

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

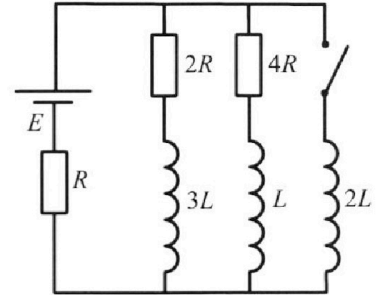
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



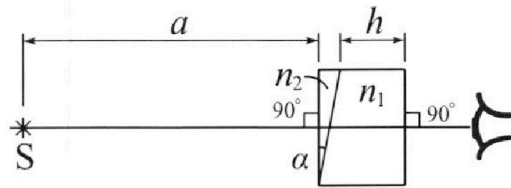
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.

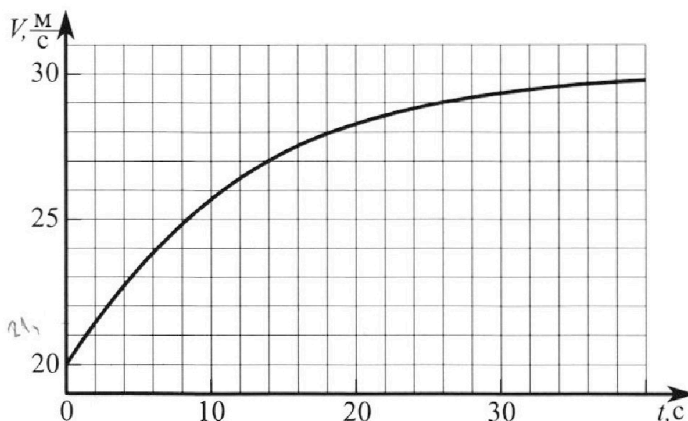
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



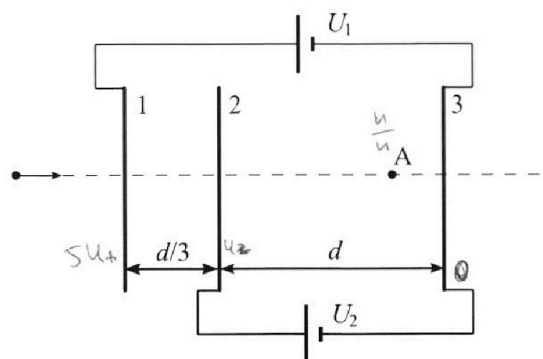
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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 v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpv$. 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.

- 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.

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 checked="" 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!

1) Ускорение мотоциклиста в начальный момент,
по графику скорости момент времени $t = 2$ с:
 $v \approx 21,5 \frac{m}{c}$ на этот ускорение мы можем считать,
что a const.

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

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

$$m a = F_T - F_k = 0 \Rightarrow F_T = F_k; F_T - \text{сила трения}$$

$$\text{по формуле мощности: } N = \frac{dA}{dt} = \frac{F_T \cdot ds}{dt} = F_T \cdot v$$

Мощность в течение всего времени попер-
хивалась постоянной \Rightarrow

$$N = F_{Tmax} \cdot v_{max} = F_k \cdot v_2; v_2 = 30 \frac{m}{c} \text{ (по график)}$$

$$N = F_{Tmax} \cdot v_{max} = F_{T1} \cdot v_1; v_1 = 20 \frac{m}{c} \text{ (по график)}$$

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

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

Для начала рывка во II з.п.:

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

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

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

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

В начальный момент работы двигателя учт
со совершенное сопротивление воздуха и звест-
ные минимальные энергии:

$$N dt = dA = dE_k + d|A_c|$$

$$\frac{d|A_c|}{N dt} = \frac{F_{c1} \cdot ds}{N dt} = \frac{F_{c1} \cdot v_1}{F_{T1} \cdot v_1} = \frac{F_{c1}}{F_{T1}} = \frac{120 \text{ Н}}{300 \text{ Н}} = 0,4$$

