



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

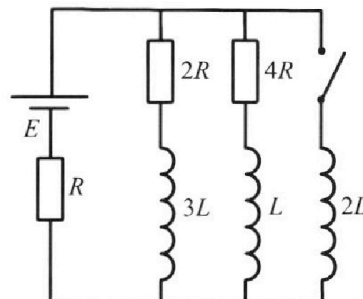
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



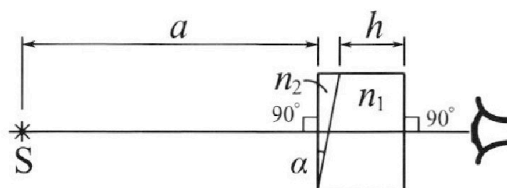
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 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 $a = 100$ 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.



- 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.



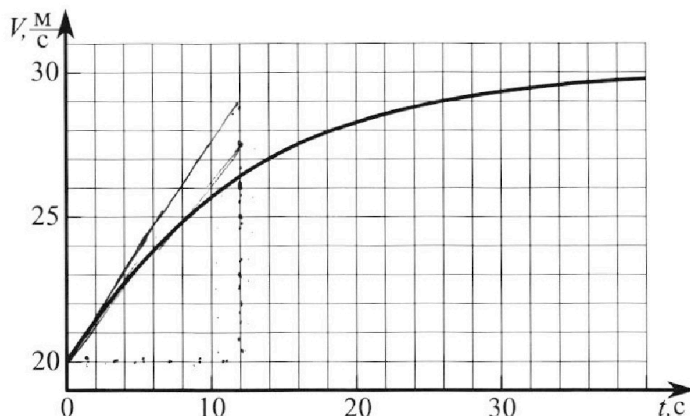
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



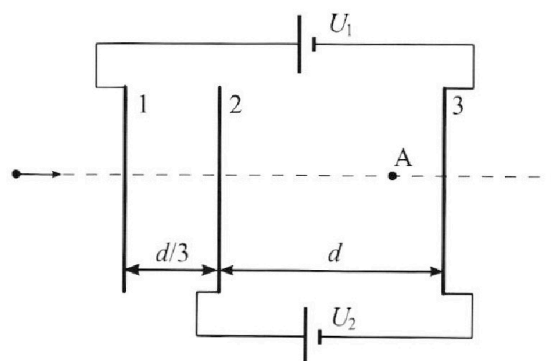
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на первый 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 w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 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.

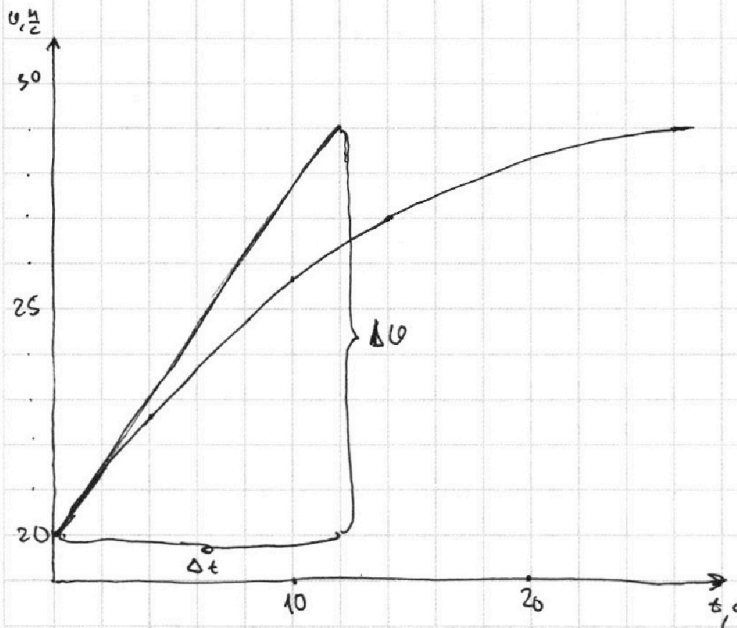
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) перенесём фрагмент
графика.

Т.к. $a_0 = \dot{v}$, то тангенс угла
наклона касательной будет равен
значению ускорения в точке
касания

$$a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} \approx \frac{9}{12} \approx 0,75 \text{ м/с}^2$$

2) Т.к. $P = \text{const}$, а сила сопротивле-
ния движению возрастает со
скоростью движения, то по итогу
движение станет равномерным
(из графика ясно, что конечная
скорость v_k равняется 30 м/с)

$$\rightarrow a = 0 \rightarrow F_r = F_k$$

$$P = F_k v_k \quad P = F_r v_k \rightarrow F = \frac{P}{v_k} \quad F_r = \frac{P}{v_k}$$

$$F_k = \frac{P}{v_k} \rightarrow P = F_k v_k = 6000 = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт}$$

т.к. $P = \text{const}$ то F_k в начале
движения будет равна $F_r = \frac{P}{v_k}$

$$23 \text{ Н}; F_r - F_0 = m a_0 \rightarrow F_0 = F_r - m a_0 = \frac{P}{v_k} - m a_0 \quad F_0 = \frac{6000}{30} - 240 \cdot 0,75 = 300 - 180 = 120$$

