



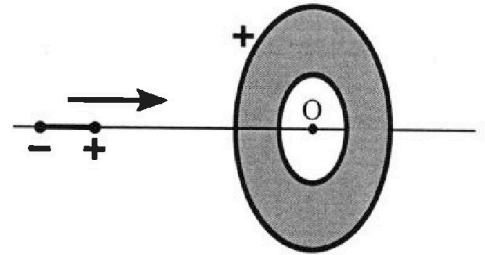
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



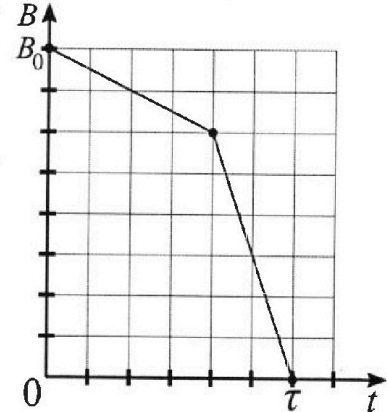
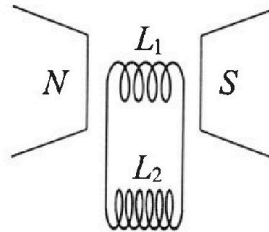
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

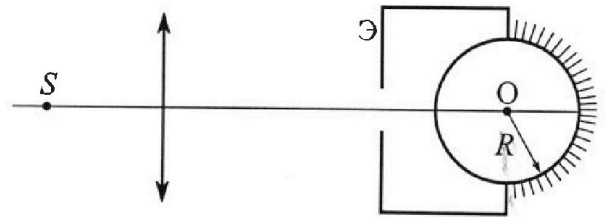
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 6L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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 (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. 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 $b = 7R$, 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 $\Delta = 4R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

2) Найти показатель преломления вещества шара.

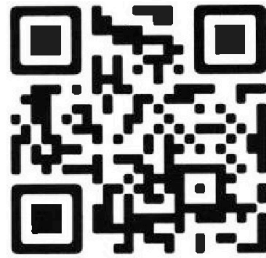
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



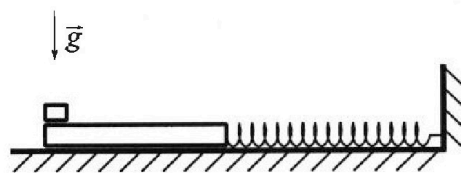
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

