



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-02

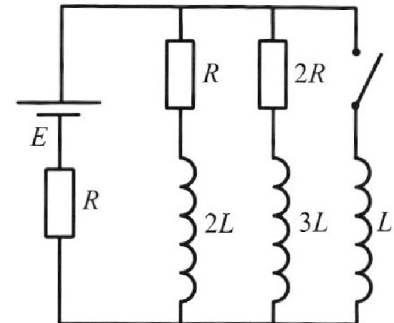
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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 $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ 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 $a = 200$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

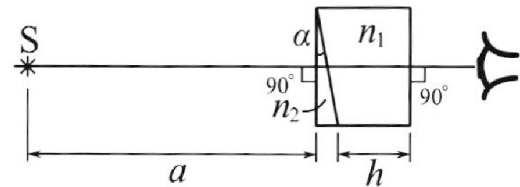


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,8$, $n_2 = 1,6$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



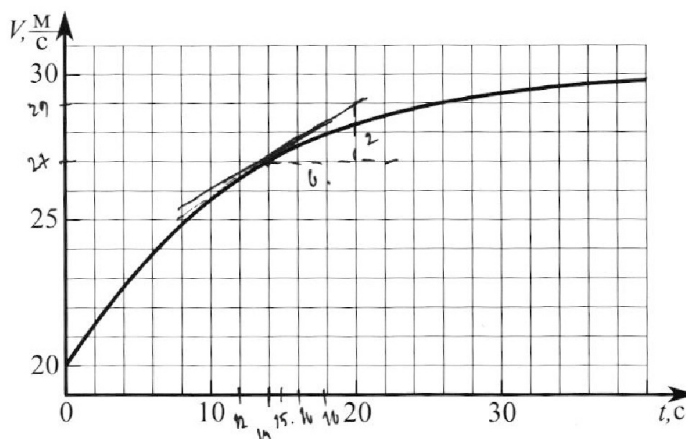
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02

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



1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ 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 $F_k = 405$ Н.



1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости V_1 ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

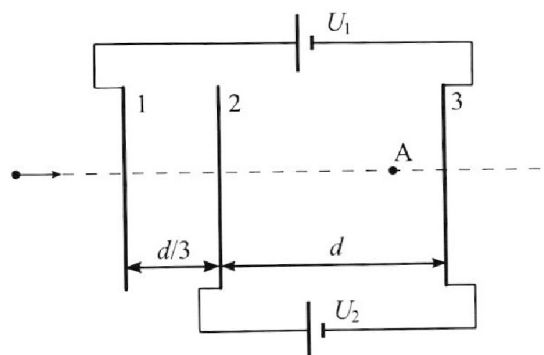
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объем $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объем его верхней части стал равен $V/6$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объеме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объем 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 объема 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 конечное давление в сосуде P . 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 $U_1 = 2U$ 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 A на расстоянии $2d/3$ 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!

1) $m = 300 \text{ кг}$ (с лотком);

$N = \text{const}$ (горизонтально)

$F_{\text{с.к}} = 405 \text{ Н.}$

1) $a = ?$ ($U_1 = 27 \text{ ч/с}$).

2) $F_c = ?$ ($U_1 = 27 \text{ ч/с}$)

F_c — сила сопротивления; 3) $\frac{N_c}{N_{\text{гб}}} = ?$ ($U_1 = 27 \text{ ч/с}$).

$a = \frac{dU}{dt}$ ← кин-д. $U(t)$.

$N = \frac{dA}{dt} = F_{\text{гб}} \cdot U = \text{const} \rightarrow F_{\text{гб}} = \frac{\text{const}}{U} \quad \textcircled{1}$

$\textcircled{2} \quad \frac{N}{U} = F_{\text{гб}}$

$F_{\text{гб}} - F_c = m a$.

1) Определим $a(U_1)$ из кинематики:

$a(U_1) \approx \frac{20-14}{6} = \frac{6}{6} = 1 \text{ ч/с}^2$

23 Н.

2) $F_c = F_{\text{гб}} - m a$;

($F_{\text{гб}}$ — сила тяги).

Положим горизонтально $U = \text{const} \rightarrow a = 0$.
 $\Rightarrow F_{\text{гб}(0)} = F_c(0)$.

$U(0) = 20 \text{ ч/с}$ (из графика) — она же $U_{\text{гб}}$, U — скорость, U — путь, U — время.
но также $N_{\text{гб}}$ не изменилась (по графику) ($N_{\text{гб}}(0) = N_{\text{гб}}$).

$\Rightarrow F_{\text{гб}} \cdot U(0) = N_{\text{гб}}$.

$\frac{N_{\text{гб}}}{U(0)} = F_c(0)$.

~~$F_c = \frac{N_{\text{гб}}}{U}$~~

~~$F_c(U_1) = \frac{N_{\text{гб}}}{U_1}$~~

~~$m a(U_1)$~~

~~$F_c(0) U(0) = m a(U_1)$~~

4. конец параболы: U — график: $U \rightarrow \text{const} = 30 \text{ ч/с} \rightarrow a \rightarrow 0$.