3) если бы не было силы сопротивления движению, то было бы справедливо
такое уравнение: $\hat{F} = m a_0$; $\hat{P} = \hat{F} v_k \rightarrow \hat{F} = \frac{\hat{P}}{v_k}$; $\frac{\hat{P}}{v_k} = m a_0 \rightarrow \hat{P} = m a_0 v_k$

$$\hat{P} = 240 \cdot 0,75 \cdot 30 = 3600$$

то если на ~~сопротивление~~ ~~во~~ ~~пределах~~ ~~силы~~ ~~сопротивления~~ будет ~~уменьш~~ ~~6000 - 3600 =~~
 $= 2400 \text{ Вт}$ $\frac{2400}{6000} = 0,4$

Ответ: 1) $a_0 \approx 0,75 \text{ м/с}^2$

2) $F_0 = 120 \text{ Н}$

3) $0,4 P$

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) если по условию мы не учитываем давление водяных паров при T_0 , то
и ν_{H_2O} мы не учитываем

T_0	P_{B1}
T_0	P_{H1}
H_2O	

$$\frac{P_{B1} V}{2} = \nu_B R T_0 ; \frac{P_{H1} V}{8} = \nu_H R T_0 ; \nu_B = \frac{P_{B1} V}{2 R T_0} ; \nu_H = \frac{P_{H1} V}{8 R T_0}$$

т.к. система в равновесии, то $P_{H1} = P_{H2} = P_0$

$$\rightarrow 4 \nu_H = \nu_B \rightarrow \frac{\nu_B}{\nu_H} = 4$$

$$\frac{P_0 V}{8} = \nu_H R T_0 \rightarrow \nu_H = \frac{P_0 V}{8 R T_0}$$

2) т.к. $T = 343$ К — это давление насыщенного пара воды = $P_{\text{атм}}$

$$P_{B2} = P_{\text{атм}} + P_{H2} \quad \frac{P_{B2} V}{8} = \nu_B R T = \nu_{B2} R T$$

т.к. при T
 CO_2 не растворяется,
то его мол-во
есть на $\Delta \nu$

$$\frac{P_{H2} V}{4} = (\nu_H + \Delta \nu) R T = (\nu_H + \Delta \nu) R T$$

$$\Delta \nu = \frac{3 P_0 V}{8 R T}$$

$$\frac{8 \nu_B R T}{V} = P_{\text{атм}} + \frac{4 (\nu_H + \Delta \nu) R T}{V} ; \frac{64 \nu_H R T}{V} = P_{\text{атм}} + \frac{4 \nu_H R T}{V} + \frac{\Delta \nu R T}{V}$$

$$\frac{60 \nu_H R T}{V} = P_{\text{атм}} + \frac{3 P_0 V}{8 R T} ; \frac{60 \cdot P_0 \cdot 4 V}{8 V \cdot \frac{4}{3} R T} = P_{\text{атм}} + \frac{3 P_0}{8}$$

$$\frac{4 \cdot 15}{3 \cdot 2} P_0 = P_{\text{атм}} + \frac{3 P_0}{8} ; \frac{5}{2} P_0 = P_{\text{атм}} + \frac{3}{8} P_0$$

$$\rightarrow P_0 \left(\frac{5}{2} - \frac{3}{8} \right) = P_{\text{атм}}$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{\left(\frac{5}{2} - \frac{3}{8} \right)}$$

$$P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{\frac{5}{2} - \frac{3 \cdot 16}{8 \cdot 10}} = \frac{P_{\text{атм}}}{\frac{5}{2} - \frac{54}{80}} = \frac{P_{\text{атм}}}{\frac{200 - 54}{80}}$$

$$= \frac{80 P_{\text{атм}}}{146} = \frac{40 P_{\text{атм}}}{73}$$

Ответ: 1) $\frac{\nu_B}{\nu_H} = 4$

2) $P_0 = \frac{40}{73} P_{\text{атм}}$

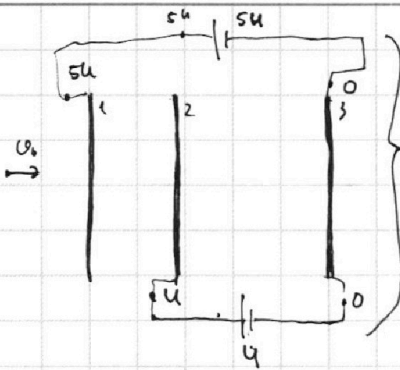
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



используем
Метод
потенциалов

$$1) \Delta \varphi_{23} = U; U = E_{23} d; \alpha = \frac{F}{m}; F = E_{23} q$$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{Uq}{dm}}$$

$$2) \Delta E_{k3} - E_{k2} = \Delta \varphi_{23} q = Uq$$

$$3) \varphi_2 - \varphi_A = E_{23} \cdot \frac{3}{4} d = \frac{3}{4} U; \quad \cdot$$

$$\frac{m \omega_A^2}{2} - \frac{m \omega_0^2}{2} = \frac{3}{4} Uq; \quad \text{в тоже время} \quad \frac{m \omega_2^2}{2} - \frac{m \omega_0^2}{2} = Uq \quad \text{т.к. } \Delta \varphi_{12} = Uq$$

$$\rightarrow \frac{m \omega_2^2}{2} - \frac{m \omega_0^2}{2} - Uq = \frac{3}{4} Uq \rightarrow \frac{m \omega_A^2}{2} = \frac{10}{4} Uq + \frac{m \omega_0^2}{2} \rightarrow \omega_A^2 = \frac{10}{2} \frac{Uq}{m} + \omega_0^2$$

$$\rightarrow \omega_A = \sqrt{\frac{10}{2} \frac{Uq}{m} + \omega_0^2}$$

Ответ: 1) $\alpha = \frac{Uq}{dm}$

2) $k_3 - k_2 = Uq$

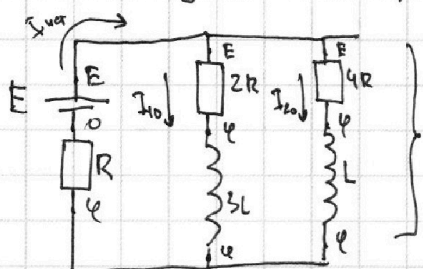
3) $\omega_A = \sqrt{\frac{10}{2} \frac{Uq}{m} + \omega_0^2}$

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!



