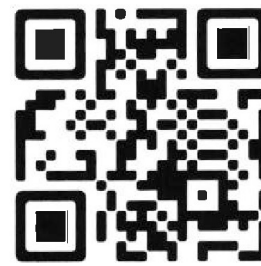




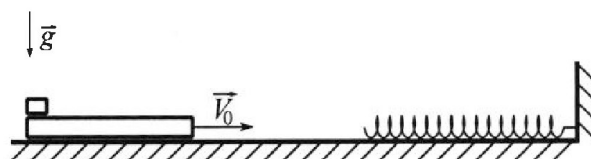
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

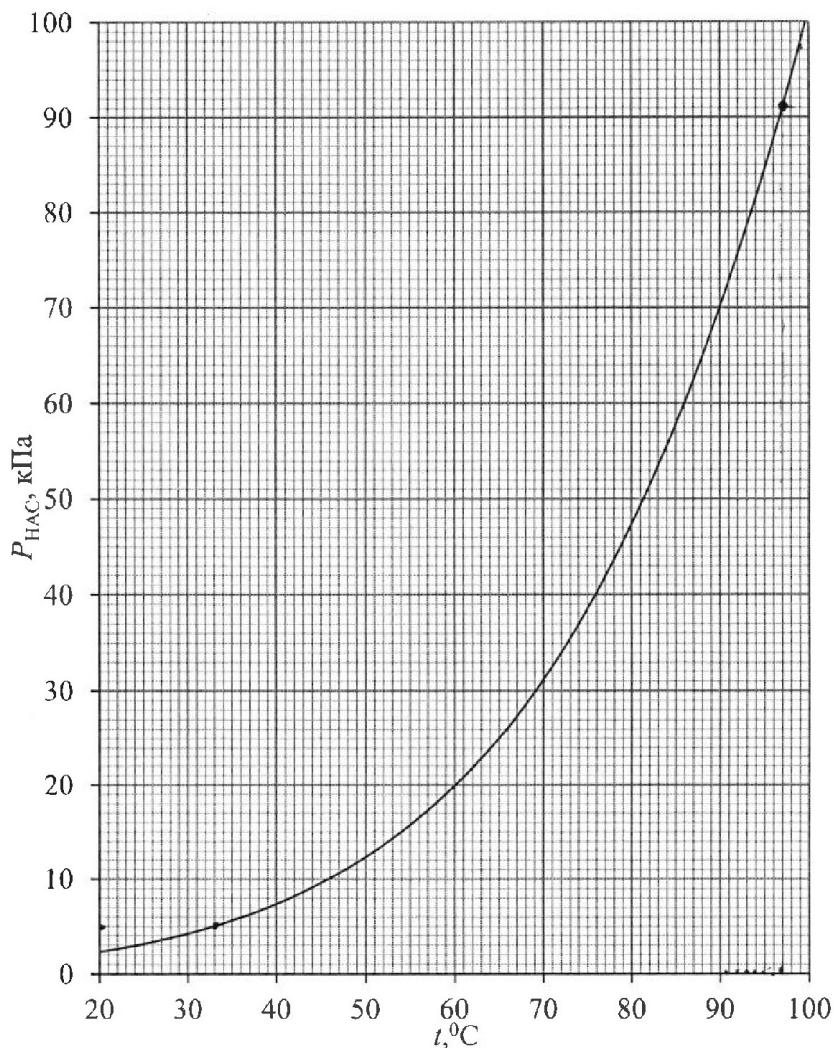


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

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





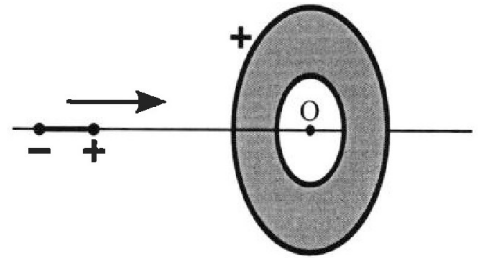
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