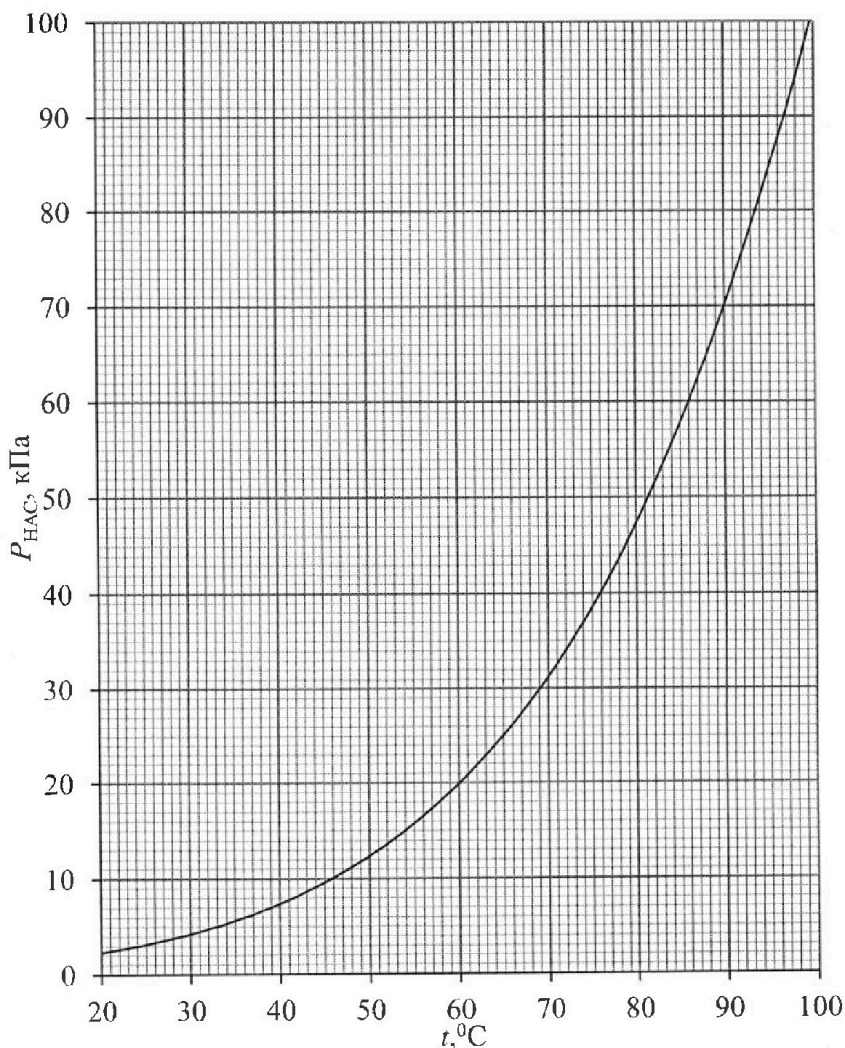


1. Длинную доску массой $M = 2$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °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 жидкости 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.

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!

25



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

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

$$v^2(m) = k(x - (x - \frac{mg\mu}{k}))^2$$

$$\frac{mv^2}{k} = \frac{mg\mu}{k} \cdot (2x - \frac{mg\mu}{k})$$

$$\frac{m+M}{M} = \frac{4x^2}{(x - \frac{mg\mu}{k})^2}$$

$$(m+M)(x - \frac{mg\mu}{k})^2 = Mx^2$$

$$3x^2 + \frac{3m^2g^2\mu^2}{k^2} =$$

$$(m+M)x^2 + \frac{m^2g^2\mu^2}{k^2}(m+M) - 2(m+M) \cdot x \left(\frac{mg\mu}{k}\right) = 0.$$

$$D = 4(m+M)^2 \left(\frac{m^2g^2\mu^2}{k^2}\right) - 4m(m+M) \frac{m^2g^2\mu^2}{k^2} = 4M(m+M) \frac{m^2g^2\mu^2}{k^2}$$

$$x = \frac{2(m+M) \frac{mg\mu}{k} + 2 \frac{mg\mu}{k} \sqrt{M(m+M)}}{2m} =$$

$$= \frac{g\mu}{k} (m+M + \sqrt{M(m+M)}) = \frac{3}{5}(3+\sqrt{6}) \text{ см}$$

Второй корень не подходит, т.к. тогда при уменьшении скорости будет

$$a = \frac{kx - mg\mu}{M} = \frac{g\mu(M + \sqrt{M(m+M)})}{M} = \frac{3(3+\sqrt{6})}{2} = 4,5 + \frac{3\sqrt{6}}{2} \text{ м/с}^2$$

Скорость: $\frac{mv^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2} = \frac{Mv^2}{2}$

$$\frac{k(x - \frac{mg\mu}{k})^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2} = \frac{Mv^2}{2}$$

отсюда $kx - \frac{mg\mu}{k} = \frac{k(M+m)g\mu}{k} - \frac{Mv^2}{2}$



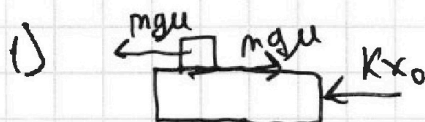
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Заметим, что при разгоне бруска сила трения направлена против движения, а при торможении, пружиной бруска происходит тоже самое. Т.е. эту систему можно заменить на систему, где, сопротивление пружины меньше на $\frac{mg\mu}{k}$



если опир. ускорение 0, то $\frac{Kx_0 - mg\mu}{M} = \frac{mg\mu}{m}$

$$x_0 = \frac{mg\mu + mg\mu}{k} = \frac{(M+m)g\mu}{k} = \frac{3 \cdot 0.3 \cdot 10}{50} = \frac{9}{50} M = 18 \text{ см.}$$

2) если ускорение доски 0, то $mg\mu = Kx$

тогда

пусть начальное состояние x_0 . тогда, заметим, что всё время, пока ускорение бруска 0, брусок противодействует силе пружины. Т.е. можно уменьшить расстояние на $\frac{mg\mu}{k}$ и забыть про брусок.

