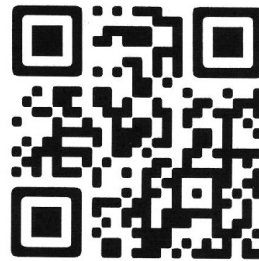




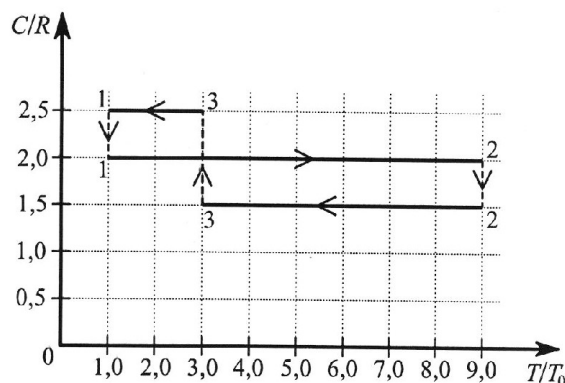
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300$ К.

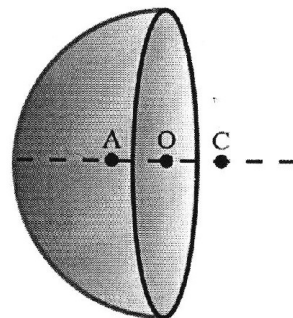


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ 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 . Частица движется по прямой АС и на большом по сравнению с R расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна K .



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы 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.



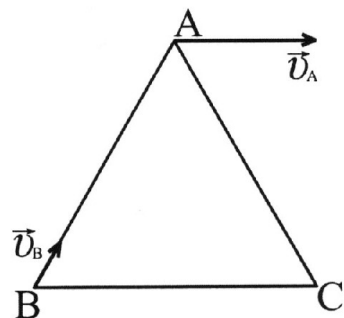
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

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 $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна $v_B = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_A скорости вершины A.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой $m = 120$ 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.

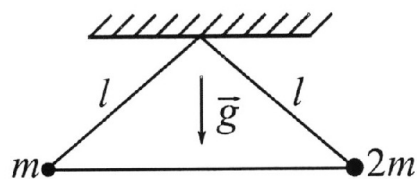
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 14,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 6$ 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 $V_0 = 20$ 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 $m = 90$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарiki скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарiki находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

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



1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

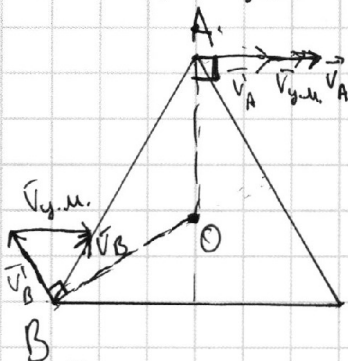
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

По т.о движение у.масс, после того как пластину толкнули, на неё не действуют никакие внеш. силы в горизонтальной плоскости, т.е. $m\ddot{a}_{у.м.} = 0 = \sum F_{внеш.}$; $a_{у.м.} = 0$. А значит, в (О) центра масс пластинка вращается (отн. центра масс.). Т.е. скорость любой точки относительно у.масс направлена перпендик. радиус-вектору, соединяющему у.масс и эту точку.

1. Обозначим скорости точек А и В отн. у.масс, за $\vec{V}'_A$ и $\vec{V}'_B$. Тогда соответственно, скорость у.масс — $\vec{V}_{у.м.}$.

$$\vec{V}_A = \vec{V}'_A + \vec{V}_{у.м.}$$

$$\vec{V}_B = \vec{V}'_B + \vec{V}_{у.м.}$$



О — центр треугольника ABC

При этом ω (угл. скорость вращения отн. у.масс) постоянна, то есть, $\frac{V}{R} = const$, где V — скорости точки, R — расстояние от у.масс до точки.

О — у.масс, т.к. в р/с треугольнике медианы пересекаются в центре.