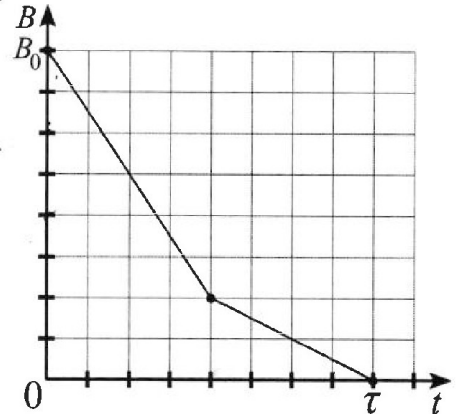
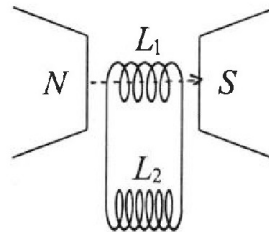


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 . Диполь сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



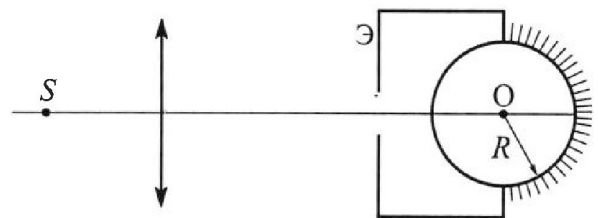
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ 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 $L_2 = 3L$ 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_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (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 $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



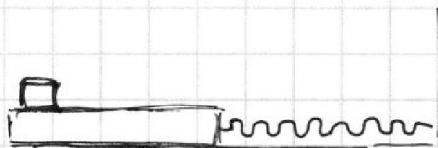
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача 1



В моменты, когда доска с бруском касается пружины, доска с бруском являются контактным (аналогично горизонтальной пружинной массе) и т.д.

→ соединяем как одна система, пока ускорение бруса = ускорению доски

1) т.к. $x \neq 0 \Rightarrow 0$ (координата) при колебаниях $x = A \sin \omega t$

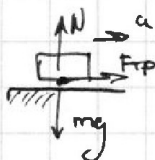
$$\sqrt{\frac{k}{M+m}} \cdot A = M \omega$$

$$V = A \omega \cos \omega t$$

$$V_0 \Rightarrow V_0 = A \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}} \Rightarrow A = V_0 \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$a = A \omega^2 \sin \omega t$$

ИЗН на брусок



$$F_{\text{тр}} = ma$$

μmg (т.к. брусок скользит)

$$\Rightarrow \mu mg = m \cdot |A \omega^2 \sin \omega t|$$

$$\mu g = V_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}} \cdot \sin \omega t \Rightarrow \sin \omega t = \frac{\mu g}{V_0} \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}} \Rightarrow x = A \cdot \sin \omega t = V_0 \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \frac{\mu g}{V_0} \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$\Rightarrow x = \mu g \cdot \frac{(M+m)}{k} = 0,5 \cdot 10 \cdot \frac{(3+1)}{36} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м}$$

Order: 0,25 м

или

$$2) \sin \omega t = \frac{\mu g}{V_0} \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 10}{1} \cdot \sqrt{\frac{2+1}{36}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{3}{36}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sin \omega t = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{3}$$

$$t = \frac{\pi}{3} \cdot \omega = \frac{\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \frac{3}{3} \cdot \sqrt{\frac{36}{2+1}} =$$

$$= 2 \sqrt{\frac{3}{1}} \cdot \frac{\pi}{2} \text{ Order: } 2\sqrt{3} \text{ с}$$

3) Т.к. доска пружина соединены, что брусок скатится не успев → все еще одна система колеблется $\Rightarrow a = -A \omega^2 \sin \omega t = -A \omega^2 = -V_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}} \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}}$

$$= -V_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}} = -1 \cdot \sqrt{\frac{36}{2+1}} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3} \text{ м/с}^2$$

Order: $2\sqrt{3} \text{ м/с}^2$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ 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!