$\Rightarrow F_{\text{гбк}} \approx F_{\text{с.к}} = \frac{N_{\text{гб}}}{U_2}$ ($U_2 = 30 \text{ ч/с}$)

$\frac{45}{30} = 1.5$

$\Rightarrow \frac{N_{\text{гб}}}{U_2} = F_{\text{с.к.}} \Rightarrow F_c(U_1) = \frac{F_{\text{с.к.}} \cdot U_2}{U_1} - m a(U_1) \quad \textcircled{2}$

$\textcircled{2} \quad \frac{45 \cdot 30}{27} - 300 \cdot \frac{1}{3} = 450 - 100 = 350 \text{ (Н)}.$

3) При скорости $U_1 = 27 \text{ ч/с}$; $N_{\text{гб}} = 405 \cdot 30$ (Н); $F_c(U_1) = 350 \text{ Н}$;
 $a(U_1) = \frac{1}{3} \text{ ч/с}^2$.

$N_{\text{гб}} = F_{\text{гб}} \cdot U_1 = (m a + F_c) U_1$

$\rightarrow N_{\text{гб}} = N_c + m a U_1$

$\rightarrow \frac{N_c}{N_{\text{гб}}} = 1 - \frac{m a U_1}{N_{\text{гб}}} = 1 - \frac{300 \cdot \frac{1}{3} \cdot 27}{45 \cdot 405 \cdot 30} =$



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!

крошечные №1)

$$= 1 - \frac{10}{45} = \frac{35}{45} = \frac{7}{9}.$$

Ответ: 1) $\frac{1}{3} \text{ м/с}^2$; 2) 350 Н; 3) $\frac{7}{9}$.

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!



№ 2)

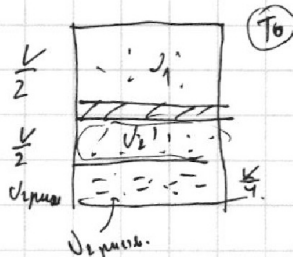
1) До нагрева:

$$P_1 = P_2$$

$$P_1 \frac{V}{2} = U_1 R T_0$$

$$P_2 \frac{V}{4} = U_2 R T_0$$

$$U_{\text{раскл.}} = K P_2 \cdot \frac{V}{4}$$



$$\frac{U_1}{U_2} = ? = \frac{U_1}{U_1 + U_{\text{раскл.}}}$$

U_1 — кол-во U_2

U_2 — кол-во U_1 и $U_{\text{раскл.}}$ (где U_1' — вне ш.; U_2 — в ш.)

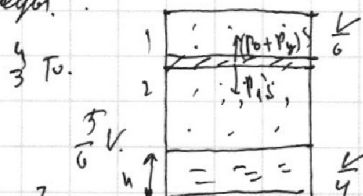
$$\rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{P_1 V}{2 R T_0}}{\frac{P_1 V}{4 R T_0} + K R \frac{V}{4}} = \frac{2 R T_0}{\frac{1}{4 R T_0} + \frac{K}{4}}$$

$$\parallel R T = \frac{1}{3} R T_0 \rightarrow R T_0 \approx \frac{9 \cdot 10^3}{4} \text{ мкс} //$$

$$\frac{9}{4} = \frac{6}{10} = \frac{3}{20}$$

$$\rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1 \cdot 4^2}{2 \cdot 9 \cdot 10^3}}{\frac{4}{4 \cdot 9 \cdot 10^3} + \frac{96 \cdot 10^{-3}}{4}} = \frac{\frac{2}{9 \cdot 10^3}}{\frac{1}{9 \cdot 10^3} + \frac{0.6 \cdot 10^{-3}}{4}} = \frac{\frac{2}{9}}{\frac{1}{9} + \frac{3}{20}} = \frac{2}{1 + \frac{27}{20}} = \frac{40}{47}$$

2) после нагрева: U_2 вне ш.; U_1 и $U_{\text{раскл.}}$ в ш.; P_0 от насыщ. паров воды:



$$P_1' = P_0 + P_y$$

$$\frac{140}{93}$$

$$\frac{5}{6} - \frac{7}{12} = \frac{10}{12} - \frac{7}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$$

$$P_1' \frac{V}{6} = U_1 R \frac{4}{3} T_0$$

$$P_y \cdot \frac{7}{12} V = U_2 R \cdot \frac{4}{3} T_0$$

$$\parallel P = P_{\text{раскл.}} + P_0 + P_y //$$

$$\Rightarrow \frac{P_1'}{P_y} \frac{1}{7/12} = \frac{U_1}{U_2} \rightarrow \frac{P_1'}{P_y} = \frac{7}{12} \cdot \frac{40}{47} = \frac{7 \cdot 40}{12 \cdot 47} = \frac{140}{93}$$

$$\rightarrow \frac{140}{47} P_y = P_0 + P_y \rightarrow P_y = \frac{P_0}{\frac{140}{47} - 1} = \frac{47 P_0}{93}$$

$$P_{\text{раскл.}} = \frac{P_0 \cdot \frac{K}{4} \cdot \frac{V}{4}}{5} = \frac{P_0}{5}$$

$$P_{\text{раскл.}} \ll P_0$$

$$\Rightarrow P = \frac{47}{93} P_0 + P_0 = \frac{140}{93} P_0$$

Ответ: 1) $\frac{40}{47}$ 2) $\frac{140}{93}$ Па.

