

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

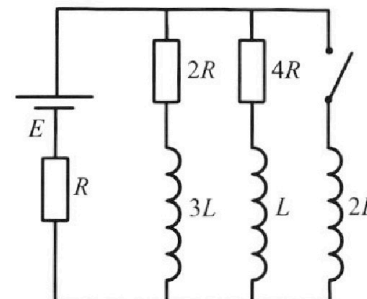
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



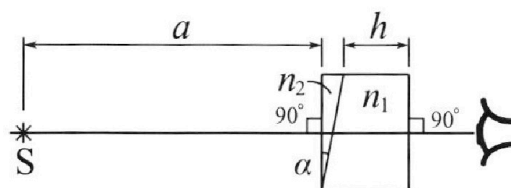
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 ч ислowymi коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_{\text{в}} = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.



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

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



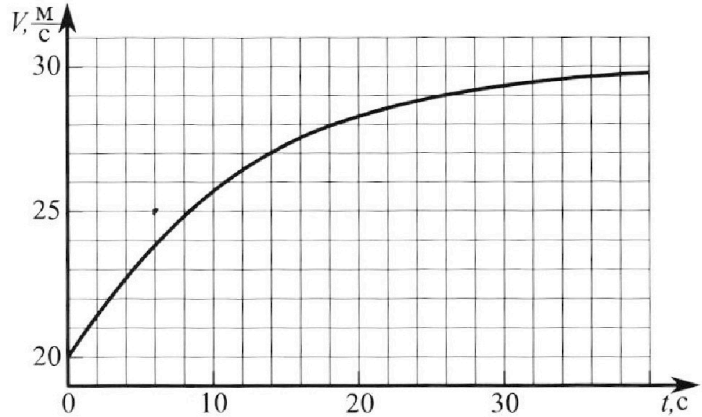
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



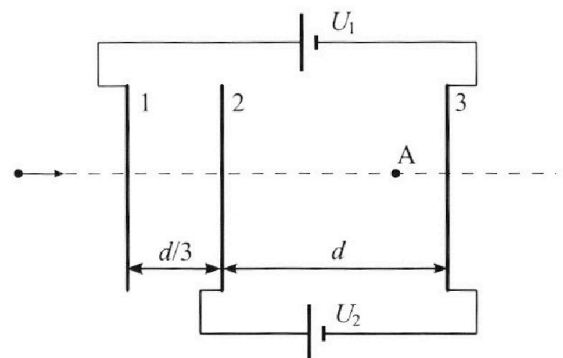
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос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

МФТИ

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

Из графика:

ускорение $a = v'$

\Rightarrow на графике $a = \operatorname{tg} \alpha$ где α - угол касательная к графику скорости с осью времени.

$$\Rightarrow a \approx \frac{25-20}{3 \cdot 10} = \frac{5}{6} \text{ м/с}$$

1) Ответ: $\frac{5}{6} \text{ м/с}$

т.к. ~~ускорение~~ ускорение в конце разгона $\approx 0 \Rightarrow F_k = F_{\text{внатем}} = 200 \text{ Н}$

$$P_{\text{внатем}} = F_{\text{внатем}} \cdot V$$

II Закон Ньютона:

$$\sum F = ma = (F_{\text{внатем}} - F_{\text{сопр}}) = \frac{P}{V} - F_{\text{сопр}}$$

$$\Rightarrow \text{т.к. } a = 0 \Rightarrow \frac{P}{V} - F_{\text{сопр}} = 0$$

$$\Rightarrow P_{\text{мотора}} = F_k \cdot V_k = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт}$$

где V_k - скорость в конце разгона $\approx 30 \text{ м/с}$

В начале движения

$$ma_n = \left(\frac{P}{V_n} - F_{\text{сопр}} \right) - \text{где } V_n = 20 \text{ м/с}$$

$$\frac{P}{V_n} - ma_n - F_{\text{сопр}} \Rightarrow F_{\text{сопр}} = \frac{F_k \cdot V_k}{V_n} - m \cdot a_n = 100 \text{ Н}$$