Задача 2

$$1) \varphi_0 = \frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{и.п.}}(t)} \Rightarrow P_{\text{пара}} = \varphi_0 \cdot P_{\text{и.п.}}(t) = \frac{1}{3} \cdot 91 = 30,33 \text{ кПа}$$

Ответ: 30,33 кПа

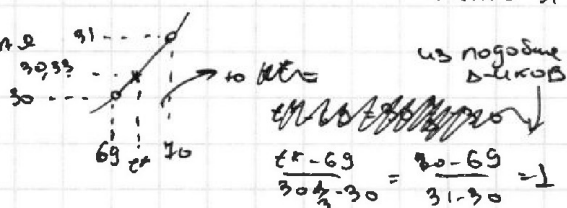
из графика $\rightarrow P_{\text{и.п.}}(97^\circ\text{C}) = 91 \text{ кПа}$

2) конденсация пара начнется при t^* таком, что $P_{\text{пара}} = P_{\text{и.п.}}(t^*)$

из графика видно видно, что при $t^* = 69^\circ\text{C}$ $P_{\text{и.п.}} = 30 \text{ кПа}$, а при $t^* = 70^\circ\text{C}$

$P_{\text{и.п.}} = 31 \text{ кПа}$

т.к. на малом отрезке график — это прямая

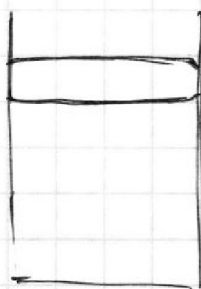


$$\frac{t^* - 69}{30.33 - 30} = \frac{70 - 69}{31 - 30} \Rightarrow 1$$

$$\Rightarrow t^* = \frac{1}{3} + 69 = 69\frac{1}{3}^\circ\text{C}$$

Ответ: $69\frac{1}{3}^\circ\text{C}$

8)



т.к. поршень с обр. стороны открыт в атмосферу

$P = \text{const} = P_0$

В сосуде два отдельных газа

пар

воздух

в начале:

в начале

$P_1 = 30,33 \text{ кПа}$

$$P_0 = P_0 - P_1 = \frac{\partial R T_1}{V_0} - \text{уши М-К}$$

парциальное давление

пара

в конце

в конце:

$$P_0 = P_0 - P_2 = \frac{\partial R T_2}{V}$$

$P_2 = 5 \text{ кПа}$
(из графика)

$$\Rightarrow V_0 = \frac{\partial R T_1}{P_0 - P_1}$$

$$V = \frac{\partial R T_2}{P_0 - P_2}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{\partial R T_2}{P_0 - P_2} \cdot \frac{P_0 - P_1}{\partial R T_1} = \frac{T_2 (P_0 - P_1)}{T_1 (P_0 - P_2)} = \frac{306 \text{ К} \cdot (30.33 - 3)}{340 \text{ К} \cdot (30.33 - 5)} = \frac{2856}{4625}$$

т.к. парциальное
конденсирование
 $\Rightarrow$ со временем
будет насыщенным



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.

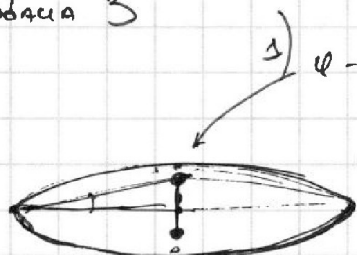
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

Задача 3



1) φ - потенциал на оси
окружности

$\Rightarrow \varphi$ все равно окр. в этой точке

$$\Delta\varphi = k \frac{\Delta q}{\sqrt{R^2 + \frac{z^2}{2}}}$$

4 min $V \Rightarrow$ при повороте к грузу?

