

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

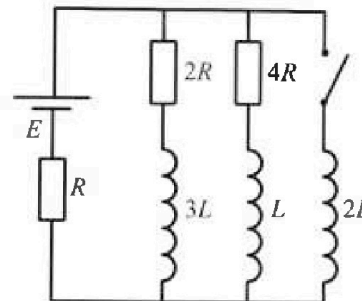
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



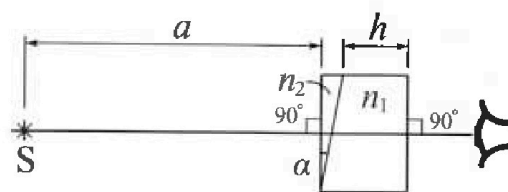
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 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 $n_в = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



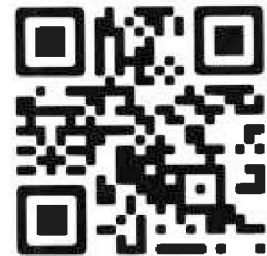
(см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

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



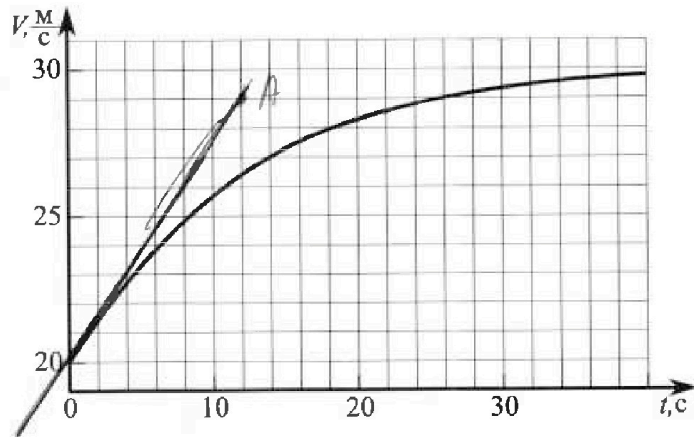
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



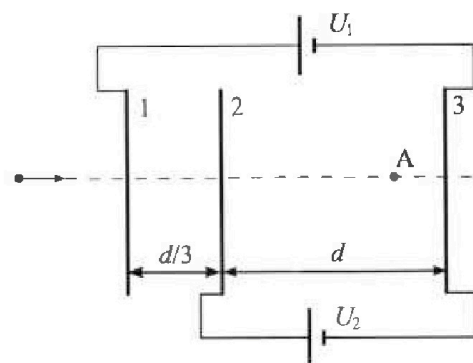
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно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

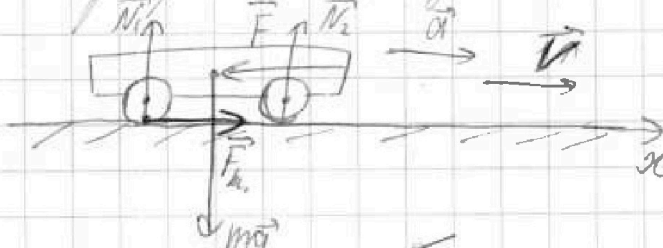
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Пусть P — мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо мотоцикла, F_m — сила тяги ведущего колеса, F_k — сила сопротивления движению, a — ускорение мотоцикла.



ИЗ для мотоцикла с помощью формулы: $0x; m a = F_m - F_k$
 $a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow a$ — постоянная, v — скорость $v(t)$.

$$P = F_m v \Rightarrow F_m = \frac{P}{v}$$

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{P}{v} - F_k$$

Если ведущее колесо мотоцикла проскальзывает, то $F_m =$ сила трения скольжения $\Rightarrow F_m = \text{const}$.