2) Ответ: 100 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
<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!

$$P_{\text{сир}} = F_{\text{сир}} \cdot V \rightarrow \text{т.к. если } \text{машина} \text{ движется}$$
$$P_{\text{мотор}} = P_{\text{шасси}} = F_{\text{виз}} \cdot V \quad \text{едет со скоростью } V, \text{ то}$$
$$\Rightarrow \frac{P_{\text{шасси}} - P_{\text{сир}}}{P_{\text{шасси}}} = \frac{(-F_{\text{сир}} + F_{\text{виз}}) \cdot V}{F_{\text{виз}} \cdot V} = \text{в сист. отсчета машины}$$

воздух движется к ней со скоростью V .

$$= \frac{m a_n}{F_{\text{виз}}} = \frac{m a_n}{\frac{P_{\text{сир}}}{V_n}} = \frac{m a_n V_n}{P_{\text{сир}}} = \frac{20 \cdot 240 \cdot \frac{5}{6} \text{ Н}}{6000 \text{ Вт}}$$

$$= \frac{200 \cdot 20}{6000} = \frac{2}{3} \quad \text{— идет на разгон}$$

\Rightarrow на преодоление силы сопротивления $\frac{1}{3}$

3) Ответ: $\frac{1}{3}$.

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!

1) До кипевания:

$$J_{\text{верх}} = \frac{P_{\text{газа}} \cdot \frac{V}{2}}{RT_0} = \frac{P_{\text{газа}} \cdot \frac{V}{2}}{RT \cdot \frac{3}{4}} \quad \text{где } P_{\text{газа}} = P_0$$

$$J_{\text{шты}} = \frac{P_{\text{газа}} \cdot \frac{V}{8}}{RT_0} + J_{\text{расстворенн.}} = \frac{P_{\text{газа}} \cdot \frac{V}{8}}{RT \cdot \frac{3}{4}} + k \cdot P_{\text{газа}} \cdot \frac{3}{8} V$$

$$\Rightarrow \frac{J_{\text{верх}}}{J_{\text{шты}}} = \frac{P_{\text{газа}} V \cdot \left(\frac{1/2}{3/4}\right)}{P_{\text{газа}} V \cdot \left(\frac{1/8}{3/4} + k \cdot \frac{3}{8}\right)} = \frac{\frac{2}{3RT}}{\left(\frac{1}{6RT} + \frac{3k}{8}\right)} = \frac{2}{3RT} = \frac{2}{4 + 9kRT}$$

$$= \frac{2 \cdot 24RT}{3RT \cdot (4 + 9kRT)} = \frac{16}{4 + 9kRT} = \frac{16}{4 + 9 \cdot 0.6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} =$$

$$= \frac{16}{4 + 16.2} = \frac{160}{40 + 162} = \frac{160}{202} = \frac{80}{101} \quad \text{Ответ: } \frac{80}{101}$$

2) Точка кипевания: (при этом газе вода при $T = 373 \text{ K} = P_{\text{атм}}$)

Равенство давлений: $P_{\text{жп.}} + P_{\text{сш}} = P_{\text{св}}$
где $P_{\text{сш}}$ - давление CO_2 внизу; $P_{\text{св}}$ - сверху

$$P_{\text{атм}} + \frac{J_{\text{шты}} RT}{\left(\frac{7V}{8} - \frac{3V}{8}\right)} = \frac{J_{\text{верх}} \cdot RT}{\frac{1}{8} V}$$

$$P_{\text{атм}} + \frac{J_{\text{шты}} RT \cdot 2}{V} = \frac{J_{\text{верх}} RT \cdot 8}{V}$$

$$P_{\text{атм}} + \left(\frac{P_0 \cdot \frac{V}{8}}{RT_0} + \frac{Rk P_0 \cdot \frac{3}{8} V}{R}\right) \cdot \frac{RT \cdot 2}{V} = \left(\frac{P_0 \cdot \frac{V \cdot 2}{RT \cdot 3}}{\frac{RT \cdot 3}{V}}\right) \cdot \frac{RT \cdot 8}{V}$$