R до А, до В и до С равны, т.е.

$$|\vec{V}'_A| = |\vec{V}'_B| = |\vec{V}'_C| \quad (\vec{V}'_C \text{ — скорость т.С отн. у.масс})$$

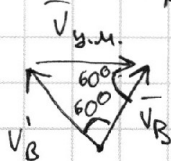
Векторно запишем

$$\vec{V}_A = \vec{V}'_A + \vec{V}_{у.м.} \quad \text{и} \quad \vec{V}_B = \vec{V}'_B + \vec{V}_{у.м.}$$

$$\vec{V}_{у.м.} = \vec{V}_A - \vec{V}'_A$$

$\vec{V}'_A \parallel BC$, $\vec{V}'_A \perp OA$ ($OA \perp BC$, т.е. $\vec{V}'_A \parallel BC$) $\Rightarrow \vec{V}_A \parallel \vec{V}'_A$
а значит, $\vec{V}_{у.м.}$ сонаправлен $\vec{V}_A$ (и $\vec{V}'_A$)

$$\text{Т.е. } V_A = V_{у.м.} + V'_A$$



$\angle ABO = 30^\circ$ (из симметрии р/с $\triangle ABC$, т.к. BO — медиана, высота и бис-са)

Тогда угол между $\vec{V}'_B$ и $\vec{V}_B$ равен $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$. (ранее показано, что из-за вращения отн. у.масс $\vec{V}'_B$ будет перпендикулярно OB)

$\vec{V}_{у.м.} \parallel BC \Rightarrow$ угол между $\vec{V}_{у.м.}$ и $\vec{V}_B$ равен $\angle ABC$ как накр. лежащие при секущей AB и $\vec{V}_{у.м.} \parallel BC \Rightarrow$ угол между $\vec{V}_{у.м.}$ и $\vec{V}_B$ равен 60° , т.е. треугольник из $\vec{V}_{у.м.}$, $\vec{V}'_B$ и $\vec{V}_B$ равносторонний.

$$V'_B = V_B = V_{у.м.} = 0,4 \text{ м/с}$$

$$V'_A = V'_B \Rightarrow V_A = V'_A + V_{у.м.} = V'_B + V_{у.м.} = 0,8 \text{ м/с.}$$

Ответ: $V_A = 0,8 \text{ м/с}$



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
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!

2. Найдём угловую скорость ω в с.масс. $\omega = \frac{V_{\text{отн. у. масс}}}{R_{\text{до у. масс}}}$

$$V'_B = V'_A = 0,4 \text{ м/с}$$

При этом расстояние ~~до вершины~~ OA :

Продолжим медиану/бис-су/высоту OA до перес. с BC , обозначим точку H .

$$BH = HC = \frac{1}{2} BC = \frac{1}{2} a \text{ (AH - медиана)}$$

По т. Пифагора ($\angle AHB = 90^\circ$ AH - высота):

$$AH = \sqrt{AB^2 - BH^2} = \sqrt{a^2 - \frac{1}{4}a^2} = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

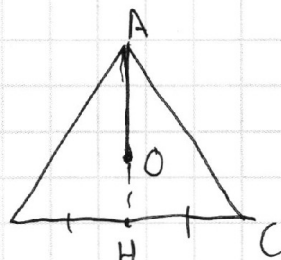
Медианы в точке пересечения делятся в отношении 2:1 от вершины

$$AO = \frac{2}{3} AH = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a = \frac{\sqrt{3}}{3} a = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4 \text{ м}$$

$$\omega = \frac{0,4}{\frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4} = \frac{3}{\sqrt{3}} \text{ рад/с}$$

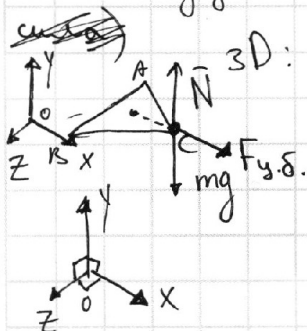
$$\tau = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\sqrt{3} \cdot \pi}{3} \text{ с}$$

$$\text{Ответ: за } \tau = \frac{2\sqrt{3} \cdot \pi}{3} \approx 3,6 \text{ с}$$



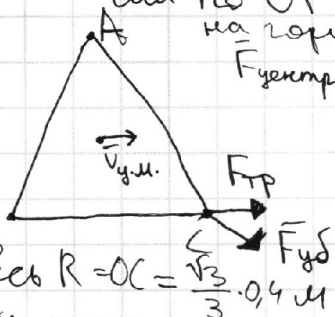
3. Если m по сравнению с массой пластины пренебрежимо мала, то можно считать, что импульс пластины после приземления груза не изменился, а значит, скорость пластины не изменилась.

