



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

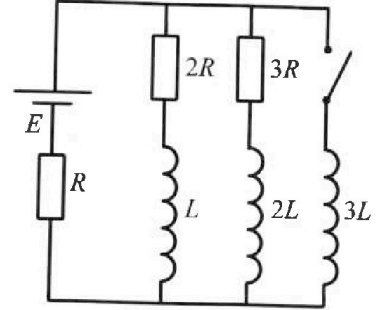


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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

- 1) Найти ток  $I_0$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  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  $n_в = 1,0$ . Точечный источник света S расположен на расстоянии  $a = 194$  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  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

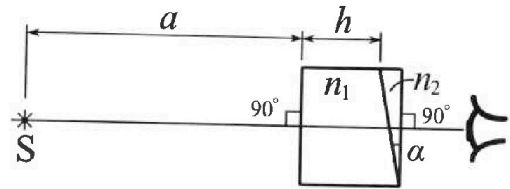


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_в = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_в = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



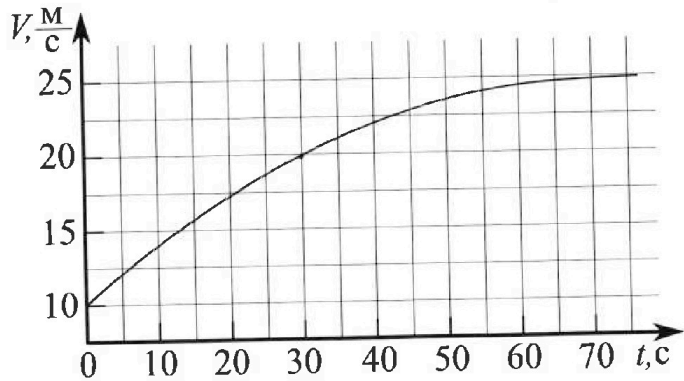
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01



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

1. Автомобиль массой  $m = 1800$  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  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.
- 2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
- 3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

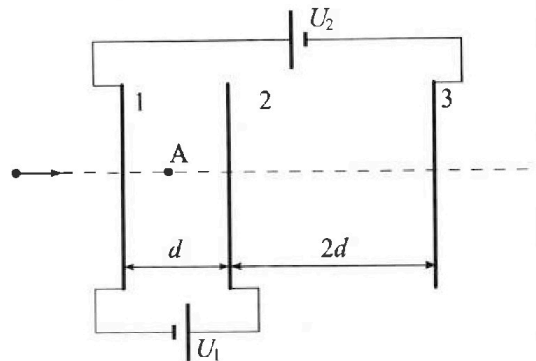
Требуемая точность в численном ответе на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 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  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 5T_0/4 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpv$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·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  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . 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  $d/3$  от сетки 1.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

Дано:  $m = 1800 \text{ кг}$   
 $F_k = 500 \text{ Н}$   
 $F_c = k v$   
 $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $a_1 = ?$   
 $F_1 = ?$   
 $P_1 = ?$

Пусть  $F$  — <sup>сила</sup> марка автомобиля в некоторый момент,  
 $F_c$  — сила сопротивления, тогда по II закону Ньютона: (в проекции на горизонтальную ось, сонаправленно ~~вектору~~ вектору скорости):  
 $F - F_c = m a$ , где  $a$  — ускорение в этот момент

Заметим, что т.к.  $a = \dot{v}$ , то  $a$  — по тангенсу угла наклона касательной к графику  $v(t)$  является ускорением т.к. в конце разгона касательная ~~горизонтальна~~ параллельна оси  $ot$ , т.е.  $a_k = 0$ , то ~~из~~  $v_k \approx 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  из графика, тогда:

$$F_k - F_{ck} = m a_k \Leftrightarrow F_k - k v_k = 0, \text{ из условия } k = \text{const},$$

$$\text{т.е. } k = \frac{F_k}{v_k} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}.$$

1) Для нахождения ускорения в точке  $V_1$  найдем тангенс наклона касательной в этой точке:  $\tan \alpha_1 \approx \frac{1}{2}$ , тогда с учетом масштаба графика искомое:  $a_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2)  $F_1 - F_{c1} = m a_1$ ;  $F_1 = m a_1 + k v_1 = 1800 \cdot 1 + 20 \cdot 20 = 2200 \text{ Н}$   
 (из доказанного ранее)