$$P_{\text{атм}} + P_0 \cdot \left(\frac{2T}{8T_0} + \frac{Rk \cdot 3 \cdot T \cdot 2}{8}\right) = P_0 \cdot \frac{16}{3}$$

$$P_{\text{атм}} = P_0 \left(\frac{16}{3} - \frac{1}{4} \cdot \frac{T}{T_0} - k \cdot RT \cdot \frac{3}{4}\right)$$

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 checked="" 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!

$$P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{\left(\frac{16}{3} - \frac{T}{T_0} \cdot \frac{1}{4} \cdot kRT \cdot \frac{3}{4}\right)} = \frac{P_{\text{атм}}}{\frac{16}{3} - \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{4} - 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{3}{4}}$$

$$= \frac{P_{\text{атм}}}{\frac{16}{3} - \frac{1}{3} - 1,8 \cdot \frac{3}{4}} = \frac{P_{\text{атм}}}{5 - \frac{18 \cdot 3}{40}} = \frac{P_{\text{атм}}}{\frac{73}{20}}$$

$$= \frac{20}{73} P_{\text{атм}}$$

2) Ответ: $\frac{20}{73} P_{\text{атм}}$.

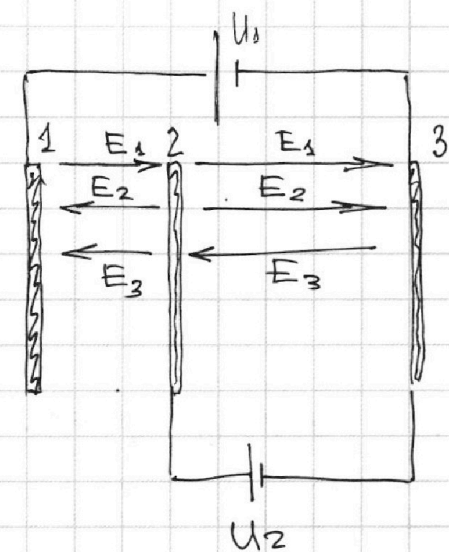
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Пусть E_1 - поле от первой пластины, E_2 - от второй сетки, E_3 - от второй сетки, т.к. $S_{\text{сетки}} \gg d$, то

$$E_* = \frac{q_*}{2\epsilon_0 S} \quad \text{где } q_* - \text{заряд сетки}$$

$$E_1 + E_2 - E_3 = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$$

тогда:

II Закон Ньютона: $ma_z = (E_1 + E_2 - E_3) \cdot q$
 для частицы:

$$\Rightarrow a_z = \frac{U}{d} \cdot \frac{q}{m}$$

3) Ответ: $a_z = \frac{Uq}{dm}$

Между ~~сетками~~ сетками 1 и 2 U_{12}

Между 2 и 3: $U_{23} = U_2 = U$

\Rightarrow

$$U_1 = U_{12} + U_{23} = U_{12} + U = 5U$$

$$\Rightarrow U_{12} = 4U$$

тогда запишем закон изменения энергии для частицы:

(где $\frac{mv^2}{2} = k_2$)

$$\left(-\frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \right) = U_{12} \cdot q = 4Uq$$

$$k_2 = 4Uq + \frac{mv_0^2}{2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

Аналогично запишем для k_3 :

$$k_3 - \frac{mV_0^2}{2} = q \cdot U_3 = q \cdot 5U$$

$$\rightarrow k_3 = 5Uq + \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow k_3 - k_2 = Uq$$