ЗСО:

$$\left(0 - \frac{mV^2}{2}\right) + (E_{n2} - E_{n1}) = 0$$

при $V = \left(\frac{3}{2}U\right)$

ЗСО:

~~$$\frac{mV^2}{2} + (E_{n2} - E_{n1}) = 0$$~~

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{m\left(\frac{3}{2}U\right)^2}{2} + (E_{n2} - E_{n1}) = 0$$

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{9}{8}mU^2 + \frac{mU^2}{2} = 0$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{5}{8}mU^2 \quad | \cdot 2/m \Rightarrow V^2 = \frac{5}{4}U^2$$

$$\Rightarrow V = \frac{\sqrt{5}}{2}U$$

Ответ: $\frac{\sqrt{5}}{2}U$

3) $V_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{5}}{2}U$ - ~~максимум~~ min т.к. в данный момент диск разогрет сильнее

$\Rightarrow$ на 2-м $V_{\text{макс}} = \frac{3}{2}U$

$$\Rightarrow \frac{3}{2}U / \frac{\sqrt{5}}{2}U = \frac{3}{\sqrt{5}} \Rightarrow \frac{3\sqrt{5}}{5}$$

Ответ: $\frac{3\sqrt{5}}{5}$



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.

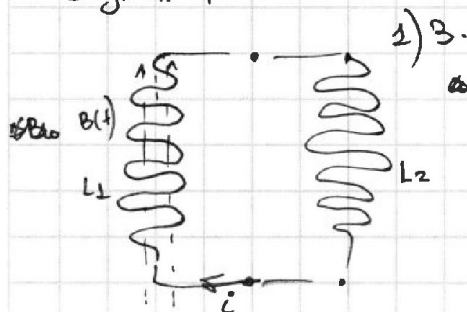
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
__ 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!

Задача 4



1) В-н Ома & В-н ЭМ-Индукции:

$$\mathcal{E}_{\text{ind}} + \mathcal{E}_{\text{em1}} = \mathcal{E}_{\text{em2}} = 0$$

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0 \quad | \cdot \Delta t$$

$$\Delta \Phi = (L - gL) \Delta I \quad | \int \text{по всем } \Delta$$

такое поле, чтобы компенсировать

$$n S_1 (B_k - B_u) = -2L \cdot (I_k - I_u)$$

изменение магнитного потока

$$-B \cdot n \cdot S_1 = -2L \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 n S_1}{2L}$$

2) $\Delta \Phi = (L - gL) \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t}$

~~$$B_0 S_1 n \cdot \Delta B = 2L \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t \Rightarrow S_1 n \Delta B \cdot \Delta t = 2L \cdot \Delta q$$~~

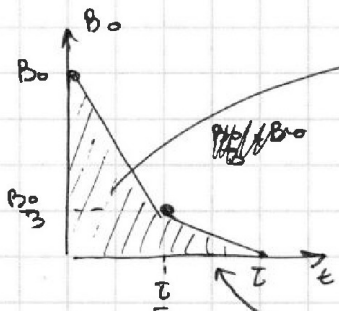
$$S_1 n \cdot \Delta B = 2L \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

площадь под графиком

$$S_1 n \Delta B \cdot \Delta t = 2L \cdot \Delta q \quad | \int$$

$$S_1 n \sum \Delta B \Delta t = 2L (q_k - q_u) \quad \text{минус учесть площадь } \geq 0$$

отрицательная площадь графика



$$\frac{S_1 n \cdot \sum \Delta B \Delta t}{2L} = q_0$$

$$\frac{S_1 n \cdot \frac{1}{2} \cdot \tau \cdot B_0}{2L} = q_0$$

$$q_0 = \frac{1}{24} \cdot \frac{S_1 n \cdot \tau \cdot B_0}{L}$$

$$\left(\frac{B_0}{3} + B_0 \right) \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{\tau B_0}{3}$$

$$\frac{B_0}{3} \cdot \frac{\tau}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\tau \cdot B_0}{12}$$



