



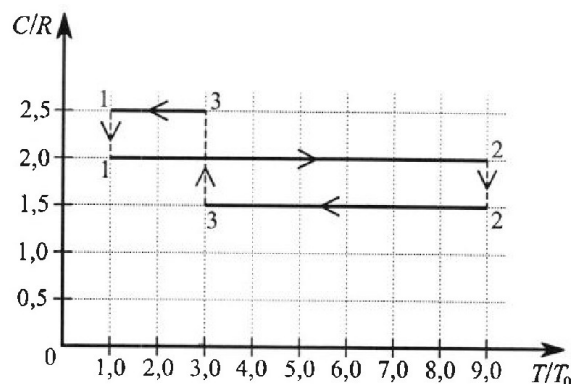
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 300 \text{ К}$.



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

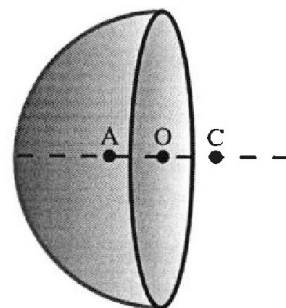
2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 150 \text{ кг}$ 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_O .



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.



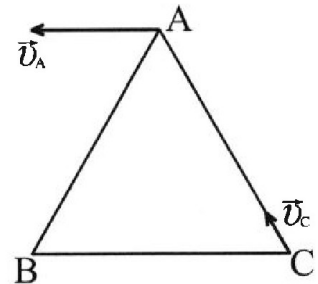
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

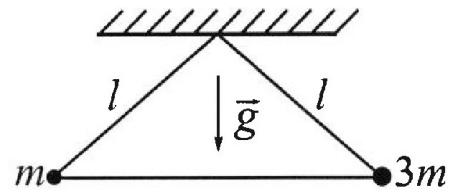
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 8$ м фейерверк находился через $\tau = 0,8$ с после начала полета.

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!

Найдем где находится моментальный центр вращения.

Он находится на пересечении $\perp$ к скорости - точка K; O - ц.м. на пересеч. медиан.

$$\text{Тогда } PK = \frac{CK}{2} = \frac{AK}{4}$$

$$AK = AK - PK = \frac{3}{4} AK$$

$$OK = \frac{1}{3} AK = \frac{1}{4} AK = PK$$

Значит: $V_C = \frac{V_A \cdot AK}{CK} = \frac{V_A \cdot AK}{\frac{1}{2} AK} = 2V_A = 0.6 \frac{m}{c}$

$$V_{ц.м.} = \frac{V_A \cdot AK}{OK} = \frac{V_A \cdot AK}{\frac{1}{4} AK} = 4V_A = 1.2 \frac{m}{c}$$

$$V_C = \frac{V_A}{2} = \boxed{0.2 \frac{m}{c}}$$

Переведем в С.О. ц.м.:

$$V_{вр} = V_A - V_{ц.м.} = \frac{V_A}{2} - \text{скорость вращения точек вокруг O}$$

$$\text{Радиус окружности вращения } AO = \frac{AK}{2} = \frac{a}{2 \cdot \cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}a}{3}$$

$$\text{Время 1го оборота: } T = \frac{2\pi AO}{V_{вр}} = \frac{2\pi \cdot \frac{\sqrt{3}a}{3} \cdot 2}{3V_A} = \frac{4\sqrt{3}\pi a}{3V_A}$$

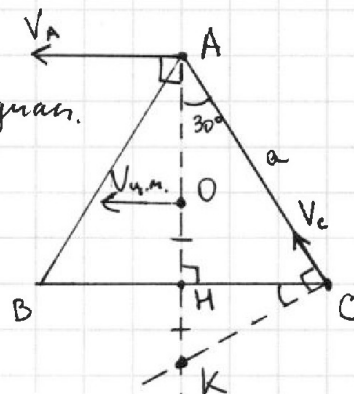
$$\text{Тогда } t = 3T = 4\sqrt{3}\pi \frac{a}{V_A} = \boxed{2\sqrt{3}\pi c}$$

По 2 з. Ньютона: a_y - центрострем. уик.

$$R = ma_y = m \frac{V_{вр}^2}{OB} = m \frac{\frac{V_A^2}{4}}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{mV_A^2}{a} =$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{0.4^2}{0.2^2} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \text{ Н} = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } V_C = 0.2 \frac{m}{c}; t = 2\sqrt{3}\pi c; R = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}.$$