3) Пусть  $P_1$  — мощность в момент  $t_1$ :  $P_1 = \frac{dA}{dt} = \frac{F_1 ds_1}{dt} = F_1 a_1$  —

пусть  $A$  — работа ~~или~~ силы тяги автомобиля, тогда ~~в~~ в малый промежуток  $i$ :  $dA = F_1 ds_1$ , где  $ds_1$  — смещение за этот промежуток (силу тут можно считать const за малый промежуток), т.к. ~~из~~  $\frac{ds_1}{dt} = dv_1 = a_1$ , то получаем

формульную формулу, откуда  $P_1 = F_1 \cdot a_1 = 2200 \cdot 1 = 2200 \text{ Вт}$

Ответ:  $a_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;  $F_1 = 2200 \text{ Н}$ ;  $P_1 = 2200 \text{ Вт}$

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"/>	<input 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!

(стр. 2.)

И-по  $P - P_{\text{CO}_2} = P_{\text{атм}}$ , т.к. давление в смеси складывается,  
а давление насыщенного водяного пара при  $T = 373\text{K}$  равно  $P_{\text{атм}}$

Отсюда  $P_{\text{атм}} = \frac{25}{2} \frac{\nu R T_0}{V} \Rightarrow - \frac{45}{11} \frac{\nu R T_0}{V} = \frac{185}{22} \frac{\nu R T_0}{V}$ , т.к.  $P_0 = 4 \frac{\nu R T_0}{V}$ , то

$$P_0 = \frac{23}{185} P_{\text{атм}} \cdot 4 = \frac{88}{185} P_{\text{атм}}$$

Ответ: 1)  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$ ; 2)  $P_0 = \frac{88}{185} P_{\text{атм}}$



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!

(стр. 1.)

Дано:

$$T = \frac{5}{4} T_0 = 375 \text{ K}$$

$$k \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}$$

$$\begin{array}{|l} \frac{V}{2}; T_0; V_1 \\ \hline \frac{V}{4}; T_0; V_2, P_0 \\ \hline \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \end{array}$$

корпус

$$\begin{array}{|l} \frac{V}{5}; T; V_1; P \\ \hline \frac{3}{20} V; T; P; V_2 \\ \hline \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \\ \hline \frac{V}{4} \text{ H}_2\text{O} \end{array}$$

В начальный момент времени в воде было растворено некоторое количество углекислого газа  $\Delta V$ , и из равновесия при тем-ре  $T$ , кол-во растворённого в-ва равно нулю.

По закону термодинамики:  $PV = \nu RT$ , и т.к. корпус теплопроводящий, то можно записать для начальных состояний углекислого газа (водородные парами пренебрегаем):

$$\begin{cases} P_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 RT_0 \\ P_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 RT_0 \end{cases}, \text{ где } \nu_1 - \text{кол-во в-ва в верхней части} \\ \nu_2 - \text{кол-во в-ва в нижней части}$$

1) поделим уравнения друг на друга:  $\frac{P_0 \cdot \frac{V}{2}}{P_0 \cdot \frac{V}{4}} = \frac{\nu_1 RT_0}{\nu_2 RT_0} \Leftrightarrow \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$

2) Пусть в верхней части  $\nu_1 = 2\nu$ , тогда  $\nu_2 = \nu$ , а искомое

$$P_0 = \frac{2\nu RT_0}{\frac{V}{2}} = 4 \frac{\nu RT_0}{V}. \text{ Когда установившееся давление}$$

в верхней части после нагревания, т.к. корпус герметичен:

$$P = \frac{2\nu RT}{\frac{V}{3}} = 2 \cdot \frac{5}{4} \cdot 4 \frac{\nu RT_0}{V} = \frac{25}{2} \frac{\nu RT_0}{V}. \text{ Так, весь растворённый угле-}$$

кислый газ в воде больше не растворяется, но он перейдёт в газоподобное состояние, найдём  $\Delta V$  по закону Терри:

$$\Delta V = k P_0 \omega = k \cdot \frac{4\nu RT_0}{V} \cdot \frac{V}{4} = k \cdot \nu RT_0$$

$$\Delta V = k \nu RT_0 = \frac{4}{3} k \nu RT \approx \frac{4}{3} \nu \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \approx 4 \nu \text{ моль}$$