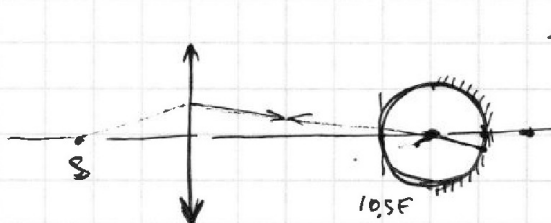
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача 5



1) Преломление в линзе

ФТЛ:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{11F - 1}{1.1F^2} = \frac{9.1}{1.1F^2}$$

$$\Rightarrow b = 11F$$

$\Rightarrow$ тк все зависимость от показателя преломления шара лучи должны вернуться в точку S или должны пройти ~~так же путь по которому пришли (т.е. не преломляясь)~~.

$\Rightarrow$ лучи проходят через центр шара

по тому же путь по которому пришли и тк лучи проходящие через центр шара не преломляются то они идеально попадают

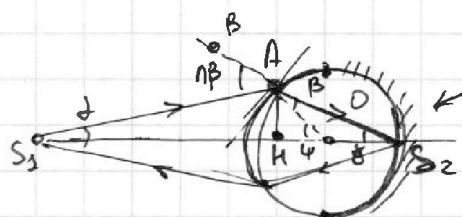
$\Rightarrow$ в соответствии с геометрией шара (потом лучи отражаются в зеркале всегда так же не преломляясь и попадают в S

$$\Rightarrow R = b - 10.5F = 0.5F$$

Ответ: $0.5F$

2) S_1 - рефрактор

$\Rightarrow b = 11F$ от линзы (справа)



лучики, пройдя шар, опять пришли

тем же путем $\Rightarrow$ изобразили

от преломления на сфер.ос

полностью и попадет в данную точку шара

$$\angle AS_1H = \alpha; \angle ASO = \delta; \angle AOH = \psi; \angle SAO = \beta$$

$$\angle BAS_1 = \eta\beta$$

теорема о внешнем $\Delta AOS: \beta + \delta = \psi \mid \eta\beta$

где ψ - угол

$$\angle BAS_1: \psi + \alpha = \eta\beta$$

$$\psi + \alpha = (\eta - 1)\psi \Rightarrow \frac{\alpha}{AS_1} + \frac{\eta}{KS} = \frac{\eta}{R} \quad (\text{т.е. угол падения})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{AS_1} + \frac{\eta}{KS} = \frac{\eta - 1}{R}$$

