



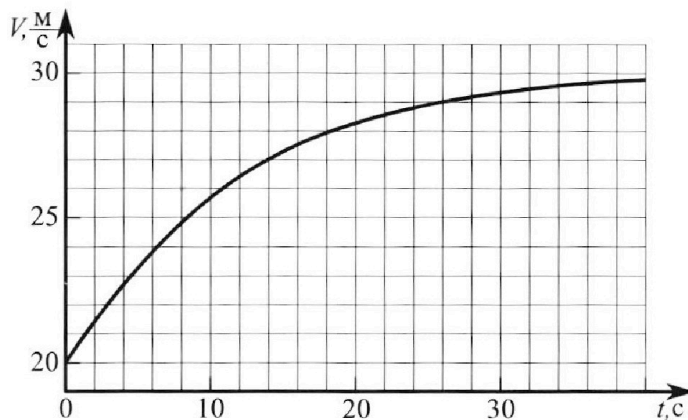
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04



Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 200$ Н.



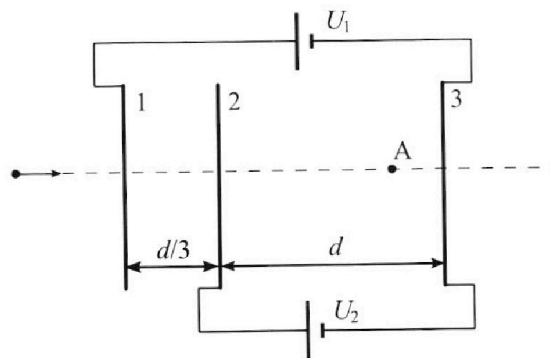
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность числа нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ и $U_2 = U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

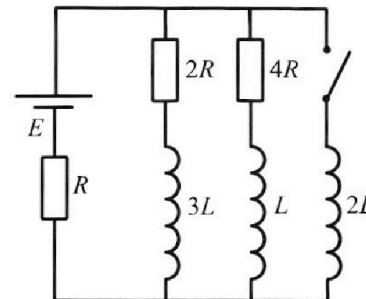
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



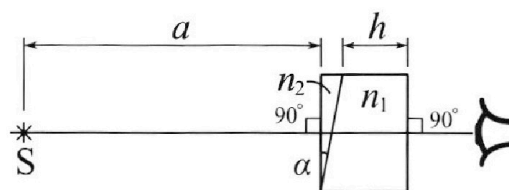
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

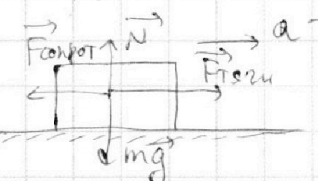
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) Проведём касательную к приведённому графику $v(t)$ при начале разгона. Заметим, что она будет проходить через точку $v = 26 \text{ м/с}$, $t = 8 \text{ с}$. Тогда коэффициент наклона этой касательной — это и есть ускорение. ($a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t}$). Тогда:

$$a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{26 - 20}{8 - 0} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4} = \boxed{0.75 \text{ м/с}^2}$$

2)  По условию, во время всего разгона $F_{\text{пр}} = \text{const}$. $P = F_{\text{пр}} \cdot v = F_{\text{тр}} \cdot v = \text{const}$.

В конце разгона $v = \text{const} \Rightarrow$ не 23Н на Ox . $F_{\text{сопрот}} = F_{\text{тр}}$.
Тогда $F_k = F_{\text{тр}} = \text{const}$ на протяжении всего разгона.

В начале разгона: 23Н по Ox : $ma_0 = F_{\text{тр}} - F_{\text{сопрот}} = F_k - F_{\text{сопрот}}$

Тогда $F_{\text{сопрот}} = F_0 = F_k - ma_0 = 200 - 240 \cdot \frac{3}{4} = 200 - 180 = \boxed{20 \text{ Н}}$

(a_0 мы уже нашли в 1 пункте).

3) Обозначим эту часть за η . Тогда

В конце разгона $P = F_k \cdot v_k$, где $v_k = 30 \text{ м/с}$ — скорость в конце разгона (ее находим из графика). В начале разгона $P = F_{\text{тр}} \cdot v_0$, где $v_0 = 20 \text{ м/с}$ — находим из графика, а $F_{\text{тр}} =$ — сила трения в начале разгона. Тогда $F_k \cdot v_k = F_{\text{тр}} \cdot v_0 \Rightarrow F_{\text{тр}} = F_k \cdot \frac{v_k}{v_0}$

\approx 23Н по Ox в начале разгона:

$$ma_0 = F_{\text{тр}} - F_0 \Rightarrow F_0 = F_{\text{тр}} - ma_0 = F_k \cdot \frac{v_k}{v_0} - ma_0 =$$

$$= 200 \cdot \frac{30}{20} - 240 \cdot \frac{3}{4} = 300 - 180 = \boxed{120 \text{ Н}} \quad (a_0 \text{ мы нашли в 1 пункте)}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ



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"/>

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) Обозначим эту часть массы за η . Тогда $\eta = \frac{F_0}{F_{\text{жидк}}}$

$$= \frac{F_0}{F_k \cdot \frac{V_k}{V_0}} = \frac{120}{200 \cdot \frac{30}{20}} = \frac{120}{300} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5} = \boxed{0.4}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

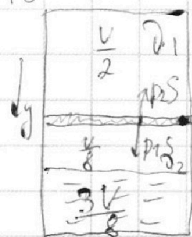
1 2 3 4 5 6 7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) При $T = T_0$ поршни находятся в равновесии при изохорическом нагревании сосуда. ν_1 - кол-во газа в верхней части, ν_2 - кол-во газа в нижней части.



