



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

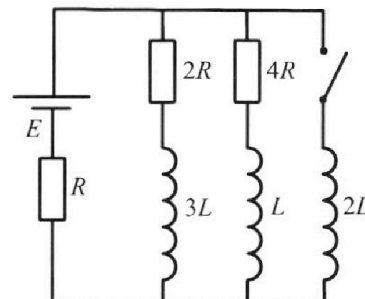
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



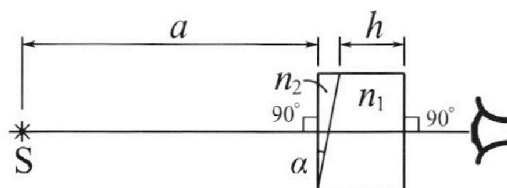
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



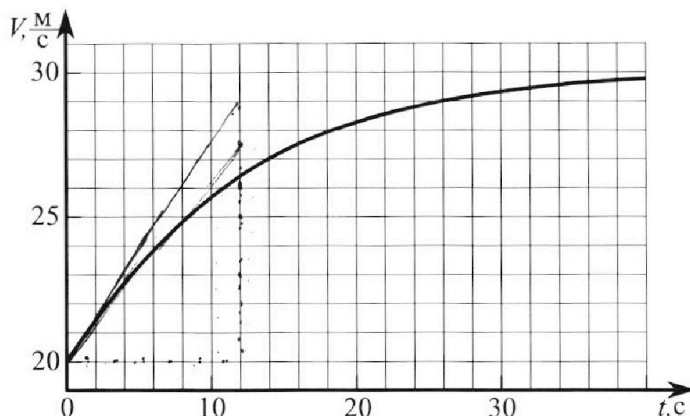
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



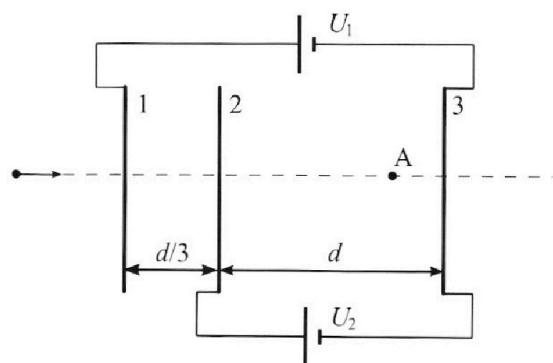
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
 - Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
 - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на первый вопрос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

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.

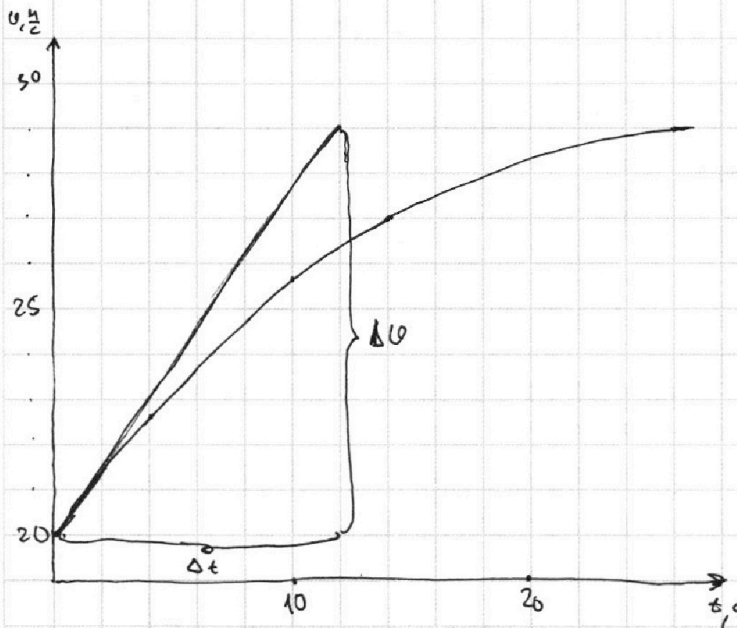
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 50 м/с)

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

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

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

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

$$23 \text{ Н}; F_k - F_0 = ma_0 \rightarrow F_0 = F_k - ma_0 = \frac{P}{v_k} - ma_0 \quad F_0 = \frac{6000}{30} - 240 \cdot 0,75 = 300 - 180 = 120$$