Если при этом увеличивается v , то $P \neq F_m v$ часть P идет на работу по преодолению F_k и трения, а на увеличение за счет трения колеса в дороге. Если ведущее колесо не проскальзывает, то $P = F_m v$. Тогда на 3 км/ч : $m a = \frac{P}{v} - F_k$ $A_F = \frac{m v^2}{2}$, $A_F = \int F_k dx$

1) Точкой приложения к траектории в точке, соответствующей началу разгона. Она находится, если точка $A(12 \text{ м}; 29 \frac{\text{м}}{\text{с}})$. Тогда ускорение мотоцикла в начале разгона $a_0 = \frac{29 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{12 \text{ м} - 0} = \frac{9 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{12 \text{ м}} = \frac{3}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ его ускорение

2) В конце разгона скорость мотоцикла $V_k = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $a_k = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. $F_{m.k} - F_k = 0 \Rightarrow 0 = \frac{P}{V_k} - F_k \Rightarrow P = F_k V_k$

В начале разгона скорость мотоцикла $V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. $m a_0 = \frac{P}{V_0} - F_0 \Rightarrow F_0 = \frac{P}{V_0} - m a_0 = F_k \frac{V_k}{V_0} - m a_0$
 $F_0 = 200 \text{ Н} \cdot \frac{30 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - 240 \text{ кг} \cdot \frac{3}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 300 \text{ Н} - 180 \text{ Н} = 120 \text{ Н}$

3) На протяжении силы сопротивления в начале разгона идет мощность $P_0 = F_0 V_0$, т.к. мощность силы F_0 равна $(-F_0 V_0)$. $\frac{P_0}{P} = \frac{F_0 V_0}{F_k V_k} = \frac{120 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{200 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{2400 \text{ Вт}}{6000 \text{ Вт}} = 0,4$

Ответ: 1) $\frac{3}{4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) 120 Н ; 3) $0,4$.

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!



Изначально:

$p_0, \frac{V}{2}, T_0$	J_2
J_1, p_0, T_0	J_3
$\frac{3}{8}V$	ΔU

Закон Дюруи:

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

При температуре $T = 373 \text{ K}$ давление паров H_2O равно $p_{\text{амм}}$, т.к. T — температура кипения H_2O при атмосферном давлении. Тогда по уравнению Менделеева-Клапейрона для паров H_2O :

$$p_{\text{амм}} \cdot \frac{V}{2} = J_3 R T$$

После нагревания:

$p, \frac{V}{2}, T$	J_2
$(J_1 + \Delta U)$	CO_2
J_3	пары H_2O
$\frac{3}{8}V$	

По уравнению Менделеева-Клапейрона для паров в вершине и нижней части сосуда соответственно:

$$\begin{aligned} \text{Изначально: } p_0 \frac{V}{2} &= J_2 R T_0 \quad (1) \\ p_0 \frac{V}{8} &= J_1 R T_0 \quad (2) \end{aligned} \Rightarrow \frac{J_2}{J_1} = 4$$

$$\begin{aligned} \text{После нагревания: } p \frac{V}{8} &= J_2 R T \quad (3) \\ p \frac{V}{2} &= (J_1 + \Delta U + J_3) R T \quad (4) \end{aligned} \Rightarrow \frac{J_2}{J_1 + \Delta U + J_3} = \frac{1}{4}$$

$$4J_2 = J_1 + k p_0 \frac{3}{8} V + \frac{p_{\text{амм}} V}{2RT}$$

$$J_2 = 4J_1 \Rightarrow 15J_1 = \left(\frac{3}{8} k p_0 + \frac{p_{\text{амм}}}{2RT} \right) V$$

$$\text{Из (2)} \Rightarrow V = \frac{8J_1 R T_0}{p_0}$$

$$15J_1 = \left(\frac{3}{8} k p_0 + \frac{p_{\text{амм}}}{2RT} \right) \cdot \frac{8J_1 R T_0}{p_0}$$

$$15 = 3k R T_0 + 4 \frac{p_{\text{амм}}}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

$$T_0 = \frac{3}{4} T \Rightarrow 15 = \frac{3}{4} k R T + 3 \frac{p_{\text{амм}}}{p_0}$$

$$\frac{p_{\text{амм}}}{p_0} = 5 - \frac{3}{4} k R T$$

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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ЛФТИ