Когда давление углекислого газа в нижней части (объём замкнутый) газом после нагрева  $V_r = V - \frac{V}{3} - \frac{V}{4} = \frac{11}{20} V$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{(V + \Delta V) RT}{\frac{11}{20} V} = \frac{20 \cdot \frac{5}{4} \cdot (1 + \frac{1}{3})}{11} \frac{\nu RT_0}{V} = \frac{45}{11} \frac{\nu RT_0}{V}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

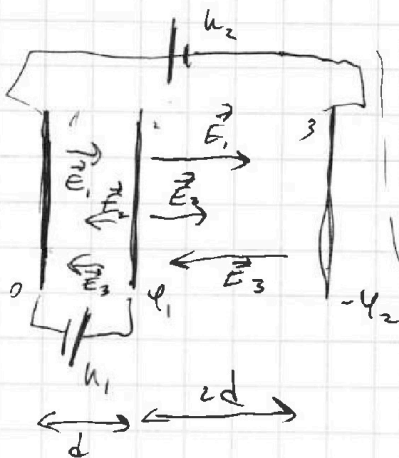
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

(стр. 1)

Дано:  
 $d; k_1, k_2;$   
 $V_0, m$   
 $u_2 = qk_1; u_1 = u$   
 1)  $a = ?$   
 2)  $k_1 - k_2 = ?$   
 3)  $v = ?$



Так как размеры сеток много больше  $d$ , то напряженности можно считать постоянными

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, \text{ т.к. поле однородно}$$

Вблизи пластин поле между пластинами равно 0, пластины 2 равен  $\varphi_2$  и пластины 3 равен  $-\varphi_2$

Итого:

$$\begin{cases} \varphi_1 - 0 = u_1 \\ 0 - (-\varphi_2) = u_2 \\ G_1 + G_2 + G_3 = 0 \\ E_1 - E_3 - E_2 = \frac{\varphi_1 - 0}{d} \\ E_2 + E_1 - E_3 = \frac{-\varphi_2 - \varphi_1}{2d} \end{cases}; \begin{cases} \varphi_1 = u \\ \varphi_2 = qk_1 \\ E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ 2(E_1 - E_3) = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2d} \\ -2E_2 = \frac{3\varphi_1 + \varphi_2}{2d} \end{cases}$$

$$\text{сл-но } \begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ E_2 = -\frac{7}{4} \frac{u}{d} \\ E_1 - E_3 = -\frac{3}{4} \frac{u}{d} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} E_1 = \frac{u}{2d} \\ E_2 = -\frac{7}{4} \frac{u}{d} \\ E_3 = \frac{5}{4} \frac{u}{d} \end{cases}$$

1) По II закону Ньютона  $F_{nk} = ma$ , где по закону Кулона:

$$F_{nk} = E_{nk} q, \text{ т.е. } a = \frac{E_{nk} q}{m} = \frac{(E_1 - E_2 - E_3) q}{m} = \frac{qk}{dm}$$

2) т.к.  $k_1$  и  $k_2$  - кон. энергии разности, то сл-но  $k_1 - k_2 = A$ , где  $A$  - работа электрического поля

$$A = \Delta\varphi q = -u_1 q = -u q, \text{ т.е. } k_1 - k_2 = u q$$

3) По теореме изменения кинетической энергии:  $\frac{v_0^2 m}{2} = A_3 + \frac{v^2 m}{2}$ , где  $v$  - исконое, а  $A_3$  - работа над зарядом

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

(comp.2)

$$A = \frac{d\varphi}{dz} = -g \left( \epsilon_1 \frac{d}{3} - \epsilon_2 \cdot \frac{2d}{3} - \epsilon_3 \left( 2d + \frac{2d}{3} \right) \right) = -g \left( \frac{2}{12}k + \frac{11}{12}k - \frac{40}{12}k \right) =$$
$$= -g(-2k) = 2gk, \quad m = 10$$

$$\frac{V_0^2 m}{2} = 2gk + \frac{v^2 m}{2}, \quad v^2 = V_0^2 - \frac{4gk}{m}, \quad \text{откуда получаем}$$

$$v = \sqrt{V_0^2 - \frac{4gk}{m}}$$

~~Ответ:~~ Ответ: 1)  $k = \frac{gk}{d m}$ ; 2)  $k_1 - k_2 = -kg$ ; 3)  $v = \sqrt{V_0^2 - \frac{4gk}{m}}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

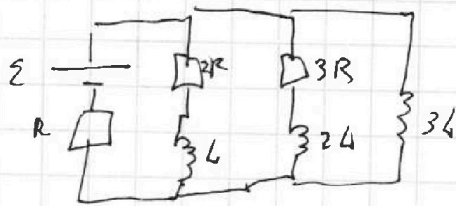


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновком и не проверяется. Печать QR-кода недопустима!