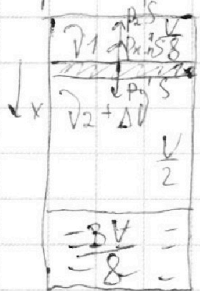
$23\text{Hg}: p_1 S = p_2 S \Rightarrow p_1 = p_2$

Из ур-я Менделеева-Клапейрона: $p_1 = \frac{\nu_1 R T_0}{\nu/2}$

$p_2 = \frac{\nu_2 R T_0}{\nu/8}$. $p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{2\nu_1 R T_0}{\nu} = \frac{8\nu_2 R T_0}{\nu} \Rightarrow \boxed{\frac{\nu_1}{\nu_2} = 4}$

2) Пусть $p_1 = p_2 = p_0$, а атмосферное давление = $p_{\text{атм}}$. Тогда

изначально в воде было растворено $\delta V = k \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8}$ увеличенного газа. После нагрева эта смесь перейдет в газостратное состояние, так как при температуре T упр. газ в воде практически не растворится.



После нагрева в верхней части сосуда останется ν_1 увеличенного газа, а в нижней части сосуда будет насыщенный водяной пар и $\nu_2 + \delta V$ увеличенного газа. Объем воды = $\frac{3V}{8}$; Объем ν_1 мало газа = $\frac{\nu}{8} \Rightarrow$

\Rightarrow Объем $\nu_2 + \delta V$ мало газа = $\frac{\nu}{2}$.

$23\text{Hg}: p_{\text{атм}}(T) \cdot S + p_2' S = p_1' S$. При $T = 373\text{K}$ $p_{\text{атм}} = p_{\text{атм}}$.

$p_{\text{атм}} + p_2' = p_1'$. Из ур-я Менделеева-Клапейрона:

$p_2' = \frac{(\nu_2 + \delta V) R T}{\nu/2} = \frac{2\nu_2 R T}{\nu} + \frac{2\delta V R T}{\nu} = \frac{8\nu_2 R T_0}{3V} + \frac{8\delta V R T_0}{3V} =$

$= \frac{8\nu_2 R T_0}{3V} + \frac{8 R T_0}{3V} \cdot k \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8} = \frac{8\nu_2 R T_0}{3V} + k p_0 R T_0$.

$p_1' = \frac{\nu_1 R T}{\nu/8} = \frac{8\nu_1 R T}{\nu} = \frac{32\nu_1 R T_0}{3V}$

$p_0 = \frac{2\nu_1 R T_0}{\nu} = \frac{8\nu_2 R T_0}{\nu} \Rightarrow p_1' = \frac{16}{3} p_0; p_2' = \frac{p_0}{3} + k p_0 R T_0$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\text{Тогда } P_{\text{амп}} + \frac{P_0}{3} + k P_0 R T_0 = \frac{16}{3} P_0$$

$$P_{\text{амп}} + k P_0 R T_0 = 5 P_0 \Rightarrow P_0 = \frac{P_{\text{амп}}}{5 - k R T_0} =$$

$$= \frac{P_{\text{амп}}}{5 - k R \cdot \frac{3}{4} T} = \frac{P_{\text{амп}}}{5 - \frac{3}{4} k R T} = \frac{P_{\text{амп}}}{5 - \frac{3}{4} \cdot 0.6 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3} =$$

$$= \frac{P_{\text{амп}}}{5 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3} = \frac{P_{\text{амп}}}{5 - \frac{27}{20}} = \frac{20 P_{\text{амп}}}{73} = \boxed{\frac{20}{73} P_{\text{амп}}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

