_{\max} = \sqrt{\frac{(16 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2})^2}{(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2})^2} + 4 \cdot 12 \text{ м}} = \sqrt{2,56 + 4,8} \text{ с} =$$

$$L_{\max} = \frac{v_1^2 \cdot 1}{g} = \frac{v_1^2}{g} = \frac{v_0^2 + 4gH}{g} = \frac{v_0^2}{g} + 4H$$

$$L_{\max} = \frac{(16 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} + 4 \cdot 12 \text{ м} = 25,6 \text{ м} + 48 \text{ м} = 73,6 \text{ м}$$

Ответ: 1) $H = \frac{v_0^2}{2g} + h = 12 \text{ м}$

2) $L_{\max} = \frac{v_0^2}{g} + 4H = 73,6 \text{ м}$

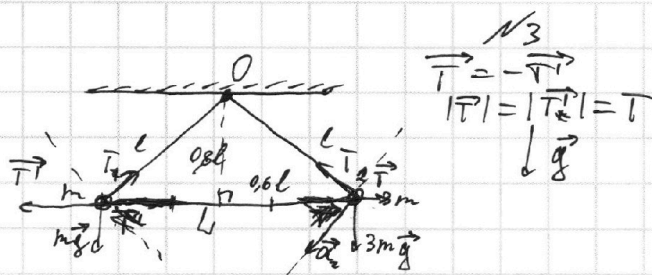


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Пусть нить прикреплен к потолку в т. О. ~~тогда~~
В начальный момент времени шарик не имеет скорости, потому что центростремительная сила $\rightarrow$ ускорения равна 0 $\Rightarrow$ ускорение $\vec{a}_2$ направлено $\perp$ направлению на ось вращения, которой является точка О $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \cos \alpha \Rightarrow \alpha = 90^\circ - \arccos\left(\frac{0.6l}{l}\right) = 90^\circ - \arccos 0.6$$

$$\sin \alpha = \sin(90^\circ - \arccos 0.6) = \cos(\arccos 0.6) = 0.6$$

В т.к. стержень лёгкий, то проекции ускорений на ось стержня для обоих шариков равны (ускорения $\alpha \cos \alpha$ выражены $\vec{v}_2$ $\rightarrow$ $\vec{v}_2$ на Механике $\rightarrow$ ускорение, T_1 то рассуждения выше справедливы и для шарика $m \Rightarrow$ его ускорение направл. под тангенс к горизонту, но в другую сторону):

$$\frac{-T_1 \sin \alpha + T}{m} = \frac{T_2 \sin \alpha - T}{3m} \Rightarrow 3T - 3T_1 \sin \alpha = T_2 \sin \alpha - T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4T = (3T_1 + T_2) \sin \alpha \quad (1)$$

Из условий равновесия веса нити на оба шарика:

$$T_1 = mg \cos \alpha + T \sin \alpha \quad (2)$$

$$T_2 = 3mg \cos \alpha + T \sin \alpha \quad (3)$$

$$(2) \cdot 3 + (3):$$

$$3T_1 + T_2 = 6mg \cos \alpha + 4T \sin \alpha, \text{ подставим в (1):}$$

$$4T = 6mg \sin \alpha \cos \alpha + 4T \sin^2 \alpha$$

$$4T \cos^2 \alpha = 6mg \sin \alpha \cos \alpha$$

$$T = \frac{3}{2} mg \tan \alpha$$

$$\cancel{\tan \alpha} \quad \tan \alpha = \frac{0.6}{\sqrt{1-0.36}} = \frac{0.6}{0.8} = \frac{3}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{3}{2} mg \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{8} mg \Rightarrow T = \frac{9}{8} \cdot 0.08 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 0.9 \text{ Н}$$



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
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!

α_2 — ^{отметим} ~~суммарная~~ проекция всех сил, дейст. на ~~шарик~~ $3m$ на линию действия равнодействующей сил, к массе:

$$\alpha_2 = \frac{3mg \sin \angle - T \cos \angle}{3m} = g \sin \angle - \frac{\frac{3}{2} mg \frac{\sin \angle}{\cos \angle} \cdot \cos \angle}{3m} =$$

$$= g \sin \angle - \frac{g \sin \angle}{2} = \frac{g \sin \angle}{2}$$

$$\alpha_2 = \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,6}{2} = 3 \frac{m}{c^2}$$

Ответ: 1) $\sin \angle = 0,6$

$$2) \alpha_2 = \frac{g \sin \angle}{2} = 3 \frac{m}{c^2}$$

$$3) T = \frac{3}{2} mg \tan \angle = 0,9 \text{ Н}$$



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
 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!

