

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023



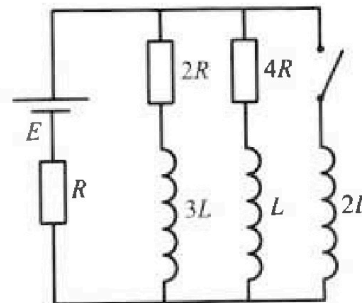
Вариант 11-04

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

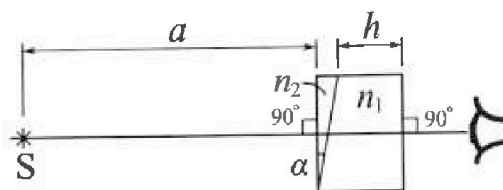
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_v = 1,0$. 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 $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.



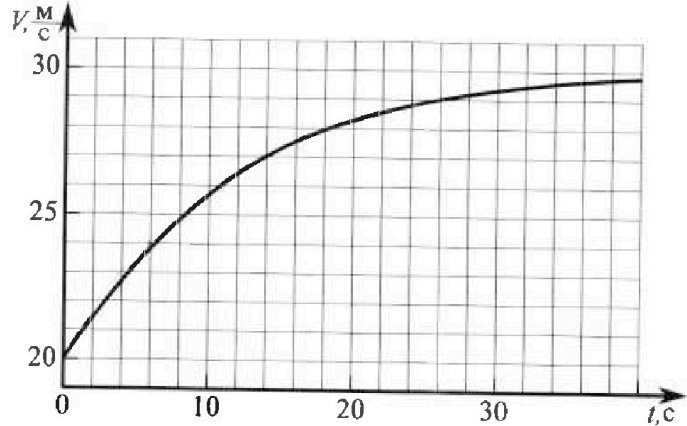
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



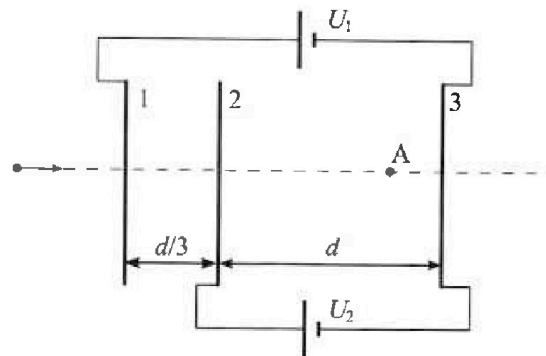
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 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/($\text{м}^3 \cdot \text{Па}$). 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.

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!

$$-F_0 + F_{\text{т}} = m a_0 \Rightarrow F_0 = F_{\text{т}} - m a_0 =$$

$$= F_{\text{т}} \frac{v_{\text{т}}}{v_0} - m a_0 = 200 \text{ Н} \cdot \frac{30 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}} - 240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} =$$

$$= 120 \text{ Н}$$

3) Коэффициент, передаваемая на ведущее
колесо, идущая на протекторе шины
сопротивления равна коэффициенту шин
сопротивления: $F_0 v_0$

$$\eta = \frac{F_0 v_0}{F_{\text{т}} v_{\text{т}}} = \frac{F_{\text{т}} v_{\text{т}} - m a_0 v_0}{F_{\text{т}} v_{\text{т}}} = 1 - \frac{m a_0 v_0}{F_{\text{т}} v_{\text{т}}}$$

$$= 1 - \frac{240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м/с}}{200 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}} = \frac{2}{5}$$

Ответ: $\eta a_0 \approx 0,75 \text{ м/с}^2$; $F_0 = F_{\text{т}} \cdot \frac{v_{\text{т}}}{v_0} - m a_0 = 120 \text{ Н}$

$$3) \eta = 1 - \frac{m a_0 v_0}{F_{\text{т}} v_{\text{т}}} = \frac{2}{5}$$

~~100 Н~~
~~218 Н~~

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!

$m = 270 \text{ кг}$

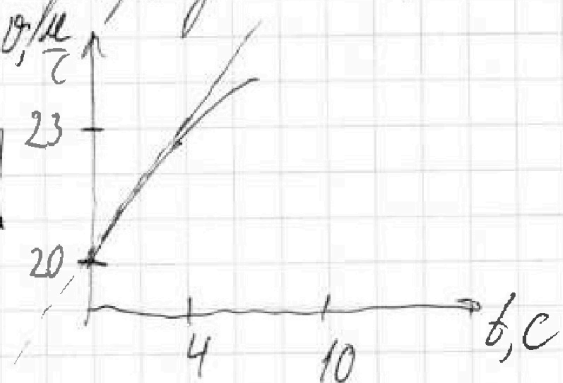
$F_k = 200 \text{ Н}$

1) $a_0 = ?$

2) $F_0 = ?$

3) $\varphi = ?$

Проведем касательную к графику в точке O.



$a_0 = \frac{dv}{dt}$ в начале motion $t=0$. По графику

$\frac{dv}{dt}$ является тангенсом угла наклона касательной.

Из построения видно, что $a_0 \approx \frac{3 \text{ м}}{4 \text{ с}} = 0,75 \text{ м/с}^2$

2) Из графика устанавливается скорость равна примерно $v_k \approx 30 \text{ м/с}$. Моменту равна произведению силы трения на

скажем: $F_{m0} v_0 = v_k F_k$, где F_{m0} - сила трения в начале, v_0 -

скорость в начале (из графика $v_0 = 20 \text{ м/с}$)

По 2-му 3-му закону:

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!

2) По условию Менделеев-Клапейрон для
газа газа между газами и вакуумом.

$$p_1 \frac{V}{2} = \nu_1 RT \quad p_A + p_i \frac{V}{2} = \nu_k RT$$

p_1 - давление газа между газом и вакуумом, p_i - парциальное
давление газа между газом и вакуумом.