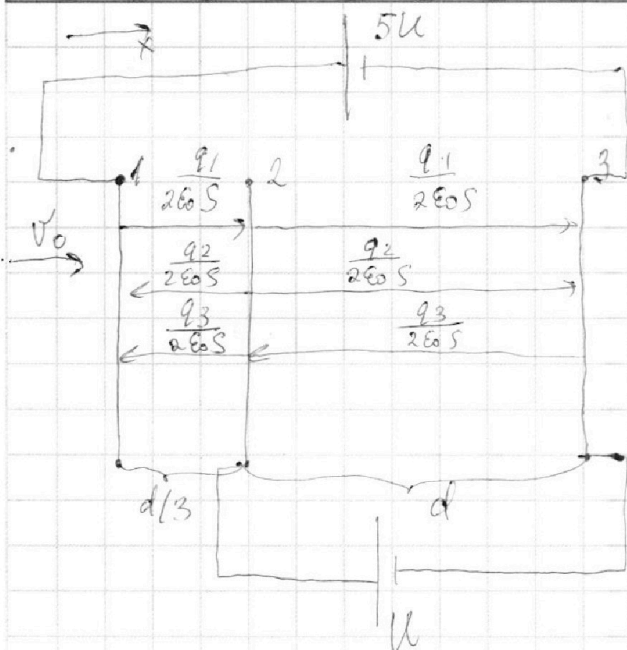
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Будем для упрощения вычисления сразу подставлять $U_1 = 5U$, $U_2 = U$. Изначально сетки не заряжены

\Rightarrow ЗСЗ: $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$q_1 + q_2 + q_3 = 0$

Из $q_2 = 5$ предполагаем, что

$q_1 > 0, q_2 > 0, q_3 > 0$ (если нет,

мы просто получим, что какой-то заряд отрицательной).

Тогда: $\int \rho_1 - \rho_3 = 5U \Rightarrow$
 $\begin{cases} \rho_2 - \rho_3 = U \end{cases}$

$\Rightarrow \int \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{4d}{3} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{2d}{3} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{4d}{3} = 5U \quad / \cdot \frac{6\epsilon_0 S}{d}$
 $\begin{cases} \frac{q_1 d}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2 d}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3 d}{2\epsilon_0 S} = U \quad / \cdot \frac{2\epsilon_0 S}{d} \end{cases}$

$\begin{cases} 4q_1 + 2q_2 - 4q_3 = \frac{30\epsilon_0 S}{d} \cdot U \quad (1) \end{cases}$

$\begin{cases} q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2\epsilon_0 S}{d} \cdot U \quad (2) \end{cases}$

(2): $q_1 + q_2 - q_3 = -2q_3 = \frac{2\epsilon_0 S}{d} \cdot U \Rightarrow q_3 = -\frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U$
 $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$\int 4q_1 + 2q_2 = \frac{30\epsilon_0 S}{d} \cdot U - \frac{4\epsilon_0 S}{d} \cdot U = \frac{26\epsilon_0 S}{d} \cdot U$

$\begin{cases} q_1 + q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U \Rightarrow q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U - q_1 \end{cases}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$4q_1 + \frac{2\epsilon_0 S}{d} \cdot U - 2q_1 = \frac{3\epsilon_0 S}{d} \cdot U \Rightarrow 2q_1 = \frac{2\epsilon_0 S}{d} \cdot U \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{14\epsilon_0 S}{d} \cdot U \Rightarrow q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U - \frac{14\epsilon_0 S}{d} \cdot U = -\frac{13\epsilon_0 S}{d} \cdot U$$

1) Тогда \vec{E} в области 2-3 (E_x) = $\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} =$

$$= \frac{7U}{d} - \frac{13U}{2d} + \frac{U}{2d} = \frac{U}{d} \Rightarrow 23\text{К по } O_x:$$

$$\max = E_x \cdot q \Rightarrow a_x = \frac{F_x \cdot q}{m} = \frac{q U}{m d}$$

2) ЗСД от планки №1 до планки №2 с учетом работы силы, действующей со стороны э. поля на заряд:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + q E_{12} \frac{d}{3}$$

$$E_{12} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{7U}{d} + \frac{13U}{2d} + \frac{U}{2d} = \frac{14U}{d}$$

Значит $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{14}{3} \frac{q U}{d} \Rightarrow \frac{m v_1^2}{2} = K_2 = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{14}{3} \frac{q U}{d}$

ЗСД от планки №2 до планки №3 с учетом работы силы со стороны э. поля, действующей на заряд:

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + q E_{23} d$$

(v_1 - скорость при пролете 2 сетки, v_2 - скорость при пролете 3 сетки).

$$E_{23} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{7U}{d} - \frac{13U}{2d} + \frac{U}{2d} = \frac{U}{d}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + q U \Rightarrow \frac{m v_2^2}{2} = K_3 = \frac{m v_1^2}{2} + q U = K_2 + q U \Rightarrow$$

$\Rightarrow K_3 - K_2 = q U$ (в промежутке м/у 2 и 3 сеткой частица разгоняется, т.к. $a_x > 0$).