тогда

$$\frac{(m+M)v^2}{2} = \frac{Kx^2}{2} \quad \frac{Mv^2}{2} = \frac{(K - \frac{mg\mu}{m}) (x - \frac{mg\mu}{k})^2}{2}$$



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
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!

2

суммарно стокнет 12 м пара, если стокнет бочок.
ответ: тогда отношение 12.

2) при этой температуре вся вода стокнет
паром, но при этом. пар вытеснит.

т.е. если масса $P_1 V = V R T_1$

то $P_2 V = 12 V R T_2$

т.е. извл. точка, где $\frac{P_2}{P_1} = \frac{12 T_2}{T_1}$

в начальной точке $T_1 = 300 K$ $P_1 = 4,5 \text{ КПа}$.

в точке $t = 87^\circ C$ давление, примерно 63 КПа

тогда $\frac{63}{4,5} = \frac{12 \cdot 360}{300}$

$\frac{63}{64} = \frac{360}{300}$

$35 = 36$ практически выполнено.

т.е. можно сказать, что испарение прекратится при $87^\circ C$

3) тогда после этой точки давление будет возрастать
пропорционально температуре.

$\frac{P_K}{P_2} = \frac{T_K}{T_2} = \frac{37}{360} = \frac{37}{36}$

а давление насыщенного пара при $87^\circ C \approx 91 \text{ КПа} = P_{\text{нас } 87^\circ}$

$\varphi = \frac{P_K}{P_{\text{нас } 87^\circ}} = \frac{\frac{37}{36} \cdot P_2}{91} = \frac{63 \cdot \frac{37}{36}}{91} = \frac{37 \cdot 7}{4 \cdot 91} \approx 70\%$

Ответ 1) 12 2) $87^\circ C$. 3) 0,7



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!

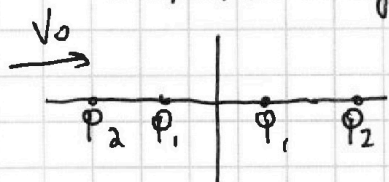
3

замечим, что когда диполь подлетает к диску, то он отталкивается. А когда ~~о~~ отлетает обратно то притягивается.

когда диполь пролетает через центр, то в точке зарядов потенциалы одинаковы и равны Φ_0 . тогда по ЗСЭ. $\frac{m\vec{v}_0^2}{2} = \Phi_0 q - \Phi_0 q + \frac{m\vec{v}_1^2}{2}$.

$$\Rightarrow v_1 = v_0.$$

2) пусть точки, при которых первый диполь все-же пролетит (v=0) имеют потенциалы Φ_1 и Φ_2 , тогда диполь не имел бы потенциальную энергию и минимальную кинетическую. А в противоположной точке диска будет максимальная потенциальная энергия и минимальная кинетическая. (он пролетит, т.к. сила симметричная. дои поле. только знаки скорости и сила полей)



$$\frac{m\vec{v}_0^2}{2} = q\Phi_1 - \Phi_2 q \quad \text{для 1 случая.}$$

$$\frac{m\vec{v}_0^2}{2} = \frac{q}{2}\Phi_1 - \frac{\Phi_2 q}{2} \quad \text{для 2 случая} + \frac{m\vec{v}_{\min}^2}{2}$$

$$\frac{m\vec{v}_0^2}{2} = -\frac{q}{2}\Phi_1 + \frac{\Phi_2 q}{2} + \frac{m\vec{v}_{\max}^2}{2} \quad \text{для 3 случая.}$$

$$\frac{m\vec{v}_0^2}{4} = \frac{m\vec{v}_{\min}^2}{2} \quad v_{\min} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

$$v_{\max} v_{\min} = \frac{v_0 \sqrt{3} \cdot 1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{6} \cdot \sqrt{2}}{2} v_0$$

$$\frac{3\vec{v}_0^2 \cdot m}{4} = \frac{m\vec{v}_{\max}^2}{2} \quad v_{\max} = \sqrt{\frac{3}{2}} v_0$$

Ответ 1) v_0 2) $\frac{\sqrt{6} \cdot \sqrt{2}}{2} v_0$.



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
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!

