

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

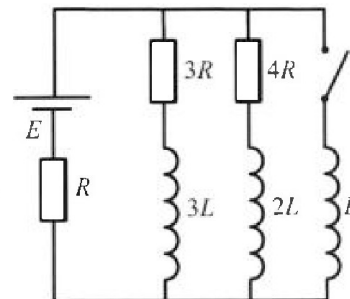
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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 $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Ка кой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ 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 $a = 90$ 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.

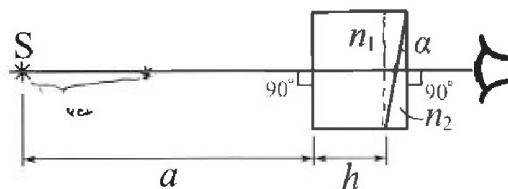
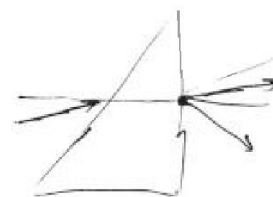


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

$$d_o - \varphi = \frac{n_2 d (n-1)}{0,9d}$$

$$\varphi = d_o - 0,9d \quad \varphi =$$



$$0,9d \text{ м}$$



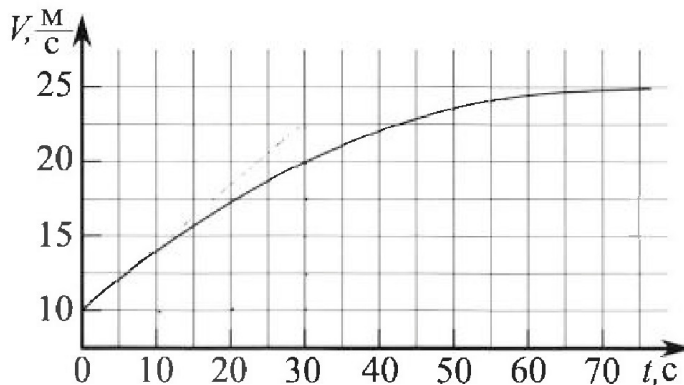
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

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



1. Автомобиль массой $m = 1500$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.

2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.

3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

$$-3u = \frac{1}{2} \cdot d -$$

$$- \frac{1}{2} \cdot u$$

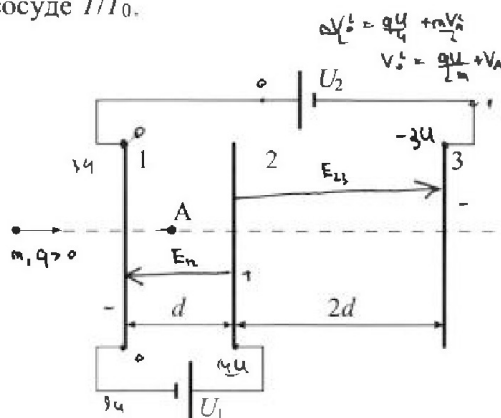
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{атм}}/2$ ($P_{\text{атм}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

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 $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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 отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. 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 1 и 2.

2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

- 1) Т.к. ускорение - это $a = \frac{d\vartheta}{dt}$, то ускорение в каждой точке можно найти проведя касательную к графику и найдя тангенс угла наклона к оси t (из геом. смысла производной)

Из графика $a_0 = \frac{d\vartheta}{dt} \approx \frac{22,5^\circ - 10^\circ}{30\text{с} - 0\text{с}} = \frac{5}{12} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ← уск. в начале разгона

- 2) В конце разгона ускорение $a_k \approx 0$ (касательная параллельна оси t), а скорость $\vartheta_k \approx 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

По условию сила сопротивления пропорциональна скорости $\Rightarrow F_k = d\vartheta_k$, где $d = \text{const}$

Тогда для начала разгона 23Н : $F_0 - d\vartheta_0 = ma_0 \Rightarrow F_0 = d\vartheta_0 + ma_0 = F_k \frac{\vartheta_0}{\vartheta_k} + ma_0$, где $\vartheta_0 = 10^\circ$ из графика

$$\Rightarrow F_0 = 600\text{Н} \cdot \frac{10}{25} + 1500\text{кг} \cdot \frac{5}{12} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 420\text{Н} + 625\text{Н} = 865\text{Н}$$