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

$$p_0 = \frac{p_{\text{атм.}}}{5 - \frac{3}{4} kRT}$$
$$p_0 = \frac{p_{\text{атм.}}}{5 - \frac{3}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}}$$
$$= \frac{20}{100 - 27} p_{\text{атм.}} = \frac{20}{73} p_{\text{атм.}}$$

Ответ: 1) 4; 2) $\frac{20}{73} p_{\text{атм.}}$

$$p_{\text{атм.}} = \frac{1}{5 - \frac{3}{4} \cdot 0,6 \cdot 3} p_{\text{атм.}} =$$

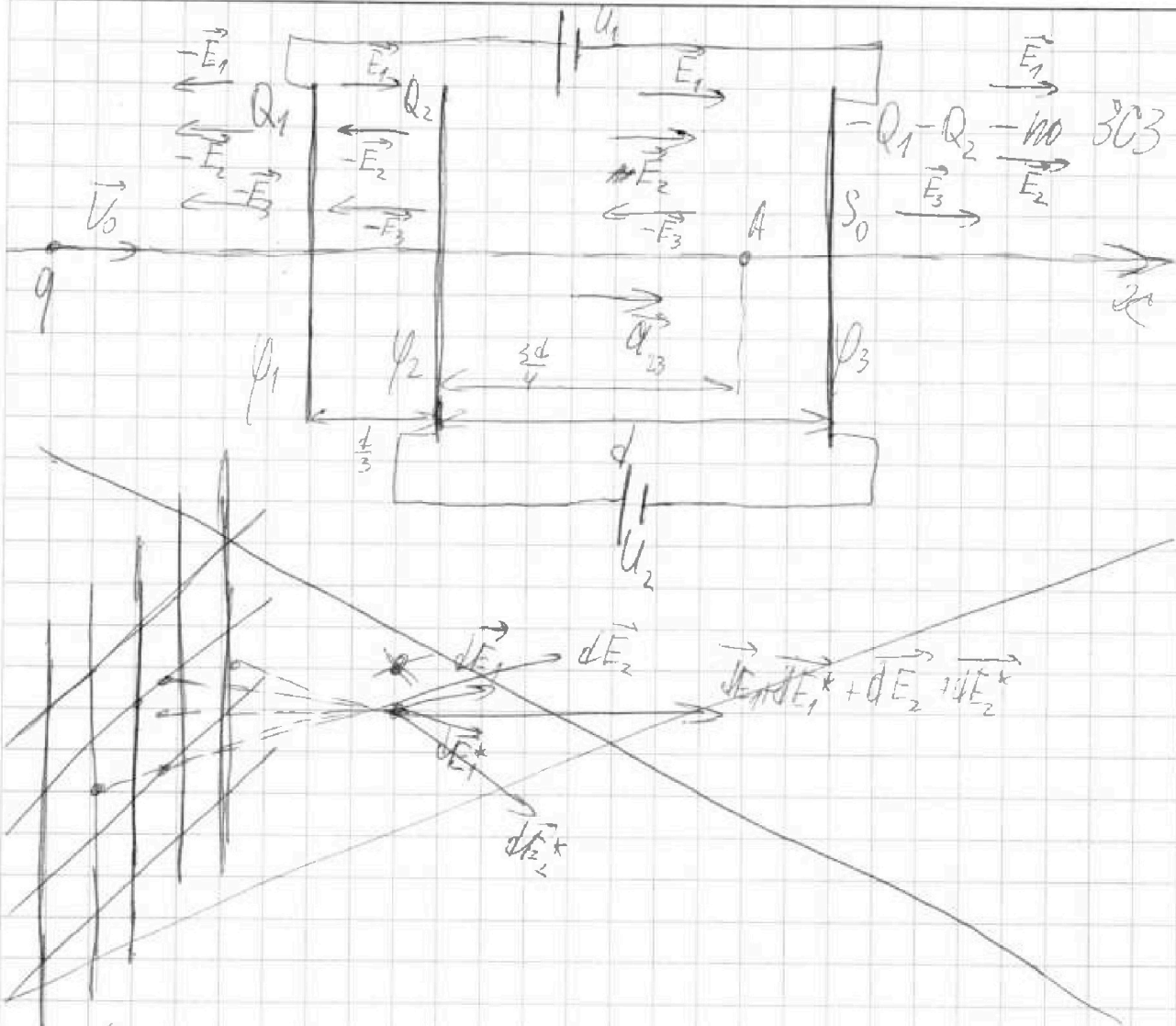
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МОТИ