1) Рассмотрим установившийся режим до замыкания ключа: ~~напряжения~~ ~~катушек~~ равны нулю



используем
матрицу
потенциалов

$$I_{\text{ист}} = I_{20} + I_{L0} ; I_{\text{ист}} = \frac{\varphi}{R} ; I_{20} = \frac{E - \varphi}{2R}$$

$$\frac{\varphi}{R} = \frac{E - \varphi}{4R} + \frac{E - \varphi}{2R} \quad | \cdot R$$

$$I_{20} = \frac{E - \varphi}{4R}$$

$$\varphi = \frac{E - \varphi}{4} + \frac{E - \varphi}{2} \rightarrow \varphi = \frac{3}{7}E$$

тогда $I_{20} = \frac{E - \frac{3}{7}E}{4R} = \frac{E}{7R}$

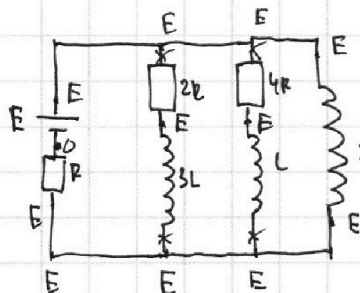
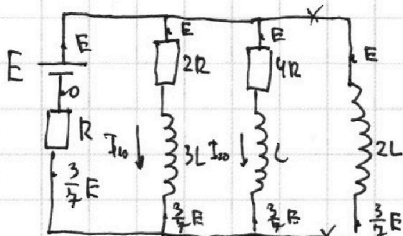
2) Рассмотрим момент сразу после замыкания, токи в катушках сначала не меняются

• т.к. в катушке 2L сила тока была равна нулю, то она продолжает быть равной нулю. → в цепи не изменилось напряжение

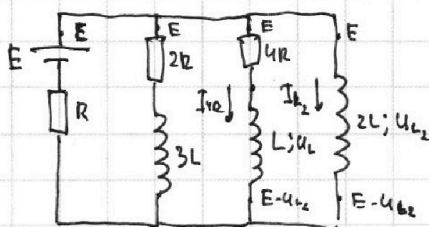
$$U_2 = E - E \frac{3}{7} = \frac{4}{7}E ; U_2 = L \dot{I} \rightarrow \dot{I} = \frac{U_2}{L} = \frac{4E}{7L}$$

3) Рассмотрим установившееся состояние после замыкания ~~сопротивления~~ напряжения всех катушек равны нулю

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{ток через катушку } L \text{ равен нулю не идет}$$



4) Рассмотрим произвольный момент времени.



$$4I_{4R}R + U_L = U_{L2}$$

$$U_L = -L \frac{dI_L}{dt} \quad \text{т.к. } I_L \text{ падает}$$

$$U_{L2} = 2L \frac{dI_{L2}}{dt}$$

$$4I_{4R}R - L \frac{dI_L}{dt} = 2L \frac{dI_{L2}}{dt} \quad | \cdot dt \quad 4I_{4R}dt \cdot R - L dI_L = 2L dI_{L2}$$

проинтегрируем от момента сразу после замыкания ключа до $t = t_{\text{уст}}$

$$4q_{4R}R - L(0 - I_{20}) = 2L\left(\frac{E}{R} - 0\right) \rightarrow 4q_{4R}R + L \cdot \frac{E}{7R} = \frac{2LE}{R}$$

$$\rightarrow q_{4R} = \frac{LE}{2R^2} - \frac{LE}{28R^2} = \frac{13LE}{28R^2}$$

Ответ: 1) $I_{20} = \frac{E}{7R}$ 2) $\dot{I} = \frac{4E}{7L}$ 3) $q_{4R} = \frac{13LE}{28R^2}$

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

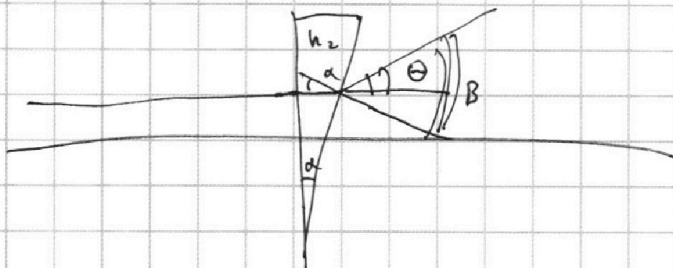
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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)



$$\theta = \alpha(n-1)$$

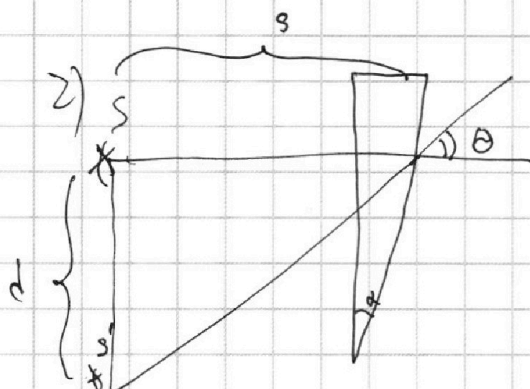
$$n_2 \sin \alpha = 1 \sin \theta$$

т.к. углы малы

$$\rightarrow \theta = n_2 \alpha$$

$$\theta = \beta - \alpha = n_2 \alpha - \alpha = \alpha(n_2 - 1)$$

$$\theta = 0,1(1,7-1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$



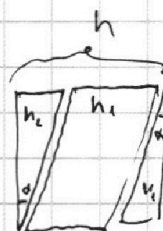
т.к. призма очень тонкая то $s \approx a$

$$\frac{d}{a} = \tan \theta \approx \theta \rightarrow d = \theta a = 100 \cdot 0,07 = 7 \text{ см}$$

