



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04

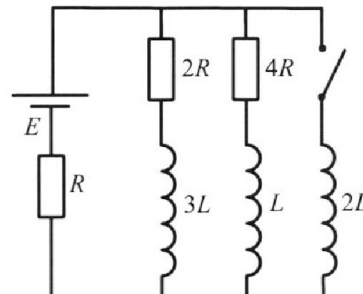
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



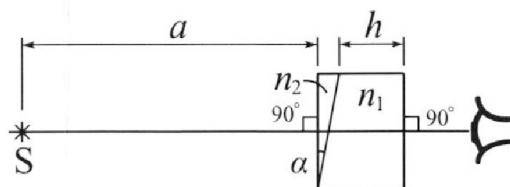
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



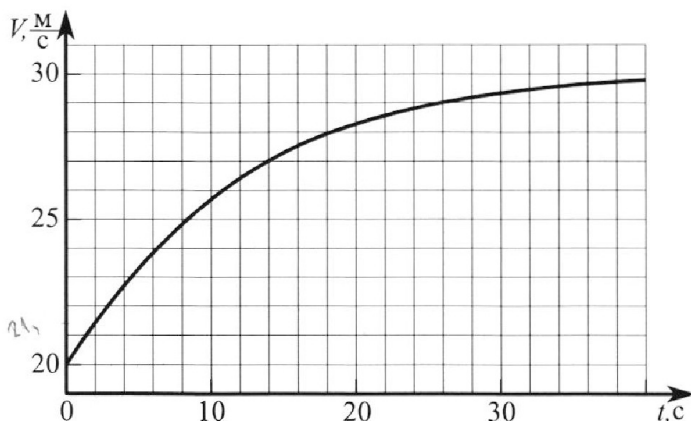
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



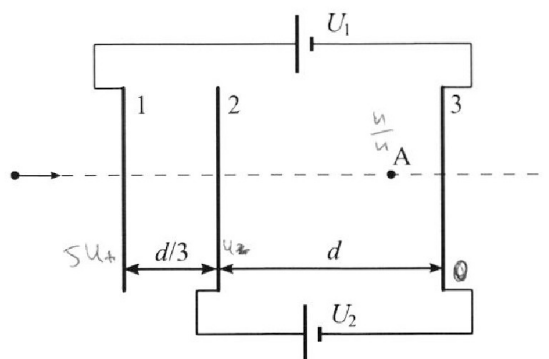
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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 Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. 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.

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) Ускорение мотоциклиста в начальный момент,
то график скорости времени $t = 2 \text{ с}$:
 $v \approx 21,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ на этот график мы можем считать,
что $a \approx \text{const}$.

$$\text{Тогда } a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{21,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ с}} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

- 2) В конце прыжка скорость мотоциклиста
стала постоянной $\Rightarrow a = 0$. Тогда в II з.п.:

$$m a = F_T - F_K = 0 \Rightarrow F_T = F_K; F_T - \text{сила тяги}$$

$$\text{То формулу мощности: } N = \frac{dA}{dt} = \frac{F_T \cdot dS}{dt} = F_T \cdot v$$

Мощность в течение всего времени прыж-
ка была постоянной $\Rightarrow$

$$N = F_{T \text{ макс}} \cdot v_{\text{макс}} = F_K \cdot v_2; v_2 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (по графику)}$$

$$N = F_{T \text{ макс}} \cdot v_{\text{макс}} = F_{T1} \cdot v_1; v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (по графику)}$$

$$\text{Т.о. } F_{T1} \cdot v_1 = F_K \cdot v_2$$

$$F_{T1} = \frac{F_K \cdot v_2}{v_1}$$

Для начала прыжка в II з.п.:

$$F_{T1} - F_{c1} = m a_0$$

$$\frac{F_K v_2}{v_1} - F_{c1} = m a_0$$

$$F_{c1} = \frac{F_K v_2}{v_1} - m a_0$$

$$F_{c1} = \frac{300 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - 240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 120 \text{ Н}$$

В начальный момент работы двигателя учт
ко сопротивление воздуха и зведе-
ние кинетической энергии:

$$N dt = dA = dE_k + dA_c$$

$$\frac{dA_c}{N dt} = \frac{F_{c1} \cdot dS}{N dt} = \frac{F_{c1} \cdot v_1}{F_{T1} \cdot v_1} = \frac{F_{c1}}{F_{T1}} = \frac{120 \text{ Н}}{300 \text{ Н}} = 0,4$$

$$\text{Ответ: 1) } a_0 \approx 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