$\nu_1 = 3 + 3 \nu_k$ газом парциальное

давление газа между газом и вакуумом.

$$p_1 = \frac{p_0 V RT}{V} = \frac{p_0 RT}{V} = \frac{p_0 V}{2RT_0} = 4p_0 \frac{T}{T_0} = \frac{16}{3} p_0$$

$$p_i = \frac{2\nu_k RT}{V} = \frac{2RT}{V} \cdot \left(\frac{p_0 V}{8RT_0} + \frac{3}{8} p_0 V \right) =$$

$$= 3p_0 + \frac{3}{4} p_0 kRT = 3p_0 \left(1 + \frac{3kRT}{4} \right)$$

$$p_A + p_i = p_1 \quad p_A = \frac{16}{3} p_0 - 3p_0 - \frac{3}{4} p_0 kTR$$

$$p_A = 5p_0 - \frac{3}{4} p_0 kTR \quad p_0 = p_A \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{4} kTR} =$$

$$= p_A \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{4} \cdot 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/(м}^3 \cdot \text{К)} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}} = \frac{20}{73} p_A$$

$$\text{Ответ: } \frac{17}{73} p_0$$

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!



$$T = 373 \text{ K}$$

$$T_0 = \frac{3}{4} T$$

$$\Delta V = k p_0 V$$

$$k = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль / (м}^3 \cdot \text{Па)}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж / моль}$$

$$\Delta V = k p_0 \cdot \frac{3}{4} V$$

Кол-во молекул газа в начале. ОК не оказывает

воздействия на процесс.

1) $\frac{V_1}{V_2}$ - ?

2) p_0 - ?

По ур-ю Менделеева - Клапейрона

где V_1 и V_2 - объемы газа в начале и в конце.

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu k R T_0 \quad p_0 \cdot \frac{V}{4} = (\nu k - \Delta \nu) R T_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0}{V_0} = \frac{3}{4} k p_0 V$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{p_0 V}{2 R T_0} \quad V_2 = \frac{p_0 V}{4 R T_0} + \frac{3}{4} k p_0 V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{p_0 V}{2 R T_0 \left(\frac{p_0 V}{4 R T_0} + \frac{3}{4} k p_0 V \right)} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{3}{4} k R T_0} =$$

$$= \frac{4}{1 + 3 k R T_0} = \frac{4}{1 + \frac{9}{4} k R T_0} = \frac{16}{4 + 9 k R T_0} =$$

$$= \frac{16}{4 + 9 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ моль / (м}^3 \cdot \text{Па)} \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ Дж / моль}} \approx 8,8$$

$$\approx 8,8 \approx 80/10$$

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!

$$\text{Ответ: } \eta_{\text{ж}} = \frac{1}{4 + 9kRT} = \frac{80}{10} \approx 9\%$$

$$2) p_0 = p_{\text{ж}} \cdot \frac{1}{5 - \frac{3}{4}kTR} = \frac{20}{73} \text{ Па}$$

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!

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

Решим систему:

$$\begin{cases} \frac{\epsilon_0 S U}{d} = q_1 + q_2 \\ 15 \frac{\mu \epsilon_0 S}{d} = 4q_1 + 3q_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_2 = \frac{\epsilon_0 S U}{d} - q_1 \\ 15 \frac{\mu \epsilon_0 S}{d} = 4q_1 + \frac{3\epsilon_0 S U}{d} - 3q_1 \end{cases}$$

$$q_2 = \frac{\epsilon_0 S U}{d} - q_1 \quad q_2 = -\frac{11 \epsilon_0 S U}{d}$$

$$q_1 = \frac{12 \mu \epsilon_0 S}{d} \Rightarrow q_1 = \frac{12 \mu \epsilon_0 S}{d}$$

Составим уравнение поворота на π -мил:

$$\sigma_1 = \frac{12 \mu \epsilon_0}{d} \quad \sigma_2 = -\frac{11 \epsilon_0 U}{d} \quad \sigma_3 = -\frac{\mu \epsilon_0}{d}$$

$$-\frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = +\frac{\mu}{2d} + \frac{12\mu}{2d} - \frac{11\mu}{2d} = \frac{\mu}{d}$$

- напряженность между 2 и 3

$$\text{По 2-му закону Ньютона} \quad \frac{\mu}{d} q = ma \Rightarrow a = \frac{\mu q}{md}$$

2) μ -разно по мере об удлинении
размеров и формул:

$$K_3 - K_2 = \mu q$$

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!

3) Какое из крайних зарядов
потенциал поперечке
между обкладками равен
потенциалу на делительном.

Потенциал поперечке
между 2 и 3 и в
точке 0, σ на рис.

Край равна 0. В точке A:

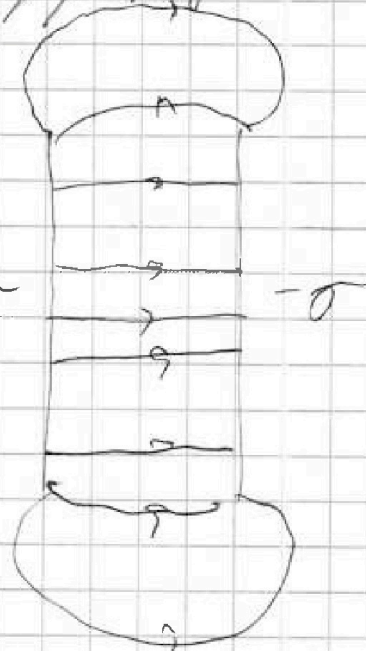
$$-\frac{d}{4} \cdot \left(\frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} \right) = \frac{d}{4\epsilon_0} \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{2\epsilon_0}{d} = -\frac{U}{4}$$

По мере от узла симметричной зарядки
и 0 U U U зарядов U_0 . По мере от
азимутальной симметричной зарядки:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = q \frac{U}{4} \quad \text{или} \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{Uq}{4}$$

$$v^2 = v_0^2 + \frac{Uq}{2m} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{v_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$$

Ответ: 1) $a = \frac{Uq}{4m}$; 2) $K_3 - K_2 = Uq$; 3) $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