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 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!

$$1. \quad h = vt - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow V = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} \quad \text{— скорость в начальный момент}$$

$$V = \frac{8 \text{ м}}{0.8 \text{ с}} + \frac{10 \cdot 0.8}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Тогда } H = \cancel{\frac{V^2}{2g}} = \frac{14^2}{2 \cdot 10} \text{ м} = \underline{9.8 \text{ м}}$$

2. Т.к. осколки одинаковой массы, а изначально перед взрывом скорости не было, то скорости 2го тела V_0 и 1го противоположны. Значит траектория двух осколков образуют параболу, со скоростью V_0 на высоте H . Значит скорость осколка на земле:

$$V_3^2 = V_0^2 + 2gH \Rightarrow V_3 = \sqrt{V_0^2 + 2gH}$$

Чтобы расстояние было максимально, нужно направить V_3 под 45° к горизонту, и также проверить что $H_{\max}$ в этом случае $> H$.

$$H_{\max} = \frac{(V_3 \sin 45^\circ)^2}{2g} = \frac{(V_0^2 + 2gH) \cdot \frac{1}{2}}{2g} = \frac{V_0^2}{4g} + \frac{H}{2} >$$

$$> \frac{V^2}{4g} + \frac{H}{2} = H \Rightarrow H_{\max} > H. \quad \text{Тогда:}$$

$$L_{\max} = \frac{V_3^2 \sin(2 \cdot 45^\circ)}{g} = \frac{V_0^2 + 2gH}{g} = \frac{V_0^2}{g} + 2H =$$
$$= 40 \text{ м} + 19.6 \text{ м} = 59.6 \text{ м}$$

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!

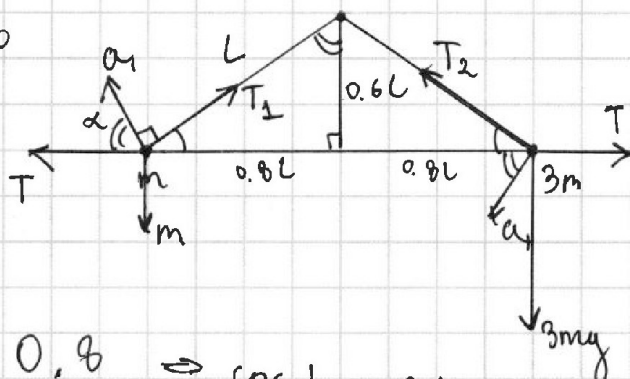
1. В начальный момент скорости нет а значит нет центростремительной составляющей в ускорении, а значит вся ускорение направлено $\perp$ нити. При этом ускорение у шаров одинаково, т.к. изначальная конфигурация симметрична.

По т. Пифагора высота в треугольнике:

$$\sqrt{L^2 - (0.8L)^2} = 0.6L$$

А значит $\sin \alpha = \frac{0.8L}{L} = 0.8 \Rightarrow \cos \alpha = 0.6$

Запишем 2й 3. Ньютона:



$$\begin{cases} T - T_1 \sin \alpha = ma_1 \cos \alpha \\ T_1 \cos \alpha - mg = ma_1 \sin \alpha \end{cases} \quad \text{— для груза } m$$

$$\begin{cases} T_2 \sin \alpha - T = 3ma_1 \cos \alpha = 3T - 3T_1 \sin \alpha \\ 3mg - T_2 \cos \alpha = 3ma_1 \sin \alpha = 3T_1 \cos \alpha - 3mg \end{cases} \quad \text{— для } 3m \text{ гр.}$$

$$6mg = (3T_1 + T_2) \cos \alpha \Rightarrow 3T_1 + T_2 = \frac{6mg}{\cos \alpha} = 10mg$$

$$4T = (3T_1 + T_2) \sin \alpha = 8mg \Rightarrow \boxed{T = 2mg}$$

$$\cancel{T_1 \sin \alpha} \quad T_1 \cdot 0.6 - mg = ma_1 \cdot 0.8$$

$$T_1 = m \left(\frac{g + 0.8a_1}{0.6} \right)$$



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 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!