2) Ответ: $Uq = k_3 - k_2$

Запишем закон зум. энергии для частицы до A :

$$\frac{mV_A^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = U_{12} \cdot q + (E_1 + E_2 - E_3) \cdot q \cdot \frac{3d}{4} =$$

$$= 4Uq + \frac{U}{d} \cdot q \cdot \frac{3d}{4} = 4Uq + \frac{3}{4}Uq = \frac{19}{4}Uq$$

$$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{19}{4}Uq$$

$$V_A^2 = V_0^2 + \frac{19}{2m}Uq$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 + 9,5 \frac{Uq}{m}}$$

3) Ответ: $\sqrt{V_0^2 + 9,5 \frac{Uq}{m}} = V_A$

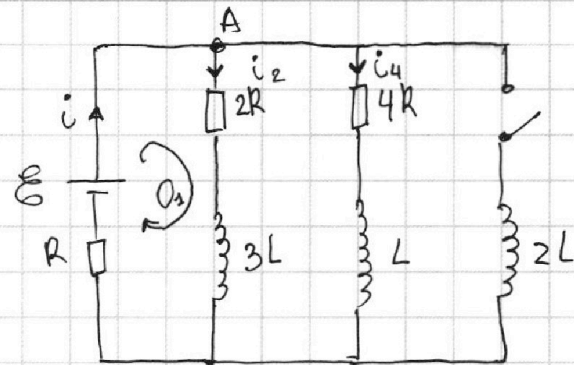
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



До замыкания ключа:

1. II правило Кирхгофа (обход O_1):

$$E = iR + 2Ri_2 + U_L$$

мк. ренши $\rightarrow 0$
установився

2. мк. напряжение на $2R$ и $4R$ равно, т.е.:

$$2Ri_2 = 4Ri_4$$

$$\Rightarrow i_4 = \frac{i_2}{2}$$

3. то ~~то~~ I прав. Кирхгофа (узел A)

$$i = i_2 + i_4$$

$$\parallel \\ 3i_4 = \frac{3}{7} \frac{E}{R}$$

$$\Rightarrow E = R(2i_4 + i_4) + 2R \cdot 2i_4$$

$$E = R \cdot 7i_4$$

$$i_4 = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$$

1) Ответ: $i_4 = \frac{1}{7} \frac{E}{R}$

Сразу после замыкания ключа:

~~$i_{2L} = 0$~~ - т.к. ток в катушке не меняется скачком
 ~~$i_{3L} = i_2$~~
 ~~$i_{2L} = i_2$~~ } ток не остается как до замык.

\Rightarrow токи в цепи не изменились и компоненты на резисторах \Rightarrow катушек тоже.

$$\Rightarrow U_{2L} = E - iR = E - \frac{3}{7} \frac{E}{R} \cdot R = \frac{4}{7} E$$

2) Ответ: $\frac{4}{7} E$

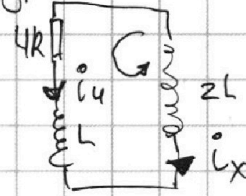
1 2 3 4 5 6 7

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



Запишем II Прав. Кирхгофа для контура $2L$ и L

$$4Ri_4 + L \frac{di_4}{dt} - 2L \frac{di_x}{dt} = 0$$



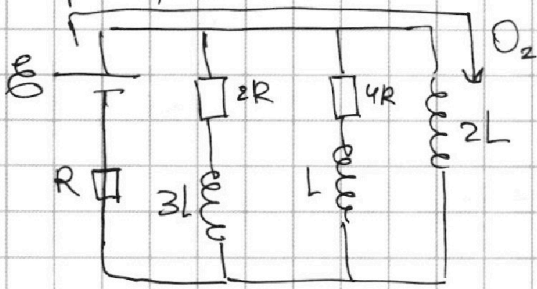
$$4Ri_4 + L \frac{di_4}{dt} = 2L \frac{di_x}{dt} \quad | \cdot dt$$

$$4R \int i_4 dt + L di_4 = 2L di_x \quad | \Sigma$$

$$\textcircled{*} \quad 4R Q_{\text{магн}} + L \left(\frac{1}{L} i_4^{\text{кон.}} - i_4^{\text{нач.}} \right) = 2L \left(i_x^{\text{кон.}} - i_x^{\text{нач.}} \right)$$

$= i_4 = \frac{1}{7} \frac{\mathcal{E}}{R}$

Теперь рассмотрим ток в системе, когда установився режим.



