



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



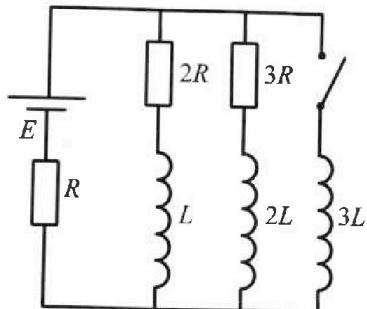
## Вариант 11-01

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.

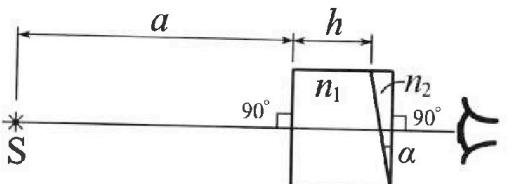
- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $2R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числом выми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_b = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 194$  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.

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



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

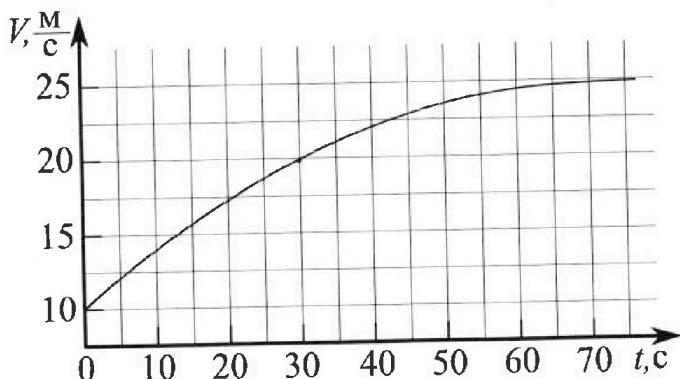
## Вариант 11-01

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 численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

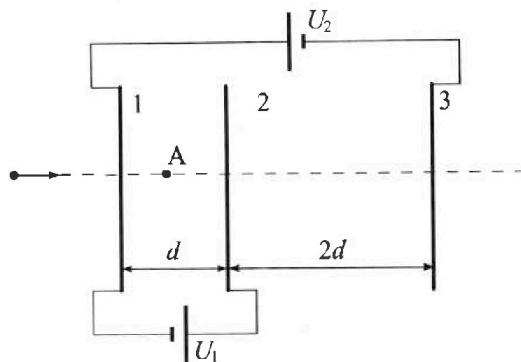


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = k p w$ . 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                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

Dано: Тягач F-<sup>сила</sup> та же автомобилей в некоторый момент,  
 $m = 1800 \text{ кг}$   
 $F_k = 500 \text{ Н}$   
 $F_c = k v$   
 $v_i = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $a_i = ?$   
 $F_i = ?$   
 $P_i = ?$

а)  $F_c$  - сила сопротивления, тогда по II закону  
Ньютона: (в проекции на горизонтальную ось, сопротивление ~~противо~~ встречу скорости):

$$F - F_c = m a, \text{ где } a - \text{ ускорение в этот момент}$$

Заметим, что м.к.  $a = i$ , то есть это наименьшее угла  
наклона касательной к графику  $V(t)$  является ускорением  
т.к. в конце разгона касательная ~~прямая~~ параллельна  
оси  $ot$ , м.л.  $a_k = 0$ , но ~~но~~  $V_k \approx 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  из графика, тогда:

$$F - F_{ck} = m a_k \quad (\Rightarrow) \quad F_k - k V_k = 0, \text{ из условия } k = \text{const},$$

м.л.  $k = \frac{F_k}{V_k} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}},$

1) Для нахождения ускорения в точке  $V_i$  найдем наименьший  
наклон касательной в этой точке:  $\operatorname{tg} \alpha_i \approx \frac{1}{2}$ , тогда  
с учётом масштаба графика получаем:  $a_i = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2)  $F_i - F_{ci} = m a_i; F_i = m a_i + k V_i = 1800 \cdot 1 + 20 \cdot 20 = 2200 \text{ Н}$   
(из доказанного ранее)