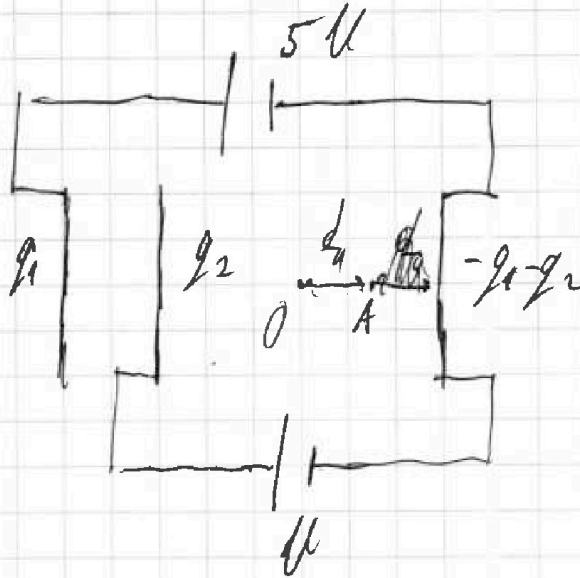
МФТИ

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



№ 3.

d, μ, m, q
 1) $a - ?$
 2) $K_1 - K_2 - ?$
 3) $\varphi - ?$



1) Расставим уст. зар., как на рисунке.
Вычислим разности потенциалов между электродами.

$$5U = \left(\frac{+q_1 + q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} \right) d + \frac{d}{3} (-q_1)$$

$$5U = \left(\frac{q_1}{\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) \frac{d}{3} +$$

$$+ \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) d$$

$$5U = \frac{10 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{q_1}{\sqrt{3}} - \frac{q_2}{\sqrt{3}} + \frac{q_1}{\sqrt{3}} + \frac{q_2}{\sqrt{3}} + q_1 + q_2 + q_1 + q_2$$

$$\frac{10 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{8}{3} q_1 + 2q_2 \Rightarrow \frac{5 U \epsilon_0 S}{d} = \frac{4}{3} q_1 + q_2$$

$$U = \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{-q_1 - q_2}{2\epsilon_0 S} \right) d$$



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. Печать QR-кода недопустима!

1) $I_{20} = ?$ | Попробуем использовать ЭДС индукции
 2) $\frac{dI}{dt} = ?$ | нет $3L$ и L — ~~просто~~ будем
 3) $I_{4R} = ?$ | все как раньше. $\frac{4R}{2R} = 2$, т.е.
 ток через $2R$: $2 I_{20}$ (как всегда было)
 По 2-й правой Лаваша и 1-й:
 $\mathcal{E} = 3 I_{20} R + 4R \cdot I_{20} \Rightarrow I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$

2) Ток через $3L$ и L не мог резко
 измениться после замыкания, т.е. он макс
 и будет I_{20} и $2 I_{20}$, а по 1-й
 правой Лаваша через резистор R он
 макс и будет $3 I_{20}$. Через $2L$ ~~тоже~~
 сразу после замыкания тока не было.
 По 2-й правой Лаваша где контур
 $\mathcal{E} - R - 2L$:

$$\mathcal{E} = 3 I_{20} R + 2L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$$

3) $I_{2L} =$ ток через $2L$, $I_{4R} =$ ток через
 L и $4R$ ~~снова~~ после замыкания

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

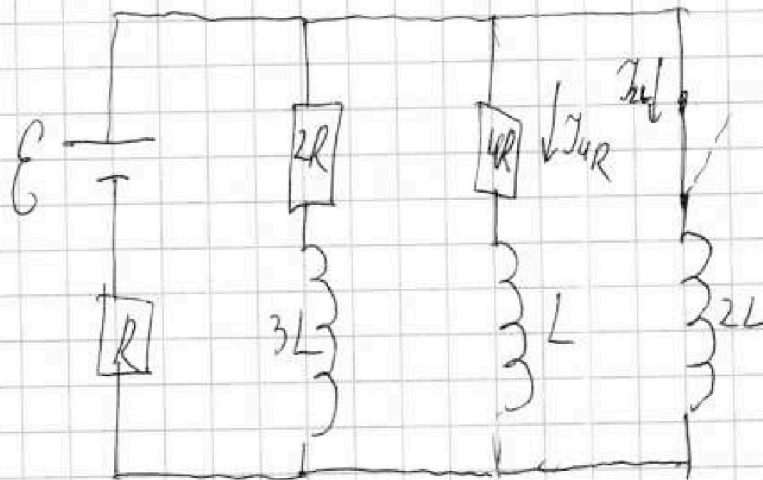
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

решено. По 2-му
правилу Кирхгофа
для контура
 $4R - L - 2L$:

$$0 = 4I_{4R}R + L \frac{dI_{4R}}{dt} - 2L \frac{dI_{2L}}{dt}$$



$$4R \cdot \frac{dI_{4R}}{dt} + L \frac{dI_{4R}}{dt} = 2L \frac{dI_{2L}}{dt}$$

$$4R \frac{dI_{4R}}{dt} + L \frac{dI_{4R}}{dt} = 2L \frac{dI_{2L}}{dt} \quad \text{Продифференцируем}$$

$4R I_{4R}$ от момента замыкания, до $t=0$ не считаем

$4R \Delta I_{4R}$ установившийся режим $\frac{dI_{4R}}{dt} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{4R} = 0$, ток через $2R$ тоже равен 0

$$4R I_{4R} + L (I_{4R} - I_{2L}) = 2L (I_{2L} - I_{2L})$$

I_{4R} - ток через $4R$,

I_{2L} - ток через $2L = I_{20} = \frac{E}{FR}$

I_{2L} - ток через $2L$

I_{2L} - ток через $2L = 0$

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 checked="" 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!