Ответ: 1) $a_0 \approx 0,75 \frac{m}{c^2}$ 3) $\eta = 0,4$ ($\frac{A_c}{A_1}$ в нач. мом.)
2) $F_{c1} = 120 \text{ Н}$

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

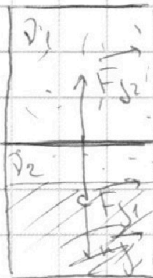
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

1) По нагреванию:



Поршень в покое \Rightarrow

$$\vec{F}_{j1} + \vec{F}_{j2} + \vec{mg} = 0$$

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

$$\text{Т.о. } F_{j1} = F_{j2}$$

$$p_1 S = p_2 S$$

$$p_1 = p_2$$

Газ можно считать идеальным \Rightarrow

Можно записать уравнение Менделеева-Клапейрона

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

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

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

Т.к. все газы записаны $\frac{3}{8} V_1 = W$.

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

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

* При T_0 давление воздуха можно было пренебречь!!!

2) Союз нагревали медленно \Rightarrow в любой момент нагрев газа сверху равно давлению газа снизу и температура сверху равна температуре снизу (поршень проводящий).

Начальное давление газов в союзе было равно p .

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 ($p_i = \text{const}$).

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

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



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

Для начального: $p_0 \cdot \frac{V}{8} = \nu_2 RT_0$

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

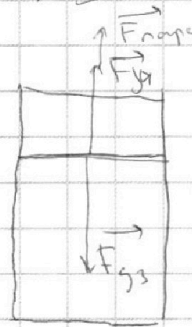
$p_n \cdot \frac{V}{2} = \nu_2 RT_n + \Delta \nu RT_n =$
 $= p_0 \cdot \frac{V}{8} \cdot \frac{T_n}{T_0} + \frac{3}{8} k p_0 V \frac{\Delta \nu}{RT_0}$

$p_n = \frac{p_0 T_n}{4 T_0} + \frac{3 k p_0 V \Delta \nu}{8 V} = \frac{p_0}{4} \left(\frac{T_n}{T_0} + 3 k \Delta \nu \right)$

$p_n = \frac{p_0}{4} \left(\frac{4}{3} + 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}} \right) =$
 $= \frac{p_0}{4} \left(\frac{4}{3} + \frac{27}{5} \right) = p_0 \left(\frac{1}{3} + \frac{27}{20} \right) = \frac{101}{60} p_0$

Кроме того при температуре $T = 373 \text{ К} = 100^\circ \text{C}$ явление волюмов паров равно нулю. Тогда поршень в равновесии \Rightarrow

$p_{\text{атм}} + p_n = p_3$
 $p_{\text{атм}} + \frac{101}{60} p_0 = \frac{16}{3} p_0$
 $p_{\text{атм}} = \frac{219}{60} p_0 \Rightarrow p_0 = \frac{60}{219} p_{\text{атм}}$



О.Л.т.: 1) $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 4$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

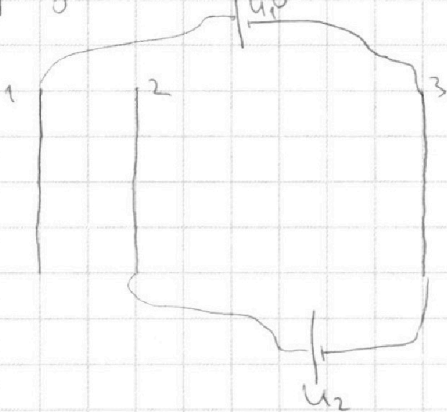


1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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 сетки 3 равен 0, тогда потенциал второй сетки равен $U_2 = U$ потенциал первой сетки $U_1 = 5U$
 Т.о. $\varphi_1 = 5U$
 $\varphi_2 = U$
 $\varphi_3 = 0$.~~