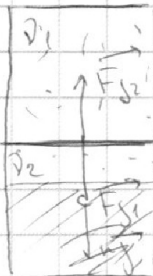
$$2) F_{c1} = 120 \text{ Н}$$

$$3) \eta = 0,4 \left(\frac{A_c}{A_1} \text{ в нач. мом.} \right)$$

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) По нагреванию:



Поршень в покое $\Rightarrow$

$$F_{j1} + F_{j2} + \vec{mg} = 0$$

Масса поршня мала $\Rightarrow mg \rightarrow 0$.

$$\text{Т.о. } F_{j1} = F_{j2}$$

$$p_1 S = p_2 S$$

$$p_1 = p_2$$

Тогда можно считать идеальным $\Rightarrow$

Можно записать уравнение Менделеева-Клапейрона

$T_1 = T_2 = T_0$, т.к. поршень теплопроводящий.

$$\text{Тогда } p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{2 \nu_1 R T_0}{V}$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 \Rightarrow p_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2} = \frac{8 \nu_2 R T_0}{V}$$

т.к. весь газ записан $\frac{3}{8} V_1 = W$.

$$\text{Т.о. } p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{2 \nu_1 R T_0}{V} = \frac{8 \nu_2 R T_0}{V}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = 4$$

* При T_0 давление воздуха можно было пренебречь!!!

2) Союз нагревали медленно $\Rightarrow$ в любой момент нагрев является quasi равновесием газов сверху равно давлению газов снизу. И температура сверху равна температуре снизу (поршень проводящий).

Начальное давление газов в союзе было равно p_1 .

Тогда при температуре T_0 количество углекислого газа растворенного в воде $\Delta \nu = \frac{3}{8} k p_0 V$; $W = \frac{3}{8} V$.

Конечное давление в верхнем союзе p_3 было равно: согласно закону газовой смеси ($p_1 = \text{const}$).

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3}, \quad \frac{p_1 V}{2 T_0} = \frac{p_3 V}{8 T} \Rightarrow p_3 = \frac{4 p_1 T}{T_0} = \frac{16}{3} p_1$$

В нижнем союзе давление углекислого газа стало: Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона для начального и конечного состояний.

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!

Для начального: $p_0 \cdot \frac{V}{8} = \nu_2 R T_0$

Для конечного: $p_n \cdot \frac{V}{2} = (\nu_2 + \Delta \nu) R T = \nu_2 R T + \Delta \nu R T =$
 $= p_0 \cdot \frac{V}{8} + \Delta \nu R T$

$$p_n \cdot \frac{V}{2} = \nu_2 R T + \Delta \nu R T =$$

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

$$p_n = \frac{p_0}{4} \left(\frac{T}{T_0} + 3 k \frac{T}{T_0} \right)$$

$$p_n = \frac{p_0}{4} \left(\frac{4}{3} + 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{3 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right) =$$

$$= \frac{p_0}{4} \left(\frac{4}{3} + \frac{27}{5} \right) = p_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{27}{20} \right) = \frac{101}{60} p_0$$

Кроме того при температуре $T = 373 \text{ К} = 100^\circ \text{C}$
 является кипящей пар равнов. Тогда
 поршень в равновесии $\Rightarrow$

$$p_{\text{атм}} + p_n = p_3$$

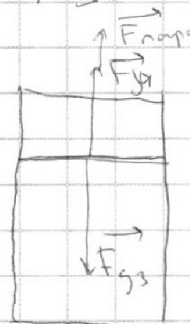
$$p_{\text{атм}} + \frac{101}{60} p_0 = \frac{16}{3} p_0$$

$$p_{\text{атм}} = \frac{219}{60} p_0 \Rightarrow$$

$$p_0 = \frac{60}{219} p_{\text{атм}}$$

Одн.: 1) $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 4$

2) $p_0 = \frac{60}{219} p_{\text{атм}} \left(p_0 \sim \frac{1}{2} p_{\text{атм}} \right) ..$
 $p_0 = \frac{60}{219} p_{\text{атм}}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

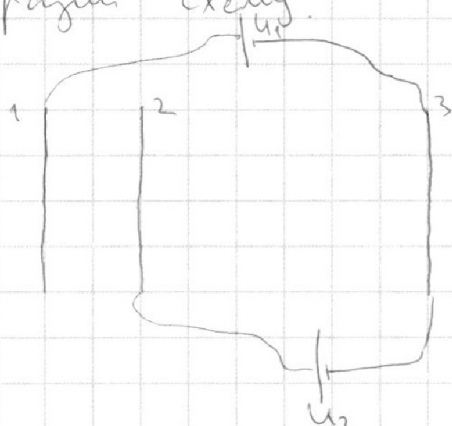
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Изобразим схему:



1) Пусть потенциал первой сетки равен 0, тогда потенциал второй сетки равен $U_2 = U$, потенциал первой сетки $U_1 = 5U$.
т.е. $\varphi_1 = 5U$
 $\varphi_2 = U$
 $\varphi_3 = 0$.