II Прав. Кирх-а (O2):

$$\mathcal{E} = iR + 0$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\Rightarrow i_{2R} \cdot 2R + 0 = i_{4R} \cdot 4R + 0 = 0$$

\Rightarrow ток через резисторы

$3L$ и L ; $2R$ и $4R = 0$, а

ток через катушку $2L = i = \frac{\mathcal{E}}{R}$

\Rightarrow подставим в уравн. $\textcircled{*}$: $4R Q_{\text{магн}} = L \left(2 \left(\frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right) - \left(0 - \frac{1\mathcal{E}}{7R} \right) \right)$

$$4R Q_{\text{магн}} = L \left(2 \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{1}{7} \frac{\mathcal{E}}{R} \right) = L \cdot \frac{15}{7} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$Q_{\text{магн}} = L \cdot \frac{15}{7} \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot \frac{1}{4R} = \frac{15}{28} \cdot \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

3) Ответ: $\frac{15}{28} \cdot \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$

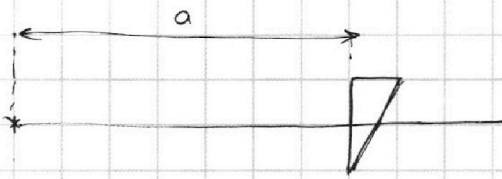
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

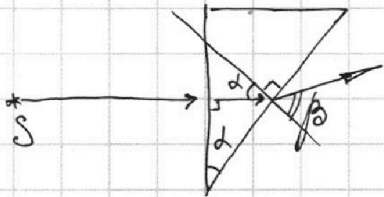
1 2 3 4 5 6 7



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



1) $n_1 = n_2 \Rightarrow$ при построении хода лучей учитываем только преломление с n_2 .



Закон Снеллиуса:

$$\sin \alpha \cdot n_2 = \sin \beta \cdot n_B$$

т.к. углы малы, то

$$\alpha \cdot n_2 = \beta \cdot n_B$$

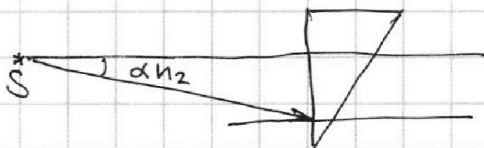
$$\Rightarrow \beta = \frac{\alpha n_2}{n_B} = \frac{\alpha \cdot 1,7}{1} = 1,7\alpha = 0,17 \text{ рад}$$

\Rightarrow отклонение от первоначальной траектории угла

$$\gamma = \beta - \alpha = \left(\frac{n_2 - n_B}{n_B} \right) \cdot \alpha = 0,7\alpha = 0,07 \text{ рад}$$

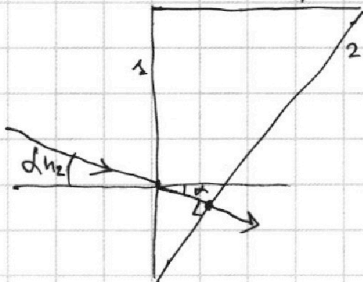
1) Ответ: 0,07 рад.

2) Построим ход луча, который идет под углом $\alpha \cdot n_2$ от оси (прямая наблюдения - S)



\Rightarrow Закон Снеллиуса:

$$\begin{aligned} \text{малые углы} \left\{ \begin{aligned} \sin(\alpha n_2) \cdot n_B &= n_2 \cdot \sin \delta \\ \delta \cdot n_2 &= \alpha n_2 n_B \\ \delta &= \alpha \end{aligned} \right. \end{aligned}$$



\Rightarrow т.к. $\delta = \alpha$

луч \perp второй грани призмы

\Rightarrow не преломляется \Rightarrow отклон. луча от тра к левой поверхности = α .