$$T - m \left(\frac{g + 0.8a_1}{0.6} \right) 0.8 = ma_1 \cdot 0.6$$

$$2mg - \frac{mg \cdot 0.8}{0.6} = ma_1 \left(0.6 + \frac{0.8^2}{0.6} \right)$$

$$g \left(2 - \frac{0.8}{0.6} \right) = a_1 \left(0.6 + \frac{0.8^2}{0.6} \right)$$

$$a_1 = g \frac{\left(2 - \frac{4}{3} \right) \cdot \frac{3}{5}}{0.6^2 + 0.8^2} = g \frac{\frac{2}{5}}{\frac{9}{25} + \frac{16}{25}} = \frac{2}{5}g = 0.4 \frac{m}{c^2}$$

Ответ: $\sin \alpha = 0.8$; $a_1 = 0.4 \frac{m}{c^2}$; $T = 2mg = 2H$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

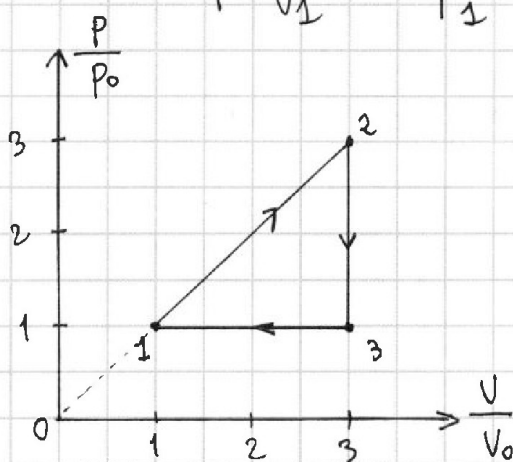
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1. 2-3: $Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A = 1.5 R \nu \Delta T \Rightarrow A = 0 \Rightarrow$
 $\Delta V = 0$ - изохорный процесс $\Rightarrow V_2 = V_3$

3-1: $Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A = 2.5 R \nu \Delta T \Rightarrow A = \nu R \Delta T$
 $\Rightarrow$ изобарный процесс $\Rightarrow p_3 = p_1$

Т.к. $pV = \nu RT$, то $\frac{p_2 \cdot V_2}{p_3 \cdot V_3} = \frac{T_2}{T_3} = 3 \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = 3$

Также $\frac{p_3 \cdot V_3}{p_1 \cdot V_1} = \frac{T_3}{T_1} = 3 \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = 3$



$$V_3 = 3V_1 = 3V_0$$

$$p_3 = p_1 = p_0$$

$$V_2 = V_3 = 3V_0$$

$$p_2 = 3p_3 = 3p_0$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 96 \\ \hline 4986 \\ + 4449 \\ \hline 49446 \end{array}$$

В проц. 1-2: $Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + A = 2 R \nu \Delta T \Rightarrow A = \frac{1}{2} \nu R \Delta T =$
 $= \frac{1}{2} \nu R (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 4 p_0 V_0$. Как раз в линейном
 процессе получается такая работа, то есть $p = p_0 \frac{V}{V_0}$,

~~$Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$~~ В линейном процессе $C = 2R$.

2. Теплота Q_1 подводимая на процессе 1-2 и равна:

$$Q_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R (9T_0 - T_0) = 2 \cdot 2 \text{ моль} \cdot 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} \cdot 8 = 9600 \cdot 8.31 \text{ Дж} = 79776 \text{ Дж} \approx 80 \text{ кДж}$$



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!

$$3. \text{ За один цикл } A = \frac{2p_0 \cdot 2V_0}{2} = 2p_0 V_0 = 2\nu RT_0 =$$
$$= 2 \cdot 2 \text{ мм} \cdot 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = 1200 \cdot 8.31 \text{ Дж} = 9942 \text{ Дж}$$

В полезную работу идет $\frac{1}{2} A$. Тогда за 10 циклов:

$$MgH = \frac{NA}{2}$$

$$H = \frac{NA}{2Mg} = \frac{N\nu RT_0}{Mg} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 8.31 \cdot 300}{150 \cdot 10} \text{ м} =$$

$$= 4 \cdot 8.31 \text{ м} = \underline{33.24 \text{ м}}$$

Ответ: график на стр. 1; $Q_1 = 49446 \text{ Дж}$; $H = 33.24 \text{ м}$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 12 \\ \hline 1662 \\ + 831 \\ \hline 9942 \end{array}$$



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!