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



Устройство из изображеного от конденсатора
индуктивности, значим конденсатором физическая
мощь на всей поверхности ~~сферы~~ направлена перпендикулярно
вдоль оси. Радиусы сферы много больше r ,
значим также все напряженности сумм на рас-
стоянии от поверхности, сравним с r .
Сфера проводящая, значим заряд распределен
по ее поверхности. Если радиус сферы r
заряд Q на Q сфере равномерно, то внутри сферы
стороны полей E и D сферы напряженности
электрического поля E , т.к. напряженность, со-
здаваемая зарядами ~~на~~ этой стороне E .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

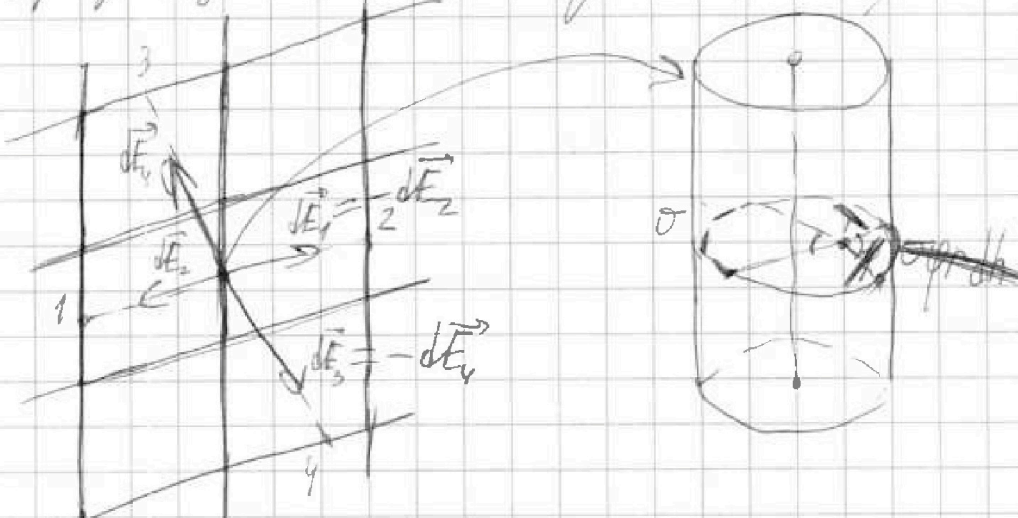
ЛФТИ

- 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!

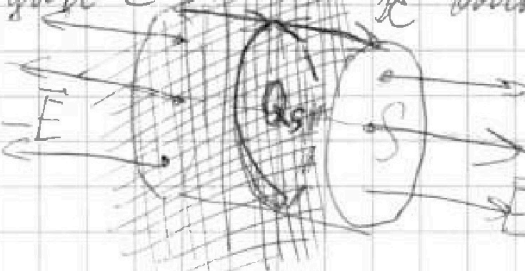


Возьмем \vec{E} т.н. это равномерно заряженный цилиндр. Пусть \vec{E}_1 — поле от заряда Q , \vec{E}_2 — поле от заряда Q_s . Тогда $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Если $\vec{E}_1 = \frac{Q}{2\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$, $\vec{E}_2 = -\frac{Q_s}{2\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$. Тогда $\vec{E} = \frac{Q - Q_s}{2\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$. Если $Q_s = Q$, то $\vec{E} = 0$. Если $Q_s < Q$, то $\vec{E} > 0$. Если $Q_s > Q$, то $\vec{E} < 0$. Это значит, что поле от заряда Q_s направлено в противоположную сторону от поля от заряда Q .



