



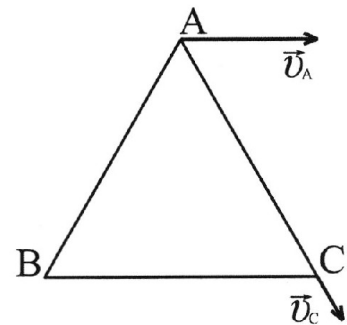
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

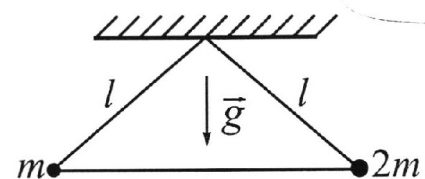
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

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. Шарiki скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарiki 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/с².

3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



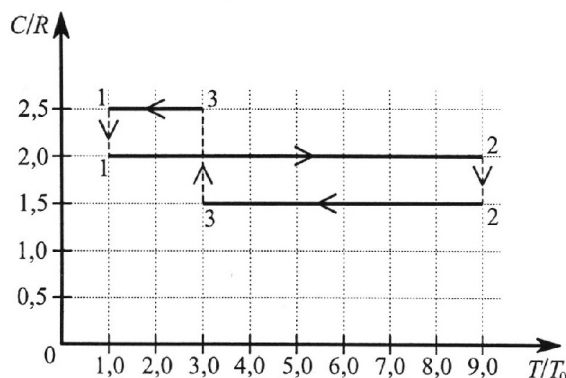
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

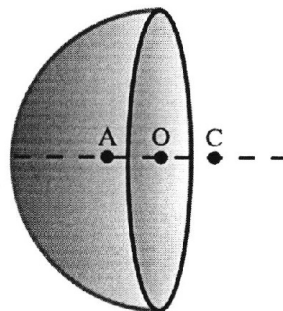


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 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.



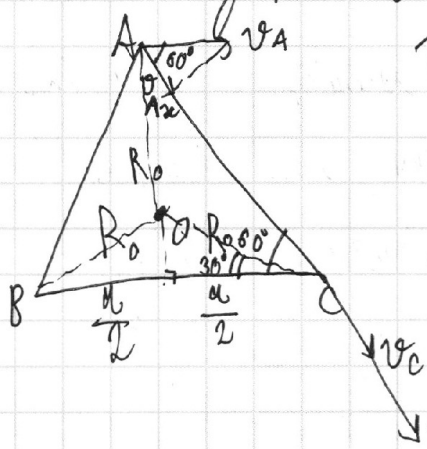
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Длина AC пластины ~~никогда~~ не меняется, воспользуемся законом сохранения, а именно проекции скоростей v_A и v_C на ось AC должны быть одинаковыми по значению и знаку.



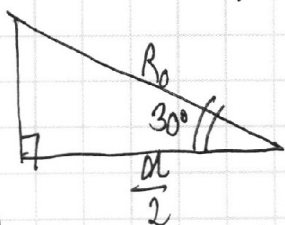
$v_{Ax} = v_{Cx}$, по условию $\triangle ABC$ - равност.

$BC \parallel v_A \Rightarrow \angle BCA = 60^\circ \Rightarrow v_A$ соот.

Угол 60° с AC $\Rightarrow v_{Ax} = v_A \cos 60^\circ = \frac{v_A}{2}$,

а $v_{Cx} = v_C \Rightarrow v_C = \frac{v_A}{2} = 0,3 \frac{m}{c}$.

Центр масса второго тела находится в центре $\triangle ABC$ - точке O. Перейдем в СО у.м. ~~на~~ тело, пусть его скорость (м.О) $\vec{v}_0$. В СО у.м. тело вращается по окружности радиусом R, радиус R можно найти из следующего треугол. $\triangle$:



$$\frac{a/2}{R_0} = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow R_0 = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}a}{3}.$$

Рассмотрим скорость т.С в СО у.м., тогда скорость С в этой СО $\vec{v}_{\text{сочн.}} = \vec{v}_C - \vec{v}_{\text{у.м.}} = \vec{v}_C - \vec{v}_0$.



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.



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!