~~* Размер расстояния между сетками много больше расстояния между ними \Rightarrow сетки можно считать бесконечно тонкими; напряженность поле плоскости \Rightarrow изменение по формуле $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow$ между пластинами поле однородно. Тогда для однородного поле справедливо следующее: $U = Ed$, тогда $U_2 = E_{23}d \Rightarrow E_{23} = \frac{U}{d}$ - напряженность поле между пластинами 2 и 3.~~

~~Засище пренебрегает радиусами сетки сохранив пропорциональность траектории \Rightarrow добавим слабые межсетки можно пренебречь.~~

~~* Загруженность пластины много меньше зарядов \Rightarrow перераспределение зарядов в сетках не будет.~~

~~Тогда по II з.к.: $ma = F_3$
 $ma_{23} = E_{23}q \Rightarrow a_{23} = \frac{E_{23}q}{m} = \frac{Uq}{md}$~~

~~2) Скорость пластины была v_0 там, где расстояние до ^{сетки} пластины было много больше размеров сетки. Пусть в этот момент масса пластины 0. Тогда определим потенциалы пластин.~~

~~а) изначально пластины не были заряжены, с которыми соединили и пластины $\Rightarrow q_1 + q_2 + q_3 = 0$.
 $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$ - пов. плотность зарядов \in сетках.
 Предположим, что $\sigma_1 > 0; \sigma_2 > 0; \sigma_3 > 0$. Значит зарядов хвостовые от пластины.~~

~~$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow E_1 + E_2 + E_3 = 0$. Предположим, по направлению от пластины \dagger~~

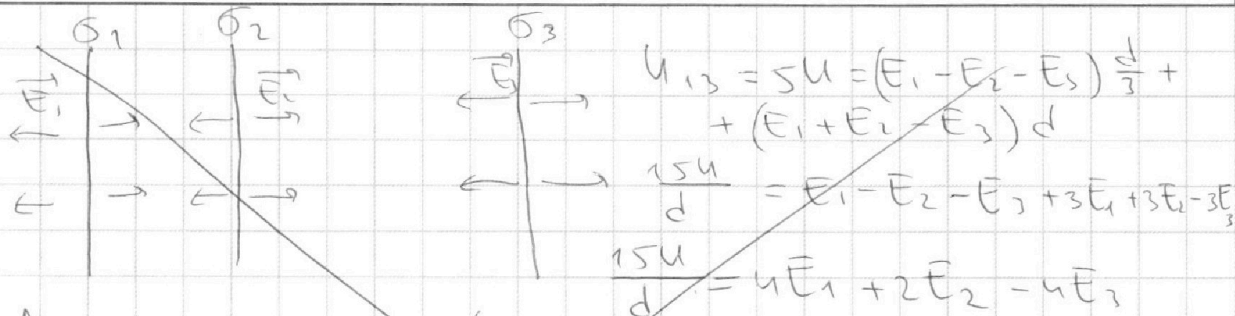
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

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

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

Слева от пластины поле 0, т.к. взаимно перпендикулярны сетки и были заземлены \Rightarrow суммарное заряд всех сеток равен 0.

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

На резистор действует только электрическое поле \Rightarrow вычисляется ЭСД:

Для носка при проходе ~~состояние~~ 2:

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

Для носка при проходе ~~состояние~~ 3:

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

Т.о. $U_3 = U_2 + Uq$
 $U_3 - U_2 = Uq$

Слева от сеток поле 0 \Rightarrow там, где сопротивление резистора было равно 0 потенциал равен $\varphi_3 = 5U$.

Тогда из ЭСД: $E_0 = \frac{m v_0^2}{2} + 5Uq$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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!