3) если бы не было силы сопротивления движению, то было бы справедливо
такое уравнение:

$$\hat{F} = ma_0; \quad \hat{P} = \hat{F} v_k \rightarrow \hat{F} = \frac{\hat{P}}{v_k}; \quad \frac{\hat{P}}{v_k} = ma_0 \rightarrow \hat{P} = ma_0 v_k$$

$$\hat{P} = 240 \cdot 0,75 \cdot 20 = 3600$$

$$\text{то если на сопротивление во пределе силы сопротивления будет уходить } 6000 - 3600 = 2400 \text{ Вт}$$

$$\frac{2400}{6000} = 0,4$$

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

$$2) F_0 = 120 \text{ Н}$$

$$3) 0,4P$$

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. $T = 373$ К — давление насыщенного пара воды = $P_{атм}$

$$P_{B2} = P_{атм} + P_{H2}$$

$$\frac{P_{B2} V}{8} = \nu_B R T = \nu_{B2} R T$$

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

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

т.к. при T
 CO_2 не испаряется,
то его не-
считаем на $\Delta \nu$

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: 1) $\frac{\nu_H}{\nu_B} = 4$

2) $P_0 = \frac{40}{73} P_{атм}$

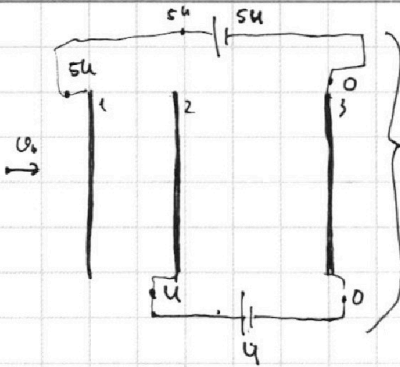
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: 1) $\alpha = \frac{Uq}{dm}$

2) $k_3 - k_2 = Uq$

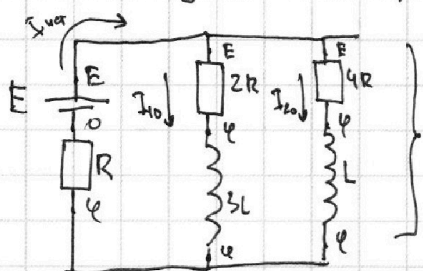
3) $\omega_A = \sqrt{\frac{10}{2} \frac{Uq}{m} + \omega_0^2}$

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

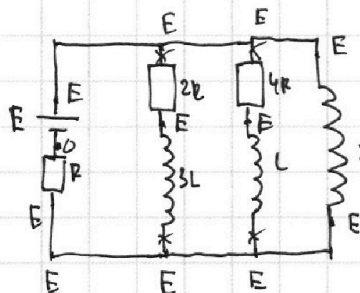
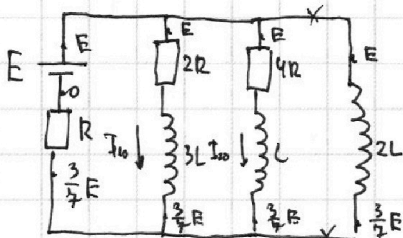
2) Рассмотрим момент сразу после замыкания, токи в катушках сначала не меняются

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

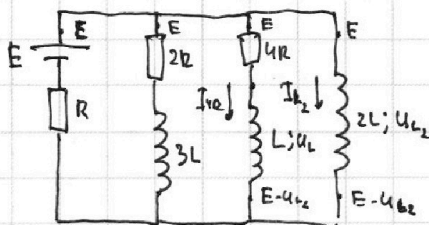
$$U_2 = E - E \frac{3}{7} = \frac{4}{7}E ; U_2 = L \dot{I} \rightarrow \dot{I} = \frac{U_2}{L} = \frac{4E}{7L}$$

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.

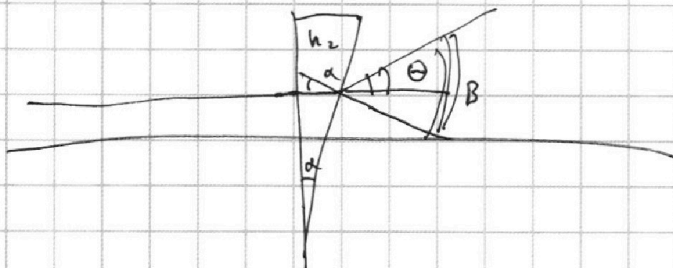
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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)



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

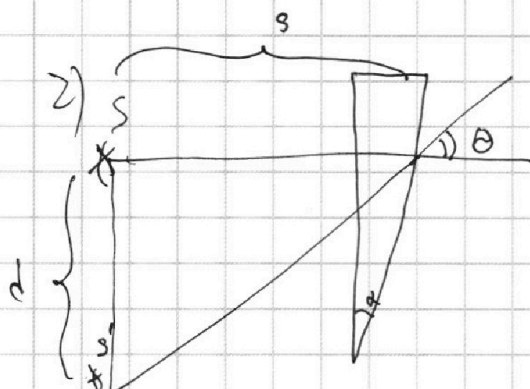
$$n_2 \sin \alpha = 1 \sin \theta$$

т.к. углы малы

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

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

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



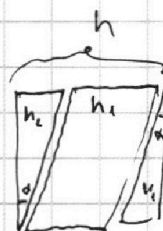
т.к. призма очень тонкая то $s \approx a$

