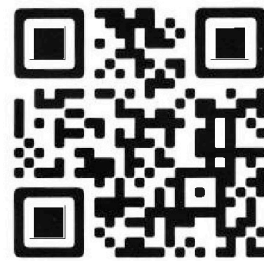




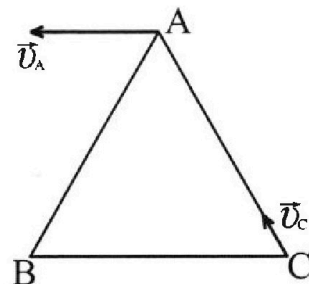
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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  $\tau$  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.

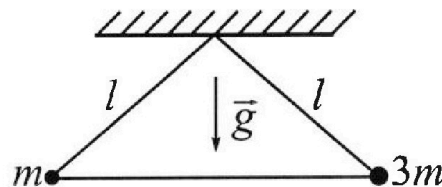
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте  $h = 8$  м фейерверк находился через  $\tau = 0,8$  с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту  $H$  поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $L_{\text{MAX}}$  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  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

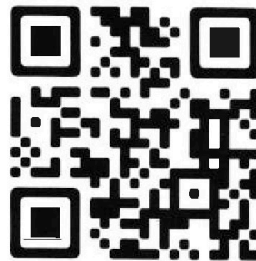
3. Найдите модуль  $T$  упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



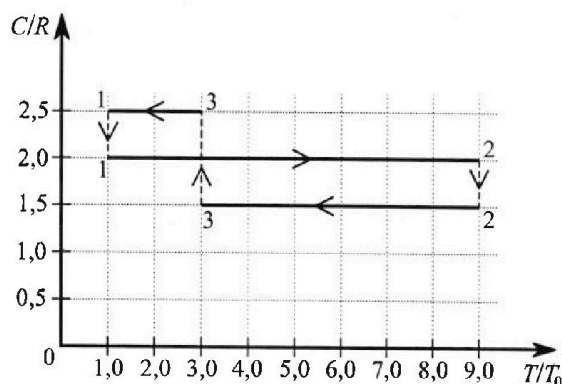
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

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



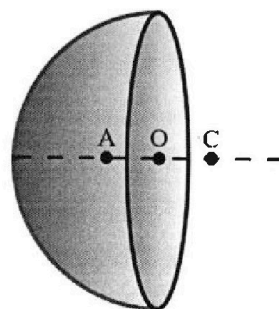
1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

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.

в бракетной notation  $WR$ , где  $R$  расписан от ч.м. до подгруппы.



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)

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

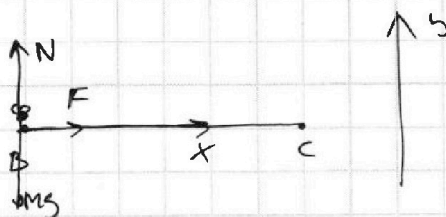
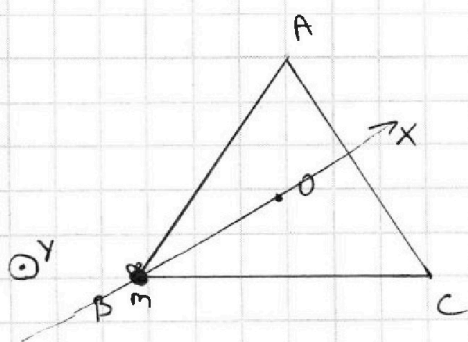
Один полный оборот сел полетит на  $2\pi$ . При обороте

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 примени на ось y примениет

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

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                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 4

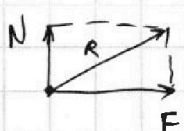
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

принимая ось  $x$  принимает вид,

$$mw^2 R = F$$

Кругом радиус-векторную сил, действующую на центр:



По правилу параллелограмма и т.е. Пифагора  
для  $\Delta OAC$ :  $\vec{R} = \vec{F} + \vec{N}$  (по опр.)