* Размер пластин в сетке много больше расстояния между ними $\Rightarrow$ сетки можно считать бесконечно большими.

Капациентность поле плоскости $\Rightarrow$ поле однородно. Тогда поле однородно поле справедливо следующее: $U = Ed$, тогда

$$U_2 = E_{23}d \Rightarrow E_{23} = \frac{U}{d} - \text{напряженность поля между пластинами 2 и 3.}$$

Засилье протекать через сетки сохранено прохождение траектория $\Rightarrow$ добавим силы тяжести можно пренебречь.

(*) Заряд пластины много меньше зарядов на сетках $\Rightarrow$ перераспределение зарядов в сетках не будет.

Тогда по II з.к.: $ma = F_z$

$$ma_{23} = E_{23}q \Rightarrow \boxed{a_{23} = \frac{E_{23}q}{m} = \frac{Uq}{md}}$$

2) Скорость пластины была 0 там, где расстояние до ~~сетки~~ было много больше размеров сетки. Пусть в этот момент масса пластины 0. Тогда определим потенциалы пластин.

с) Изначально пластины не были заряжены, с того их подсоединили к источнику $\Rightarrow q_1 + q_2 + q_3 = 0$.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 - \text{пов. потока зарядов в сетках.}$$

Предположим, что $Q_1 > 0$; $Q_2 > 0$; $Q_3 > 0$. Значит зарядов больше от пластин.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \Rightarrow E_1 + E_2 + E_3 = 0. \text{ Предположим, что направления от пластин.}$$

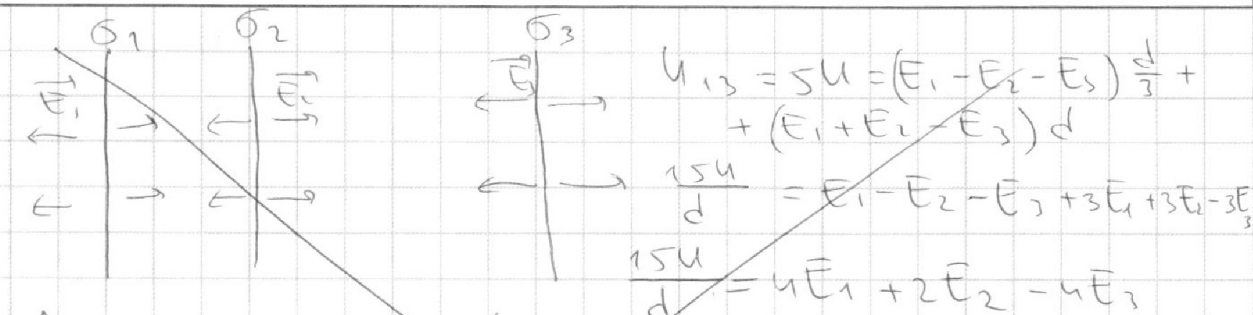
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Аналогично: $U = (E_1 + E_2 - E_3)d$
 $E_1 + E_2 - E_3 = \frac{U}{d}$

Т.о. $\begin{cases} \frac{15U}{d} = 4E_1 + 2E_2 - 4E_3 \\ \frac{U}{d} = E_1 + E_2 - E_3 \\ 0 = E_1 + E_2 + E_3 \end{cases}$

Решаем: $E_3 = -\frac{8U}{2d}$
 $E_2 = -\frac{11U}{2d}$
 $E_1 = 6\frac{U}{d}$

Тогда $q_1 = 6q$; $q_2 = -5,5q$; $q_3 = -0,5q$

Слева от пластины поле 0, т.к. infinitely сетки не были заземлены $\Rightarrow$ суммарный заряд всех сеток равен 0.

Тогда пусть $\varphi_1 = 0$; $\varphi_2 = U$; $\varphi_3 = 5U$ — потенциалы пластин.

На горизонтальную действуют только электрические силы $\Rightarrow$ выполнение ЗСЭ: $\sum \vec{F} = 0$

Для массы при проходе ~~пластины~~ 2:

$$E_0 = U_2 + E_{n2} = U_2 + Uq$$

Для массы при проходе ~~пластины~~ через ~~пластину~~ сетку 3:

$$E_0 = U_3 + E_{n3} = U_3 + 0 = U_3$$

Т.о. $\begin{cases} U_3 = U_2 + Uq \\ U_3 - U_2 = Uq \end{cases}$

Слева от сетки поле 0 $\Rightarrow$ там, где скорость горизонтальна, поле равно 0, потенциал равен $\varphi_3 = 5U$.