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

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' и S'' и S' и S''

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

луча при n_1 и n_2 и n_3 и n_4 и n_5 и n_6 и n_7 и n_8 и n_9 и n_{10} и n_{11} и n_{12} и n_{13} и n_{14} и n_{15} и n_{16} и n_{17} и n_{18} и n_{19} и n_{20} и n_{21} и n_{22} и n_{23} и n_{24} и n_{25} и n_{26} и n_{27} и n_{28} и n_{29} и n_{30} и n_{31} и n_{32} и n_{33} и n_{34} и n_{35} и n_{36} и n_{37} и n_{38} и n_{39} и n_{40} и n_{41} и n_{42} и n_{43} и n_{44} и n_{45} и n_{46} и n_{47} и n_{48} и n_{49} и n_{50} и n_{51} и n_{52} и n_{53} и n_{54} и n_{55} и n_{56} и n_{57} и n_{58} и n_{59} и n_{60} и n_{61} и n_{62} и n_{63} и n_{64} и n_{65} и n_{66} и n_{67} и n_{68} и n_{69} и n_{70} и n_{71} и n_{72} и n_{73} и n_{74} и n_{75} и n_{76} и n_{77} и n_{78} и n_{79} и n_{80} и n_{81} и n_{82} и n_{83} и n_{84} и n_{85} и n_{86} и n_{87} и n_{88} и n_{89} и n_{90} и n_{91} и n_{92} и n_{93} и n_{94} и n_{95} и n_{96} и n_{97} и n_{98} и n_{99} и n_{100} и n_{101} и n_{102} и n_{103} и n_{104} и n_{105} и n_{106} и n_{107} и n_{108} и n_{109} и n_{110} и n_{111} и n_{112} и n_{113} и n_{114} и n_{115} и n_{116} и n_{117} и n_{118} и n_{119} и n_{120} и n_{121} и n_{122} и n_{123} и n_{124} и n_{125} и n_{126} и n_{127} и n_{128} и n_{129} и n_{130} и n_{131} и n_{132} и n_{133} и n_{134} и n_{135} и n_{136} и n_{137} и n_{138} и n_{139} и n_{140} и n_{141} и n_{142} и n_{143} и n_{144} и n_{145} и n_{146} и n_{147} и n_{148} и n_{149} и n_{150} и n_{151} и n_{152} и n_{153} и n_{154} и n_{155} и n_{156} и n_{157} и n_{158} и n_{159} и n_{160} и n_{161} и n_{162} и n_{163} и n_{164} и n_{165} и n_{166} и n_{167} и n_{168} и n_{169} и n_{170} и n_{171} и n_{172} и n_{173} и n_{174} и n_{175} и n_{176} и n_{177} и n_{178} и n_{179} и n_{180} и n_{181} и n_{182} и n_{183} и n_{184} и n_{185} и n_{186} и n_{187} и n_{188} и n_{189} и n_{190} и n_{191} и n_{192} и n_{193} и n_{194} и n_{195} и n_{196} и n_{197} и n_{198} и n_{199} и n_{200} и n_{201} и n_{202} и n_{203} и n_{204} и n_{205} и n_{206} и n_{207} и n_{208} и n_{209} и n_{210} и n_{211} и n_{212} и n_{213} и n_{214} и n_{215} и n_{216} и n_{217} и n_{218} и n_{219} и n_{220} и n_{221} и n_{222} и n_{223} и n_{224} и n_{225} и n_{226} и n_{227} и n_{228} и n_{229} и n_{230} и n_{231} и n_{232} и n_{233} и n_{234} и n_{235} и n_{236} и n_{237} и n_{238} и n_{239} и n_{240} и n_{241} и n_{242} и n_{243} и n_{244} и n_{245} и n_{246} и n_{247} и n_{248} и n_{249} и n_{250} и n_{251} и n_{252} и n_{253} и n_{254} и n_{255} и n_{256} и n_{257} и n_{258} и n_{259} и n_{260} и n_{261} и n_{262} и n_{263} и n_{264} и n_{265} и n_{266} и n_{267} и n_{268} и n_{269} и n_{270} и n_{271} и n_{272} и n_{273} и n_{274} и n_{275} и n_{276} и n_{277} и n_{278} и n_{279} и n_{280} и n_{281} и n_{282} и n_{283} и n_{284} и n_{285} и n_{286} и n_{287} и n_{288} и n_{289} и n_{290} и n_{291} и n_{292} и n_{293} и n_{294} и n_{295} и n_{296} и n_{297} и n_{298} и n_{299} и n_{300} и n_{301} и n_{302} и n_{303} и n_{304} и n_{305} и n_{306} и n_{307} и n_{308} и n_{309} и n_{310} и n_{311} и n_{312} и n_{313} и n_{314} и n_{315} и n_{316} и n_{317} и n_{318} и n_{319} и n_{320} и n_{321} и n_{322} и n_{323} и n_{324} и