



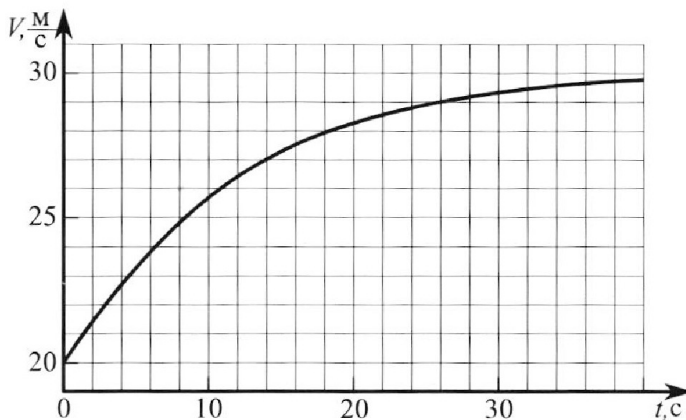
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



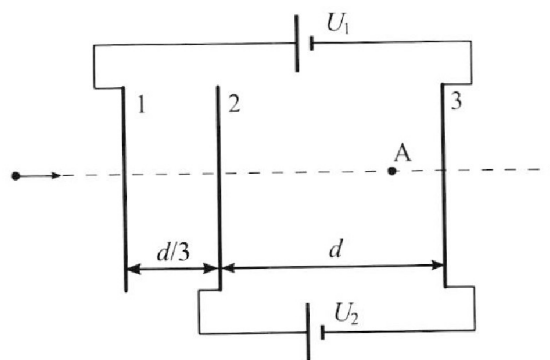
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность числового ответа на первый 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 объем $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объем его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объеме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объем 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 объема жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) 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.



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



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

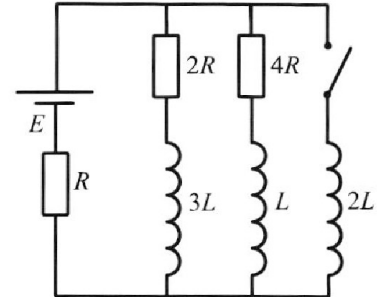
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



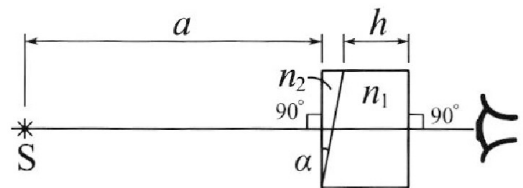
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_{\text{в}} = 1,0$. 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 $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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:

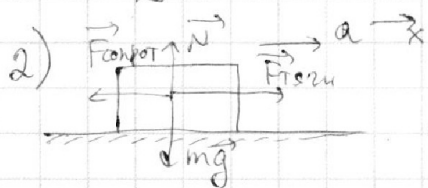
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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 гр-ку $v(t)$ 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 $F_{\text{тр}} = \text{const}$. $P = F_{\text{тр}} \cdot v = F_{\text{тр}} \cdot v = \text{const}$.

В конце разгона $v = \text{const} \Rightarrow$ по 2ЗН на Ox $F_{\text{сопрот}} = F_{\text{тр}}$. Тогда $F_k = F_{\text{тр}} = \text{const}$ на протяжении всего разгона.

В начале разгона: 2ЗН по Ox : $ma_0 = F_{\text{тр}} - F_{\text{сопрот}} = F_k - F_{\text{сопрот}}$

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

(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 $v_k = 30 \text{ м/с}$ — скорости 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 гр-ка, а $F_{\text{тр}} =$ — еще там этого — указка в начале разгона. Тогда $F_k \cdot v_k = F_{\text{тр}} \cdot v_0 \Rightarrow F_{\text{тр}} = F_k \cdot \frac{v_k}{v_0}$

$\approx 23 \text{ Н}$ 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:

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) Обозначим эту часть нагрузки за η . Тогда $\eta = \frac{F_0}{F_{\text{норм}}}$

$$= \frac{F_0}{F_k \cdot \frac{v_k}{v_0}} = \frac{120}{200 \cdot \frac{30}{20}} = \frac{120}{300} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5} = \boxed{0.4}$$