Тогда рассмотрим угол луча (этот и из n_1)

x - расстояние от центра до вершины

\Rightarrow на их пересечении изображение изображения

$\Rightarrow \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}x = \alpha \cdot d \cdot n_2 \leftarrow$ расстояние между лучами когда они выйдут из грани 2 (правой). Расстояние по гориз-ли можно изменить.

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!



$$\Rightarrow x = \frac{adn_2}{d+f} = \frac{adn_2}{d+0,7d} = \frac{an_2}{1,7} = a \Rightarrow \text{расст. по горизонт.} = 0$$

$\hookrightarrow d, f$ - малые $\Rightarrow \frac{d}{f} \approx d$

$\Rightarrow fx = l$ - расстояние от изобр. до источника по вертикали

$$a \cdot 0,7d = 1 \text{ м} \cdot 0,07 \text{ м} = 7 \text{ см}$$

т.к. расстояние между источником и изобр. по горизонт. = 0

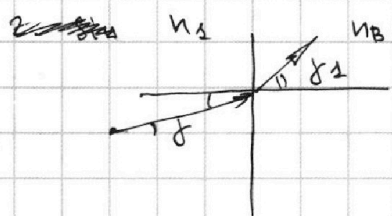
2) Ответ: 7 см.

3) Рассмотрим те же лучи, что в н. 1 и н. 2.

луч. $\sin \alpha \cdot n_2 = \sin \beta \cdot n_1$ - тот же Закон Сн. как в н. 1.

$$\Rightarrow \beta = \frac{dn_2}{n_1} \Rightarrow f = \frac{d(n_2 - n_1)}{n_1}$$

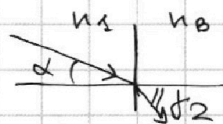
\Rightarrow лучи они еще раз преломятся ~~на~~ между n_1 и n_B .



3-й Сн-ца: $\sin f \cdot n_1 = \sin f_1 \cdot n_B$
 $f_1 = f \frac{n_1}{n_B}$

луч. 2.

$$\left. \begin{aligned} \sin(\alpha n_2) \cdot n_B &= n_2 \sin \delta \\ \delta = \alpha &\Rightarrow \text{не преломится} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$



3-й Сн-ца: $\sin f_2 \cdot n_B = \sin \alpha \cdot n_1 \Rightarrow f_2 = \frac{n_1 d}{n_B}$

Аналогично: x - расстояние до изобр. от правой грани призмы n_1 .

$$\Rightarrow adn_2 + dh + fh = f_1 x + f_2 x$$

$$x = \frac{adn_2 + dh + fh}{f_1 + f_2} = \frac{adn_2 + dh + \frac{d(n_2 - n_1)}{n_1} h}{\frac{n_1 d}{n_B} + \frac{n_1 f}{n_B}} =$$

$$= \frac{d \left(an_2 + h + h \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1} \right)}{d \left(\frac{n_1}{n_B} + \frac{n_1}{n_B} \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1} \right)} = \frac{an_2 + h + h \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1}}{\frac{n_2}{n_B}} = \frac{(an_2 + h + h(n_2 - n_1)) \cdot n_B}{n_2 \cdot n_1}$$

$$= \frac{941}{119} \text{ см} \approx 8 \text{ см} \Rightarrow \text{по верт. } \Delta l = fh - f_1 x = f \left(h - \frac{n_1}{n_B} x \right) = \frac{d(n_2 - n_1)}{n_1} \cdot \left(h - \frac{n_1}{n_B} x \right)$$

$$= 0,6 \text{ м} = 0,06 \text{ см} \Rightarrow \Delta l' = \sqrt{\Delta l^2 + x^2} \approx 8 \text{ см}$$