3) ~~Рассмотрим силу тяги~~  $P_i = \frac{dA}{dt} = \cancel{\frac{F_i dS_i}{dt}} = F_i a_i$  -

где  $A$  - радиус ~~угла~~ сила тяги автомобиля, тогда ~~в некоторый~~ в некоторый промежуток  $i$ :  $dA = F_i dS_i$ , где  $dS_i$  - смещение за этот промежуток (суть тем меню означает  $\text{const}$  за каждый промежуток), м.к. ~~в некоторый~~  $\frac{dS_i}{dt} = v_i = a_i$ , то получаем

одинаковую формулу, откуда  $P_i = F_i \cdot a_i = 2200 \cdot 1 = 2200 \text{ Вт}$

Ответ:  $a_i = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; F_i = 2200 \text{ Н}; P_i = 2200 \text{ Вт}$



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"/> |

МФТИ

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

(чтп. 2.)

Сл-ко  $P - P_{CO_2} = P_{ATM}$ , т.к. давление в смеси складывается,  
а давление насыщенного водяного пара при  $T = 373K$  равнос  $P_{ATM}$

$$\text{Оногда } P_{ATM} = \frac{25}{2} \frac{VRT_0}{V} \Rightarrow -\frac{45}{71} \frac{VRT_0}{V} = \frac{185}{22} \frac{VRT_0}{V}, \text{ т.к. } P_0 = \frac{4}{V} \frac{VRT_0}{V}, \text{ но}$$

$$P_0 = \frac{22}{185} P_{ATM} \cdot 4 = \frac{88}{185} P_{ATM}$$

$$\text{Очевидно: } 1) \frac{V_1}{V_2} = 2; 2) P_0 = \frac{88}{185} P_{ATM}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

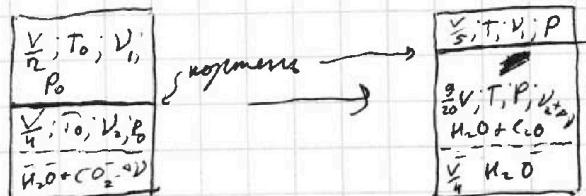
(comp. 1.)

Saso

$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373K$$

$$k \approx \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{mole}{44^{\circ} K \cdot NA}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{mole}{\frac{K}{mole}}$$



В начале этого же века в б-ре Ильинской некое количество ученых разработало некое количество гипотез о том, что в ядерной структуре атома есть нечто, что называется ядром, и что ядро состоит из протонов и нейтронов.

то залежави мінімумами:  $PV = \lambda RT$ , і в т.к. нерівності не мають розв'язань, то можна залежання виразити використовуючи величину  $r_{\text{аз}}$  (багаторазовим використанням):

$$\begin{cases} P_0 \cdot \frac{V}{2} = V_1 RT_0 \\ P_0 \cdot \frac{V}{6} = V_2 RT_0 \end{cases}, \text{ zge } V_1 - \text{val-bo b-bar l begrenzen raum} \\ V_2 - \text{val-bo b-bar b unveränd raum}$$

1) нодеми уравнения для тяжей:  $\frac{P_0 \cdot V_1}{P_0 \cdot V_2} = \frac{V_1 R T_0}{V_2 R T_0} \Leftrightarrow \frac{V_1}{V_2} = 2$

Пусть в вершине  $V_1 = 2V$ , тогда  $V_2 = V$ , а значит

$$P_0 = \frac{2 V R T_0}{\chi_n} = 4 \frac{V R T_0}{V} . \quad \text{Hängen yemənobubmecəz gələcəm}$$

I begynnelsen talte denne myrebasme, m. k. regnene regnemaren:

$P = \frac{2 \cdot VRT}{\sqrt{3}} = 2 \cdot \frac{5}{4} \cdot S \frac{VRT_0}{V} = \frac{2S}{2} \frac{VRT_0}{V}$ . т.к. бензиновому газу  
вдвое раз в бензину не соответствует, то он потребляет  
в два раза больше кислорода, нежели иначе говоря:

$$\Delta V = k P_0 \omega = k \cdot \frac{4\pi R T_0}{V} \cdot \frac{V}{4} = k \cdot \frac{4\pi R T_0}{4} = k \cdot \frac{\pi R T_0}{1} =$$

$$sV = k_{VRT_0} = \frac{4}{5} k_{VRT} \approx \frac{4}{5} V \cdot \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 \approx \frac{4}{5} V$$

~~Kontrollieren~~

Тогда заданные узлекиное раза в стационарном (или установившемся) режиме напряжения  $V_r = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \cancel{\frac{11}{20}V}$

$$P_{CO_2} = \frac{(V+oV)RT}{\frac{V}{V_o}V} = \frac{20}{11} \cdot \frac{5}{4} \cdot \left(1 + \frac{1}{5}\right) \frac{RT_o}{V} = \frac{45}{11} \frac{VRT_o}{V}$$

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

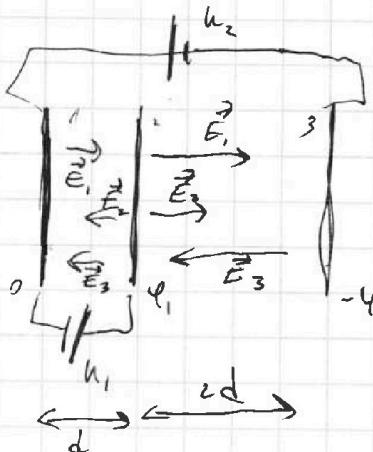


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(вар. 1)

Дано:  
 $\phi, u, g, V_0, m$   
 $u_2 = 4u, u_1 = u$

- 1)  $a = ?$
- 2)  $k_1 - k_2 = ?$
- 3)  $v_0 = ?$



М.к. разность сдвигов между 1 и 2, то находящийся между ними можно считать

$$E = \frac{G}{2\epsilon}, \text{ м.к. это сдвиг}$$

Всего пластины пущены  
помещенные пластины 1 равен 0,  
пластины 2 равен  $u_1$ ,  
и пластины 3 равен  $-u_2$

Абонга:

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

$$\begin{cases} u_1 = u \\ u_2 = 4u \\ E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ 2(E_1 - E_3) = \frac{u_1 - u_2}{2d} \\ -2E_2 = -\frac{3u_1 + u_2}{2d} \end{cases}$$

отсюда

$$\begin{cases} E_1 + E_2 + E_3 = 0 \\ E_2 = -\frac{7}{9} \frac{u}{d} \\ E_1 - E_3 = -\frac{3}{9} \frac{u}{d} \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} E_1 = \frac{u}{2d} \\ E_2 = -\frac{7}{9} \frac{u}{d} \\ E_3 = \frac{5}{9} \frac{u}{d} \end{cases}$$

1) по II закону Ньютона  $F_{12} = ma$ , где по закону Гюка,

$$F_{12} = E_2 g, \text{ т.е. } a = \frac{E_2 g}{m} = \frac{(E_1 - E_3) g}{m} = \frac{2u g}{9dm}$$

2) М.к.  $k_1$  и  $k_2$  - различные константы, то имеем (по определению констант)  
 $k_1 - k_2 = A$ , где  $A$  - работа электрического поля

$$A = \partial \Phi_q = -u_1 g = -u g, \text{ т.е. } k_1 - k_2 = ug$$

3) Тогда по теореме изменения кинетической энергии:  
 $\frac{V_0^2 m}{2} = A_3 + \frac{v^2 m}{2}$ , где  $v$  - искомое, 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

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

МФТИ

(смр.2)

$$A_3 = \Delta q_3 g = -g(E_1 \cdot \frac{d}{3} - E_2 \cdot \frac{2d}{3} - E_3 (\frac{2d+2d}{3})) = -g(\frac{3}{72} u + \frac{11}{72} u - \frac{40}{72} u) = -g(-2u) = 2gu, \text{ ит-ко}$$

$$\frac{V_0^2 m}{2} = 2gu + \frac{v^2 m}{2}, \quad v^2 = V_0^2 - \frac{4gu}{m}, \text{ откуда искомое}$$
$$v = \sqrt{V_0^2 - \frac{4gu}{m}}$$