Поскольку мачта сама вращается вокруг точки В, то радиус-вектор от мачты до ц.м. мачты (О) равен $R_0 = \frac{\sqrt{3}a}{3}$. Запишем для мачты 2-ой 3-й закон Ньютона: $\sum \vec{F}_{\text{сил на мачту}} = \vec{R} = m\vec{a}_0$, тогда $|\vec{R}| = R = m a_0$, где a_0 — ускорение (центростремительное), где $a_0 = \frac{v_{\text{точ.с}}^2}{R_0}$ (скорость всех точек А, В и С в со ц.м. вращивающ.) $\Rightarrow R = \frac{m v_{\text{точ.с}}^2}{R_0} = \frac{m v_A^2}{4 \cdot \frac{\sqrt{3}a}{3}} = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{m v_A^2}{a} = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{60 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot 0,36 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{0,3 \text{ м}} \approx 1,4 \cdot 18 \cdot 10^{-6} \text{ Н} = 30,6 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$.

Ответ: $v_0 = \frac{v_A}{2} = 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $T \approx 28,6 \text{ с}$, $R = 30,6 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$.

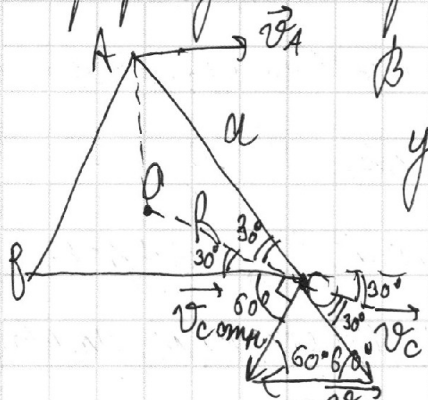


1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Перерисуем картинку ещё раз:



В со у.м. $\vec{V}_{\text{сум}}$ будет $\perp OC$,
угол между $\vec{V}_O$ и OC равен 30° .
О направлении $-\vec{V}_O$ можно
найти из точки A: по

условию $\vec{V}_A \perp AO$ и $\vec{V}_{\text{сум}} = \vec{V}_A - \vec{V}_O \perp AO \Rightarrow$
 $-\vec{V}_O \perp AO \Rightarrow -\vec{V}_O \parallel BC$, угол между BC и $\vec{V}_{\text{сум}}$ ра-
вен $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ \Rightarrow$ угол между $-\vec{V}_O$ и $\vec{V}_{\text{сум}}$ в $\triangle V_O V_A V_{\text{сум}}$
 $\triangle V_O V_A V_{\text{сум}}$ равен 60° ; угол между $-\vec{V}_O$ и $\vec{V}_C$ в
этом же $\triangle$ тоже равен $30^\circ + 30^\circ = 60^\circ \Rightarrow \triangle V_O V_A V_{\text{сум}}$ -
равносторонний $\Rightarrow V_{\text{сум}} = V_C = \frac{V_A}{2} = 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Отсюда
можно найти период T_0 вращения шеста:

$$T_0 = \frac{2\pi R_0}{V_{\text{сум}}}, \text{ а для } n=8 \quad T = nT_0 = \frac{2n\pi R_0}{V_{\text{сум}}} =$$

$$= \frac{2n\pi \cdot \frac{\sqrt{3}a}{3}}{\frac{V_A}{2}} = \frac{4\sqrt{3}n\pi a}{3V_A} \approx \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 8 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \text{ м}}{3 \cdot 0,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}} =$$

$$= \frac{16 \cdot 3,14 \cdot 14}{3} \text{ с} \approx 168,14 \text{ с} \approx 28,56 \text{ с} \approx 28,6 \text{ с}.$$

По условию, когда сдвигается, это никак не
должно влиять на движение шеста в со у.м.,
так как по условию $m_{\text{ш}} = m \ll m_{\text{шеста}}$.



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!