(смр. 1)

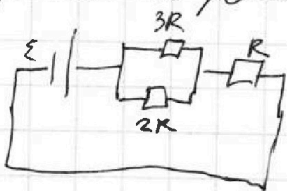
Дано:  
 $\mathcal{E}; R; L$   
 $I_{10} = ?$   
 2)  $i_{3L} = ?$   
 3)  $q_2 = ?$



В установившемся до замыкания ключа, то будет постоянная и и по напряжению

на катушках нулевое, значит можно

перерисовать равносильную схему: (по св-ва посл. и парал. соединений)



$$\text{Общий ток } I = \frac{\mathcal{E}}{R_0} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R} + R} = \frac{5}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

где  $R_0$  - общее сопротивление цепи

тогда, по св-вам последовательного и параллельного соединений: (где  $I_3$  - ток через резистор  $3R$ )

$$1) \begin{cases} 3RI_3 = 2RI_{10} \\ I_3 + I_{10} = I \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_3 = \frac{2}{3} I_{10} \\ I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_3 = \frac{2}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} \\ I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} \end{cases}$$

2) и по закону после замыкания ключа

ток через катушку  $3L$  не поменяется, а ~~ток~~  $i_1$  напряжение

$$U_{3L} = -\mathcal{E}_{is} = \dot{I}_{3L} L, \text{ так по св-вам параллельного соедине-}$$

ния:  $U_{3L} = \mathcal{E} - IR$ , т.к. общий ток сразу после замыка-  
 ния не изменится из-за ~~индукции~~ индукции катушек

$$\text{и по } \dot{I}_{3L} = \frac{\mathcal{E} - IR}{L} = \frac{\mathcal{E} - \frac{5}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} R}{L} = \frac{6}{11} \frac{\mathcal{E}}{RL}$$

3) по правилу Фурье (где  $I_2$  - ток через  $2R$ ,  $I_3$  ток через  $3R$ ,  
 $I_L$  - ток через  $3L$  в первый момент времени):

$$\mathcal{E} - (I_2 + I_3 + I_L)R = \frac{dI_2}{dt} L + I_2 \cdot 2R = \frac{dI_3}{dt} \cdot 2L + 3R \cdot I_3 = \frac{dI_L}{dt} \cdot 3L$$

Короче говоря откуда:



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 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!

(Упр 2)

$$\begin{cases} \varepsilon \Delta t - (I_2 \Delta t + I_3 \Delta t + I_6 \Delta t) R = dI_2 \cdot L + I_2 \Delta t \cdot 2R - dI_3 \cdot 2L + 3R \cdot I_3 \Delta t \\ \varepsilon \Delta t - (I_2 \Delta t + I_3 \Delta t + I_6 \Delta t) R = \frac{dI_6}{dt} \cdot 3L \end{cases}$$

после замыкания ключа установившемся состоянии ток, но напряжение в каждом из них 0, а не

через  $2R$  и  $3R$  ток угнетен, а ток в цепи будет

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R}, \text{ а не } 0: \int_0^{\uparrow} I_2 dt = q_2; \int_0^{\uparrow} I_3 dt = q_3; \int_0^{\uparrow} I_6 dt = q_1;$$

$$\int_0^{\uparrow} \varepsilon \Delta t = \varepsilon \tau; \int_0^{\uparrow} dI_2 L = -I_0 L; \int_0^{\uparrow} dI_3 L = -\frac{2}{3} I_0 L$$

$$\int_0^{\uparrow} dI_6 = I_0, \text{ тогда:}$$

$$\begin{cases} \varepsilon \tau - q_2 R - q_3 R - q_1 R = 2R \cdot q_2 - I_0 L = 3R q_3 - \frac{4}{3} I_0 L \\ \varepsilon \tau - q_1 R = 3I_0 L + q_2 R + q_3 R \end{cases}$$

$$\text{а не } 0: \begin{cases} \varepsilon \tau - q_1 R = 3R q_2 - \frac{3}{11} \frac{\varepsilon L}{R} + q_3 R \\ \varepsilon \tau - q_1 R = \frac{3\varepsilon L}{R} + q_2 R + q_3 R \end{cases}$$