~~Ответ:~~ Ответ: 1)  $a = \frac{gu}{m}$ ; 2) ~~все~~; 3)  $v = \sqrt{V_0^2 - \frac{4gu}{m}}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

(черт. 1)

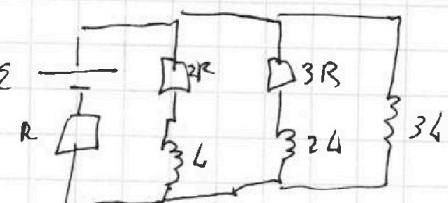
Дано:

$$\Sigma R; 6$$

$$I_{10} = ?$$

$$2) I_3 = ?$$

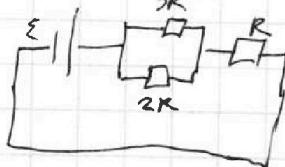
$$3) q_2 = ?$$



В установившемся  
де замыкаемый контур  
то будем постоянен,  
а это напряжение

на катушке нулевое, значит можно

пересовать первоначальную схему: (но сб-ва посл. и парал.  
согласован)



$$\text{Общий ток } I = \frac{\Sigma}{R_o} = \frac{\Sigma}{\frac{2R \cdot 3L}{2R + 3L} + R} = \frac{\Sigma}{\frac{5}{11} R}$$

где  $R_o$  - общее сопротивление цепи

тогда, но сб-ва последовательного и параллельного  
согласован: (т.е.  $I_3$ -ток через резистор  $3R$ )

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

2) Сл-но сразу после замыкания контура  
ток через катушку  $3L$  не номинирован, а ~~так~~ это напряжение  
 $U_{3L} = -\Sigma = I_{3L}L$ , т.е. но сб-ва параллельного согласи-  
ния:  $U_{3L} = \Sigma - IR$ , т.к. общий ток контура после замыкания  
не изменяется из-за ~~изменения~~ катушек

$$\text{т.к. } I_{3L} = \frac{\Sigma - IR}{L} = \frac{\Sigma - \frac{5}{11}\frac{\Sigma}{R}}{L} = \frac{6}{11}\frac{\Sigma}{RL}$$

3) по правилу Кирхгофа: (т.е.  $I_2$ -ток через  $2R$ ,  $I_3$ -ток через  $3R$ ,  
 $I_L$ -ток через  $3L$  в первом момент времени):

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

Решение отсутствует:

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!

(черт 2)

$$\begin{cases} \Sigma_{st} - (I_2 dt + I_3 dt + I_6 dt)R = dI_2 \cdot L + I_2 dt \cdot 2R = dI_3 \cdot 2L + 3R \cdot I_3 dt \\ \Sigma_{st} - (I_2 dt + I_3 dt + I_6 dt)R = \cancel{dI_6} \cdot 3L \end{cases}$$

Н.к. после замыкания кистя устанавливаются постоянные токи, то напряжение на концах будем 0, т.к. нет

через  $2R$  и  $3R$  мож норм не будет, а ток в цепи будет

$$I_0 = \frac{\Sigma}{R}, \text{ т.к. } \begin{cases} \int_0^t I_2 dt = q_2; \\ \int_0^t I_3 dt = q_3; \\ \int_0^t I_6 dt = q_1; \end{cases}$$
$$\int_0^t \Sigma_{st} = \Sigma t; \int_0^t dI_2 L = -I_{10} L; \int_0^t dI_3 L = -\cancel{\frac{2}{3}} I_{10} L, \cancel{\frac{2}{3}}$$
$$\int_0^t dI_6 = I_0, \text{ тогда: } \cancel{q_1}$$

$$\begin{cases} \Sigma t - q_2 R - q_3 R - q_1 R = 2R \cdot q_2 - I_{10} L = 3R q_3 - \frac{4}{3} I_{10} L \\ \alpha \Sigma t - q_1 R = 3I_0 L + q_2 R + q_3 R \end{cases}$$

$$\text{Б+О: } \begin{cases} \Sigma t - q_1 R = 3R q_2 - \frac{3}{11} \frac{\Sigma L}{R} + q_3 R \\ \Sigma t - q_1 R = \frac{3 \Sigma L}{R} + q_2 R + q_3 R \end{cases}$$

