



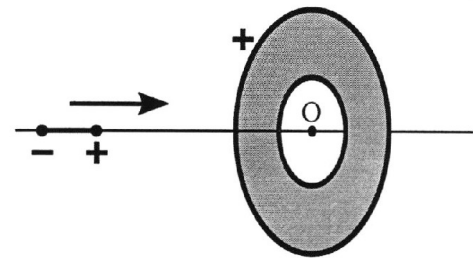
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

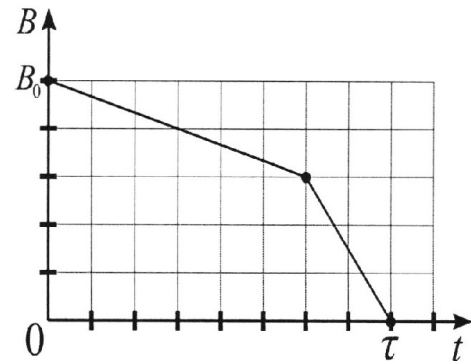
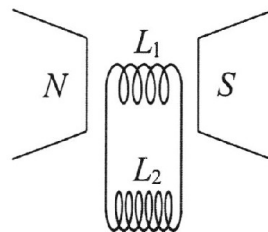


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Заряды диполя уменьшают по модулю в 3 раза и сообщают диполью начальную скорость V_0 .



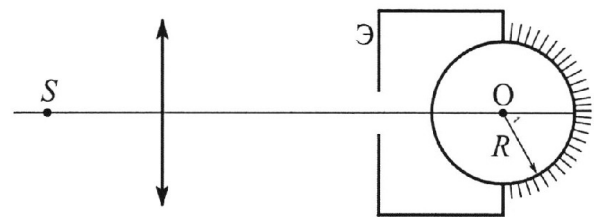
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 8L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 3R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



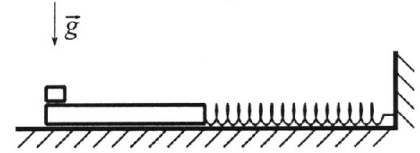
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 4$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

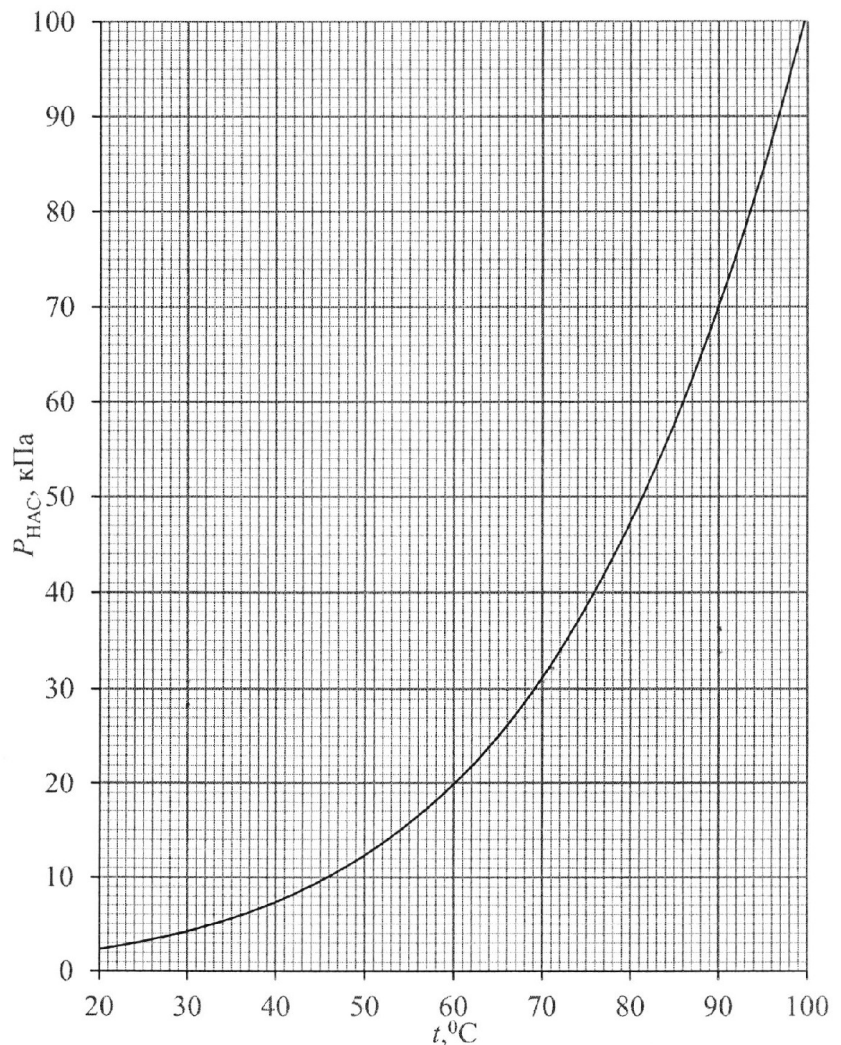


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность φ в конце нагревания.