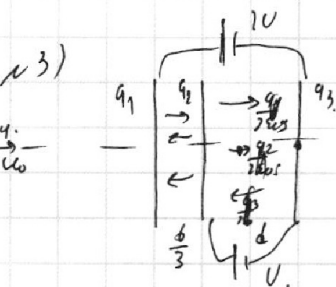
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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) Пусть $q_1, q_2, q_3 > 0$ $U = E \cdot d$

~~$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot d = U$~~
 ~~$q_1 + q_2 + q_3 = 0$~~

Т.к. $q \ll \text{заряды обложки}$ $\rightarrow$ не имеет на искр. $d \ll \sqrt{S} \Rightarrow$ поле однородно
(т.е. не перенасыщ.) $u \approx \frac{q}{2\epsilon_0 S}$
и считаем микроэлементами: $E \cdot q = m \cdot a \rightarrow q = \frac{E \cdot q}{m}$

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

2). $K_3 - K_2 = ?$

Найдем заряды на сегментах:

ЗСЗ: $K_0 = K_2 + K_3$

$q_1 - q_2 + q_2 - q_3 = 2U$

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

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

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

$q_1 - q_2 - q_3 + 3q_1 + 3q_2 - 3q_3 = \frac{12U\epsilon_0 S}{d}$

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

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

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

ЗСЗ: $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

2) $\begin{cases} 2q_1 - q_2 - 2q_3 = \frac{6U\epsilon_0 S}{d} \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{2U\epsilon_0 S}{d} \\ q_1 + q_2 + q_3 = 0 \end{cases}$

$3(q_1 - q_3) = \frac{8U\epsilon_0 S}{d}$

$2(q_1 + q_2) = \frac{20U\epsilon_0 S}{d}$

$q_1 + \frac{U\epsilon_0 S}{d} - q_1 - \frac{8U\epsilon_0 S}{3d} + q_1 = 0$

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!



Применяем 13)

$$q_1 = \frac{8 U \epsilon_0 S}{3d} - \frac{U \epsilon_0 S}{d} = \frac{5 U \epsilon_0 S}{3d} = \frac{5 U \lambda}{3} = \frac{5}{3} q \quad (q = U \lambda)$$

$$q_2 = \frac{U \epsilon_0 S}{d} - \frac{5 U \epsilon_0 S}{3d} = -\frac{2 U \epsilon_0 S}{3d} = -\frac{2 U \lambda}{3} = -\frac{2}{3} q$$

$$q_3 = -\frac{8 U \epsilon_0 S}{3d} + q_1 = -\frac{U \epsilon_0 S}{d} = -U \lambda = -q$$

$E_1 = \frac{\frac{5}{3} q + \frac{2}{3} q + q}{2 \epsilon_0 S} = \frac{\frac{5}{3} q}{2 \epsilon_0 S} = \frac{5}{3} \cdot \frac{q}{2 \epsilon_0 S} = \frac{5}{3} \cdot \frac{U \lambda}{2 \epsilon_0 S} = \frac{5}{3} \cdot \frac{U \cdot \frac{U \epsilon_0 S}{d}}{2 \epsilon_0 S} = \frac{5}{3} \cdot \frac{U^2}{2d} = E_1$
 $E_2 = \frac{\frac{5}{3} q + q - \frac{2}{3} q}{2 \epsilon_0 S} = \frac{q}{2 \epsilon_0 S} = \frac{U \cdot \frac{U \epsilon_0 S}{d}}{2 \epsilon_0 S} = \frac{U^2}{2d} = E_2$

3) $K_3 - K_2$; В области 12 пуч.