3)

~~некорректно~~

систему можно представить как



а между ними
тонкая плоскопараллельная
пластина из воздуха,
которая не имеет
не имеет.

тогда

луча излучения для плоскопараллельной
пластины толщиной h , которая

состоит из двух S' толщиной Δ и S'' толщиной Δ

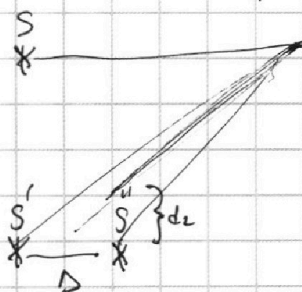
$$\Delta = h \left(1 - \frac{1}{n_1}\right) = 14 \cdot \frac{1}{14} = 1 \text{ см}$$

далее призма n_1 представляет собой
излучающий угол θ вверх от гор.

$$\text{на } \theta_1 = \theta(n_1 - 1)$$

$$\text{тогда } d_2 = (\theta - \theta(n_1 - 1)) \cdot (a - \Delta)$$

$$d_2 = (\theta(n_1)) \cdot (a - \Delta)$$



Ответ: 1) 0,07 рад 2) 7 см 3) $d_2 = (a n_1 (a - \Delta))$



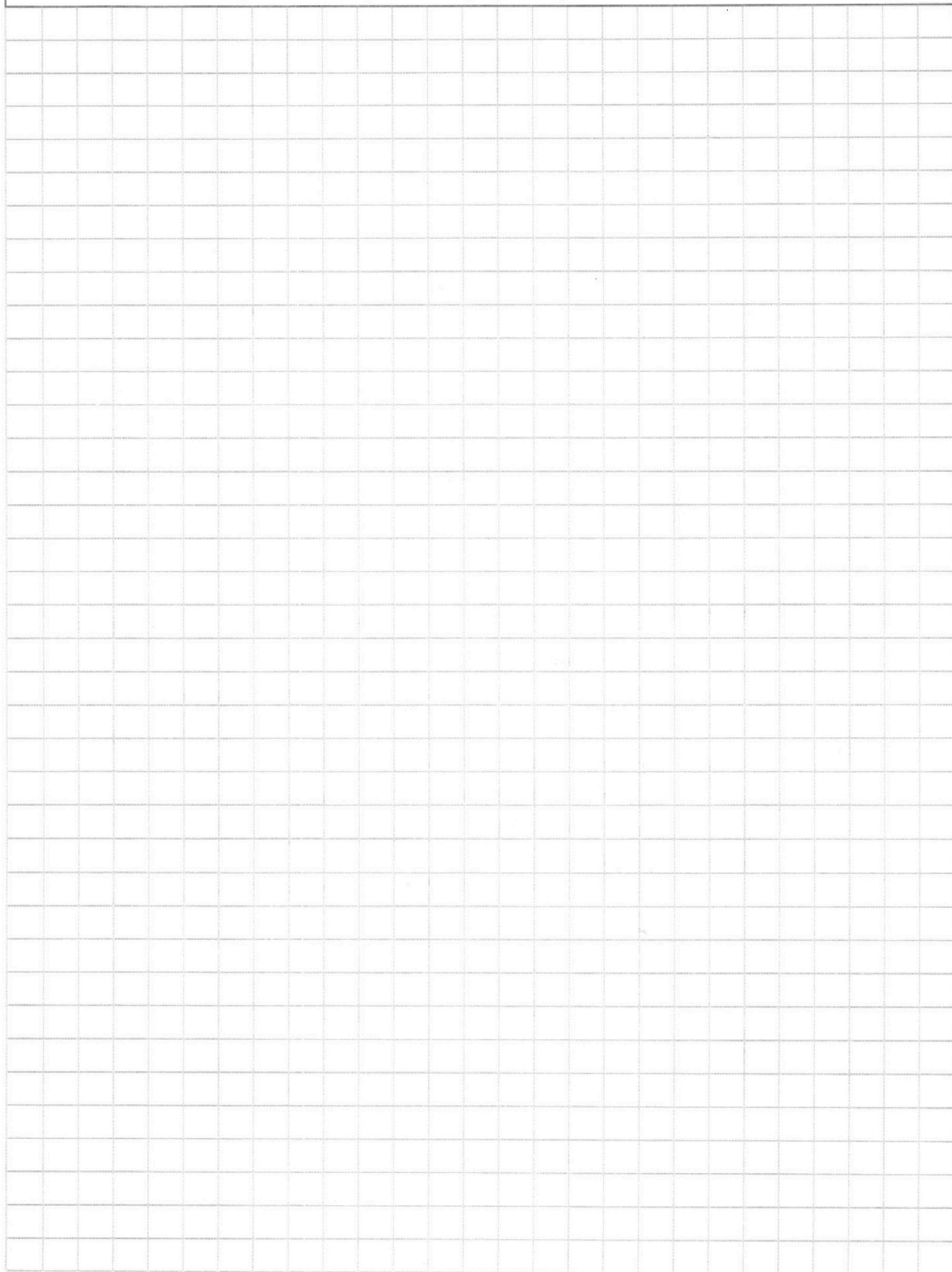
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