Объёмом жидкостей по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





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



СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!

Дано:

$$M = 4 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$\mu = 0,4$$

$$K = 700 \text{ Н/м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$n = 3$$

Решение:

$$a_1 = a_2$$

$$m a_1 = F_{\text{тр}}$$

$$M a_2 = K \Delta x - F_{\text{тр}}$$

В данной ситуации сила трения будет ускорять брусок и замедлять доску.

$$a_1 = \frac{F_{\text{тр}}}{m}$$

$$M \frac{F_{\text{тр}}}{m} = K \Delta x - F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = m \nu$$

$$\nu = m g$$

$$F_{\text{тр}} = m m g$$

$$\left(\frac{M}{m} + 1 \right) m m g = K \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{\left(\frac{M}{m} + 1 \right) m m g}{K} = \frac{5 \cdot 0,4 \cdot 700}{1000} = 0,2 \text{ м}$$

В данной задаче требуется найти расстояние между бруском и доской к моменту, когда они встретятся.

$$\Delta x = 0,2 \text{ м}$$



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

7 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!

Дано: κ_{const}

$t_0 = 27^\circ\text{C}$

$t = 100^\circ\text{C}$

$M_{\text{H}_2\text{O}} = 7 M_{\text{H}_2}$

$\gamma = \frac{M_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}$

$2 \cdot 10^{-4} \text{ ?}$

3) 4-7

решение: Условно пар идеальный газ, состоящий из M молекул в равновесии. Тогда даем, что все газ в процессе нагревания расширяется в пар.

Значит $M_{\text{H}_2} = M_{\text{H}_2\text{O}} = (7+7) M_{\text{H}_2\text{O}}$

тогда $\frac{M_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{8 M_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = 8$

Условно газ идеальный, когда $\kappa = \text{const}$ и не меняется. Тогда найдем, при каком давлении газ будет газом. Будем считать идеальным газом. Тогда у идеального газа найдем t^* . И.К. пар некое вещество идеальное газом, зависимость не упр-е: $P_0 = \frac{M}{V} RT \Rightarrow P_0 = \frac{P_0}{M} RT$

при $\frac{M_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = 8$ найдем $P_0 = \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{V} \cdot \frac{M_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow P_0 = \frac{P_H}{M} RT_H$

и.К. относительная влажность в какой-то момент и в момент, когда все газ идеален, будем считать $\varphi = 100\%$.

Найдем P_0 из формулы $P_0 = 3.5 \cdot 10^3 \text{ Па}$
 $T_H = t^* + 273$
 $T = 27 + 273 = 300\text{K}$
 $\frac{P_H}{T_H} = \frac{8 P_0}{M} \cdot \frac{M}{R T} \Rightarrow \frac{P_H}{T_H} = \frac{8 P_0}{R T}$
 $\frac{P_H}{T_H} = \frac{8 P_0}{R T} \Rightarrow \frac{P_H}{T_H} = \frac{8 P_0}{R T}$

На графике $\frac{P_H}{T_H}$ - константа для идеального газа.
 $\frac{P_H}{T_H} = \frac{8 P_0}{R T} = \frac{280}{3} \Rightarrow P_H = \frac{280}{3} T_H = \frac{280}{3} t^* + \frac{280}{3} \cdot 273 = \frac{280}{3} t^* + 2548$
 $P_H = \frac{280}{3} t^* + 2548$ из этого соотношения найдем на графике константу между $P_H \approx 34 \cdot 10^3 \text{ Па}$ при $t^* = 72^\circ\text{C}$
 $\varphi = \frac{P_H}{P_{\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow \varphi = \frac{P_H}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$



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!

