



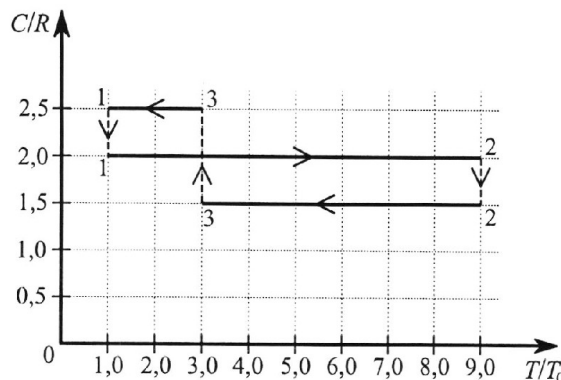
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 300$ К.



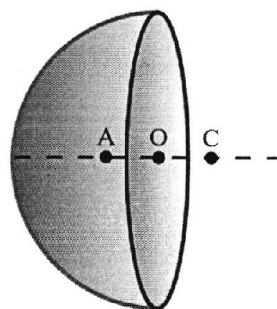
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 $M = 150$ кг за $N = 10$ 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 частица движется со скоростью V_0 .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? 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 С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

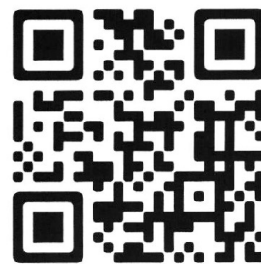
Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



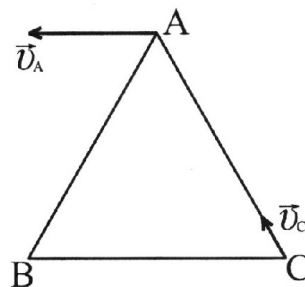
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-01

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.

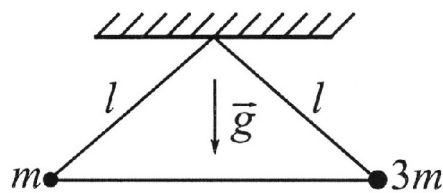
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте 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. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_1$ ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_1 ускорения шарика массой m сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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

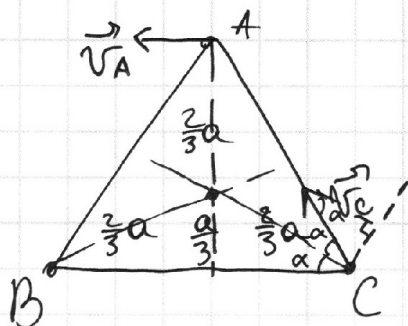


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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!



Если перейти в СД центра массе то все точки должны вращаться вокруг ц.м. с одинаковой угловой скоростью
ц.м. равност. Δ - пересек. мед.,
высот и биссектрис

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_C \cdot \sin \alpha = v_A$$

$$v_C = \frac{v_A}{\sin \alpha} = 2v_A = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

~~и~~ Перейдем в СД ц.м., система вращ. с.м.

$$\omega = \frac{v_A}{\frac{2}{3}a} = \frac{3}{2} \frac{v_A}{a} \quad N=3$$

$$T = \frac{2\pi \cdot N}{\omega} = \frac{2\pi \cdot 3}{\frac{3}{2} \frac{v_A}{a}} = \frac{4\pi a}{v_A} = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \text{ м}}{0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 3,14 \cdot 2 \text{ с} = 6,28 \text{ с}$$

На плечу действует центростремительная сила:

$$\begin{aligned} R = F_y = a_y \cdot m &= \omega^2 \cdot \frac{2}{3}a \cdot m = \frac{2}{3}a \cdot \frac{9}{4} \frac{v_A^2}{a^2} \cdot m = \frac{3}{2} \frac{v_A^2}{a} \cdot m = \\ &= \frac{3}{2} \cdot \frac{(0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{0,2 \text{ м}} \cdot 100 \cdot 10^6 \text{ кг} = \frac{3 \cdot 0,16 \cdot 10^4 \text{ Н}}{0,4} = \\ &= 3 \cdot 0,4 \cdot 10^4 \text{ Н} = 12 \cdot 10^4 \text{ Н} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } v_C = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad T = 6,28 \text{ с} \quad R = 12 \cdot 10^4 \text{ Н}$$



