

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

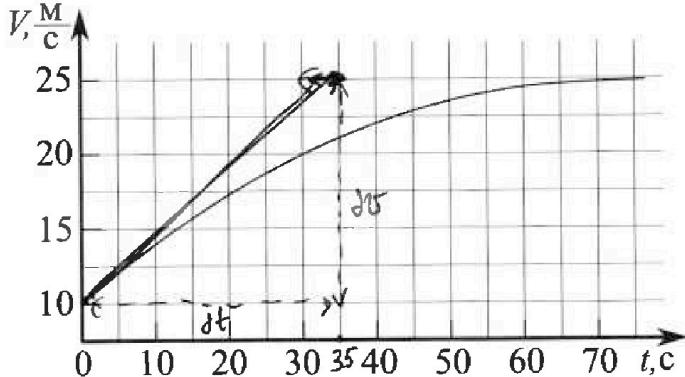
Вариант 11-03

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%.

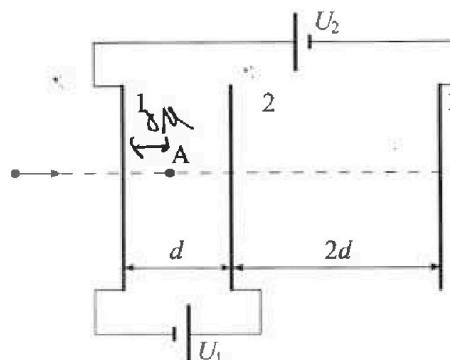


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k_p v$. 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.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

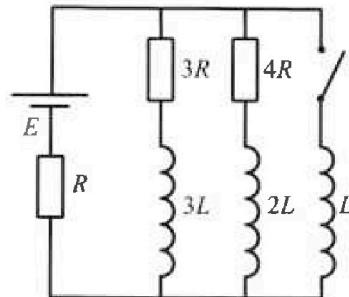
Вариант 11-03

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.

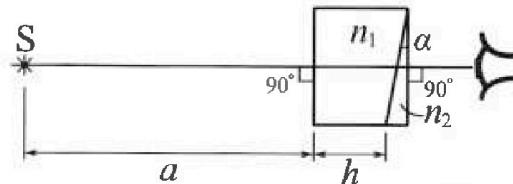
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

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 $n_b = 1,0$. 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.

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.



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"/> |

МФТИ



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

1) $F_{\text{суп}} \sim v$.

1 задача из 1 из 1

(1/1)

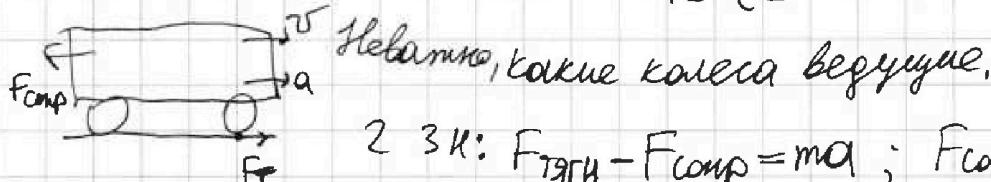
1) $a = \frac{dv}{dt}$. Касательная к графику в начале
разгона. $dv = 15 \frac{m}{s}$; $dt = (32.5 \pm 2.5) s$

$$a_0 = \frac{15 \frac{m}{s}}{32.5 s} = \frac{2.5 \cdot 6}{32.5 \cdot 13} \frac{m}{s^2} = \frac{6}{13} \frac{m}{s^2}; a'_1 = \frac{15 \frac{m}{s}}{30 s} = \frac{1}{2} \frac{m}{s^2}; a'_2 = \frac{15}{35} = \frac{3}{7} \frac{m}{s^2}$$

$$\Delta a_1 = \left| \frac{6}{13} - \frac{1}{2} \right| = \left| \frac{12 - 13}{26} \right| = \frac{1}{26}, \quad \frac{\Delta a_1}{a_0} = \frac{1}{26}, \quad \frac{1}{6} = \frac{1}{12} < 0.1$$

$$\Delta a_2 = \left| \frac{6}{13} - \frac{3}{7} \right| = \left| \frac{42 - 39}{91} \right| = \frac{3}{91} \frac{m}{s^2}; \frac{\Delta a_2}{a_0} = \frac{3}{91}, \quad \frac{13}{62} = \frac{13}{182} = \frac{1}{14} < 0.1$$