Тогда из ЗСЭ: $E_0 = \frac{mv_0^2}{2} + 5Uq$



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!

Полн. макс. электрич. напряж. $\Rightarrow E_{13} = \frac{U}{d}$
 $E_{13} = \frac{U_A \epsilon_0}{d} \Rightarrow U_A = U = \frac{U}{1}$

Тогда для мом. А: $E_0 = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{U q}{4}$

Т.о. $\frac{m v_A^2}{2} + \frac{U q}{4} = \frac{m v_0^2}{2} + 5 \frac{U q}{4}$
 $2 m v_A^2 + U q = 2 m v_0^2 + 20 \frac{U q}{4}$
 $v_A^2 = v_0^2 + \frac{19 U q}{2 m}$
 $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19 U q}{2 m}}$

Ответ: 1) $a_{13} = \frac{U q}{m d}$ 2) $U_3 - k_2 = U q$; 3)
3) $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19 U q}{2 m}}$

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!

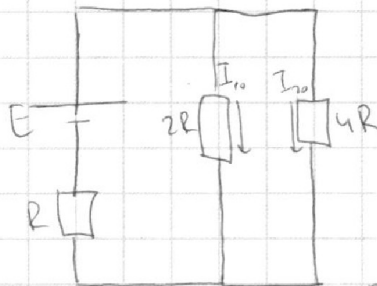


Задача №4.

1) Найти ток через резистор $4R$ при замыкании ключа в установившемся режиме.

В установившемся режиме самоиндукция преобразуется в т.н. активное сопротивление катушки L , то катушку можно заменить на идеальную перемычку.

См. рисунок.



Найдем общее сопротивление цепи:

$$R_0 = R + \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{4R} \right)^{-1} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R$$

$2R$ и $4R$ соединены параллельно.

То же самое для цепи:

$$I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{3E}{7R}$$

То первую уравнению Кирхгофа:

$$I_0 = I_{01} + I_{02}$$

Резисторы $2R$ и $4R$ соединены параллельно.

$$I_{02} \Rightarrow U_{2R} = U_{4R}$$

$$I_{01} \cdot 2R = I_{02} \cdot 4R$$

$$I_{01} = 2I_{02}$$

$$I_0 = 2I_{02} + I_{02} = 3I_{02}$$

$$I_{02} = \frac{I_0}{3}$$

$$I_{02} = \frac{E}{7R}$$

2) Найти скорость возмещения тока в катушке $2L$ сразу после замыкания ключа:

Перерисуем цепь:



Катушка индуктивности $2L$ соединена параллельно с $4R$ и сопротивлением R .

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_{\text{с.к.}} = \mathcal{E} - \varphi$$

($0, E, \varphi$ — потенциалы в некоторых точках)

То же самое для цепи:

$$0 - \varphi = I_0 R \Rightarrow \varphi = -I_0 R$$

$$\mathcal{E}_{\text{с.к.}} = E - I_0 R = E - \frac{3E}{7R} \cdot R = \frac{4E}{7}$$

(*) Мы считаем, что I_0 — ток сразу после замыкания ключа — ток через источник не изменяется (приближение).

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

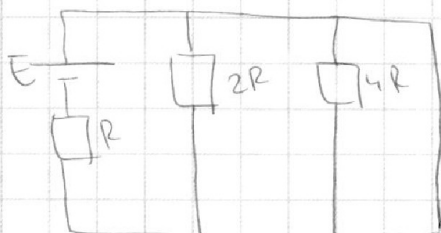
МФТИ

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

Тогда $\mathcal{E}_{\text{сиз}} = \frac{2L dI}{dt} = \frac{4E}{7} \Rightarrow \mu = \frac{dI}{dt} = \frac{2E}{7L}$

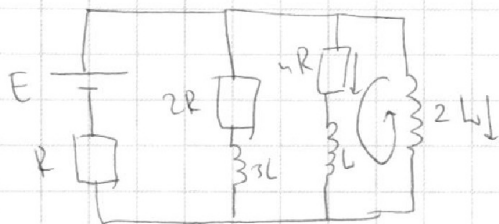
3) Найти ток через резистор $4R$ при замыкании ключа.

После замыкания ключа в установившемся режиме: самоиндукция в катушках прекратится; активное сопротивление катушек равно $\Rightarrow$ катушки можно будет считать идеальными перемычками.



Из схемы видно, что ток в установившемся режиме через $2R$ и $4R$ станет равным 0, а через катушку $2L$ станет равен $I = \frac{E}{R}$ (по закону Ома).

Тогда же произвольного момента времени после замыкания ключа.