n_{325} и n_{326} и n_{327} и n_{328} и n_{329} и n_{330} и n_{331} и n_{332} и n_{333} и n_{334} и n_{335} и n_{336} и n_{337} и n_{338} и n_{339} и n_{340} и n_{341} и n_{342} и n_{343} и n_{344} и n_{345} и n_{346} и n_{347} и n_{348} и n_{349} и n_{350} и n_{351} и n_{352} и n_{353} и n_{354} и n_{355} и n_{356} и n_{357} и n_{358} и n_{359} и n_{360} и n_{361} и n_{362} и n_{363} и n_{364} и n_{365} и n_{366} и n_{367} и n_{368} и n_{369} и n_{370} и n_{371} и n_{372} и n_{373} и n_{374} и n_{375} и n_{376} и n_{377} и n_{378} и n_{379} и n_{380} и n_{381} и n_{382} и n_{383} и n_{384} и n_{385} и n_{386} и n_{387} и n_{388} и n_{389} и n_{390} и n_{391} и n_{392} и n_{393} и n_{394} и n_{395} и n_{396} и n_{397} и n_{398} и n_{399} и n_{400} и n_{401} и n_{402} и n_{403} и n_{404} и n_{405} и n_{406} и n_{407} и n_{408} и n_{409} и n_{410} и n_{411} и n_{412} и n_{413} и n_{414} и n_{415} и n_{416} и n_{417} и n_{418} и n_{419} и n_{420} и n_{421} и n_{422} и n_{423} и n_{424} и n_{425} и n_{426} и n_{427} и n_{428} и n_{429} и n_{430} и n_{431} и n_{432} и n_{433} и n_{434} и n_{435} и n_{436} и n_{437} и n_{438} и n_{439} и n_{440} и n_{441} и n_{442} и n_{443} и n_{444} и n_{445} и n_{446} и n_{447} и n_{448} и n_{449} и n_{450} и n_{451} и n_{452} и n_{453} и n_{454} и n_{455} и n_{456} и n_{457} и n_{458} и n_{459} и n_{460} и n_{461} и n_{462} и n_{463} и n_{464} и n_{465} и n_{466} и n_{467} и n_{468} и n_{469} и n_{470} и n_{471} и n_{472} и n_{473} и n_{474} и n_{475} и n_{476} и n_{477} и n_{478} и n_{479} и n_{480} и n_{481} и n_{482} и n_{483} и n_{484} и n_{485} и n_{486} и n_{487} и n_{488} и n_{489} и n_{490} и n_{491} и n_{492} и n_{493} и n_{494} и n_{495} и n_{496} и n_{497} и n_{498} и n_{499} и n_{500} и n_{501} и n_{502} и n_{503} и n_{504} и n_{505} и n_{506} и n_{507} и n_{508} и n_{509} и n_{510} и n_{511} и n_{512} и n_{513} и n_{514} и n_{515} и n_{516} и n_{517} и n_{518} и n_{519} и n_{520} и n_{521} и n_{522} и n_{523} и n_{524} и n_{525} и n_{526} и n_{527} и n_{528} и n_{529} и n_{530} и n_{531} и n_{532} и n_{533} и n_{534} и n_{535} и n_{536} и n_{537} и n_{538} и n_{539} и n_{540} и n_{541} и n_{542} и n_{543} и n_{544} и n_{545} и n_{546} и n_{547} и n_{548} и n_{549} и n_{550} и n_{551} и n_{552} и n_{553} и n_{554} и n_{555} и n_{556} и n_{557} и n_{558} и n_{559} и n_{560} и n_{561} и n_{562} и n_{563} и n_{564} и n_{565} и n_{566} и n_{567} и n_{568} и n_{569} и n_{570} и n_{571} и n_{572} и n_{573} и n_{574} и n_{575} и n_{576} и n_{577} и n_{578} и n_{579} и n_{580} и n_{581} и n_{582} и n_{583} и n_{584} и n_{585} и n_{586} и n_{587} и n_{588} и n_{589} и n_{590} и n_{591} и n_{592} и n_{593} и n_{594} и n_{595} и n_{596} и n_{597} и n_{598} и n_{599} и n_{600} и n_{601} и n_{602} и n_{603} и n_{604} и n_{605} и n_{606} и n_{607} и n_{608} и n_{609} и n_{610} и n_{611} и n_{612} и n_{613} и n_{614} и n_{615} и n_{616} и n_{617} и n_{618} и n_{619} и n_{620} и n_{621} и n_{622} и n_{623} и n_{624} и n_{625} и n_{626} и n_{627} и n_{628} и n_{629} и n_{630} и n_{631} и n_{632} и n_{633} и n_{634} и n_{635} и n_{636} и n_{637} и n_{638} и n_{639} и n_{640} и n_{641} и n_{642} и n_{643} и n_{644} и n_{645} и n_{646} и n_{647} и n_{648} и n_{649} и n_{650} и n_{651} и n_{652} и n_{653} и n_{654} и n_{655} и