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 ☐

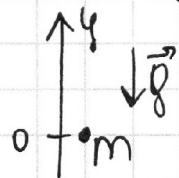
СТРАНИЦА
1 из 5

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!

$$h = 8 \text{ м} \quad T = 0,8 \text{ с}$$

$$H = ?$$

Пусть фрейерверк стартовал из нижней точки со скоростью u
 ускорение фрейерв. по оси y равно $-g$



$$-mg = +ma \quad a = g \quad m - \text{масса фрейерв.}$$

$$h + H = uT - \frac{gT^2}{2} \Rightarrow u = \frac{h + \frac{gT^2}{2}}{T} = \frac{h}{T} + \frac{gT}{2}$$

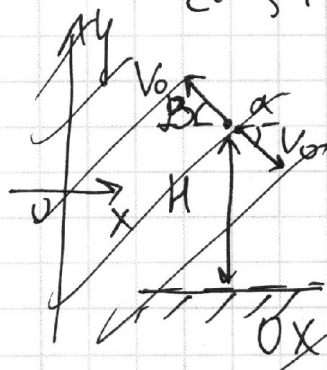
Фрейерверк достигнет наивысшей точки, когда его скорость обнулится

$$t = \frac{u}{g} \leftarrow \text{время полета до высоты } H$$

$$H = ut - \frac{gt^2}{2} = \frac{u^2}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{u^2}{g^2} = \frac{u^2}{2g}$$

$$H = \frac{1}{2g} \left(\frac{h}{T} + \frac{gT}{2} \right)^2 = \frac{1}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \left(\frac{8 \text{ м}}{0,8 \text{ с}} + \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8 \text{ с}}{2} \right)^2 =$$

$$= \frac{(14 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{14 \cdot 14}{20} \text{ м} = \frac{392}{20} \text{ м} = 19,6 \text{ м} = 9,8 \text{ м}$$



Фрейерв. разрыв. на 2 осколка по $\frac{m}{2}$. На макс. высоте $\Rightarrow p = 0$, т.к. скор. нулевая

~~Закон сохр. импульса на ось ox~~

$$\frac{m}{2} V_0 \cos \alpha - \frac{m}{2} V_0 \cos \beta = 0$$



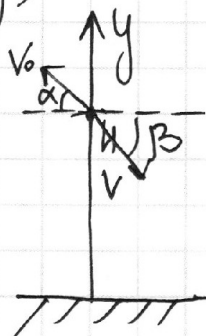
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 5

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!

~~$\cos \alpha = \cos \beta$~~
 ~~$0y: \frac{m}{2} V_0$~~



Закон сохранения импульса:

$0x: \cancel{V_0 \cos \alpha} - V \cos \beta - V_0 \cos \alpha = 0$

$0y: V_0 \sin \alpha - V \sin \beta = 0$

$V \cos \beta = V_0 \cos \alpha \quad (1)$

$V_0 \sin \alpha = V \sin \beta \quad (2)$

$(2): (1)$

$\tan \beta = \tan \alpha \Rightarrow \alpha = \beta$

$V = \frac{V_0 \cos \alpha}{\cos \beta} = V_0 \Rightarrow$ шарики летят в противоположные стороны

Пусть после падения координ. 1 шарика по оси $x = x_1$, а группы x_2 , тогда $L = x_2 - x_1$

1. $y = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} + H$
 $x = -V_0 \cos \alpha t$

t_1 — время падения

~~$V_0 \sin \alpha t_1 = \frac{gt_1^2}{2}$~~ $\frac{gt_1^2}{2} - V_0 \sin \alpha t_1 - H = 0$

~~$t_1 = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$~~

$D = V_0^2 \sin^2 \alpha + 4 \cdot H \cdot \frac{g}{2} = 0$



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
3 из 5

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!