~~3) $K_3 - K_2 = P_2 + K_2$~~ $F_{x12} = \frac{5U}{3d} q = m a_{12} \rightarrow a_{12} = \frac{5Uq}{3md}$

$\frac{d}{3} = \frac{U_2^2 - U_0^2}{2 a_{12}}$; Аналогично 23: $d = \frac{U_3^2 - U_2^2}{2 a_{23}}$; $a_{23} = \frac{Uq}{md}$

$$U_3^2 - U_2^2 = 2 a_{23} d = \frac{2Uq}{m}$$

$\rightarrow K_3 - K_2 = Uq$

4) $\frac{2d}{3} = \frac{U_4^2 - U_2^2}{2 a_{23}}$ $U_4 = ? \quad | \frac{2d}{3} |$
 $U_2^2 = \frac{2 a_{12} d}{3} + U_0^2$

$\rightarrow U_4^2 = \frac{4 a_{23} d}{3} + \frac{2 a_{12} d}{3} + U_0^2 =$

$$U_4 = \sqrt{\frac{4}{3} d \cdot \frac{Uq}{m} + \frac{2}{3} d \cdot \frac{5Uq}{3m} + U_0^2} = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{Uq}{m} + \frac{10}{9} \frac{Uq}{m} + U_0^2} =$$

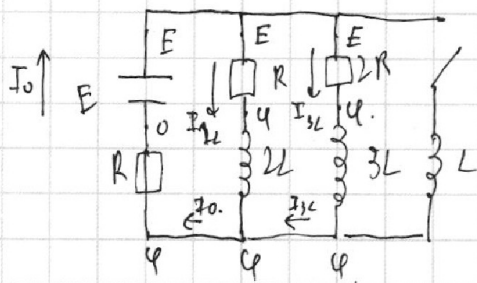
$$= \sqrt{\frac{22}{9} \frac{Uq}{m} + U_0^2}$$

Ответ: 1) $\frac{Uq}{md}$ 2) Uq 3) $\sqrt{\frac{22}{9} \frac{Uq}{m} + U_0^2}$

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!

№ 4)



1) $I_0 = ?$ | размык. К.

2) I_L | сразу после замк. К.

3) $q_{2R} = ?$ | замк. К.

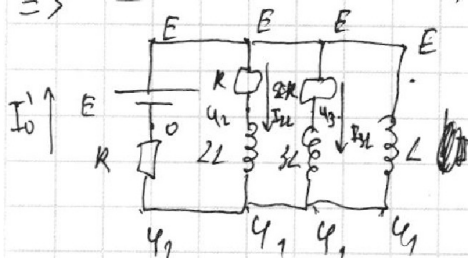
1) ✗ уже при размыкании Ключа в уст. сост.: $I_{2L} = \text{const}$; $I_{3L} = \text{const}$

→ $U_{2L} = U_{3L} = 0$; расставляем потенциалы (на рис. 1).
и токи

$$\begin{aligned} E - \varphi &= I_{2L} R. \\ E - \varphi &= I_{3L} \cdot 2R. \\ \varphi &= I_0 R. \\ \text{ЗСЗ: } I_{2L} + I_{3L} &= I_0 \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} \frac{E - \varphi}{R} + \frac{E - \varphi}{2R} &= \frac{\varphi}{R}. \\ E - \varphi + \frac{E}{2} - \frac{\varphi}{2} &= \varphi. \\ \frac{3}{2}E = 2\varphi + \frac{\varphi}{2} = \frac{5}{2}\varphi &\Rightarrow \varphi = \frac{3}{5}E. \\ \Rightarrow I_{3L} = \frac{E - \frac{3}{5}E}{2R} = \frac{\frac{2}{5}E}{2R} = \frac{E}{5R}. \end{aligned}$$

2) сразу после замк. К на катушках индукции не успеет измениться.

⇒ I_{2L} и I_{3L} остаются; $I_2 = 0$ (шунт, на L не было тока).



$$U_L = L \dot{I}_L \rightarrow \dot{I}_L = \frac{U_L}{L} = \frac{E - \varphi_1}{L}.$$

$$\text{ЗСЗ: } I_0' = I_{2L} + I_{3L} = I_0.$$

⇒ ~~$\varphi_1 = \varphi$~~ ~~2L и т.д.~~ сразу после замк. К. Аналогично расставляем потенциалы.

$$\begin{aligned} E - \varphi_1 &= I_{2L} R. \\ E - \varphi_1 &= I_{3L} \cdot 2R. \\ \varphi_1 &= I_0 R. \\ \Rightarrow \dot{I}_L(0) &= \frac{\frac{2}{5}E}{L} = \frac{2E}{5L}. \end{aligned} \quad \begin{aligned} I_0 &= \frac{\varphi}{R} = \frac{3E}{5R} \rightarrow \varphi_1 = \frac{3}{5}E = \varphi. \end{aligned}$$

3) ✗ уже в первый момент после замк. К.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

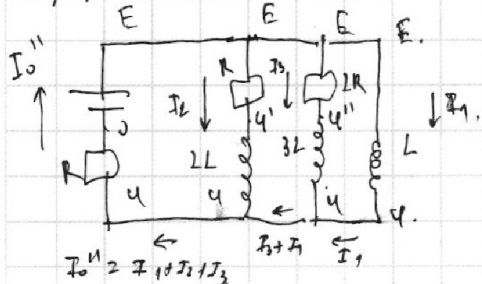
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