⇒ Ответ уравн. точности: $a_0 = \frac{6}{13} \frac{m}{s^2}$



$$23K: F_{\text{тug}} - F_{\text{суп}} = ma; F_{\text{суп}} = k v$$

$$B \text{ конце разгона } a_k = 0: F_k = F_{\text{суп}} = K v_k; K = \frac{F_k}{v_k}$$

$$K = \frac{F_k}{v_k} = \frac{600 H}{25 \frac{m}{s}} = 24 \frac{H \cdot s}{m}. \quad B \text{ начале разгона: } F_0 - K v_0 = m a_0$$

$$F_0 = K v_0 + m a_0 = (24 \cdot 10 + 1500 \cdot \frac{6}{13}) H; \quad \frac{1500}{13} = \frac{1300 + 200}{13} = 100 + \frac{200}{13} \oplus$$

$$\Theta 100 + \frac{130 + 20}{13} = 110 + \frac{70}{13} = 110 + 5 + \frac{5}{13} = 115 + \frac{5}{13} \cdot \frac{215}{690}; \quad \frac{692}{240}$$

$$(115 + \frac{5}{13}) \cdot 6 = 690 + \frac{30}{13} = 692 + \frac{4}{13}; \quad F_0 \approx 932.3 H; \text{ суп } F_0 = (932 + \frac{4}{13}) H$$

$$P_0 = \frac{F_0 \Delta x}{\Delta t} = F_0 v_0 = (932 + \frac{4}{13}) \cdot 10 BT = (9320 + \frac{40}{13}) BT = (9323 + \frac{1}{13}) BT$$

$$P_0 \approx 9323 BT; \text{ Ответ: } a_0 = \frac{6}{13} \frac{m}{s^2}; F_0 = 932.3 H; P_0 \approx 9323 BT$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

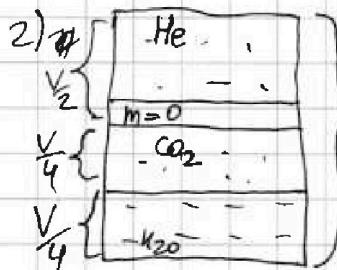
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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



2 задача лист 1 из 2

(2/17)

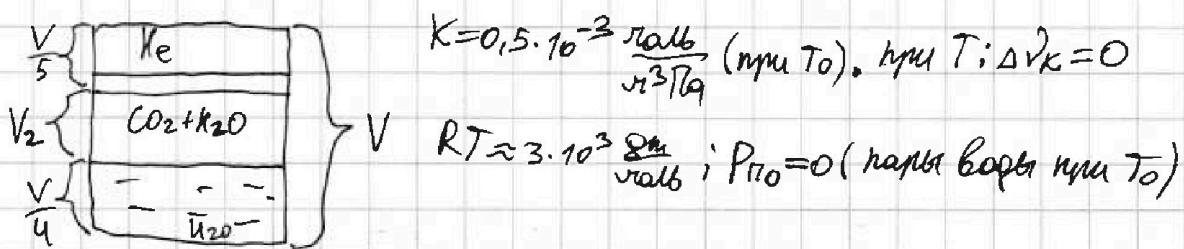
По условию изначально все равны частям.

$$\text{Изначально: } p_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}; T_0 = T_{\text{комн.}}$$

$$\text{Коэффициент: } V_{x_k} = V_{x_0} = \frac{V}{4}; V_{k_{e_k}} = \frac{V}{5}; T = 373K = 100^\circ C$$

$$\Delta V_{\text{расст}} = K P_{\text{газ}} W; W - \text{объем воды}$$

$$K = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{радиб}}{\text{дБ}^3 \text{Па}} \quad (\text{при } T_0). \text{ при } T; \Delta V_K = 0$$



$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{радиб}}; P_{T_0} = 0 \quad (\text{пары воды при } T_0)$$

1) Крепеденческий коэф-кт паров воды в газ. состоян. со

нагреванием З-и. М-к. для He и CO₂: равн. норм. $P_{He} = P_{CO_2} = P_0$

$$P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_{He} R T_0; \frac{V_0}{V_H} = \frac{V_{He}}{V_{CO_2}} = \frac{P_0 V}{2} \cdot \frac{4}{P_0 V} = 2.$$

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = V_{CO_2} R T_0;$$

2) Находит коэф-кт насыщенных. CO₂: $\Delta V = k P_0 W = k P_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{k P_0 V}{4}$

Равн. норм.: $P_{k_{e_k}} = P_{CO_2 k} + P_{\text{ппк}}; P_{\text{ппк}} = P_{\text{атм}}, m, k, \text{ пар насыщены}$

и температурой $T = 100^\circ C$.