На плечу действует $\vec{F}_{тяж}$, $\vec{N}$ со стороны пластины, ~~и $\vec{F}_{центростремительная}$~~



По оси Ox : $\omega \geq 3H$ $N = mg$, т.е. равнодейств.

или по Oy : $R_y = 0$.
на горизонт. плоскости действует $\vec{F}_{центростремительная}$ и $\vec{F}_{трение}$



$\vec{F}_{ц.б.}$
 $\vec{F}_{тр}$ направлена с $\vec{v}_{ц.м.}$, т.к. по инерции плечо должна двигаться влево при поступат. движении у. масс вправо, т.е. $\vec{F}_{тр}$ направлена вправо

и в условии не дано $\Rightarrow$ предполагаем что $\vec{F}_{тр} = 0$

$$F_{ц.б.} = m\omega^2 R = m \cdot 3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4 =$$

$$\text{Ответ: } R = 48\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ Н} \approx 81,6 \text{ Н}$$

$$(48\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ Н} \approx 81,6 \text{ Н})$$



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!

1. Запишем ЗЧЭ: $A_{\text{кент}} = 0$, действует только $mg \Rightarrow$ потенц. сила m - масса фейерверка.

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = mgH. \text{ На высоте, где разрывается фейерверк, он достиг}$$

наибольшей точки полёта, и его скорость там равна 0 (момент до - скорость $\vec{v}$ напр. вверх, момент сразу после - $\vec{v}$ напр. вниз)

$$H = h + \frac{v^2}{2g} = 14,2 + \frac{36}{20} = 14,2 + 1,8 = 16 \text{ м.}$$

Ответ: $H = 16 \text{ м.}$

2. ~~С момента разрыва фейерверка и до падения осколков на землю по т.о. движениям ч. масс: $m \vec{a}_{\text{ч.м.}} = m \vec{g}$~~

~~П.е. ч. масс 2-х осколков движется под действием mg .~~

~~Из ЗЧЭ следует, что импульсы системы из 2-х частей фейерверка в момент прямо перед разрывом и прямо после него равны и равны 0, т.к. между этими моментами время мало. Допустим, скорость 1-го осколка тоже равна v_0 и направлена против скорости (массы равны).~~

~~Каждый осколок полетит по параболе~~

~~$\vec{a}_{\text{ч.м.}} = \vec{g}$, т.е. ч. масс просто падает вертикально вниз~~

~~Когда осколки упадут, F , возникающая при разрыве, является внутренней для системы из 2-х осколков, т.е. $m \vec{a}_{\text{ч.м.}} = m \vec{g}$. Если ч. масс просто падает вертикально вниз по прямой, то скорости осколков должны в каждый момент времени быть симметричны относительно этой прямой $\Rightarrow$ их траектории симметричны этой прямой $\Rightarrow$ задача сводится к нахождению макс. дальности полёта с заданной H и v_0 .~~

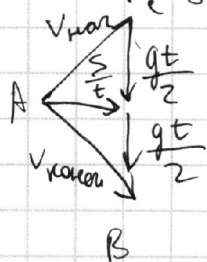
~~Для произвольного полёта тела под углом к горизонту:~~

~~Для произв. полёта под углом к горизонту~~

$$S = \frac{v_{\text{гор}} + v_{\text{верт}}}{2} \cdot t$$

~~Получим~~ Проведём высоту из вершины А, тогда $AH = \frac{L}{2}$, где L - дальность полёта по горизонтали. Площадь этого треугольника

равна $\frac{1}{2} g t \cdot \frac{L}{2} = \frac{1}{2} L g \cdot \frac{L}{2} = \frac{1}{2} L g \cdot \frac{L}{2} \Rightarrow \text{max при } L \Rightarrow \text{max}$





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!