4
напишем уравнение для потока и тока в системе

$$B_0 S_n L_1 I' + L_2 I' = 0$$

$$I' = \frac{-B_0 S_n}{L_1 + L_2}$$

для первой. $\frac{2}{3} J \quad \frac{dB}{dt} = \frac{2 B_0 J}{3 J} = \frac{2 B_0}{3 J}$

тогда $\frac{\Delta I_1}{\frac{2}{3} J} = \frac{\frac{2 B_0}{3 J} S_n}{L_1 + L_2}$

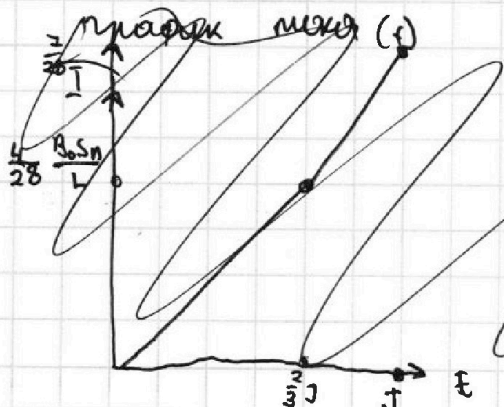
$$\Delta I_1 = \frac{\frac{2 B_0}{3 J} S_n}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S_n}{\frac{3}{2} (L_1 + L_2)} = \frac{B_0 S_n}{28 L}$$

для второй. $\frac{1}{3} J \quad \frac{dB}{dt} = \frac{1 B_0}{3 J} = \frac{B_0}{3 J}$

$$\frac{\Delta I_2}{\frac{1}{3} J} = \frac{\frac{B_0}{3 J} S_n}{L_1 + L_2}$$

$$\Delta I_2 = \frac{\frac{B_0}{3 J} S_n}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S_n}{3 J (L_1 + L_2)}$$

тогда $I_0 = \Delta I_1 + \Delta I_2 = \frac{B_0 S_n}{28 L} + \frac{B_0 S_n}{3 J (L_1 + L_2)} = \frac{B_0 S_n}{28 L}$



$$Q = \frac{2}{3} J \cdot \frac{4 B_0 S_n}{28 L} = \frac{B_0 S_n J}{3 L}$$



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
☒

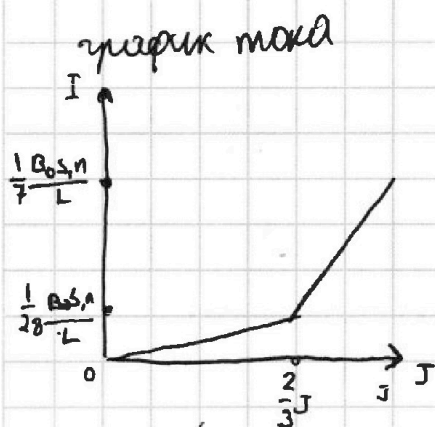
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
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!



$$\text{зона} \left(\frac{\left(\frac{2}{3} B_0 + \frac{1}{28} \right) B_0 S n}{2} + \frac{\left(\frac{1}{28} + \frac{1}{7} \right) \cdot \frac{1}{3} B_0}{2} \right) \cdot \frac{B_0 S n}{L}$$

$$= \frac{B_0 S n}{L} \left(\frac{1}{28 \cdot 3} + \frac{5}{28 \cdot 2 \cdot 3} \right) = \frac{B_0 S n}{L} \left(\frac{1}{24} \right) \quad \left(\frac{7 B_0 S n}{24(L_1 + L_2)} \right)$$