- 3) Мощность силы тяги $P_0 = \frac{dA_T}{dt} = \frac{F_0 \cdot dx}{dt} = F_0 \cdot \vartheta_0 = 865\text{Н} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 8650\text{Вт}$

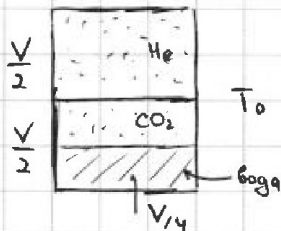
Ответ:

- 1) $a_0 = \frac{5}{12} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- 2) $F_0 = 865\text{Н}$
- 3) $P_0 = 8650\text{Вт}$

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) Рассмотрим нач. сост. системы



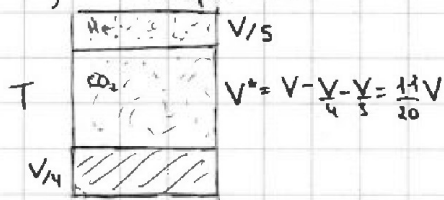
для гелия: $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{He}} RT_0$ (1) $\Rightarrow \frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{CO}_2}} = 2$

для угл. газа: $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \nu_{\text{CO}_2} RT_0$ (2)

Заметим, что мы пренебрегли кол-вом вещества пара, т.к. при комнатной температуре давление насыщенного пара очень мало

Кол-во CO_2 растворенное в воде $\Delta \nu = k \cdot \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \frac{k P_{\text{атм}} V}{8}$ (3); при нагреве до $T = 373\text{K}$ весь раств. газ выйдет из воды по условию задачи

2) Рассмотрим конечное сост. системы



Т.к. $T = 373\text{K}$, то насыщенный водяной пар имеет давление равное $P_{\text{атм}}$;

• для верхней части сосуда: $P \cdot \frac{V}{5} = \nu_{\text{He}} RT = \frac{P_{\text{атм}} V}{4} \cdot \frac{T}{T_0}$
(ν_{He} выразим из (1))

• для нижней части сосуда, для угл. газа: $P_{\text{CO}_2} \cdot \frac{11V}{20} = (\nu_{\text{CO}_2} + \Delta \nu) RT$
 $\Rightarrow P_{\text{CO}_2} = \frac{20RT}{11V} \left(\frac{k P_{\text{атм}} V}{8} + \frac{P_{\text{атм}} V}{8RT_0} \right) = \frac{20 P_{\text{атм}}}{88} (kRT + \beta)$ из (2) и (3)

Из закона Дальтона: $P_{\text{CO}_2} + P_{\text{атм}} = P$, в итоге используем известность β и

$$\Rightarrow \frac{20 P_{\text{атм}}}{88} (kRT + \beta) = \frac{5 P_{\text{атм}}}{4} \beta - P_{\text{атм}} \Rightarrow \frac{20}{88} kRT + \frac{20}{88} \beta = \frac{5}{4} \beta - 1$$

$$\frac{90}{88} \beta = \frac{20}{88} kRT + 1 \Rightarrow \beta = \frac{2}{9} kRT + \frac{88}{90} = \frac{1}{3} + \frac{88}{90} = \frac{118}{90}$$

Ответ: 1) $\frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{CO}_2}} = 2$

2) $\beta = \frac{118}{90}$

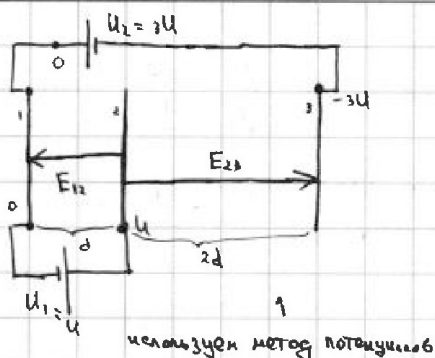
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\begin{aligned} 0) \quad \begin{cases} E_{12} \cdot d = U \\ E_{23} \cdot 2d = U - (-3U) = 4U \end{cases} &\Rightarrow \begin{aligned} E_{12} &= \frac{U}{d} \\ E_{23} &= \frac{2U}{d} \end{aligned}, \text{ т.к.} \\ &\text{приближительно} \end{aligned}$$