Плоскость также может быть вычислена как $v_{\text{нач}} \cdot v_{\text{кон}} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{2}$, где α — угол между $v_{\text{нач}}$ и $v_{\text{кон}}$

Плоскость $\Rightarrow \max \Rightarrow \sin \alpha \Rightarrow \max$

$$\sin \alpha = 1 \Rightarrow v_{\text{нач}} \perp v_{\text{кон}}$$

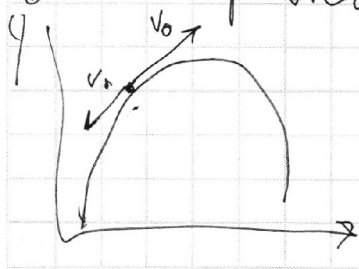
При этом $v_{\text{нач}}^2 = v_{\text{кон}}^2 + 2gh$, если $v_{\text{нач}}$ на h выше, чем конечная точка. (из ЗСЭ)

тогда $v_{\text{ф}} = v_{\text{нач}}$

$$\frac{1}{2} L g = \frac{1}{2} v_{\text{ф}} \sqrt{v_{\text{ф}}^2 + 2gh}$$

$$L^2 g^2 = v_{\text{ф}}^4 + v_{\text{ф}}^2 2gh \text{ при макс дальности}$$

Умножив систему const, т.к. $F_{\text{внеш}} = 0$, значит, v второго конца равна v_0 и напр. противоположно:



скачки движущиеся по параболе

$$v_0^2 = v_1^2 - 2gH \text{ из ЗСЭ.}$$

при этом L_{max} при бросании из т. на земле со скор. v_1 :

$$L_{\text{max}} \in V_1$$

$h=0$, $v_{\text{нач}}$ и $v_{\text{кон}}$ на горизонт. уровне

$$L^2 g^2 = v_1^2; L = \frac{v_1}{g} = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gH}}{g} = \frac{\sqrt{100 + 2 \cdot 10 \cdot 16}}{10} =$$

$$L_{\text{max}} = \frac{\sqrt{20(20+16)}}{10} = \frac{\sqrt{20 \cdot 36}}{10} = \frac{12\sqrt{5}}{10} = 1,2\sqrt{5} \text{ м}$$

Ответ: $L_{\text{max}} = 1,2\sqrt{5} \text{ м} \approx 2,76 \text{ м.}$

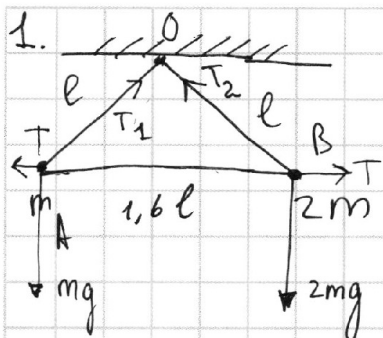


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!

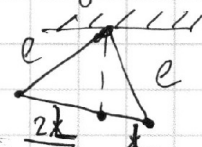


$m = 90 \text{ г}$

касающийся

Система после отпущения стремится к положению равновесия

в равновесии у масс находится на верт. прямой, проходящей через т. подвеса



т. подвеса - т. O

У масс находится на расст.

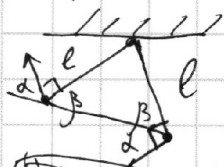
$$\frac{m \cdot 0 + 2m \cdot L}{3m} = \frac{2L}{3}$$

от легкого шарика

Это есть. треугольник, образ. шариками и т. подвеса, в начале, равен треугольнику в конце (по 3 сторонам). Т.е. "треугольник" начинает вращаться относительно т. подвеса.

А значит, шарик A шарик массой 2m начинает вращение, где его

Обозначим положение шариков в кажд. момент времени точками A и B для шариков m и 2m соответственно, их скорости и ускорение - $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$, $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$ соответственно. Проекции $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ на напр. стержня равны по праву паралл.