3) ЗСД от планки №2 до Т.А с учетом работы силы со стороны э. поля, действующей на заряд:

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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"/>

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_A^2}{2} - q E_{23x} \cdot \frac{3d}{4}$$

Из предыдущего пункта $E_{23x} = \frac{U}{d} \Rightarrow \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_A^2}{2} - \frac{3}{4} q U \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{3}{4} q U$$

ЗСД от момента пролёта 1 сетки до момента пролёта 2 сетки с учётом работы сил со стороны эл. поля, действующей на заряд:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} - q E_{12x} \frac{d}{3}$$

$$E_{12x} = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = \frac{7U}{d} + \frac{13U}{2d} + \frac{U}{2d} = \frac{14U}{d}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{14}{3} q U \Rightarrow \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{14}{3} q U$$

Тогда $\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{3}{4} q U = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{14}{3} q U + \frac{3}{4} q U =$

$$= \frac{m v_0^2}{2} + \frac{65}{12} q U \Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{65 q U}{6m}}$$

Ответ. 1) $a_x = \frac{qU}{md}$, 2) $K_3 - K_2 = qU$, 3) $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{65 q U}{6m}}$

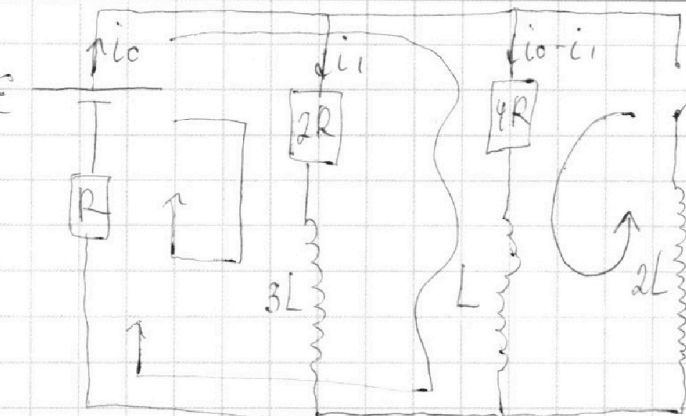
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1) Решим установившееся \Rightarrow
 \Rightarrow ~~используем~~ ~~матрицу~~ ~~резу~~ $3L$
 и $L = \text{const}$. Рассчитаем
 ток, как на рис. (С учетом
 I пр. на контуры)

(2 пр. по Кирхгофу): $E = 2i_1 R + i_0 R + 3L \frac{di_1}{dt} \Rightarrow E = 2i_1 R + i_0 R \Rightarrow$
 $\Rightarrow i_0 = \frac{E}{R} - 2i_1$
 $\parallel 0, i_1 = \text{const}$

(2 пр. по Кирхгофу): $E = 4i_0 R - 4i_1 R + i_0 R + L \frac{d(i_0 - i_1)}{dt} \Rightarrow$
 $\parallel 0, i_0 - i_1 = \text{const}$

$\Rightarrow E = 4i_0 R + i_0 R - 4i_1 R = 5i_0 R - 4i_1 R = 5E - 10i_1 R - 4i_1 R \Rightarrow$

$\Rightarrow 4E = 14i_1 R \Rightarrow i_1 = \frac{2E}{7R}$. Тогда $i_0 = \frac{E}{R} - \frac{4E}{7R} = \frac{3E}{7R} \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{20} = i_0 - i_1 = \frac{3E}{7R} - \frac{2E}{7R} = \boxed{\frac{E}{7R}}$

2) Сразу после К) ток через катушки L и $3L$ не изменятся. Тогда

$U_{2L} = E - i_0 R$ (ток через катушки не изменился \Rightarrow ток через R тоже не изменился)

$U_{2L} = E - \frac{3E}{7} = \frac{4E}{7} = 2L \frac{di_2}{dt} \Rightarrow \frac{di_2}{dt} = \boxed{\frac{2E}{7L}}$

3) Через некоторое время t : $i_{2L} = \text{const} \Rightarrow U_{2L} = 0$. Тогда ток через $2R$ и $4R$ теперь не будет.

2 пр. по Кирхгофу спустя $t \rightarrow \infty$ где внешнего контура: $E = U_{2L} + i_2 R$

$E = 2L \frac{di_2}{dt} + i_2 R \Rightarrow i_2 R = i_{2L} R = \frac{E}{R}$
 $\parallel 0, i_{2L} = \text{const}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

 МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

ЗЕД (от замкнутого контура):

$\mathcal{E} \Delta q =$

2 up-но контура $G: -L \frac{di_L}{dt} + 2L \frac{di_L}{dt} = i_L \cdot 4R$

$$2L \frac{di_L}{dt} - L \frac{di_L}{dt} = 4i_L R \quad | \cdot dt$$

$$2L di_L - L di_L = 4i_L dt R = 4 \Delta q R \quad / \int \text{от момента замыкания цепи до } t \rightarrow \infty$$

$$2L \left(\frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right) - L \left(0 - \frac{\mathcal{E}}{7R} \right) = 4q R$$

$$\frac{2\mathcal{E}L}{R} + \frac{\mathcal{E}L}{7R} = 4q R \Rightarrow \frac{15\mathcal{E}L}{7R} = 4q R \Rightarrow \boxed{q = \frac{15}{28} \frac{\mathcal{E}L}{R^2}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

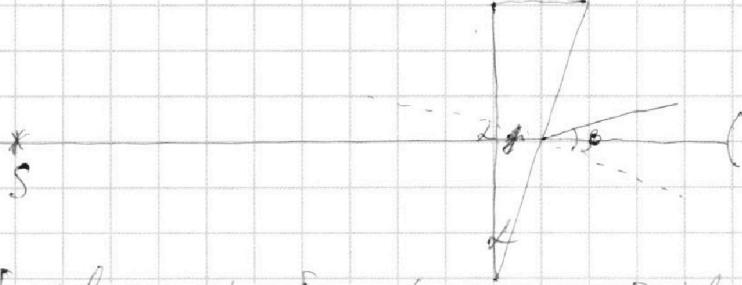
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) $n_1 = n_2 = 1 \Rightarrow$ ее можно не учитывать при свете на этом пункте.