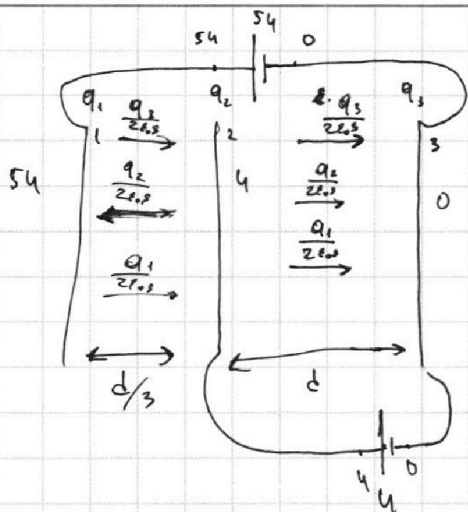
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



3.



$$q_1 = 5U, q_3 = 0$$

$$1) \Delta \varphi_{23} = U, U = E_z d$$

$$E_z = \frac{U}{d}$$

$$F = E_z q, F = ma$$

$$a = \frac{E_z q}{m}, a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{U q}{d m}$$

$$U = E_z d \rightarrow E_z = \frac{U}{d}$$

$$2) \Delta \varphi_{12} = U$$

$$\Delta E_k = \Delta \varphi_{12} \cdot q$$

$$\frac{m \omega_1^2}{2} - \frac{m \omega_0^2}{2} = U q$$

$$\Delta E_k = U \cdot q$$

$$\frac{m \omega_1^2}{2} = \frac{m \omega_0^2}{2} + U q$$

$$3) \varphi_2 - \varphi_3 = E_z \cdot \frac{3}{4} d = \frac{3}{4} U$$

$$\Delta E_k = \frac{3}{4} U q$$

$$\frac{m \omega_A^2}{2} - \frac{m \omega_0^2}{2} = \frac{3}{4} U q$$

$$\frac{m \omega_A^2}{2} - \frac{m \omega_0^2}{2} - U q = \frac{3}{4} U q$$

$$\rightarrow \frac{m \omega_A^2}{2} = \frac{10}{4} U q + \frac{m \omega_0^2}{2}$$

$$\omega_A^2 = \frac{10}{2} \frac{U q}{m} + \omega_0^2$$

$$\omega_A = \sqrt{\frac{10}{2} \frac{U q}{m} + \omega_0^2}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{q_3 + q_1 - q_2}{2 \epsilon_0} &= \frac{10 q}{d} \\ q_1 + q_2 + q_3 &= 0 \end{aligned} \right\}$$



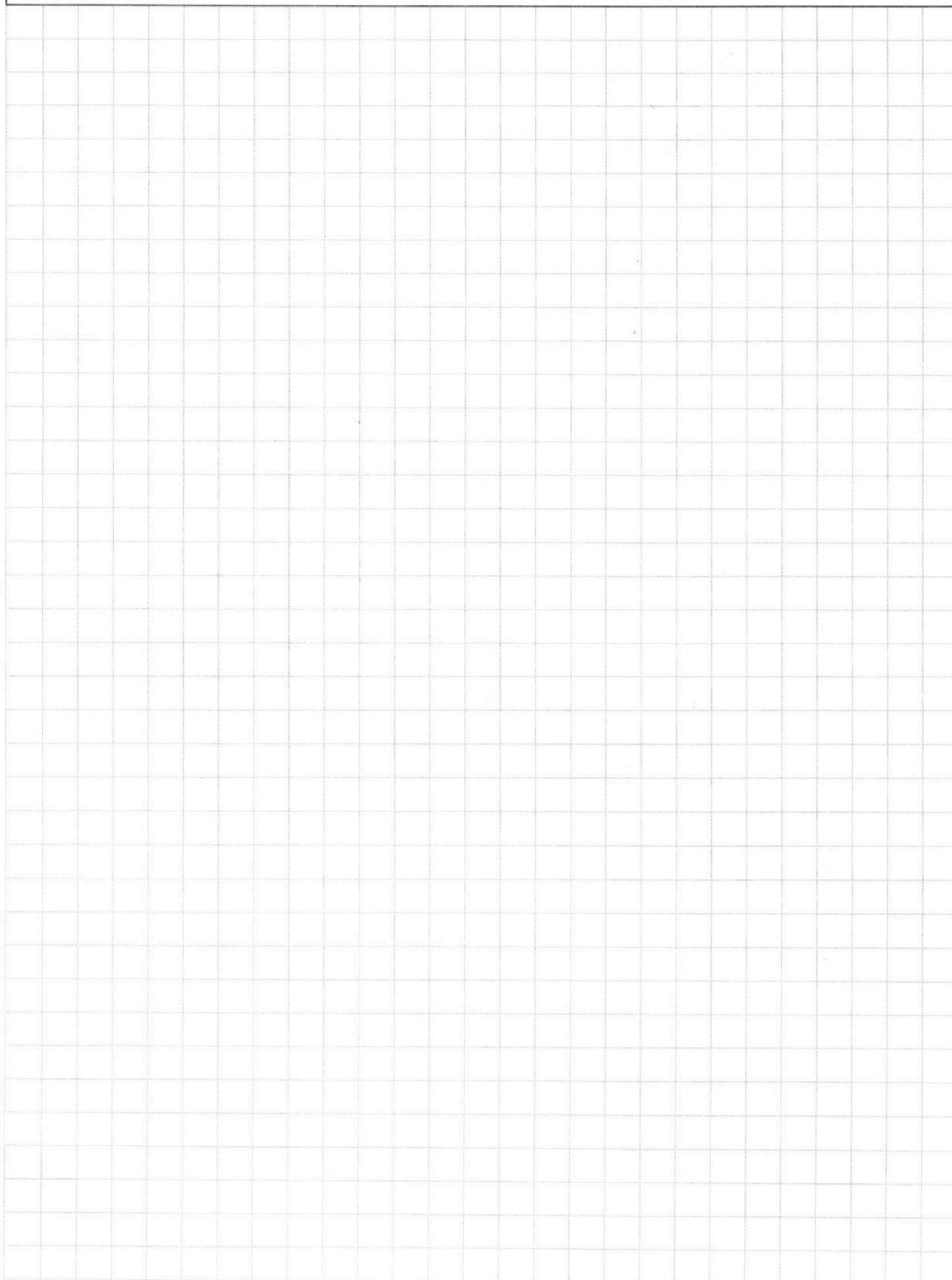
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