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

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

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

$$= 100 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \sqrt{\left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)^2 + \frac{(94 \text{ Э})^4}{16 \cdot \left(\frac{94 \text{ м} \cdot \sqrt{3}}{3}\right)^2}} =$$

$$= 1 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \sqrt{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} + \frac{(94 \text{ Э})^4}{16 \cdot \frac{90 \cdot 3}{5}}} = \sqrt{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^4} + \frac{16 \cdot 16}{10^4 \cdot 16 \cdot \frac{4}{10^2} \cdot \frac{1}{3}}} \frac{\text{кг}}{\text{с}^2} =$$

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



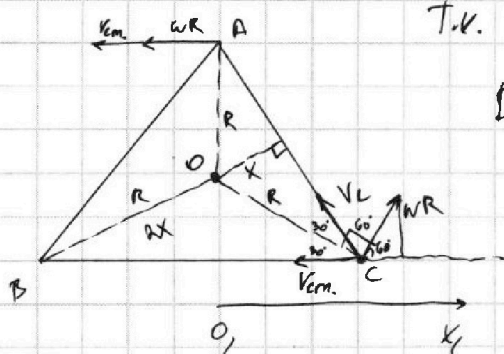
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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 равнобедренного  
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 равнобедренного треугольника являются высотами то точка пересечения  
О они делят 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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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.

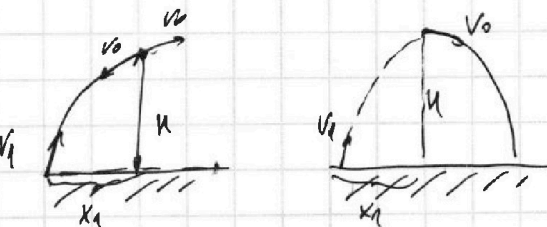
Заметим, что суммарный импульс двух шаров по вертикали элементарно рассмотренному случаю со скребком. Соответственно, <sup>результат</sup> импульс  $\vec{p}_0$  ориентирован параллельно траектории.

Соответственно, запишем

ЗСЭ для скребка в ПСО:

Ось скребка совпадает

одной осью. Поэтому у нас



2 виртуальных скребка равной массы и 2 осей той же массы.

Запишем ЗСЭ в ПСО для одной пары вирт. скребков - осей:

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

Кин. скорость вирт. скребка.

Так как ось скребка совпадает с осью скребка, то ось скребка совпадает с осью скребка.

Перемещая ось скребка, мы также совмещаем ось скребка.





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.

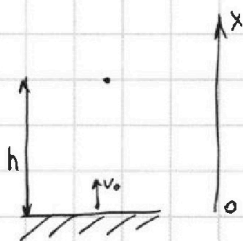
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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 движется вверх  $\vec{g}$ .

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



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) ~~Решение~~ В максимальной точке параболы скорость равна нулю  $\rightarrow$  или она равна 0:

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

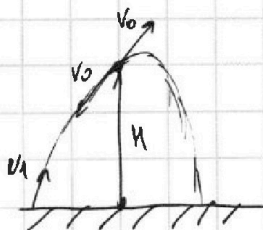
$$H = \frac{-v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\left(\frac{h}{t} + \frac{gt}{2}\right)^2}{2g} = \frac{(14 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{196 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 9,8 \text{ м}$$

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 мячик 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  $45^\circ$ , т.е. в такой ситуации скорость перемещения минимальна, а горизонт. скорость максимальна.

$$L = \frac{v_1^2 \sin(2\alpha)}{g} \rightarrow L_{\max} = \frac{v_1^2 \sin(2 \cdot 45^\circ)}{g} = \frac{v_1^2}{g} = \frac{(\sqrt{16^2 + 2gH})^2}{g}$$
$$= \frac{16^2}{g^2} + 2H/g = \frac{(20 \frac{m}{c})^2}{(10 \frac{m}{c^2})^2} + \frac{2 \cdot 9,8 m}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{400 \frac{m^2}{c^2}}{100 \frac{m^2}{c^4}} + \frac{19,6}{10} c^2$$
$$= \frac{(\sqrt{(20 \frac{m}{c})^2 + 2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot 9,8 m})^2}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{(\sqrt{400 \frac{m^2}{c^2} + 196 \frac{m^2}{c^2}})^2}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{(\sqrt{596 \frac{m^2}{c^2}})^2}{10 \frac{m}{c^2}} = \frac{596 \frac{m^2}{c^2}}{10 \frac{m}{c^2}} = 59,6 m$$