З-и. М-к: $P_{k_{e_k}} \cdot \frac{V}{5} = V_{k_{e_k}} \cdot R T; V_{k_{e_k}} = V_{He}$.

$$P_{CO_2 k} \cdot V_2 = V_{CO_2 k} \cdot R T; V_2 = V - \left(\frac{V}{4} + \frac{V}{5} \right) = V - \frac{9}{20} V = \frac{11}{20} V$$

$$V_{CO_2 k} = V_{CO_2} + \Delta V; P_{CO_2 k} \cdot \frac{11}{20} V = (V_{CO_2} + \Delta V) R T$$

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"/> |

МФТИ

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

2 задача лист 2 из 2 (3/11)

$$P_{\text{нек}} \cdot \frac{V}{5} = \nu_{\text{He}} RT; P_{\text{CO}_2K} \cdot \frac{11}{20} V = (\nu_{\text{CO}_2} + \Delta\nu) RT; P_{\text{нек}} = P_{\text{атм}} = 2P_0$$

$$P_{\text{нек}} = P_{\text{CO}_2K} + P_{\text{нек}}; \frac{5\nu_{\text{He}} RT}{V} = \frac{20(\nu_{\text{CO}_2} + \Delta\nu) RT}{11V} + 2P_0;$$

$$P_0 = \frac{2\nu_{\text{He}} RT_0}{V}; \frac{5\nu_{\text{He}} RT}{V} = \frac{20(\nu_{\text{CO}_2} + \Delta\nu) RT}{11V} + \frac{4\nu_{\text{He}} RT_0}{V}$$

$$5\nu_{\text{He}} T = \frac{20}{11}(\nu_{\text{CO}_2} + \Delta\nu)T + 4\nu_{\text{He}} T_0; \text{пусть } \frac{T}{T_0} = X$$

$$5\nu_{\text{He}} X = \frac{20}{11}(\nu_{\text{CO}_2} + \Delta\nu)X + 4\nu_{\text{He}}; \frac{P_0 V}{4} = \nu_{\text{CO}_2} RT_0;$$

$$\Delta\nu = K \cdot \frac{P_0 V}{4} = K \cdot \nu_{\text{CO}_2} RT_0 = \nu_{\text{CO}_2} \cdot KRT_0; \nu_{\text{CO}_2} + \Delta\nu = \nu_{\text{CO}_2} + \nu_{\text{CO}_2} \cdot KRT_0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \nu_{\text{CO}_2}(1 + KRT_0); 5\nu_{\text{He}} X = \frac{20}{11} \cdot \nu_{\text{CO}_2}(1 + KRT_0)X + 4\nu_{\text{He}}; \therefore \nu_{\text{CO}_2}$$

$$\text{Знаем, что } \frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_{\text{CO}_2}} = 2; 5 \cdot 2 X = \frac{20}{11} \cdot 1(1 + KRT_0)X + 4 \cdot 2$$

$$10X = \frac{20}{11}(1 + KRT_0)X + 8; T_0 = \frac{T}{X}; 10X = \frac{20}{11}(1 + KR \frac{T}{X})X + 8$$

$$10X = \frac{20}{11}(X + KRT) + 8; 10X = \frac{20}{11}X + \frac{20}{11}KRT + 8;$$

$$\frac{20}{11}KRT + 8 = X \left(10 - \frac{20}{11}\right) = X \left(\frac{110 - 20}{11}\right) = X \cdot \frac{90}{11}; \frac{90}{11}X = \frac{20}{11}KRT + 8$$

$$90X = 20KRT + 88; X = \frac{20KRT + 88}{90} = \frac{20 \cdot 0.5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3 + 88}{90} =$$

$$= \frac{20 \cdot 0.5 \cdot 3 + 88}{90} = \frac{30 + 88}{90} = \frac{118}{90} = \frac{59}{45}; T_0 = \frac{45}{59} \cdot 373 K \approx 279 K = 6^\circ C$$

Ответ:

$$X = \frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$$

приложено.