3) Ответ: 8 см

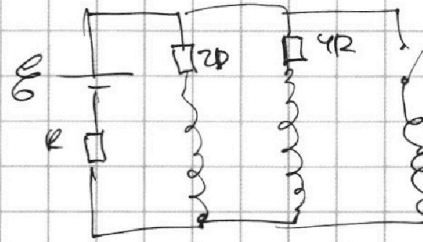
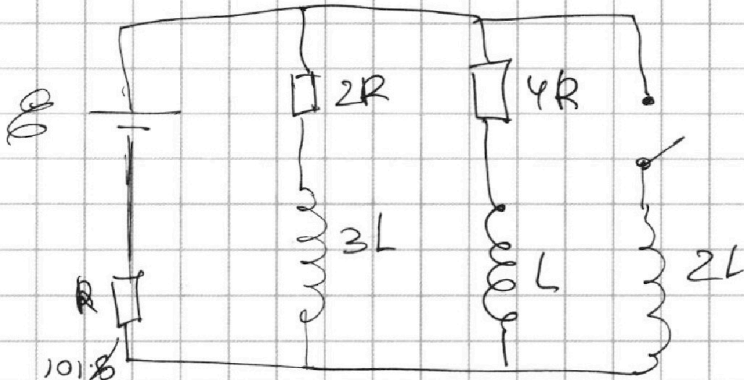
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$E = 4R i_4 + L \frac{di_4}{dt} + iR$$

$$E = iR + 2L \frac{di_x}{dt}$$

1) I_{20} при размыкании ключа цепи

уменьшится $\Rightarrow U_L = 0$

$$4R i_4 = 2R i_2$$

$$i_4 = \frac{i_2}{2}$$

$$i_4 + i_2 = i$$

$$\frac{3}{2} i_2 = i$$

$$\frac{2}{3} i = R i_2$$

$$i_4 = \frac{1}{3} i$$

$$E = iR + \frac{1}{3} i \cdot 4 \left(\frac{R}{3} + \frac{R}{3} \right)$$

$$E = \left(\frac{4}{3} + 4 \right) iR$$

$$E = \frac{16}{3} iR$$

$$4R i_4 = 2L \frac{di_4}{dt} - L \frac{di_2}{dt}$$

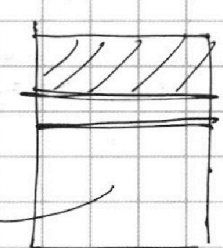
$$4R i_4 + L \frac{di_4}{dt} = 2L \frac{di_2}{dt}$$

$$E = iR + L \frac{di}{dt}$$

$$Li = \frac{E}{i}$$

$$Li \cdot \frac{1}{R} = \frac{E}{iR} = q$$

$$2R i_2 + L \frac{di_2}{dt} = \dots$$



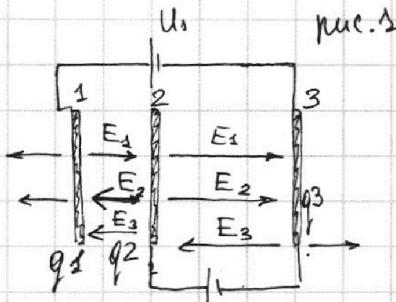
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 сетки не заземлены.

⇒ Закон сохранения заряда

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \quad \text{⊙}$$

1 2 3 4 5
состав-ых камер после подключения источников питания.

$E_1; E_2; E_3$ - поле состав.-ых камер
 $U_{12} = 300V$

т.к. размеры сеток значительно больше d , то

$$E_1; E_2; E_3 - \text{"поле плоскости"} = \frac{q}{2\epsilon_0 S} \text{ где } q - \text{заряд сетки, } S - \text{площ.}$$

→ между 1 и 2 сеткой: $\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = 0$

$$(E_1 - E_2 - E_3) \cdot \frac{d}{3} = U_{12} - \text{разн. потенциал. между 1 и 2 сеткой}$$

$$\frac{q_1 - q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3}$$

между 2 и 3 сеткой: $\frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} = 0$

$$(E_1 + E_2 - E_3) \cdot d = U_{23} = U_2 = \frac{q_2 + q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot d = U$$

$$U_{12} + U_{23} = U_1 = U_{12} + U_2$$

$$\Rightarrow U_{12} = U_1 - U_2 = 4U$$

$$U_{12} = \frac{q_1 - q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3} = 4U$$

$$\frac{q_1 - q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{3} = 4U$$

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 checked="" 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!



