



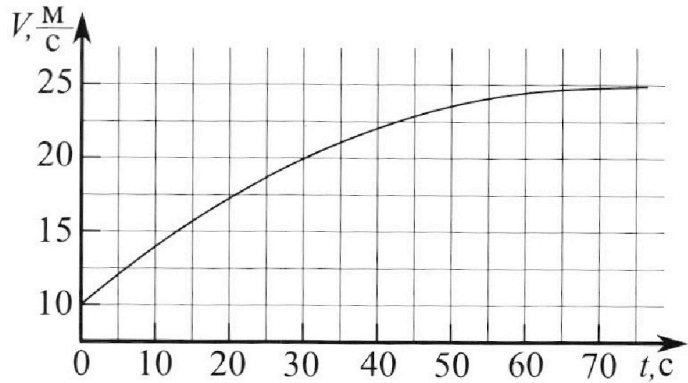
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



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

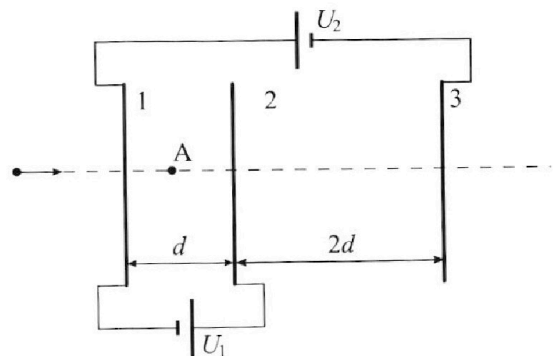
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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.

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



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

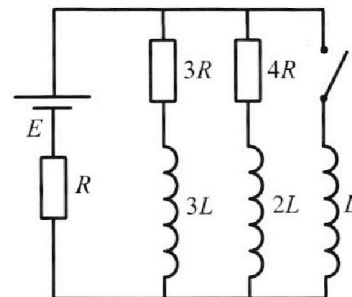
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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 $n_v = 1,0$. 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 $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

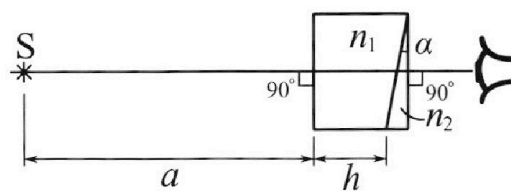


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

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"/>	<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!

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

$$F_{\text{сопр}} = \alpha v,$$

$$\text{где } \alpha - \text{коэф.}$$

$$1) a_0 = ?$$

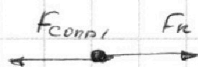
$$2) F_0 = ?$$

$$3) P_0 = ?$$

1) мгновенное ускорение $a = \frac{dv}{dt}$ - численно равно тангенсу угла наклона графика скорости в обеих v и t .

$$a_0 = \frac{22,5 \text{ м/с}}{30 \text{ с}} = 0,75 \text{ м/с}^2$$

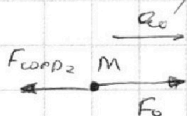
2) Рассмотрим автомобиль в конце разгона: $a_k = 0 \Rightarrow P_0 \geq 3 \text{ ч.}$



$$F_{\text{сопр}1} = F_k$$

$$\alpha v = F_k \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{v} = \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

3) Рассмотрим автомобиль в начале разгона:



$$m a_0 = F_0 - \alpha v_0 \quad v_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$F_0 = m a_0 + \alpha v_0 = 1500 \cdot \frac{3}{4} + 24 \cdot 10 = 1365 \text{ Н}$$

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

3) Рассмотрим маленький ~~массив~~ ^{прошмхуток} ~~время~~ ^{время} $\frac{\Delta t}{\Delta t}$ в начале разгона:

$$P_0 = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{F_0 \Delta S}{\Delta t} = F_0 v_0 = 1365 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м/с} = 13650 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $0,75 \text{ м/с}^2$ 2) 1365 Н 3) 13650 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!

V

$$p_0 = p_{014} / 2$$

T_0

$$T = 373 \text{ K}$$

$$\Delta V = k p_0 V$$

$$1) \frac{V_{\text{He}}}{V_{\text{CO}_2}}$$

$$2) \frac{T}{T_0} = ?$$

He	$V/2$
CO ₂	$V/4$
вода	$V/4$

1) По 3-му Менделеева - Крау-
нберга для ~~жидк~~ смеси с
углекислого газа.

$$p_0 \frac{V}{2} = V_{\text{He}} R T_0; V_{\text{He}} = \frac{p_0 V}{2 R T}$$

$$p_0 \frac{V}{4} = V_{\text{CO}_2} R T_0; V_{\text{CO}_2} = \frac{p_0 V}{4 R T}$$

$$\frac{V_{\text{He}}}{V_{\text{CO}_2}} = \frac{p_0 V}{2 R T_0} \cdot \frac{4 R T_0}{p_0 V} = 2$$

2)

He	$V/5$
CO ₂	
вода	$V/4$

По 3-му Менделеева - Крау-
нберга

$$\frac{p_0 V}{5} = V_{\text{He}} R T; \frac{p_0 V}{5} = 2 V_{\text{CO}_2} R T$$

$$\frac{11 p_0 V}{20} = (V_{\text{CO}_2} + \Delta V) R T \quad p = \frac{10 V_{\text{CO}_2} R T}{V}$$

$$\Delta V = \frac{k p_0 V}{5}$$

$$\frac{11 V}{20} \cdot \frac{10 V_{\text{CO}_2} R T}{V} = V_{\text{CO}_2} R T + \frac{k p_0 V}{5} R T$$

$$\frac{11}{2} V_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}_2} + \frac{k p_0 V}{5}$$

$$V = \frac{11 V_{\text{CO}_2} R T_0}{p_0}; \quad \frac{11}{2} V_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}_2} + \frac{k p_0 V}{5}$$

$$\frac{11}{2} = 1 + \frac{4 k p_0 T_0}{5 R T_0}; \quad \frac{11}{2} = \frac{9}{5} \frac{p_0 T_0}{p_0 T_0}$$

$$T_0 = \frac{11 \cdot 5}{2 \cdot 9 R}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{11}{2} - 1 = \frac{4}{5} k p_0 T_0$$

$$\frac{9}{2} = \frac{4}{5} k p_0 T_0 = 5 T_0 = \frac{9 \cdot 5}{4 \cdot 2} k R$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{7 \cdot 8 k R}{45} = \frac{8}{45} k R T = \frac{8}{45} \cdot 0,5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^3 = \frac{8}{45} \cdot 1,5 = \frac{8 \cdot 0,1}{3} = \frac{0,8}{3} = \frac{8}{30} = \frac{4}{15}$$