это уже следует из перпенд.-ти скоростей нитей

$$\beta + \alpha = 90^\circ$$

$$\beta + \alpha + 90^\circ = 180^\circ$$

Точки A и B вращаются отн. у. масс, т.к. расстояние от у.м. до A и до B постоянно.

В кажд. момент времени ω их вращений равен (стержень жесткий), т.е. равны $\beta = \frac{a_t}{R}$, R - расст. от у.м. до точки, a_t - её ускорение, β - угл. ускорение

$$\frac{a_{t1}}{\frac{L}{3}} = \frac{a_{t2}}{\frac{2L}{3}} \cdot \frac{a_{t1}}{a_{t2}} = \frac{1}{2}$$

Если равны $\omega = \frac{v}{R}$ в кажд. момент времени, то



В начале $v=0$, т.е. $a_{\text{нормальное}}=0$, а значит, есть только $a_{\text{тангенциальное}}$, направленное перпендикулярно l при вращении B относительно т. подвеса.



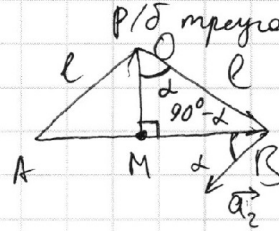
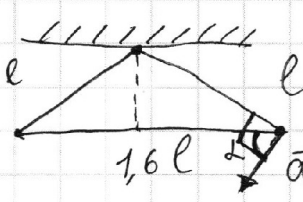
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Р/д треугольник $\triangle OAB$
Найдём. Проведём OM —
медиану, высоту и бис-су.
Тогда $\angle MBO = 90^\circ - \alpha$,
т.к. $\vec{a}_2 \perp l$, угол
между MB (горизонтал)
и $\vec{a}_2$ равен α .

$$\angle MOB = 90^\circ - (90^\circ - \alpha) = \alpha$$

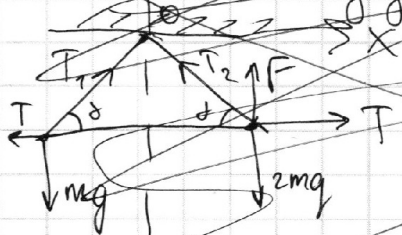
из $\triangle MOB$:

$$\sin \alpha = \frac{MB}{OB} = \frac{\frac{1}{2}AB}{OB} = \frac{\frac{1}{2}L}{l} = \frac{0,8l}{l} = 0,8$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,8$
и пункт 3.

2. ~~Всё точки стержня вращаются относительно O, так как расстояние от O до любой точки стержня постоянно. Рассмотрим вращение у.масс~~

~~Систему удерживают силы $F, T_1 = T_2$~~



~~отн. верт. оси, прох. через O, $\sum M_{\text{сум}} = 0$,
т.е. $2mg - F = mg$~~

~~из 2 ЗН на OX: $T_1 \cos \alpha = T_2 \cos \alpha$~~

$$\cancel{T_1 \cos \alpha - T = T_2 \cos \alpha - T}$$

$$T_1 = T_2$$

~~В момент, когда талко отпустили, все ещё $T_1 = T_2$~~

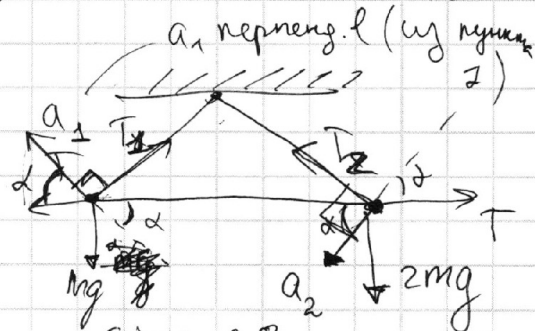
~~Обозначим $T_1 = T_2 = T_x$.~~

Запишем 2 ЗН для шариков:
на OX и на OY

$$ma_1 = ma_1 \sin \alpha + T_x \sin \alpha = mg \quad (\sum \vec{F} = m\vec{a})$$