Плане мех. и магнитном взаимодействии $\Rightarrow E_{13} = \frac{U}{d}$
 $E_{13} = \frac{U \cdot \kappa_A \cdot \varphi_A}{d} \Rightarrow \kappa_A \varphi_A = \frac{U}{d}$

Тогда для точки А: $E_0 = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + \frac{Uq}{4}$

Т.о. $\frac{m \cdot v_A^2}{2} + \frac{Uq}{4} = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + 5Uq$
 $2m \cdot v_A^2 + Uq = 2m \cdot v_0^2 + 20Uq$

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

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

Ответ: 1) $a_{13} = \frac{Uq}{md}$ 2) $\kappa_3 - \kappa_2 = Uq$; 3) $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$

- 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!

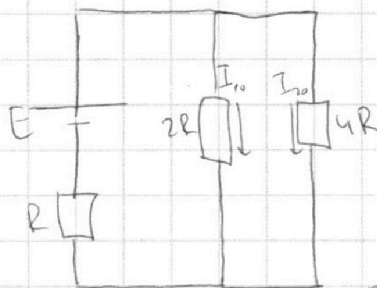


Задача №4.

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

В установившемся режиме самангульное преобразование и т.н. активное сопротивление катушки равно, 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 закону Ома для цепи им:

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

То первую уравнению Кирхгофа:

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

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

$$U_{2R} = U_{4R}$$

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

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

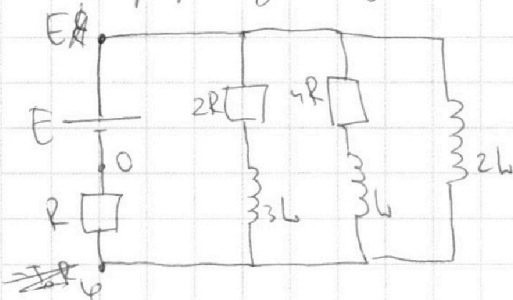
$$I_0 = 2I_{01} + I_{02} = 3I_{02}$$

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

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

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

Перепишем цепь:



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

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

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

То закону Ома для участка 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 за малый промежуток времени — сразу после замыкания ключа ток через источник не изменится (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

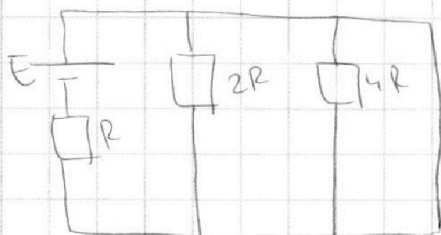
МФТИ

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

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

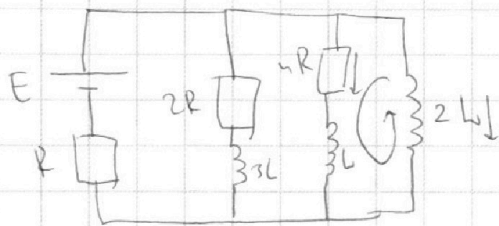
3) Найти заряд q_4 через резистор $4R$ при замыкании ключа.

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 при установившемся режиме через $2R$ и $4R$ течет ток I , а через катушку $2L$ течет ток $I = \frac{E}{R}$ (по закону Ома).

Тогда же произвольного момента времени после замыкания ключа.



Тогда ток через $4R$ равен I_1 ; через катушку $2L$: I_2 . По 2-му закону Кирхгофа (см. на рисунке обход)

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

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

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

$$2L \cdot dI_2 + L dI_1 = dq_4 \cdot 4R$$

$$2L (I_{2\text{кон}} - I_{2\text{нач}}) + L (I_{1\text{кон}} - I_{1\text{нач}}) = 4q_4 R$$

$$2L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) + L \left(0 - \frac{E}{7R} \right) = 4q_4 R$$

$$\frac{2LE}{R} - \frac{LE}{7R} = 4q_4 R$$

$$q_4 = \frac{13LE}{28R^2}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{E}{7R}$ 2) $\mu = \frac{dI}{dt} = \frac{2E}{7L}$ 3) $q_4 = \frac{13LE}{28R^2}$