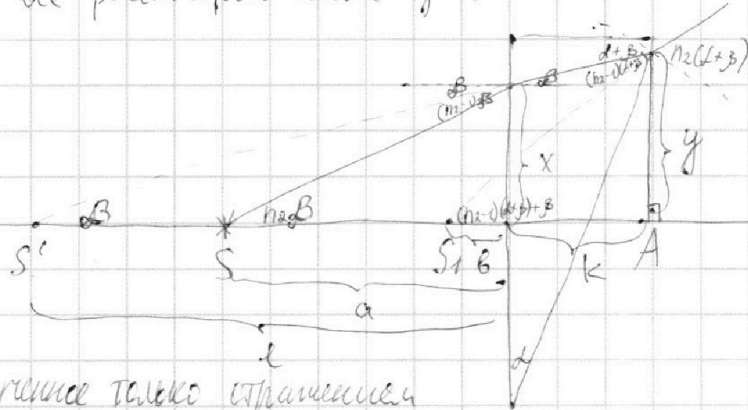


Применение на I пов-ти на бюджет (луч 1 этой пов-ти). На II пов-ти луч будет падать под углом α .

3-я формула: $n_2 \sin \beta = \sin \alpha$. $\alpha \ll 1$; $\beta \ll 1$ ($n \Rightarrow \beta \approx n_2 \alpha$).

Тогда отклонение данного луча (γ) = $\beta - \alpha = n_2 \alpha - \alpha = (n_2 - 1) \alpha = 0,7 \alpha = \boxed{0,07 \text{ рад}}$.

2) аналогично п. 1) $n_1 = n_2 = 1 \Rightarrow$ преломление не изменит ход лучей. Далее все рассматриваемые углы падения - малые



S' - изображение, получаемое только отражением от I пов-ти, S - изображение системы.

С учетом 3-ей формулы и геометрии:

$$\begin{cases} \tan \beta \approx \beta = \frac{x}{l} \Rightarrow \frac{n_2}{l} = \frac{1}{a} \Rightarrow l = n_2 a \Rightarrow S'S = l - a = (n_2 - 1)a. \\ \tan(n_2 \beta) = n_2 \beta = \frac{x}{a} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \tan \beta = \beta = \frac{y}{l+k} \\ \tan((n_2 - 1)(l+k) + \beta) \approx (n_2 - 1)(l+k) + \beta = \frac{y}{l+k} \end{cases} \Rightarrow \frac{l+k}{l+k} = \frac{\beta}{n_2 \beta + n_2 l - l}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3) - самый угол под которым мы излучаем лазерный луч \Rightarrow его можно для удобства

$$x = y - k\beta. \quad l\beta = (b+k)(n_2\beta + n_1d - d) - k\beta$$

$$\text{От } S_1 A = S_2 A \cdot \frac{1}{2n_2 - 1}. \quad k \approx kd \Rightarrow$$

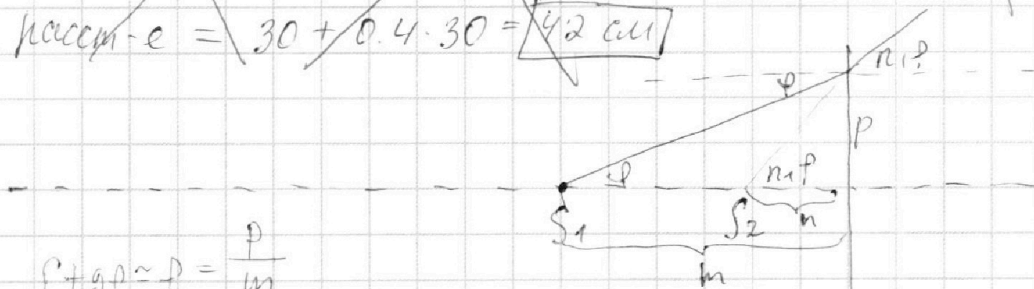
$$\Rightarrow b + kd = (b + kd) \cdot \frac{1}{2n_2 - 1} \Rightarrow b = \frac{(b + kd)(2n_2 - 1) - kd}{2n_2 - 1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{искомое расстояние} = a - b = a - \frac{(n_2 a + kd) + kd}{2n_2 - 1} =$$