Ток через $4R$ равен I_1 ; через катушку $2L$: I_2 . По 2 уравнению Кирхгофа (см. на рисунке обход)

$$I_1 \cdot 4R + \mathcal{E}_{\text{сиз}} - \mathcal{E}_{\text{сиз}2L} = 0$$

$$\# \mathcal{E}_{\text{сиз}} + \mathcal{E}_{\text{сиз}2L} = I_1 \cdot 4R$$

$$+ L \frac{dI_1}{dt} + \frac{2L dI_2}{dt} = I_1 \cdot 4R \quad | \cdot dt$$

$$2L \cdot dI_2 + L dI_1 = dq_1 \cdot 4R$$

$$2L (I_{2\text{кон}} - I_{2\text{нач}}) + L (I_{1\text{кон}} - I_{1\text{нач}}) = 4q_1 R$$

$$2L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) + L \left(0 - \frac{E}{7R} \right) = 4q_1 R$$

$$\frac{2LE}{R} - \frac{LE}{7R} = 4q_1 R$$

$$q_1 = \frac{13LE}{28R^2}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{E}{7R}$ 2) $\mu = \frac{dI}{dt} = \frac{2E}{7L}$ 3) $q_1 = \frac{13LE}{28R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

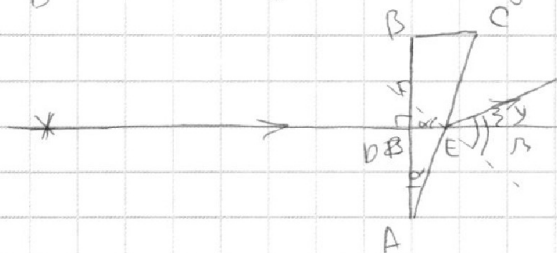
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

1) $n_1 = n_2 = 1 \Rightarrow$ можем считать, что границы с n_1 и n_2 будут нечетными, т.е. свет при переходе из границы 1 в границу не уменьшается.

Сделаем рисунок с ходом луча:



Угол падения не близится к нулю, равен 0, а не

$$AC: \angle DEF = d.$$

Тогда по закону Снеллиуса:

$$n_2 \sin d = n_1 \sin \beta$$

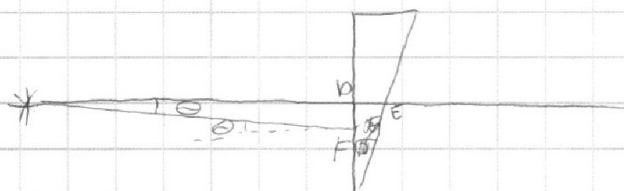
$$d \approx \beta - \text{малы} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin d \approx d; \sin \beta \approx \beta.$$

$$n_2 d = \beta. \text{ Тогда угол отклонения } \chi = \beta - d = d(n_2 - 1)$$

$$\chi = 0,1 \text{ рад} \cdot (1,7 - 1) = 0,07 \text{ рад}$$

2) Третий случай: свет во всех средах нечетных. Рассмотрим луч, направленный под малым углом Θ от нормали в первой точке.



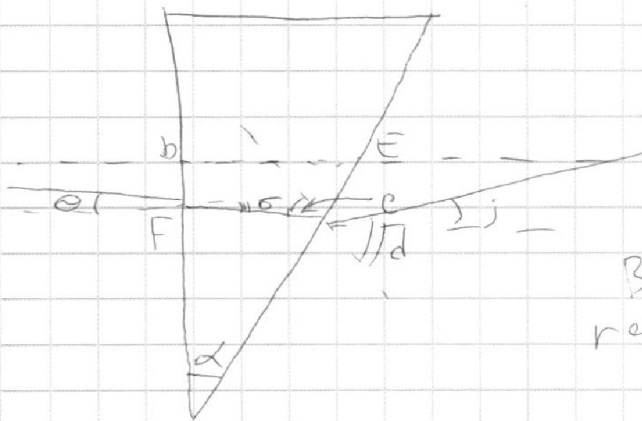
Первое преломление происходит в C: F

По закону Снеллиуса:

$$1. \Theta = n_2 \beta = 1,7 \beta \Rightarrow$$

$$\beta = \frac{\Theta}{n_2}.$$

Сделаем рисунок подробнее:



Угол падения не второй раз: C:

$$90^\circ - \gamma + 20^\circ - \beta + \alpha = 180^\circ$$

$$\gamma = d - \beta = d - \frac{\Theta}{n_2}$$

И последнее преломление

$$n_2 \gamma = d$$

$$d = n_2 d - \Theta$$

$$\text{Второй угол отклонения равен } j = d - \alpha = (n_2 - 1)\chi - \Theta = 0,7d - \Theta$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