Найдем кинетическую энергию поле в т. О.

$$E = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{K dQ}{R^2} \cos \varphi = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{K d\varphi Q}{\pi R^2} \cos \varphi = \frac{K Q}{\pi R^2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos \varphi d\varphi =$$

$$= \frac{K Q}{\pi R^2} \left(\sin\left(\frac{\pi}{2}\right) - \sin(0) \right) = \frac{K Q}{\pi R^2} \Rightarrow R_{эф} = \sqrt{\pi} R -$$

Значит полная энергия тела: расположение точечного заряда в центре поля сферы.

$$E_0 = E_{кин} + E_{пот} = \frac{m V_0^2}{2} + \frac{K Q q}{\sqrt{\pi} R}$$

на большом расстоянии $E_{пот} = 0$.

Тогда: $\frac{m V^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} + \frac{K Q q}{\sqrt{\pi} R} \Rightarrow$

$$V = \sqrt{V_0^2 + \frac{2 K Q q}{\sqrt{\pi} R m}} - \text{скорость на большом расстоянии}$$

В точке А $E_{кин} = 0$, тогда: $r = A O$

$$\frac{K Q q}{\sqrt{\pi} R - r} = \frac{m V_0^2}{2} + \frac{K Q q}{\sqrt{\pi} R} = \frac{m V_0^2 \sqrt{\pi} R + 2 K Q q}{2 \sqrt{\pi} R}$$

$$r = \cancel{\sqrt{\pi} R} - \frac{2 K Q q \sqrt{\pi} R}{m V_0^2 \sqrt{\pi} R + 2 K Q q} =$$

$$= \sqrt{\pi} R \left(1 - \frac{2 K Q q \sqrt{\pi} R}{m V_0^2 \sqrt{\pi} R + 2 K Q q} \right)$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

Теперь:

$$\frac{mV_c^2}{2} + \frac{kQq}{\sqrt{\pi}R+r} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{kQq}{\sqrt{\pi}R}$$

$$V_c = \sqrt{V_0^2 + \frac{2kQq}{m} \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}R} - \frac{1}{\sqrt{\pi}R+r} \right)} =$$

$$= \sqrt{V_0^2 + \frac{2kQq}{\sqrt{\pi}mR} \left(1 - \frac{1}{2 - \frac{2kQq\sqrt{\pi}R}{mV_0^2\sqrt{\pi}R + 2kQq}} \right)} = V_c$$

□



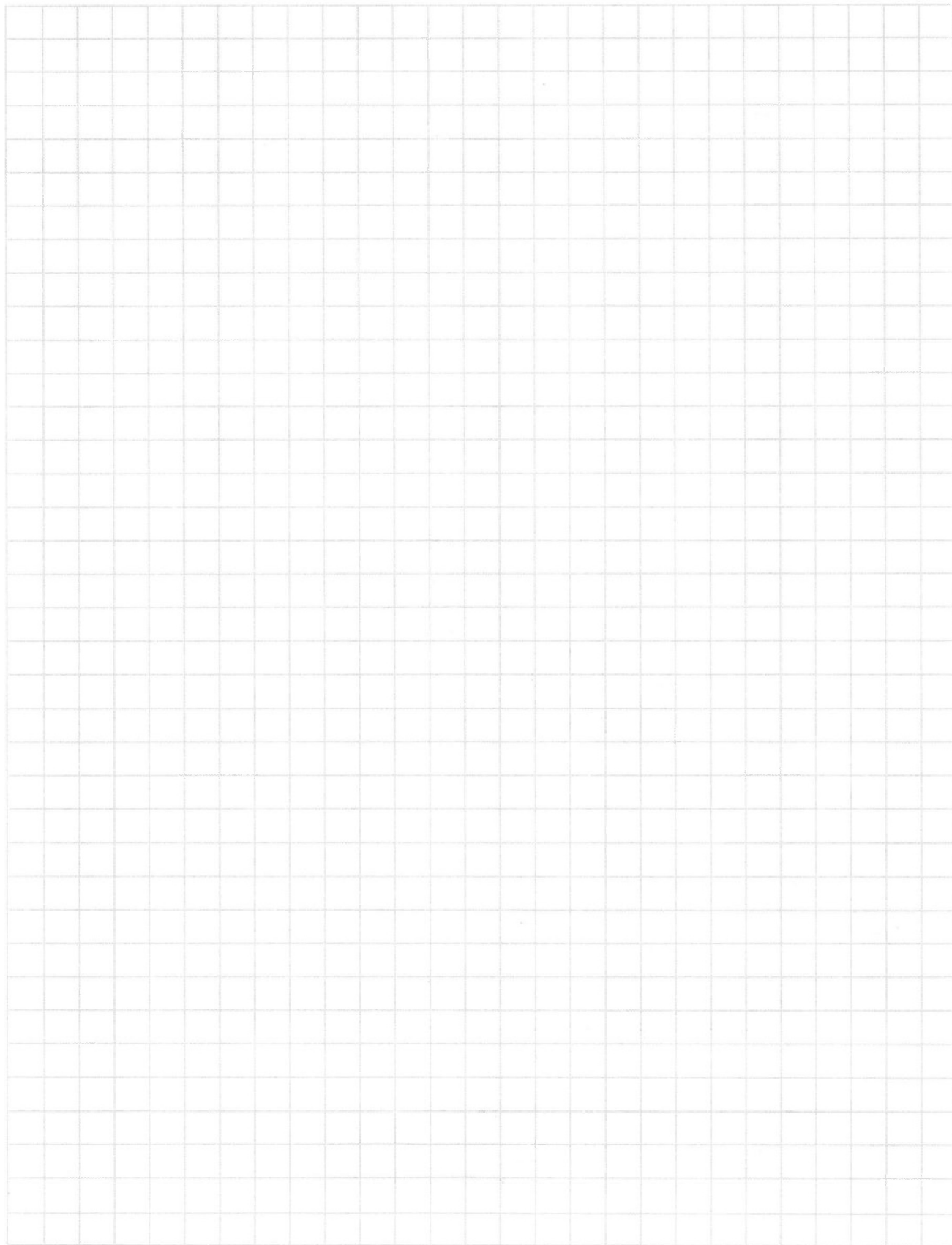
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