$$\text{Ответ} \quad I_0 = \frac{B_0 S n}{7L} \quad Q = \frac{B_0 S n}{24L}$$



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
☒

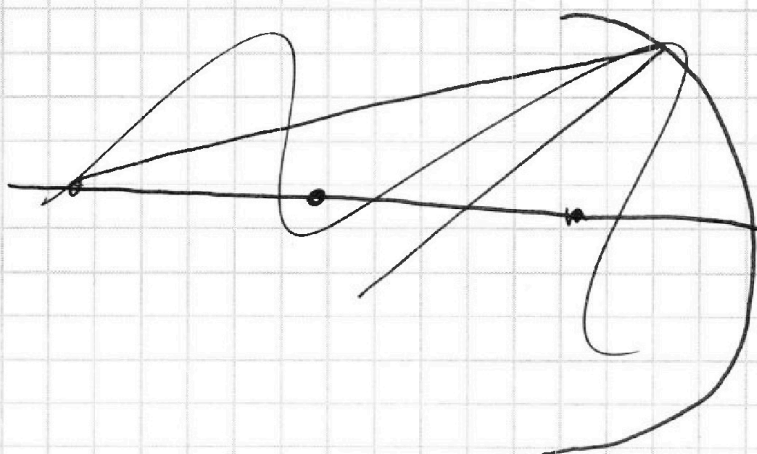
6
☐

7
☐

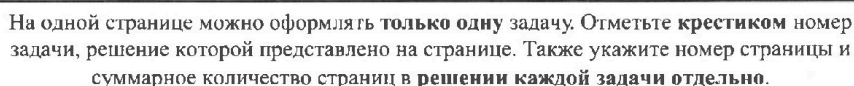
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!

то есть линии дотнны быть параллельны,
а значит. Покрытие расстояние $2R$



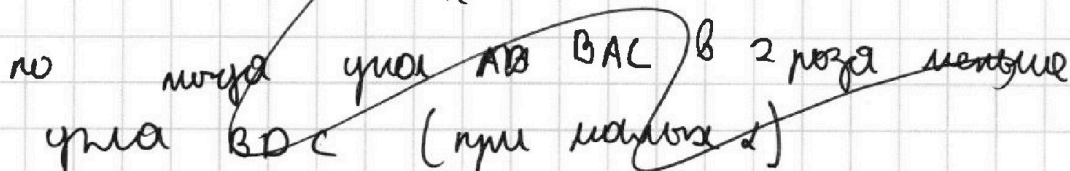
то есть не дотны,



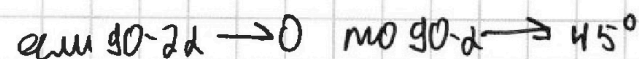
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

пусть покажет приложение. 1.
 тогда заметим, что при этом
 встанет и встанет под равными углами.
 Так в противном случае они будут по
 прямой продолжаться и продолжаться
 и давать не то изображение.
 тогда все единственно верно, как может
 двигаться при



усть показатель преломления 1. тогда
чтобы изображение совпало с источником,
нужно, чтобы пре вывел луч так же, как и
ввел.