Норма:

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

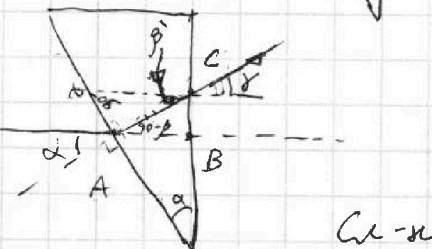


- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------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

**МФТИ**

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

1) т.к.  $n_1 = n_2$ , то преломление  $n_1$  света ~~не изменяет~~ не изменяет своего направления  
по закону преломления  
 $(\sin \alpha / n_2 = \sin \beta) n_2$



$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n_2} \text{ а. л. м. к. упрощение:}$$
$$\beta \approx \frac{\alpha}{n_2}$$

Следующее падение на правую

границу стекла:  $\beta' = 180 - (90 - \alpha) - (90 + \gamma) = \alpha - \gamma = \alpha(1 - \frac{1}{n_2})$

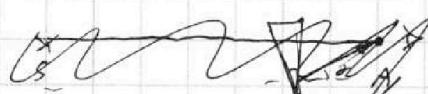
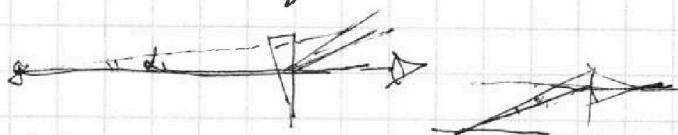
угола падения  $\delta$ :

$$(\sin \beta') n_2 = (\sin \delta) n_2; \sin \delta = (\sin \beta') n_2 \text{ а. л. м. к.}$$

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

2) Равнение синусов по A:  $SA \approx \alpha h$

из геометрии:



$$\sin(\alpha - \alpha_1) \approx \frac{\sin \beta}{n_2}, \text{ а. л. м. к.}$$

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

$$(\sin \beta) n_2 = (\sin \alpha - \alpha_1) n_2$$

$$\beta \approx \alpha - \alpha_1 \approx \delta$$

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

но  $H = \sin \alpha (a + h)$ , угол  $\alpha$ :

$$\frac{L}{H+h} = \operatorname{tg}(\delta + \alpha_1) \approx \frac{b}{\delta} = \operatorname{tg} \delta$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

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

МФТИ

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

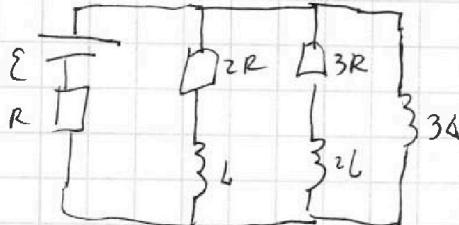


- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$\Sigma \tau - (q_1 + q_2 + q_3)R = 2q_2 R - I_{10}L = -\frac{4}{3} I_{10}L + 3q_3 R = \frac{3E_L}{R}$$



$$I = \frac{\Sigma}{5R} = \frac{\Sigma}{11R} = \frac{5}{11} \frac{\Sigma}{R}$$

$$I_K = \frac{\Sigma}{R}$$

$$3q_2 R - I_{10}L + q_3 R = q_3 R + q_2 R \cdot \frac{1}{3} I_{10}L =$$

$$U_0 = E - I_R = 4 I_R \quad \frac{3E}{R} L + q_2 R + q_3 R$$

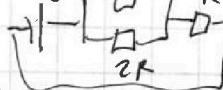
$$\frac{U_{3L}}{L} = I$$

$$2q_2 R \cdot \frac{3}{11} \frac{E}{R} = \frac{3E}{R}$$

$$3q_2 R \cdot I_{10}L = \frac{4}{3} I_{10}L \cdot \frac{3E}{R} \quad q_2 = \frac{4}{3} \frac{E}{R}$$