при $V = \text{const}$

$$P_K = \frac{P_H}{n} R T_K$$

$$P_H = \frac{P_H}{n} R T_H$$

$$P_K = P_H \frac{T_K}{T_H}$$

$$\eta = \frac{P_H T_K}{T_H P_H}$$

$$T_K = 90 + 273 = 363 \text{ K}$$

$$T_H = 72 + 273 = 345 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{363 \cdot 10^{-3} \cdot 77}{345 \cdot 70 \cdot 10^{-3}} = \frac{77 \cdot 11 \cdot 11}{35 \cdot 715} = \frac{2057}{4025} \approx 51,4\%$$

где P_H - давление из условия:

$$P_H = 70 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Ответ: 1) $\frac{W_{\text{max}}}{Q_{\text{H}}}$; 2) $T^* = 72^\circ$; 3) $\eta \approx 51,4\%$

Check con: 2) $\frac{V_{\text{avg}}}{V_{\text{max}}} = \sqrt{\frac{2}{3}}$



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!

Дано:
 $L_1 = 5L$
 $L_2 = 8L$
 S_1, B_0
 n

Решение: Учитывая что $\epsilon = \frac{L \cdot dy}{dt} = \frac{\Phi}{dt}$. Тогда $i\Phi = \Delta B \cdot S n$
 для левых обмоток $\epsilon = \Delta B S n$ выдвинул $\Rightarrow L \cdot dy = \Delta B S n$
 интегрируя, получим зависимость $L \cdot dy = \int \Delta B S n$
 $L \cdot y = S n B_0 \left| \frac{2}{5} B_0 \right.$
 $L y = -S n \frac{2}{5} B_0$
 $L y \left| \frac{2}{5} = S n B_0 \right| \frac{2}{5} B_0$
 $L y_2 - L y_1 = -S n \frac{2}{5} B_0$
 $y_2 = \frac{-S n \frac{2}{5} B_0 - S n \frac{2}{5} B_0}{L}$
 $y_2 = -\frac{S n B_0}{7.5 L}$

Задание: Сформулируйте для обеих трансформаторов (при этом $\epsilon_1 \neq \epsilon_2$, при этом $\epsilon_1 \neq \epsilon_2$ до конца вычисления.)

Решение: Так как на обеих участках изменение $\int L \cdot dy = \int S n B \cdot dy$ если мы рассмотрим линейно, то можно найти для каждого $L \cdot dy = S n B \cdot dy$ и для каждого на единицу в течение каждого периода.

Выражение процесса:
 $y_{\text{ср}} = \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{7.5 S n B_0}{L} = 7.5 \frac{S n B_0}{L}$
 $I_{\text{ср}} = \frac{y_{\text{ср}}}{L} = \frac{7.5 S n B_0}{L^2}$
 $I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{ср}} \cdot t_{\text{ср}}}{L} \quad I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{ср}} \cdot t_{\text{ср}}}{L}, \text{ где } t_{\text{ср}} = 8T; \text{ а } t_{\text{ср}} = \frac{2}{3} T$
 $I_{\text{ср}} = \frac{7.5 S n B_0}{L} \cdot \frac{2}{3} T$
 $I = \frac{12 S n B_0 T}{40 L} + \frac{44.7 S n B_0 T}{40 L} = \frac{56.7 S n B_0 T}{40 L} = \frac{1.4175 S n B_0 T}{L}$
 Ответ: $|I_2| = \frac{S n B_0}{7.5 L}; I = \frac{1.4175 S n B_0 T}{L}$



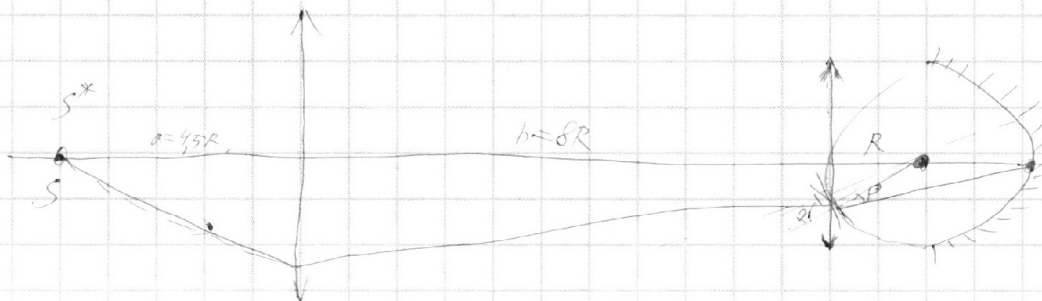
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$b = 8R$



В эту точку $S = S^*$ свет распространяется со скоростью c , а это значит, когда угол падения $= 90^\circ$, угол отражения $F = b + R$ (глубина точки)

или $d = a$ $F = b + R$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow F = \frac{a \cdot b}{a + b}$$

$$F = \frac{4.5R \cdot 8R}{4.5R + 8R} = 3R$$

$\Delta = 3R$ м.к. $2 \ll 7R$, то при этом условии

всплески света сходятся в одной точке, где будет световая точка, $F = \frac{R}{n-1}$ при свете сферической поверхности, где n — число волн, проходящих.