В установившемся режиме нет ЭДС
индукции, т.е. $i_{чк} = 0$ (конденсатор нет).
По 2-му закону $2L$ будем считать как обычную
проводимость. По 2-му закону Кирхгофа
для R -ра $\mathcal{E} - 2L - R$
 $i_{чк} = \frac{\mathcal{E}}{R}$ ~~вычислять R или~~

Используем:

$$4Rq_{чк} + L \cdot \left(-\frac{\mathcal{E}}{7R}\right) = 2L \frac{\mathcal{E}}{R} \quad 4Rq_{чк} = \frac{15}{7} L \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$q_{чк} = \frac{15}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

$$\text{Ответ: 1) } i_{чк} = \frac{\mathcal{E}}{7R}; \quad 2) \frac{d^2}{dt^2} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}; \quad 3) q_{чк} = \frac{15}{28} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

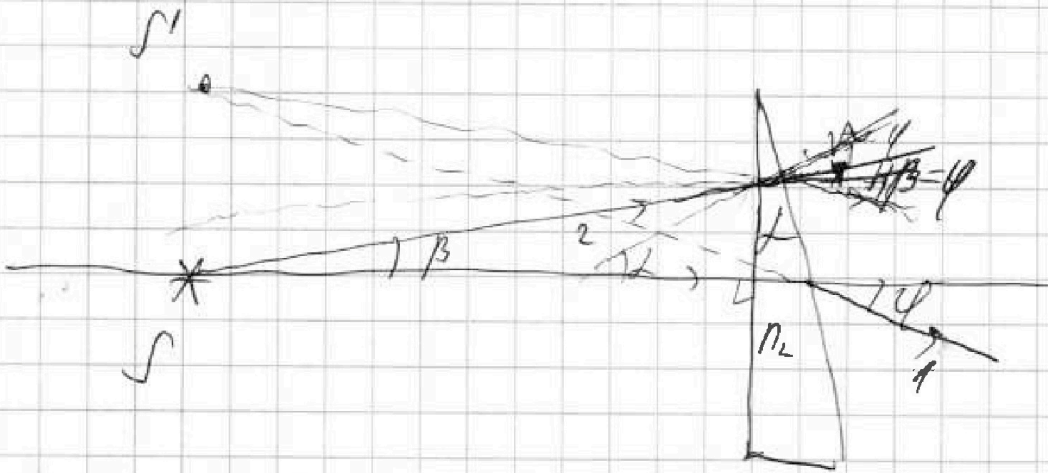
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

Путь d для луча под углом 0° , лучи
 превышающий $d = 2(n_1 + 1)$, световый путь
 на $d \in \mathbb{N} \left(1 + \frac{1}{n_1}\right)$

2)



Путь d для луча под углом β , путь d для луча под углом β , они пройдут путь d от источника до точки S' . Лучи 1 и 2 достигают на поверхности S' , а луч 2 на высоте $(\beta + \varphi)/\alpha - \beta\varphi = 2\alpha\varphi$. d считается. S' расстояние S' от S : $d = 2(n_2 - 1) = 7 \text{ см}$

Ответ: 1) $\varphi = 2 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = 0,07 \text{ рад}$; 2) $d = 2 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = 7 \text{ см}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



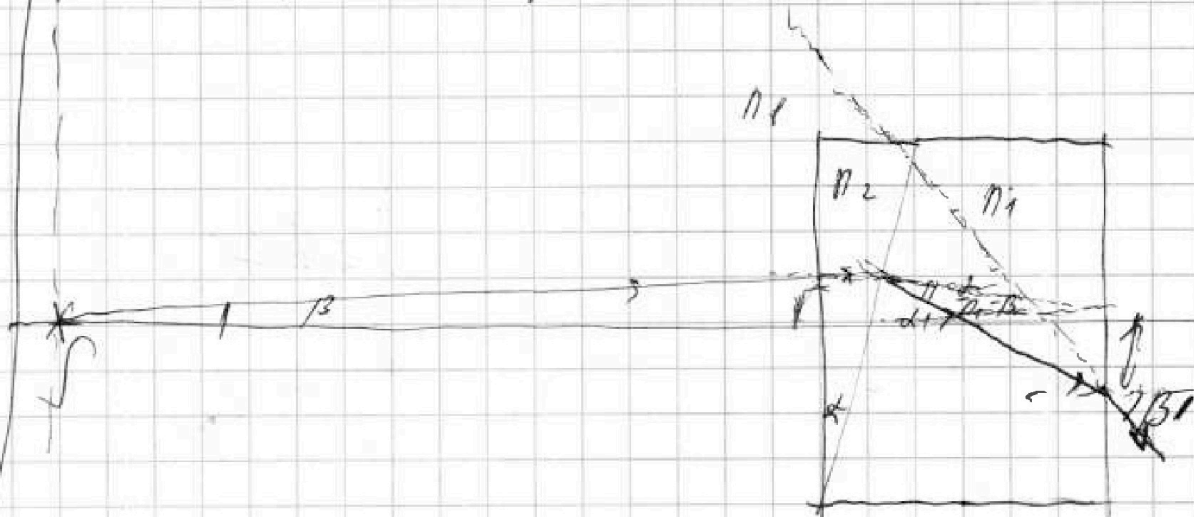
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

зн. $\varphi_0 = 2 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = 90^\circ$ град

2) Построим луч под углом β .



Он упадет на z - y границу $n_2 - n_1$
под углом $2 - \frac{\beta}{n_2}$, преломится ко

углу $(2 - \frac{\beta}{n_2}) \frac{n_2}{n_1} = \frac{2}{n_1} - \beta$. Упадет на

границу $n_1 - n_1$ под углом $2 + \frac{d}{n_1} - \beta$,

выскочит на угол $\beta' = 2 n_1 - \beta n_1 + d$.