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

~~Выведем~~ Выведем из (2) уравнение (1):

$$2q_2 = -11U \cdot \frac{2\epsilon_0 S}{d}$$

$$q_2 = -5,5U \cdot \frac{2\epsilon_0 S}{d}$$

Сложим (1) + (2):

$$2q_1 = 12U \cdot \frac{2\epsilon_0 S}{d}$$

$$q_1 = 6U \cdot \frac{2\epsilon_0 S}{d}$$

$$(1) - (2) \rightarrow 2q_3 = 2 - U \cdot \frac{2\epsilon_0 S}{d}$$

$$q_3 = -0,5U \cdot \frac{2\epsilon_0 S}{d}$$

$m_{\text{расш}} = \Sigma F$ - II Закон Ньютона

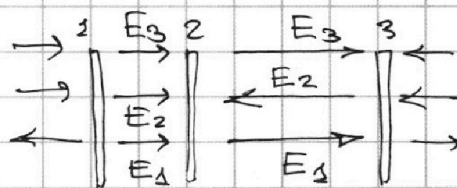
$$m_{\text{расш}} = q \cdot (E_1 + E_2 - E_3) \quad \text{из первого рисунка}$$

$$m_{\text{расш}} = q \cdot \frac{U}{d}$$

$$a_{\text{расш}} = \frac{qU}{dm}$$

3) Ответ: $\frac{qU}{dm} = a_{\text{расш}}$

рис. 2



если учитывать
заряды (знаки)
 q_1, q_2, q_3

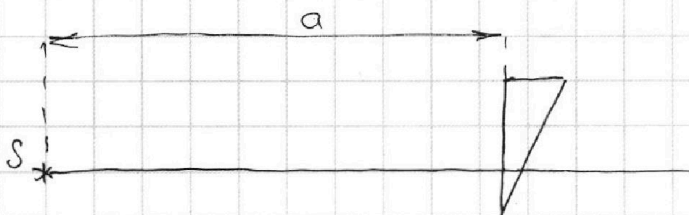
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

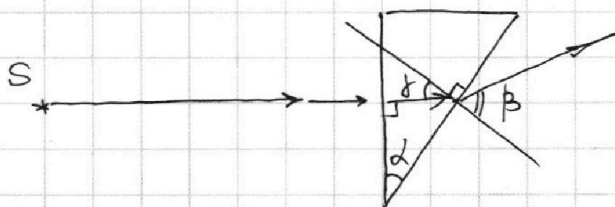
1 2 3 4 5 6 7



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



1) $n_1 = n_2 = 1 \Rightarrow$ раз коэф. преломления равны, то можно учитывать только $n_2 = 1,7$ на боковой поверхности. \rightarrow на боковой поверхности \rightarrow на боковой поверхности



из геометрии движения луча: $\beta = \alpha$
где β - угол между лучом и \perp к грани преломл.

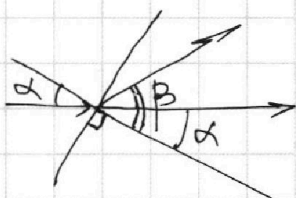
\Rightarrow Закон Снеллиуса:

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

тк α - малый $\Rightarrow \beta$ - тоже $\Rightarrow \sin \alpha \approx \alpha \approx \sin \beta$

$$\beta \cdot n_2 = \alpha \cdot n_1$$

$$\beta = \frac{\alpha \cdot n_1}{n_2} = 1,7 \alpha = 0,17 \text{ рад}$$



\Rightarrow угол отклонился от нормальной на величину $\beta - \alpha = 1,7 \alpha - \alpha = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ рад}$

1) Ответ: $0,07 \text{ рад}$.