тогда:

$$\frac{3\varepsilon L}{R} + q_2 R = 3R q_2 - \frac{3}{11} \frac{\varepsilon L}{R}$$

$$2R q_2 = \frac{36}{11} \frac{\varepsilon L}{R}; q_2 = \frac{18}{11} \frac{\varepsilon L}{R^2}$$

$$\text{ответ: 1) } I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\varepsilon}{R}; 2) I_{30} = \frac{6}{11} \frac{\varepsilon}{R}; 3) q_2 = \frac{18}{11} \frac{\varepsilon L}{R^2}$$

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!

1) То к.  $n_1 = n_2$ , то ~~преломля~~ ~~примизму~~ ~~и~~, свет ~~не~~ ~~изменит~~ ~~своего~~ ~~направления~~

то закону преломления (где  $\beta$  - угол преломления)

$$(\sin \alpha) n_0 = (\sin \beta) n_2$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n_2} \text{ к. м. е., к. м. е. или малые:}$$

$$\beta \approx \frac{\alpha}{n_2}$$

С-но угол падения на правую

$$\text{грань считаем: } \beta' = 180 - (90 - \alpha) - (90 + \beta) = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right)$$

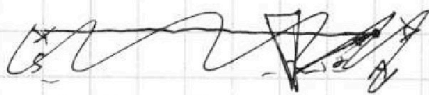
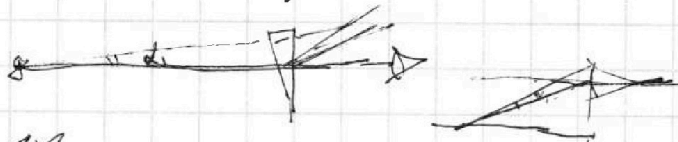
тогда нормальный  $\gamma$ :

$$(\sin \beta') n_2 = (\sin \gamma) n_0 ; \sin \gamma = (\sin \beta') n_2 \text{ к. м. е.}$$

$$\gamma \approx \beta' \cdot n_2 \approx \alpha (n_2 - 1) \approx 0,7 \alpha \approx 0,07 \text{ рад}$$

2) Рассмотрим от нормали до A:  $SA \approx a + h$

из геометрии:



$$\sin(\alpha - \alpha_1) \approx \frac{\sin \beta_1 n_2}{n_0} \text{ к. м. е.}$$

$$\frac{\alpha - \alpha_1}{n_2} \approx \frac{\beta}{n_2}$$

$$(\sin \beta_1) n_2 = (\sin \alpha_1) n_0$$

$$\beta_1 \approx \frac{\alpha_1}{n_2} \quad \gamma = \beta_1 n_2 = \alpha_1$$

$$\gamma = (\alpha - \beta) n_2 = \left(\alpha - \frac{\alpha - \alpha_1}{n_2}\right) n_2 = \alpha n_2 - \alpha + \alpha_1 = \alpha (n_2 - 1) + \alpha_1 = \delta + \alpha_1$$

то  $H = \sin \alpha (a + h)$ , из косинуса  $\angle$ :

$$\frac{L}{H + x} = \operatorname{tg}(\gamma + \alpha_1) \approx \frac{b}{s} = \operatorname{tg} \gamma$$