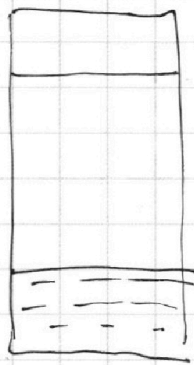
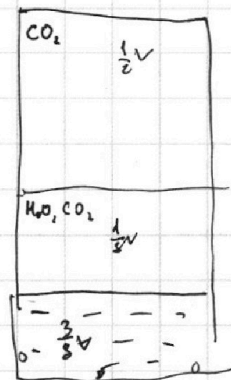
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



сверху $\frac{P_0 V}{8} = \nu_B$

$\frac{P_0 V}{2} = \nu_B R T_0$

$\nu_B = \frac{P_0 V}{2 R T_0}$

$\frac{P_{B1} \cdot 8V}{8} = \nu_B R T_0$

$P_{B1} = P_{H1}$

$P_{B1} = \frac{2 \nu_B R T_0}{V}$

$\frac{P_{H1} V}{4} = \nu_B R T_0$

$P_{H1} = \frac{4 \nu_B R T_0}{V}$

$\frac{2 \nu_B R T_0}{V} = \frac{4 \nu_B R T_0}{V}$

$\nu_B = 2 \nu_H$

2) внизу $P_{A1H} + P_{H2} = P_{C2}$

сверху $\frac{P_{B2} V}{8} = \frac{4 \nu_B R T_0}{3}$

$3 P_{B2} V = 32 \nu_B R T_0$

$P_{B2} = \frac{32 \nu_B R T_0}{3 V}$

сверху $\frac{P_{H2} V}{4} = (\nu_H + \Delta \nu) R T$

$\Delta \nu = k P_0 \frac{3}{8} V$

$\frac{P_{H2} V}{4} = (\nu_H + k P_0 \frac{3}{8} V) R T \rightarrow P_{H2} = \frac{4 R T}{V} (\nu_H + k P_0 \frac{3}{8} V)$

$\frac{P_0 V}{8} = \nu_B \alpha = 2 \nu_H \alpha$

$P_{A1H} + \frac{4 R T}{V} (\nu_H + k P_0 \frac{3}{8} V) = \frac{32 \nu_B R T_0}{3 V}$

$P_{A1H} + \frac{4 R T \nu_H}{V} + \frac{4 \cdot 3}{8} R T \cdot k P_0 = \frac{32 \nu_B R T_0}{3 V}$

$P_{A1H} + \frac{4 R T \nu_H}{3 V} + 8 R T_0 k P_0 = \frac{32 \nu_B R T_0}{3 V}$

$P_{A1H} + 32 R T_0 \nu_H$

$P_{A1H} + \frac{2 \nu_H \alpha}{V} + \frac{3 k P_0}{4 V} \alpha = \frac{16 \nu_H \alpha}{V}$

$P_{A1H} + \frac{2 P_0 V \alpha}{2 V R T_0} + \frac{3 k P_0}{4 V} \alpha = \frac{16 \alpha \cdot P_0 V}{V \cdot 2 R T_0}$

$k \alpha = 1,8$

$P_{A1H} + \frac{P_0 \alpha}{R T_0} + \frac{3 k P_0 \alpha}{4 V} = \frac{8 P_0 \alpha}{R T_0}$

$\alpha = R T = \frac{4}{3} R T_0$

$\frac{28}{3} - \frac{54}{40} = \frac{480 - 162}{120} = \frac{318}{120}$

$P_{A1H} + \frac{4}{3} P_0 + \frac{3 k P_0 \alpha}{4 V} = \frac{32}{3} P_0 \rightarrow P_0 \left(\frac{32}{3} - \frac{4}{3} - \frac{3 k \alpha}{4 V} \right) = P_{A1H}$

$P_0 = \frac{P_{A1H}}{\left(\frac{28}{3} - \frac{3 \cdot 1,8}{4 \cdot 10} \right)} = \frac{P_{A1H}}{\left(\frac{28}{3} - \frac{54}{40} \right)} = \frac{P_{A1H}}{\left(\frac{28}{3} - \frac{54}{40} \right)}$

$P_0 = \frac{120}{998} P_{A1H}$



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. $P = \text{const}$ $P = F \cdot v$