луч выдет из призмы опущенным

$$\text{на } xz \text{ ось } - (2 n_1 - \beta n_1 + d) h = \beta (a + h n_1) - d h (n_1 + 1)$$

$$a_\beta = (a \beta - h (2 + \frac{d}{n_1} - \beta)) = (\beta (a + h) - h (2 + \frac{1}{n_1}))$$

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"/>

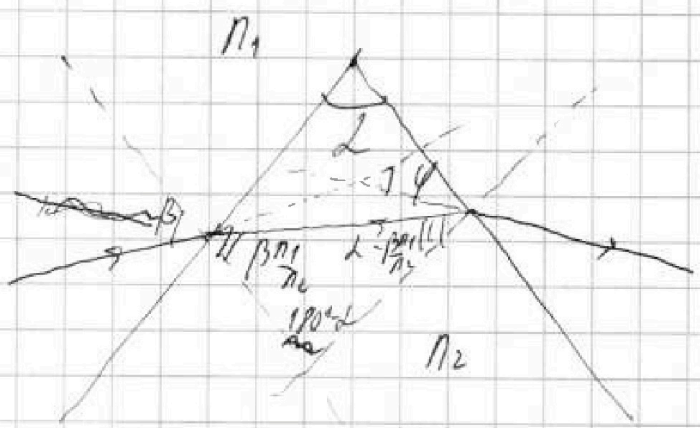
МФТИ

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



№5.

$n_1 = 1,6$
 $a = 100 \text{ см}$
 $L = 0,1 \text{ рад}$
 $h = 14 \text{ см}$



1) φ_0 - ?
2) β_1 - ?
3) β_2 - ?

1) Рассмотрим лучи с малым углом φ . Мы рассмотрим малый угол, потому что $L \ll \beta_1 \ll \sin \alpha$. Рассмотрим лучи с малым углом φ и при вершине. То же для лучей при угле β . По 3-му закону Снеллиуса угол преломления $\beta \frac{n_1}{n_2}$ (n_1, n_2 - показатели преломления).

Угол α падает на границу стороны: $\alpha - \beta \frac{n_1}{n_2}$ (по закону преломления).

Угол α падает на границу стороны: $\frac{n_2}{n_1} \beta$.

Найдём угол отклонения φ . Рассчитаем угол преломления β_1 под углом φ .
 $\varphi = L \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$.



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!

$$\frac{1}{5} - \frac{3}{4} .$$

~~✓~~

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

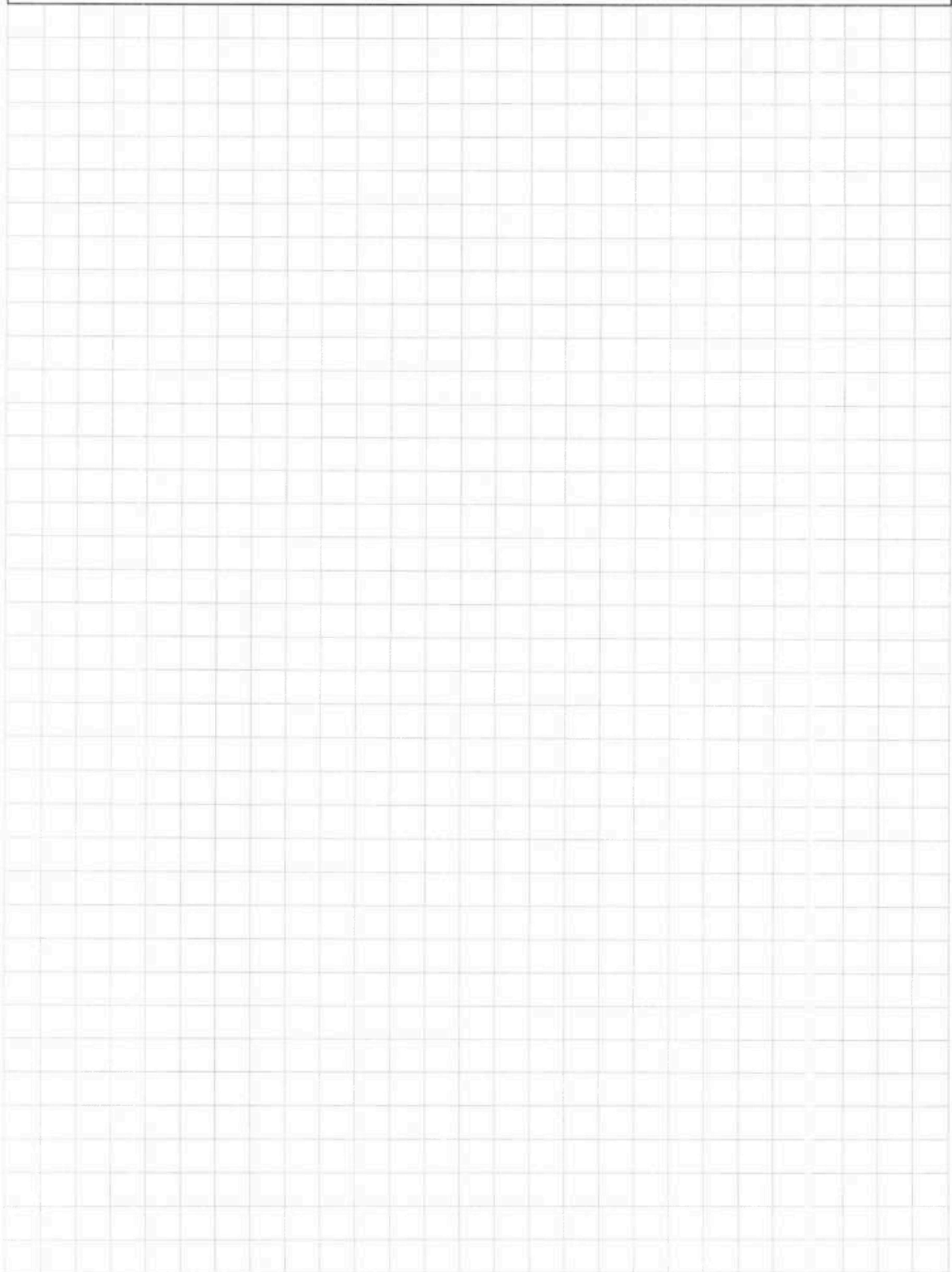
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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"/>

 МФТИ

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!