№4

Молорные теплоемкости:

в 1-2 $C_{12} = 2R$
 в 2-3 $C_{23} = 1,5R$
 в 3-1 $C_{31} = 2,5R$

Температуры:

$T_2 = 3T_0$ — в соот. 2
 $T_3 = 3T_0$ — в соот. 3

Пусть Q_{12} — кол-во тепла, переданное в процессе 1-2,
 Q_{23} — в 2-3, Q_{31} — в 3-1.

$Q_{12} = C_{12} \sqrt{3T_0 - T_0} = 8\sqrt{T_0} \cdot 2R = 16\sqrt{RT_0}$

$Q_{23} = C_{23} \sqrt{3T_0 - 3T_0} = -6\sqrt{T_0} \cdot 1,5R = -9\sqrt{RT_0}$

$Q_{31} = C_{31} \sqrt{T_0 - 3T_0} = -2\sqrt{T_0} \cdot 2,5R = -5\sqrt{RT_0}$

$C_{23} = \frac{3}{2}R \Rightarrow 2-3$ — изохорический процесс

$C_{31} = \frac{5}{2}R \Rightarrow \frac{3}{2}R + R \Rightarrow 3-1$ — изобарический процесс

изобразим графиками

~~2-3 — изохорическое~~ ~~3-1 — изобарическое~~

2-3 — изохорическое охлаждение $\Rightarrow$ давление уменьш.

3-1 — изобарическое охлаждение $\Rightarrow$ ~~давление~~ объем уменьш.

Уравнение Менделеева-Клапейрона для 2-3 и 3-1: 1, 2, 3:

$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \nu R$

$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \nu R \Rightarrow P_0 V_0 = \nu R T_0$ (1)

$\frac{P_2}{T_2}$

$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \nu R \Rightarrow P_2 V_2 = 3\nu R T_0$ (2)

$\frac{P_0 V_2}{T_3} = \nu R \Rightarrow P_0 V_2 = 3\nu R T_0$ (3)

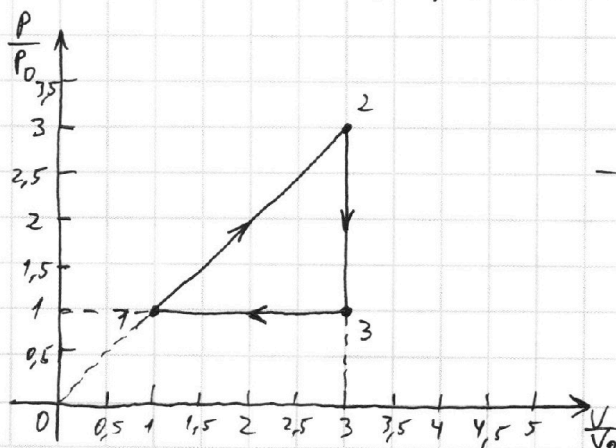
(2) : (3):

$\frac{P_2}{P_0} = 3$

(3) : (1):

$\frac{V_2}{V_0} = 3$

построим график:



— ответ к п. 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 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!

Температуры в процессе постоянные, поэтому на P-V диаграмме они будут прямыми линиями, в т.ч. процесс 1-2, при этом т.ч. $\frac{P_2}{P_0} = \frac{V_2}{V_0}$, то продолжим этой прямой процесс через начало координат.