n_{656} и n_{657} и n_{658} и n_{659} и n_{660} и n_{661} и n_{662} и n_{663} и n_{664} и n_{665} и n_{666} и n_{667} и n_{668} и n_{669} и n_{670} и n_{671} и n_{672} и n_{673} и n_{674} и n_{675} и n_{676} и n_{677} и n_{678} и n_{679} и n_{680} и n_{681} и n_{682} и n_{683} и n_{684} и n_{685} и n_{686} и n_{687} и n_{688} и n_{689} и n_{690} и n_{691} и n_{692} и n_{693} и n_{694} и n_{695} и n_{696} и n_{697} и n_{698} и n_{699} и n_{700} и n_{701} и n_{702} и n_{703} и n_{704} и n_{705} и n_{706} и n_{707} и n_{708} и n_{709} и n_{710} и n_{711} и n_{712} и n_{713} и n_{714} и n_{715} и n_{716} и n_{717} и n_{718} и n_{719} и n_{720} и n_{721} и n_{722} и n_{723} и n_{724} и n_{725} и n_{726} и n_{727} и n_{728} и n_{729} и n_{730} и n_{731} и n_{732} и n_{733} и n_{734} и n_{735} и n_{736} и n_{737} и n_{738} и n_{739} и n_{740} и n_{741} и n_{742} и n_{743} и n_{744} и n_{745} и n_{746} и n_{747} и n_{748} и n_{749} и n_{750} и n_{751} и n_{752} и n_{753} и n_{754} и n_{755} и n_{756} и n_{757} и n_{758} и n_{759} и n_{760} и n_{761} и n_{762} и n_{763} и n_{764} и n_{765} и n_{766} и n_{767} и n_{768} и n_{769} и n_{770} и n_{771} и n_{772} и n_{773} и n_{774} и n_{775} и n_{776} и n_{777} и n_{778} и n_{779} и n_{780} и n_{781} и n_{782} и n_{783} и n_{784} и n_{785} и n_{786} и n_{787} и n_{788} и n_{789} и n_{790} и n_{791} и n_{792} и n_{793} и n_{794} и n_{795} и n_{796} и n_{797} и n_{798} и n_{799} и n_{800} и n_{801} и n_{802} и n_{803} и n_{804} и n_{805} и n_{806} и n_{807} и n_{808} и n_{809} и n_{810} и n_{811} и n_{812} и n_{813} и n_{814} и n_{815} и n_{816} и n_{817} и n_{818} и n_{819} и n_{820} и n_{821} и n_{822} и n_{823} и n_{824} и n_{825} и n_{826} и n_{827} и n_{828} и n_{829} и n_{830} и n_{831} и n_{832} и n_{833} и n_{834} и n_{835} и n_{836} и n_{837} и n_{838} и n_{839} и n_{840} и n_{841} и n_{842} и n_{843} и n_{844} и n_{845} и n_{846} и n_{847} и n_{848} и n_{849} и n_{850} и n_{851} и n_{852} и n_{853} и n_{854} и n_{855} и n_{856} и n_{857} и n_{858} и n_{859} и n_{860} и n_{861} и n_{862} и n_{863} и n_{864} и n_{865} и n_{866} и n_{867} и n_{868} и n_{869} и n_{870} и n_{871} и n_{872} и n_{873} и n_{874} и n_{875} и n_{876} и n_{877} и n_{878} и n_{879} и n_{880} и n_{881} и n_{882} и n_{883} и n_{884} и n_{885} и n_{886} и n_{887} и n_{888} и n_{889} и n_{890} и n_{891} и n_{892} и n_{893} и n_{894} и n_{895} и n_{896} и n_{897} и n_{898} и n_{899} и n_{900} и n_{901} и n_{902} и n_{903} и n_{904} и n_{905} и n_{906} и n_{907} и n_{908} и n_{909} и n_{910} и n_{911} и n_{912} и n_{913} и n_{914} и n_{915} и n_{916} и n_{917} и n_{918} и n_{919} и n_{920} и n_{921} и n_{922} и n_{923} и n_{924} и n_{925} и n_{926} и n_{927} и n_{928} и n_{929} и n_{930} и n_{931} и n_{932} и n_{933} и n_{934} и n_{935} и n_{936} и n_{937} и n_{938} и n_{939} и n_{940} и n_{941} и n_{942} и n_{943} и n_{944} и n_{945} и n_{946} и n_{947} и n_{948} и n_{949} и n_{950} и n_{951} и n_{952} и n_{953} и n_{954} и n_{955} и n_{956} и n_{957} и n_{958} и n_{959} и n_{960} и n_{961} и n_{962} и n_{963} и n_{964} и n_{965} и n_{966} и n_{967} и n_{968} и n_{969} и n_{970} и n_{971} и n_{972} и n_{973} и n_{974} и n_{975} и n_{976} и n_{977} и n_{978} и n_{979} и n_{980} и n_{981} и n_{982} и n_{983} и n_{984} и n_{985} и $n_{986}</$