Будем считать, что $n = 1$, следовательно, $F = \frac{R}{n-1}$ при свете сферической поверхности, где n — число волн, проходящих. $F = \frac{R}{n-1}$ при свете сферической поверхности, где n — число волн, проходящих.

Будем считать, что $n = 1$, следовательно, $F = \frac{R}{n-1}$ при свете сферической поверхности, где n — число волн, проходящих.

$$\frac{1}{a-b-R} + \frac{n}{2R} = \frac{n+1}{R}$$

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

Ответ: $n = \frac{5}{3}$; $F = 3R$

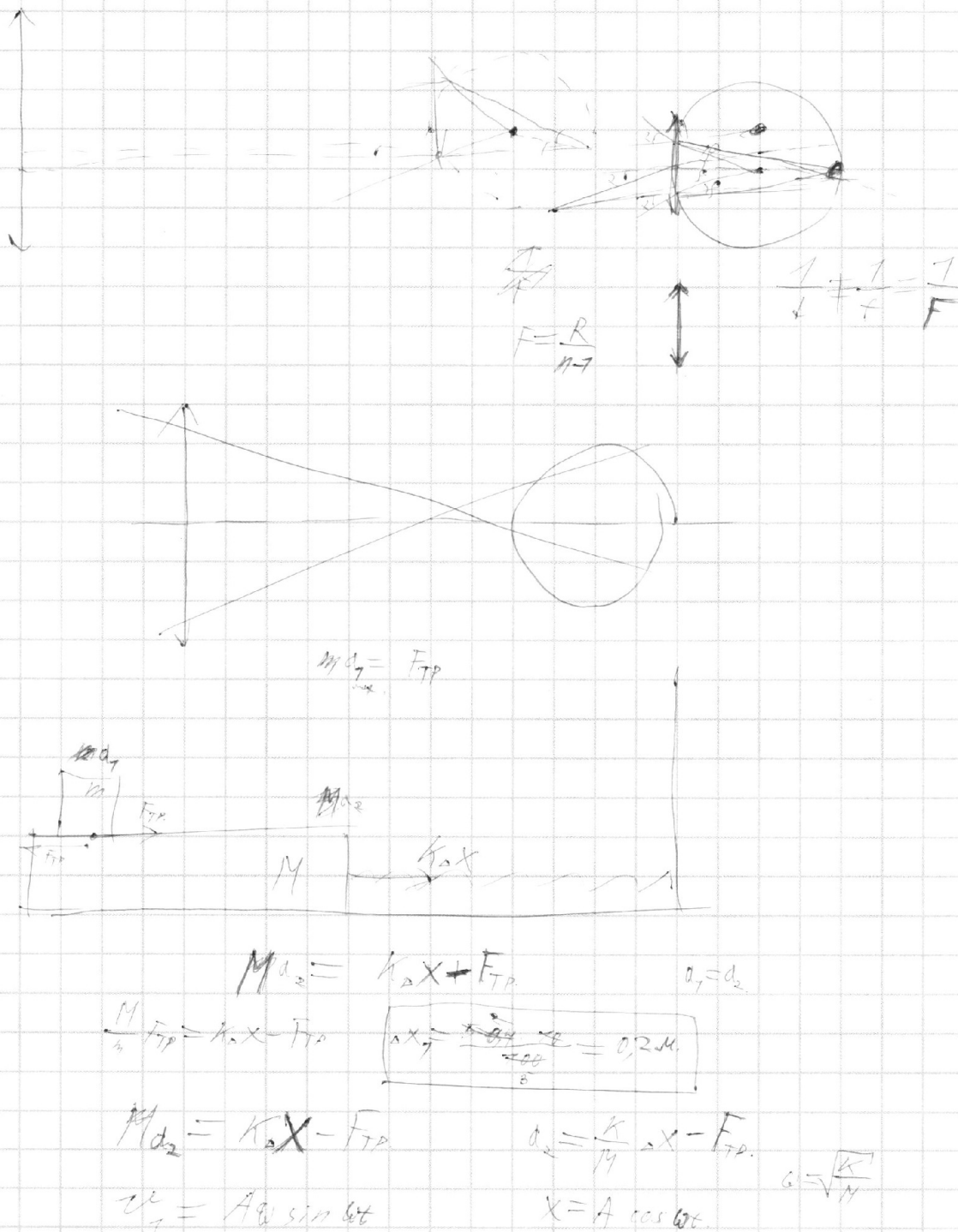


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



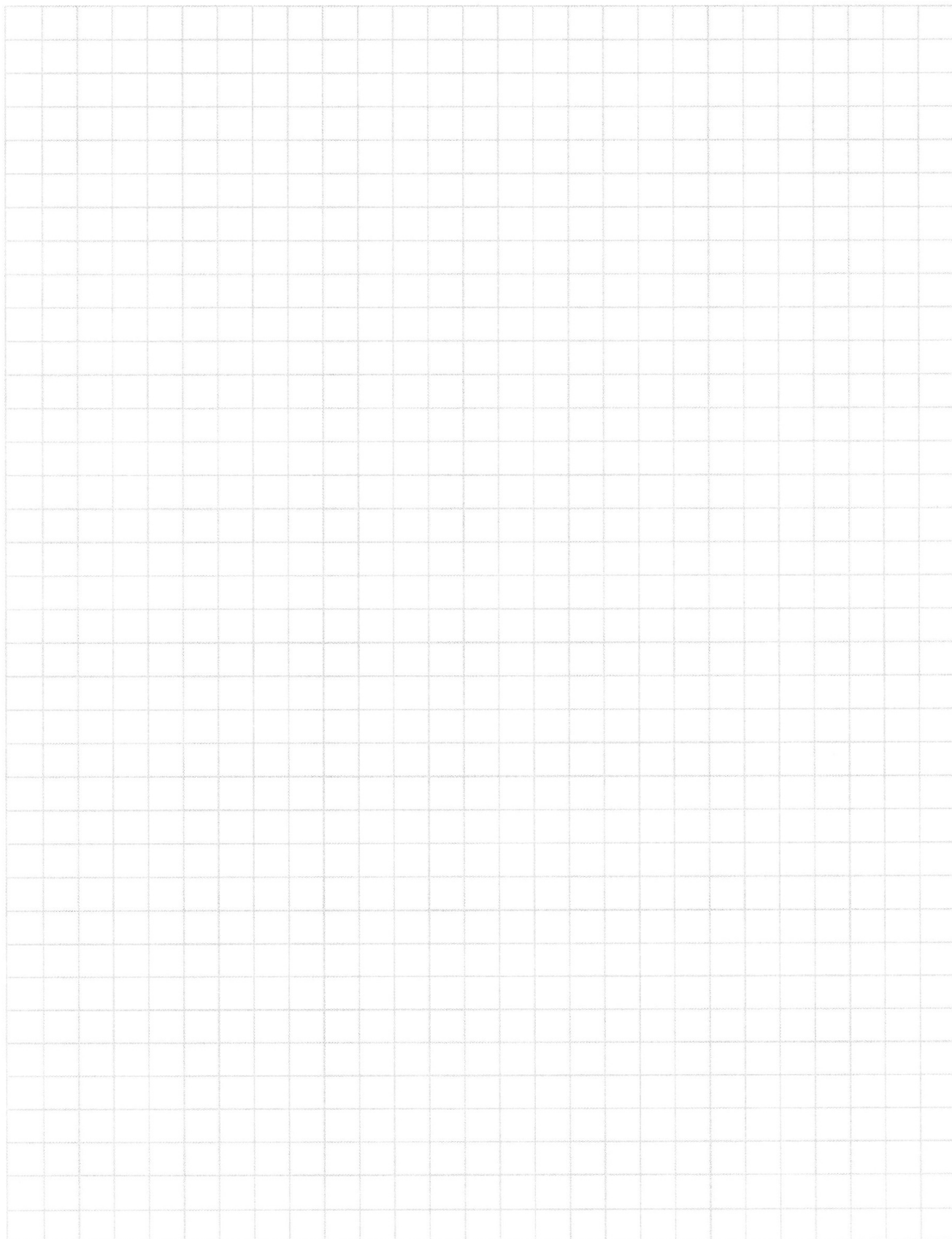


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!





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!