Крошечные (ч)



$$E - U'' = I_3 \cdot 2R.$$

$$U'' - U = U_{3L} = 3L \frac{dI_3}{dt}.$$

$$U = (I_1 + I_2 + I_3) R.$$

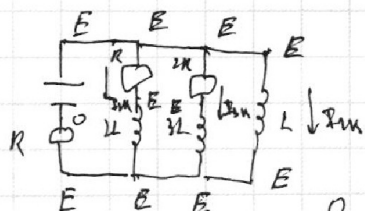
$$E - U' = I_2 R.$$

$$\Rightarrow \frac{U}{R} = I_1 + \frac{E - U'}{R} + \frac{E - U''}{2R} \quad \boxed{2I_3 R + U_{3L} = U_L = E - U'}$$

$$\rightarrow 2I_3 R + 3L \frac{dI_3}{dt} = L \frac{dI_1}{dt} \quad | \cdot dt$$

$$\Rightarrow \boxed{2R dq_3 + 3L dI_3 = L dI_1}$$

Учитывая, что в уст. сост.: $I_{1L}; I_{3L}; I_L \rightarrow \text{const} \rightarrow U_L = U_{3L} = U_2 = 0.$



$$U_R = U_{2R} = 0 \rightarrow I_R = I_{2K} = 0. \quad (\text{в уст. сост.})$$

$$I_{1K} = \frac{E}{R}.$$

$$2R \int_0^{q_3} dq_3 + 3L \int_0^{I_{3L}} dI_3 = L \int_0^{I_{1K}} dI_1, \quad (\text{где } I_{3L} = \frac{E - \frac{2}{5}E}{2R} = \frac{\frac{3}{5}E}{2R} = \frac{3E}{10R})$$

$$\rightarrow 2R q_3 - 3L \frac{E}{5R} = L \cdot \frac{E}{R}.$$

$$q_3 = \frac{1}{2R} \left(\frac{LE}{R} + \frac{3}{5} \frac{LE}{R} \right) = \frac{8}{5} \frac{LE}{R} \cdot \frac{1}{2R} = \frac{8}{10} \frac{LE}{R^2}.$$

Ответ: 1) $\frac{E}{5R}$ 2) $\frac{2E}{5L}$ 3) $\frac{4}{5} \frac{LE}{R^2}$

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

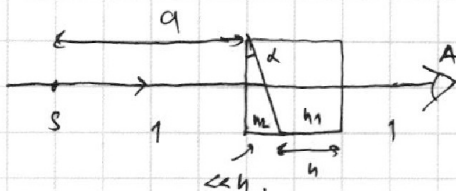
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

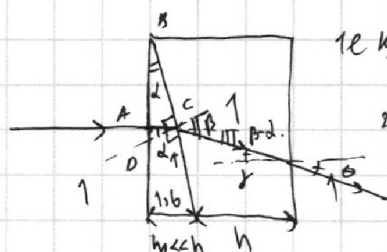
н 5)



$$a = 200 \text{ см}; h = 9 \text{ см}; \alpha = 0,05 \text{ рад} \leftarrow \text{мал.}$$

- 1) $n_1 = n_2 = 1; n_3 = 1,6; \beta = ?$
- 2) $n_1 = n_2 = 1; n_3 = 1,6; \text{дл. } \angle = ?$
- 3)

1) $\times$ 1й лучик: луч $\perp$ поверхности. Этот луч идет прямо
вдоль SA. (Т.к S - точечный ист.).



1е условие: $n_2 \sin \alpha = \sin \beta$.

2е условие: $\sin \gamma = \sin \theta \rightarrow \gamma = \theta$ (Т.к еще
будет условие на
ист.).
 $\gamma = \theta - \alpha$!

$$n_1 = n_2$$

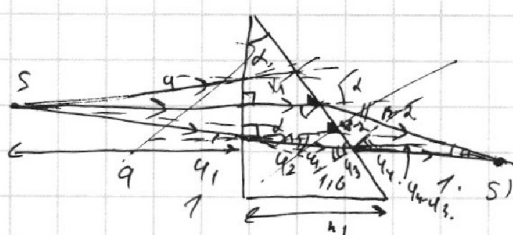
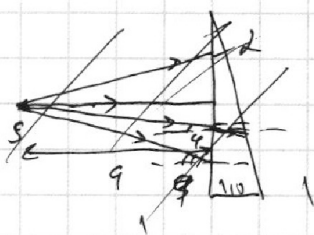
$$(\angle AKB = 90^\circ - \alpha; \angle BCD = 90^\circ)$$

$$\Rightarrow \sin \beta = n_2 \sin \alpha \approx n_2 \alpha = 1,6 \cdot 0,05 = \frac{80}{1000} = 0,08.$$

$$\rightarrow \beta \approx 0,08 \text{ рад.}$$

$$\gamma = \beta - \alpha = 0,03 \text{ рад.} (\gamma \text{ является углом отклонения})$$

2) Т.к. $n_1 = n_2$, то преломления n_1 не имеет на ход.