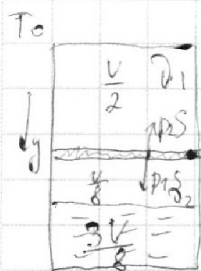
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



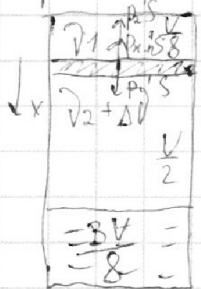
1) При $T = T_0$ мениски находятся в равновесии при некотором перепаде сосуда. V_1 - кол-во газа в верхней части, V_2 - кол-во газа в нижней части.

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

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

$$p_2 = \frac{p_2 R T_0}{V/8} \quad p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{2V_1 R T_0}{V} = \frac{8V_2 R T_0}{V} \Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{V_2} = 4}$$

2) Пусть $p_1 = p_2 = p_0$, а атмосферное давление = $p_{\text{атм}}$. Тогда изначальное в воде было растворено $\Delta V = k \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8}$ увеличенного газа. После перепада эти газ перейдут в газонасыщенное состояние, т.к. при температуре T упр. газ в воде практически не растворится.



После перепада в верхней части сосуда останется V_1 увеличенного газа, а в нижней части сосуда будет насыщенный водяной пар и $V_2 + \Delta V$ увеличенного газа. Объем воды = $\frac{3V}{8}$; Объем V_1 мало газа = $\frac{V}{8}$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{Объем } V_2 + \Delta V \text{ мало газа} = \frac{V}{2}$$

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

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

$$p_2' = \frac{(V_2 + \Delta V) R T}{V/2} = \frac{2V_2 R T}{V} + \frac{2\Delta V R T}{V} = \frac{8V_2 R T_0}{3V} + \frac{8\Delta V R T_0}{3V} =$$

$$= \frac{8V_2 R T_0}{3V} + \frac{8R T_0}{3V} \cdot k \cdot p_0 \cdot \frac{3V}{8} = \frac{8V_2 R T_0}{3V} + k p_0 R T_0$$

$$p_1' = \frac{V_1 R T}{V/8} = \frac{8V_1 R T}{V} = \frac{32V_1 R T_0}{3V}$$

$$p_0 = \frac{8V_1 R T_0}{V} = \frac{8V_2 R T_0}{V} \Rightarrow p_1' = \frac{16}{3} p_0; p_2' = \frac{p_0}{3} + k p_0 R T_0$$

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!

$$T_{\text{огр}} p_{\text{атм}} + \frac{p_0}{3} + k p_0 R T_0 = \frac{16}{3} p_0$$

$$p_{\text{атм}} + k p_0 R T_0 = 5 p_0 \Rightarrow p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{5 - k R T_0} =$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

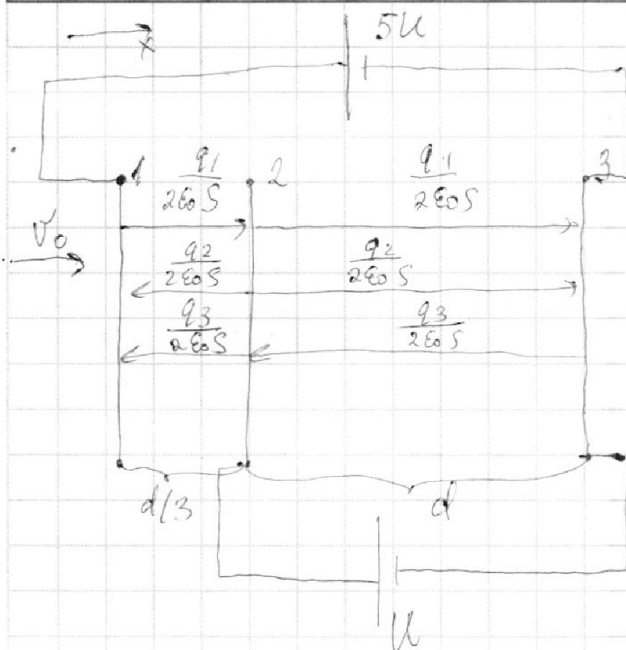
Отметьте крестиком номер задачи,

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

$$\Rightarrow \text{ЗСЗ: } q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