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:

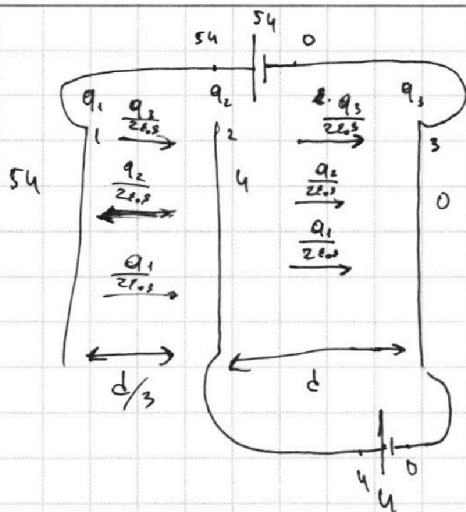
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



3.



$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 0$$

$$1) \Delta \varphi_{23} = U \quad U = E_{\Sigma} d$$

$$E_{\Sigma} = \frac{U}{d}$$

$$F = E_{\Sigma} q \quad F = m a$$

$$a = \frac{E_{\Sigma} q}{m} \quad a = \frac{F}{m}$$

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

$$U = E_{\Sigma} d \rightarrow E_{\Sigma} = \frac{U}{d}$$

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

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

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

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

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

$$3) \varphi_2 - \varphi_1 = E_{\Sigma} \cdot \frac{3}{4} d = \frac{3}{4} U$$

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

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

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

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

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

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

$$\frac{q_3 + q_1 - q_2}{2 \epsilon_0} = \frac{10 q}{d}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$



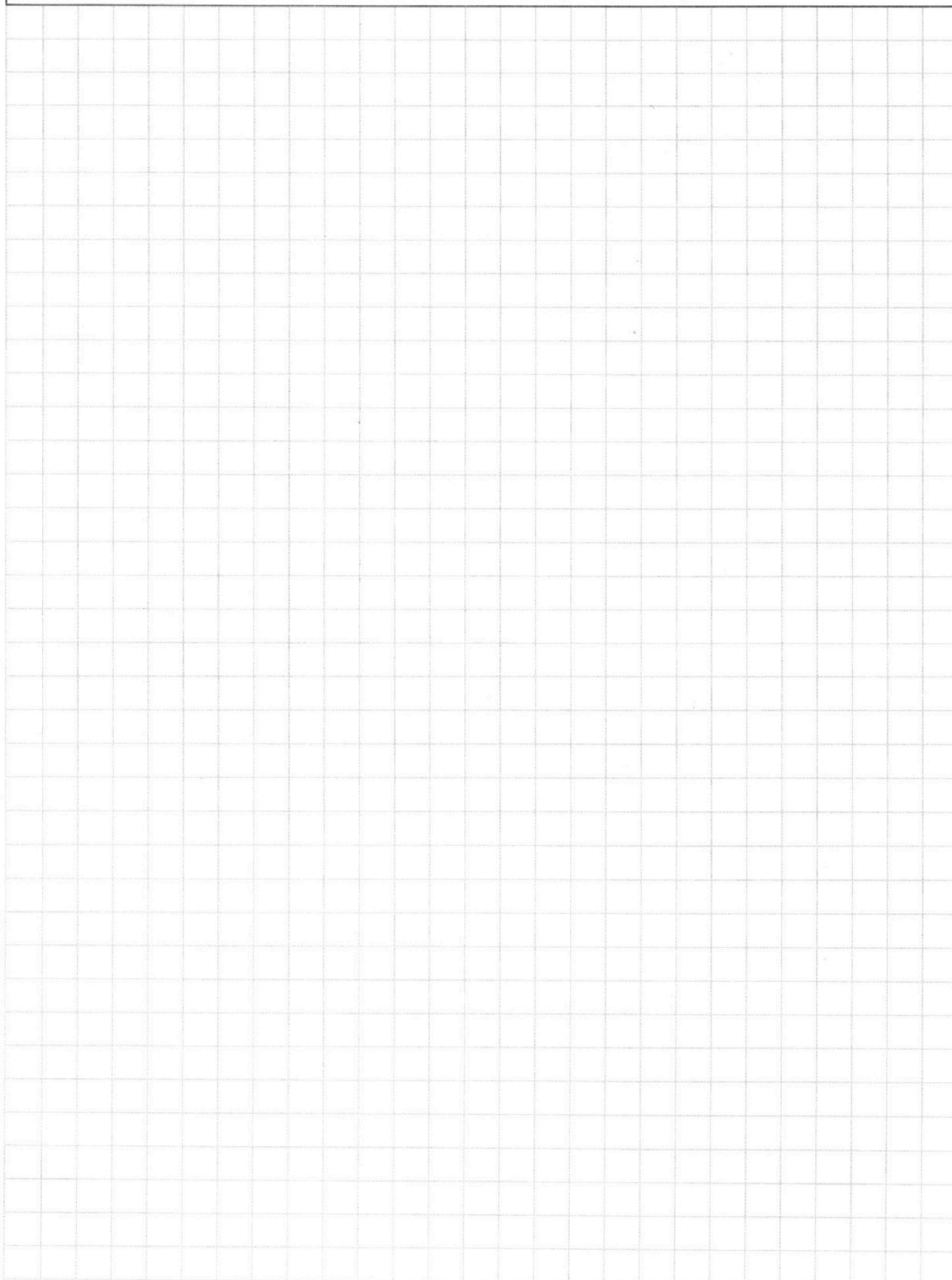
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