$$U_{10} = E - IR = \frac{6}{11} \frac{\Sigma}{R}$$

$$I = \frac{6}{11} \frac{\Sigma}{RL}$$



$$\frac{3 \cdot 2}{5} = \frac{6}{5}$$

~~$$I_0 = \frac{11}{3} R$$~~

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

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

$$I_{10} = \frac{3}{11} \frac{\Sigma}{R}$$

~~$$\Sigma - IR = U_0 + 2I_2 R = U_{2L} + 3I_3 R = U_{3L}$$~~

~~$$IR = I^2 R = \frac{E^2}{R} - (I_2 + I_3 + I_4)R = \frac{dI^2 R}{dt} + 2I_2 R = \frac{dI_3 L}{dt} + 3I_3 R = \frac{dI_6 L}{dt} + 3I_6 R$$~~

IR

~~$$\Sigma dt - (I_2 + I_3 + I_4)dt \cdot R = dI_2 R + 2I_3 dt R =$$~~

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

~~$$I^2 R dt$$~~

~~$$dI_3 L + 3I_3 dt R$$~~

~~$$= 3dI_6 L$$~~

~~$$R I_2 dt = (q_1 + q_2 + q_3)R \frac{3E^2 L}{2R^2} - (\frac{3}{11} \frac{\Sigma}{R})^2 L = \frac{3}{2} \frac{E^2 L}{R} - \frac{3}{2} \frac{E^2 L}{R}$$~~

~~$$R I_2 dt = \frac{3}{2} \frac{E^2 L}{R} - \frac{3}{2} \frac{E^2 L}{R}$$~~

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

~~$$\Sigma \tau - (q_1 + q_2 + q_3)R = -I_{10}L + 2q_3 R = \frac{363 - 17}{242} = \frac{346}{242} = \frac{173}{121} \frac{E^2 L}{R}$$~~

~~$$33 - 7 = 50 - 4 = 46$$~~

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- 1    2    3    4    5    6    7

**МФТИ.**

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

$$F_c = kx$$

$$\Rightarrow F_c = 25k$$

$$500 = 25 \cdot k$$

$$k = \frac{100}{5} = 20$$

$$t g \alpha_1 = \frac{1}{2}$$

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

$$F_T - F_c = ma$$

$$P = \cancel{\frac{dA}{dt}} = \cancel{m \cdot \ddot{x}} = \cancel{m \cdot 2} = \cancel{1000} = \cancel{1000} = \cancel{1000}$$

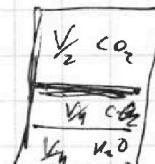
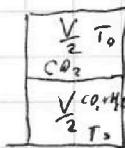
$$P = \frac{dA}{dt} = \cancel{F \frac{dc}{dt}} = F \dot{c} = Fa$$

$\int_{\text{S1}}^{\text{S2}}$

$$F_T = F_c + ma = 20 \cdot 20 + 1860 \cdot 1 = 2200 \text{ N}$$

$\int_{\text{V1}}^{\text{V2}}$

$\text{CO}_2$



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

$$T = \frac{5}{4} T_0 = 373 K = 100^\circ C \quad RT_0 = \frac{5}{3} RT =$$

$$RT_0 = 125 \text{ J/K}$$

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

$$\frac{4V}{3} - V = \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{4}\right)V =$$