Предположим, что

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

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

$$\text{Тогда: } \begin{cases} \varphi_1 - \varphi_3 = 5U \\ \varphi_2 - \varphi_3 = U \end{cases} \Rightarrow$$

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

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

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

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$\begin{cases} 4q_1 + 2q_2 = \frac{30\epsilon_0 S}{d} \cdot U - \frac{4\epsilon_0 S}{d} \cdot U = \frac{26\epsilon_0 S}{d} \cdot U \\ q_1 + q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U \Rightarrow q_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U - q_1 \end{cases}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



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

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

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

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

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

2) ЗСД от момента пролёта 1 сетки до момента пролёта 2 сетки с учётом работы силы, действующей на заряд:

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

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

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

ЗСД от момента пролёта 2 сетки до момента пролёта 3 сетки с учётом работы силы со стороны эл. поля, действующей на заряд:

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

(E_1 - E_2 -то при пролёте 2 сетки, E_2 - E_3 -то при пролёте 3 сетки).

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

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

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

3) ЗСД от момента пролёта 2 сетки до т. А с учётом работы силы со стороны эл. 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 ☐

МФТИ

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

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

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

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

ЗСД от момента пролёта 1 сетки до момента пролёта 2 сетки с углом разброса см со стороны эл. поля, действующей на заряд:

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

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

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

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

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

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

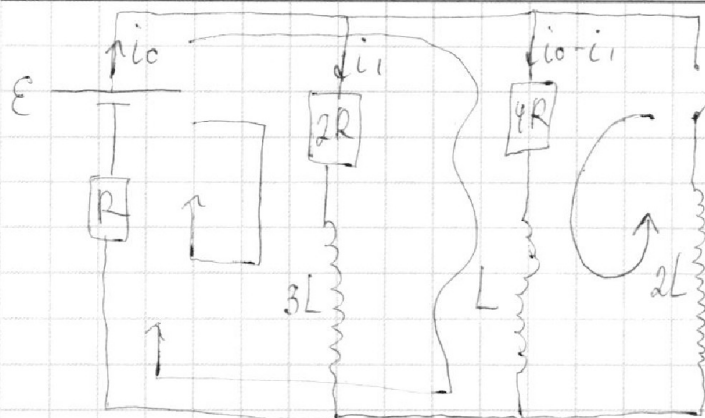
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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) Режим установившегося $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ ток через $3L$
 и $L = \text{const}$. Рассчитаем
 ток, как на рис. (с учетом
 I пр. и контура)

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

(2 пр. по Кирхгофу): $E = 4i_0 R - 4i_1 R + i_0 R + L \frac{d(i_0 - i_1)}{dt} \Rightarrow$
 $\Rightarrow E = 4i_0 R + i_0 R - 4i_1 R = 5i_0 R - 4i_1 R = 5E - 10i_1 R - 4i_1 R \Rightarrow$
 $\Rightarrow 4E = 14i_1 R \Rightarrow i_1 = \frac{2E}{7R}$. 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 изменяется. Тогда
 $U_{2L} = E - i_0 R$ (ток через катушки не изменяется $\Rightarrow$ ток через R тоже не
 изменяется)

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

3) Спустя большое время t : $i_{2L} = \text{const} \Rightarrow U_{2L} = 0$. Тогда ток
 через $2R$ и $4R$ тоже не будут.

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

$E = 2L \frac{di_2}{dt} + i_2 R \Rightarrow i_2 R = i_{2L} R = \frac{E}{R}$
 $\Rightarrow i_2 = \frac{E}{R}$

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 замыкания источника):

Эср =

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

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

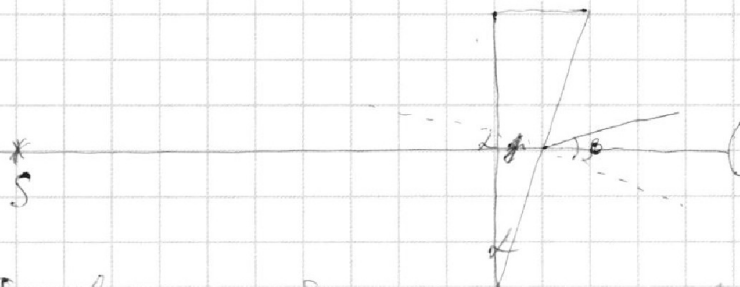
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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 выводе на этот пункт.