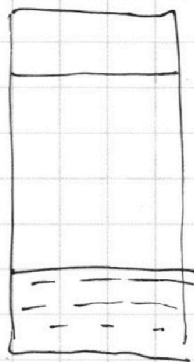
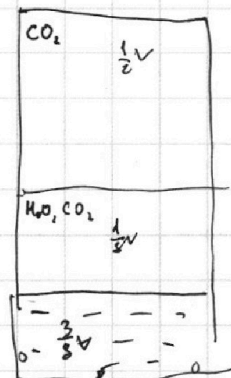
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 $\frac{P_0 V}{8} = \nu_B$

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

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

$\frac{P_{B1} \cdot 8V}{2} = \nu_B R T_0$

$P_{B1} = P_{H1}$

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

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

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

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

$\nu_B = 2 \nu_H$

2) внизу $P_{Atm} + P_{H2} = P_{C2}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$k \alpha = 1,8$

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

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

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

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

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

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



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

$v = 20$

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

$v_k = 30 \text{ м/с}$

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

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

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

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

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

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

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

$= 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт}$

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

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

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

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

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

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

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

то есть 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:

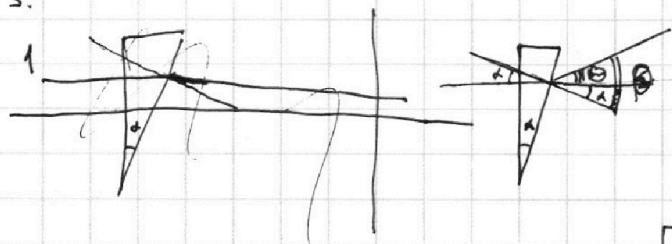
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



5.



1/

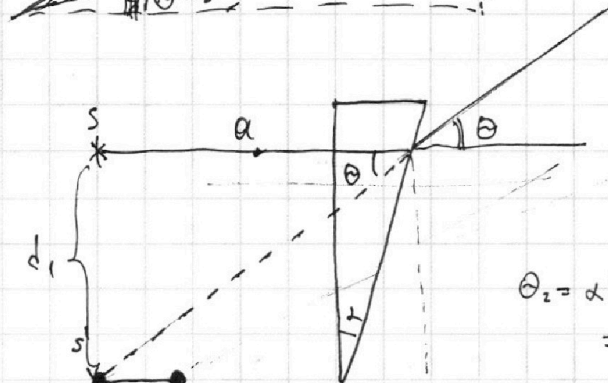
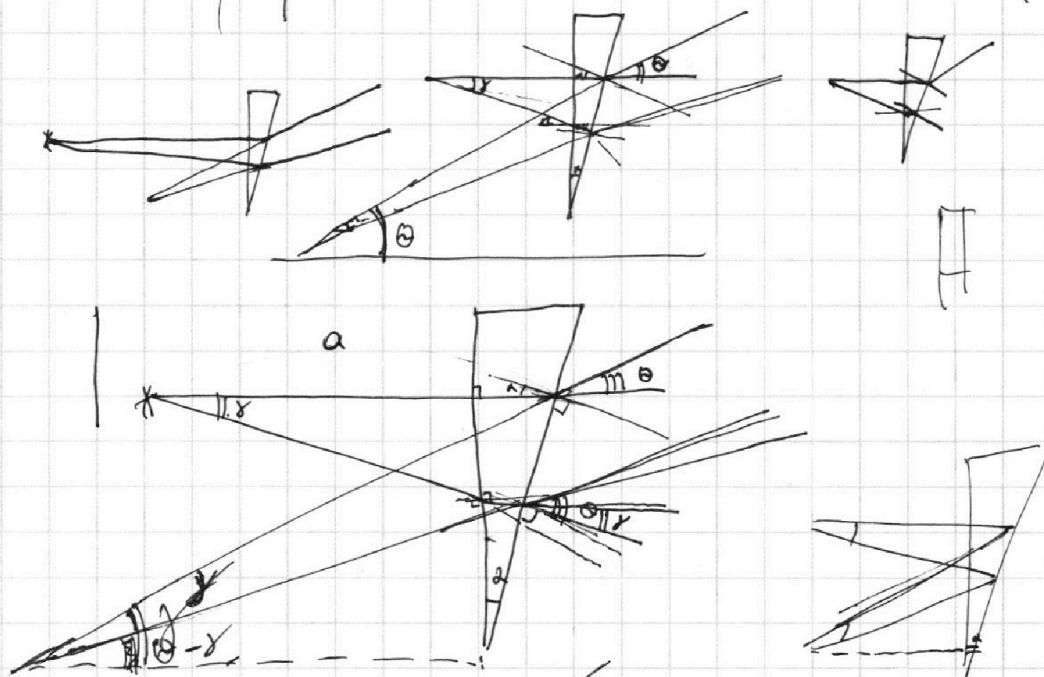
$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \beta$$