$$= 100 - \frac{171.4}{2.4} + 1.4 =$$

$$= 100 - \frac{171.4}{2.4} + 1.4 \approx 30 \text{ см} \quad (kd \ll a)$$

3) В данном пункте просто прибавится 1 отражение на плоской пов-ти. Новое расстояние = расстояние, на которое в н.б) + $(n_1 - 1) \cdot \text{расст-е, на которое в н.б)}$. Тогда это новое расстояние = $30 + 0.4 \cdot 30 = 42 \text{ см}$



$$\tan \alpha \approx \frac{p}{m}$$

$$\tan \phi \approx \frac{n_1 p}{n} \Rightarrow n_1 = \frac{m}{n}. \quad \text{Но по условию } m = b + k$$

$$\text{Тогда } m - n = b + k - \frac{b+k}{n_1} = (b+k) \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) = 84 \cdot \frac{2}{7} \quad (b \text{ было}$$

рассчитано в пред. пункте) = 24 см. Тогда искомое расстояние = расстояние, наущ. во 2) + 24 см = 30 + 24 = 54 см

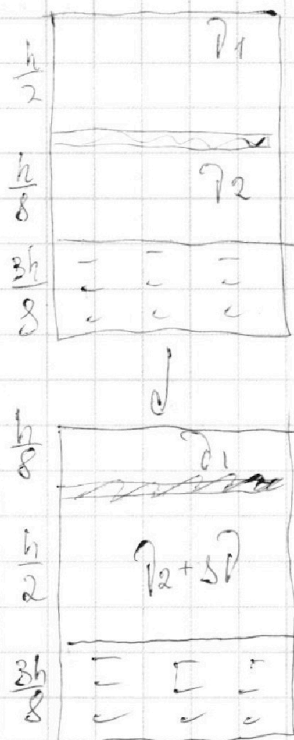
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$T_0 \quad p_1 = p_2 \quad \frac{\partial_1 R T_0}{S \frac{h}{2}} = \frac{\partial_2 R T_0}{S \frac{h}{8}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\partial_1}{8} = \frac{\partial_2}{2} \Rightarrow 4\partial_2 = \partial_1.$$

$$\frac{\partial_1 R T}{V}$$

$$p_{g0} = \frac{\partial_1 R T_0}{S \frac{h}{2}}$$

$$\frac{4}{3} T_0 \quad \frac{\partial_1 R T}{S \frac{h}{8}} = p_0 + \frac{(\partial_2 + \Delta p) R T}{S \frac{h}{2}}$$

$$4 p_{g0} = p_0 + \frac{p_{g0}}{4} + 2 \Delta p$$

$$\frac{8 \partial_1 R}{S h} \cdot \frac{4}{3} T_0 = p_0 + \frac{8 \partial_2 R T}{3 S h} + \frac{8 \Delta p R T_0}{3 S h}$$

$$\frac{16}{3} p_{g0} = p_0 + \frac{p_{g0}}{3} + \frac{8 k p_{g0} \frac{3}{8} S h T_0 R}{3 S h}$$