Значит, в \vec{E} — это поле единичности равномерно заряженного цилиндра. Т.н. Q_s — заряд, который находится на поверхности S цилиндра. Если $Q_s = \frac{Q}{\epsilon_0}$, то $\vec{E} = 0$. Если $Q_s < \frac{Q}{\epsilon_0}$, то $\vec{E} > 0$. Если $Q_s > \frac{Q}{\epsilon_0}$, то $\vec{E} < 0$.

Рассмотрим \vec{E} в плоскости перпендикулярной к оси цилиндра. Пусть Q_s — заряд, который находится на поверхности S цилиндра. Тогда $\vec{E} = \frac{Q_s}{2\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$. Если $Q_s = Q$, то $\vec{E} = \frac{Q}{2\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$. Если $Q_s < Q$, то $\vec{E} < \frac{Q}{2\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$. Если $Q_s > Q$, то $\vec{E} > \frac{Q}{2\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Поле по th плоскости:

$$2ES = \frac{Qs}{\epsilon_0} = \frac{s}{S_0} \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{2S_0\epsilon_0} \text{ — не зависит от } x.$$

\vec{E}_1, \vec{E}_2 и \vec{E}_3 — напряженности, создаваемые пластинами 1, 2 и 3 соответственно, направлены от пластины к пластине.

$$E_1 = \frac{Q_1}{2S_0\epsilon_0}$$

$$E_2 = \frac{Q_2}{2S_0\epsilon_0}$$

$$E_3 = \frac{-Q_1 - Q_2}{2S_0\epsilon_0} = -E_1 - E_2$$

$$U_2 = (E_1 + E_2 - E_3)d = 2(E_1 + E_2)d \Rightarrow E_1 + E_2 = \frac{U_2}{2d}$$

$$U_1 = (E_1 - E_2 - E_3)\frac{d}{3} + U_2$$

$$U_1 - U_2 = 2E_1\frac{d}{3} \Rightarrow E_1 = \frac{3(U_1 - U_2)}{2d} = \frac{qU}{d}$$

$$E_2 = \frac{U_2}{2d} - \frac{3(U_1 - U_2)}{2d} = \frac{4U_2 - 3U_1}{2d} = -\frac{11U}{2d}$$

$$1) \text{ по } R: \text{ по } m_{23} v_{23} = (E_1 + E_2 - E_3)q$$

$$v_{23} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U_2}{d} = \frac{qU}{md}$$

$$2) \text{ по } 3 \text{ и } 4 \text{ для пластины: } K_2 + q(\varphi_3 - \varphi_2) = K_3, \text{ где } \varphi_{2,3}$$

φ_3 — потенциалы точек 2 и 3.

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -U_2 \Rightarrow K_3 - K_2 = qU_2 = qU$$

3) по 1 и 2 от 1 до A:

~~$$\frac{mv_0^2}{2} + q(\varphi_A - \varphi_1) = \frac{mv_A^2}{2} + q\varphi_A$$~~

$$\frac{mv_0^2}{2} + q(E_1 - E_2 - E_3)\frac{d}{3} + q(E_1 + E_2 - E_3)\frac{3d}{4} = \frac{mv_A^2}{2}$$

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!

$$\frac{mv_0^2}{2} + q(U_1 - U_2) + q \cdot \frac{3}{4} U_2 = \frac{mV_A^2}{2}$$
$$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + q \left(U_1 - \frac{1}{4} U_2 \right) = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{19}{4} U q$$
$$V_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19 q U}{2 m}}$$