на оси, параллельные a_1 и a_2
соответственно:

$$\begin{cases} ma_1 = mg \sin \alpha \\ T_x = mg \cos \alpha \end{cases}$$



$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6$$

осн. триг.
мониторинг



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!

$$\begin{cases} ma_1 = T \cdot \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha \\ T_1 = T \cdot \sin \alpha + mg \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{2}$$

$$ma_1 = 0,6T - 0,8mg$$

$$T_1 = 0,8T + 0,6mg$$

$$a_1 = 2a_2$$

$$\begin{cases} 2ma_2 = 2mg \cdot \sin \alpha - T \cdot \cos \alpha \\ T_2 = T \cdot \sin \alpha + 2mg \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

есть только
математическое ускорение
~~а₁ и а₂ равны~~, где стираю
математическое ускорение)
постоянно,
 $\beta = \frac{a_1}{R}$, R - расстояние
от центра до точки,
т.е. $\frac{a_{t1}}{a_{t2}} = \frac{\frac{L}{3}}{\frac{2L}{3}} = \frac{1}{2}$

$$\begin{cases} 2ma_2 = 0,6T - 0,8mg \\ T_1 = 0,8T + 0,6mg \\ 2ma_2 = 1,6mg - 0,6T \\ T_2 = T \cdot 0,8 + 1,2mg \end{cases}$$

$$0,6T - 0,8mg = 1,6mg - 0,6T; 1,2T = 2,4mg; T = 2mg$$

$$2ma_2 = 0,6 \cdot 2mg - 0,8mg$$

$$2ma_2 = 1,2mg - 0,8mg = 0,4mg$$

$$a_2 = 0,2g$$

2. Ответ: $a_2 = 0,2g = 2 \text{ м/с}^2$

3. Ответ: $T = 2mg = 1,8 \text{ Н}$

$$T = 2mg = 20 \cdot 0,09 \text{ Н}$$

$$T = 1,8 \text{ Н}$$



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!

$$1. V = 5 \text{ моль} \quad \text{одноат. газ} \Rightarrow C_V = \frac{3}{2} R$$

$$T_0 = 300 \text{ K}$$

$$C_M = \frac{\delta Q}{\nu dT} = \frac{\delta A + dU}{\nu dT} = \frac{P dV}{\nu dT} + \frac{dU}{\nu dT} = C_V + \frac{P dV}{\nu dT}$$

упр. не соотн. уг. газа:

$$P V = \nu R T$$

$$\nu R dT = P dV + V dP$$

$$\nu dT = \frac{P dV + V dP}{R}$$

$$C_M = C_V + \frac{P dV}{P dV + V dP} R; \quad C_V = \frac{3}{2} R$$

$$C_M = \frac{3}{2} R + \frac{P dV}{P dV + V dP} R$$

в процессе 1-2: $C_M = 2R \Rightarrow \frac{P dV}{P dV + V dP} R = \frac{1}{2} R$

$$P dV = V dP; \quad \frac{dP}{P} = \frac{dV}{V};$$

$$\ln P = \ln V + \text{const}$$

$$\ln P - \ln V = \text{const}$$

$$\ln \frac{P}{V} = \text{const} \Rightarrow \frac{P}{V} = \text{const. (прямая пропорциональность)}$$

$$P_0 \cdot V_0 = \nu R T_0$$

$$P_2 \cdot V_2 = \nu R \cdot 9 T_0 \quad (\text{из графика})$$

$$\frac{P_0}{V_0} = \frac{P_2}{V_2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P_2 = 3 P_0 \\ V_2 = 3 V_0 \end{cases}$$