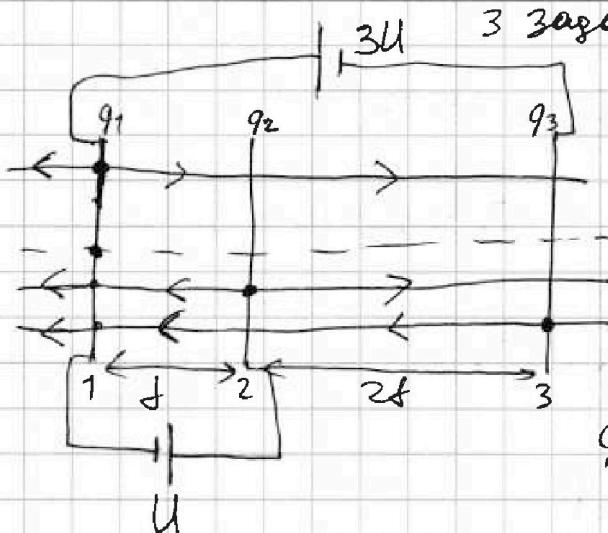
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
реппенение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



3 задача из 1 из 2
m, q, 26

(6/11)

q1, q2, q3 - линейные заряды
сектик \Rightarrow не влияют на
их распределение при
противе.

q_1, q_2, q_3 - сущес. заряды сектик.

U₃, теор. Гаусса: $E_i = \frac{6}{2\pi\epsilon_0} = \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0}$, считаю для каждого
частинки постоянной. Зависит раз-ть
помензую.

$$U = d(E_2 + E_3 - E_1); 3U = 3dE_1 - 3dE_3 + 2dE_2 - dE_2$$

$$3U = d(3E_1 - 3E_3 + E_2); U = \frac{d}{2\pi\epsilon_0}(q_2 + q_3 - q_1) \quad (1)$$

$$3U = \frac{d}{2\pi\epsilon_0}(3q_1 - 3q_3 + q_2); \quad 3C3: q_1 + q_2 + q_3 = 0; q_2 + q_3 = -q_1$$

$$6(1): \cancel{\frac{2\pi\epsilon_0}{d}} = -2q_1; q_1 = -\frac{U\pi\epsilon_0}{d}; q_3 = -q_2 - q_1$$

$$(2): \frac{6U\pi\epsilon_0}{d} = 3q_1 - 3q_3 + q_2 = 3q_1 + q_2 - 3(-q_2 - q_1)$$

$$\frac{6U\pi\epsilon_0}{d} = 3q_1 + q_2 + 3q_2 + 3q_1 = 6q_1 + 4q_2$$

$$4q_2 = \frac{6U\pi\epsilon_0}{d} - 6q_1 = \frac{6U\pi\epsilon_0}{d} - 6\left(-\frac{U\pi\epsilon_0}{d}\right) = \frac{12U\pi\epsilon_0}{d}$$

$$q_2 = \frac{3U\pi\epsilon_0}{d}$$

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!

3 задача шестая из двух (7/11)

$$q_2 = \frac{3USe_0}{J}; q_1 = -\frac{USe_0}{J}; \varphi_3 = -q_2 - q_1 = -\frac{3USe_0}{J} + \frac{USe_0}{J} = -\frac{2USe_0}{J}$$

$$q_3 = -\frac{2USe_0}{J}; \Rightarrow \text{Знаем баланс нале. } E_1 = \frac{q_1}{2Se_0} = \frac{-USe_0}{J \cdot 2Se_0} \quad \textcircled{1}$$

$$\textcircled{1} - \frac{U}{2d}; E_2 = \frac{q_2}{2Se_0} = \frac{3USe_0}{J \cdot 2Se_0} = \frac{3U}{2d}; E_3 = \frac{q_3}{2Se_0} = -\frac{2USe_0}{J \cdot 2Se_0} \quad \textcircled{2}$$

$\textcircled{2} - \frac{U}{J}$. Знак "-" значит, что нале в лев. сторону.

Холе слева 1-й пластинки: $E_1 + E_2 + E_3 = \frac{U}{2d} + \frac{3U}{2d} - \frac{U}{J} = 0 \Rightarrow \text{нале}\text{ не}\text{ изменил}\text{ скорость} \Rightarrow K_1 = \frac{mV_0^2}{2}$.