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

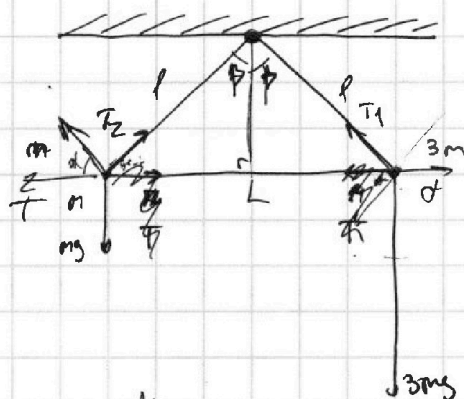


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 из 2

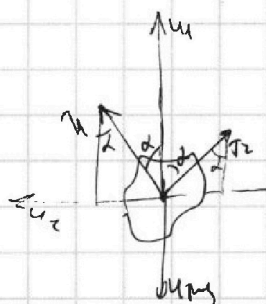
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



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:

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

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

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

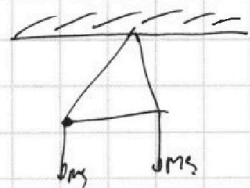
$$0,4l^2 = 2l^2 \cos(2\alpha)$$

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

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

Рассм. шар 3m на n и 2m. Ничего нет. Дано только m. Возврат

Всего сил системы без удержания не будет



Ровным шару 3m. Попробую удерживающее сила

это 2mg вверх





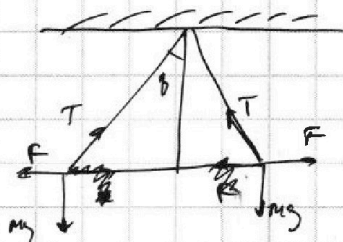
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

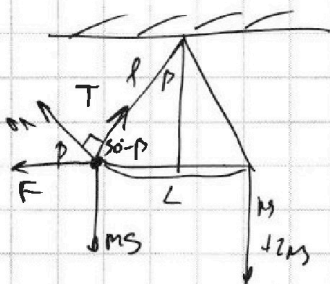
Вектор  $T$  и  $F$  не вычитаются, так как не в одной точке.



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

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

Поиск радиуса инерции  $I$  и удвоенной энергии  $2m g L$



Удвоенная энергия  $2m g L$

Работа  $A$  и энергия  $E$  вычисляются...

$$I \epsilon = M$$

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

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

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

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

равен  $\beta$ , т.е.  $\sin \beta = \frac{4}{5}$  или  $\cos \beta = \frac{3}{5}$ , т.е.

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

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





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 азотат. газа:  $C_v = \frac{3}{2}R$   $C_p = \frac{5}{2}R$