$$SS' = ?$$

$$\alpha \rightarrow 0!$$

$\times$ произвольный луч.

$$90^\circ - \angle = \varphi_2 + 90^\circ - \varphi_3$$

$$\rightarrow \varphi_3 - \varphi_2 = \alpha$$

$$\sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$$

$$n_2 \sin \varphi_3 = \sin \varphi_4$$

$$a \gg h \gg h_1$$

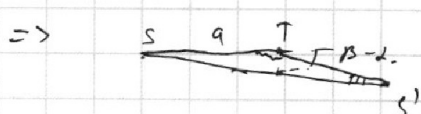
$$\varphi_1 = n_2 \varphi_2$$

$$n_2 \alpha + \varphi_1 = \varphi_4$$

$$\varphi_1 = n_2 \varphi_2$$

$$n_2 \alpha + n_2 \varphi_2 = \varphi_4$$

①



(Т.к. вводим "внутренний" произвольный луч.)
 $\Rightarrow \angle TSS' = \varphi_4 - \varphi_3 = \varphi_4 - \alpha - \varphi_2$

$$\text{из } ① \rightarrow \varphi_4 - \varphi_2 =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



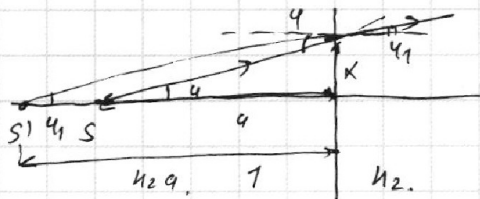
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐



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

1) Изобразите тень (рис. 1.5)

✗ пог. лучей: Луча тенью на ПП поверхности проецируется линией S' .



$$\sin q = n_2 \sin q_1$$

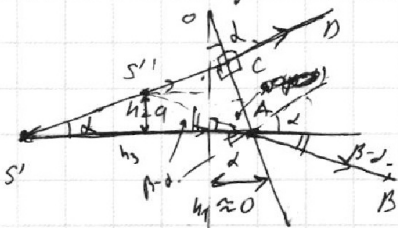
лучи в паралл. направлении.

$$\rightarrow q \approx n_2 q_1$$

$$\text{tg } q = \frac{x}{a} ; \text{tg } q_1 = \frac{x}{a_1} \rightarrow q a = a_1 a_1$$

$$\rightarrow a_1 = \frac{a}{q_1} a = n_2 a.$$

Далее: S' — это накл-й пов-и источ.



$$\beta = 0,08 \text{ рад (из пункта 1)}$$

✗ луч, который падает ⊥ пов-и. (идёт без преломления)

$\rightarrow S''$ — на пересек. AB и CD.

$$\angle S''AS' = \beta - \alpha ; \angle S''AO = 90^\circ - \alpha - \beta + \alpha = 90^\circ - \beta.$$

$$\rightarrow \angle CS''A = \beta \text{ (отсюда } \angle S''AS' = \beta - \alpha \Rightarrow \angle S'S''A = 180^\circ - \beta).$$

$$\text{T. sin!} \quad \frac{n_2 a + h_1}{\sin \beta} = \frac{S'S''}{\sin(\beta - \alpha)} \quad (n_2 a > a > h > h_1)$$

$$\Rightarrow \frac{n_2 a}{\beta} = \frac{S'S''}{\beta - \alpha} \rightarrow S'S'' = \frac{0,03}{0,08} \cdot 1,6 \cdot a = \frac{3}{8} \cdot \frac{16}{10} \cdot \frac{20}{100} = 120 \text{ (см).}$$

$$3) \quad n_1 = 1,8 ; \quad n_2 = 1,6 ; \quad \angle S''S'A = 180^\circ - \beta + \alpha - 180^\circ + \beta = \alpha.$$

$$\alpha = \frac{h_3}{S'S''} \rightarrow h_3 = \alpha \cdot S'S'' \quad (h_3 - \text{высота } S'' \text{ над облаком}).$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

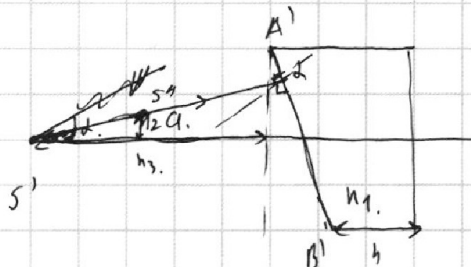
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

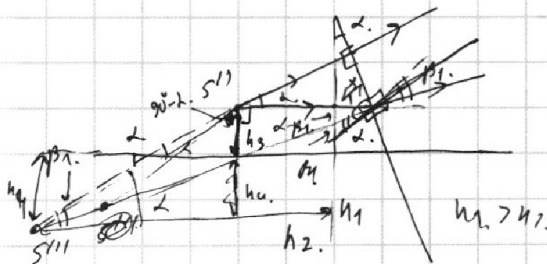
2e. Кусок длиной h (в).