Ответ: 1) $\frac{qU}{md}$; 2) qU ; 3) $\sqrt{v_0^2 + \frac{19 q U}{2 m}}$

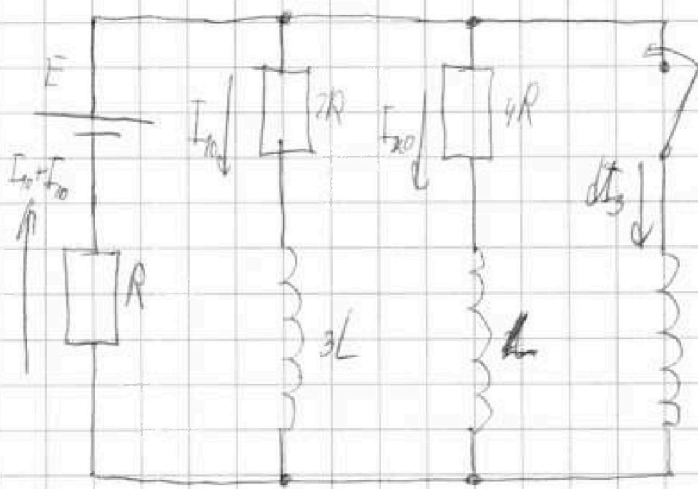
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$1) \begin{cases} E = I_{10} \cdot 2R + (I_{10} + I_{20})R \\ E = I_{20} \cdot 4R + (I_{10} + I_{20})R \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{E}{R} = 3I_{10} + I_{20} \\ \frac{E}{R} = 5I_{20} + I_{10} \end{cases}$$

$$I_{10} = \frac{E}{R} - 5I_{20}$$

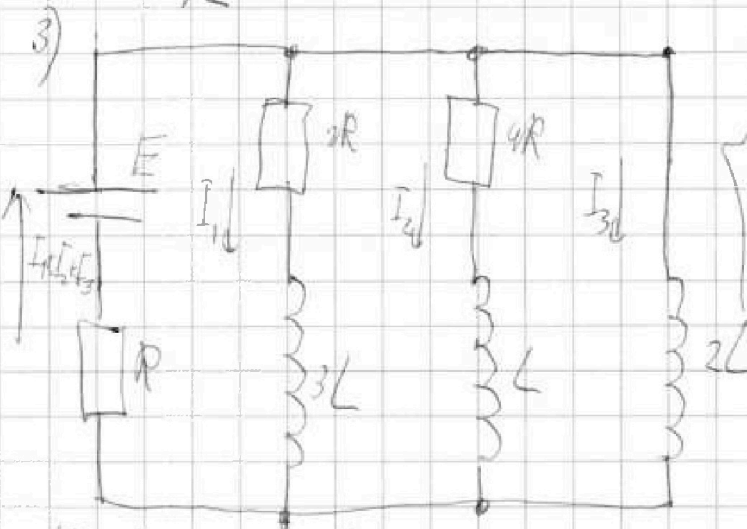
$$\frac{E}{R} = 3 \frac{E}{R} - 15I_{20} + I_{20}$$

$$I_{10} = \frac{14I_{20}}{7R} = 2 \frac{E}{R} - \frac{E - 5E}{7R} = \frac{2E}{7R}$$

$$2) E - \frac{dI_{30}}{dt} \cdot 2L = (I_{10} + I_{20})R$$

$$E - \frac{dI_{30}}{dt} \cdot 2L = \frac{3}{7}E$$

$$\frac{dI_{30}}{dt} = \frac{2E}{7L}$$



$$\begin{cases} E - \frac{dI_1}{dt} \cdot 3L = I_1 \cdot 2R + (I_1 + I_2 + I_3)R \\ E - \frac{dI_2}{dt} \cdot L = I_2 \cdot 4R + (I_1 + I_2 + I_3)R \\ E - \frac{dI_3}{dt} \cdot 2L = (I_1 + I_2 + I_3)R \end{cases}$$

$$\frac{dI_2}{dt} \cdot L - \frac{dI_1}{dt} \cdot 3L = 2I_1R - 4I_2R = 2I_1R - 4I_2R$$

$$\frac{dI_2 - 3dI_1}{dt} \cdot L = 2(I_1 - 2I_2)R - I_2 \cdot 4R + \frac{dI_2}{dt} L = I_1 \cdot 2R + 3 \frac{dI_1}{dt} L$$

$$4dI_2R + dI_2L = 2dI_1R + 3dI_1L$$

$$E dt - (I_1 + I_2 + I_3)R dt = 2L dI_3 \quad E dt = (dI_1 + dI_2 + dI_3)R = 2L dI_3$$