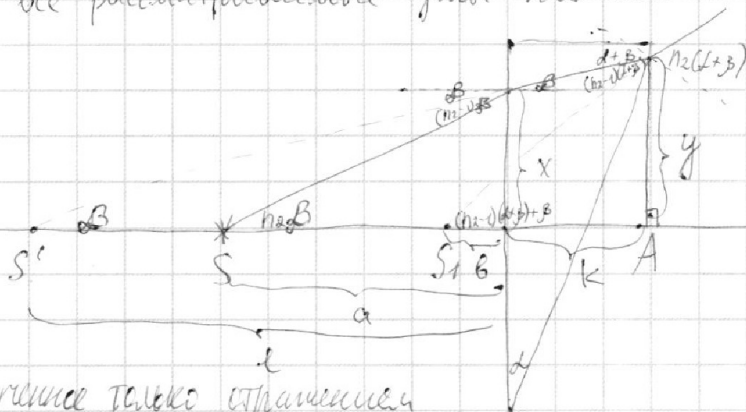


Применение на I пов-ти не будет (уже 1 этой пов-ти). На II пов-ти уже будет падает под углом α .

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

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 учитывать 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:

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

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

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-й вариант, под которым мы изначально задумывали $\Rightarrow$ его можно для удобства

$$x = y - k\beta. \quad l\beta = (b+k)(n_2\beta + n_2d - d) - k\beta$$

$$\text{Вм } S_1A = S_1'A. \quad \frac{1}{2n_2-1}. \quad k \approx h\alpha \Rightarrow$$

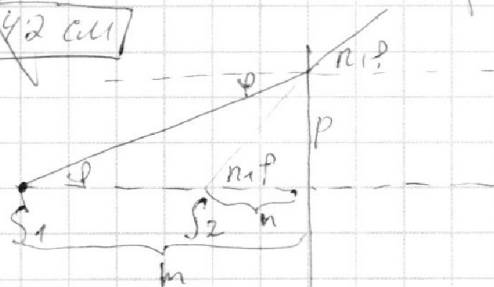
$$\Rightarrow b + h\alpha = (b + h\alpha) \cdot \frac{1}{2n_2-1} \Rightarrow b = \frac{(b + h\alpha)(2n_2-2)}{2n_2-1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{искомое расст-е} = a - b = a - \frac{(n_2a + h\alpha)}{2n_2-1} + h\alpha =$$

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

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

3) В данном пункте просто прибавится 1 отражение на плоской пов-ти. Но все расст-е = расст-е, найденное в п.б) + ^{на св-ву отражения на плоской пов-ти, 1 линия, соединяющая глаз.} $(n_1-1) \cdot \text{расст-е, найденное в п.б}).$ Тогда это новое расст-е = $30 + 0.4 \cdot 30 = 42 \text{ см}$



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

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

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

получаемо в пред. пункте) = 24 см. Тогда искомое расст-е = расст-е, найд. во 2) + 24 см = $30 + 24 = 54 \text{ см}$

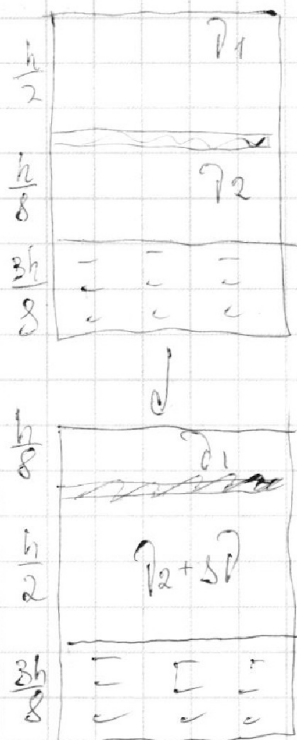
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