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

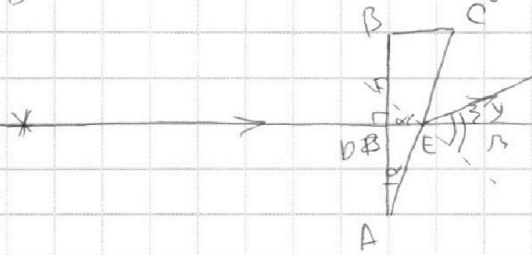
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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 перпендикулярны, т.е. свет при переходе из границы 1 в воздух не преломляется.
Сделаем рисунок с ходом луча:



Угол падения не близок к углу реверса 0, а не

$$AC: \angle DEF = \delta$$

Тогда по закону Снеллиуса:

$$n_2 \sin \delta = n_1 \sin \beta$$

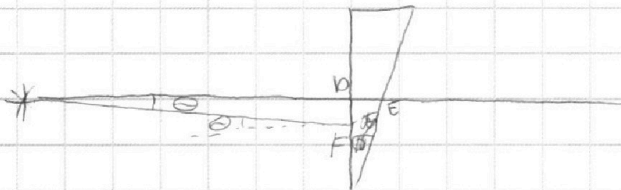
$$\delta \approx \beta - \text{малы} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \delta \approx \delta; \sin \beta \approx \beta$$

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

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

2) Третий случай — рассеивает свет во всех направлениях. Рассмотрим луч, направленный под малым углом θ от нормали в первом случае.



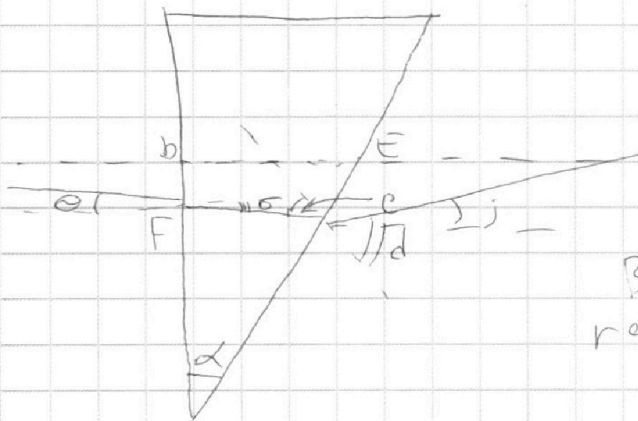
Первое преломление происходит в C: IF

По закону Снеллиуса:

$$1. \theta = n_2 \sigma = 1,7 \sigma \Rightarrow$$

$$\sigma = \frac{\theta}{n_2}$$

Сделаем рисунок подробнее:



Угол падения не близок к углу реверса: C:

$$90^\circ - \epsilon + 90^\circ - \sigma + \alpha = 180^\circ$$

$$\epsilon = \alpha - \sigma = \alpha - \frac{\theta}{n_2}$$

И последнее преломление

$$n_2 \epsilon = \delta$$

$$\delta = n_2 \alpha - \theta$$

Второй угол отклонения

$$\text{равен } j = \delta - \alpha = (n_2 - 1)\alpha - \theta =$$

$$= 0,7 \alpha - \theta$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

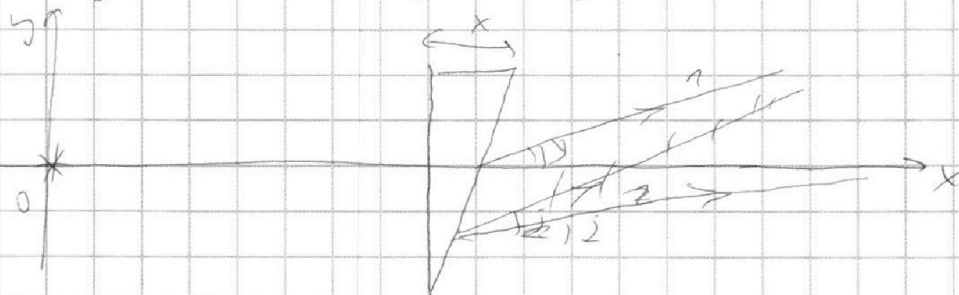
1 2 3 4 5 6 7

 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 .