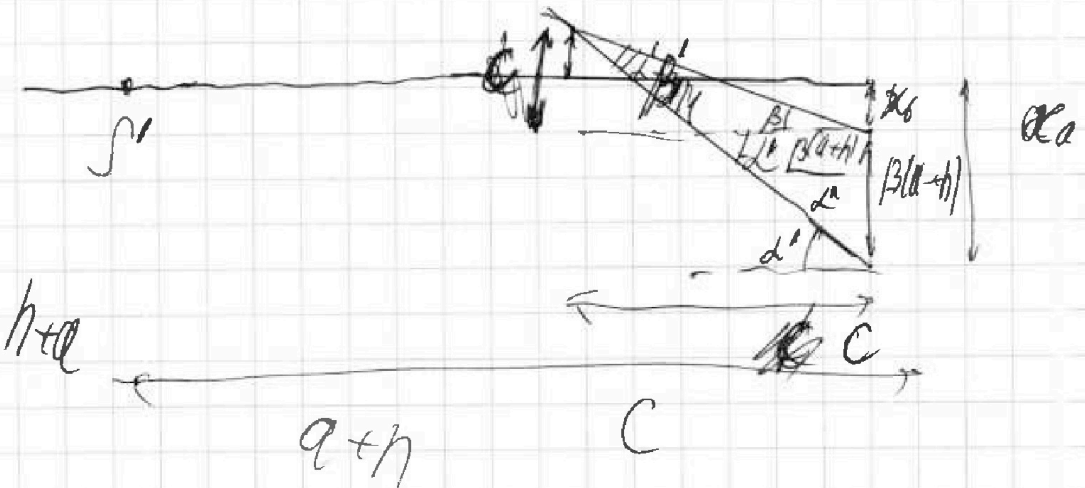
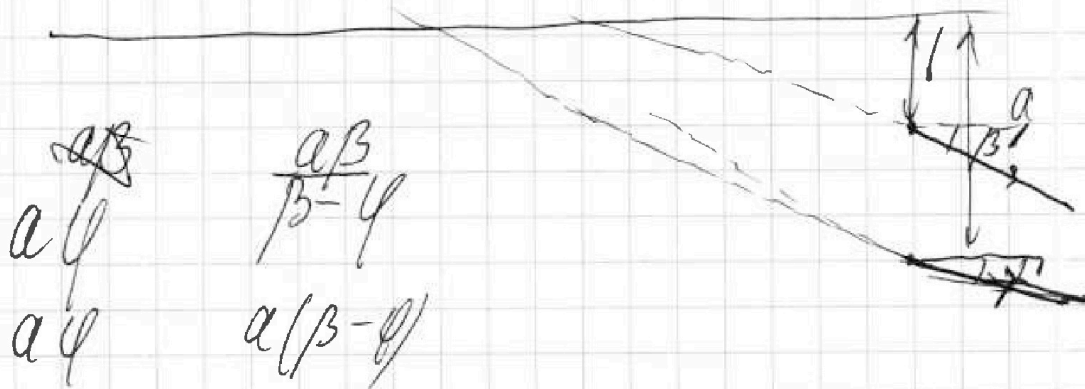
$$a\alpha - b = h \alpha - \frac{h^2}{n_1} - \beta(a+h)$$

$$90^\circ - \beta - 90^\circ \alpha = \alpha - \beta' = \beta n_1$$

$$\frac{\beta(a+h)}{\beta n_1} = \sin \alpha' \frac{\beta(a+h)}{\beta n_1} = \frac{c}{\alpha' \beta}$$

$$100 \cdot 0,1 (97) \\ \text{ТВ}$$

$$c = \frac{\beta(a+h)}{n_1}$$





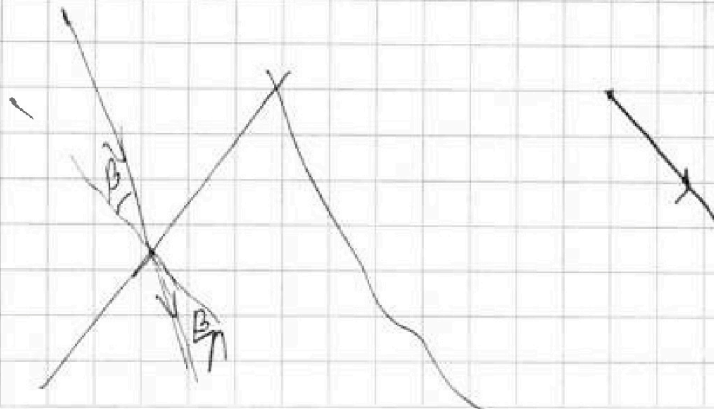
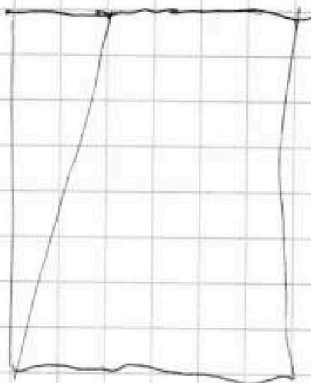
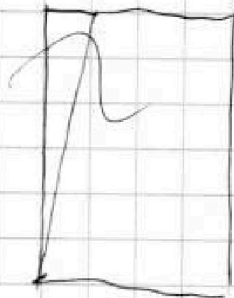
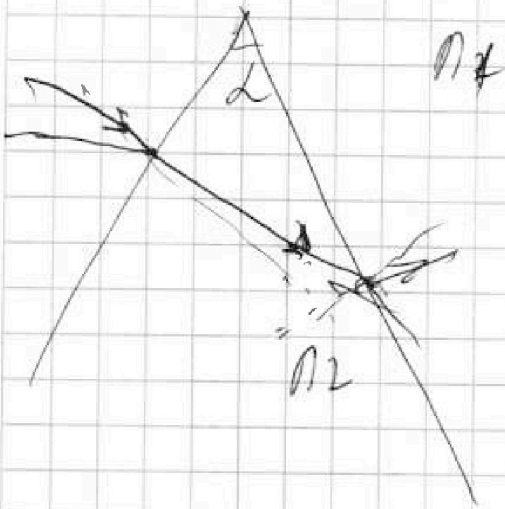
На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 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!