$$\frac{16}{3} p_{g0} = p_0 + \frac{p_{g0}}{3} + k p_{g0} R T_0$$



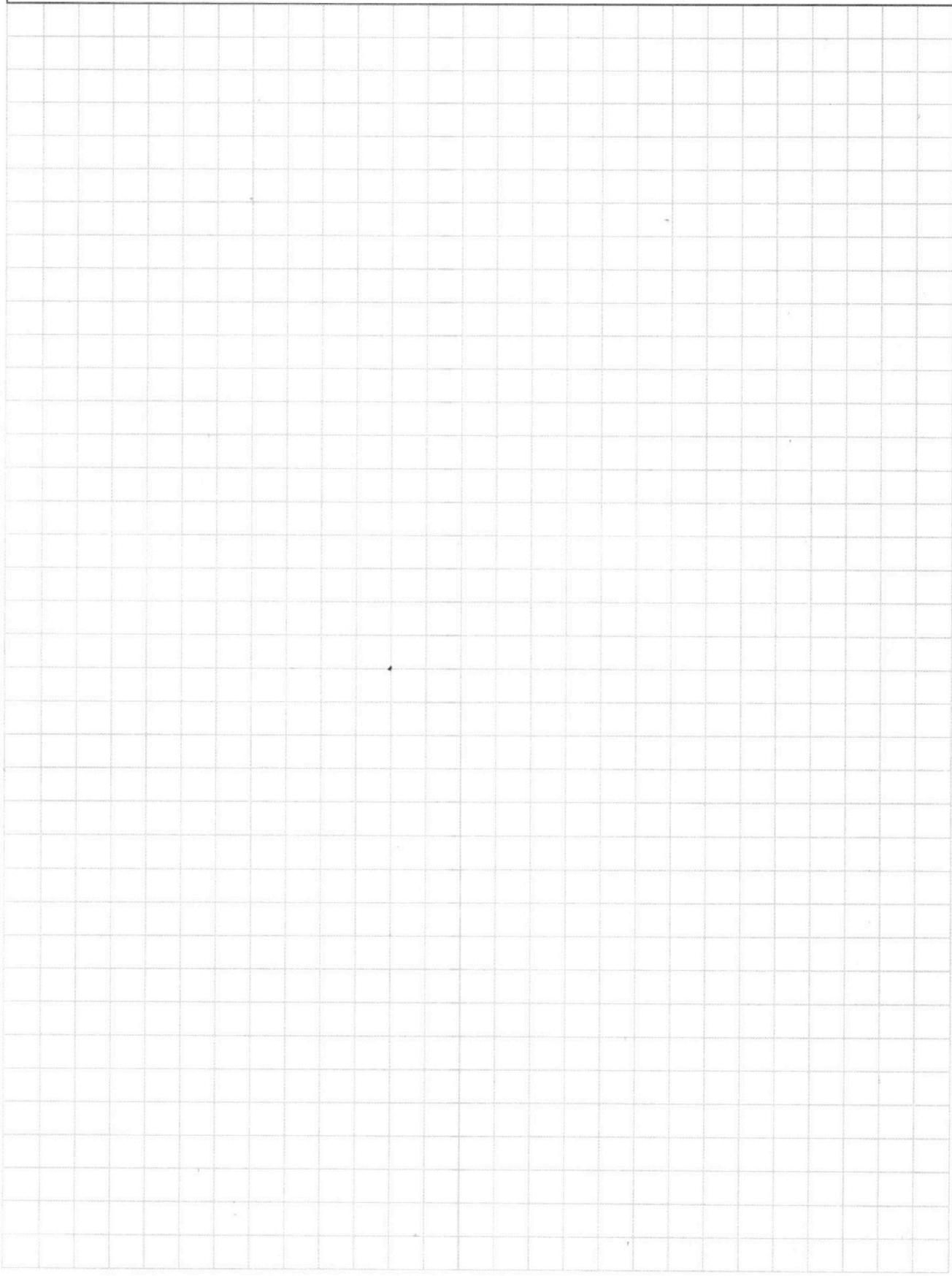
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!





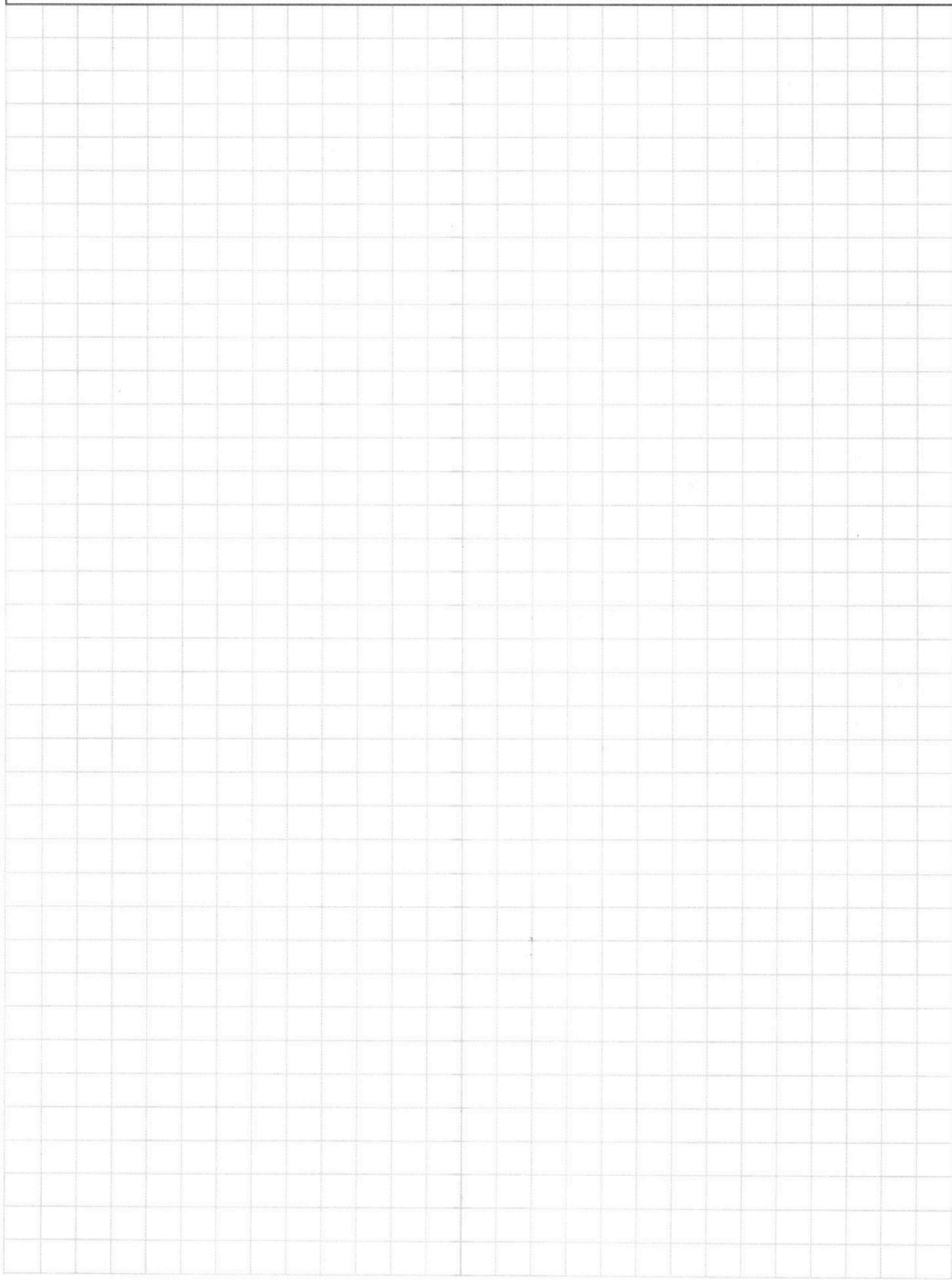
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