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

$$\Rightarrow \frac{1}{16F - 11F} + \frac{\eta}{F} = \frac{\eta - 1}{0.5F}$$

$$\frac{1}{5F} + \frac{1}{0.5F} = \frac{\eta}{F} + \frac{\eta}{0.5F}$$

$$\frac{1}{5F} = \frac{3\eta}{2F} \Rightarrow \eta = \frac{11}{15}$$

Ответ: $\frac{11}{15}$

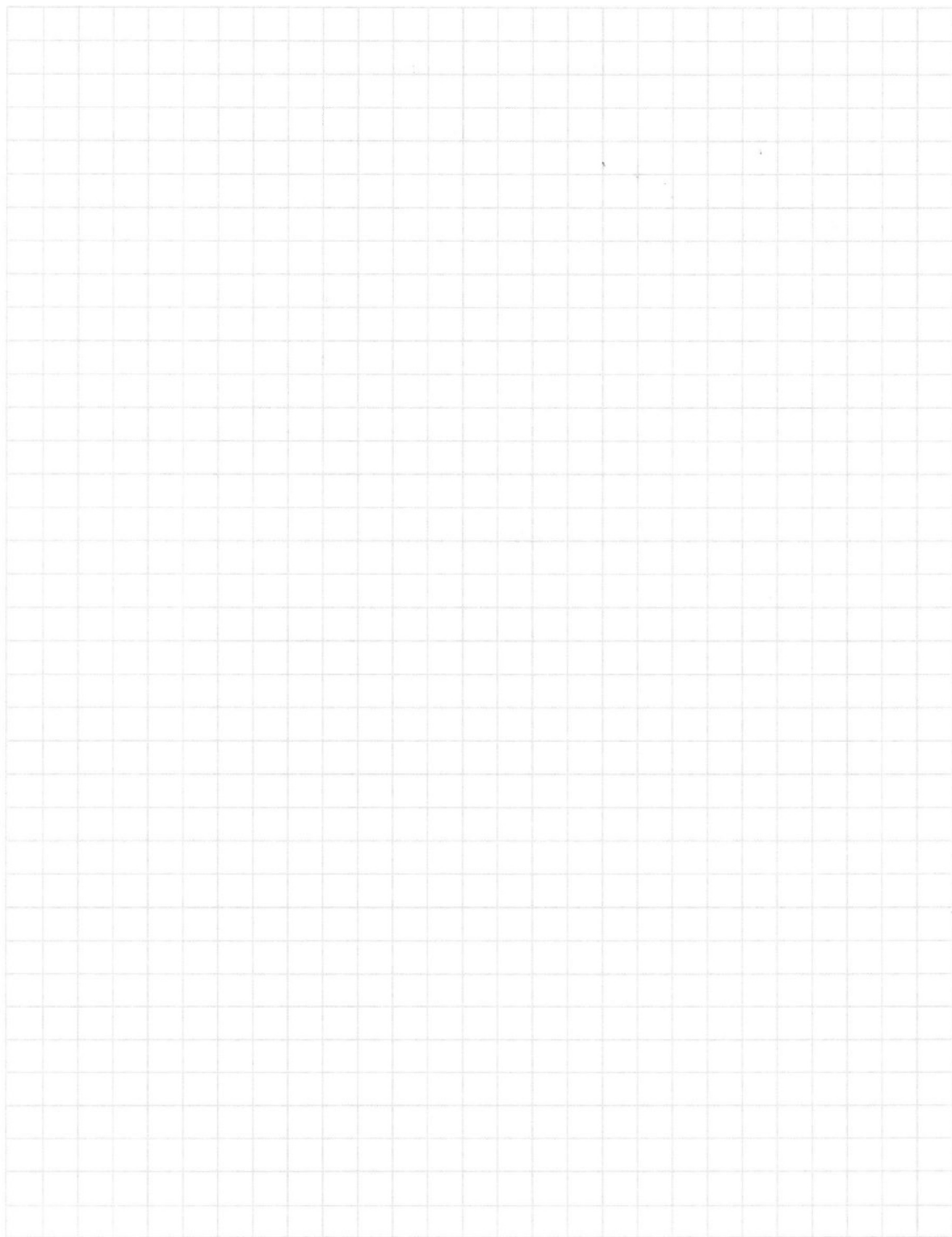


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



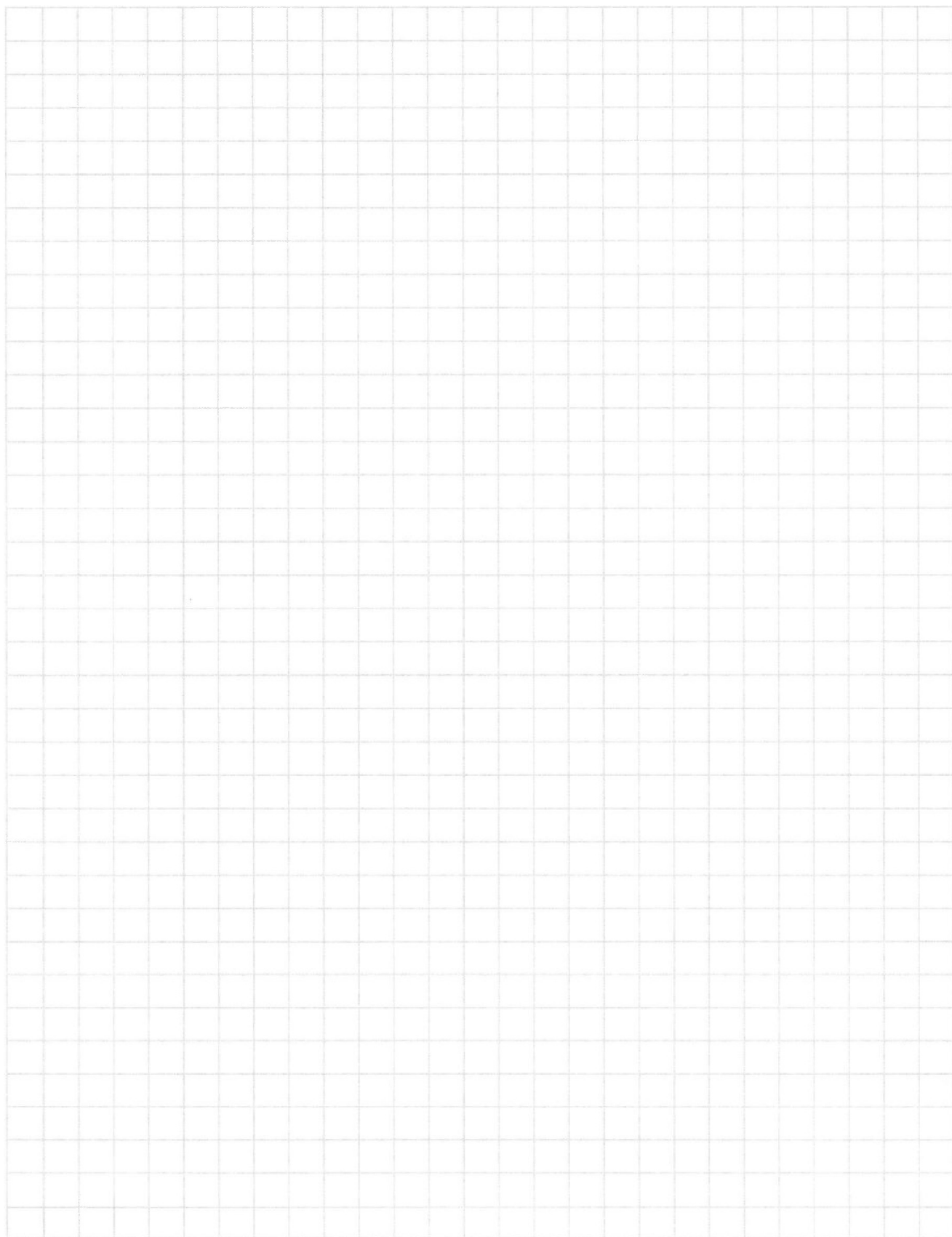


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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
☐