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

$$\Rightarrow \frac{p_1}{8} = \frac{p_2}{2} \Rightarrow 4p_2 = p_1.$$

$$\frac{p_1 R T}{V}$$

$$p_{g0} = \frac{p_1 R T_0}{S \frac{h}{2}}$$

$$\frac{4}{3} T_0 \quad \frac{p_1 R T}{S \frac{h}{8}} = p_0 + \frac{(p_2 + \Delta p) R T}{S \frac{h}{2}}$$

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

$$\frac{8p_1 R}{Sh} \cdot \frac{4}{3} T_0 = p_0 + \frac{8p_2 R T}{3Sh} + \frac{8\Delta p R T_0}{3Sh}$$

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

☐

2

☐

3

☐

4

☐

5

☐

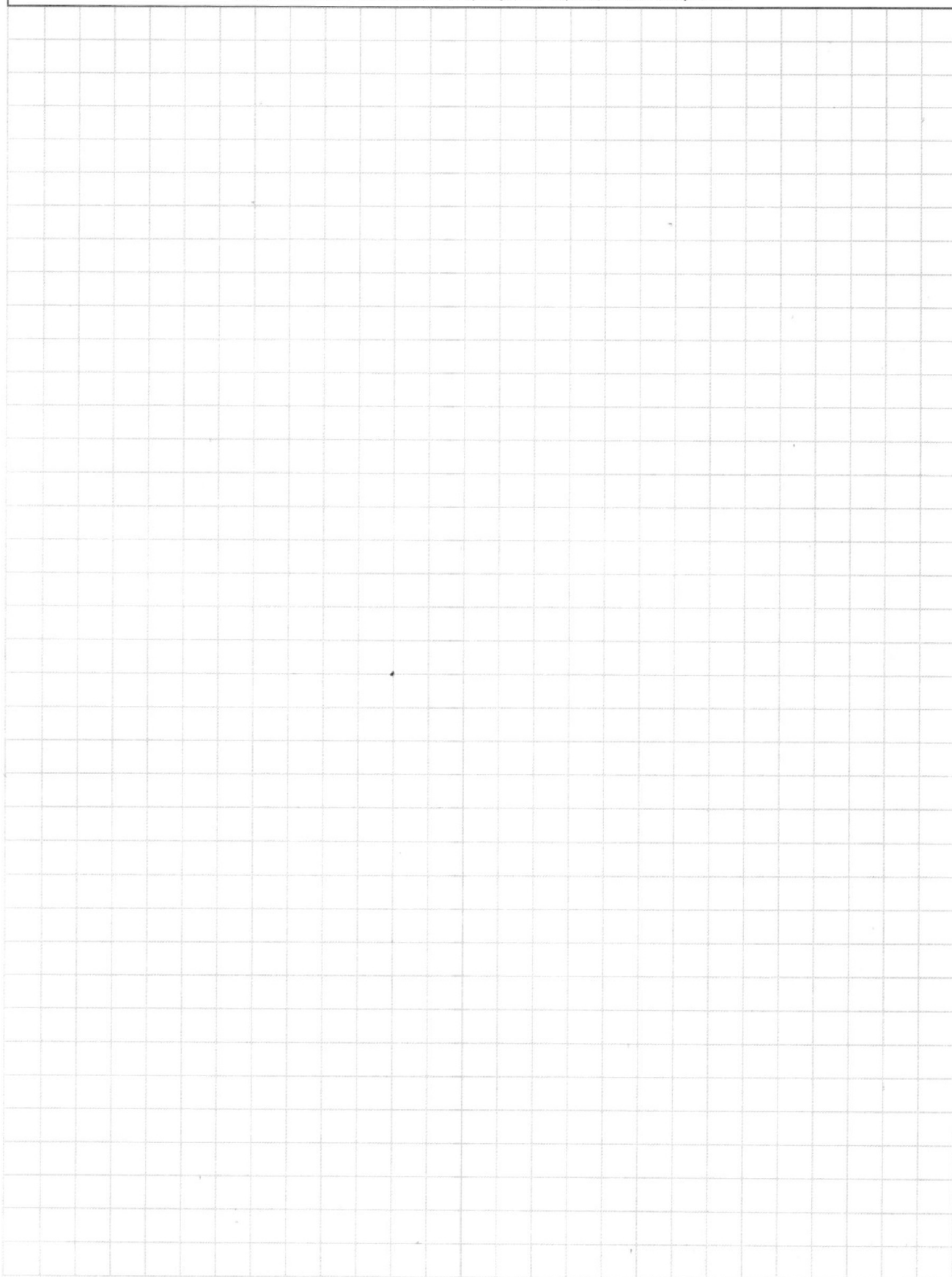
6

☐

7

☐

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





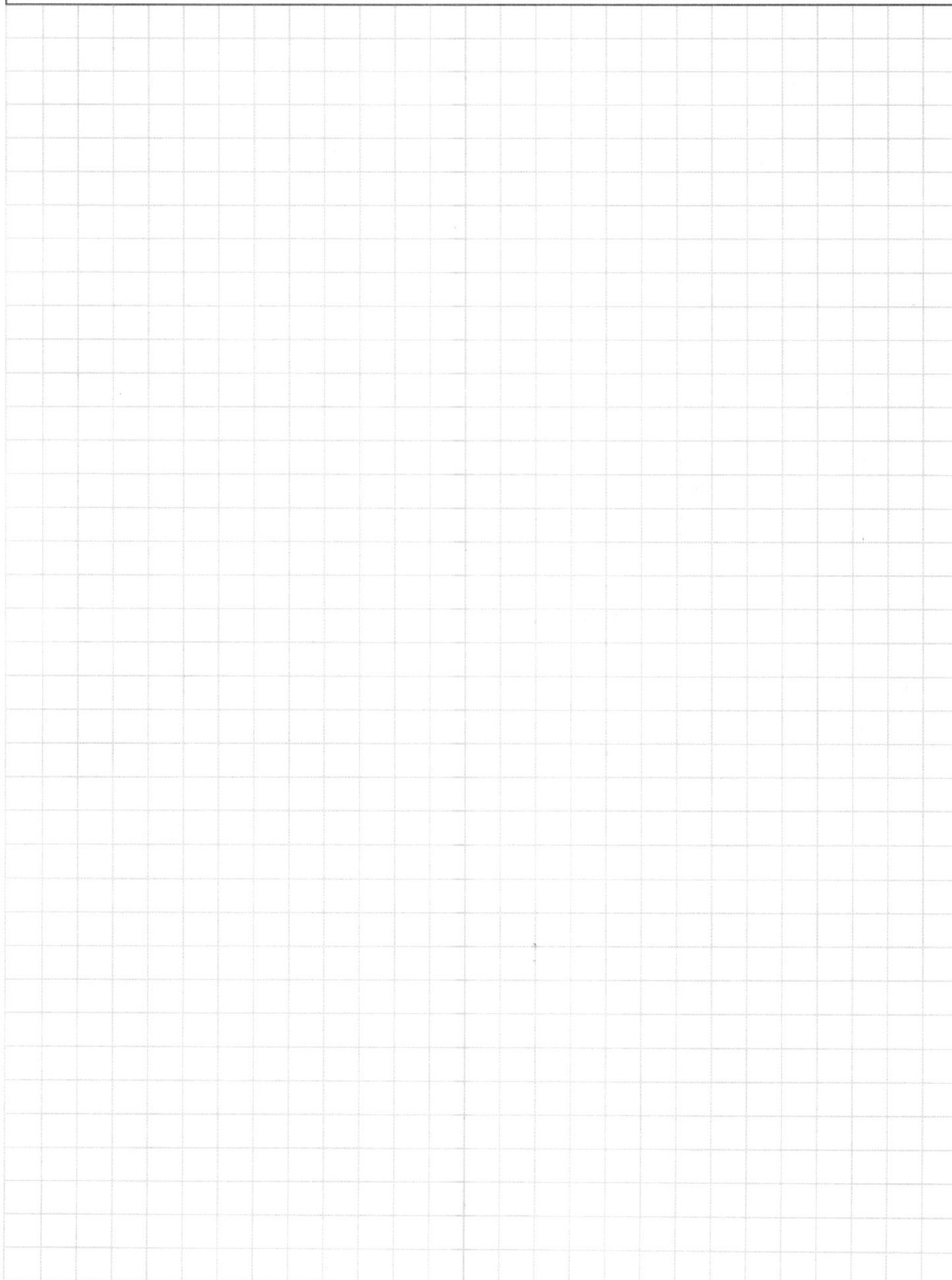
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