μ_1 (1):

$$P_0 V_0 = \nu R T_0$$

площадь треугольника 1-2-3 есть и т.ч. и площадь, как отношение работы к $P_0 V_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{A_1}{P_0 V_0} = \frac{\left(\frac{V_2}{V_0} - \frac{V_0}{V_0}\right) \left(\frac{P_2}{P_0} - \frac{P_0}{P_0}\right)}{2} = \frac{(3-1) \cdot (2-1)}{2} = 2$$

$A_1 = 2 P_0 V_0$, знак сохраняется по часовой стрелке $\Rightarrow A > 0$.

$$A_1 = 2 \nu R T_0$$

$$A_1 = 2 \cdot 3 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 270 \text{ К} = 13462,2 \text{ Дж} \approx 13,5 \text{ кДж}$$

полная работа за цикл:

$$A = \frac{A_1}{2}$$

то 3-ю изометрическую механическую энергию груза (с учетом того, что кинетическая энергия не меняется):

$$MgH = AN, \text{ где } H - \text{искала высота.}$$

$$H = \frac{AN}{Mg} = \frac{A_1 N}{2Mg}$$

$$H \approx \frac{13,5 \text{ кДж} \cdot 15}{2 \cdot 250 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \frac{13,5 \cdot 3 \text{ кДж}}{1000 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \frac{13,5 \cdot 3 \cdot 1000 \text{ Дж}}{1000 \text{ Н}} = 13,5 \cdot 3 = 40,5$$

$$H = \frac{13462,2 \text{ Дж} \cdot 15}{2 \cdot 250 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \frac{13462,2 \text{ Дж} \cdot 3}{1000 \text{ Н}} = 13,4622 \cdot 3 \text{ м} = 40,3866 \text{ м} \approx 40,4 \text{ м}$$

Ответы: 2) $A_1 = 2 \nu R T_0 \approx 13,5 \text{ кДж}$

3) $H = \frac{A_1 N}{2Mg} \approx 40,4 \text{ м}$



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 ☐

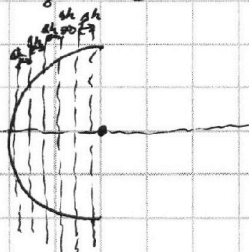
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

№5

т.е. заряд q уходит от поверхности, то заряды q и Q имеют один и тот же знак.

Разобьем поверхность на элементарные площади $\Delta h \rightarrow 0$:



Направим Ox вдоль OC . ~~Пусть R — радиус поверхности.~~
Напряженность:

Компонента напряженности, создаваемая каждым зарядом поверхности, перпендикулярная к Ox , взаимно уничтожается, создаваемая соизмеряется. Отн. Ox зарядов $\rightarrow$ напряженность в т. O E_0 направлена вдоль Ox .

Каждый элемент Δh создаст в т. O напряженность

$\Delta E = kQ \frac{q}{R^2} \cos \alpha \cdot \frac{\Delta h}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha$, где α — угол между направлением на зарядку поверхности и на элементарную площадь Δh и O .

$$E_0 = \sum \Delta E = \sum \frac{kQ \Delta h \sin \alpha}{R^2} = \frac{kQ}{R^2} \cdot \sum \Delta h \sin \alpha = \frac{kQ}{R^2}$$



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!

$$0x: \frac{m}{2}$$

13462,2

и $v_{0x} \geq 0$
Пусть $v_{0y} \geq 0$ (не учитывая общности, т.к. $\vec{v}_0$ и $\vec{v}_0'$ взаимноперпендикулярны), угол между $\vec{v}_0$ и горизонтом равен $\angle$, тогда

$$v_{0x} = v_0 \cos \angle, \quad v_{0y} = v_0 \sin \angle$$

т.к. мы считаем этот осколок движущимся вверх, то через время Δt он снова окажется на высоте H . Его скорость в этот момент найдём из 3-го закон. энергии:

$$mgH + \frac{mv^2}{2} = mgH + \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow \text{т.к. } v_1 - \text{искомая скор.}$$

$\Rightarrow v_1 = v_0$, а т.к. v_x постоянно (проекция ускорения на Ox равна 0), то $|v_{0y}| = |v_{1y}|$. Найдём время Δt из уравнения движения:

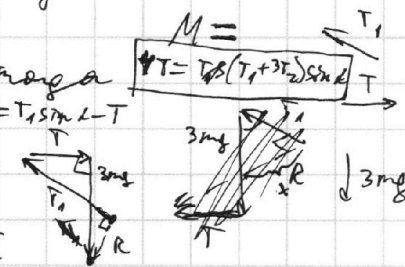
$$\vec{v}_1 = \vec{v}_0 + \vec{g}\Delta t$$

$$0y: v_{1y} = v_{0y} - g\Delta t \Rightarrow v_{1y} = -v_{0y}, \text{ тогда}$$

$$-v_{0y} = v_{0y} - g\Delta t$$

$$3T - 3T_2 \sin \angle = T_1 \sin \angle - T$$

$$\frac{T - T_2 \sin \angle}{m} = \frac{T_1 \sin \angle - T}{3m}$$



$$3mg \cos \angle$$

$$-3mg \cos \angle + T_1 - g\Delta t = 2v_{0y}$$

$$-T \cos \angle = 0$$

$$-3mg \cos \angle + T_1 - T \sin \angle = 0$$

$$-mg \cos \angle + T_2 - T \sin \angle = 0$$

$$2mg \cos \angle + T_2 - T \sin \angle = 0$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$$T_1 - T_2 = 2mg \cos \angle$$

$\Rightarrow$ после достижения скорости v_1 (второго пролёта через высоту H) ~~т.к.~~ траектория 1-го осколка идентична траектории 2-го, и по горизонт. радиусу превратится на такую же величину L_2 . Найдём L_2 (по формуле (можно проекции прс- - леммы 2-го осколка на Ox от взлёта до падения):

$$L_2 = |v_{0x}'| \tau_2, \text{ где } \tau_2 - \text{время падения 2-го осколка}$$

$$-H = v_{0y}' \tau_2 - \frac{g \tau_2^2}{2}$$

$$\frac{g \tau_2^2}{2} + v_{0y}' \tau_2 - H = 0$$

$$D = v_{0y}'^2 + 2gH$$

$$\tau_2 = \frac{-v_{0y}' \pm \sqrt{v_{0y}'^2 + 2gH}}{g}$$

$$\sum \frac{kQ}{R^2} \sin \angle$$

$$\sum \frac{kQ \cdot 2\pi R \cos \angle \cdot \Delta h}{R^2}$$

$$\sum \frac{kQ \Delta h \sin \angle \cos \angle}{R^3}$$

$$\sum \frac{kQ \Delta h \sin \angle \cos \angle}{R^3}$$

$$\sum \frac{kQ \Delta h \sin \angle \cos \angle}{R^3}$$

$$\sum \frac{kQ \Delta h \sin \angle \cos \angle}{R^3}$$

$$v = a_2 \Delta t$$

$$\Delta h = \frac{a_2 \sin \angle \Delta t^2}{2}$$

$$a_2 = g \sin \angle$$

$$a_2 = g \sin \angle$$

$$a_2 = g \sin \angle$$

$$a_2 = g \sin \angle$$

$$a_2 = g \sin \angle$$

$$a_2 = g \sin \angle$$

$$a_2 = g \sin \angle$$

$$a_2 = g \sin \angle$$

$$a_2 = g \sin \angle$$





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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

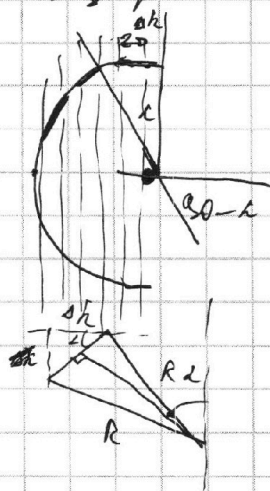
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

N5

П.а. заряд уменьшается от полушара, то Q и q имеют разные знаки.

Полов полушара создаст в н. О электрическое поле напряженности E_0 . Мысленно достроим полушару до сферы (состоящей из двух полушаров с зарядом Q). Напряженность поля внутри равна нулю, но заряденной сферой равна 0



$$\sum \frac{k \frac{Q}{2\pi R^2} \cdot 2\pi R \cos \alpha \cdot dh \cos \alpha}{R^2} =$$
$$= \sum \frac{k Q dh \cos^2 \alpha}{R^2} =$$
$$\sum \frac{k Q dh \sin \alpha}{R^2} =$$

$$\frac{dh}{\sin \alpha} = \frac{dh \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$= \frac{k Q}{R^2} \sum dh \sin \alpha =$$
$$= \frac{k Q}{R^2}$$



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!