Холе слева 2-й пластинки: $E_1 - E_2 - E_3 = -\frac{U}{2d} - \frac{3U}{2d} + \frac{U}{J} = -\frac{U}{J} \Rightarrow E = \frac{U}{J}$ видно.

$$F = qE = ma; ma = q \cdot \frac{U}{J}; a = \frac{qU}{mJ}$$

2) 3C2: ~~K₂-K₁=-Edq~~; $K_1 - K_2 = Edq = Uq$

3) 3C2: $K_A - K_1 = -E \cdot \frac{J}{4} \cdot \frac{J}{4} = -\frac{U}{J} \cdot \frac{J}{4} \cdot \frac{J}{4} = -\frac{qU}{4}; K_A = K_1 - \frac{qU}{4}$
 $\frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{qU}{4}; V_A^2 = V_0^2 - \frac{qU}{2m}; V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}}$

Отвлем: $|a| = \frac{qU}{mJ}$ ~~(закон сохранения)~~; $K_1 - K_2 = qU$; $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}}$



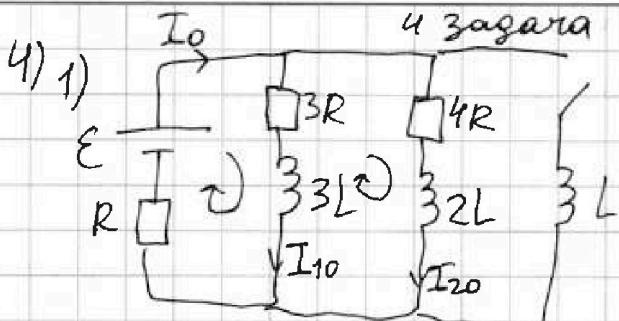
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



4 задача метод 1 из 2

Решить установившееся \Rightarrow

\Rightarrow катушки = проводки.
Кирхгоф:

$$E = I_{10} \cdot 3R + I_0 R$$

$$4I_{20} = 3I_{10}$$



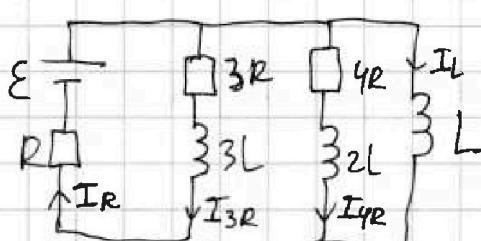
$$0 = I_{20} \cdot 4R - I_{10} \cdot 3R$$

$$I_0 = I_{10} + I_{20} = I_{10} + \frac{3}{4} I_{10} = I_{10} \left(\frac{4}{4} + \frac{3}{4} \right) = \frac{7}{4} I_{10}$$

$$E = I_{10} \cdot 3R + \frac{7}{4} I_{10} \cdot R = I_{10} R \left(3 + \frac{7}{4} \right) = I_{10} R \left(\frac{12+7}{4} \right) = I_{10} R \cdot \frac{19}{4}$$

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

2) Ток через катушки скажем не учитывается. \Rightarrow Из схемы
токов через эти С токи тоже в начале не учли учитываться.



Изучаемые контуры E-R-L:

$$E + E_S = I_0 R; I_0 R = \frac{7}{4} I_{10} R = \frac{7}{4} \cdot \frac{4E}{19}$$

$$I_0 R = \frac{7}{19} E; E + E_S = \frac{7}{19} E$$

$$E_{SL} = -\frac{12}{19} E; E_{SL} = -L \cdot \frac{dI_L}{dt}; \frac{12}{19} E = L \frac{dI_L}{dt}; \frac{dI_L}{dt} (t=0) = \frac{12E}{19L}$$

Программ. на Слаг. асп:

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



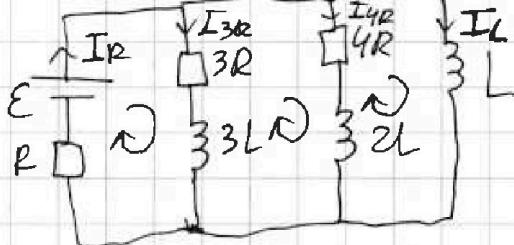
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

4 задача из 2 из 2
кирхгоф:

(5/11)



$$I_R = I_{3R} + I_{4R} + I_L$$

$$\frac{E - 3L}{R} = I_{3R} + I_{4R} \cdot 3R \quad (1)$$

$$-2L \frac{dI_{4R}}{dt} + 3L \frac{dI_{3R}}{dt} = I_{4R} \cdot 4R - I_{3R} \cdot 3R \quad (2)$$

$$-L \frac{dI_L}{dt} + 2L \frac{dI_{4R}}{dt} = I_{4R} \cdot 4R \quad (3)$$

Кирхгоф по контуру $3R - 3L - L$:

$$-L \frac{dI_L}{dt} + 3L \frac{dI_{3R}}{dt} = -I_{3R} \cdot 3R; -L \frac{dI_L}{dt} + 3L \frac{dI_{3R}}{dt} = -q_{3R} \cdot 3R$$

В контуре L - индуктор, через $3R$ и $4R$ ток не может.

$$E = I_k \cdot R; I_k = I_{Lk} = \frac{E}{R}; \text{Интегрируем:}$$

$$-L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) + 3L(0 - I_{10}) = -3R(q_{3R} - 0); -\frac{LE}{R} - 3LI_{10} = -3Rq_{3R}$$

$$\frac{LE}{R} + 3LI_{10} = 3Rq_{3R}; \frac{LE}{R} + 3L \cdot \frac{4E}{19R} = 3Rq_{3R}$$

$$+\frac{12}{19}, \frac{12}{57}$$

$$\frac{LE}{R} \left(1 + \frac{12}{19} \right) = 3Rq_{3R}; \frac{LE}{R} \cdot \frac{31}{19} = 3Rq_{3R}; q_{3R} = \frac{LE \cdot 31}{19R \cdot 3R} = \frac{31LE}{57R^2}$$

$$q_{3R} = \frac{31LE}{57R^2}$$

$$\text{Ответ: } I_{10} = \frac{4E}{19R}; \frac{dI_L}{dt}(t=0) = \frac{12E}{19L}; q_{3R} = \frac{31LE}{57R^2}$$

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

МФТИ



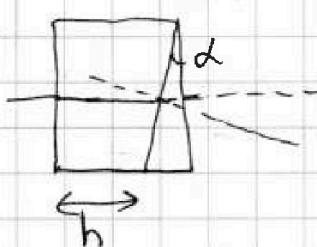
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

5) задача № 1 из 4

(8/11)

1) $n_3 \neq n_1$ при β преломления, т.к. угол 90°

и $n_1 = n_2 = 1.0 \Rightarrow$ нет $n_3 - n_2$ Следов. $n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \beta \Rightarrow \alpha = \beta$, $x = 0^\circ$



Чтобы $\alpha = \beta$: $\sin \alpha = \sin \beta$

$$n_1 \cdot d = n_2 \cdot \beta$$

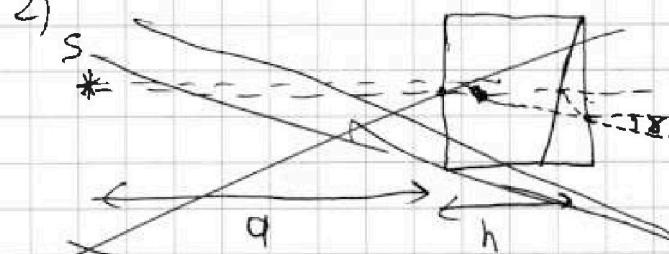
$$\alpha = n_2 \beta; \beta = \frac{\alpha}{n_2}$$

$$\text{1-е отклонение: } \alpha - \beta = \alpha - \frac{\alpha}{n_2} = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) = \alpha \cdot \frac{n_2 - 1}{n_2}$$

$$n_2(\alpha - \beta) = n_2 \cdot \gamma = \gamma; \text{ 2-e: } \gamma = n_2(\alpha - \beta) = \alpha(n_2 - 1)$$

$$\Rightarrow \gamma = \alpha(n_2 - 1) = 0.1(1.7 - 1) = 0.1 \cdot 0.7 = 0.07 \text{ рад.}$$

2)



Кажущая параллель. Углы конти-
руются, что изображут на
ГОС. Но смещение во вни-
тренней преломлении мало.