$$\varphi_1 = 2 \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \quad \varphi_2 = 2 \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

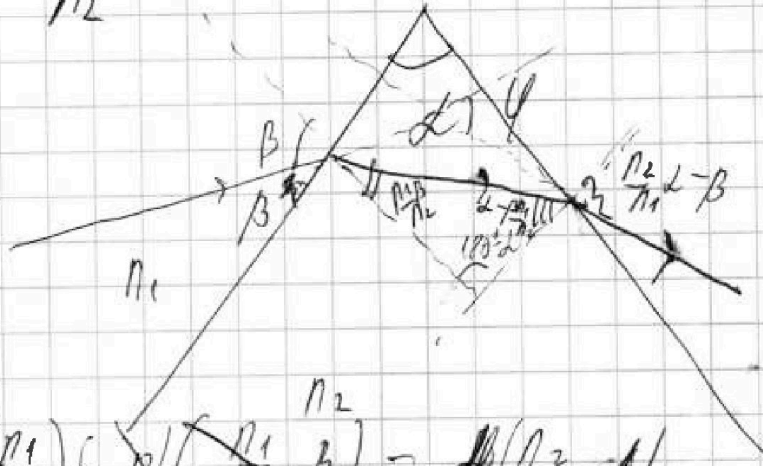
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ

- 1 2 3 4 5 6 7

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

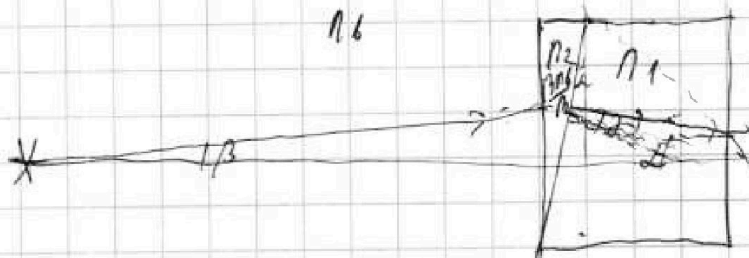
$$\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} + \beta = \frac{n_1}{n_2}$$



$$\frac{1}{n_1} \sin(\beta) = \frac{1}{n_2} \sin(\beta') \Rightarrow \beta' = \frac{n_1}{n_2} \beta$$

$$\frac{1}{n_2} \sin(\beta') = \frac{1}{n_1} \sin(\beta'') \Rightarrow \beta'' = \frac{n_2}{n_1} \beta'$$

$$\beta'' = \frac{n_2}{n_1} \left(\frac{n_1}{n_2} \beta \right) = \beta$$



$$\beta = \left(L - \beta \frac{n_1}{n_2} \right) \frac{n_2}{n_1} = L \frac{n_2}{n_1} - \beta \frac{n_1}{n_1} = \frac{n_2}{n_1} (L - \beta)$$

$$\beta = L \frac{n_2}{n_1} - \beta \Rightarrow \beta \left(1 + \frac{n_2}{n_1} \right) = L \frac{n_2}{n_1}$$

$$\beta = \frac{L \frac{n_2}{n_1}}{1 + \frac{n_2}{n_1}} = \frac{L n_2}{n_1 + n_2}$$

$$\beta = \frac{L n_2}{n_1 + n_2} + \beta$$

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

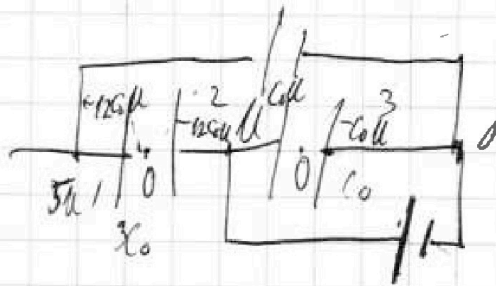
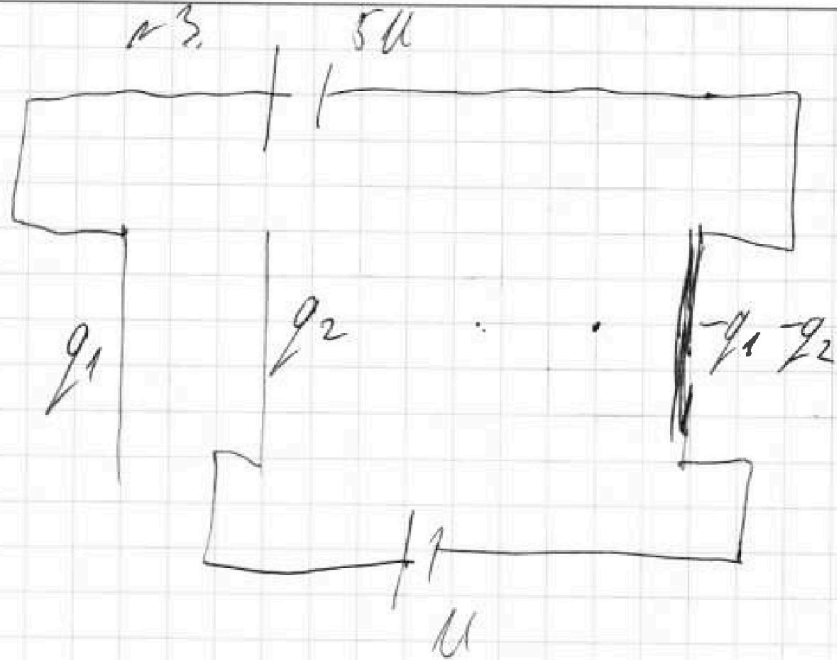
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