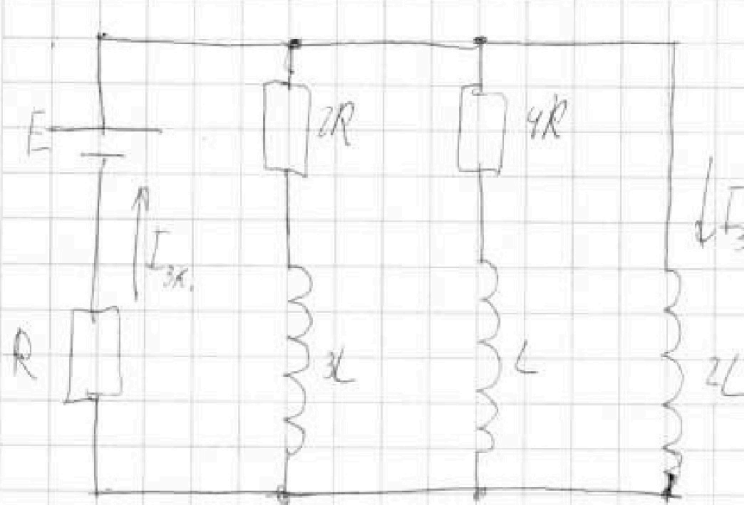
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$I_{1K} = I_{2K} = 0, \text{ м.к.}$$

$$I_{1K} \cdot 2R = I_{2K} \cdot 4R = \varphi \cdot I_{3K} \cdot 2L$$

$$E = I_{3K} \cdot R$$

$$I_{3K} = \frac{E}{R}$$

~~307 3107:~~

$$E(Q_1 + Q_2 + Q_3) = \frac{3L \cdot I_{10}^2}{2} + \frac{L \cdot I_{20}^2}{2} + \frac{2L I_3^2}{2}$$

$$E(Q_1 + Q_2 + Q_3) = \frac{E^2 L}{4R^2} + \frac{E^2 L}{9R^2} + \frac{E^2 L}{R^2} = \frac{2 E^2 L}{R^2} \cdot \frac{17}{98}$$

$$\frac{dI_2}{dt} \cdot L + I_2 \cdot 4R = 2 \frac{dI_3}{dt} \cdot 2L \quad | \cdot dt$$

$$\frac{dQ_2}{dt} \cdot 4R = 2 \frac{dI_3}{dt} \cdot 2L - \frac{dI_2}{dt} \cdot L$$

$$4R \int dQ_2 = 2L \int dI_3 - L \int dI_2$$

$$4R Q_2 = 2L I_{3K} + L I_{20}$$

$$Q_2 = \frac{(2 I_{3K} + I_{20}) L}{4R}$$

$$Q_2 = \frac{(2 \frac{E}{R} + \frac{E}{7R}) L}{4R} = \frac{15 EL}{28 R^2}$$

Ответ: 1) $\frac{E}{7R}$; 2) $\frac{2E}{7L}$; 3) $\frac{15 EL}{28 R^2}$.