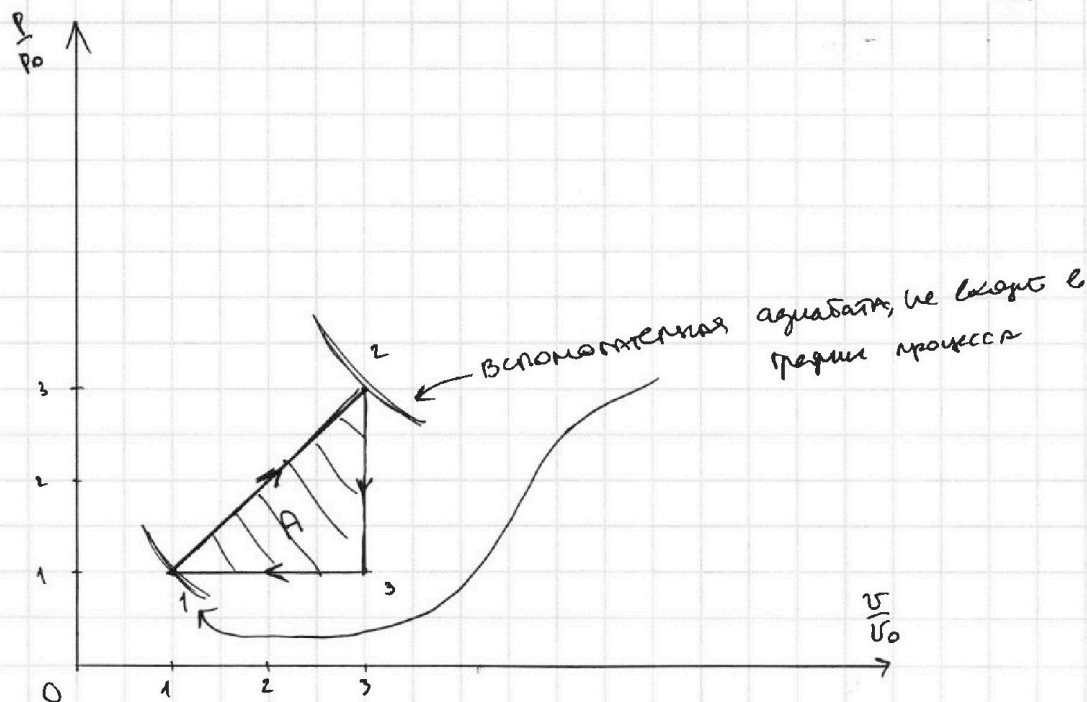
1) Рассмотрим урван поначий газа. Они соответствуют поначию, т.е. процессу газа  $pV^n = \text{const}$ , где  $n = \frac{C-C_p}{C-C_v}$ , где  $C$  - теплоемкость данного процесса.

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:  $C = \frac{3}{2}R$ . Данный  $C$  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 процессе 1 как

$p = \text{const}$ , 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 начале и в конце  $V = \text{const}$ .

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  $p(V)$ :

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

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

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

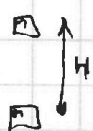
$$Q_{12} = Q_1 = 12p_0V_0 + 4p_0V_0 = 16p_0V_0 = 16RT_0 \quad (\text{из ур. Менг.-Клап.})$$

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

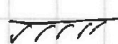
$$A = 2p_0 \cdot 2V_0 \cdot \frac{1}{2} = 2p_0V_0 \quad (\text{площадь треугол. } \Delta a). \text{ Это}$$

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 развесе груза со скоростью  $u$ , соответственно, кинетическая энергия не меняется.



Запишем ЗСЭ в ПСО для груза:

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

Из ур. Менг.-Клап.  $p_0V_0 = RT_0$





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:

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

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



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.

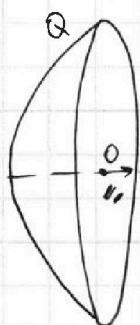
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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 помечены в точке O.

Разобьем поверхность на бесконечное кол-во элементов  $dq$ . Каждый  $dq$  можно не рассуждая считать точкой.

$\sigma = \text{const}$  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  $\varphi$  имеет  $W_{\text{пот}} = q \cdot \varphi_0 =$   
 $= \frac{kqQ}{R}$  (по опр.)

Ка Вольтом по сравнению с  $R$  расстоянием от точки O помеченной, соответствующей полусферы можно пренебречь.

Запишем ЗСЭ для ~~частицы~~  $q$  в ПСО:

$$\frac{kqQ}{R} + \frac{mc^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \rightarrow \frac{2kqQ}{R} + mc^2 = mv^2 \rightarrow \frac{2kqQ}{mR} + c^2 = v^2 \rightarrow$$



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.