То е источник данных походит на $\rightarrow$ Секретарь

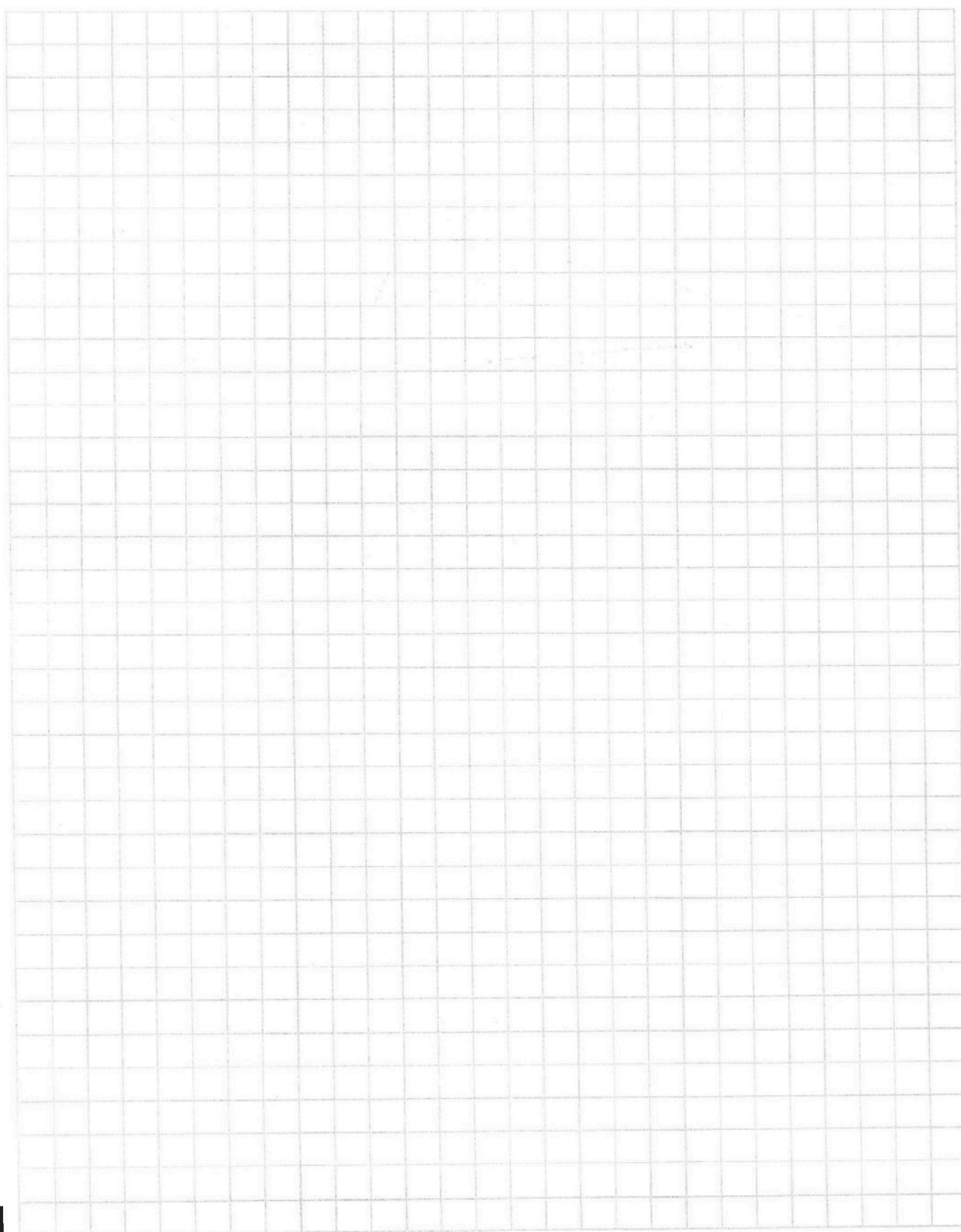


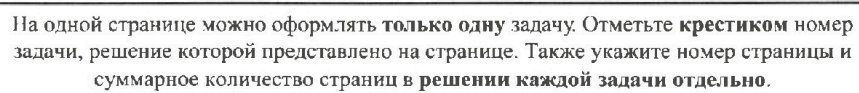
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