в процессе 2-3:

$$C_M = \frac{3}{2} R = C_V \Rightarrow V = \text{const, изохорный процесс}$$

$$9 P_0 \cdot V_0 = \nu R \cdot 9 T_0$$

$$P_3 \cdot V_3 = \nu R \cdot 3 T_0 \quad (\text{из графика})$$

$$V_3 = V_2 = 3 V_0$$

$$3 V_0 \cdot P_3 = \nu R \cdot 3 T_0$$

$$V_0 P_0 = \nu R T_0$$

$$P_3 = P_0$$

$$V_3 = 3 V_0$$

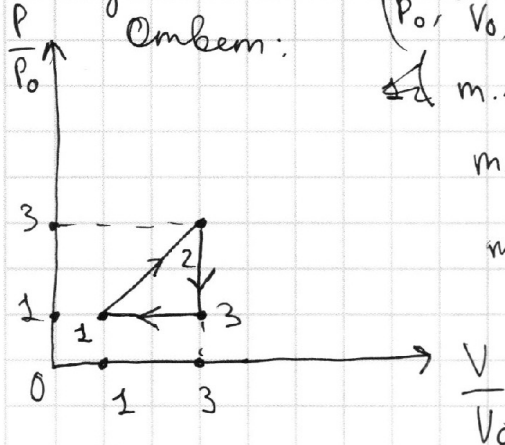


1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Пыга в ~~PV~~-коор ($\frac{P}{P_0}, \frac{V}{V_0}$) координатах:



м.1 ($\frac{P}{P_0} = 1; \frac{V}{V_0} = 1$)
м.2 ($\frac{P}{P_0} = 3; \frac{V}{V_0} = 3$)
м.3 ($\frac{P}{P_0} = 1; \frac{V}{V_0} = 3$)

в процессе 3-1:

$$C_{\mu} = \frac{5}{2}R \Rightarrow$$

$$\frac{PdV}{PdV + VdP} = 1$$

$$PdV = PdV + VdP$$

$$VdP = 0, V \neq 0$$

$$dP = 0 \Rightarrow$$

изобарный процесс
 $P = \text{const} \Rightarrow P_3 = P_0$

2. Работа газа A_1 равна ~~PdV~~ площади треугольника 1-2-3:

$$A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} P dV; A_{23} = 0, \text{ т.к. } dV = 0; A_{31} = - \int_{V_1}^{V_3} P dV$$

$$A_{1-2-3} = \frac{(3P_0 - P_0)(3V_0 - V_0)}{2} = 2P_0V_0 = 2\nu RT_0$$

$$A_{1-2-3} = 2 \cdot \nu RT_0 = 2 \cdot 5 \cdot 300 \cdot 8,31 = 24930 \text{ Дж}$$

Ответ: $A_{12} = 24930 \text{ Дж}$.

3. Анал. $= \frac{1}{2} A_1 \cdot N$, Анал. - полезная работа, передаваемая грузу за N циклов
Из ЗСЭ следует, что

$$MgH = \frac{1}{2} A_1 N \quad (\text{груз перемещ. медленно, } v=0 \Rightarrow E_{\text{мех}} = A_{\text{конт}})$$

$$H = \frac{A_1 N}{2gM} = \frac{24930 \cdot 20}{2 \cdot 10 \cdot 400} = \frac{24930}{400} = 62,325 \text{ м}$$

Ответ: $H = 62,325 \text{ м}$



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!

2. Обозначим $AO = OC = x$

W_A и W_C - пот. энергии в A и в C соответственно. $A_{\text{мех}} = 0$
 $E_{\text{мех}} = \text{const}$

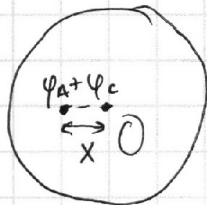
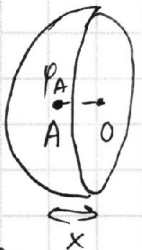
$$W_A = W_C + \frac{mv_C^2}{2}; \text{ при этом } W_A = K.$$

$$W_A - W_C = q(\varphi_A - \varphi_C) \text{ - работа по перемещению заряда из C в A.}$$

~~Найдём E в точке A.~~

~~$\varphi_A + \varphi_C = \varphi_{\text{сферы}}$~~ по принципу суперпозиции $\neq$ т.к.