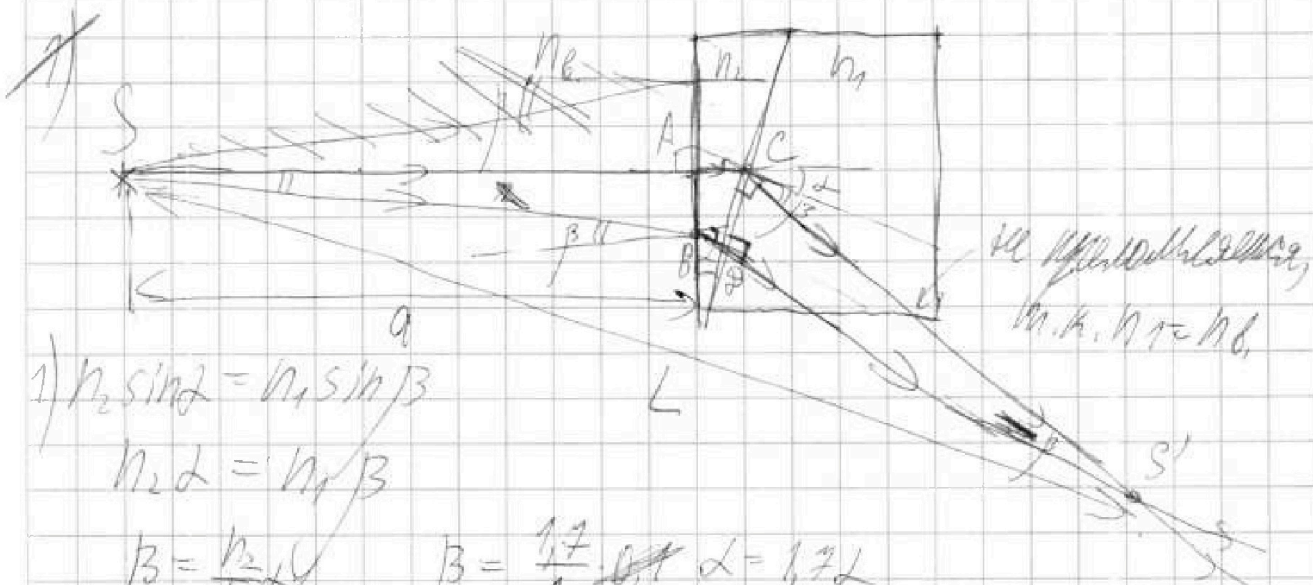
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$1) n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta$$

$$n_2 \alpha = n_1 \beta$$

$$\beta = \frac{n_2}{n_1} \alpha \quad \beta = \frac{1,7}{1} \alpha \quad \alpha = 1,7 \alpha$$

луч распространяется как $L + \beta = \frac{n_1 + n_2}{n_1} \alpha = \frac{1 + 1,7}{1} \cdot 0,1 = 0,27$ радиан

2) Рассмотрим луч, падающий под углом β к углу, перпендикулярному границе раздела.

$$n_2 \sin \beta = n_1 \sin \alpha, \quad n_2 \text{ к } n_1 = n_1 \Rightarrow \text{угол преломления}$$

равен $\alpha \Rightarrow$ на границе между n_2 и n_1

луч падает перпендикулярно \Rightarrow

лучи не преломляются,

$$AB = a \tan \beta \approx a \beta$$

$$CD \approx AB = a \beta$$

$$CS' \approx \frac{CD}{\sin \beta} = \frac{a \beta}{\sin \beta} \approx \frac{a \beta}{\beta} = a$$

$$L = SS' \approx \sqrt{AS^2 + CS'^2 + 2AS \cdot CS' \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

$$L \approx \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{1 - \alpha^2} + 2a^2 \frac{1 - \alpha^2}{1 - \alpha^2}}$$

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!

$$L \approx \sqrt{a^2 + \frac{1}{\left(1 - \frac{d^2}{2}\right)} a^2 + 2a^2 \frac{1 - \frac{(d+\beta)^2}{2}}{1 - \frac{d^2}{2}}} = a \sqrt{1 - d^2 + \frac{d^4}{4}}$$

$$\left(1 - \frac{d^2}{2}\right)^2 \approx 1 - d^2 \quad \frac{1 - \frac{d^2}{2}}{\left(1 - \frac{(d+\beta)^2}{2}\right)} \approx 1 - \frac{d^2}{2} - \frac{(d+\beta)^2}{2}$$

$$L \approx a \sqrt{\frac{1 - d^2 + 1 + 2 - d^2 - (d+\beta)^2}{1 - d^2}} = a \sqrt{\frac{4 - 2d^2 - (d+\beta)^2}{1 - d^2}}$$

$$L \approx 100 \text{ см} \sqrt{\frac{4 - 0,02 - 0,0729}{1 - 0,01}} \approx 100 \text{ см} \sqrt{\frac{3,91}{0,99}}$$



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!