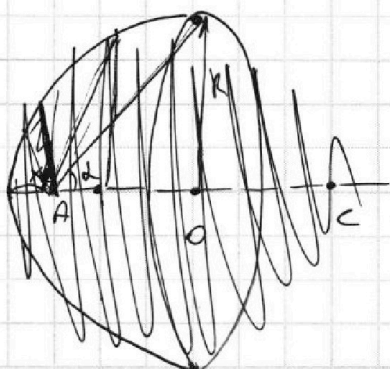
|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА  
2 из 2

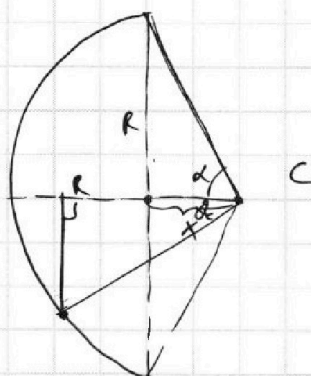
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

Кругом потенциал в точках A и C:



Решение



Кругом потенциал на ~~каждой~~  $\pi R$  полуокружности. Отсюда

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



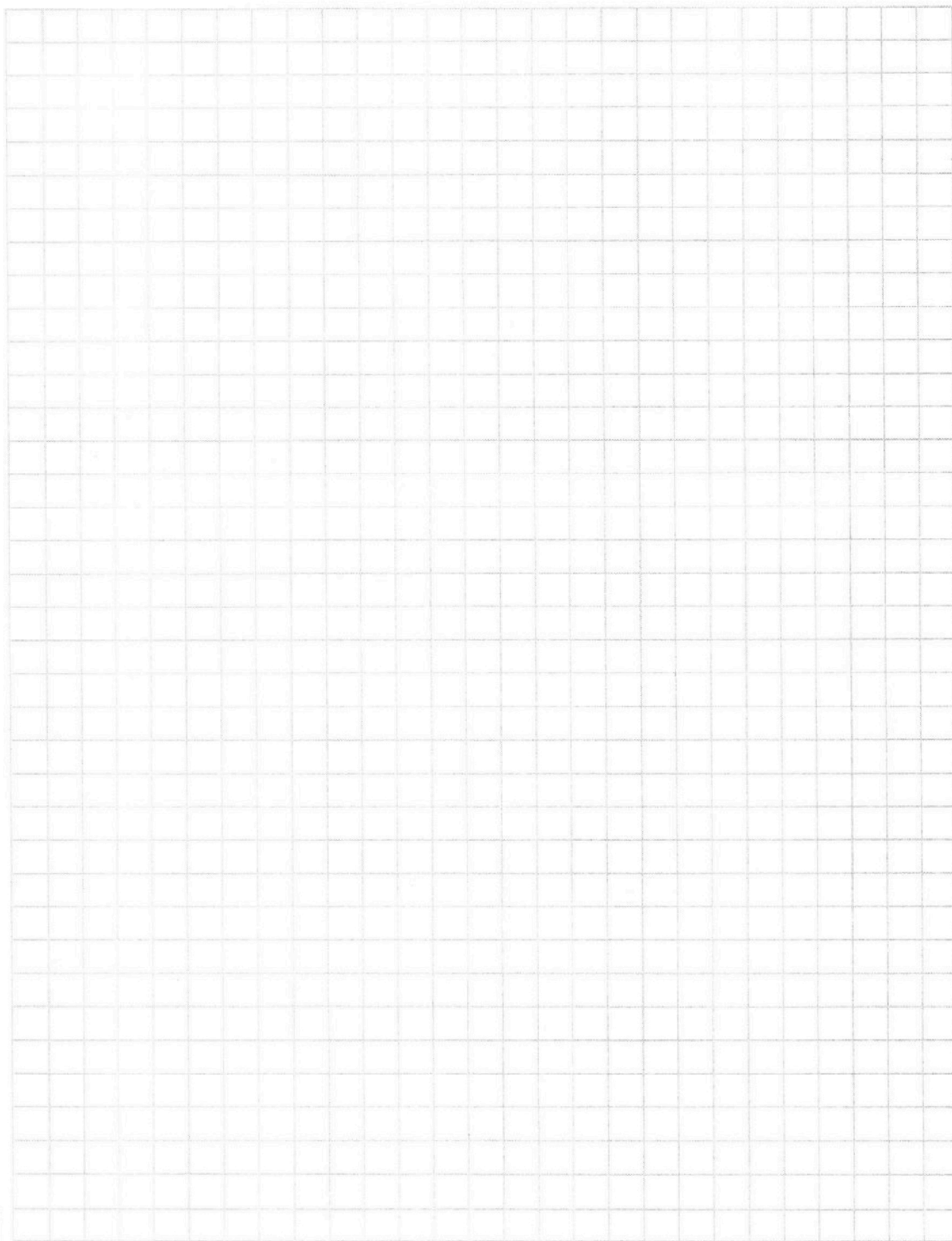


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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 inside and several lines connecting it to the circumference. Below it, the formula  $\frac{1}{2}ML^2 + \frac{ML^2}{4}$  is written, followed by  $= \frac{mR^2}{3}$ .

Top right: A diagram of a triangle with forces  $T$  and  $F$  applied. To its left, the formula  $N \sim \frac{1}{(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}$  is written, followed by  $\frac{x}{x^2 + R^2}$  and  $\frac{x}{x}$ .

Middle left: Two diagrams of ellipses with points  $\varphi_1, \varphi_2$  and  $\varphi_2, \varphi_1$  marked. To their right, the formula  $E = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}$  is written.