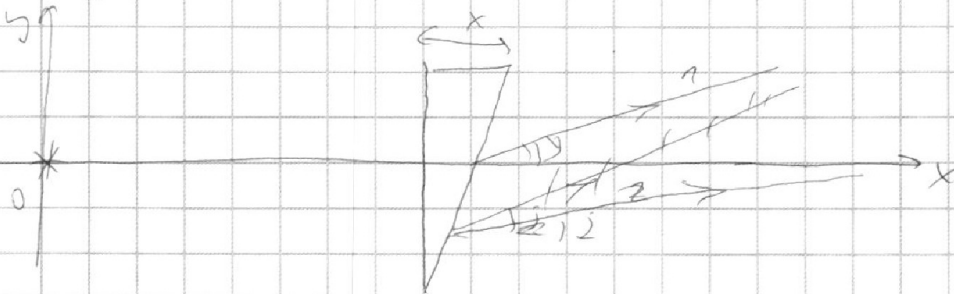
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



Введен систему координат xOy .



$x < a \Rightarrow$ прямая 1 (l_2 и продолжение)
проходит через точку $(a, 0)$, а вторая:
 $(a, -a \ominus)$

$$y_1 = kx + b_1$$
$$0 = k \cdot a + b_1$$
$$b_1 = -ka$$

$$y_2 = jx + b_2$$
$$-a \ominus = j \cdot a + b_2$$
$$b_2 = a(-\ominus - j)$$

Т.е.



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!

$$180^\circ - 90^\circ + \theta - \alpha = 90^\circ + \theta - \alpha$$
$$\alpha - \theta$$
$$1,7(\alpha - \theta) = 5$$
$$5 = 1,7\alpha - 1,7\theta$$
$$\theta = \frac{5}{1,7} - \alpha$$
$$k_1 = \tan 0,7\alpha - 1,7 \cdot \frac{5}{1,7} - k_2$$
$$k_1 = 0,7\alpha$$



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!

$$E_z = -\frac{U}{d} \quad \frac{U}{d} = E_{1x}$$

$$p = \cancel{p_0} \quad p_1 = p_c$$

$$\Delta V = k p_c \cdot \frac{3}{8} V = \frac{3}{8} k p_0 V$$

$$V_1 = p_{atm} T$$

$$\cancel{p_1} \frac{p_1 \cdot \frac{V}{2}}{T_0} = \frac{p_2 V}{8T}$$

$$p_3 = \cancel{p_1} \frac{4 p_1 T}{T_0}$$

$$p_3 = p_A + p_c$$

$$p_c = \frac{(V + \Delta V) RT}{V}$$

$$p_c = 2 \frac{(V + \Delta V) RT}{V}$$

$$\Delta V = \frac{3}{8} k V p_0 \quad V = \frac{p_0 V}{8 R T_0}$$

$$p_4 = \frac{2 \left(\frac{p_0 V}{8 R T_0} + \frac{3}{8} k V p_0 \right) RT}{V} = \frac{p_0}{4} \left(\frac{1}{R T_0} + 3k \right) RT =$$

$$= \frac{p_0}{4} \left(\frac{T}{T_0} + 3k R T \right)$$

$$\frac{101}{09} < \frac{09}{18 + 02}$$

$$+ \frac{20}{09} + \frac{5}{09} = \frac{5}{27} = 3 \cdot \frac{5}{27} = 3 + \frac{5}{9}$$

$$\begin{array}{r} 518 \\ 101 \overline{) 518} \\ \underline{101} \\ 417 \\ \underline{405} \\ 120 \end{array}$$

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!