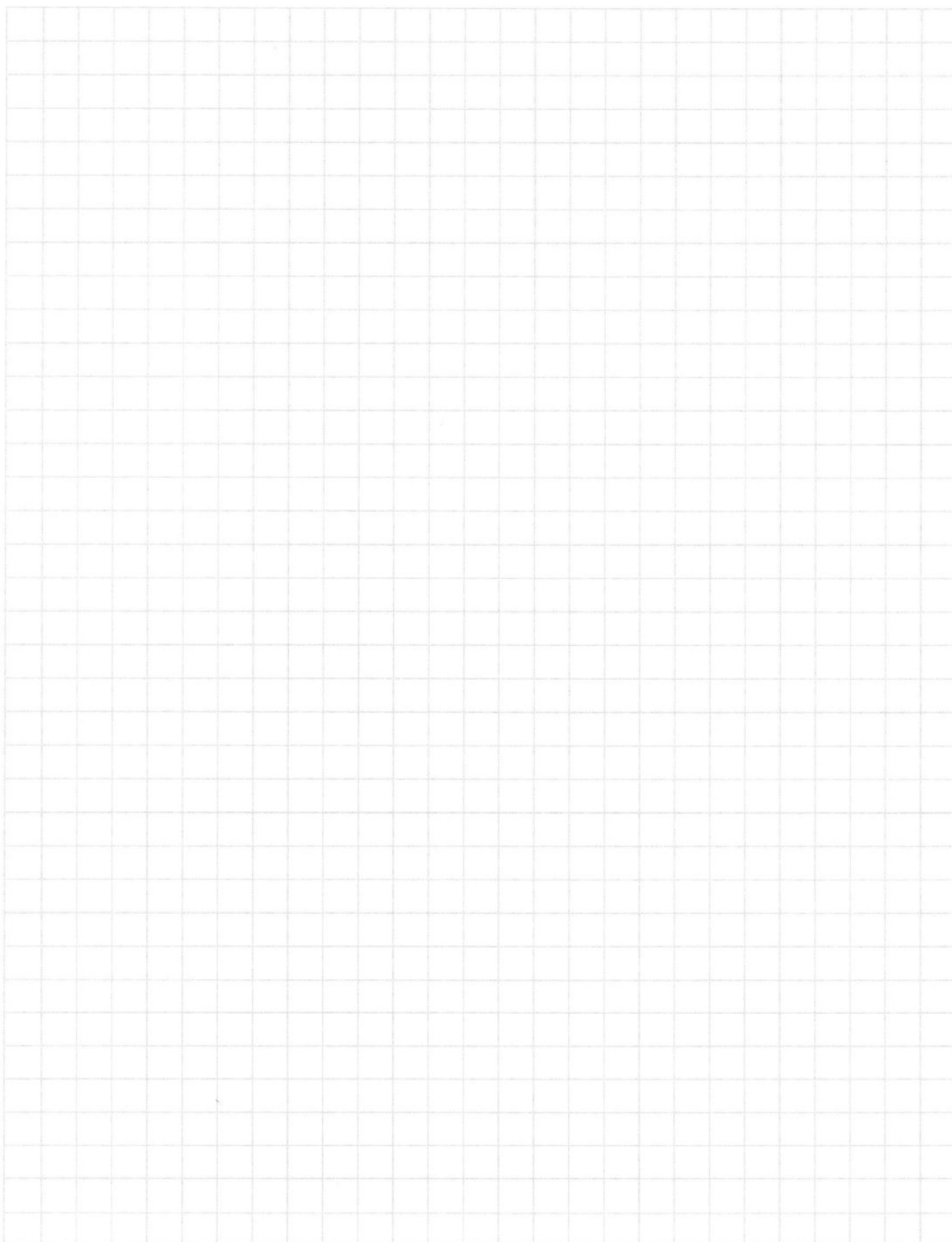
5
☐

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!





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
☒

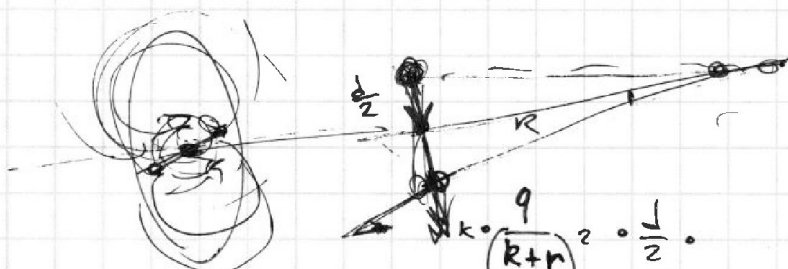
5
☒

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!



$$\frac{P_2}{+2} - \frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_1} = \frac{105 - 91}{100 - 5} = \frac{306}{950}$$

$$\frac{224}{100} - \frac{102}{950} = \frac{774 - 51}{10095}$$

$$\frac{56 \cdot 91}{25 \cdot 165}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 56 \cdot \\ \times 91 \\ \hline 780 \\ 56 \\ \hline 7856 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 41 \\ 185 \\ \times 23 \\ \hline 378 \\ 4625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 224 \\ \hline 100 \end{array} \cdot \begin{array}{r} 162 \\ \hline 370 \end{array}$$