пластины можно считать бесконечными, а поле приближительно однородным (краевыми эфф. пренебрежем)

$$1) \quad m|a_{12}| = qE_{12} = \frac{qU}{d} \Rightarrow |a_{12}| = \frac{qU}{md} \leftarrow \text{между сетками 1-2}$$

2) Т.к. мы пренебрегаем краевыми эффектами, то поле снаружи можно считать нулевым и тогда при пролете сетки "1" кин. эн-ия совпадает с эн-ией на большом расстоянии от системы сеток;
тогда из ЗСЭ: $K_1 = qE_{12}d + K_2 \Rightarrow K_1 - K_2 = qE_{12}d = qU$

$$\begin{aligned} 3) \quad K_1 &= \frac{mV_0^2}{2}; \quad \text{ЗСЭ: } \frac{mV_0^2}{2} = qE_{12} \cdot \frac{d}{4} + \frac{mV_A^2}{2} \Rightarrow V_0^2 = V_A^2 + \frac{qU}{2m} \\ \Rightarrow V_A^2 &= V_0^2 - \frac{qU}{2m} \Rightarrow V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}} \end{aligned}$$

Видно, что чтобы такое было возможно и т.е. заряд достиг точки "А" нужно чтобы $V_0^2 \geq \frac{qU}{2m} \Rightarrow V_0 \geq \sqrt{\frac{qU}{2m}}$

Ответ:

- $|a_{12}| = \frac{qU}{md}$
- $K_1 - K_2 = qU$
- $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}}, \text{ при } V_0 \geq \sqrt{\frac{qU}{2m}}$

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!

1) Т.к режим установился, то напряжение на катушках равно нулю (т.е. т.к. через них постоянный ток)

исп. метод потенциалов

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 = \frac{\varphi}{R}; \quad I_2 = \frac{E - \varphi}{3R}; \quad I_3 = \frac{E - \varphi}{4R}$$

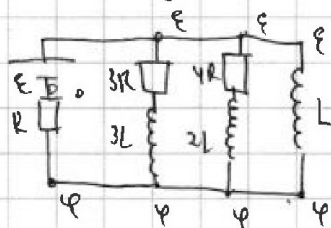
$$\Rightarrow \frac{\varphi}{R} = \frac{E - \varphi}{3R} + \frac{E - \varphi}{4R} \Rightarrow \varphi = \frac{7E}{19}$$

$$I_2 = \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{4}{19} \frac{12E}{3R} = \frac{4E}{19R} = I_{10}$$

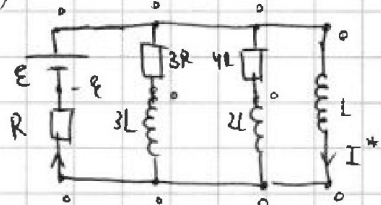
2) Рассмотрим момент сразу после замыкания ключа $\Rightarrow$ ток в катушках не успевает измениться скачком, т.е. через "L" он не потечет, а через "2L" и "3L" останется прежним (т.е. и через резистор тоже)

Т.к. ток через резистор не изменился, то $\varphi = \frac{4E}{19}$ остался прежним

и тогда для напряжения на катушке L:

$$E - \varphi = \frac{12E}{19} = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L}$$


3) Рассмотрим уст. режим после замыкания ключа: напряжение на катушках вновь равно нулю:



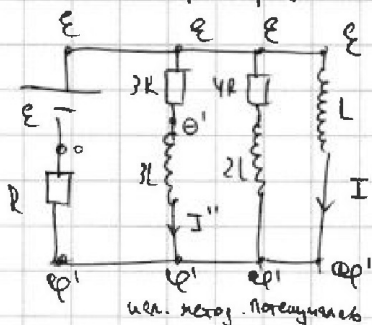
используем метод потенциалов

Из метода потенциалов видно что так течет

только через "L", т.к. "2L" и "3L" соединены параллельно
и с резисторами к которым нулевое напряжение
и тока тоже нет:

$$I^* = \frac{E}{R}$$

Рассмотрим произвольный момент времени



для "L": $E - \varphi' = L \frac{dI'}{dt} \quad (1)$

для "3L": $E - \varphi' = 3L \frac{dI''}{dt} \Rightarrow \varphi' = 3L \frac{dI''}{dt} + \varphi'$

для "3R": $\frac{E - \varphi'}{3R} = I'' = \frac{E - \varphi'}{3R} - \frac{L}{R} \frac{dI''}{dt}$

Протекший через 3R заряд: $q = \int_0^{\infty} I'' dt = \frac{\int_0^{\infty} (E - \varphi') dt}{3R} - \frac{L}{R} \int_0^{\infty} \frac{dI''}{dt} dt$

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!