с такой же скоростью когда запустим и тело, летящее под углом к горизонту по этой же самой траектории. Попадём и из 3СЭ:
 $U^2 = V_0^2 + 2gH \Rightarrow U = \sqrt{V_0^2 + 2gH} = 20\sqrt{2} \frac{м}{с}$. Нужно найти угол α , при котором дальность полёта L брошенного тела $\max$: $L = \frac{U^2 \sin 2\alpha}{g}$, максимум при $\sin 2\alpha = 1$ (или $\alpha = 45^\circ$) и $L_{\max} = \frac{U^2}{g} = \frac{V_0^2 + 2gH}{g} = 80 м$. Именно такое $\max$ расстояние будет между осколками после разрыва на верш. траектории.

Ответ: $H = \frac{(\frac{h}{v} + \frac{g \cdot t}{2})^2}{2g} = 20 м$; $L_{\max} = \frac{V_0^2 + 2gH}{g} = 80 м$.



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.



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!

Пусть v_0 - начальная скорость полёта фрейерверка (когда он находится на горизонт. площадке). Движение фрейерверка равнозамедленное (т.е. равномерно вниз, а фрейерверк движется вверх).

$$\text{Тогда } h = v_0 \tau - \frac{g \tau^2}{2} \Rightarrow 2h = 2v_0 \tau - g \tau^2 \Rightarrow 2v_0 \tau = 2h + g \tau^2 \Rightarrow v_0 = \frac{h}{\tau} + \frac{g \tau}{2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$\text{При максимальной высоте подъёма фрейерверка } v = 0 \Rightarrow H = \frac{v^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\left(\frac{h}{\tau} + \frac{g \tau}{2}\right)^2}{2g} = 20 \text{ м}.$$

Пусть $2m$ - масса всего фрейерверка, тогда m - масса одного его осколка. При разрыве фрейерверка на осколки выполняется закон сохранения импульса (но только сразу после разрыва на осколки, т.к. до этого скорости осколков будут меняться из-за действия ускорения $\vec{g}$). За миг до разрыва $\vec{v} = 0 \Rightarrow \vec{p} = 2m\vec{v} = 0$.

$\vec{p} = \vec{p}_0 + \vec{p}_1$, где $\vec{p}_0$ - импульс осколка, где $|\vec{v}_0| = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $\vec{p}_1$ - импульс другого осколка.



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

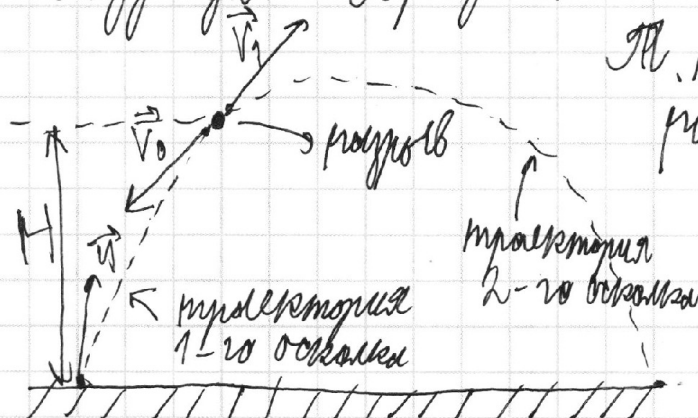
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$\vec{p}_0 = m\vec{v}_0$, $\vec{p}_1 = m\vec{v}_1$, $\vec{v}_1$ - скорость осколка (второго).

Тогда $2m\vec{v} = m\vec{v}_0 + m\vec{v}_1 \Rightarrow 2\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}_1 \Rightarrow$

$\vec{v}_0 = -\vec{v}_1 \Rightarrow |\vec{v}_1| = |\vec{v}_0| = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, т.е. после разрыва

2 осколка летят с одинаковыми скоростями в взаимно противоположных направлениях. Ситуация после разрыва будет выглядеть примерно следующим образом:



т.к. осколки летят с равными скоростями в взаимно противоположных направлениях (сразу после разрыва), то

если совместить траектории движения обоих осколков после разрыва, то они образуют траекторию движения тела, брошенного под углом к горизонту и приземлившегося на ту же самую высоту. Пусть $\vec{u}$ - скорость обоих осколков перед падением (она одинакова, следует из ЗСЭ:

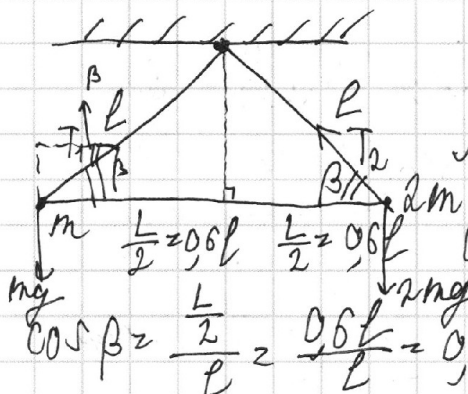
$$mgH + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} \Rightarrow u^2 = v_0^2 + 2gH, \text{ примем значение}$$



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!



Определим угол β , который между нитью и стержнем до отрыва системы;

$\cos \beta = \frac{\frac{L}{2}}{l} = \frac{0.6l}{l} = 0.6$. Пусть T_1 — сила натяжения нити у шарика m , T_2 — сила натяжения нити у шарика $2m$. Заметим, что после отрыва системы точка потолка, где прикреплены 2 нити, нигде не совмещается. Именно сразу после освобождения системы силы натяжения нитей (T_1 и T_2) могут измениться (они имеют только св-во (нити): длина менять силу натяжения), а вот T стержня не может прямо сразу измениться, поскольку у нити бесконечная жесткость (точнее, к бар. жесткости), а у стержня нет. Поэтому силу T до освобождения (такая же будет и после освобождения). Запишем, чему равна T_1 : $T_1 \sin \beta = mg \Rightarrow T_1 = \frac{mg}{\sin \beta} = \frac{5mg}{4}$ ($\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{4}{5}$), и $T_2 \sin \beta = 2mg \Rightarrow T_2 = \frac{10mg}{4}$.



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!

$$\begin{aligned} z &= \sqrt{a_y^2 (\cot^2 \beta + 1)} = |a_y| \cdot \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \beta}} = |a_y| \cdot \frac{1}{\sin \beta} \Rightarrow \\ \sin \beta &= \frac{|a_x|}{|a_1|} = \frac{|a_y| \cot \beta}{|a_1|} = \frac{|a_y|}{|a_1|} \cot \beta = \sin \beta \cot \beta = \\ &= \cos \beta = 0,6 \quad \text{из} \quad |a_1| = |a_y| \frac{1}{\sin \beta} \quad \text{следует} \quad \sin \beta = \frac{|a_y|}{|a_1|}. \\ &\text{Далее найдем } |a_y|. \end{aligned}$$



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

1
☐

2
☐

3
☒

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

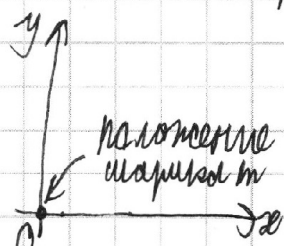
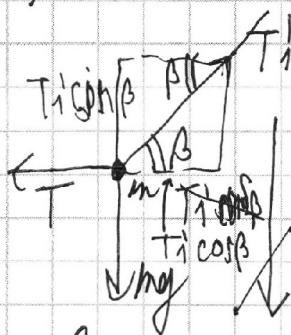
СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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!

Это были условия равновесия шариков на вертикальную ось. Далее условие для равновесия на горизонтальную ось: $T + T_1 \cos \beta = T_2 \cos \beta \Rightarrow T = T_2 \cos \beta - T_1 \cos \beta = \frac{2m_2}{\sin \beta} \cos \beta - \frac{m_2}{\sin \beta} \cos \beta = m_2 \cot \beta$, где $\cot \beta = \frac{\cos \beta}{\sin \beta} = \frac{3}{4}$.

Тогда $T = \frac{3}{4} m_2 = \frac{3}{4} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1,5 \text{ Н}$.

Пусть T_1' — новая сила натяжения нити 1, соед. потолка и шарик массой m . Угол между нитью, стержнем и вертикалью сразу после освобождения не изменился. Рассмотрим шарик m . О — положение шарика массой m .