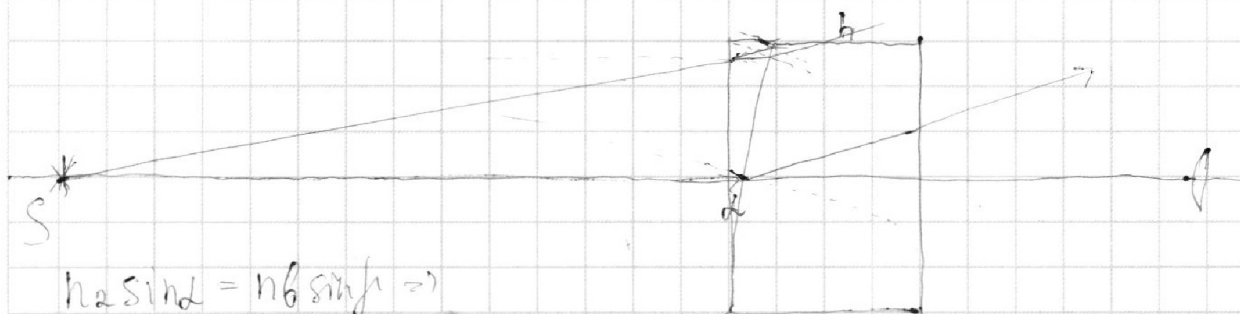
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

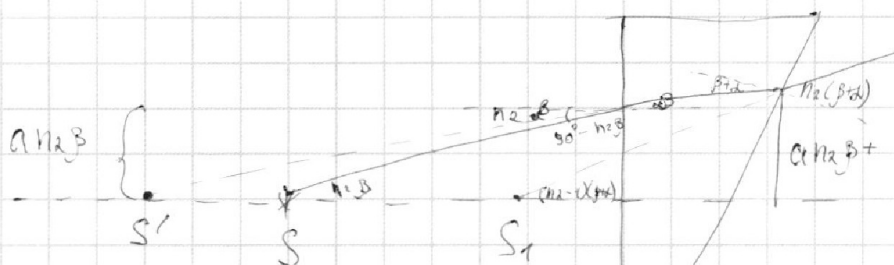
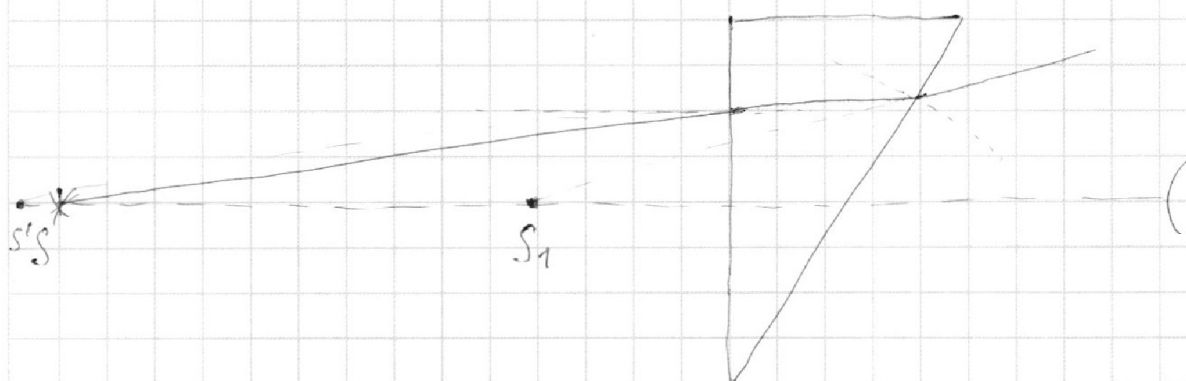
МФТИ

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



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

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



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