Заметим, что из (1): $\int \vec{E} \cdot d\vec{l} = L \Delta I' = L(I^* - 0)$, т.к. в
конце ток через неё (катушку L) равен $I^* = \frac{\mathcal{E}}{R}$, а в начале ток через
нее равен нулю

Тогда $q = \frac{LI^*}{3R} - \frac{L\Delta I''}{R}$, где $\Delta I'' = 0 - I_0$, т.к. в конце ток
через неё не течёт

$$\Rightarrow q = \frac{L\mathcal{E}}{3R} + \frac{4L\mathcal{E}}{19R} = \frac{31}{57} \cdot \frac{L\mathcal{E}}{R}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$

2) $\frac{dI}{dt} = \frac{R\mathcal{E}}{19L}$

3) $q = \frac{31}{57} \cdot \frac{L\mathcal{E}}{R}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

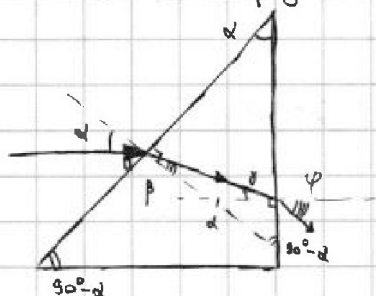
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



- 1) Рассмотрим преломление в призме (т.к. $n_1 = 1 = n_2$, то в луч преломляется только в призме с $n = n_2$):



закон Снеллиуса: $\alpha = \beta \cdot n_2$, т.к. $\alpha \ll 1$ и $\beta \ll 1$
 $n_2 = 1$

из геометрии рисунка видно, что $\gamma + \beta = \alpha$

Т.е. о внешнем угле

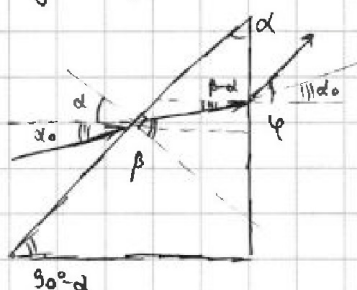
$$\Rightarrow \gamma = \alpha - \beta$$

опять закон Снеллиуса: $\gamma n_2 = (\alpha - \beta) n_2 = \psi$

$$\Rightarrow \psi = (\alpha - \frac{\alpha}{n_2}) n_2 = n_2 \alpha (n_2 - 1) = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ рад}$$

Именно на этот угол отклонится луч

- 2) Т.к. n_1 вновь равно 1, то преломляются все лучи только в призме с $n = n_2$. Все углы малы т.к. глаз видит только такие, а изображение будет на пересечении лучей или их продолжений. Для того, чтобы найти изображение построим второй луч от источника (параксиальный) и рассмотрим его преломление. Заметим, что факт из пункта (1) можно обобщить — если луч идет падает на призму, идя под малым углом к горизонту, то его отклонение Δ (качественный угол к горизонту) также будет равно $\Delta = \alpha(n_2 - 1)$; докажем это



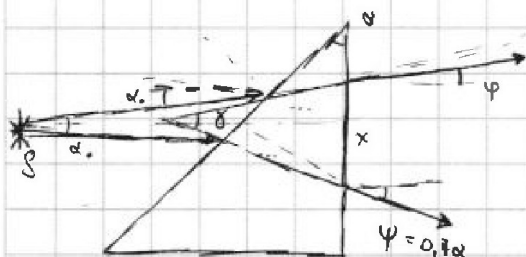
закон Снеллиуса:

$$\begin{cases} (\alpha + \alpha_0) = n\beta \\ n(\beta - \alpha) = \psi \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} \psi &= \alpha + \alpha_0 - \alpha n \\ \psi - \alpha_0 &= \Delta = \alpha(1 - n) \end{aligned}$$