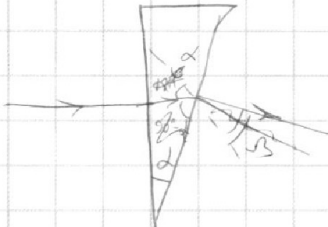


$$\Delta V = \frac{3}{8} k p_0 V$$

$$p_0 \cdot \frac{1}{2} \left(v_1 + \frac{3}{8} k p_0 V \right) R T$$

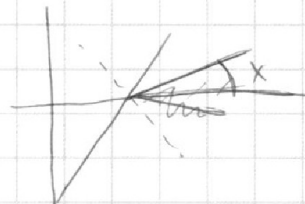
$$\frac{3}{8} k p_0 V = \Delta V$$

$$\frac{6U}{d} - \frac{11U}{2d} - \frac{U}{2d}$$



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

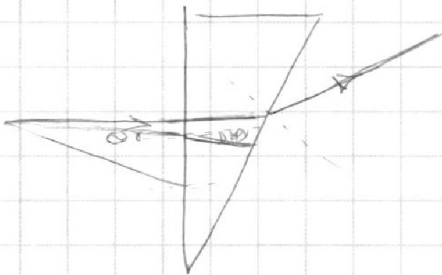
$$\beta = 1,7d$$



$$x = 0,7d$$

$$-\frac{11}{2} + x - \frac{1}{2} = 0$$

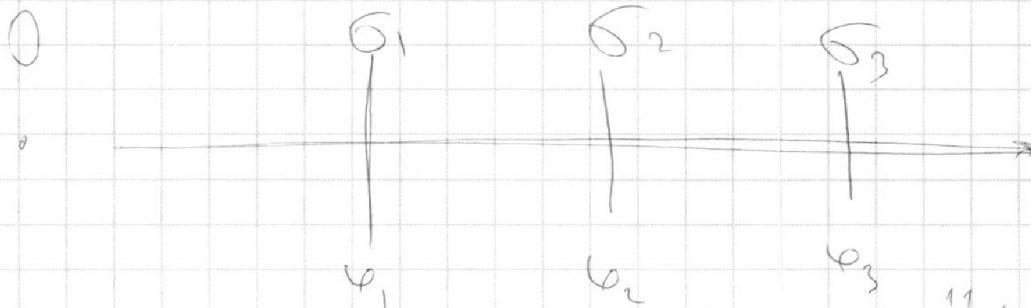
$$x = 6 \frac{6U}{d}$$



$$2L(I_n - I_m)$$

$$2L(I_n - I_m) \neq L(I_n - I_m) + qR$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$



$$U_{13} = 6 - \frac{11}{2} + \frac{1}{2} U$$

$$(\sigma_1 - \sigma_2) \frac{d}{3} + (\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3) d = 5U$$

$$\frac{E_1 - E_2}{3} + \frac{E_1 + E_2 - E_3}{1} = \frac{5U}{d} \quad 6 - \frac{11}{2} + \frac{1}{2}$$

$$4E_1 + 4E_2 + E_3 = 0$$

$$\frac{15U}{d} = -2E_2 - 8E_3 \Rightarrow 2E_2 + \frac{11U}{2d} + \frac{U}{d}$$

$$\frac{11U}{d} = 2E_2 \Rightarrow E_2 = -\frac{11U}{2d}$$



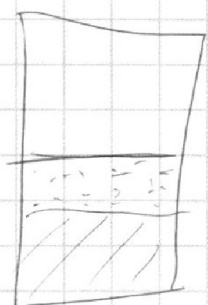
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\frac{h T_0}{3}$$

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_2 V_2 &= \nu R T_2 \end{aligned} \quad 6 + \frac{11}{2}$$

$$p_1 = p_2; \quad T_1 = T_2$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1, \quad p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{1}{4}$$

$$\Delta V_1 = k p_0 W = k p_0 \cdot \frac{3}{8} V = \frac{3 k p_0 V}{8}$$

$$\frac{1}{2} \nu_2 R T_0 + \frac{1}{2} \nu_1 R T_0 = \frac{1}{2} \nu_2 R T + \frac{1}{2} (\nu_1 + \Delta \nu)$$

$$\Delta V = \frac{3}{8} k p_0 V$$

$$-L F_3 = U/d$$

$$E_3 = -\frac{U}{2d}$$

$$p_1 = p_2 \quad \text{в} \quad \text{модос} \quad \text{матри.}$$

$$E_1 + E_2 = \frac{3U}{2d}$$

$$\begin{aligned} p_0 V \cdot \frac{V}{2} &= \nu R T_0 \\ p_u \frac{V}{8} &= \nu R T \end{aligned}$$

$$4E_1 + 2E_2 =$$

$$\frac{p_0}{2} \cdot \frac{8}{p_u} = \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{4 p_0}{p_u} = \frac{T_0}{T}$$

$$p_u = \frac{4 p_0 T}{T_0}$$

$$p_u V_u = (\nu + \Delta \nu) R T$$

$$\frac{4 p_0 T}{T_0} \cdot \frac{V}{2} = (\nu + \Delta \nu) R T$$

$$\Delta V = k p_0 \frac{3}{8} V$$

$$\frac{2 p_0 V}{T_0} =$$

$$\frac{\nu_1}{V_1} = \frac{\nu_2}{V_2}$$

$$\frac{8 \nu_1}{V} = \frac{2 \nu_2}{V} \Rightarrow \frac{4 \nu_1}{V} = \frac{\nu_2}{V} \Rightarrow 4 \nu_1 = \nu_2$$

$$\frac{2 \nu_{01}}{V} = \frac{8 \nu_{02}}{V} \Rightarrow \nu_{01} = 4 \nu_{02}$$

$$\nu_1 + \Delta \nu = \nu_2$$

$$4 \nu_1 = \nu_2$$

$$p_0 \frac{V}{8} = \nu_1 R T_0$$

$$\frac{2(\nu_1 + \Delta \nu) R T}{V} =$$

$$\Delta V = 3 \nu_1 = k p_0 \frac{3}{8} V$$



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!