$v = 20$

$v = \frac{P}{F}$

$v_k = 30 \text{ м/с}$

$a = 1.5 \text{ м/с}^2$ $F_r - F_{\text{суп}} = m a_0$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{9}{12} \approx 0.75$

$F_k = \frac{P}{v_k} \rightarrow P = F_k v_k$ $P = 6 \text{ кВт}$

$F_{r0} = \frac{P}{v_0} = \frac{6000}{20} = 300 \text{ Н}$

$\frac{300}{240} = \frac{5}{4} = 1.25$

$F_k = F_r$ $F_r = \frac{P}{v}$

$F_k = \frac{P}{v} \rightarrow P = F_k v$

$= 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт}$

$F_{\text{тяг}} - F_0 = m a_0 \rightarrow F_0 = F_r - m a_0 = 300 - 240 \cdot 1.5$

В 0 разгона $F_0 = F_{\text{тяг}}$ $F_0 = \frac{P}{v_0} = 300$

$F_0 = 300 \text{ Н}$ $(F_0 = 300 - 180 = 120)$

$F_{\text{суп}} = k v$ тогда $k \cdot 30 = 200$ $k = \frac{200}{30}$ $k \cdot 20 = \frac{400}{3} \text{ Н}$

$F_r - F_{\text{суп}} = F_{r0} = F_r - m a_0$ $F_r = \frac{P}{v_0}$ $F_{\text{суп}} = \frac{P}{v_0} - m a_0$

если бы не было силы $F_{\text{суп}}$ 0 то приравняли бы просто бы

$\hat{F}_r = m a_0$ и $\hat{F}_r = \frac{\hat{P}}{v_0}$ $\frac{\hat{P}}{v_0} = m a_0$ $\hat{P} = m a_0 v_0 = 240 \cdot 20 = 4800$

то ест на суп нужно 2400

$\frac{2400}{6000} = \frac{4}{10} = 0.4$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

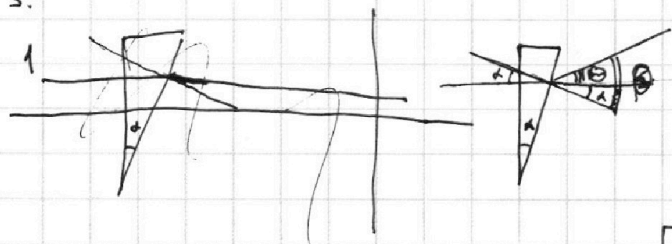
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



5.



1/

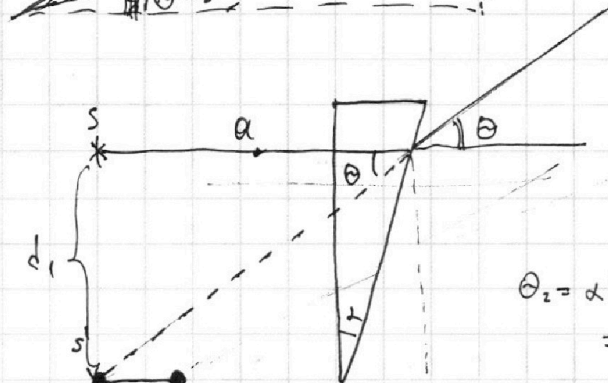
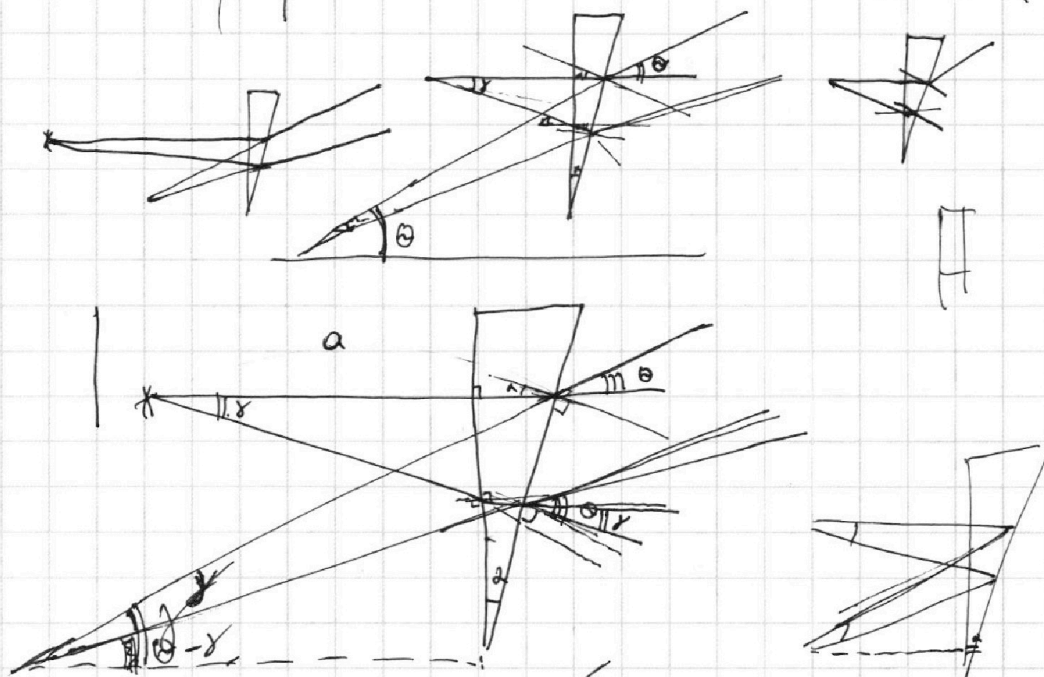
$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta$$