Запишем 2-ые 3-ьи Ньютона для m

в проекции на 2 оси: Oy — вверх, и Ox — вправо.
 Oy : $m a_y = T_1' \sin \beta - m g$; Ox : $m a_x = T_1' \cos \beta - T$
 $= T_1' \sin \beta \cdot \cot \beta - m g \cdot \cot \beta = \cot \beta (T_1' \sin \beta - m g) =$
 $= \cot \beta m a_y \Rightarrow |a_x| = \cot \beta |a_y|$, а $|a| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} =$



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
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!

Далее рассчитаем площадь внутри цикла:

$$A'_{\text{цикла}} = 2p \cdot 2V_0 \cdot \frac{1}{2} = 2pV_0 = 2pRT_0 = 2 \cdot 1 \text{ моль} \cdot$$

$$8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 200 \text{ К} = 3324 \text{ Дж}.$$

Известно, что работа газа идёт на поднятие груза массой $M = 415 \text{ кг}$ на высоту H (только

для H известно $N = 25$ циклов, тогда $\Delta E = \frac{1}{2} A'_{\text{цикла}} N$ (по условию ΔE - изменение энергии груза (по условию поднимают медленно, тогда $E_{\text{к.}} = 0$),

$\Delta E = M g H$ (это только потенциальная энергия) $\Rightarrow$

$$H = \frac{A'_{\text{цикла}} N}{M g} = \frac{2 N p R T_0}{2 M g} = \frac{3324 \text{ Дж} \cdot 25}{2 \cdot 415 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 4,022 \text{ м}.$$

Ответ: $Q_1 = 20592 \text{ Дж}$, $H \approx 4,022 \text{ м}$.



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.



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!

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} UR (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} UR \cdot 8T_0 = 12UR T_0 \Rightarrow$$

$A_{12} =$

$C_{31} = \frac{5}{2} R$ — это соответствует изобарному процессу
3-1 — изобар; $C_{23} = \frac{3}{2} R$ — это соответствует изотермическому процессу $\Rightarrow$ 2-3 — изохора. Запишем уравнения состояний изогор:

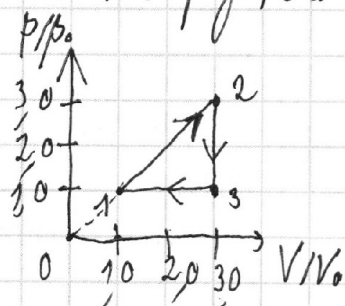
$$\begin{cases} p_3 V_3 = UR T_3 \\ p_1 V_1 = UR T_1 \end{cases} \quad \frac{p_3 V_3}{p_1 V_1} = \frac{T_3}{T_1}, \text{ примем } p_3 = p_1 \Rightarrow$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} = \frac{3T_0}{T_0} = 3 \Rightarrow V_3 = 3V_0, p_3 = p_0.$$

$$\begin{cases} p_3 V_3 = UR T_3 \\ p_2 V_2 = UR T_2 \end{cases} \quad \frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{3T_0}{9T_0} = \frac{1}{3}, \text{ примем}$$

$$V_3 = V_2 = 3V_0 \Rightarrow \frac{p_3}{p_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow p_2 = 3p_3 = 3p_0. \text{ Процесс}$$

в координатах $(p/p_0, V/V_0)$ следующий образом:



Определим работу 1-2:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} UR (T_2 - T_1) = 12UR T_0, \quad (i=3) \quad A_{12} = 18UR T_0 \Rightarrow$$

$$A'_{12} = A_{12} - \Delta U_{12} = 4UR T_0 = 4p_0 V_0, \text{ это}$$

работа газа на 1-2 ($A'_{12} = A_{12} - \Delta U_{12} = \frac{1}{2} UR (T_2 - T_1)$).
соответствует только тому, что 1-2 — изобарный.
(площадь под трапецией) (если рассмотреть криво-
изогнутые линии темп. ΔT_{12} на 1-2, то $\Delta A'_{12} = \frac{1}{2} UR \Delta T_{12}$).



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!