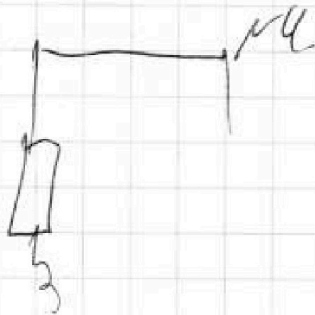
$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$C_{12} = \frac{3\epsilon_0 S}{d} = 3C_0$$

$$C_{23} = \frac{\epsilon_0 S}{d} = C_0$$



$$\frac{11}{2C_0} - \frac{q_2}{2C_0} = \frac{-q_1 - q_2}{2C_0}$$



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"/>

МФТИ

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

черновик №7.

$$\frac{1}{4p_1} = \frac{1}{pRT \left(\frac{p_0}{RT_0} + \frac{3}{4} k p_0 \right)}$$

$$\frac{1}{4p_1} = \frac{1}{p_0 \frac{T}{T_0} + 3 k p_0 RT} \quad 4p_1 = p_0 \frac{4}{3} + 3 k p_0 RT$$

$$p_1 = \frac{p_0}{3} + \frac{3}{4} k p_0 RT$$

$$p_1 + p_A = 4p_0 \cdot \frac{4}{3} \Rightarrow \cancel{p_0} + \frac{3}{4} k p_0 RT + p_A = \cancel{\frac{16}{3} p_0} 5p_0$$

$$p_A = p_0 \left(5 - \frac{3}{4} k RT \right)$$

$$p_A = \frac{16}{4 + 9 \cdot 0,5 - 10^2 \cdot 3 \cdot 10^2} = \frac{16}{4 + 27 \cdot 3} =$$

$$\frac{16 \cdot 5}{20 + 81} = \frac{16 \cdot 5}{101} = \frac{80}{101} \approx 0,8$$

$$\frac{1}{5 - \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} \cdot 3} = \frac{1}{5 - \frac{27}{20}} =$$

$$\frac{20}{100 - 27} = \frac{20}{73}$$

$$E = \frac{3}{7} E + 2L \frac{d^2}{76}$$

$$\frac{20}{73} E = 2L \frac{d^2}{76}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

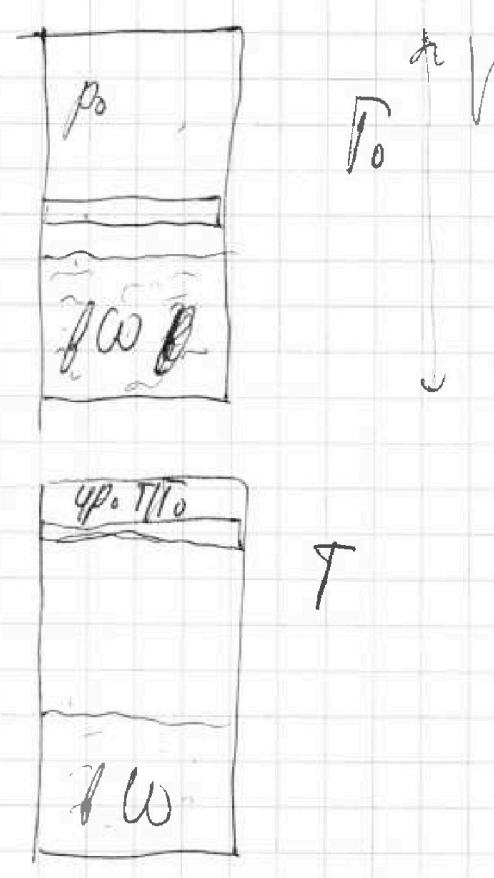
1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

ЛМОТИ



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

циркуляр № 2.
 $T = 373 \text{ K}$ $T_0 = \frac{3}{4} T$
 $\Delta V = k p_0 \omega$
 $k = 98 \cdot 10^{-3} \text{ нм/м}^3 \cdot \text{Па}$
 $RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$



1) $\frac{V_1}{V_0} = ?$
 2) $p_1 = ?$
 $p_0 V_0 = \nu R T_0$
 $p_1 V_1 = \nu R T$

$\frac{p_1}{p_0} = \frac{1}{4} = \frac{T_0}{T}$ $p_1 = 4 p_0 \frac{T_0}{T}$ $\Delta V = k p_0 \cdot \frac{3}{8} V$

$\frac{V_1}{V_0} = 4$

2) $4 p_0 \frac{T_0}{T} = p_1 + \nu n_0 = \frac{p_0 V}{R T_0}$

$p_0 V = p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu n_0 R T_0$ $\frac{p_0 \cdot 2}{8 p_1} = \frac{T_0 \nu n_0}{T (\nu n_0 + \Delta \nu)}$

$\frac{1}{4 p_1} = \frac{1}{T} \cdot \frac{R T_0}{R T_0 + 3 k p_0 k} + \frac{1}{4 p_1}$

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"/>

МФТИ

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

черновик №1

$$D_0 = 4 \text{ м}$$

$$\frac{D}{4C} = \frac{3 \text{ м}}{4 \cdot C} = 9.75 \text{ м/с}^2$$

$$2) m = 240 \text{ кг} \quad N = \text{const} \quad N = F_m v$$

$F_r = 200 \text{ Н}$ по 2-му з-му закону Ньютона

$$F_r - F_0 = ma_0$$

P - a_m - ускорение в начале

$$v_k \approx 30 \text{ м/с} \quad N = F_r v_k = 200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 6000 \text{ Вт}$$

$$F_r v_k = F_r v_0 \Rightarrow F_r = \frac{F_0 v_0}{v_k}$$

по 2-му з-му закону Ньютона

$$300 - 240 \cdot \frac{3}{4} \cdot 60 = 300 - 120 = 120$$

$$240 \cdot \frac{3}{4} \cdot 20.5$$

$$1 - 240 \cdot \frac{3}{4} \cdot 20.5$$

уменьш: C_0

$$v_0 = \frac{P_0 V}{2RT_0}$$

$$v_{k0} =$$