$x \ll a \Rightarrow$ прямая 1 (мы 2 и продолжение)
проходит через точку $(a; 0)$, а вторая:
 $(a; -a \cdot \theta)$

$$y_1 = yx + b_1$$

$$0 = y \cdot a + b_1$$

$$b_1 = -ya$$

$$y_2 = jx + b_2$$

$$-a\theta = j \cdot a + b_2$$

$$b_2 = a(-\theta - j)$$

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
<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!

$180^\circ - 90^\circ + \theta - \alpha = 90^\circ + \theta - \alpha$

$1,7(\alpha - \theta) = b$

$b = 1,7\alpha - 1,7\theta$

$\theta = \frac{1}{1,7} (1,7\alpha - b) = \alpha - \frac{b}{1,7}$

$k_1 = \tan \theta = \tan \left(\alpha - \frac{b}{1,7} \right)$

$k_2 = \tan \alpha$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



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

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

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

$$V_1 = \frac{p_1 V}{p_{atm}}$$

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

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

$$p_3 = p_A + p_0$$

$$p_2 = \frac{(\Delta V + \Delta V) RT}{V}$$

$$p_2 = \frac{2(\Delta V + \Delta V) RT}{V}$$

$$\Delta V = \frac{3}{8} \mu p_0 V \quad V = \frac{p_0 V}{8RT_0}$$

$$p_4 = \frac{2 \left(\frac{p_0 V}{8RT_0} + \frac{3}{8} \mu p_0 \right) RT}{\cancel{2V}} = \frac{p_0}{4} \left(\frac{1}{RT_0} + 3\mu \right) RT =$$

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

$$\frac{101}{60} < = \frac{60}{101 + 81}$$

$$p_0 + p_0 \cdot 27 = \frac{5}{27} = 3 \cdot \frac{5}{2} = 3 + \frac{3}{2}$$

$$\begin{array}{r} 518 \\ 101 \\ \hline 315 \\ - 215 \\ \hline \end{array}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



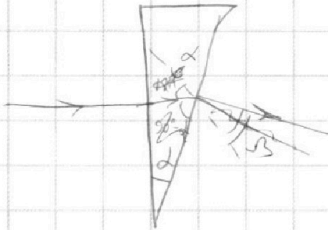
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