Т.к. $n_2 = 1,6$, то аналогично пункту 2:



Теперь S'' — источник для n_1 :

Х процесс хода лучей из S'' на $A'B'$ ($n_2 \rightarrow n_1$).
 $\vec{u}_2$ $\vec{u}_1$

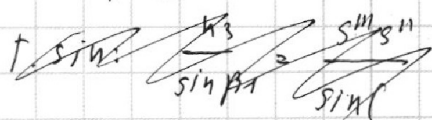


Х ход луча $\perp$ пов-и и гориз.

$$n_2 \cdot d = n_1 \cdot \beta_1$$

$$\beta_1 = \frac{n_2}{n_1} d = \frac{1,6}{1,8} d = \frac{8}{9} \cdot 0,05 \text{ м.}$$

$\Rightarrow$ образует S''' .



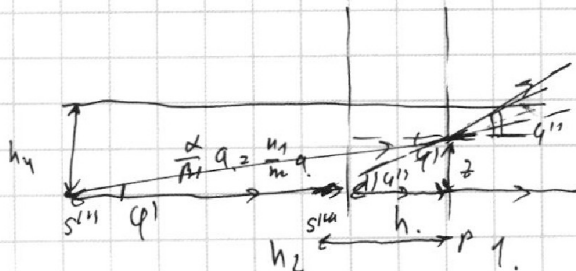
$$S''K = n_2 a - S'S'' \cdot \cos \alpha =$$

$$= \frac{1,6 \cdot 200}{320} - 120 = 200 \text{ см.} = 9$$

$K_1 \ll S''K$

Т. sin: $\frac{S''K + x_1}{\sin \beta_1} = \frac{S'''S''}{\sin(2\beta_1)} \rightarrow S'''S'' = \frac{2\beta_1}{\beta_1} S''K$

Теперь S''' — источник для свет пов-и n_1 ($n_1 \rightarrow \text{воз.}$).



$$n_1 \varphi' = \varphi''$$

$$\varphi'' = \frac{z}{\sin p}$$

$$\varphi' = \frac{z}{\frac{n_1}{n_2} a + h}$$

$$S'''K_1 = S'''S'' \cos \alpha +$$

$$S'''K_2 = \frac{2\beta_1}{\beta_1} a + a =$$

$$= a \left(\frac{2}{\beta_1} \right) = \frac{n_1}{n_2} a.$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐



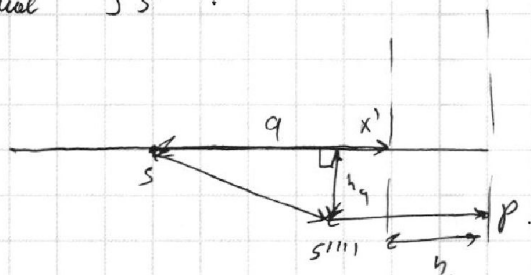
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3в продолжение 18).

$$\Rightarrow s''''p + q'' = \left(\frac{n_1}{n_2} a + h\right) q$$

$$s''''p \cdot n_1 = \frac{n_1}{n_2} a + h \rightarrow s''''p = \frac{\frac{n_1}{n_2} a + h}{n_1}$$

Итак $s s''''$.



$$s s'''' = \sqrt{(a - x')^2 + h_4^2}$$

$$x' = s''''p - h.$$

$$h_3 + h_4 = s'''' s'' \cdot d \rightarrow h_4 = \frac{d - \beta_1}{\beta_1} a \cdot d - d \cdot s' s''.$$

$$\Rightarrow s s'''' = \sqrt{\left(a - \left(\frac{\frac{n_1}{n_2} a + h}{n_1} - h\right)\right)^2 + \left(\frac{d - \beta_1}{\beta_1} \cdot a \cdot d - d \cdot 120 \text{ см}\right)^2},$$

$$\text{где } n_1 = 1,8; \quad n_2 = 1,6; \quad a = 700 \text{ см}; \quad h = 9 \text{ см}; \quad \beta_1 = \frac{6}{9} \cdot 0,05 \text{ рад};$$

Ответ: 1) 0,03 рад 2) 120 см 3)

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

[illegible]

МФТИ

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

2) T_0 (температура). $i=5$. $T = \frac{1}{3} T_0 = 333 \text{ K}$ (100°C). $RT \approx 9 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$.
 Закон Гей-Люссака: $p V_{\text{газа}} = k p_{\text{жидк.}} V_{\text{жидк.}}$.
 $V_{\text{жидк.}} \approx \text{const.}$

К при T_0 : $K = 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ПД}}$; при $T = \frac{4}{3} T_0$ $\Delta J_{\text{парен}} \approx 0$

Парам. басын, инверсн. ζ (нұм. T_0); $V_m \approx \text{const}$ (шек. ұрыс.)
 $R_{HD}(T) = 10^5 \text{ П.А.}$

1) го найдем $\frac{v_{\text{изл}}}{v_{\text{изп}}} = ?$ (измисли в разг.!).