$$x_1 = x(t_1) = -V_0 \cos \alpha \cdot t_1 = -V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = -\frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$2. y = -V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\Leftrightarrow V_0^2 \sin^2 \alpha + 2Hg$$

$$t_1 = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2Hg}}{g} \leftarrow \text{берем корень с +, т.к. время} > 0$$

$$x_1 = -V_0 \cos \alpha \cdot t_1 = -\frac{V_0 \cos \alpha}{g} (V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2Hg})$$

$$2. y = H - V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

t_2 - время до падения

$$H = V_0 \sin \alpha \cdot t_2 + \frac{gt_2^2}{2}$$

$$0 = V_0^2 \sin^2 \alpha + 4 \cdot \frac{g}{2} \cdot H = V_0^2 \sin^2 \alpha + 2Hg$$

$$t_2 = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2Hg}}{g} \leftarrow \text{корень с +, т.к. } t_2 > 0$$

$$x_2 = V_0 \cos \alpha \cdot t_2 = \frac{V_0 \cos \alpha}{g} (\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2Hg} - V_0 \sin \alpha)$$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 из 5

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!

$$L = X_2 - X_1 = \frac{V_0 \cos \alpha}{g} \left(\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2\mu g} - V_0 \sin \alpha + V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2\mu g} \right) =$$

$$= \frac{2V_0 \cos \alpha \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2\mu g}}{g}$$

$$L' = \frac{2V_0}{g} \left(-\sin \alpha \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2\mu g} + \frac{\cos \alpha \cdot 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{2 \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2\mu g}} \right) = 0$$

$$\frac{2 \cos^2 \alpha \sin \alpha}{\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2\mu g}} = \sin \alpha \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2\mu g}$$

$$2 \cos^2 \alpha = V_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$\left(\frac{L_0}{2V_0} \right)^2 = \cos^2 \alpha (V_0^2 \sin^2 \alpha + 2\mu g) = V_0^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha +$$

$$+ 2\mu g \cos^2 \alpha = \frac{V_0^2}{4} \sin^2 2\alpha + 2\mu g \cos^2 \alpha \rightarrow \max$$

$$\left(\frac{L_0}{2V_0} \right)^2)' = \frac{V_0^2}{4} \cdot 2 \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos 2\alpha \cdot 2 + 2\mu g \cdot 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) = 0$$

$$4\mu g \cos \alpha \sin \alpha = V_0^2 \sin 2\alpha \cos 2\alpha$$

$$2\mu g \sin 2\alpha = V_0^2 \sin 2\alpha \cos 2\alpha$$

$$\cos 2\alpha = \frac{2\mu g}{V_0^2} = \frac{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{(20 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} =$$



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
5 из 5

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!

$$= \frac{9,8}{20} = \frac{98}{200} = 0,49$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 2\cos^2 \alpha - 1$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{\cos 2\alpha + 1}{2} = \frac{1,49}{2} = \cancel{0,7} \frac{149}{200} = \frac{74,5}{100} = 0,745$$

$$\sin 2\alpha = \sqrt{1 - \cos^2 2\alpha} = \sqrt{1 - 0,49^2} = \sqrt{(1 - 0,49)(1 + 0,49)} =$$

$$= \sqrt{0,51 \cdot 1,49}$$

$$\left(\frac{Lg}{2V_0}\right)^2 = \frac{V_0^2}{4} \cdot 0,51 \cdot 1,49 + 2Hg \cdot 0,745 =$$

$$= \left(\frac{400}{4} \cdot \frac{51}{100} \cdot \frac{149}{100} + \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 10 \cdot 745}{1000}\right) \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \frac{51 \cdot 149 + 19,6 \cdot 745}{100} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} =$$

$$= \frac{7599 + 14602}{100} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \frac{22201}{100 \text{с}^2} \cdot 22,201 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$$

$$L^2 = \frac{22,201 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 2 \cdot 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4}} =$$

$$= 22,201 \cdot 8 \text{ м}^2 = 177,608 \text{ м}^2$$

$$L_{\max} = \sqrt{177,608 \text{ м}^2}$$

$$13 \text{ м} < L_{\max} < 14 \text{ м}$$

Ответ: $H = 9,8 \text{ м}$ $L_{\max} = \sqrt{177,608} \text{ м}$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \sqrt{149} \\ 51 \\ \hline 149 \\ 745 \\ \hline 7599 \end{array} \quad \begin{array}{r} 34 \quad 34 \\ \sqrt{149} \\ 149 \\ \hline 745 \\ 980 \\ \hline 784 \\ 1372 \\ \hline 146020 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22201 \\ \sqrt{22201} \\ 8 \\ \hline 177608 \end{array}$$



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



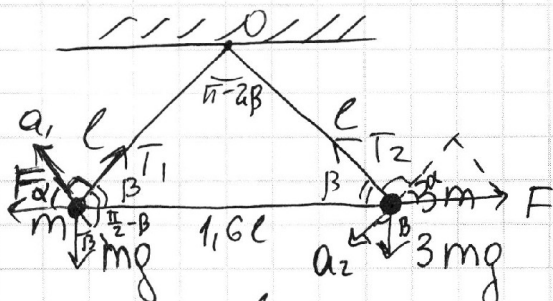
7



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!



Вдоль стержня на каж-
дый шарик действует
сила, направленная в про-
тивоположные стор., но
одинаковая по модулю

Итого огранич. движение.

шариков так, что вдоль них не может
быть направлена скорость и ускорение, т.к.
все компенсируется силой натяжения

$$\frac{1.6l}{\sin(\pi-2\beta)} = \frac{l}{\sin\beta} \Rightarrow \frac{1.6}{2\sin\beta\cos\beta} = \frac{1}{\sin\beta}$$

$$\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$$

$$\cos\beta = \frac{1.6}{2} = 0.8$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \beta = \frac{\pi}{2} - \arccos(0.8) \quad \cos\alpha = \cos(\frac{\pi}{2} - \beta) = \sin\beta$$

$$\sin\alpha = \cos\beta = 0.8$$

Рассмотрим силы действ. на шарик
вдоль направления α , II 3-й Ньютона:

$$F\cos\alpha - mg\cos\beta = ma_1$$

Стержень жесткий, нити не растяжимые
 $\Rightarrow$ вся система начнет вращаться вокруг
точки O. $\Rightarrow a_2 = a_1$

a_2 так же будет перпендикулярно нити

II 3-й Ньютона для шарика $3m$:

$$3ma_2 = 3mg\cos\beta - F\cos\alpha$$

$$\begin{cases} ma_1 = F\cos\alpha - mg\sin\alpha & (1) \leftarrow \text{здесь } F - \text{упр.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3ma_2 = 3mg\sin\alpha - F\cos\alpha & (2) \end{cases}$$

$$(2) + (1) = 3 = 4ma_1 = 2mg\sin\alpha$$

сила, обозн.
в усл. как 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!

$$a_1 = \frac{2g \sin \alpha}{4} = \frac{g \cdot 0,8}{2} = 0,4g = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

~~(2) \cdot (1) = 3~~

(1): $F = \frac{ma_1 + mgs \sin \alpha}{\cos \alpha}$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,8^2} = 0,6$$

$$F = \frac{m}{0,6} (0,4g + g \cdot 0,8) = \frac{m \cdot 1,2g}{0,6} = 2mg =$$

$$= 2 \cdot 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 2 \text{ Н} = T$$

Отвечая: $\sin \alpha = 0,8$
 $a_1 = 4 \text{ м/с}^2$
 $T = \cancel{1} = 2 \text{ Н}$



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!

одноат. газ $\Rightarrow C_v = \frac{3}{2}R$
 $C_p = \frac{5}{2}R$

$$C = \frac{\delta Q}{dT} = \frac{pdV + \nu R dT}{dT \nu} = \frac{pdV}{\nu dT} + R$$

$$1 \rightarrow 2: \frac{C}{R} = 2 \Rightarrow \frac{pdV}{\nu R dT} = 1$$

$$pdV = \nu R dT$$

Упр-е Мейер-Клоуи. в газоп. буре:

$$pdV + Vdp = \nu R dT$$

$$1 \rightarrow 2 - \text{полупроизв} \Rightarrow pV^n = \text{const}, \text{ где } n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$n_{12} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = -1 \Rightarrow \frac{p}{V} = \text{const} \Rightarrow$$

$\rightarrow$ в процессе $1 \rightarrow 2$ грав. линейно зав. от объема

$$2-3: C = \frac{3}{2}R \Rightarrow V = \text{const}$$

$$3-1: C = \frac{5}{2}R \Rightarrow p = \text{const}$$

$$1 \rightarrow 2: p = \alpha V$$

~~$$Q = \int p dV + \nu R dT = \int \alpha V dV + \nu R dT$$~~

~~$$\nu C \Delta T = \nu R \Delta T + \alpha \left(\frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} \right)$$~~



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
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!

$$\frac{p_0}{V_0} = \frac{p_1}{V_1}$$

$\frac{p}{p_0}$

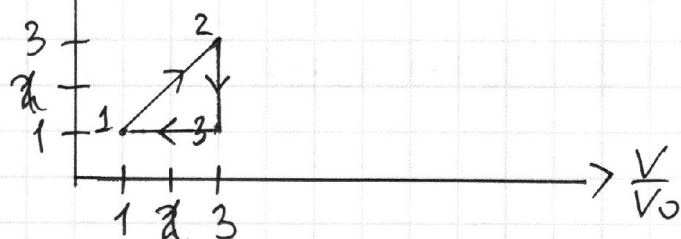
$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R \cdot 9 T_0 \\ p_0 V_0 &= \nu R T_0 \end{aligned}$$

$$p_1 V_1 = 9 p_0 V_0$$

$$p_1 V_1 = 9 \cdot \frac{p_1}{V_1} \cdot V_0^2$$

$$V_1^2 = 9 V_0^2$$

$$V_1 = 3 V_0$$



$$2-3: V = \text{const}$$

$$V_1 = V_2 \quad p_1 = p_2 \leftarrow \text{параметры в точке 2}$$

$$p_2 V_2 = \nu R \cdot 9 T_0$$

$$p_3 V_2 = 3 T_0 \cdot \nu R$$

$$p_3 = \frac{p_2}{3} \Rightarrow p_3 = p_0$$

$$3 \rightarrow 1: p = \text{const}$$

$$p_3 V_2 = 3 T_0 \nu R$$

$$p_3 V_1 = T_0 \nu R$$

$$V_1 = V_0$$



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.

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!

Решение $\Rightarrow$ процесс $1 \rightarrow 2$

$$Q_1 = \nu C_{12} \cdot \Delta T_{12} = \nu C_{12} \cdot (9T_0 - T_0) = 2R \cdot 8T_0 = 16RT_0$$

$$= 2 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = 2 \cdot 831 \cdot 48 \text{ Дж} =$$

$$= 39888 \cdot 2 \approx 80 \text{ кДж}$$

Рассчитаем работу, которую совершает машина за 1 цикл:

$$\Delta A = p dV \Rightarrow \text{площадь под графиком}$$

$$2p_0 \cdot 2V_0 \cdot \frac{1}{2} = A_1$$

$$A_1 = 2p_0 V_0 = 2 \cdot \nu RT_0 = 2 \cdot 2 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot$$

$$\times 300 \text{ К} = 3 \cdot 4 \cdot 831 \text{ Дж} = 9972 \text{ Дж}$$

$\eta = \frac{1}{2}$, т.к. половина раб. - полезная

$$\Delta \Pi = MgH$$

$$\Delta \Pi = \eta \cdot A_1 = MgH$$

$$H = \frac{\eta A_1}{Mg} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 9972 \text{ Дж}}{150 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{9972 \text{ Дж}}{300 \text{ кг}} =$$

$$= 33,24 \text{ м}$$

Ответ: $Q_1 = 80 \text{ кДж}$
 $H = 33,24 \text{ м}$

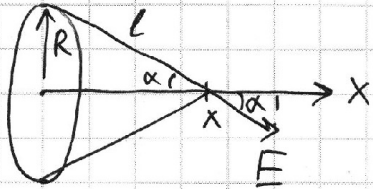


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
1 из 3

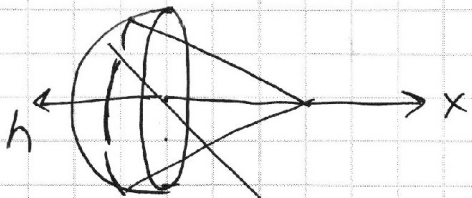
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



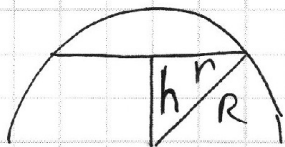
$$dE_x = \frac{k \cdot dQ}{r^2} \cos \alpha =$$
$$= \frac{k dQ x}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$E_x = \frac{k Q x}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

← напр., создаваемая конусом с зарядом Q в т., удал. на x от центра



Разобьем сферу на кольца радиусов и определим суммарную напр. на ось x



$$dE_x = \frac{k dQ (x+h)}{(r^2 + (x+h)^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$r^2 = R^2 - h^2$$

$$dQ = dh \cdot 2\pi r \cdot \rho = 2\pi r dh \cdot \frac{Q}{2\pi R^2}$$

$$dE_x = \frac{k \cdot 2\pi r dh \cdot \frac{Q}{2\pi R^2} (x+h)}{(R^2 - h^2 + x^2 + 2xh + h^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{k Q \sqrt{R^2 - h^2} x}{R^2 (R^2 + x^2 +$$

$$\frac{x(x+h)dh}{(R^2 + x^2 + 2xh)^{\frac{3}{2}}}$$



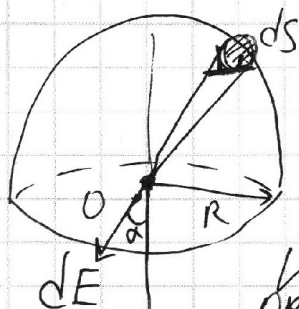
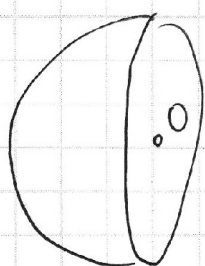
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Потенциал в т.О можно рассчитать, как потенциал от каждого малого участка сферы (точечные заряды), т.к. все т. наход. на одинаковом расстоянии от О



$$dE_x = \frac{\sigma ds \cos \alpha}{R^2}$$

проекцией всех
элементарных поуч. умих.
на $\cos \alpha$ будет площадь
основания поуч. сферы

$$\downarrow x \quad E_x = \frac{\sigma k \pi R^2}{R^2} = \sigma \pi k = \frac{Q}{4\pi R^2} \pi k =$$

$$= \frac{Qk}{2R^2}$$

$$\varphi_x = \frac{\sigma ds}{R} = \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2 k}{R} = 4\pi R \frac{Q}{4\pi R^2} k = \frac{Qk}{R}$$

Закон сохрани. энергии:

$$\frac{mV_0^2}{2} + \frac{Qk}{R} \cdot q = \frac{mV^2}{2}$$

$$V^2 = \frac{mV_0^2 + \frac{2Qqk}{R}}{m} = V_0^2 + \frac{2Qqk}{mR}$$

$$V = \sqrt{V_0^2 + \frac{2Qqk}{mR}}$$



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!

$$\varphi_A \cdot q = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{kQq}{R}$$

$$\varphi_A = \frac{mV_0^2}{2q} + \frac{kQ}{R}$$

В т. С потенциал будет отличаться на такую же величину, что и в А $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \varphi_C = \frac{kQ}{R} - \frac{mV_0^2}{2q}$$

$$q \cdot \varphi_C + \frac{mV_C^2}{2} = \frac{kQ}{R} + \frac{mV_0^2}{2}$$

$$\frac{mV_C^2}{2} = \frac{kQ}{R} + \frac{mV_0^2}{2} - \frac{kQq}{R} + \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_C^2 = 2V_0^2$$

$$V_C = \sqrt{2}V_0$$

$$\text{Ответ: } V = \sqrt{V_0^2 + \frac{2qQk}{mR}}$$

$$V_C = \sqrt{2}V_0$$



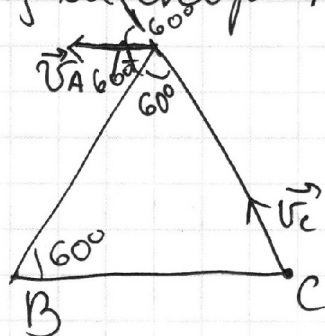
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

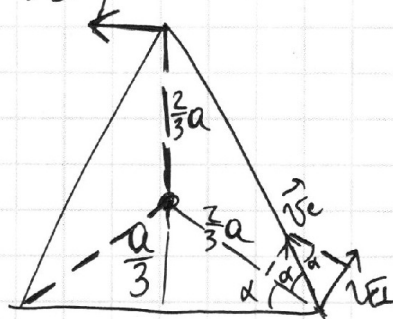
X В ЛСО вершины треугольника не могут удалиться друг от друга $\Rightarrow$ проекция скор. вершины C на сторону AC равна проекции скор. A на сторону AC



$$v_A \cdot \cos 60 = v_C$$

$$v_C = v_A \cdot \frac{1}{2} = 0,2 \text{ м/с}$$

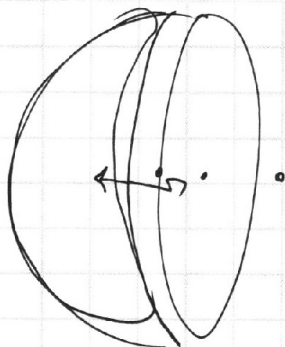
В СО у.м. скорости всех вершин будут направлены перпендик. направлению на центр масс; у.м. треуг. нах. в т. пересечения выс., мед., бис. (равностор.)



$$\sin \alpha = \frac{\frac{a}{3}}{\frac{2}{3}a} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

$$v_{\perp} = v_C \sin \alpha = \frac{1}{2} v_C = 0,1 \text{ м/с}$$

$$\omega =$$





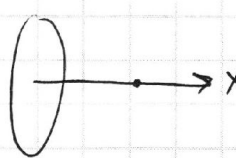
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

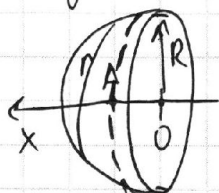


$$\varphi = - \int E dx = - \int \frac{kQx dx}{(R^2 + x^2)^{3/2}} =$$

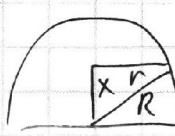
$$= -kQ \int \frac{d(R^2 + x^2)}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} = -\frac{kQ}{2} \left(-2 \cdot \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}} + \right.$$

$$\left. + 2 \cdot \frac{1}{\infty} \right) = \frac{kQ}{\sqrt{R^2 + x^2}}$$

Пусть м. А наход. на расстоянии ℓ от м. О



$$r^2 = R^2 - x^2$$



$$d\varphi = \frac{k \cdot dQ}{\sqrt{r^2 + (x - \ell)^2}} = \frac{k\beta \cdot 2\pi r dx}{\sqrt{r^2 + (x - \ell)^2}} =$$

$$= \frac{2\pi \sqrt{R^2 - x^2} k\beta dx}{\sqrt{R^2 - x^2 + (x - \ell)^2}} =$$

$$= 2\pi k\beta dx \sqrt{\frac{R^2 - x^2}{(R^2 - x^2 + (x - \ell)^2)}} = 2\pi k\beta dx \sqrt{\frac{R^2 - x^2}{R^2 - x^2 + x^2 - 2x\ell + \ell^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{R^2 - x^2}{R^2 + \ell^2 - 2x\ell}} 2\pi k\beta dx$$

$$\varphi \sim \frac{1}{x}$$

$$\varphi_A \cdot q =$$