на самом деле меньше α_0

$$\Rightarrow |\psi - \alpha_0| = |\Delta| = \alpha(n - 1) \text{ ЧТО}$$

Рассмотрим падение луча из первого пункта и близкого к нему луча



$$\gamma = \psi + 0,7 \alpha = \alpha_0$$

тогда для отрезка x : $d_0(a+h) = \gamma d$

$$\Rightarrow d = a+h$$

Изображение совпадает с источником

$$d = 104 \text{ см}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

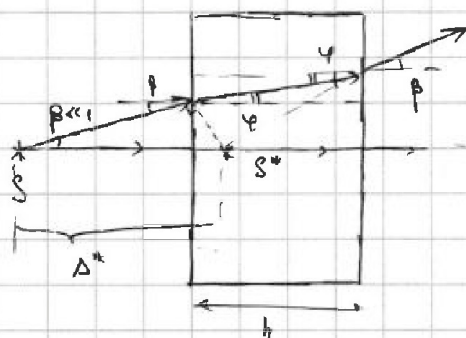
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) Заметим, что такую систему из двух призм можно заменить из следующей:



т.е. на плоскопараллельную пластинку и две начальные призмы

Рассмотрим преломление в ППП (плоскопаралл. пластинка):



S^* -изображение S в ППП

Из геометрии $\beta h = \beta \Delta^* + \varphi h$ (используем малость углов)

Закон Снелла $\beta = n_1 \varphi \Rightarrow \varphi = \frac{\beta}{n_1}$

$$\Rightarrow h = \Delta^* + \frac{h}{n_1} \Rightarrow \Delta^* = h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) \quad (1)$$

S^* становится источником для двух призм. Однако заметим, что две призмы с $n=n_1$ можно заменить (соединив их) на ППП предельно малой толщины: но из ф-лы (1) мы видим, что тогда $\Delta^* \rightarrow 0$, т.е. изображение S^* источника S^* совпадает с самим S^* :

Тогда ответом на вопрос задачи будет $\Delta^* = h \left(1 - \frac{1}{1,4}\right) = 0,4 \cdot \frac{10}{1,4}$

$$\Rightarrow \Delta^* = \frac{4}{1,4} h = 4 \text{ см}$$

Ответ:

- 1) $\varphi = 0,7\alpha = 0,07 \text{ рад}$
- 2) $d = a + h = 104 \text{ см}$
- 3) $\Delta^* = 4 \text{ см}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Handwritten solution on grid paper for a physics problem involving optics and geometry. The solution includes several diagrams and calculations.

Diagram 1 (Top Left): Shows a ray passing through a medium with refractive index n_2 . Angles α , β , and ψ are marked. The distance $a+h$ is indicated.

Diagram 2 (Top Right): Shows a ray passing through a medium with refractive index n . Angles α , β , and ψ are marked. The distance $a+h$ is indicated.

Diagram 3 (Middle Left): Shows a ray passing through a medium with refractive index n . Angles α , β , and ψ are marked. The distance $a+h$ is indicated.

Diagram 4 (Middle Right): Shows a ray passing through a medium with refractive index n . Angles α , β , and ψ are marked. The distance $a+h$ is indicated.

Diagram 5 (Bottom Left): Shows a ray passing through a medium with refractive index n . Angles α , β , and ψ are marked. The distance $a+h$ is indicated.

Diagram 6 (Bottom Right): Shows a ray passing through a medium with refractive index n . Angles α , β , and ψ are marked. The distance $a+h$ is indicated.

Calculations:

- $n \left(\frac{a+d_0}{n} - d \right) = \psi = \alpha + d_0 - d n$
- $\psi - d_0 = \alpha$
- $0 + \beta + 180^\circ - \alpha = 180^\circ$
- $d_0 = \psi$
- $d = \alpha - \beta$
- $n_2 \cdot (\alpha - \beta) = n \psi$
- $\psi = n_2 (\alpha - \beta) =$
- $= \alpha (n_2 - 1) = 0,7 \alpha =$
- $= \frac{7}{10} \cdot \frac{1}{10} = 0,07$
- $\psi = \alpha$
- $0 + 180^\circ - \psi - \beta + \psi = 180^\circ$
- $d = \beta$
- $(\alpha + d_0) = n \beta$
- $\psi = \alpha + \frac{x}{a+h}$
- $x = (a+h) \cdot \alpha = \frac{104}{100} \cdot \frac{1}{10} = \frac{104}{1000} = 0,104 \text{ m}$
- $\alpha h = \Delta + \beta h$
- $\alpha = \beta \cdot n$
- $\alpha h = \Delta + \beta h$
- $h(1 - n) = \Delta$
- $1 - \frac{10}{14} = \frac{4}{14}$
- $x = \alpha(a+h)$
- $\alpha y = x$
- $0,7 d + 90^\circ + \alpha +$
- $\frac{y}{\cos 1,7 d} = \frac{x}{\cos 1,7 d} = \frac{y}{\cos 1,7 d}$
- $\alpha y = \alpha(a+h)$
- $\alpha y = \alpha(a+h)$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$F_c \sim \vartheta$$