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

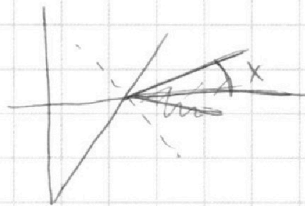
$$\frac{3}{8} k p_0 V = \Delta V$$

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



$$n_2 \sin \alpha = \frac{p_0 V}{n_1 \sin \beta} = n_1$$

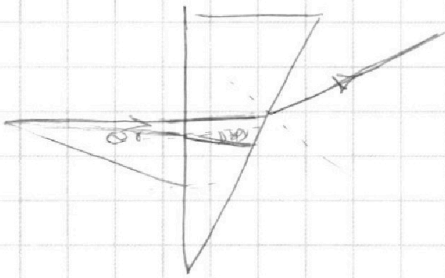
$$\beta = 1,7 d$$



$$x = 0,7 d$$

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

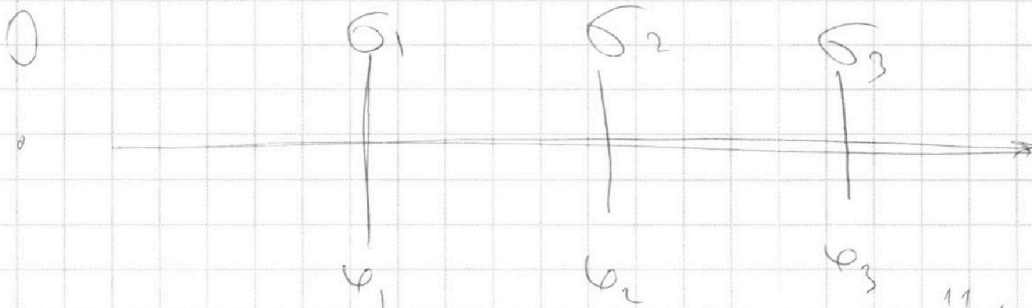
$$x = 6 \frac{6U}{d}$$



$$2L(I_n - I_m)$$

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

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$



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

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

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

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

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

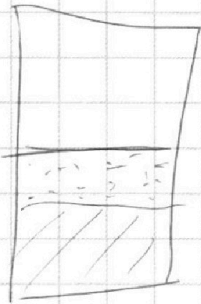
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



$$\frac{h T_0}{3} \quad \left\{ \begin{array}{l} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \quad 6 + \frac{11}{2} \end{array} \right.$$

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

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

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

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

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

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

$$- \mathcal{L} F_3 = \frac{U}{d}$$

$p_1 = p_2$ в равновесии.

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

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu R T_0$$

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

$$p_u \cdot \frac{V}{8} = \nu R T$$

$$4E_1 + 2E_2 =$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\left. \begin{array}{l} \nu_1 + \Delta \nu = \nu_2 \\ 4 \nu_1 = \nu_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta \nu = 3 \nu_1 = k p_0 \frac{3}{8} V$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

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

$$2) \quad \frac{m v_0^2}{2} + 5Uq = \frac{m v_2^2}{2} + Uq$$

$$E_{k2} = \frac{m v_0^2}{2} + 4Uq$$

$$E_{k3} = \frac{m v_0^2}{2} + 5Uq$$

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

$$5Uq + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{U}{n} \cdot q + \frac{m v_A^2}{2} \quad | \cdot 4$$

$$20Uq + 2m v_0^2 = Uq + 2m v_A^2$$

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

$P = \text{const.}$

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

$$N = F_k \cdot 30 \sqrt{v} \quad ma = F_T - F_c$$

$$F_{T1} = \frac{N}{v_1} = \frac{F_k \cdot v_2}{v_1} \quad ma = \frac{F_k \cdot v_2}{v_1} - F_c$$

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

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

$$\frac{200 \cdot 30}{20} = 240 \cdot 0,75 = 300 - 240 \cdot \frac{3}{4} = 120 \text{ Н.}$$

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

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

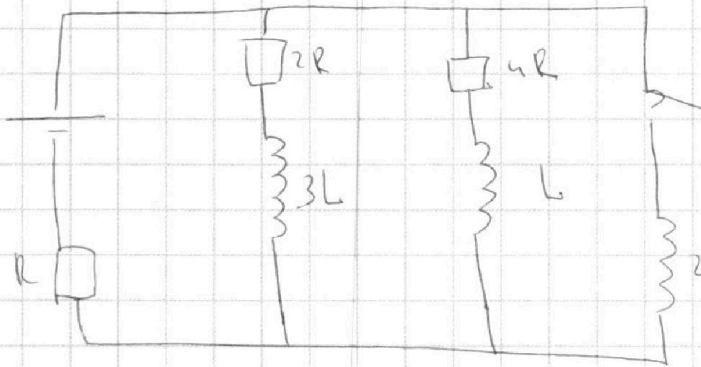
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 замыкании
кнопки

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

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

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

$$2 I_1 R = 4 I_2 R$$

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

$$I = 3 I_2$$

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

кнопка замкнута
 $\varepsilon - IR = \varepsilon$

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

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

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

$$\varepsilon_{s1} = \frac{L dI_u}{dt}$$

$$4R q_2 + L dI = \frac{L dI_u}{dt} + I_c R$$

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

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

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