Middle right: Two diagrams of ellipses with points  $\varphi_1$  and  $\varphi_2$  marked. To their right, the formula  $\varphi = \frac{KqQ}{r}$  is written, followed by  $W = \frac{KqQ}{\sigma}$ .

Bottom left: A diagram of a circle with points  $x_1, x_2$  marked. Below it, a graph of a curve is shown.

Bottom middle: The formula  $\frac{Kq}{R} + \frac{\sigma}{4\epsilon_0} \Delta x$  is written, followed by  $\frac{KqQ}{R} - \frac{Q\sigma}{4\epsilon_0} \Delta x$ .

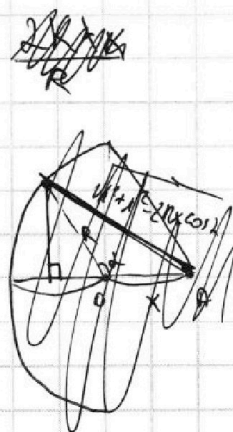
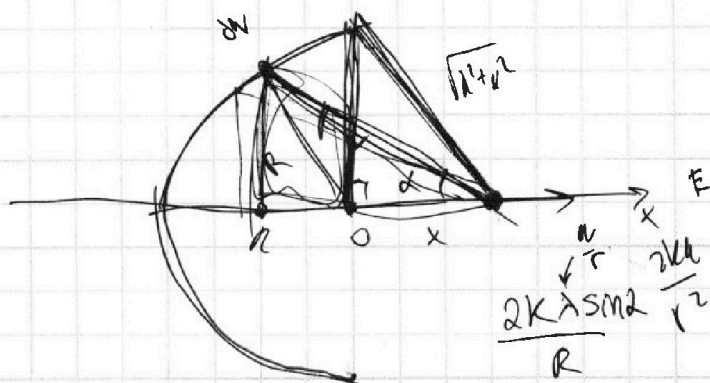


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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~~

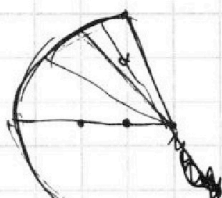
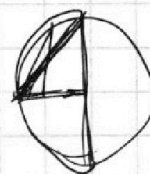
$$dW = \frac{kq \cdot dq}{(R^2 + x^2 - 2Rx \cos \alpha)}$$

$$W_2 = kqQ \cdot \int \frac{1}{R^2 + x^2 - 2Rx \cos \alpha}$$



~~Handwritten scribbles~~

~~Handwritten scribbles~~



~~Handwritten scribbles~~

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

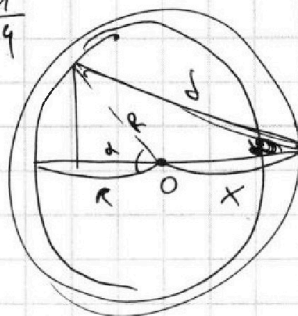
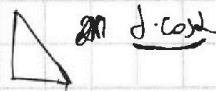
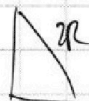
$$\cos(2\alpha) = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