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

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

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

2/

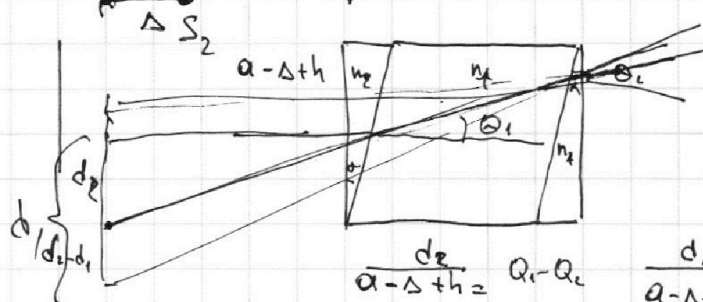


$$\frac{d}{a} = \tan \Theta \approx \Theta$$

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

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

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



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

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

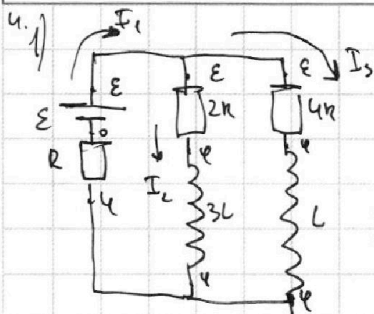
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

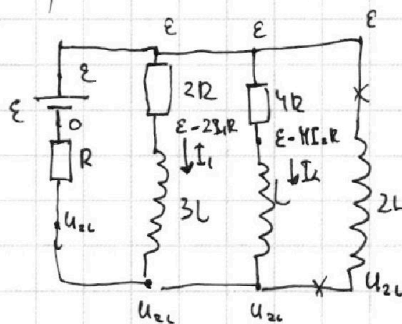


$$\frac{\varphi}{R} = \frac{\varepsilon - \varphi}{2R} + \frac{\varepsilon - \varphi}{4R}; \quad \varphi = \frac{\varepsilon - \varphi}{2} + \frac{\varepsilon - \varphi}{4} \Rightarrow 4\varphi = 2\varepsilon - 2\varphi + \varepsilon - \varphi$$

$$I_{L1} = \frac{\varepsilon - \frac{3}{4}\varepsilon}{4R} = \frac{\frac{1}{4}\varepsilon}{4R} = \frac{\varepsilon}{16R}$$

$$\rightarrow 4\varphi = 3\varepsilon \rightarrow \varphi = \frac{3}{4}\varepsilon$$

2) сразу после замыкания



$$I_L = \frac{\varepsilon}{7R}; \quad I_1 = \frac{2\varepsilon}{7R}$$

$$U_{2L} = \frac{\varepsilon - \varepsilon + 2I_1 R}{2R}$$

короче в цепи ничего не перемещалось

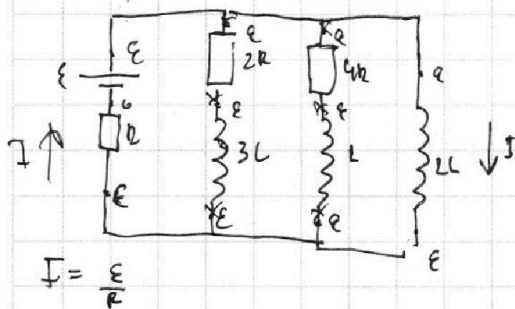
тогда $\varphi = U_{2L}$

$$U_{2L} = \varepsilon - \varphi = \frac{4}{7}\varepsilon \quad U_{2L} = LI$$

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

3) Установившееся состояние

принятый момент времени



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

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

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

принимая во внимание что 0 < t < ∞

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

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

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