$$\sqrt{\frac{16}{20} - \frac{5}{20}} = \frac{3}{20} V$$

$$\Delta V = k p \Delta T$$

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

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

$$\frac{7,5 \sqrt{RT_0}}{\sqrt{V}} = P_{\text{ATA}}$$

$$PV = VRT$$

$$P = \frac{VRT}{V}$$

$$\frac{9 \cdot 20}{11} \frac{5}{4} = \frac{45}{11}$$

$$\frac{8}{75} \text{ Pa m}$$

$$\Delta V = k p \cdot \frac{V}{4} \cdot \frac{4 \sqrt{RT_0}}{9V} =$$

$$k \sqrt{RT_0}$$



$$P = \frac{2VRT_0}{V} = 2 \cdot \frac{5}{4} \cdot 5 \frac{\sqrt{RT_0}}{V} = \frac{25}{2} \frac{\sqrt{RT_0}}{V}$$

$$\frac{2VRT_0}{V} = \frac{VRT_0}{\frac{V}{4}}$$

$$\Delta V = k p \cdot \frac{V}{4} = 18 \frac{25}{2} \frac{VRT_0}{V} \cdot \frac{V}{4} =$$

$$\frac{75}{8} \frac{VRT_0}{V} \text{ kPa}$$

$$P = \frac{25}{2} \frac{\sqrt{RT_0}}{V} + \frac{75}{8} \frac{\sqrt{RT_0}}{V}$$

$$P = \frac{25}{2} \frac{\sqrt{RT_0}}{V} + \frac{75}{8} \frac{\sqrt{RT_0}}{V}$$

$$P_{\text{ATM}} = \frac{20}{4} \frac{k \sqrt{RT_0} \cdot RT_0}{V} = \frac{20}{9} \frac{k \sqrt{RT_0} \cdot RT_0}{V} \approx \frac{1}{4} \cdot \frac{25}{3} \cdot \frac{VRT_0}{V} = \frac{20}{9} \frac{VRT_0}{V}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

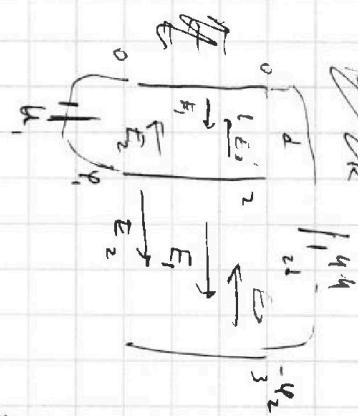
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$A = \varphi \cdot \rho = F \cdot \frac{E}{k_e} \quad A = \varphi E - L$$

$$E = \frac{\rho u}{k_e} \quad E = \frac{L}{2d}$$

$$E = \frac{u}{d}$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = 0$$



$$2(E_1 - E_3 - E_2) = \varphi_1 - \varphi_0$$

$$2d(E_2 + E_1 - E_3) = -\varphi_2 - \varphi_1$$

$$E_1 = \frac{u}{2d} \quad E_2 = \frac{u}{4d} \quad E_3 = \frac{5}{4} \frac{u}{d}$$

$$A(E_1 + E_2 + E_3) = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_0$$

$$2d(E_1 - E_3 - E_2) = 2\varphi_1$$

$$\frac{1}{2}d^2E_1^2$$

$$E_2 = -\frac{7}{4} \frac{u}{d}$$

$$2(E_1 - E_3) = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2d}$$

$$E_1 - E_3 = \frac{u_1 - u_2}{2d} = -\frac{3}{4} \frac{u}{d}$$

$$-E_2 - E_1 + E_3 = \frac{2\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_0}{2d} = \frac{3u_1 + u_2}{2d} = \frac{21}{2} \frac{u}{d}$$

$$-2E_2 = \frac{21}{2} \frac{u}{d}$$

$$\frac{dE}{dE} = E_1 - E_3 - E_2 \cdot \frac{2d}{3} - E_3 \cdot \frac{2d}{3} - \frac{2u}{12} + \frac{14u}{12} - \frac{40u}{12} = \frac{16-40}{12} u = -2u$$

$$\frac{dE}{dE} = E_1 - E_3 - E_2 \cdot \frac{2d}{3} - E_3 \cdot \frac{2d}{3} - \frac{2u}{12} + \frac{14u}{12} - \frac{40u}{12} = \frac{16-40}{12} u = -2u$$