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

$$\cos(60^\circ) = 1 - \sin^2 \alpha$$

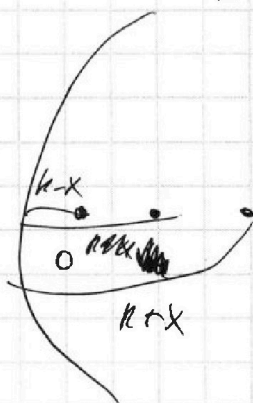
$$\cos(2 \cdot 30^\circ) = 1 - \frac{1}{4}$$

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



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

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







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  $x = V_0 \cos \alpha t$ ,  $y = V_0 \sin \alpha t$ ,  $z = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$ ,  $L = \frac{V_0 \sin(2\alpha)}{g}$ . A diagram shows a cone with a height of 536.
- Bottom Center:** Equations  $\frac{2kxx}{R} = E$ ,  $\frac{kq}{r^2}$ . A diagram shows a triangle with vertices labeled  $q$ ,  $q$ , and  $q$ .
- Bottom Right:** Equations  $\frac{mv^2}{2} = \frac{m \cdot c^2}{c \cdot h}$ ,  $4^2, 4^2, 4^2$ . A diagram shows a sphere with a radius of 10000 and a vertical distance 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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

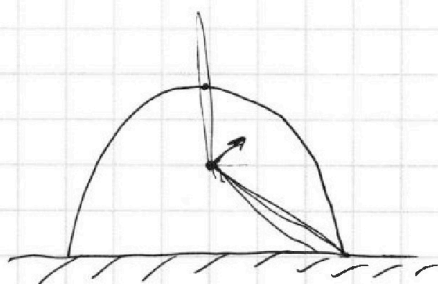
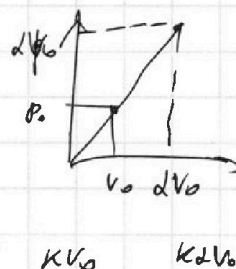
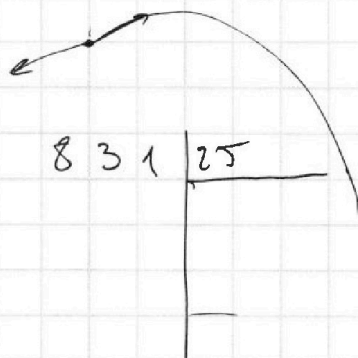
$$\begin{array}{r} 1 \\ 14 \\ \times 14 \\ \hline 56 \\ 14 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 196 \overline{) 2} \\ \underline{18} \phantom{0} \\ 16 \phantom{0} \end{array}$$

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

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

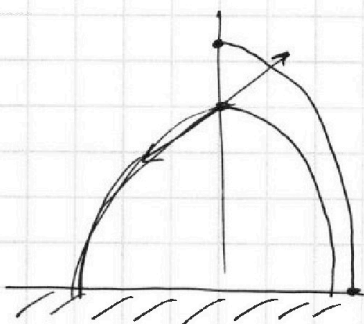
$$\begin{array}{r} 2 \\ 1 \\ \times 831 \\ \hline 1196 \\ 4986 \\ 7479 \\ \hline 79776 \end{array}$$



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

$$\begin{array}{r} 3 \\ 16 \\ \times 16 \\ \hline 96 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 150 \overline{) 6} \\ \underline{12} \phantom{0} \\ 30 \phantom{0} \end{array}$$



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