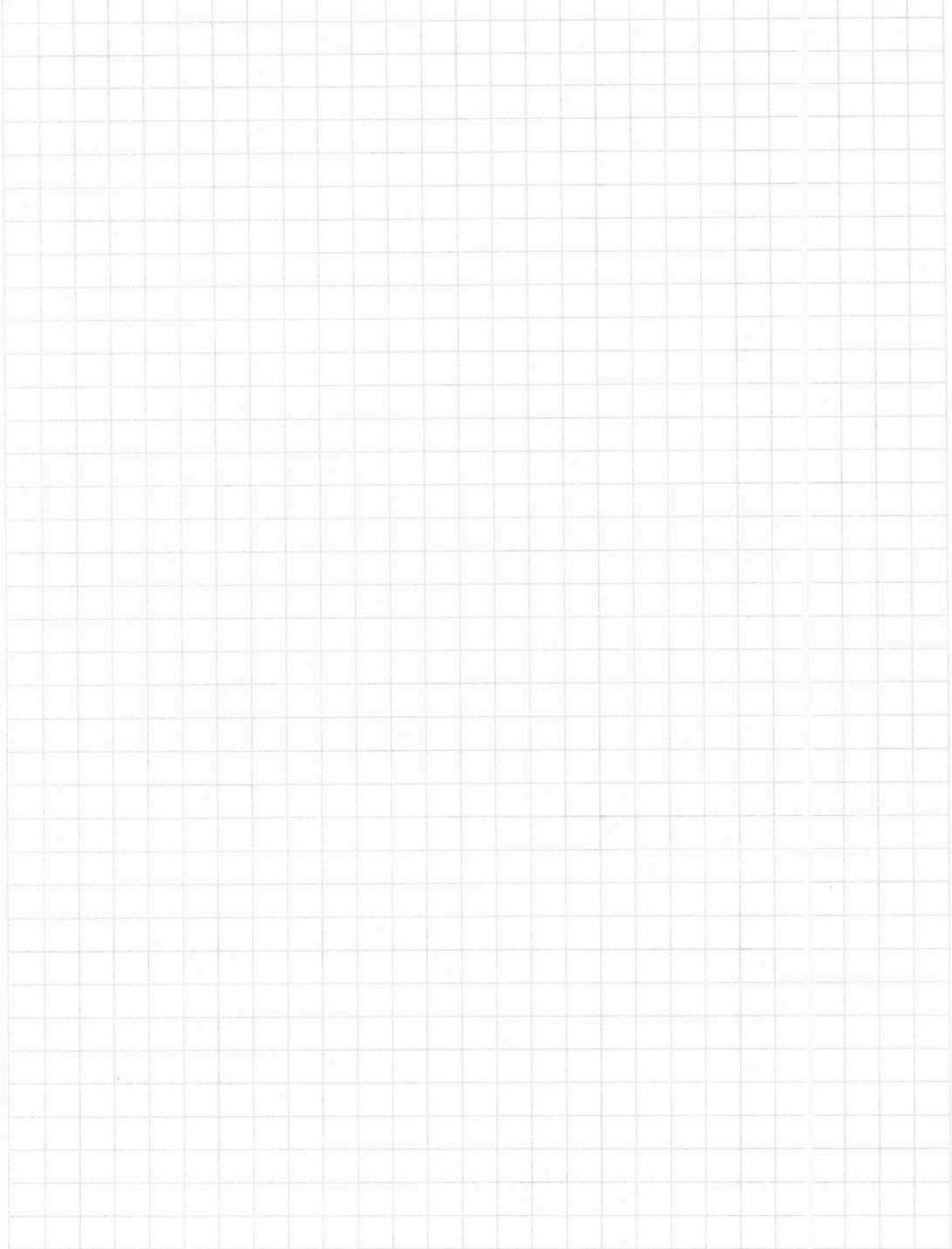
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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



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:

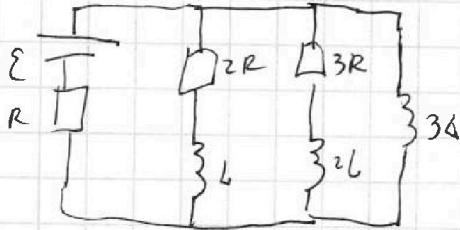
- 1  2  3  4  5  6  7



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



$$\mathcal{E} - (q_1 + q_2 + q_3)R = 2q_2 R - I_{10}L = -\frac{4}{3} I_{10}L + 3q_3 R = \frac{3\mathcal{E}L}{5R}$$



$$I = \frac{\mathcal{E}}{5R} = \frac{\mathcal{E}}{11R} = \frac{5}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