МФТИ

$$1) \quad 2-3: \quad \frac{U}{d} = E = 1 \quad a = \frac{Eq}{m} = \frac{Uq}{md}$$

$$2) \quad \frac{mv_0^2}{2} + 5Uq = \frac{mv_2^2}{2} + Uq$$

$$E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2} + 4Uq$$

$$E_{k3} = \frac{mv_0^2}{2} + 5Uq$$

$$E_{k3} - E_{k2} = Uq$$

$$5Uq + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{U}{n} \cdot q + \frac{mv_A^2}{2} \quad | \cdot 4$$

$$20Uq + 2mv_0^2 = Uq + 2mv_A^2$$

$$\frac{19Uq + 2mv_0^2}{2m} = v_A^2 = v_0^2 + \frac{19Uq}{2m}$$

$$P = \text{const.}$$

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{F_T \cdot dS}{dt} = F_T \cdot v$$

$$N = F_k \cdot 30\sqrt{v}$$

$$ma = F_T - F_c$$

$$F_T = \frac{N}{\sqrt{v_1}} = \frac{F_k \cdot \sqrt{v_2}}{\sqrt{v_1}}$$

$$ma = \frac{F_k \cdot \sqrt{v_2}}{\sqrt{v_1}} - F_c$$

$$F_c = \frac{F_k \cdot \sqrt{v_2}}{\sqrt{v_1}} - ma$$

$$a = \frac{1,5}{2} = 0,75 \frac{m}{s^2}$$

$$\frac{200 \cdot 30}{20} = 240 \cdot 0,75 = 300 - 240 \cdot \frac{60}{30} = 120 \text{ Н.}$$

$$\frac{A_c}{A_T} = \frac{F_s \cdot dS}{F_T \cdot dS}$$

$$\frac{A_c}{A_T} = \frac{F_s}{F_T} = \frac{120}{300} = 0,4$$

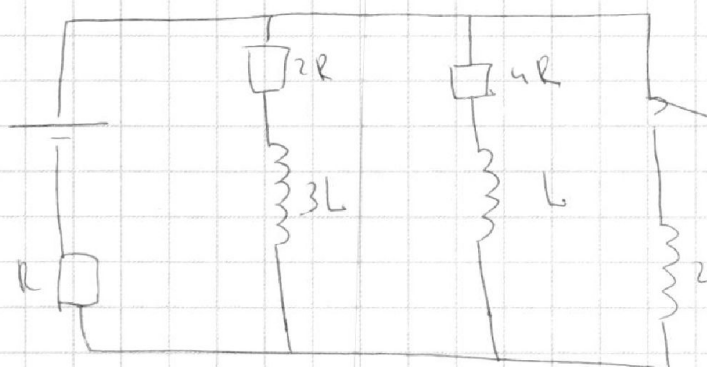
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



при разрыве цепи

$$1) R_0 = \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{4R} \right)^{-1} = \left(\frac{3}{4R} \right)^{-1} = \frac{4R}{3}$$

$$R_0 = \left(\frac{4}{3} + 1 \right) R = \frac{7}{3} R$$

$$I_0 = \frac{3\varepsilon}{7R}$$

$$2I_1R = 4I_2R$$

$$2(I - I_2) = 4I_2$$

$$I = 3I_2$$

$$I_2 = \frac{I}{3} = \left(\frac{\varepsilon}{7R} \right)$$

при разрыве цепи

$$\varepsilon - IR = 0$$

$$I_2 \cdot 4R = \frac{2\varepsilon}{7R} = \frac{2L dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2\varepsilon}{7RL}$$

$$4RI_u + \frac{L dI_u}{dt} = \varepsilon$$

$$4RI_u + \frac{L dI_u}{dt} = \varepsilon - I_0 R$$

$$\varepsilon_s = \frac{L dI_u}{dt}$$

$$4RI_u + \frac{L dI_u}{dt} = \varepsilon - I_0 R$$

$$4Rq_2 + L dI =$$

$$\frac{L dI_u}{dt} + I_u R$$

$$L(I_u - I_{u0}) + qR$$

$$\frac{2L dI_3}{dt} = \varepsilon dt - q_0 dt R$$

$$L(I_u - I_{u0}) + qR = 2L dI_3$$