$$F_c = 600 \text{ Н}$$

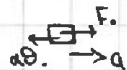
$$1) a = \frac{d\vartheta}{dt}$$

$$\frac{12,5}{30} = \frac{125}{10 \cdot 30} = \frac{25 \cdot 5}{16 \cdot 30} = \frac{5}{12} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{25}{2 \cdot 30} = \frac{5 \cdot 5}{2 \cdot 30} = \frac{5}{12}$$

$$2) F_0 - F_c = ma_0$$

$$F_c = d\vartheta$$



Дано: $\text{кон. кон. бр. } a = 0$

$$F_k = d\vartheta$$

$$F_k = \frac{F_c}{\mu_k}$$

$$F_0 = ma_0 + d\vartheta = ma_0 + \frac{F_c \vartheta_0}{\vartheta_k} = 1500 \cdot \frac{5}{12} + 600 \cdot \frac{10}{2} = 125 \cdot 5 + 2400 = \dots$$

$$3) P_0 = F_0 \cdot \vartheta_0$$



ковреаный
теплатров.

$$\Delta U = k P_{\text{атм}} \cdot \frac{V}{4}$$

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = J_{\text{не}} RT_0$$

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = J_{\text{ко}_2} RT_0$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{J_{\text{не}}}{J_{\text{ко}_2}} \quad \frac{V}{2} \cdot \frac{1}{V} = \dots$$

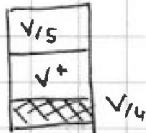
$$\frac{20}{50} \cdot \frac{10}{44} = \frac{5}{12}$$

$$\frac{5}{4} - \frac{5}{12} = \frac{10 - 20}{28} = \frac{90}{28}$$

1) Пусть вар насыщен, тогда $P_0 = P_{\text{атм}}$

$$\frac{V}{5} + \frac{V}{4} + V^* = V$$

$$V^* = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20V - 4V - 5V}{20} = \frac{11V}{20}$$



$$P_{\text{атм}} + P \cdot \frac{V}{5} = J_{\text{не}} RT = \frac{P_{\text{атм}} V}{4} \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$P = \frac{5 P_{\text{атм}}}{4} \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{T}{T_0} = \beta$$

$$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{ко}_2}$$

$$P_{\text{ко}_2} = \frac{J_{\text{ко}_2} RT}{V^*} = \frac{20 J_{\text{ко}_2} RT}{11V} = \frac{20 RT}{11V} \cdot (k \frac{P_{\text{атм}} V}{8} + \frac{P_{\text{атм}} V}{8 RT_0}) =$$

$$\frac{2}{8} \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-3}$$

$$= \frac{20 RT}{11 \cdot 8} \left(k RT P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}} \frac{T}{T_0} \right) =$$

$$= P_{\text{атм}} \frac{5 P_{\text{атм}}}{4} \cdot \beta - P_{\text{атм}}$$

№31

$$V E_0 = m V_0^2$$

$$E_{\text{нд}} = U$$

$$E_{23} \cdot 2d = 4U$$

$$E_{23} = \frac{2U}{d}$$

$$m p_{\text{эл}} = q U$$

$$K_1 = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$\frac{q_1}{2 \epsilon_0 S} + \dots$$

$$K_2 = \frac{m V_0^2}{2} = q d \cdot \frac{U}{d}$$

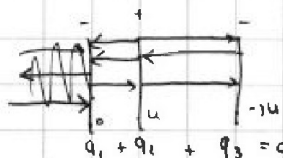
$$q_1 + q_2 + q_3 = -\epsilon_0 S U$$

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

$$q_2 = q_1$$

$$4 q_1 = -2 \epsilon_0 S U$$

$$q_1 = -\frac{\epsilon_0 S U}{2}$$



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

$$E_{12} = \frac{U}{d} = \frac{q_1}{2 \epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2 \epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2 \epsilon_0 S}$$

$$\frac{3U}{2d} = \frac{q_2}{2 \epsilon_0 S} \quad q_2 = \frac{3 \epsilon_0 S U}{d}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