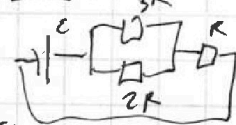
$$I_K = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$3q_2 R - I_{10}L + q_3 R = 4q_3 R + q_2 R - \frac{4}{3} I_{10}L$$

$$U_L = -\mathcal{E}_{i5} = 4IL$$

$$\frac{U_{3L}}{L} = I$$

$$2q_2 R - \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}L}{R} = \frac{3\mathcal{E}L}{R}$$



$$\begin{cases} 3RI_3 = 2RI_{10} \\ I_3 + I_{10} = \frac{5}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} \end{cases}$$

$$U_{i3} = \mathcal{E} - IR = \frac{6}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$I = \frac{6\mathcal{E}}{11RL}$$

$$\begin{cases} I_3 = \frac{2}{3} I_{10} \\ \frac{5}{3} I_{10} = \frac{5}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} \end{cases}$$

$$I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\mathcal{E} - IR = U_L + 2I_2 R = U_{2L} + 3I_3 R = U_{3L}$$

$$U_L = I^2 R = \frac{dI}{dt} L \Rightarrow \mathcal{E} - (I_2 + I_3 + I_L)R = L \frac{dI}{dt} + 2I_2 R = L \frac{dI_3}{dt} + 3I_3 R = L \frac{dI_L}{dt}$$

$$\mathcal{E} dt - (I_2 + I_3 + I_L)R dt = L dI_2 + 2I_3 dt R = L dI_3 + 3I_3 dt R = 3L dI_L$$

$$\frac{I^2 L}{2}$$

$$I^2 R t$$

$$L dI_3 + 3I_3 dt R = 3L dI_L$$

$$R I_2 dt = \frac{3\mathcal{E}^2 L}{2R^2} - \left( \frac{\mathcal{E}^2 L}{2R} \right) = \frac{3}{2} \frac{\mathcal{E}^2 L}{R}$$

$$\frac{dU}{dt} = I^2 R = \frac{dI}{dt} L$$

$$\left( \frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} \right)^2 \frac{L}{2} - \left( \frac{2}{11} \frac{\mathcal{E}}{R} \right)^2 \frac{L}{2} = \left( \frac{3}{2} - \frac{9}{121 \cdot 2} - \frac{8}{121 \cdot 2} \right) \frac{\mathcal{E}^2 L}{2}$$

$$\mathcal{E} - (q_1 + q_2 + q_3)R = -I_{10}L + 2q_3 R = \frac{3\mathcal{E}L}{5R} - \frac{17}{242} \frac{\mathcal{E}L}{R} = \frac{346}{242} - \frac{173}{121} \frac{\mathcal{E}L}{R}$$

$$53 - 7 = 50 - 4 = 46$$



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!



$$F_c = kv$$

$$F_k = 25k$$

$$500 = 25 \cdot k$$

$$k = \frac{1000}{5} = 20$$

$$tg \alpha_1 = \frac{1}{2}$$

$$a = \dot{v} = \frac{d^2x}{dt^2}$$



$$v = 2t$$

$$\dot{v} = 2$$

$$A = F \cdot l = m \cdot a \cdot l = \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{kg \cdot \frac{m}{c} \cdot m}{c \cdot c \cdot c} \quad \left( \frac{kg \cdot m}{c} \cdot \frac{m}{c^2} \right)$$

$$kg \cdot \frac{m}{c^2} \cdot m$$

$$kg \cdot \frac{m \cdot m}{c^2}$$

$$a \approx 1 \frac{m}{c^2}$$

$$P = \frac{dA}{dt} = \dots = 1800 \text{ W}$$

$$F_T - F_c = ma$$

$$P = \frac{dA}{dt} = F \frac{dl}{dt} = F v = F a$$

$$F_T = F_c + ma = 20k + ma = 20 \cdot 20 + 1800 \cdot 1 = 2200 \text{ H}$$

$\int_{z_1}^{z_2}$

$$T_0 = \frac{4}{5} T = \frac{373 \cdot 4}{5} \text{ K} = 80^\circ \text{C}$$

$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ K} = 100^\circ \text{C} \quad RT_0 = \frac{4}{5} RT$$

$\frac{V}{2} T_0$
$CO_2$
$\frac{V}{2} T_0$

$\frac{V}{2} CO_2$
$\frac{V}{4} CO_2$
$\frac{V}{4} H_2O$

$$\frac{25}{2} - \frac{45}{11} = \frac{275 - 90}{22} = \frac{185}{22}$$

$$RTk = 1 \dots$$

$$kRT_0 = \frac{4}{3}$$

$\frac{V}{5} CO_2$
$\frac{4V}{5}$

$$\frac{4V}{9} - \frac{V}{4} = \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{4} \right) V =$$