Всего $\Delta h = (\alpha - \beta) \cdot d$, d - шаг преломления 2. \Rightarrow Углы пересекутся на расстоя-
нии Δh от источника. $x_1 = \alpha + h = 104 \text{ см.}$

$$3) n_1 = 1.4; n_2 = 1.7$$

преломления на границе $n_2 - n_1$ следы-

* --- \rightarrow таки нет, ведь угол 0°

$$n_2 = 1.7 \quad n_1$$



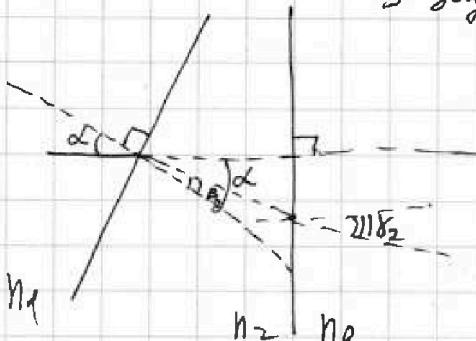
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input 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!

$$5 \text{ задача изм } 2 \text{ из } 4 \\ n_1 \alpha = n_2 \beta; \beta = \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

(9/17)



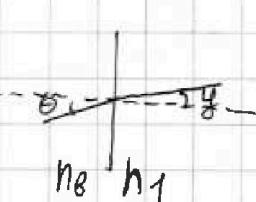
$$\lambda - \beta = \lambda - \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} = \lambda \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right)$$

$$n_2 (\lambda - \beta) = n_2 \lambda = \gamma_2$$

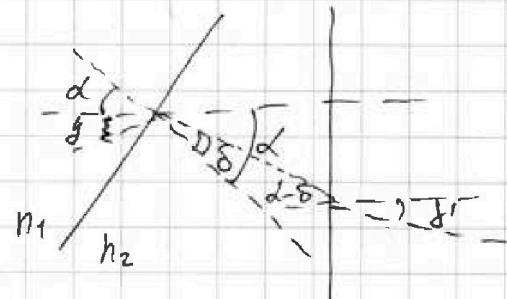
$$\gamma_2 = n_2 (\lambda - \beta) = n_2 \cdot \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right)$$

$$\gamma_2 = \alpha (n_2 - n_1) = 0.1 (1.7 - 1.4) = 0.1 \cdot 0.3 = 0.03 \text{ рад.}$$

Пусть луч под углом Θ .



$$\Theta = n_1 \gamma; \gamma = \frac{\Theta}{n_1} \Rightarrow$$



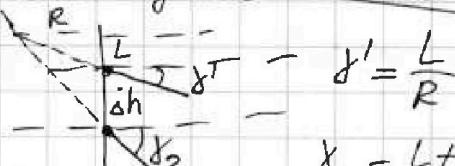
$$n_1 (\lambda + \gamma) = n_2 \delta$$

$$\delta = \frac{n_1}{n_2} (\lambda + \gamma); \lambda - \delta = \lambda - \frac{n_1}{n_2} (\lambda + \gamma); n_2 (\lambda - \delta) = \gamma'$$

$$\gamma' = n_2 \cdot \left(\lambda - \frac{n_1}{n_2} (\lambda + \gamma) \right) = \lambda n_2 - n_1 (\lambda + \gamma) = \lambda n_2 - \lambda n_1 - \gamma n_1$$

$$\gamma' = \alpha (n_2 - n_1) - \Theta. \text{ При этом } \cancel{\text{затемнение по высоте:}}$$

~~$$\Delta h = \gamma h = \frac{\Theta}{n_1} h$$~~



$$\gamma' = \frac{L}{R}$$

$$\gamma_2 = \frac{L + \Delta h}{R} = \frac{L}{R} + \frac{\Delta h}{R}$$

~~$$\Theta = \frac{\Theta h}{hR} + \frac{h}{hR}; n_1 R = h; R = \frac{h}{n_1}!$$~~

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input 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!

При зенитном азимуте по высоте $\Delta h = \Theta a + h_y = \Theta a + \frac{\Theta h}{h_1}$ 10/11

$$\Delta h = \Theta \left(a + \frac{h}{h_1} \right); \quad \gamma_2 = \gamma' + \frac{\Delta h}{R}; \quad \alpha(h_2 - h_1) = \alpha(h_2 - h_1) - \Theta + \frac{\Delta h}{R}$$

$$\Theta = \frac{\Delta h}{R}; \quad R\Theta = \Theta \left(a + \frac{h}{h_1} \right); \quad R = a + \frac{h}{h_1}; \quad L = R\gamma'$$