A и C лежат на одинак. расст.:



Потенциал внутри сферы:

~~φ~~ Найдём суммированный мал. кусочков пов-ти сферы: $\text{поверхности } dS$

$$d\varphi = k \cdot \frac{\delta \cdot dS}{R}$$

$$\sum d\varphi = k \frac{\delta}{R} \oint dS = \frac{kQ}{R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

~~Найдём~~ внутри сферы

$$E = 0 \text{ (из т. Гаусса } \Phi = E \cdot S \cdot \cos\alpha = 0$$

т.е. φ во всех точках $S \neq 0, \cos\alpha \neq 0 \Rightarrow E = 0$)
и равен $\frac{kQ}{R}$

$$\varphi_A + \varphi_C = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R};$$

$$W_A + W_C = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}; W_A = K \Rightarrow W_C = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} - K$$

$$K = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} - K + \frac{mv_C^2}{2}$$

$$v_C^2 = \frac{4K}{m} - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R \cdot m}; v_C = \sqrt{\frac{4K}{m} - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}}$$

$$\text{Ответ: } v_C = \sqrt{\frac{4K}{m} - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}}$$



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. ~~На большом расстоянии от~~

Рассчитаем потенциал ~~сферы~~ полусферы в центре её основания (точка O, т.к. она равноудалена на R от всех точек полусферы)

Разобьём поверхность сферы на множество малых кусочков площадью dS. Поверхсн.плотность заряда $\delta = \frac{Q}{2\pi R^2} = \frac{Q}{S}$

От 1 кусочка

$$d\varphi = k \cdot \frac{\delta \cdot dS}{R}$$

Суммируем ~~$\int d\varphi = \int \frac{k\delta \cdot dS}{R}$~~ $\varphi = \frac{k\delta}{R} \int dS$

$$\sum d\varphi = \frac{k\delta}{R} \sum dS \Rightarrow \varphi_0 = \frac{k\delta S_{\text{сферы}}}{R} = k \frac{Q}{R} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

W_{пот.} в точке O. и E_{кин} в точке O:

$$W_{\text{пот.}} = q \cdot \varphi_0 = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$E_{\text{кин.}} = \frac{mv_0^2}{2}$$

На большом расстоянии от O:

$W \sim \frac{1}{L}$, где L - расстояние до заряда, т.е. при L большом:

$W(L) \ll W(R)$ (т.к. $L \gg R$), а значит, можно взять $W(L) = 0$

На L кин.энергия равна K.

Из ЗСЭ (на систему не действ. сил, кроме кулоновской, являющейся потенциальной, т.е. $A_{\text{непот}} = 0 = \Delta E_{\text{мех}}; E_{\text{мех}} = \text{const}$)

$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} = K$$

$$v_0^2 = \frac{2K}{m} - \frac{2qQ}{4\pi\epsilon_0 Rm}; v_0 = \sqrt{\frac{2K}{m} - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 Rm}}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{\frac{2K}{m} - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 Rm}}$$

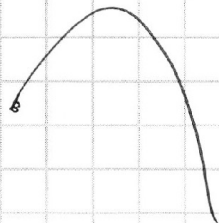


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

☐☐☐☐☐☐☐

СТРАНИЦА
__ 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!



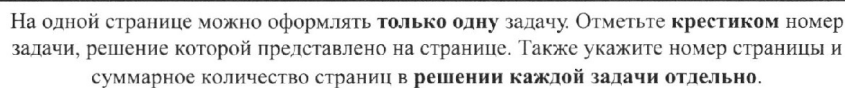
$$L^2 g^2 = v_0^4 - 2v_0^2 gh$$

$$L_{\max} = \frac{v_0}{g} \sqrt{\frac{v_0^2 + 2gh}{0}}$$

$$L_{\max} = 2 \cdot \frac{400 - 320}{2}$$

$$2 \cdot \frac{400 + 320}{2}$$

$$2 \cdot 6 \cdot \sqrt{5}$$



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!

$$\frac{k \cdot dS_{\text{сфера}}}{l} = k \cdot \frac{dS_{\text{сфера}}}{\cos \alpha} = \frac{k \cdot dS_{\text{сфера}}}{y}$$