$$\left( \frac{16 - 5}{20} \right) \frac{V}{20}$$

$$\Delta V = k p w$$

$$k = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3}$$

$$RT = 3 \cdot 10^3$$

$$p = \frac{5VRT_0}{V} = p_{atm}$$

$$PV = \nu RT$$

$$P = \frac{\nu RT}{V}$$

$$p = \frac{4 \nu RT_0}{V} = 4 \cdot \frac{p_{atm}}{3}$$

$$\Delta V = k p \cdot \frac{V}{4} = \dots$$

$$\Delta V = k p \cdot \frac{V}{4} = \dots$$

$$\frac{2V}{V}$$

$$\frac{2 \nu RT_0}{\frac{V}{2}} = \frac{\nu RT_0}{\frac{V}{4}}$$

$$P = \frac{2 \nu RT}{\frac{V}{5}} = 2 \cdot \frac{5}{4} \cdot 5 \cdot \frac{\nu RT_0}{V} = \frac{25}{2} \frac{\nu RT_0}{V} = 12.5 \frac{\nu RT_0}{V}$$

$$P = \frac{25}{9} \frac{\nu RT_0}{V} - \frac{25}{9} \frac{\nu RT_0}{V} \quad P = \frac{25}{9} \frac{\nu RT_0}{V}$$

$$P_{0V} = \frac{25}{9} \frac{k \nu RT_0 \cdot RT_0}{V} = \frac{25}{9} \frac{k \nu RT_0 \cdot RT_0}{V} = \frac{4}{5} \cdot \frac{25}{5} \cdot \frac{\nu RT_0}{V} = \frac{20}{9} \frac{\nu RT_0}{V}$$

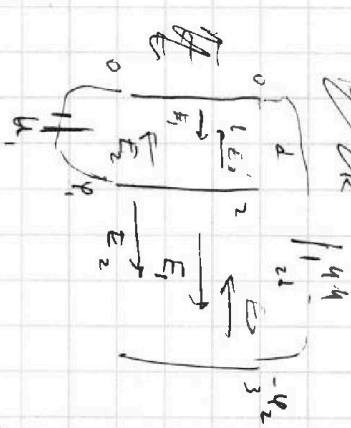
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$A = q \cdot \varphi = F \cdot d$$

$$A = q \cdot E \cdot L$$

$$E = \frac{A}{q \cdot L}$$

$$F = qE$$

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{q(E_1 - E_2 - E_3)}{m}$$

$$\frac{v_0^2}{2} + \frac{\Delta E}{2} = \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{2} - 2k_1 d = \frac{v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - 4k_1 d}$$

$$k_1 - k_2 = q \cdot \varphi = qU$$

$$E_1 - E_3 - E_2 = \frac{U}{d}$$

$$\frac{\Delta E}{q} = E_1 \cdot \frac{d}{3} - E_2 \cdot \frac{2d}{3} - E_3 \cdot \frac{d}{3}$$

$$E_1 - 2E_2 - E_3 = \frac{\Delta E}{qd}$$

$$E_1 - E_3 - E_2 = \frac{U}{d}$$

$$-E_2 - E_1 + E_3 = -\frac{U}{d}$$

$$-2E_2 = \frac{U}{d}$$

$$E_2 = -\frac{U}{2d}$$

$$14 - 40 = -30 \cdot k = -24$$

$$2(E_1 - E_3) = \frac{U_1 - U_2}{2d}$$

$$E_1 - E_3 = \frac{U_1 - U_2}{4d} = -\frac{3}{4} \frac{U}{d}$$

$$2q(E_1 + E_2 + E_3) = 0$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = 0$$

$$E_1 = \frac{U}{2d}$$

$$E_3 = \frac{5}{4} \frac{U}{d}$$

$$d(E_1 - E_3 - E_2) = U_1 - 0$$

$$2d(E_2 + E_1 - E_3) = -U_2 - U_1$$

$$E_2 + 2E_1 = -\frac{3}{4} \frac{U}{d}$$

$$2E_1 = \frac{U}{d}$$

$$E_1 = \frac{U}{2d}$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = 0$$

$$E_2 + 2E_1 = -\frac{3}{4} \frac{U}{d}$$

$$2E_1 = \frac{U}{d}$$

$$E_1 = \frac{U}{2d}$$

$$E_2 = -\frac{U}{2d}$$

$$E_3 = \frac{5}{4} \frac{U}{d}$$