Ответ: 1) $\frac{V_{\text{He}}}{V_{\text{CO}_2}} = 2$

2) $\frac{T}{T_0} = \frac{4}{15}$ $\frac{T}{T_0} = \frac{15}{4}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

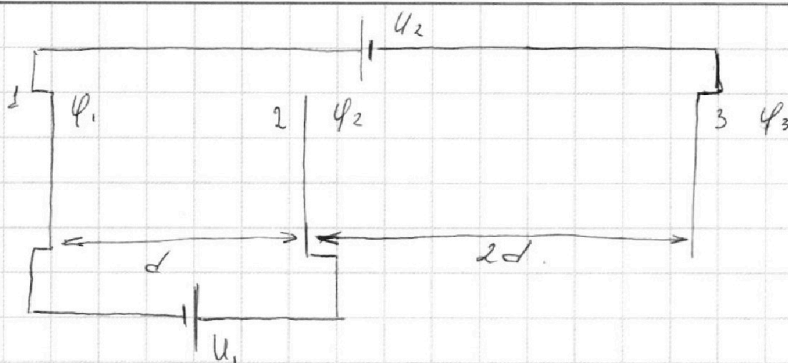
1 2 3 4 5 6 7



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



- $U_1 = U$
 $U_2 = 3U$
 m, d, q, ϵ_0
 1) $|a|$?
 2) $K_1 - K_2$?
 3) φ_4 ?

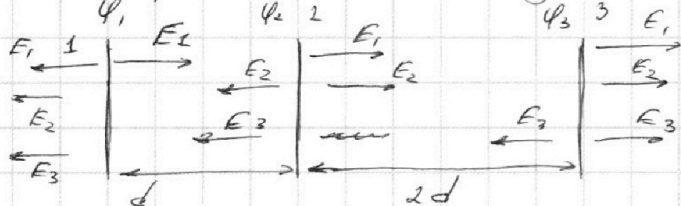


Примем потенциал пластинки 3 за нулевой:

$$\varphi_3 = 0, \text{ тогда } \varphi_1 = U_2 = U, \varphi_2 = U_2 + U_1 = 3U + U = 4U$$

Допустим, заряды на пластинках положительные

$q_1 > 0; q_2 > 0; q_3 > 0$. Тогда:



где E_1, E_2, E_3 — направления полей соответствующих пластинок. сеток

$$\begin{aligned} \text{Тогда: } \varphi_1 - \varphi_2 &= (E_1 - E_2 - E_3)d, & \varphi_2 - \varphi_3 &= (E_1 + E_2 - E_3)2d \\ 3U - 4U &= (E_1 - E_2 - E_3)d, & 4U - 0 &= (E_1 + E_2 - E_3)2d \\ U &= (E_3 + E_2 - E_1)d, & 4U &= (E_1 + E_2 - E_3)2d \end{aligned}$$

$$U_3 \quad \text{ЗСЗ: } q_1 + q_2 + q_3 = 0 \quad \left| \cdot \frac{1}{2\epsilon_0 S} \right.$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = 0.$$

Решая систему, найдем E_1, E_2, E_3 :

$$\begin{cases} 4U = (E_1 + E_2 - E_3) \cdot 2d, & \frac{2U}{d} = E_1 + E_2 - E_3; & \frac{2U}{d} = -E_2 - E_3 + E_2 - E_3 \\ U = (E_3 + E_2 - E_1) \cdot d, & & \frac{2U}{d} = -2E_3 \\ E_1 + E_2 + E_3 = 0, & E_1 = -(E_2 + E_3); & 4U = -E_2 - E_3 + E_2 - E_3 \\ & & 4U = -2E_3 \rightarrow E_3 = -\frac{2U}{d} \end{cases}$$

$$\frac{U}{d} = E_3 + E_2 - E_1; \quad \frac{U}{d} = -\frac{2U}{d} \quad E_3 + E_2 + E_2 + E_3$$

$$\frac{U}{d} = 2(E_2 + E_3); \quad \frac{U}{2d} = E_2 + E_3; \quad E_2 = \frac{U}{2d} - E_3 = \frac{U}{2d} + \frac{U}{d} = \frac{3U}{2d}$$

$$E_1 = -\left(\frac{3U}{2d} + \left(-\frac{U}{d}\right)\right) = \frac{U}{d} - \frac{3U}{2d} = \frac{2U - 3U}{2d} = -\frac{U}{2d}$$

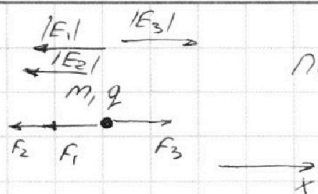
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



По з.и.н.: $\max = F_3 - F_2 - F_1$

$$\begin{aligned} \max &= |E_3|q - |E_2|q - |E_1|q = \\ &= \frac{Uq}{d} - \frac{3Uq}{2d} - \frac{Uq}{2d} = \\ &= \frac{Uq}{d} \left(1 - \frac{3}{2} - \frac{1}{2}\right) = \frac{Uq}{d} (1 - 2) = -\frac{Uq}{d} \Rightarrow \\ &\Rightarrow |a| = \frac{Uq}{md} \end{aligned}$$

2) По теореме о кинетической энергии:

$$K_2 - K_1 = A; \quad A = -d \cdot \frac{Uq}{d} \cdot F, \quad \text{где } F = \frac{Uq}{d} \left(\begin{array}{l} \text{результату} \\ \text{действия} \\ \text{всех сил,} \\ \text{действ. на} \\ \text{частицу} \end{array} \right)$$

$$K_2 - K_1 = -d \cdot \frac{Uq}{d}; \quad K_1 - K_2 = Uq$$

3) Найдем скорость ^{частицы} точки при прохождении ^{через} сетку 1:

По з. о кинетической энергии: $\frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = A_1$

A_1 - Поля за слева от сетки 1 нет, \Rightarrow когда частица пролетает через сетку 1 ее скорость - v_0 .