$$n_2 \alpha = n_1 \beta \rightarrow \beta = n_2 \alpha$$

$$\Theta = \alpha(n-1) \quad \Theta = \beta - \alpha = n_2 \alpha - \alpha = \alpha(n_2 - 1)$$

$$\Theta = 0,91(1,7-1) = 0,91 \cdot 0,7 = 0,0637 \text{ рад}$$

2/

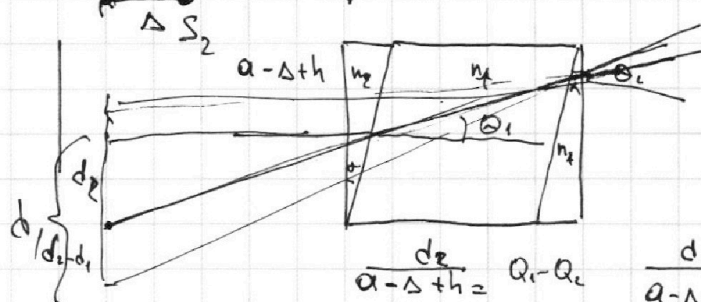


$$\frac{d}{a} = \tan \Theta \approx \Theta$$

$$d = \Theta a = 100 \cdot 0,0007 = 0,07 \text{ см}$$

$$\Theta_2 = \alpha(n_2 - 1)$$

$$= 0,904 \cdot 0,1 \cdot 0,4 = 0,04$$



$$\frac{d_2}{a - \Delta + h} = Q_1 - Q_2$$

$$\frac{d_1}{a - \Delta + h} = Q_1$$

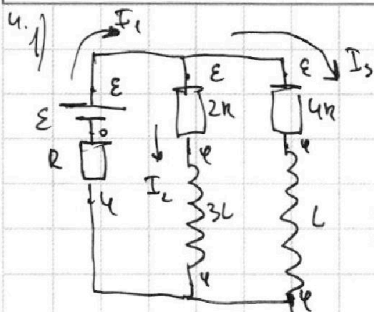
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

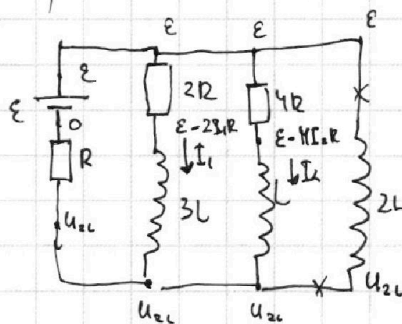
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\frac{\varphi}{R} = \frac{\varepsilon - \varphi}{2R} + \frac{\varepsilon - \varphi}{4R}; \quad \varphi = \frac{\varepsilon - \varphi}{2} + \frac{\varepsilon - \varphi}{4} \Rightarrow 4\varphi = 2\varepsilon - 2\varphi + \varepsilon - \varphi$$

$$I_{L2} = \frac{\varepsilon - \frac{3}{4}\varepsilon}{4R} = \frac{\frac{1}{4}\varepsilon}{4 \cdot 4R} = \frac{\varepsilon}{7R} \rightarrow 4\varphi = 3\varepsilon \rightarrow \varphi = \frac{3}{4}\varepsilon$$

2) сразу после замыкания



$$I_{L2} = \frac{\varepsilon}{7R}; \quad I_{L1} = \frac{2}{7}\frac{\varepsilon}{R}$$

$$U_{2L} = \frac{\varepsilon - \varepsilon + 2I_{L1}R}{2R}$$

короче в цепи ничего не перемещалось

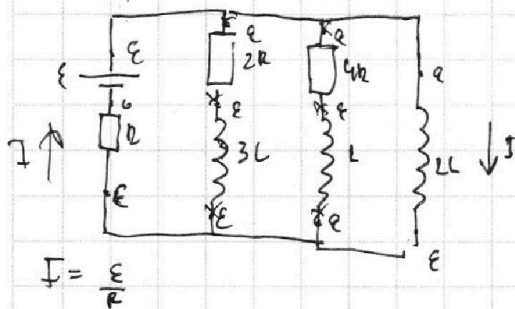
тогда $\varphi = U_{2L}$

$$U_{2L} = \varepsilon - \varphi = \frac{1}{7}\varepsilon \quad U_{L1} = LI$$

$$\rightarrow \dot{I} = \frac{4\varepsilon}{7L}$$

3) Установившееся состояние

преобразуем цепочку в резистор



$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$2L \frac{dI_{L1}}{dt} = 4I_{L1}R - L \frac{dI_{L1}}{dt} \cdot dt$$

$$2L dI_{L1} = 4I_{L1}R dt - L dI_{L1}$$

проинтегрируем от 0 до t

$$-2L\left(\frac{\varepsilon}{R} - 0\right) = 4I_{L1}R + L\left(0 - \frac{\varepsilon}{7R}\right) \rightarrow \frac{2L\varepsilon}{R} = 4I_{L1}R + \frac{L\varepsilon}{7R} \rightarrow \frac{2\varepsilon}{2R^2} = I_{L1} + \frac{L\varepsilon}{28R^2}$$

$$I_{L1} = \frac{L\varepsilon}{2R^2} - \frac{L\varepsilon}{28R^2} = \frac{14L\varepsilon}{28R^2} - \frac{L\varepsilon}{28R^2} = \frac{13L\varepsilon}{28R^2}$$

$$U_{L2} = 4IR + U_{L1} \quad U_{L1} =$$