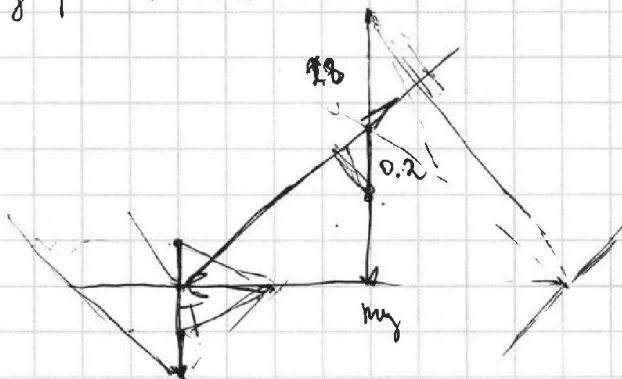
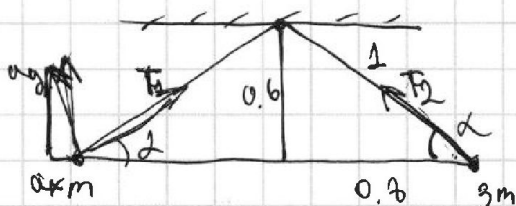
СТРАНИЦА
 _ ИЗ _

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!

$$E_{кин} + E_n = E_0$$

Черновик

Пусть эффективный заряд расположен на



$$F_y = m_y$$

$$m_y \approx 2m_y + m_y$$

$$3m_y - 2m_y - m_y$$

$$\cos 2(3T_1 + T_2) = 4T$$

$$T_2 \cos \alpha - T_1 \cos \alpha = \max$$

$$T_2 \cos \alpha = T_2 \cos \alpha - T = 3\max = 3T - 3T_1 \cos \alpha$$

$$T_1 \sin \alpha - m_y = m_{ay}$$

$$3T_{ay} - T_2 \sin \alpha = 3m_{ay} = 3T_1 \sin \alpha - 3m_y$$

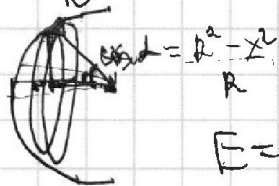
$$6m_y = 3T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \alpha$$

$$3T_2 + T_2 = \frac{6m_y}{\sin \alpha} = 10m_y$$

$$4T = 8m_y \Rightarrow T = 2m_y$$

$$K \frac{dq}{\pi R^2} \cdot \cos \varphi$$

$$\frac{Q dx}{R} T_2 \cos \alpha - T + 3T_1 \cos \alpha - 3T =$$



$$E = \frac{kQ}{\pi R^2}$$

$$E = \frac{kQ}{\pi R^2} \int_0^{\pi/2} \cos \varphi d\varphi$$

$$E = \left(\frac{kQ}{\pi R^2} \right) \sin \left(\frac{\pi}{2} \right) - \sin 0$$