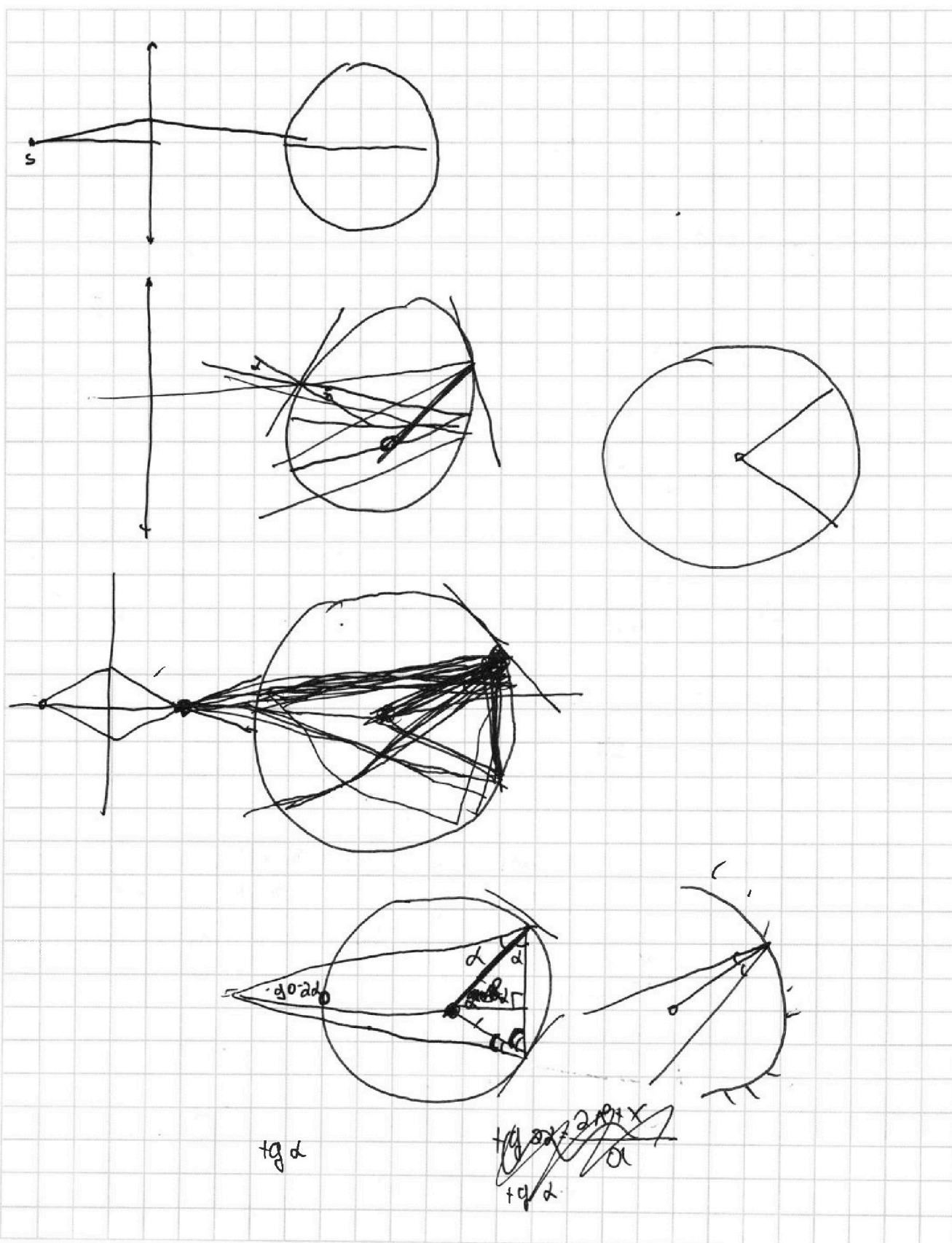
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!





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!

$$\frac{(m+M)v^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

$$Mg = kx - mg\mu.$$

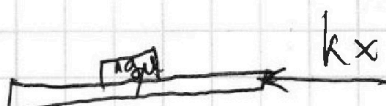
$$M\ddot{x} + k\ddot{x} - mg\mu = 0$$

$$(M+m)\ddot{x} + kx = 0$$

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{(m+M)v^2}{2}$$
$$\frac{k(x - \frac{mg\mu}{k})^2}{2} = \frac{Mv^2}{2}$$
$$x = \frac{mg\mu}{k}$$



$$mg\mu.$$



$$k = k - mg\mu$$

$$kx = kx - mg\mu$$

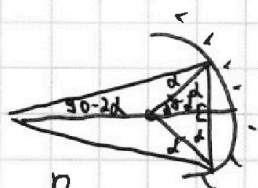


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$PV = VRT.$$
$$P_x \cdot V = 12VRT_x$$

$$A \frac{P_x}{P} = \frac{12V_x}{T}$$

$$B_0 S_1 \neq L_1 I \neq L_2 I = 0.$$



27°

4,5 KTA.

$$PV = VRT$$

$$xPV = 12VRT$$

$$PV = 12PRT_0$$

$$P_0 V = 12P_0 RT_1$$

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{T_1}{T_0}$$

$$\frac{12P_1}{P_0} = \frac{T_1}{T_0}$$

$$\frac{xP}{xP} = \frac{T}{12T}$$

$$\frac{P_x}{T_x} = \frac{12P}{T}$$

58.

845

$$\frac{58}{845} = \frac{54}{300}$$

$$\frac{845 \cdot 10}{360} = \frac{54}{300}$$

$$\frac{1}{36} = \frac{300}{9}$$

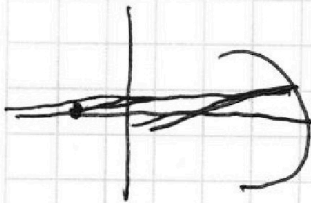
$$\frac{845}{6} = \frac{800}{5}$$

$$\frac{60}{86} = \frac{120}{300}$$

$$12000 = 359 \cdot 54.$$

$$\frac{359}{54} = \frac{1436}{17950}$$

$$\frac{360}{54}$$



[illegible]