$$L + \Delta h = R(\alpha(h_2 - h_1) - \Theta) + \Theta \left(a + \frac{h}{h_1} \right)$$
$$L + \Delta h = \alpha R(h_2 - h_1) - \Theta R + \Theta \left(a + \frac{h}{h_1} \right)$$

$$L + \Delta h = \alpha R(h_2 - h_1); \quad a + h - R = a + h - a - \frac{h}{h_1} = h \left(1 - \frac{1}{h_1} \right)$$

$$S_3 = \sqrt{(L + \Delta h)^2 + (a + h - R)^2} = \sqrt{\alpha^2 (h_2 - h_1)^2 \left(a + \frac{h}{h_1} \right)^2 + h^2 \left(1 - \frac{1}{h_1} \right)^2}$$

$$\boxed{L + \Delta h = \alpha(h_2 - h_1) \cdot \left(a + \frac{h}{h_1} \right)}; \quad R = a + \frac{h}{h_1} = 90 + \frac{14}{7.4} = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}$$

$$L + \Delta h = 0.1 \cdot 100 \cdot (1.7 - 1.4) = 10 \cdot 0.3 = 3 \text{ см};$$

$$(a + h - R) = h \left(1 - \frac{1}{h_1} \right) = h \frac{(h_1 - 1)}{h_1} = 14 \text{ см} \cdot \frac{0.4}{7.4} = 4 \text{ см}$$

$$S_3 = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ см} = 0.05 \text{ м}.$$

Для второго случая: (нас узкая 2, а пропуски, где $h_1 = h_2 = 1.0$)

$$\Delta h_2 = \Theta(a + h)$$

перейду на след. число,





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

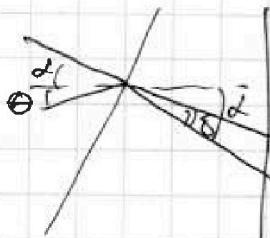
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



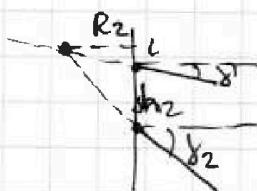
$$5 \text{ задача имеет } 4 \text{ из } 4. \\ (\alpha + \Theta) = n_2 \delta; \delta = \frac{\alpha + \Theta}{n_2};$$

$$\alpha - \delta = \alpha - \frac{\alpha + \Theta}{n_2};$$

$$n_2(\alpha - \delta) = \gamma' = n_2\left(\alpha - \frac{\alpha + \Theta}{n_2}\right) = n_2\alpha - (\alpha + \Theta)$$

$$\gamma' = \alpha(n_2 - 1) - \Theta;$$

$$\gamma_2 \text{ из пад. рабе: } \kappa_2 = \kappa_1 = \alpha(n_2 - 1)$$



$$\gamma' = \frac{L}{R_2}; \gamma_2 = \frac{L + \Delta h_2}{R_2} = \frac{L}{R_2} + \frac{\Delta h_2}{R_2} = \gamma' + \frac{\Delta h_2}{R_2}$$

$$\kappa_2 = \gamma' + \frac{\Delta h_2}{R_2}; \alpha(n_2 - 1) = \alpha(n_2 - 1) - \Theta + \frac{\Delta h_2}{R_2}$$

$$\Theta = \frac{\Delta h_2}{R_2}; R_2 \Theta = \Delta h_2 = \Theta(a + h); R_2 = a + h$$

$$L = \gamma' R_2 = (\alpha(n_2 - 1) - \Theta)(a + h);$$

$$L + \Delta h_2 = \alpha(n_2 - 1)(a + h) - \Theta(a + h) + \Theta(a + h) = \alpha(n_2 - 1)(a + h)$$

$$\xrightarrow[a]{\xleftarrow{R_2}} \text{Выразим, что } S_2 = L + \Delta h_2 = \alpha(n_2 - 1)(a + h)$$

$$S_2 = 0.1 \cdot (1.7 - 1)(90\text{cm} + 14\text{cm}) = 0.1 \cdot 0.7 \cdot 104\text{cm} \quad \textcircled{2}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{7}{100} \cdot 104\text{cm} = \frac{728}{100}\text{cm} = 7.28\text{cm}; S_2 = 7.28\text{cm}.$$

Ответ: $\gamma_1 = 0.07 \text{ rad}; S_2 = 7.28\text{cm}; S_3 = 5\text{cm}.$



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!