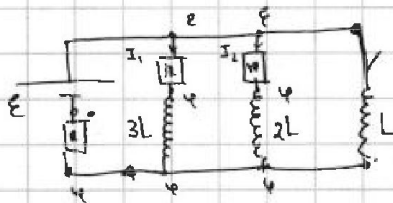
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

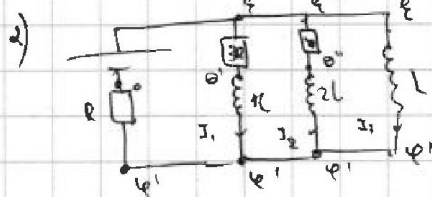
Уст. режим $\Rightarrow$ непереходящие токи катушки индуктивности



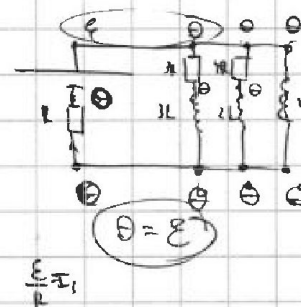
$$\begin{aligned} \frac{\varphi}{R} &= \frac{E - \varphi}{3R} + \frac{E - \varphi}{4R} \\ 12\varphi &= 4E - 4\varphi + 3E - 3\varphi \\ (12 + 4 + 3)\varphi &= 7E \\ 19\varphi &= 7E \\ \varphi &= \frac{7E}{19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{E - \varphi}{R} = \frac{E - \frac{7E}{19}}{R} = \frac{12E}{19R} \\ E - 9\varphi &= \frac{12E}{19} = \frac{4E}{19} \\ \frac{12E}{19} &= \frac{4E}{19} \end{aligned}$$

$$1) I_{10} = \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{4E}{19R}$$



$$\begin{aligned} E - \varphi &= L \frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19} \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{12E}{19L} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \frac{\varphi'}{R} &= I_0; \quad I_1 = \frac{E - \varphi'}{3R} \\ \varphi' - \varphi' &= 3L \frac{dI_1}{dt} + \varphi' \\ I_1 &= \frac{E - 3L \frac{dI_1}{dt} - \varphi'}{3R} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{E - \varphi'}{4R} = \frac{E - 2L \frac{dI_2}{dt} - \varphi'}{4R} \\ \varphi' - \varphi' &= 2L \frac{dI_2}{dt} + \varphi' \\ E - \varphi' &= L \frac{dI_2}{dt} + \varphi' \end{aligned}$$

$$\frac{\varphi'}{R} = \frac{E - 3L \frac{dI_1}{dt} - \varphi'}{3R} + \frac{E - 2L \frac{dI_2}{dt} - \varphi'}{4R} + I_3$$

$$12\varphi' = E - 3L \frac{dI_1}{dt} - 4\varphi' + 3E - 6L \frac{dI_2}{dt} - 3\varphi' + 12I_3R$$

$$I_1 = \frac{E - 3L \frac{dI_1}{dt} - \varphi'}{3R} = \frac{E}{3R} - \frac{\varphi'}{3R}$$

$$\int (E - \varphi')/R = L \frac{dI_1}{dt} = \frac{LE}{R}$$

$$\varphi' - \varphi' = 3L \frac{dI_1}{dt}$$

$$I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

$$\oint I_1 dt = \int \frac{E}{3R} dt - \int \frac{\varphi'}{3R} dt - \frac{L}{R} \int dI_1$$

$$\frac{19}{5} \frac{E}{R} = \frac{19}{5} \frac{E}{R}$$

$$\frac{\int (E - \varphi') dt}{3R} = \frac{LE}{3R} - \frac{L}{R} \cdot \frac{4E}{19R} = \frac{LE}{3R} - \frac{4LE}{19R}$$

$$\frac{1}{3} + \frac{4}{19} = \frac{19+12}{57} = \frac{31}{57}$$

$$\frac{19LE - 12LE}{57R} = \frac{7LE}{57R}$$