

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

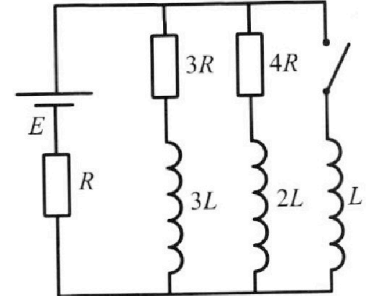
Вариант 11-03

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

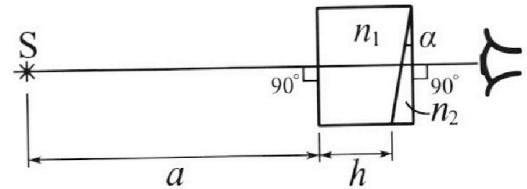


4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
 - 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
 - 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ 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 $a = 90$ 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 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



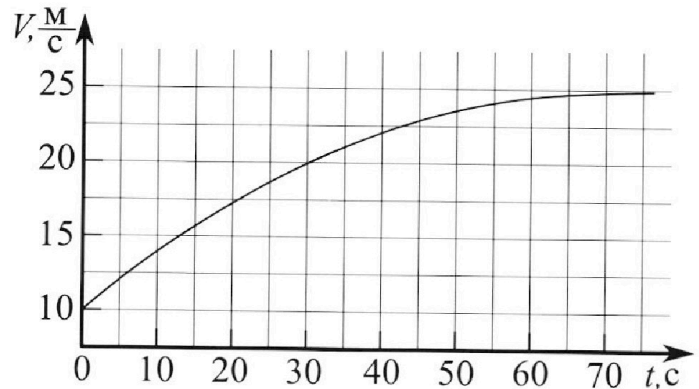
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03



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

1. Автомобиль массой $m = 1500$ 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 $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

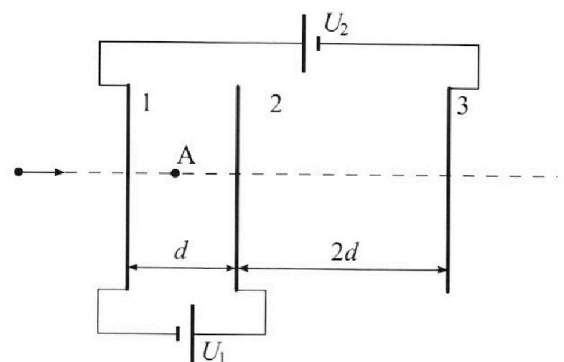
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{атм}}/2$ ($P_{\text{атм}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

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 $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение ние количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

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 $U_2 = 3U$. 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 A на расстоянии $d/4$ 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

МФТИ

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

1) Ускорение можно оценить как тангенс угла наклона касательной графика $v(t)$ к оси t : $a_0 \approx \frac{25 \frac{m}{c} - 10 \frac{m}{c}}{35 c}$
 $= \frac{15 \frac{m}{c^2}}{35 c^2} = \boxed{\frac{3}{7} \frac{m}{c^2}}$

2) 2-ой з-н Ньютона:

$F_{тa_0} = F_0 - d \dot{v}_0$, где d - коэффициент пропорциональности для силы сопротивления, $\dot{v}_0 = 10 \frac{m}{c}$

В конце движения: $ma = 0$; $F_k = d \dot{v}_k \Rightarrow d = \frac{F_k}{\dot{v}_k}$

$$ma_0 = F_0 - \frac{F_k}{\dot{v}_k} \dot{v}_0$$

$$F_0 = ma_0 + \frac{F_k}{\dot{v}_k} \dot{v}_0 = 1500 \text{ кг} \cdot \frac{3}{7} \frac{m}{c^2} + \frac{600 \text{ Н}}{25 \frac{m}{c}} \cdot 10 \frac{m}{c} \approx$$

$$\approx 214 \text{ Н} + 240 \text{ Н} = \boxed{454 \text{ Н}}$$

3) $P_0 = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{F_0 \Delta l}{\Delta t} = F_0 \dot{v} = 454 \text{ Н} \cdot 10 \frac{m}{c} = \boxed{4540 \text{ Вт}}$

Ответ: 1) $\frac{3}{7} \frac{m}{c^2}$; 2) 454 Н; 3) 4540 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

МФТИ

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



$$\frac{5 p_{\text{внеш}} T}{4 T_0} = \frac{20}{11} \frac{RT}{V} \left(\frac{p_{\text{внеш}} V}{8 RT_0} + \frac{k p_{\text{внеш}} V}{8} \right) + p_{\text{внеш}} \frac{\text{Трещины}}{\text{зазоры}}$$

$$\frac{5}{4} \frac{T}{T_0} = \frac{5}{22} \frac{T}{T_0} + \frac{5}{22} k RT + 1$$

$$\frac{45}{44} \frac{T}{T_0} = \frac{5}{22} k RT + 1$$

$$\frac{9}{2} \frac{T}{T_0} = 1 k RT + \frac{22}{5}$$

$$\frac{9}{2} \frac{T}{T_0} = 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па}}{\text{моль}} + \frac{22}{5} = 1,5 + 4,4 = 5,9$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{59 \cdot 2}{10 \cdot 9} = \boxed{\frac{59}{45}}$$

Ответ: 1) 2; 2) $\frac{59}{45}$

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) Фрагментные состояния гелия: $\frac{p_{\text{гелий}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{He}} R T_0$,

где ν_{He} - количество гелия

В нижней части цилиндра давлением водяного пара можно пренебречь, тогда давление нерастворенного CO_2 равно давлению гелия в верхней части цилиндра, уравнение состояния CO_2 : $\frac{p_{\text{гелий}}}{2} \cdot V_{\text{CO}_2} = \nu_1 R T_0$, где ν_1 - количество нерастворенного CO_2 , $V_{\text{CO}_2} = \frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$ - занимаемый им объем

$\frac{p_{\text{гелий}} V}{8} = \nu_1 R T_0$, разделим уравнения: $\frac{\nu_{\text{He}}}{\nu_1} = \frac{8}{4} = 2$

2) μ -ые состояния гелия при температуре T .

$p \frac{V}{5} = \nu_{\text{He}} R T$, где p - новое давление гелия

в нижней части сосуда:

$p_{\text{CO}_2} (V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}) = (\nu_1 + \Delta \nu) R T$, где p_{CO_2} - парциальное давление CO_2 , $\Delta \nu$ - доля растворенного CO_2 при T_0 : $\Delta \nu = k \frac{p_{\text{гелий}}}{2} \frac{V}{4}$

$p_{\text{CO}_2} \cdot \frac{11}{20} V = (\nu_1 + \frac{k p_{\text{гелий}} V}{8}) R T$, $T = 373 \text{ K}$ - температура

кипения воды, поэтому $p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{\text{нас}} = p_{\text{гелий}}$ (при T)

Условие равновесия паров: $p = p_{\text{CO}_2} + p_{\text{гелий}}$

Имея данные уравнения найдем:

$p = p_{\text{CO}_2} + p_{\text{гелий}}$
 $\frac{5 \nu_{\text{He}} R T}{V} = \frac{2 \nu_1 + \frac{k p_{\text{гелий}} V}{8}}{11 V} R T + p_{\text{гелий}}$, $(\nu_{\text{He}} = \frac{p_{\text{гелий}} V}{4 R T_0})$

$\nu_1 = \frac{\nu_{\text{He}}}{2} = \frac{p_{\text{гелий}} V}{8 R T_0}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



$$3) \quad a_{12} = \frac{Uq}{md}$$

Графиком задания

Найдем напряженность поля E , слева от центра:

$$E_{12} = -\frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = \frac{1}{2\epsilon_0} (\sigma_3 - \sigma_1 - \sigma_2) = 0,$$

Поэтому решаем систему

$$\begin{cases} \varphi_A = \varphi_0 + a_{12} \Delta r \\ \frac{d}{4} = \varphi_0 \Delta r + a_{12} \frac{\Delta r^2}{2} \end{cases}$$

$$\frac{a_{12}}{2} \Delta r^2 + \varphi_0 \Delta r - \frac{d}{4} = 0$$

$$D = \varphi_0^2 + \frac{da_{12}}{2}$$

$$\Delta r = \frac{-\varphi_0 + \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{da_{12}}{2}}}{a_{12}}$$

$$\varphi_A = \varphi_0 - \varphi_0 + \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{da_{12}}{2}} = \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{d \cdot Uq}{2md}} = \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$$

Ответы: 1) $\frac{Uq}{md}$; 2) qU ; 3) $\sqrt{\varphi_0^2 + \frac{Uq}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

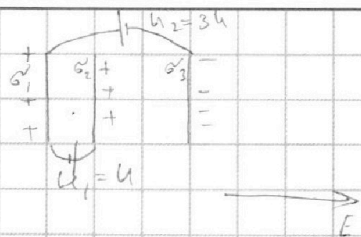
1 2 3 4 5 6 7



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



1) Сетки приобретут какие-то поверхностные заряды. Пусть $\sigma_1 > 0$, $\sigma_2 > 0$, $\sigma_3 < 0$



Напряженность между 1 и 2 сетками:

$$E_{12} = \frac{U}{d} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = \frac{1}{2\epsilon_0} (\sigma_1 + \sigma_3 - \sigma_2)$$

Между 2 и 3 пластинками:

$$E_{23} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\epsilon_0} = \frac{1}{2\epsilon_0} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = \frac{3U}{d} - \frac{U}{d} = \frac{2U}{d}$$

Закон сохранения заряда:

$\sigma_1 = -\sigma'_{11} + \sigma'_{12}$, где σ'_{11} - пов. заряд, создаваемый σ_1 источником, σ'_{12} - пов. заряд, создаваемый σ_1 источником

$$\sigma'_{12} = \sigma_3, \quad \sigma'_{11} = \sigma_2, \quad \sigma'_1 = \sigma_3 - \sigma_2$$

$$E_{23} = \frac{2U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0} (\sigma_3 - \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_2) = \frac{\sigma_3}{\epsilon_0}$$

$$\sigma_3 = \frac{2\epsilon_0 U}{d}; \quad E_{12} = \frac{1}{2\epsilon_0} (\sigma_3 - \sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_1) = \frac{\sigma_3 - \sigma_2}{\epsilon_0} = \frac{U}{d}$$

$$\sigma_3 - \sigma_2 = \frac{\epsilon_0 U}{d} = \sigma_1$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 - \sigma_1 = \frac{2\epsilon_0 U}{d} - \frac{\epsilon_0 U}{d} = \frac{\epsilon_0 U}{d}$$

$$E_{12} = \frac{U}{d}; \quad m a_{12} = E_{12} q, \quad a_{12} - \text{ускорение частицы}$$

Между сетками 1 и 2;

$$a_{12} = \frac{Uq}{md}$$

$$2) \Delta E_k = A_{внешн} = q \Delta \varphi = qU$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

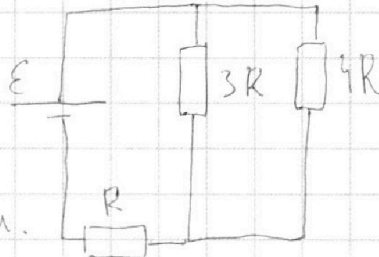
МФТИ

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



1) В упрощенном составе цепи можно представить без катушек:

$$R_0 = R + \frac{12}{7} R = \frac{19}{7} R$$



однако сохраним цепь.

$U_{3R} = U_{4R} = E - I_0 R$, где U_{3R} и U_{4R} — напряжения на резисторах $3R$ и $4R$, I_0 — общий ток в цепи

$$U_{3R} = E - \frac{\epsilon R}{R_0} = E - \frac{7\epsilon R}{19R} = \frac{12}{19} \epsilon$$

$$I_{01} = \frac{U_{3R}}{3R} = \frac{12\epsilon}{19 \cdot 3R} = \frac{4\epsilon}{19R}$$

2) При замыкании ключа во внешней цепи:

$$\epsilon = I_0 R + \epsilon_{si}, \quad \epsilon_{si} - \text{ЭДС самоиндукции в катушке } L$$

$$\epsilon = I_0 R + L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\epsilon - I_0 R}{L} = \frac{\epsilon - \frac{7}{19}\epsilon}{L} = \frac{12\epsilon}{19L}$$

3) Для контура с ϵ и катушкой $3L$:

$$\epsilon = IR + 3R I_1 + 3L \frac{\Delta I_1}{\Delta t}, \quad I_1 - \text{ток, протекающий}$$

через резистор 3 , ΔI_1 — изменение тока в резисторе 3

$$\text{Для внешней цепи: } \epsilon = IR + L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad \Delta I -$$

$$\text{изменение тока в катушке } L; \quad \epsilon - IR = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 3R I_1 + 3L \frac{\Delta I_1}{\Delta t}; \quad L \Delta I = 3R I_1 \Delta t + 3L \Delta I_1,$$

$$\Delta I = I_1 \Delta t = \frac{3R I_1 \Delta t + 3L \Delta I_1}{L}, \quad (\Delta I = \frac{\epsilon}{R} - I_0 = \frac{12\epsilon}{13R}, \quad \Delta I_1 = \frac{4\epsilon}{13R} - \frac{4\epsilon}{19R})$$

$$\Delta I = \frac{24}{19 \cdot 3} \frac{L\epsilon}{R^2} = \frac{8}{19} \frac{L\epsilon}{R^2}$$

Ответ: $\frac{4\epsilon}{19R}; \frac{12\epsilon}{19L}; \frac{8}{19} \frac{L\epsilon}{R^2}$

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!



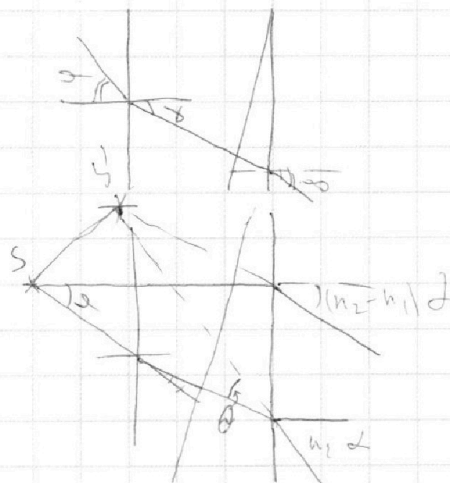
Аналогично пункту 1; только учли, что $n_1 \neq 1$ Продолжение задачи 5

$$n_1 \alpha = n_2 \beta$$

$$\varphi = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \alpha \frac{n_2 - n_1}{n_2}$$

$$y = n_2 \varphi = \alpha (n_2 - n_1)$$

Рассмотрим луч, который после преломления в призме идет под углом α к горизонтали:



$$y = n_2 \alpha \quad n_2 \alpha > \alpha (n_2 - n_1)$$

$$\varphi = n_1 \alpha$$

↓
Уменьшение угла наклона

Аналогично 2 пункту

$$SS' \approx (a + h) \theta$$

$$\theta = 90 - n_2 \alpha - (90 - (n_2 - n_1) \alpha) =$$

$$SS' = 1,0 \text{ м} \cdot 1,4 \cdot 0,1 \text{ рад} = n_1 \alpha$$

$$= (14,56 \text{ см})$$

Ответ: 0,07 рад, 7,28 см, 14,56 см.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

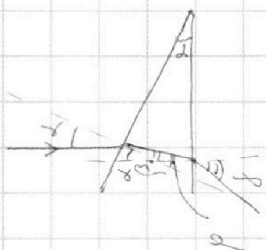
1 2 3 4 5 6 7



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



1) Три $n_1 = n_2$ можно считать, что из стекла осталась только 2 призмы ($n_2 = n$):



Для малых углов $\alpha = n \cdot \beta$ β -углом отклонения
 φ - угол падения на вертикальную грань призмы.

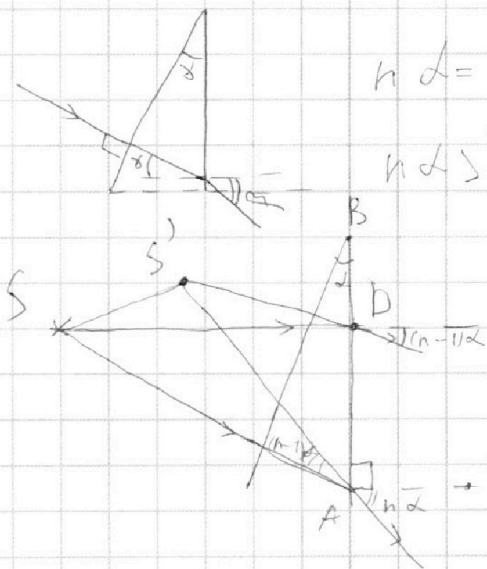
$$\alpha = \beta + \varphi \Rightarrow \varphi = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{\alpha(n-1)}{n}$$

$n\varphi = \delta$ - искривленный угол отклонения.

$$\delta = n\varphi = n \cdot \alpha \frac{n-1}{n} = (n-1)\alpha = 0,7 \cdot 0,1 \text{ рад} = 0,07 \text{ рад}$$

2) Чтобы найти изображение источника, нужно построить ход луча от одного луча и найти точку пересечения этих лучей

Выберем луч, идущий перпендикулярно левой грани 2-й призмы:



$$n\alpha = \beta$$

$n\alpha > (n-1)\alpha$ - лучи расходятся

$$\angle SAB = 90 - \alpha$$

$$\angle S'AB = 180 - 90 - n\alpha = 90 - n\alpha$$

$$\angle SAS' = \angle SAB - \angle S'AB = (n-1)\alpha$$

Поскольку α - малый угол, то $AS \approx SD = a + h = 1,04 \text{ м}$

$$SS' \approx AS (n-1)\alpha = 1,04 \text{ м} \cdot 0,07 \text{ рад} = 0,0728 \text{ м} = 7,28 \text{ см}$$

3)

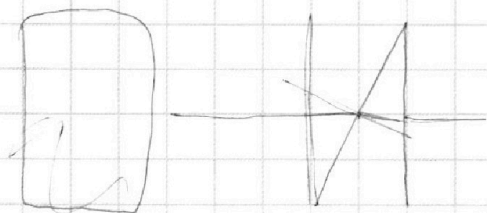
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

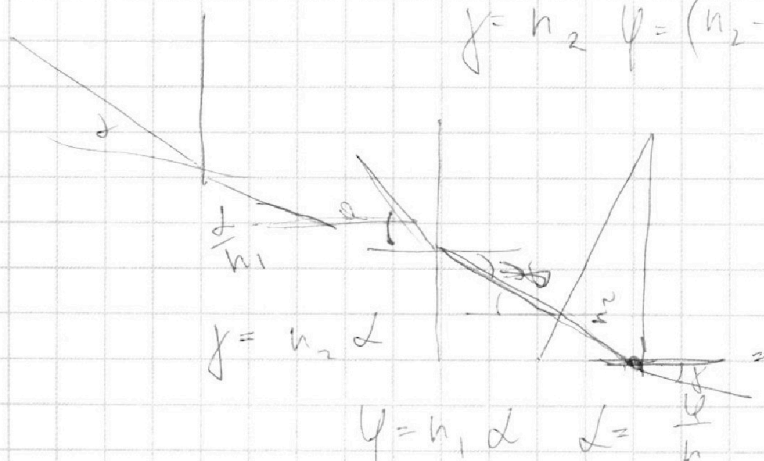


$$n_1 \alpha = n_2 \beta$$

$$\beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha$$

$$\varphi = \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2}\right) \alpha$$

$$\varphi = n_2 \alpha - (n_2 - n_1) \alpha$$



$$\varphi = n_2 \alpha$$

$$\begin{array}{r} \times 109 \\ \quad 14 \\ \hline + 416 \\ \quad 209 \\ \hline 1456 \end{array}$$

$$90 - n_2 \alpha$$

$$90 - (n_2 - n_1) \alpha$$

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!



$$\mathcal{E} = RI + L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = RI + 3RI_3 + 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = RI + 4RI_2 + 2L \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

$$4I_3 + \Delta I_2$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 3RI_3 + 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t} = 10,4$$

$$L \Delta I = 3RI_3 \Delta t + 3L \Delta I_3$$

$$L \Delta I = 3R \Delta q + 3L \Delta I_3$$

$$3R \Delta q = L(\Delta I - 3\Delta I_3)$$

$$3R \Delta q = L \left(\frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} + \frac{12\mathcal{E}}{19R} \right)$$

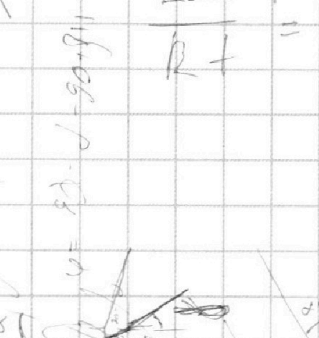
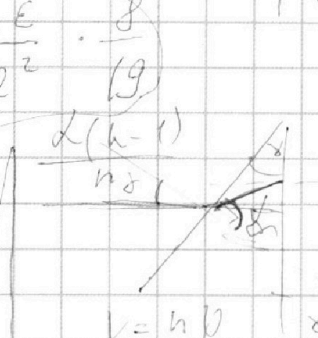
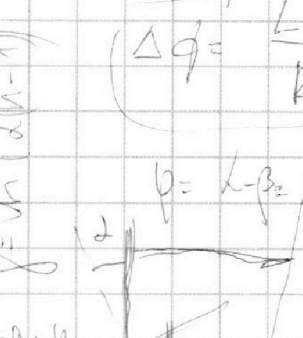
$$3R \Delta q = L \frac{\mathcal{E}}{R} \left(\frac{24}{19} \right)$$

$$\Delta q = \frac{L\mathcal{E}}{R^2} \cdot \frac{8}{19}$$

$$\Delta I_3 = \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\frac{LI}{R} + \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(\frac{1}{19} + \frac{1}{19} \right)$$

90- α
 $\varphi = 90 - \beta$
 $\varphi = \beta$



$$R = \frac{L(h-1)}{h}$$

$$\beta = h\alpha$$

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!



$$\Delta I_3 \left(\frac{20}{11} \left(\frac{1}{8} \frac{T}{T_0} + \frac{kRT}{V} \right) + 1 \right) \rho_{\text{ампл}} \frac{V}{5} = \rho_{\text{ампл}} V \frac{T}{4T_0} \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

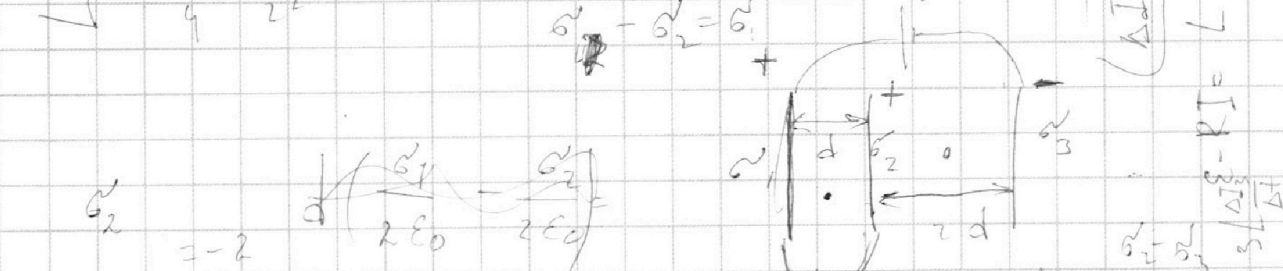
$$V_{\text{ке}} = \frac{\rho_{\text{ампл}} V}{4RT_0}$$

$$5 \cdot 11 \cdot 8 \frac{T}{T_0} + \frac{20}{5 \cdot 11} \frac{kRT}{V} + \frac{1}{5} = \frac{1}{4} \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta t} + \frac{1}{22} \frac{T}{T_0} + \frac{4}{11} \frac{kRT}{V} + \frac{1}{5} = \frac{1}{4} \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{9}{44} \frac{T}{T_0} = \frac{4}{11} \frac{kRT \cdot V}{V} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{9}{44} \frac{T}{T_0} = \frac{15}{11} \frac{kRT}{V} + \frac{1}{5}$$



$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \frac{U}{d}$$

$$\sigma_3 - \sigma_2 = \frac{3\epsilon_0 U}{2d} \left(\frac{d_1}{2\epsilon_0} + \frac{d_2}{2\epsilon_0} - \frac{d_3}{2\epsilon_0} \right) U = 2U$$

$$\frac{U}{d} = \frac{1}{2\epsilon_0} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

$$\frac{U}{d} = \frac{1}{6\epsilon_0} (\sigma_1 + \sigma_3 - \sigma_2)$$

$$\sigma_3 = \frac{U\epsilon_0}{d}$$

$$\frac{2\sigma_3}{2\epsilon_0} = \frac{U}{d} \Rightarrow \frac{2}{6\epsilon_0} (\sigma_3 - \sigma_2) = \frac{U}{d}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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



Handwritten Solution:

Initial Circuit Diagram: A circuit with a battery \mathcal{E} , a resistor R , a resistor $3R$, an inductor $3L$, a resistor $4R$, an inductor $2L$, and another inductor L .

Equivalent Resistance:

$$R_0 = R + \frac{12}{7}R = \frac{19}{7}R$$

$$I_0 = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$$

$$I_0 = \frac{4\mathcal{E}R}{19R^2}$$

$$U(3R) = U_{4R} = \mathcal{E} - I_0 R$$

$$I_{01} = \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{3R} = \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Induced EMF and Currents:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E} - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = R I + L \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = 4R I + 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = R I + 3R I + 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

$$R I = \mathcal{E} - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \mathcal{E} - I_0 R$$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \mathcal{E} - \frac{12}{19} \mathcal{E}$$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{7}{19} \mathcal{E}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{7}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}$$

Final Equations:

$$\mathcal{E} = I R + I_3 \cdot 3R + 3L \frac{\Delta I_3}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = I R + I_2 \cdot 4R + 2L \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E} = I R + L \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

Geometric Diagrams: Several triangles are drawn with angles 90° , $90^\circ - \alpha$, $90^\circ - \beta$, and $90^\circ - \gamma$. Some sides are labeled a , b , c , m , n . One diagram shows a right-angled triangle with a vertical side $\frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$ and a horizontal side $90^\circ - (n-1) \Delta t$.

Additional Diagrams: A circuit diagram with a battery \mathcal{E} , a resistor $3R$, and a resistor $4R$ in parallel. Another diagram shows a circuit with a battery \mathcal{E} , a resistor R , and an inductor L in series.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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



№1

$$m a_0 = F_0 - \Delta \mathcal{U}_0$$

$$F_k = \Delta \mathcal{U}_k \quad \alpha = \frac{F_k}{\mathcal{U}_k}$$

$$P_0 = \frac{\Delta F}{\Delta t}$$

$$P_0 = \Delta \frac{\Delta \mathcal{U}}{\Delta t} + m \frac{\Delta a}{\Delta t}$$

$$F_{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$P_0 = \Delta a + m a'$$

$$m a_0 = F_0 - \Delta \mathcal{U}_0$$

$$p_0 = p_{\text{atm}} \quad V_1 = \frac{V}{4} = \frac{V}{5} = 100$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{p_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{2} &= V_{\text{He}} R T_0 \\ p \cdot \frac{V}{5} &= V_{\text{He}} R T_0 \\ p_{\text{CO}_2(1)} \cdot \frac{V}{4} &= (V_{\text{CO}_2} - p_{\text{CO}_2} k) R T_0 \\ p_{\text{CO}_2(1)} &= \frac{p_{\text{atm}}}{2} \end{aligned} \right.$$

$$p_{\text{CO}_2(2)} = \frac{11V}{20} = V_{\text{CO}_2} R T$$

$$p_{\text{atm}} = p_{\text{atm}} \quad p_{\text{CO}_2} \cdot \frac{V}{4} = (V_{\text{CO}_2} - p_{\text{CO}_2} k) R T_0$$

$$\frac{p_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = V_{\text{He}} R T_0$$

$$p_{\text{CO}_2(2)} \cdot \frac{V}{2} = V_1 R T_0$$

$\alpha_0 = \text{tg}$ угла касательной $F_{\Delta t} = \frac{\Delta F}{\Delta t}$

$$a \approx \frac{1500}{1214,25}$$

$a = \text{const}$

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = F - \Delta \mathcal{U}$$

$$F = \Delta \mathcal{U} + m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a$$

$$F_{\Delta t} = \Delta \mathcal{U}_{\Delta t} + \frac{m \Delta v}{\Delta t}$$

$$F = \Delta \mathcal{U} + m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\frac{600 - 25}{50} = \frac{25}{22,5} - 10 = \frac{15}{35}$$

$$= \frac{3}{4} \frac{H}{C^2}$$

$$P_0 = \frac{p_{\text{atm}}}{2} T_0$$

$$\frac{p_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = V_{\text{He}} R T_0$$

$$\frac{V_{\text{He}}}{V_1} = 2$$

$$p_{\text{CO}_2} \cdot \frac{V}{4} = (V_{\text{CO}_2} - \Delta V) R T_0$$

$$p_{\text{CO}_2(2)} \cdot \frac{11V}{20} = V_{\text{CO}_2} R T$$

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!



$$\frac{p_{амм}}{2} \cdot \frac{V}{4} = (V_{CO_2} - k \frac{p_{амм}}{2}) RT_0$$

$$p_{CO_2} = \frac{10V}{20} = V_{CO_2} RT$$

$$p_{H_2O} = p_{амм}$$

$$p_{CO_2} = \frac{11V}{20}$$

$$V_{H_2O} = 2(V_{CO_2} - k p_{амм})$$

$$V_{CO_2} = \left(\frac{V_{H_2O}}{2} + k p_{амм} \right) + p_{амм}$$

$$5 p_{амм} \frac{RT}{2 RT_0} = 5 p_{амм} \frac{T}{T_0} = \frac{20}{11} \cdot \frac{RT}{V} \cdot \left(\frac{p_{амм} V}{4 RT_0} + k p_{амм} \right)$$

$$5 p_{амм} \frac{T}{11} = \frac{5}{11} p_{амм} \frac{T}{T_0} + \frac{20}{11} \frac{RT k p_{амм}}{11V} + p_{амм}$$

$$50 = \frac{50}{11} \frac{T}{T_0} = \frac{20}{11} \frac{RT k p_{амм}}{V}$$

$$T = \frac{(p_{CO_2} + p_{амм}) V}{5 V_{H_2O} R}$$

$$T_0 = \frac{p_{амм} V}{4 V_{H_2O} R}$$

$$p_{CO_2} = \frac{11}{20} = p_{амм} \left(\frac{V_{CO_2}}{8 T_0} + \left(\frac{k}{V} \frac{RT}{V} \right) \right) = \left(\frac{p_{амм} V}{8 RT_0} + k p_{амм} \right) RT$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{\frac{1}{2} \frac{T}{T_0} + \frac{k RT}{V} + 1}{5}$$

$$p_{CO_2} + p_{H_2O}$$

$$p_{CO_2} \cdot \frac{11}{20} V =$$

$$V_i = \frac{p_{амм} V}{8 RT_0}$$

$$\Delta V = k p_{амм} V$$

$$p_{CO_2} = \frac{11V}{20}$$

$$V_{H_2O} = \frac{p_{амм} V}{2 RT_0}$$

$$V_i = \frac{p_{амм} V}{8 RT_0}$$

$$\Delta V = k p_{амм} V$$

$$5 p_{амм} \frac{RT}{2 RT_0} = 5 p_{амм} \frac{T}{T_0} = \frac{20}{11} \cdot \frac{RT}{V} \cdot \left(\frac{p_{амм} V}{4 RT_0} + k p_{амм} \right)$$

$$55 = 5$$

$$5 p_{амм} \frac{T}{11} = \frac{5}{11} p_{амм} \frac{T}{T_0} + \frac{20}{11} \frac{RT k p_{амм}}{11V} + p_{амм}$$

$$50 = \frac{50}{11} \frac{T}{T_0} = \frac{20}{11} \frac{RT k p_{амм}}{V}$$

$$V_{CO_2} p_{амм} = \frac{RT}{V}$$

$$p_{амм} V = V_{H_2O} RT_0$$

$$\frac{p_{амм} V}{4} = V_{H_2O} RT_0$$

$$\frac{p_{амм} V}{8} = V_i RT_0$$

$$p_{CO_2} = \frac{11V}{20} = (V_i + \Delta V) RT$$

$$(p_{CO_2} + p_{амм}) \frac{V}{5} = V_{H_2O} RT$$