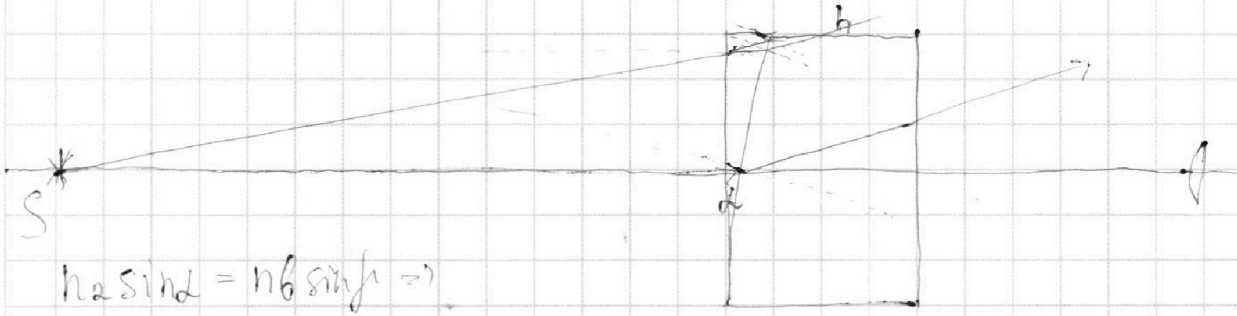
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

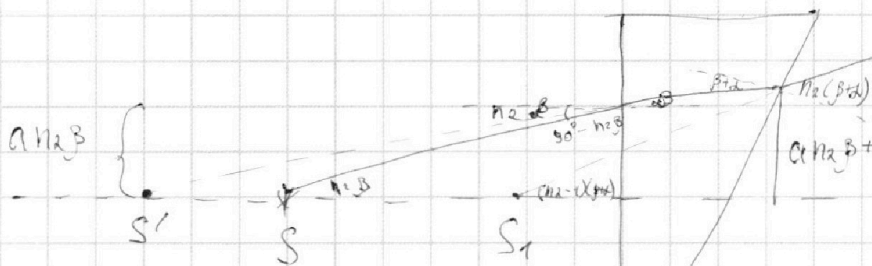
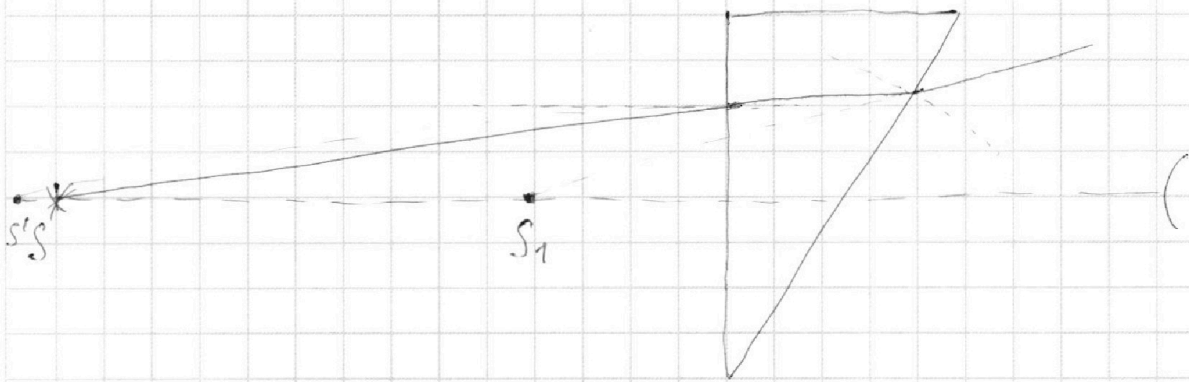


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \beta = 1.7 \alpha \Rightarrow \text{гор. отклонение} = \beta - \alpha = 0.7 \alpha.$$



$$1.7 \alpha = \frac{h}{a}$$

$$\alpha = \frac{h}{e}$$

$$\frac{1.7}{e} = \frac{1}{a}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