По теореме о кинетической энергии:

$$\frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = A_1, \quad A_1 = -\frac{d}{4} F_0 = -\frac{d}{4} \cdot \frac{Uq}{d} = -\frac{1}{4} Uq$$

$$\frac{m v_A^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = -\frac{Uq}{4}, \quad m v_A^2 = m v_0^2 - \frac{Uq}{2}$$

$$v_A^2 = v_0^2 - \frac{Uq}{2m} \Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{2m}}$$

Ответ: 1) $|a| = \frac{Uq}{md}$ 2) $K_1 - K_2 = Uq$ 3) $v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{Uq}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

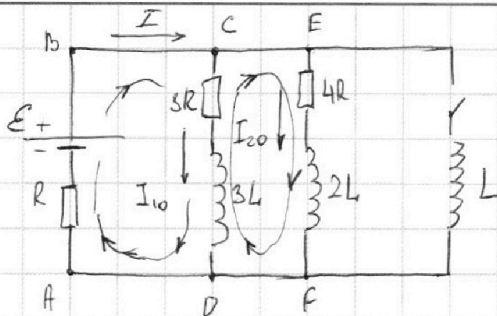
1 2 3 4 5 6 7



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



- 1) I_{10} - ?
- 2) $\frac{dI_L}{dt}$ - ?
- 3) q - ?



Решение:

1) В установившемся стационарном режиме напряжение на катушках равно нулю.

1-е правило Кирхгофа для узла C: $I = I_{10} + I_{20}$ (1)

2-е правило Кирхгофа для контуров ABCDA и ~~AEFE~~ ^{CEFDCE}

ABCDA: $\varepsilon = 3RI_{10} + RI$ (2)

CEFDCE: $0 = -3RI_{10} + 4I_{20}R$; $3RI_{10} = 4I_{20}R$;

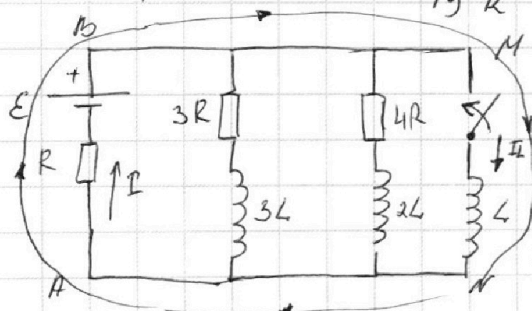
$I_{20} = \frac{3}{4}I_{10}$ (3)

Учитывая (1), (2) и (3):

$\varepsilon = 3RI_{10} + R\left(I_{10} + \frac{3}{4}I_{10}\right)$; $\varepsilon = 3RI_{10} + \frac{7}{4}RI_{10}$

$\varepsilon = \frac{19}{4}I_{10}R \Rightarrow I_{10} = \frac{4}{19} \frac{\varepsilon}{R}$

2)



Сразу после замыкания ключа ток в цепи останется таким же, как и непосредственно перед замыканием из-за катушек индуктивности в цепи.

2-е правило Кирхгофа для контура ABMNA:

ABMNA: $\varepsilon - L \frac{dI_L}{dt} = IR$; $I = I_{10} + I_{20} = I_{10} + \frac{3}{4}I_{10} = \frac{7}{4}I_{10} = \frac{7}{4} \cdot \frac{4}{19} \frac{\varepsilon}{R} = \frac{7\varepsilon}{19R}$

$\varepsilon - L \frac{dI_L}{dt} = \frac{7\varepsilon}{19R} \cdot R$; $L \frac{dI_L}{dt} = \varepsilon - \frac{7\varepsilon}{19}$; $L \frac{dI_L}{dt} = \frac{12\varepsilon}{19}$; $\frac{dI_L}{dt} = \frac{12\varepsilon}{19L}$

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

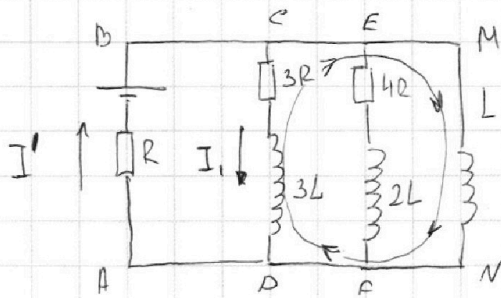
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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)



Рассмотрим цепь в произвольный момент времени t после замыкания ключа.

2-е правило Кирхгофа для контура:

$$-L \frac{dI_3}{dt} + 3L \frac{dI_1}{dt} = -3RI_1 \Big|_{dt}$$

$$-L dI_3 + 3L dI_1 = -3R dq$$

$$-L dI_3 + 3L dI_1 = -3R I_1 dt$$

$$I_1 dt = dq$$

$$L dI_3 - 3L dI_1 = 3R dq$$

Продифференцируем от момента замыкания ключа до момента, когда ток через $3R$ перестанет течь

$$L(I_3' - 0) - 3L(0 - I_{10}) = 3Rq$$

2-й закон Кирхгофа для контура $ABMNA$ когда τ цепи \gg $\tau_{усл}$ установится:

$$\mathcal{E} = I_3' R \Rightarrow I_3' = \frac{\mathcal{E}}{R} \text{ . Тогда:}$$

$$L \cdot \frac{\mathcal{E}}{R} + 3L \cdot \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R} = 3Rq ; \frac{L\mathcal{E}}{R} \left(1 + \frac{12}{19} \right) = 3Rq ; \frac{L\mathcal{E}}{R} \frac{31}{19 \cdot 3R} = q$$

$$q = \frac{31}{57} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{4}{19} \frac{\mathcal{E}}{R}$ 2) $\frac{dI_1}{dt} = \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}$ 3) $q = \frac{31}{57} \frac{L\mathcal{E}}{R^2}$

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

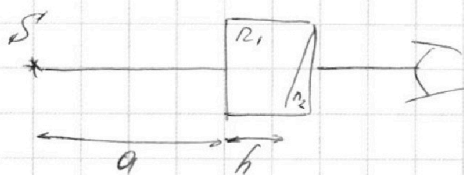
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

$n_1, n_2, n_3 = 1$
 $\alpha = 90^\circ$
 $d = 0,1 \text{ рад}$
 $h = 14 \text{ см}$

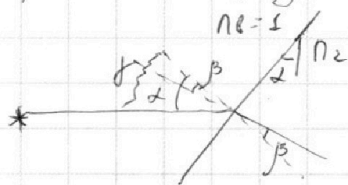


1) $n_1 = n_2 = n_3$
 $\delta = ?$

1) Лучи не будут преломляться проходя через левую призму, т.к. $n_3 = n_1$.

2) $n_1 = n_3 = 1,0$
 $n_2 = 1,7$, $l = ?$

Рассмотрим падение луча на левую поверхность треугольной призмы:



Из рисунка видно, что $\delta = \alpha - \beta$.

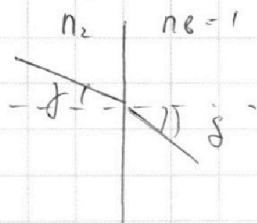
По 3-му закону Снеллиуса

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

$$d = \beta n_2 \Rightarrow \beta = \frac{d}{n_2}$$

$$\delta = \alpha - \frac{d}{n_2} = d \left(1 - \frac{1}{n_2} \right) \quad (\text{т.к. углы } \alpha \text{ и } \beta \text{ малые})$$

Теперь рассмотрим падение луча на правую поверхность призмы:



$$n_2 \sin \gamma = n_3 \sin \delta \quad \delta \approx \sin \delta \quad \gamma = \sin \gamma$$

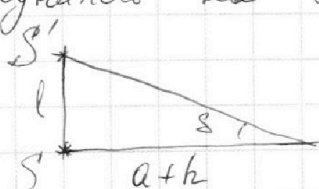
(т.к. δ и γ малые)

$$\sin \delta = n_2 \sin \gamma \quad \delta = n_2 \gamma$$

$$\delta = n_2 \cdot d \left(1 - \frac{1}{n_2} \right) = d (n_2 - 1) =$$

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

2) Т.к. угол δ мал, можно считать что изображение поднялось на высоту l над источником:



$$\tan \delta = \frac{l}{a+h} \quad \tan \delta \approx \delta \quad (\delta \text{ мал})$$

$$l = \delta (a+h) = 0,07 (90 + 14) = 7,28 \text{ см}$$

3) Оптическую систему можно представить как расположенные рядом плоскопараллельную пластину и две трех. призмы

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

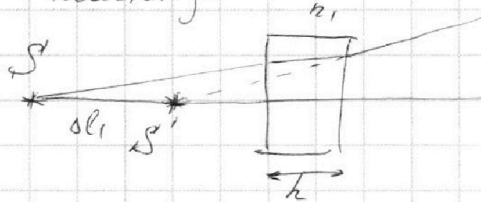
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

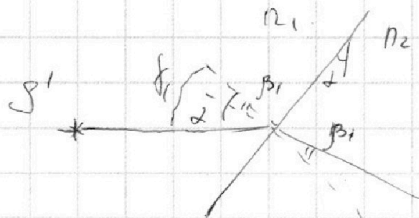


Рассмотрим падение лучей на плоскопараллельную пластину:



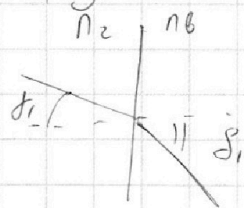
Изображение приблизится к ней на расстояние $\Delta l_1 = h(1 - \frac{1}{n_1})$

Затем лучи от мнимого источника S' начнут преломляться в пружинной призме с показателем n_2 . Рассмотрим преломление от левой пов-ти:



$$f_1 = \frac{d}{1 - \frac{n_1}{n_2}}$$

После этого луч преломится на левой правой пов-ти призмы:

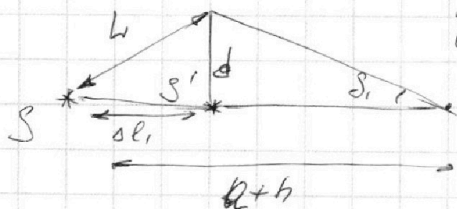


$$n_2 f_1 = n b f_1$$

$$n_2 f_1 = S_1 \quad S_1 = n_2 \frac{d}{1 - \frac{n_1}{n_2}}$$

$$S_1 = d(n_2 - n_1)$$

Изображение сдвинется вправо и поднимается вверх.



$$L = \sqrt{\Delta l_1^2 + d^2}$$

$$d = (n_2 - n_1) S_1; \Delta l_1 = h(1 - \frac{1}{n_1})$$

$$\Delta l_1 = 4 \text{ см}$$

$$d = 3,12 \text{ см}$$

$$L = \sqrt{4^2 + 3,12^2} \approx \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 1) 0,07 рад 2) 7,28 см 3) 5 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

МФТИ

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



$n_1, n_2, n_6 = 1,0$

$a = 90 \text{ см}$

$d = 0,1 \text{ рад}$

$h = 14 \text{ см}$

1) $n_1 = n_6 = n_2 = 1,7$

$\beta = ?$

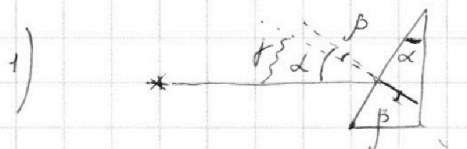
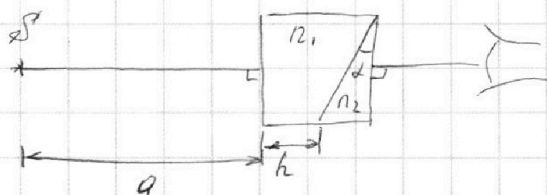
2) $n_1 = n_6 = 1,0$

$n_2 = 1,7$

3) $n_1 = 1,4$

$n_2 = 1,7$

$L = ?$



Лучи не будут преломляться, проходя через 1-ю призму, т.к. $n_1 = n_6$.

Из рисунка видно, что $f = d - \beta$.

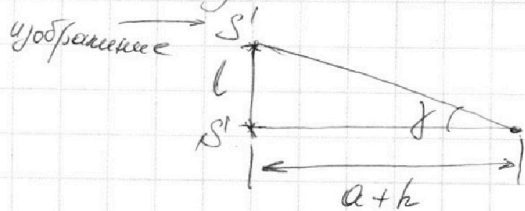
По 3-му Снеллиуса: $n_6 \sin d = n_2 \sin \beta$

т.к. углы d и β - малые: $\sin d \approx d$; $\sin \beta \approx \beta$

$$n_6 \cdot d = n_2 \cdot \beta ; \beta = \frac{n_6 d}{n_2}$$

$$f = d - \beta = d - d \frac{n_6}{n_2} = d \left(1 - \frac{n_6}{n_2}\right) = 0,1 \left(1 - \frac{1}{1,7}\right) = 0,1 \left(\frac{1,7-1}{1,7}\right) = 0,1 \left(\frac{0,7}{1,7}\right) = 0,1 \cdot \frac{7}{170} = \frac{7}{170} \approx 0,04 \text{ рад}$$

2) Так как угол f - малый, можно считать что **клеточка** изображена под углом на высоту l над источником:



$$\alpha = \tan f = \frac{l}{a+h}$$

$$l = \tan f (a+h) \quad \tan f \approx f \quad (f \text{ - малый угол})$$

$$l = f (a+h) = 0,04 (90 + 14) = 4,16 \text{ см}$$

3) Оптическую систему можно представить как плоскопараллельную пластину с показателем преломления n_1 и шириной h и две тонкие треугольные призмы с показателями преломления n_1 и n_2 .



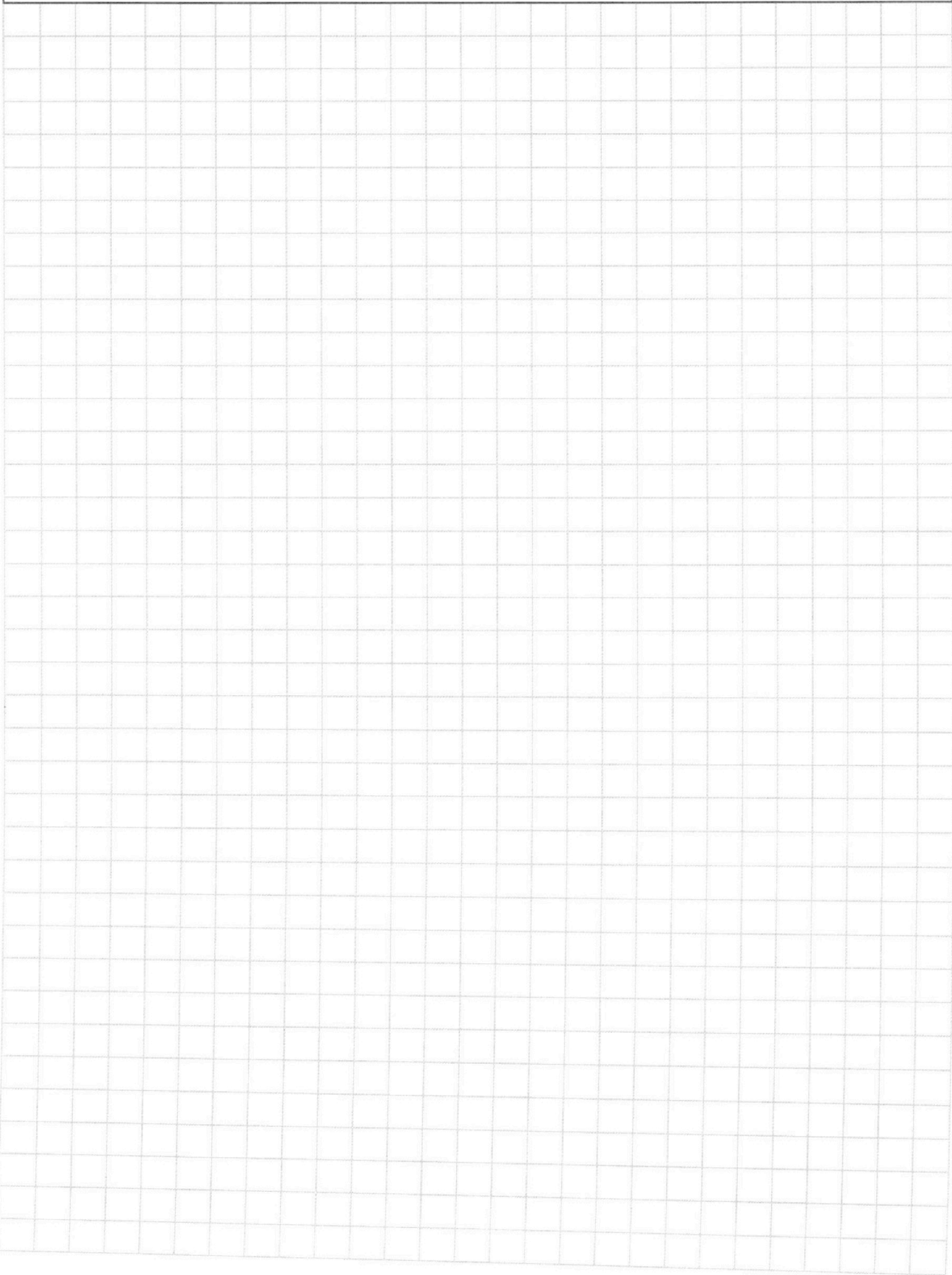
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 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.

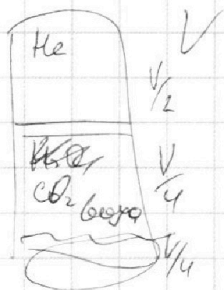
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

№ 2



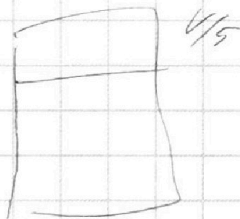
$$p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2} \quad T_0$$

$$V_0 = \frac{V}{4}$$

$$T = 373 \text{ K}$$

$$\Delta U = k W p$$

$$k = 95 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мол} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^3 \cdot \text{моль}}$$



при T моль He $p = \text{атм}$

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

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_{\text{He}} RT$$

$$p_0 \frac{V}{4} = \nu_{\text{CO}_2} RT$$

$$\nu_{\text{He}} = \frac{p_0 V}{2 RT}$$

$$\nu_{\text{CO}_2} = \frac{p_0 V}{4 RT}$$

$$\frac{4}{19} =$$

$$V = \frac{V}{9} - \frac{V}{4} = \frac{20V - 4V - 5V}{20} = \frac{11}{20} V$$

$$\frac{40}{30} \left| \frac{15}{926} \right| \frac{100}{100}$$

$$\nu_{\text{He}} = 2 \nu_{\text{CO}_2}$$

$$\frac{pV}{9} = 2 \nu_{\text{CO}_2} RT$$

$$\frac{11 pV}{20} = \left(\nu_{\text{CO}_2} + \frac{k p_0 V}{9} \right) RT$$

$$p = \frac{20 \nu_{\text{CO}_2} RT}{V}$$

$$\frac{10 \nu_{\text{CO}_2} RT}{20} \frac{11}{20} = \nu_{\text{CO}_2} + \frac{k p_0 V}{9} RT$$

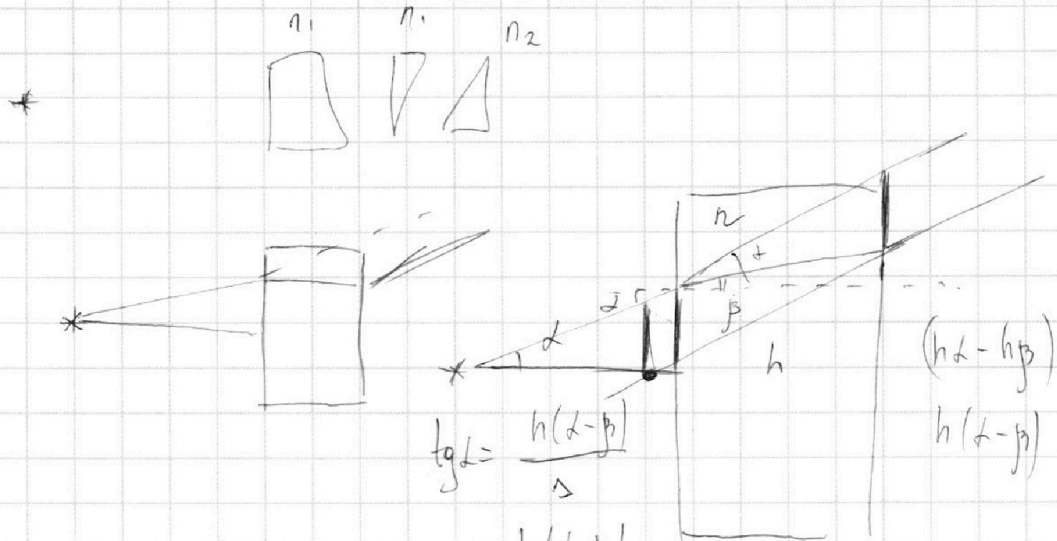
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



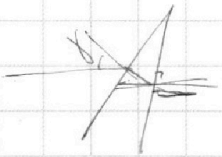
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h(\alpha - \beta)}{\Delta}$$

$$\Delta = \frac{h(\alpha - \beta)}{\alpha}$$

$$n \alpha = n \beta$$

$$\beta = \frac{\alpha}{n}$$

$$\frac{h \left(\alpha - \frac{\alpha}{n} \right)}{\alpha} = h \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$



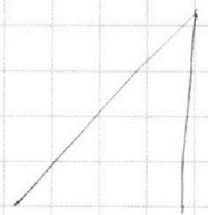
907. (104)

$$\frac{100}{7} = 14 \frac{2}{7}$$

$$\Delta l_1 = 14 \left(1 - \frac{1}{1,4} \right) = 14 \left(\frac{0,4}{1,4} \right) = 14 \frac{4}{14} = 4 \text{ см}$$

$$\Delta l_2 = 0,1 (1,7 - 1,4) = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03$$

$$d = (90 + 10) \cdot 0,03 = \frac{104 \cdot 3}{100} = \frac{312}{100} = 3,12$$





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!

$$1500 \cdot \frac{3}{4} + 24 \cdot 10 = 375 \cdot 3 + 240 =$$

$$\begin{array}{r} 2 \ 1 \\ \times 375 \\ \quad 3 \\ \hline 1125 \end{array}$$

$$= 1125 + 240 =$$

$$= 1365 \text{ и}$$

$$\begin{array}{r} 7500 \ / \ 4 \\ -12 \\ \hline 30 \\ -28 \\ \hline 20 \\ -20 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \ 2 \\ \times 375 \\ \quad 4 \\ \hline 1500 \end{array}$$

$$\frac{225}{300} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$1500 \cdot \frac{3}{4} + 240$$

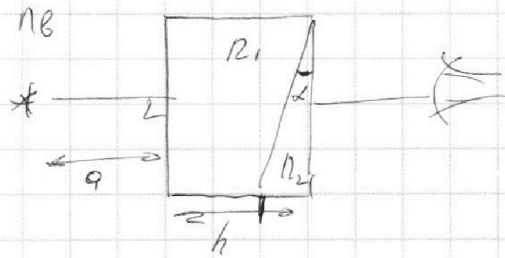
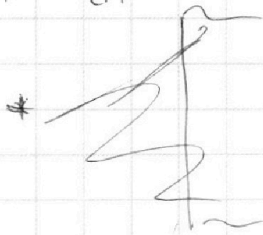
$$\begin{array}{r} 2 \ 1 \\ \times 375 \\ \quad 3 \\ \hline 1125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1125 \\ + 240 \\ \hline 1365 \end{array}$$

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot v$$

$$P = \frac{A}{dt} = \frac{F_0 \cdot d \cdot \delta}{dt} = F_0 \cdot \delta \cdot \frac{d}{dt}$$

4)

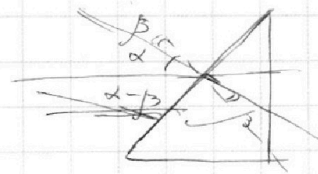
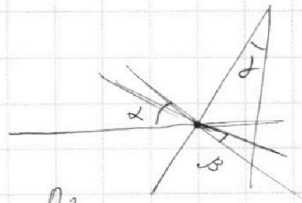
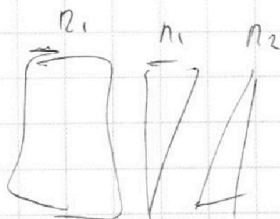


1)

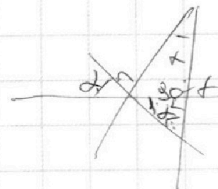
$$n_1 = n_6$$

$$n_2 = 1,7$$

$$\gamma = ?$$



$$2n_6 = \beta$$



$$\begin{array}{r} 200 \ / \ 170 \\ -680 \\ \hline 904,01 \\ \hline 200 \end{array}$$

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!

$$\max = \frac{(u_2 + u_1)q}{4d} - \frac{q(u_2 + 3u_1)}{4d} = \frac{u_1 q}{2d} \quad \begin{matrix} u_2 = 3u_1 \\ u_1 = u \end{matrix}$$

$$\max = \frac{-4uq}{4d} - \frac{q(6u)}{4d} - \frac{uq}{2d} = \frac{uq}{d} - \frac{3uq}{2d} - \frac{uq}{2d} =$$

$$= \frac{uq}{d} - \frac{4uq}{2d} = \frac{uq}{d} - 2\frac{uq}{d} = -\frac{uq}{d}$$

$$|q| = \frac{q}{d}$$

~~k₁~~ k₁ - k₂

3С3: $\frac{m u_0^2}{2} = k_1 + \psi_{10} q$

$$\frac{m u_0^2}{2} = k_2 + \psi_{20} q$$

$$F_3 = \frac{44q}{4d}$$

m = 1500 кг

g = const

F_k = 600 Н

F_{сomp} ~ v

$$\frac{225}{300} = \frac{u}{60} = \frac{9}{12} = \frac{3}{4} \quad \frac{225/5}{25/45}$$

$$\begin{array}{r} 30 \overline{) 4} \\ -28 \\ \hline 20 \end{array} \quad \begin{array}{r} 9 \overline{) 11} \\ -20 \\ \hline 11 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,0 \overline{) 4} \\ -28 \\ \hline 20 \end{array} \quad \begin{array}{r} 23 \cdot 9 \\ \hline 29 \cdot 12 \end{array}$$

24 · 25 =

$$\begin{array}{r} 600 \\ -50 \\ \hline 100 \\ -1000 \end{array} \quad \begin{array}{r} 25 \\ \hline 24 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,2 = \\ 29 \\ \times 24 \\ \hline 100 \\ +50 \\ \hline 680 \end{array}$$

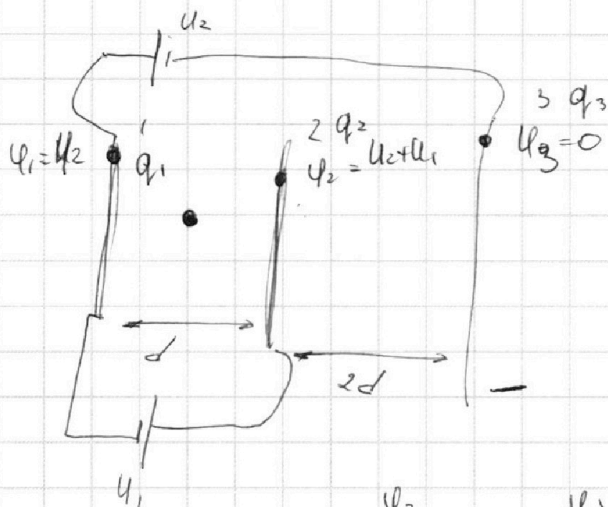
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



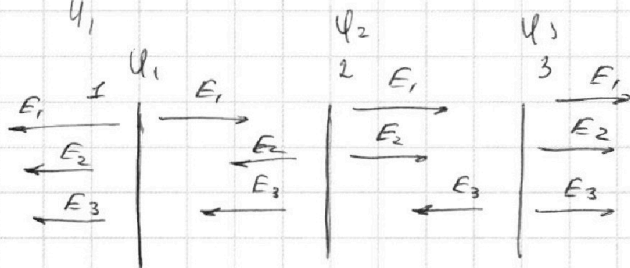
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

Допустим

$$q_1 > 0 \quad q_2 > 0 \quad q_3 > 0!$$



$$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_2 = \frac{q_2}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_3 = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S}$$

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

$$\varphi_2 - \varphi_3 = 2d (E_1 + E_2 - E_3)$$

$$U_2 - (U_2 + U_1) = d \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right)$$

$$-2\epsilon_0 S U_1 = d (q_1 - q_2 - q_3) \quad -\frac{2\epsilon_0 S}{d} U_1 = q_1 - q_2 - q_3$$

$$q_3 + q_2 - q_1 = \frac{2\epsilon_0 S}{d} U_1$$

$$U_2 + U_1 - 0 = 2d \left(\frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right)$$

$$\frac{(U_2 + U_1) \cdot \epsilon_0 S}{d} = q_1 + q_2 - q_3$$

$$\epsilon_0 S \frac{(U_2 + U_1)}{d} = q_1 + q_2 - q_3$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



$$q_1 + q_2 + q_3 = 0; \quad q_1 = -q_2 - q_3 = -(q_2 + q_3)$$

$$q_3 + q_2 - q_1 = \frac{2\epsilon_0 S}{d} U_1$$

$$q_3 + q_2 + q_2 + q_3 = \frac{2\epsilon_0 S U_1}{d}$$

$$q_1 + q_2 - q_3 = \epsilon_0 S \frac{(U_2 + U_1)}{d}$$

$$2(q_3 + q_2) = \frac{2\epsilon_0 S U_1}{d}$$

$$q_3 + q_2 = \frac{\epsilon_0 S U_1}{d}$$

$$-q_2 - q_3 + q_2 - q_3 = \epsilon_0 S \frac{(U_2 + U_1)}{d}$$

$$-2q_3 = \frac{\epsilon_0 S (U_2 + U_1)}{d}$$

$$q_3 = -\frac{\epsilon_0 S (U_2 + U_1)}{2d}$$

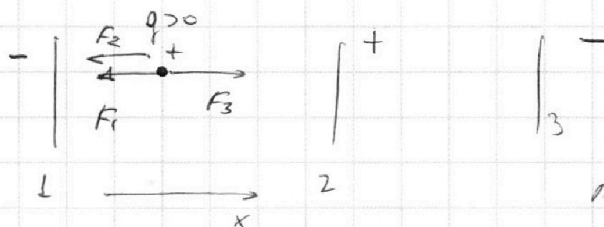
$$q_2 - \frac{\epsilon_0 S (U_2 + U_1)}{2d} = \frac{\epsilon_0 S U_1}{d}$$

$$q_2 = \frac{\epsilon_0 S (U_2 + U_1)}{2d} + \frac{2\epsilon_0 S U_1}{2d} = \frac{\epsilon_0 S U_2 + \epsilon_0 S U_1 + 2\epsilon_0 S U_1}{2d} =$$

$$= \frac{\epsilon_0 S U_2 + 3\epsilon_0 S U_1}{2d} = \frac{\epsilon_0 S (U_2 + 3U_1)}{2d}$$

$$q_1 = -\frac{\epsilon_0 S (U_2 + 3U_1)}{2d} + \frac{\epsilon_0 S (U_2 + U_1)}{2d} = \frac{\epsilon_0 S}{2d} (-U_2 - 3U_1 + U_2 + U_1)$$

$$q_1 = \frac{\epsilon_0 S}{2d} (-2U_1) = -\frac{\epsilon_0 S U_1}{d}$$



$$\max = F_3 - F_2 - F_1$$

$$\max = E_3 q - E_2 q - E_1 q$$

$$\max = \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} q - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} q - \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} q$$

$$\max = \frac{\epsilon_0 S (U_2 + 3U_1)}{2d} \cdot \frac{q}{2\epsilon_0 S} - \frac{\epsilon_0 S (U_2 + U_1)}{2d} \cdot \frac{q}{2\epsilon_0 S} - \frac{\epsilon_0 S U_1}{d} \cdot \frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

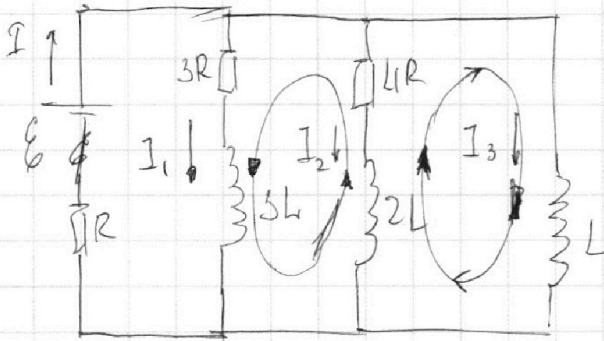
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$-3L \frac{dI_1}{dt} + 2L \frac{dI_2}{dt} = 3I_1 R - 4I_2 R$$

$$-L \frac{dI_3}{dt} + 2L \frac{dI_2}{dt} = 4I_2 R$$

$$-3L \frac{dI_1}{dt} + L \frac{dI_3}{dt} = 3I_1 R \quad | \cdot dt$$

$$-3L dI_1 + L dI_3 = 3I_1 R dt$$

$$-3L \Delta I_1 + L \Delta I_3 = 3 \Delta q_1 R$$

$$L(I_3' - 0) - 3L(0 - I_1) = 3q_1 R$$

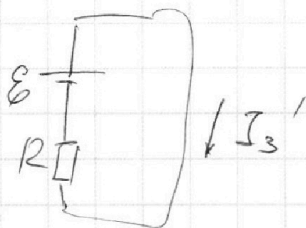
$$L \frac{q}{R} + 3L \frac{4q}{19R} = 3q_1 R$$

$$\frac{Lq}{R} \left(1 + \frac{12}{19} \right) = 3q_1 R$$

$$\frac{Lq}{5R^2} \left(\frac{19+12}{19} \right) = q_1$$

$$\frac{Lq}{5R^2} \frac{31}{19} = q_1 \quad | \cdot \frac{31}{57} \quad \frac{Lq}{R^2} = q_1$$

$$0,04 \cdot 104 = \frac{4104}{100} = \frac{416}{25} = 16,64$$



$$\varepsilon = I_3' R$$

$$I_3' = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$\frac{7 \cdot 103}{170}$$

$$\frac{7}{170} =$$

$$\frac{700}{680} \Big/ \frac{170}{200} = 0,0409$$

$$0,04 \cdot 104$$

$$\begin{array}{r} \times 100 \\ 4 \\ \hline 0,416 \end{array}$$

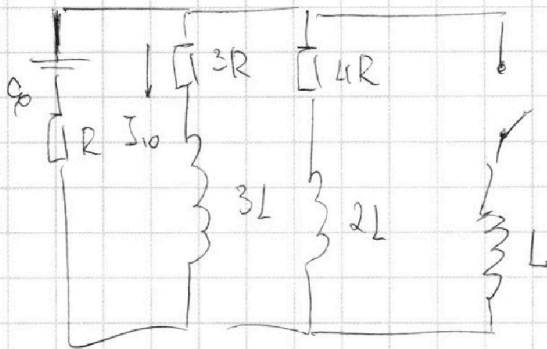
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$0 = I_{10}$$

$$\mathcal{E} = I_{10} \cdot 3R + (I_{10} + I_{20}) R$$

$$\mathcal{E} = 3I_{10} R + I_{10} R + I_{20} R$$

$$\mathcal{E} = 4I_{10} R + I_{20} R$$

$$\mathcal{E} = 4I_{10} R + \frac{\mathcal{E}}{5} - \frac{I_{10} R}{5}$$

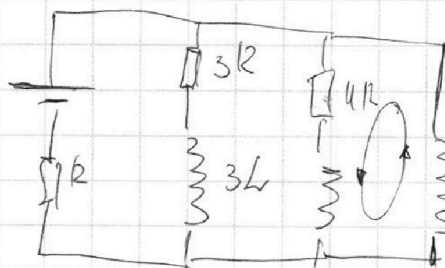
$$\mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{5} = 4I_{10} R - \frac{I_{10} R}{5}$$

$$\frac{4}{5} \mathcal{E} = \frac{10I_{10} R - I_{10} R}{5} =$$

$$\frac{4}{5} \mathcal{E} = \frac{9I_{10} R}{5}$$

$$\frac{4 \mathcal{E}}{19R} = I_{10}$$

2)



$$L \frac{dI}{dt} = 4R \cdot I_{20}$$

$$\frac{4 \mathcal{E}}{19R} = I_{10}$$

$$\frac{4 \mathcal{E}}{19R} = I_{10}$$

$$I = I_{10} + I_{20}, \quad \mathcal{E} =$$

$$\mathcal{E} = I_{10} 3R + I R$$

$$\mathcal{E} = I R + I_{20} \cdot 4R$$

$$\mathcal{E} = (I_{10} + I_{20}) R + I_{20} \cdot 4R$$

$$\mathcal{E} = I_{10} R + I_{20} R + I_{20} \cdot 4R$$

$$\mathcal{E} = I_{10} R + 5I_{20} R$$

$$\mathcal{E} - 5I_{20} R = I_{10} R$$

$$\mathcal{E} - I_{10} R = 5I_{20} R$$

$$\frac{\mathcal{E}}{R} - I_{10} = 5I_{20}$$

$$\frac{\mathcal{E}}{5R} - \frac{I_{10}}{5} = I_{20}$$