Запишем формулу для нахождения кол-ва теплоты, производимого или отводимого от газа на различных участках: $|Q| = C_V |\Delta T|$, причем если $\Delta T < 0$, то тепло отводится, $\Delta T > 0$ - тепло производится ($\Delta T = T_k - T_n$ - изменение температуры).
в состоянии 1: $T_1 = T_0$, в состоянии 2: $T_2 = 9T_0$,
в состоянии 3: $T_3 = 3T_0$. Запишем ур-е состояния идеального газа:

• м. 1: $p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow p_0 V_0 = \nu R T_0$

• м. 2: $p_2 V_2 = \nu R T_2 = 9 \nu R T_0$

• м. 3: $p_3 V_3 = \nu R T_3 = 3 \nu R T_0$

$Q_{12} = C_{V1} (T_2 - T_1) = 2R \nu \cdot 8T_0 = 16 \nu R T_0$ - тепло производится,

$|Q_{23}| = C_{V2} \nu |(T_3 - T_2)| = \frac{3}{2} \nu R \cdot 8T_0 = 9 \nu R T_0$ - тепло отводится ($\Delta T_{23} < 0$)

$|Q_{31}| = C_{V3} \nu |(T_1 - T_3)| = \frac{5}{2} \nu R \cdot 2T_0 = 5 \nu R T_0$ - тепло отводится ($\Delta T_{31} < 0$)

Итого: производится тепло только в процессе 1-2:

$Q_1 = 16 \nu R T_0 = 16 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 200 \text{ К} = 16 \cdot 1662 \text{ Дж} =$

$= 4 \cdot 6648 \text{ Дж} = 26592 \text{ Дж}$. Макс кол-во теплоты

получ, то $i = 3 \Rightarrow |\Delta U| = \frac{3}{2} \nu R |\Delta T|$.



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!

$$\begin{aligned} P_A &= K_0 + P_c, P_A = K \frac{|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 r^2}, K_0 = \frac{mv_0^2}{2}, P_c = \\ &= \frac{|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 (r + 2(R-r))} = \frac{|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 (2R-r)}, \text{ с учетом } r \end{aligned}$$

$$\text{получим: } \frac{mv_0^2}{2} = \frac{|Q||q|}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2R-r} \right) \Rightarrow$$

$$\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2R-r} \right) = \frac{4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|}{R|Q||q|} - \frac{1}{2R - \frac{R|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|}}$$

$$\text{получим } v_0 = \sqrt{\frac{|Q||q|}{2m\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|}{R|Q||q|} - \frac{1}{2R - \frac{R|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|}} \right)}$$

$$\text{или } v_0 = \sqrt{\frac{8\pi\epsilon_0 KR + 2|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 Rm}},$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{|Q||q|}{2m\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|}{R|Q||q|} - \frac{1}{2R - \frac{R|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|}} \right)}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 из 2

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

Запишем, чему равна скорость электрона в точке O: $\frac{mv_0^2}{2} = K \Rightarrow v_0^2 = \frac{2K}{m}$.

Определим напряженность E , создаваемую благодаря зарядовой поверхности: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q|}{r^2}$,

тогда $F_{EA} = E|q| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q||q|}{r^2}$ для $r < R$. Этому количеству соответствует точка A. Запишем

$$\text{ЗСЗ для точек O и A: } \frac{mv_A^2}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q||q|}{r^2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q||q|}{R^2} \Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} |Q||q| \cdot \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} \right) = K$$

$$\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2} = \frac{4\pi\epsilon_0 K}{|Q||q|} \Rightarrow r = \frac{1}{\frac{4\pi\epsilon_0 K}{|Q||q|} + \frac{1}{R^2}} = \frac{R|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|}$$

Для достаточно большого расстояния $r \gg R \Rightarrow \frac{1}{r^2} \ll \frac{1}{R^2}$, где $\frac{1}{R^2}$ - потенциал заряда. Тогда

$$\frac{1}{r^2} = \frac{K}{|Q||q|} \Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q||q|}{r^2} = \frac{mv_0^2}{2} ; \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q||q|}{R|Q||q|} \cdot (4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|) = \frac{4\pi\epsilon_0 KR + |Q||q|}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{8\pi\epsilon_0 KR + 2|Q||q|}{4\pi\epsilon_0 R m}}$$

Для точки C тоже можно записать ЗСЗ: