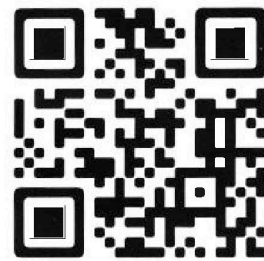




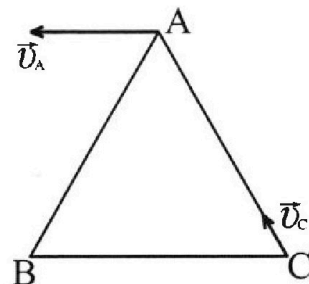
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

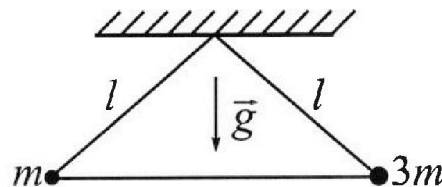
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

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.

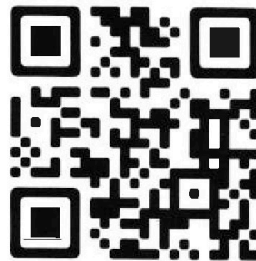
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



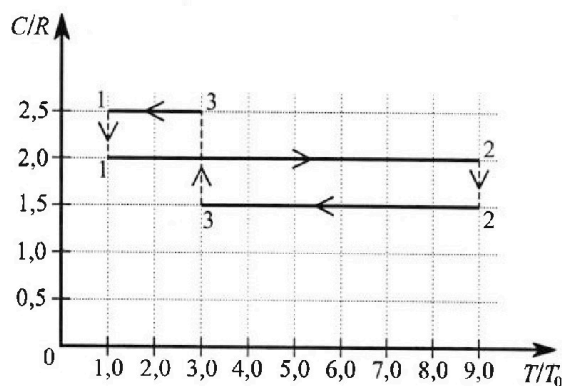
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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



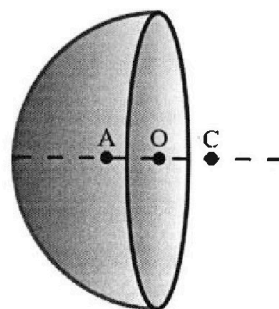
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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

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

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. 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.

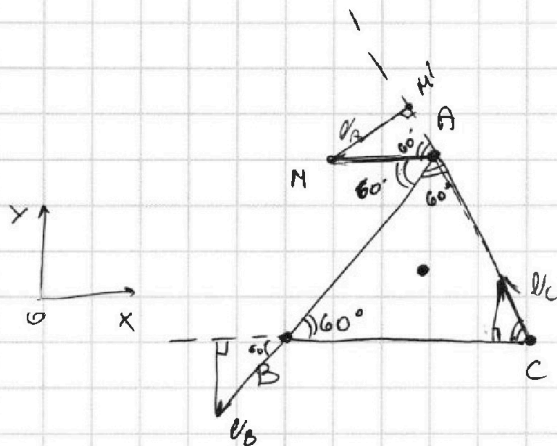


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



1) $\triangle ABC$ - равносторонний $\rightarrow$

все углы в нем по 60°

2) Запишем закон равенства проекций скоростей ("закон наклона") для стержня AC:

($\angle BAM = \angle ABC$ (накл. при $AM \parallel BC$,
сек. AB) $\rightarrow \angle NAM' = 60^\circ$)

$$v_C = v_A \cdot \cos(60^\circ) \quad (1)$$

$$v_C = v_A \cdot \frac{1}{2} \rightarrow v_C = \frac{v_A}{2} \quad (2)$$

3) По условию движущаяся мгновенная точка скорости скорость MB обязательно проходит через т.А. По эту точку для стержня BC:

$$v_B \cos 60^\circ = v_C \cos 60^\circ \rightarrow v_B = v_C = \frac{v_A}{2} \quad (3)$$

4) ~~$v_{cm} = \frac{v_A + v_B}{2}$~~ ~~$v_{cm} = \frac{v_A + v_C}{2}$~~ Рассмотрим элемент точек скорости

каждой точки складывается из см-ти центра масс v_{cm} .

"вращательной" составляющей ωR , где R - расстояние от ц.м. до каждой вершины.



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 4

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!

$$R = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3}, \text{ где } R - \text{ радиус окр-ли } \triangle ABC$$

(указано на рисунке)

$$W = \frac{U_A}{2R} = \frac{U_A}{\left(\frac{2a\sqrt{3}}{3}\right)} = \frac{3U_A}{2a\sqrt{3}} \quad W = \text{const, т.к. полетная скорость постоянна, т.е. } E = 0 \text{ (что учтем)}$$

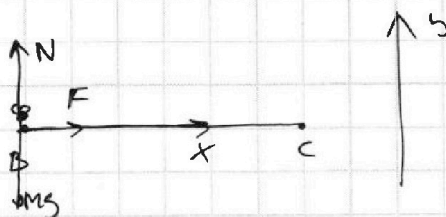
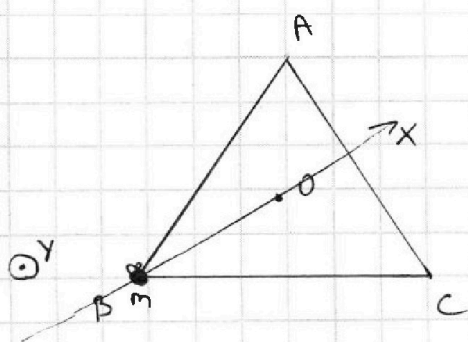
Один полный оборот сел полетит на 2π . При обороте

это $3 \cdot 2\pi$, т.е. $\varphi = 6\pi$

$$\varphi = \omega T \rightarrow T = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{6\pi}{\frac{3U_A}{2a\sqrt{3}}} = \frac{2\pi}{U_A} \cdot 2a\sqrt{3} = \frac{4\pi a\sqrt{3}}{U_A} =$$

$$\frac{4\pi \cdot 0,2 \text{ м} \cdot \sqrt{3}}{0,4 \frac{\text{В}}{\text{м}}} = \frac{4\pi \sqrt{3}}{2} = 2\pi\sqrt{3} \text{ с}$$

Рассм. пункт 3 задачи.



2-ой 3-й законы Ньютона ~~не применимы~~
на B применимы на ось y применимы

$$\text{выз: } 0 = N - mg \rightarrow N = mg$$

Движение точки соответствует движению точки B →

точка и точка B имеют одинаковое ускорение.



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 4

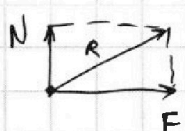
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~Задание~~ $a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(vR)^2}{R^2} = v^2 R$. 2-ой 3-й Кинематика в

принимая ось X принимает вид,

$$m v^2 R = F$$

Кругом радиус-векторную сил, действующую на центр:



По правилу параллелограмма и т.е. радиуса
где Δa : $\vec{R} = \vec{F} + \vec{N}$ (по омп.)

$$R = \sqrt{N^2 + F^2} = \sqrt{(mg)^2 + (m v^2 R)^2} = m \sqrt{g^2 + v^4 R^2} =$$

$$= m \sqrt{g^2 + \left(\frac{v_A}{2R}\right)^4 R^2} = m \sqrt{g^2 + \frac{v_A^4}{16 R^2}} =$$

$R = \frac{2\sqrt{3}}{3}$

$$= 100 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \sqrt{\left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)^2 + \frac{(9.4 \text{ Э})^4}{16 \cdot \left(\frac{9.4 \text{ м} \cdot \sqrt{3}}{3}\right)^2}} =$$

$$= 1 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \sqrt{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} + \frac{(9.4 \text{ Э})^4}{16 \cdot \frac{9.4 \cdot 3}{5}}} = \sqrt{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} + \frac{16 \cdot 16}{10^4 \cdot 16 \cdot \frac{4}{10^2} \cdot \frac{1}{3}}} \frac{\text{кг}}{\text{с}^2} =$$

$$= 10^{-1} \text{ кг} \sqrt{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} + \frac{4 \cdot 3}{10^2} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4}} = 10^{-1} \text{ кг} \sqrt{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} + \frac{12}{100} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4}} = 10^{-1} \text{ кг} \cdot \sqrt{\frac{10012}{100} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4}}$$



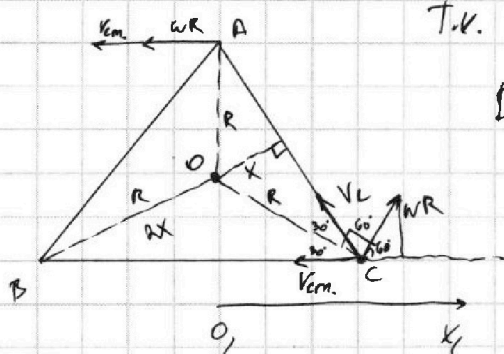
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

В силу того что медианы треугольника равностороннего
являются высотами и биссектрисами, его центр масс лежит в центре
опис. (впис.) окружн (они совпадают) (4)



Т.к. $VA \perp R$, $VA = V_{cm} + WR \rightarrow$
Для точек C в пр-м $\rightarrow V_{cm}$ совпадает с C.

из $O_1 X_1$: (5)

$$-V_C \cdot \cos(60^\circ) + V_{cm} = WR \cdot \cos(60^\circ)$$

$$\left. \begin{aligned} -\frac{1}{2}V_C + V_{cm} &= \frac{1}{2}WR \\ \text{Т.к. } V_C &= \frac{VA}{2} \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

Из (4) получим:

$$\text{Т.к. } V_{cm} = VA - WR.$$

Подставим в (5):

$$-\frac{1}{4}VA + VA - WR = \frac{1}{2}WR$$

$$\frac{3}{4}VA = \frac{3}{2}WR \rightarrow \frac{1}{4}VA = \frac{1}{2}WR \rightarrow \frac{1}{2}VA = WR \rightarrow W = \frac{VA}{2R}$$

Рассм. $\triangle ABC$. Т.к. медианы равнос. треугольника поочередно пересекаются
О они делятся в отношении 2:1, считая от вершин.
Высота равной $\triangle A$: $h = \frac{a\sqrt{3}}{2}$



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!

Если в момент касания нет скорости автомобиля и увеличивать скорость, то в силу обратимости трения, он уйдет в другую сторону. Если скорость не увеличивать, то он продолжит движение по прямой траектории.

Заметим, что суммарный импульс двух шаров по вертикали элементарно рассмотренному случаю со скатом. Соответственно, ^{результат} импульс $\vec{p}_0$ ориентирован параллельно траектории.

Соответственно, запишем

ЗСЭ для ската в ПСО:

Ось ската совпадает

одной осью. Поэтому у нас

2 виртуальных ската равной массы и 2 осевого тоже массы.

Запишем ЗСЭ в ПСО для одной пары вирт. скат - осевого:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgh \rightarrow v_1^2 = v_0^2 + 2gh \rightarrow v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

Кин. скорость вирт. ската.

Так рассмотрим $\angle$ между осью ската и осью горизонт.

Переименуем эти оси, что тоже совпадает с вирт. скатом.



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

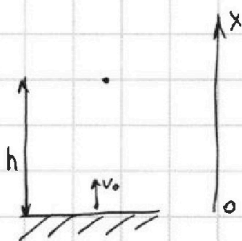
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
1 из 3

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

- 1) Моментальное состояние мячика $\rightarrow$ мячик находится в некоторой скорости v_0 и нач. ускор. $\vec{g}$.

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$



Впрямь на ОХ:

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \rightarrow \text{или } h + \frac{gt^2}{2} = v_0 t \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} = v_0 \rightarrow v_0 = \frac{8\text{ м}}{0,8\text{ с}} + \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8\text{ с}}{2} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

- 2) ~~В какой момент~~ В какой момент мячик достигнет скорости v_k $\rightarrow$ мячик будет равен 0:

$$\text{или } s = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a}$$

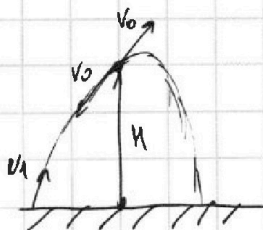
$$H = \frac{-v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\left(\frac{h}{t} + \frac{gt}{2}\right)^2}{2g} = \frac{(14 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{196 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 9,8 \text{ м}$$

m — масса мячика

- 3) В силу закона сохранения импульса для мячика в ПСО:

$$m \cdot \vec{0} = \frac{m}{2} \cdot \vec{v}_0 + \frac{m}{2} \vec{v}_1 \rightarrow \vec{v}_0 = -\vec{v}_1$$

- 4) Рассмотрим движение мячика:



Также рассмотрим движение мячика

из некоторой точки на мячике со скоростью (начальной) v_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
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!

Как известно, минимальная дальность при броске на горизонт. достигается под углом к горизонту 45° , т.е. в такой случае величина скорости перемещения минимальна, а горизонт. скорость максимальна.

$$L = \frac{v_1^2 \sin(2\alpha)}{g} \rightarrow L_{\max} = \frac{v_1^2 \sin(2 \cdot 45^\circ)}{g} = \frac{v_1^2}{g} = \frac{(\sqrt{16^2 + 2gH})^2}{g}$$

$$= \frac{16^2}{g} + 2H/g = \frac{(20 \frac{m}{c})^2}{10 \frac{m}{c^2}} + \frac{2 \cdot 9,8 \text{ м}}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{400 \frac{m^2}{c^2}}{100 \frac{m}{c^4}} + \frac{19,6}{10} c^2$$

$$= \frac{(\sqrt{(20 \frac{m}{c})^2 + 2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot 9,8 \text{ м}})^2}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{(\sqrt{400 \frac{m^2}{c^2} + 196 \frac{m^2}{c^2}})^2}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{(\sqrt{596 \frac{m^2}{c^2}})^2}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{596 \frac{m^2}{c^2}}{10 \frac{m}{c^2}}$$

$$= 59,6 \text{ м}$$

Ответ: $H = 9,8 \text{ м}$; $L_{\max} = 59,6 \text{ м}$

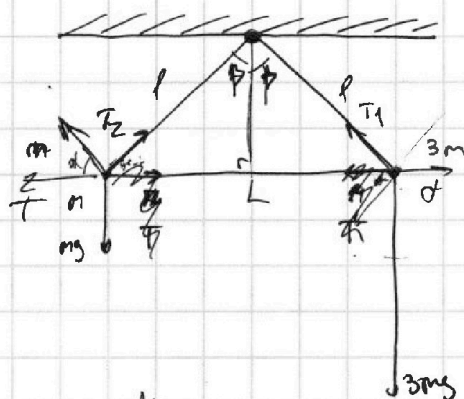


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

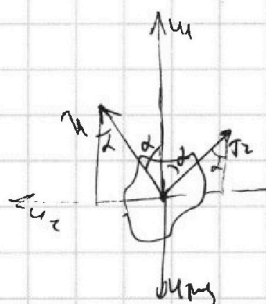
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Второй закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Если система находится в равновесии, то сумма сил, действующих на неё, равна нулю



$$U_1 = 4mg + (T_1 + T_2) \cos \beta$$

$$U_2 = (T_2 - T_1) \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{L}{2l} = 0,8 = \frac{4}{5}$$

Косинус угла между веревками:

$$\cos^2 \beta + \sin^2 \beta = 1 \text{ (осн. тригоном.)}$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

$$F^2 = l^2 + l^2 - 2l^2 \cos(2\alpha)$$

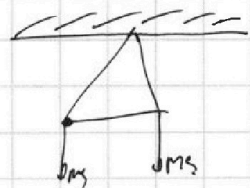
$$0,4l^2 = 2l^2 \cos(2\alpha)$$

$$\cos(2\alpha) = \frac{0,4}{2} = 0,2$$

$$\cos \alpha = \frac{L}{2l} = \frac{1,6}{2l} = 0,8$$

Рассм. шар 3m на n и 2m. Найд. ускор. шар только m. Возврат

Всего сил системы без удержания не ищется



Ровным шару 3m. Попробуем удерживать шар

это 2mg вверх



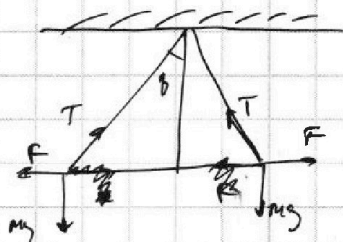
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

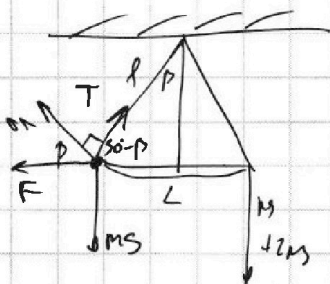
Вектор T и F не вычитаются, так как не в одной точке.



$$F = T \sin \beta \rightarrow F = m g \tan \beta$$

$$m g = T \cos \beta \rightarrow T = \frac{m g}{\cos \beta}$$

Поиск радиуса кривизны R и угловой скорости ω



Угловая скорость ω и радиус кривизны R

Известно, что $\omega = \frac{v}{R}$

$$I \epsilon = M$$

$$3 m L^2 \epsilon = 2 m g L \rightarrow \epsilon = \frac{2 g}{3 L}$$

$$a = \epsilon R \rightarrow a = \frac{2 g L}{3 L} = \frac{2 g}{3}$$

$$a = \epsilon R \rightarrow a = \frac{2 g L}{3 L} = \frac{2 g}{3} = \frac{2}{3} g = \frac{13}{24}$$

Так как $\vec{a} \perp \vec{v}$, то $\vec{a} \perp \vec{v}$, поэтому угол с горизонтом

равен β , т.е. $\sin \beta = \frac{4}{5}$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{4}{5}\right), \text{ т.е. } \sin \beta = \frac{4}{5}$$

$$\text{Ответ: } \sin \beta = \frac{4}{5}$$



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 4

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!

Для изг. азота: $C_V = \frac{3}{2}R$ $C_P = \frac{5}{2}R$

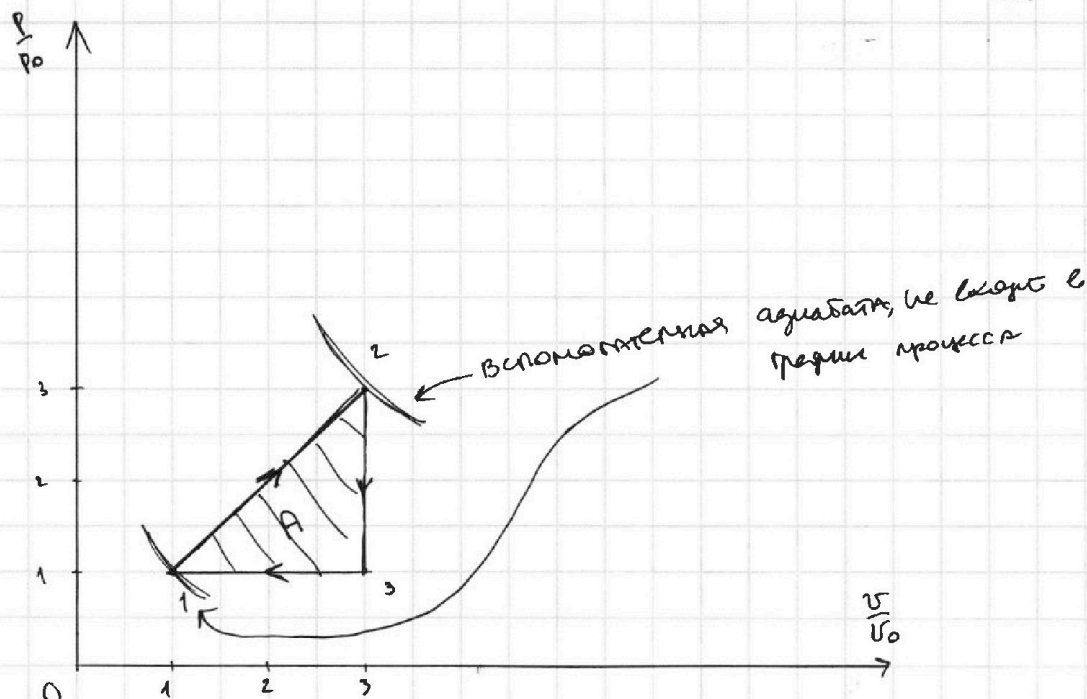
1) Рассмотрим ускор. плавный нагрев. Они соответствуют политропе, т.е. процессу вида $pV^n = \text{const}$, где $n = \frac{C-C_P}{C-C_V}$, где C - теплоемкость данного процесса.

2) Процесс 1-2 имеет $C = 2R$. Он соответствует уравнению $pV^{-1} = \text{const}$, т.е.

$$n = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{4R - 5R}{4R - 3R} = -1$$

Процесс 2-3: $C = \frac{3}{2}R$. Давление C соответствует C_V , поэтому это процесс $V = \text{const}$

Процесс 3-1: $C = \frac{5}{2}R$. Это соответствует C_P , поэтому это процесс $C_P = \text{const}$.





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 4

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!

Ур-ие Менделеева - Клапейрона для газа:
 $p_0 V_0 = \nu R T_0$

Пусть у нас у нас 1-2 имеет вид $p = KV$ (боксаление)

Тогда: $p_0 = KV_0$, $p_2 = KV_2$. Тогда $KV_0^2 = \nu R T_0$ } $\rightarrow$

$$p_2 \cdot V_2 = \nu R T_0 \rightarrow KV_2^2 = \nu R T_0$$

$$\rightarrow \frac{V_2^2}{V_0^2} = 9 \rightarrow V_2 = 3V_0$$

$$\rightarrow V_3 = V_2 = 3V_0$$

Рассм. процесс 2-3: это изохорный процесс

$$p_3 V_3 = \nu R T_0 \rightarrow p_3 \cdot 3V_0 = \nu R T_0 \rightarrow p_3 V_0 = \nu R T_0 \rightarrow p_3 = p_0$$

Процесс 3-1 изохорный, закон его в явном виде

$p = \text{const}$, так из графика видно, что цикл замкнут (это же условие в условии)

3) Процесс расширения $\leftrightarrow$ Увеличение объема газа $\rightarrow$ Это изобарный процесс
можно в процессе 1-2, т.к. в обоих случаях V , либо $V = \text{const}$.

Поэтому $Q_1 = Q_{12}$. Так как участок 1-2 не является изохорным и адиабатой (по графику), то на нем всегда поглощается, т.к. в м. 2 всегда температура выше

4) По первому началу термодинамики:



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 4

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!

$$Q = \Delta U + A.$$

A_{12} найдем как площадь под графиком $p(V)$:

$$A_{12} = \frac{(p_0 + 3p_0)}{2} \cdot 2V_0 = 4p_0V_0 \quad (\text{площадь трапеции})$$

$$\Delta U_{12} = \frac{C_V}{\text{const}} \Delta T_{12} = \frac{C_V}{R} (pV)_{12} = \frac{C_V}{R} (3p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (9p_0V_0 - p_0V_0) = 12p_0V_0$$

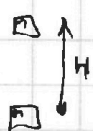
$$Q_{12} = Q_1 = 12p_0V_0 + 4p_0V_0 = 16p_0V_0 = 16RT_0 \quad (\text{из ур. Менг.-Клау})$$

Работу, совершаемую газом в цикле 1-2-3-1 найдем как площадь трапеции 1-2-3:

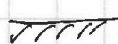
$$A = 2p_0 \cdot 2V_0 \cdot \frac{1}{2} = 2p_0V_0 \quad (\text{площадь треугол. А-а}). \text{ Это}$$

за один цикл. За N циклов будет совершена работа:

$$A_N = NA = 2Np_0V_0. \quad A_n = \frac{1}{2} A_N = Np_0V_0$$



При медленном разрыве груза со скоростью u , соответственно, кинетическая энергия не меняется.



Запишем ЗСЭ в ПСО для груза:

$$Nmg = A_N = 2Np_0V_0 \rightarrow H = \frac{2Np_0V_0}{Nmg} \rightarrow H = \frac{2NRT_0}{Nmg}$$

Из ур. Менг.-Клау. $p_0V_0 = RT_0$



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
4 ИЗ 4

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!

Рассчитаем численно ответ:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 16 \cdot 2 R T_0 = 16 \cdot 2 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = \\ &= 16 \cdot 2 \text{ моль} \cdot 831 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 3 \text{ К} = 96 \text{ моль} \cdot \text{К} \cdot 831 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = \\ &= 79,776 \text{ кДж} \\ H &= \frac{N \cdot 2 \cdot R \cdot T_0}{M g} = \frac{16 \cdot 2 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}}{150 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \\ &= \frac{6 \text{ моль} \cdot \text{К} \cdot 831 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}{150 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{1 \text{ моль} \cdot \text{К} \cdot 831 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}{25 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}} = 33,24 \text{ м} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } Q_1 = 79,776 \text{ кДж} \quad H = 33,24 \text{ м}$$



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.

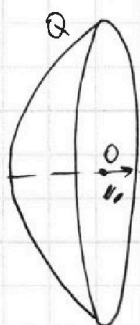
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

$$W = \frac{kqQ}{r} \quad \varphi = \frac{kq}{r} \quad E = \frac{kq}{r^2}$$

Как известно, напряженность поля в центре сферы радиуса R равна $E = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}$. Если считать, поле E в этой точке направлено по оси симметрии:



Круги перпендикулярны в точке O.

Разобьем поверхность на бесконечное кол-во элементов dq . Каждый dq

находится на расстоянии R от точки O.

$\sigma = \text{const}$ по всей поверхности.

$$\varphi = \sum \frac{kq_i}{r_i} \rightarrow \varphi_0 = k \cdot \sum \frac{dq}{R} \rightarrow \varphi_0 = \frac{kQ}{R}$$

Т.к. $\sigma = \text{const}$, $k = \text{const}$

Соответственно, в точке O потенциал φ имеет $W_{\text{пот}} = q \cdot \varphi_0 =$
 $= \frac{kqQ}{R}$ (по опр.)

Ка потенциал по сравнению с R расстоянием от точки O потенциала, создаваемого полусферой можно пренебречь.

Запишем ЗСЭ для ~~частицы~~ q в ПСО:

$$\frac{kqQ}{R} + \frac{m\epsilon_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \rightarrow \frac{2kqQ}{R} + m\epsilon_0^2 = mv^2 \rightarrow \frac{2kqQ}{mR} + \epsilon_0^2 = v^2 \rightarrow$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

6
☐

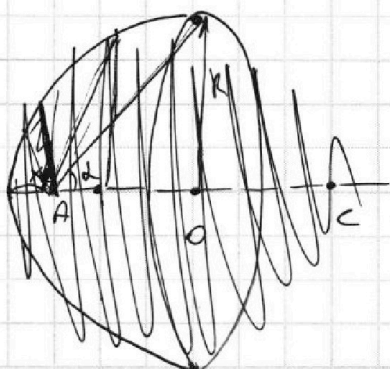
7
☐

СТРАНИЦА
2 из 2

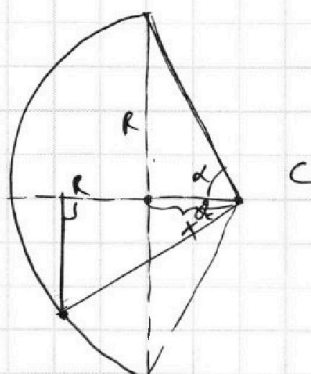
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2KqQ}{mR}}$$

Кругом потенциал в точках A и C:



Итого



Кругом потенциал на ~~каждой~~ πR полуокружности. Отсюда

Полн в центр полуокружности $\frac{2KQ}{R}$ $\Delta U = -E_0 r \cos \alpha (E_0 \text{ const})$

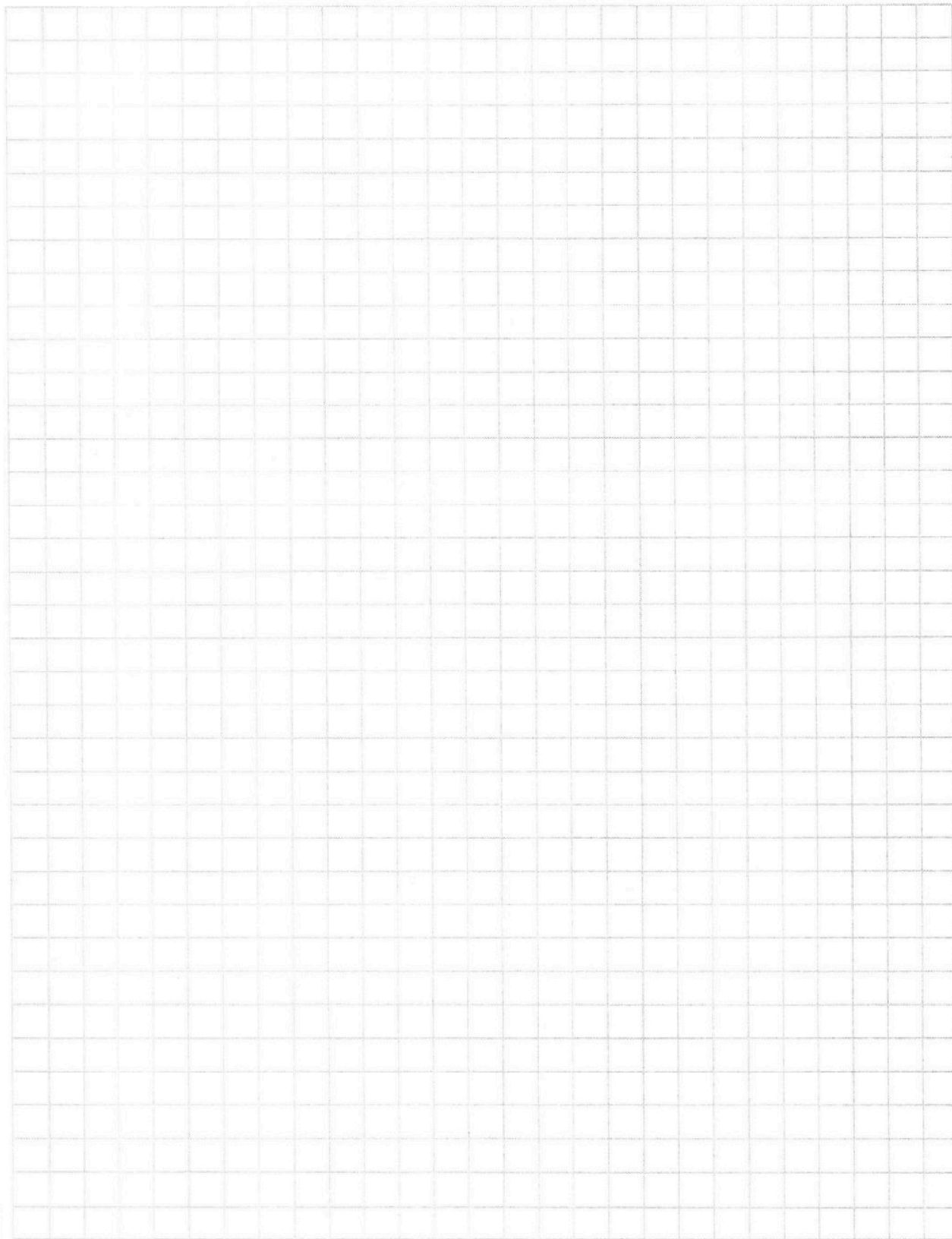


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!





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!

Handwritten solution on grid paper:

Top left: A diagram of a circle with a point on its circumference. Lines connect this point to several points on a horizontal chord. A vertical line segment is labeled 10 .

Top right: $N \sim \frac{1}{(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}$

Middle left: $\frac{1}{2} ML^2 + \frac{ML^2}{4}$
 $= \frac{mR^2}{3}$

Middle right: A diagram of a triangle with vertices labeled T , F , and T . Forces F and T are indicated at the vertices.

Below the triangle: Two diagrams of ellipses. The left one is labeled $\varphi_2 + \varphi_1$ and $\varphi_2 + \varphi_1$. The right one is labeled φ_2 and φ_1 .

Bottom left: A diagram of a circle with a point on its circumference. Lines connect this point to several points on a horizontal chord. A vertical line segment is labeled 10 .

Bottom right: A graph showing a curve on a coordinate system.

Equations and formulas:

- $E = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}$
- $\frac{KQ}{R} + \frac{\sigma}{4\epsilon_0} \Delta x$
- $\frac{KQ}{R} + \frac{\sigma}{4\epsilon_0} \Delta x$
- $\frac{KQ}{R} - \frac{\sigma}{4\epsilon_0} \Delta x$
- $\varphi = \frac{KqQ}{r}$
- $W = \frac{KqQ}{\sigma}$

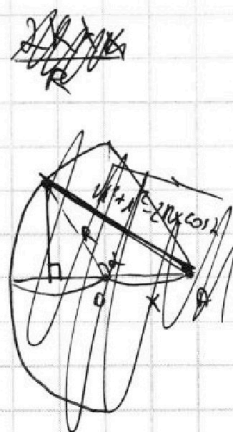
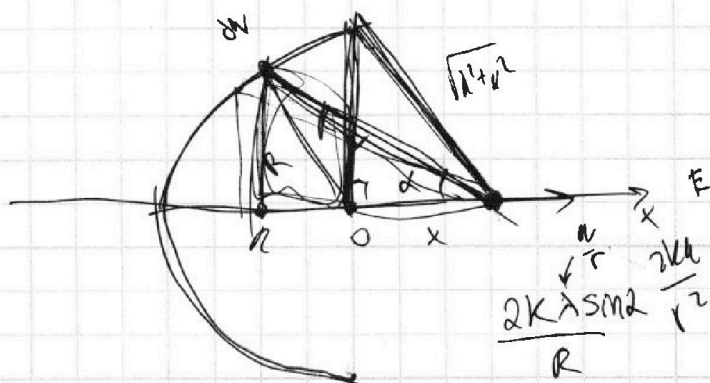


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

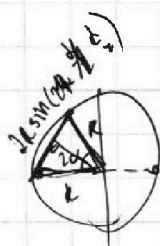
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!



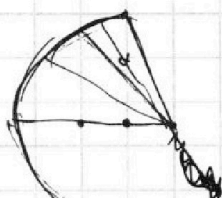
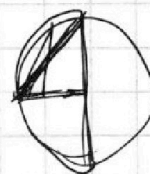
~~Handwritten scribbles~~
$$dW = \frac{kq \lambda dx}{(k^2 + x^2 + 2Rx \cos \alpha)}$$

$$W_2 = kq Q \cdot \int \frac{1}{k^2 + x^2 + 2Rx \cos \alpha}$$



~~Handwritten scribbles~~

~~Handwritten scribbles~~



~~Handwritten scribbles~~

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

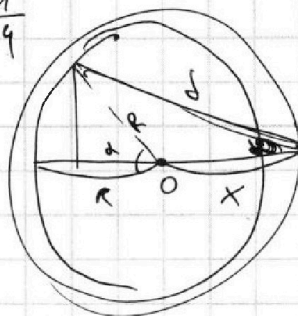
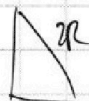
~~Handwritten scribbles~~

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

~~Handwritten scribbles~~

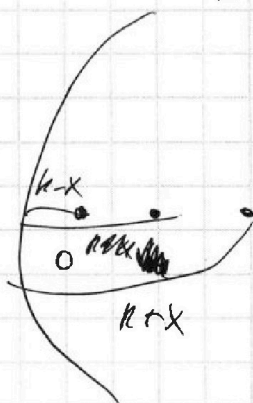
$$\cos(2 \cdot 30^\circ) = 1 - \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{2}$$



$$2 \int 2R \cos \alpha =$$

$$\frac{kq}{2R \sin(\frac{\pi}{2})}$$





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!

Handwritten solutions and diagrams for physics problems:

- Top Left:** Equations $W = \frac{kqQ}{r}$, $F = \frac{kqQ}{r^2}$, $E = \frac{kqQ}{r}$. A diagram shows a triangle with vertices labeled q , q , and q .
- Top Center:** Equation $E = \frac{kq}{r^2}$. A diagram shows a triangle with vertices labeled q , q , and q .
- Top Right:** Equation $E = \frac{2kAsin\alpha}{R}$. A diagram shows a curved path with points V_0 and V_1 and a vertical distance H .
- Middle Left:** Equation $N = Eq$. A diagram shows a triangle with vertices labeled q , q , and q .
- Middle Center:** Equation $\frac{mv_1^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2}{2}$. A diagram shows a curved path with points V_0 and V_1 and a vertical distance H .
- Middle Right:** Equation $E = \frac{kq}{r^2}$. A diagram shows a curved path with points V_0 and V_1 and a vertical distance H .
- Bottom Left:** Equations $x = V_0 \cos \alpha t$, $y = V_0 \sin \alpha t$, $t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$, $L = \frac{V_0 \sin(2\alpha)}{g}$. A diagram shows a triangle with vertices labeled q , q , and q .
- Bottom Center:** A diagram shows a cone with a height of 536 and a radius of 16. Below it, a diagram shows a sphere with a radius of 16 and a height of 10000.
- Bottom Right:** A diagram shows a sphere with a radius of 16 and a height of 10012. Below it, a diagram shows a sphere with a radius of 16 and a height of 10012.



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!

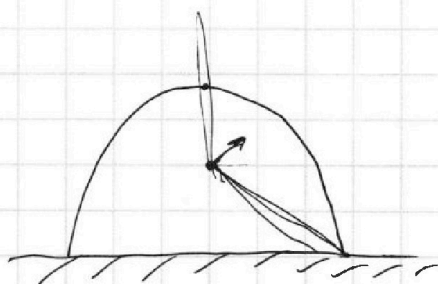
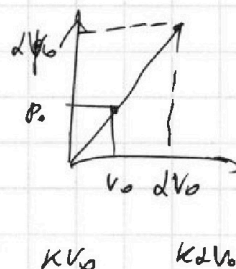
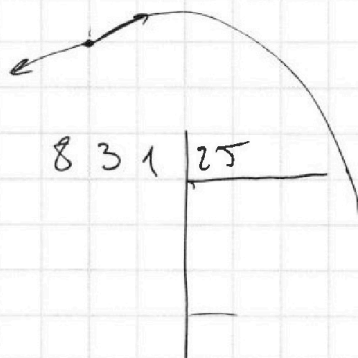
$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 14 \\ \hline 56 \\ 14 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 196 \overline{) 2} \\ \underline{18} \\ 16 \end{array}$$

$$-12 \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{1}{2}R}^2$$

$$\frac{4-5}{4-3} = -1$$

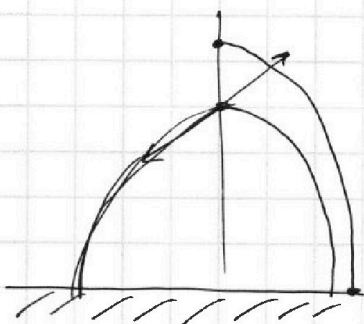
$$\begin{array}{r} 2 \\ 1 \overline{) 831} \\ \underline{49} \\ 74 \\ \underline{79} \\ 776 \end{array}$$



$$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{g x^2}{2v_0^2}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 16 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 150 \overline{) 6} \\ \underline{12} \\ 30 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 100 \overline{) 50} \\ \underline{50} \\ 0 \end{array}$$