1) До начала: $P_{\text{пр}} S = P_{\text{из}} S$ (нормы себестоимости) ($P_{\text{пр}}$ не учит. (по учет.))

$$P_{H_2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_{H_2} R T_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\nu_{H_2}}{\nu_{N_2}} = \frac{\frac{V}{2}}{\frac{8}{4}} = 2 \cdot 2 = 4 \quad \left\{ \text{ответ} \right.$$

$$P_{\text{gas}} \frac{V}{g} = V_{\text{gas}} R T_0.$$

2) $P_{\text{в}} = ?$ (выберите веру АТМ. [P_в]).

Поме царев амне:

Получены в равновесии $\rightarrow P_{\text{из}} = P_{\text{вн}} = P_{\text{к}}$.

$$P_{12} = P_{qm} + \frac{P_0}{P_{10}(100^\circ\text{C})} = 0$$

До конца: $J_{\text{расч}} = P_2 \cdot n \cdot \frac{K}{q}$ (P_2 — полное число!)

~~$$P_2 = P_{u2} \text{ (norm.)}$$~~

$$R_2 \frac{1}{2} = (V_{avg} + V_{pave}) R T_o.$$

~~Wine: $P_{\text{H}_2\text{O}} \frac{V}{6} = n_2 RT$ $P_{\text{az gas}} =$~~

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

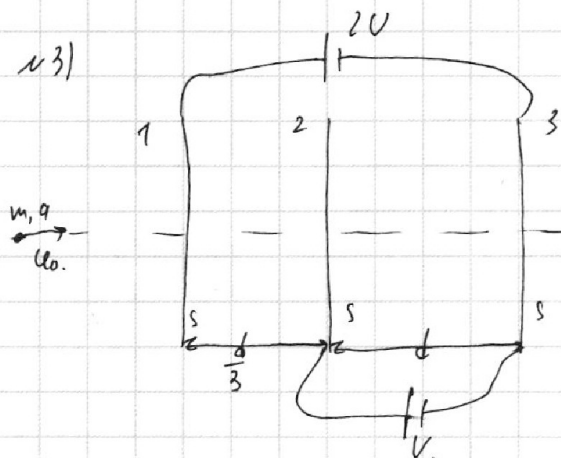
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

МФТИ

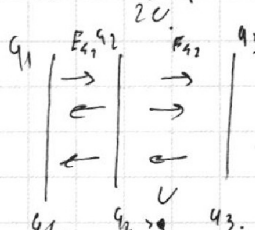
н3)



$d \ll \sqrt{S}$; ищем сетки не земли.

U_0 на ∞ .

1) $\alpha_{23} = ?$



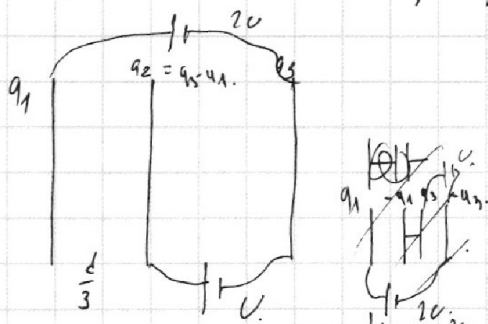
$$E_{11} \frac{d}{3} + E_{22} d = 2U.$$

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

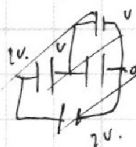
$$+ \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} d = 2U.$$

$$(q_1 - q_2) + q_2 - q_3 = 2U.$$

1) Пусть на сетках образ заряды q_1, q_2, q_3 .



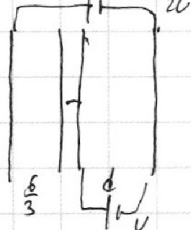
$$q_1 + q_2 + q_3 = 0.$$



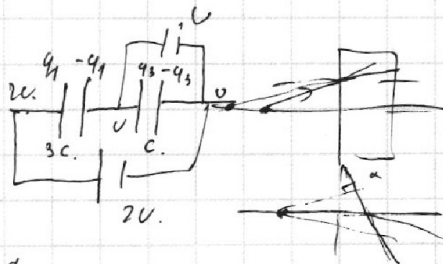
Пусть: $C = \frac{\epsilon_0 \cdot S}{d}$

Система эквив:

(2)



(3)



$$q_1 = 6q_3.$$

$$q_1 = 3C \cdot 2U.$$

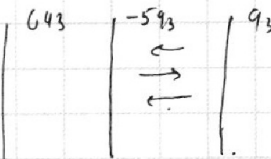
$$q_3 = C \cdot U$$

$$\rightarrow \frac{q_1}{q_3} = 6.$$

$$\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3 - q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$\frac{q_3}{2\epsilon_0 S} d = U$$

$$q_3 = \frac{2\epsilon_0 S U}{d}.$$





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

