



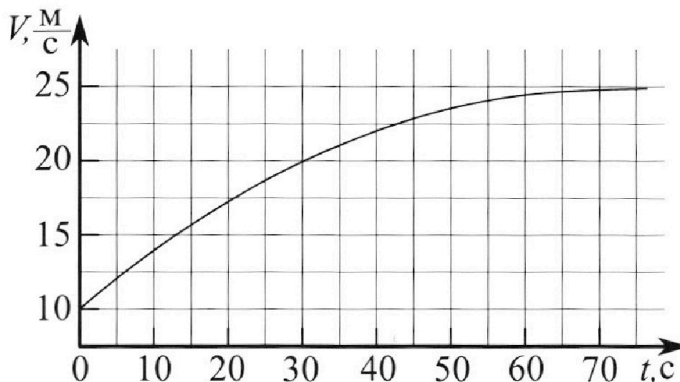
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



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

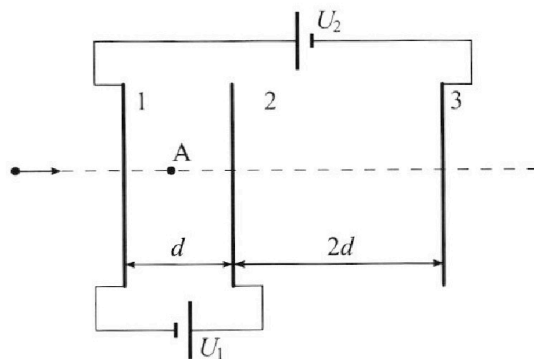
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 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 $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (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.



- 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 A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

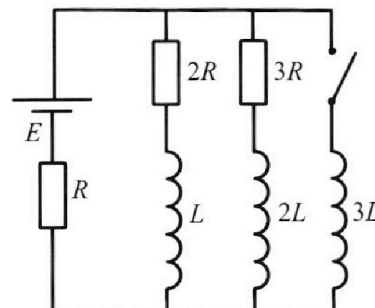
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

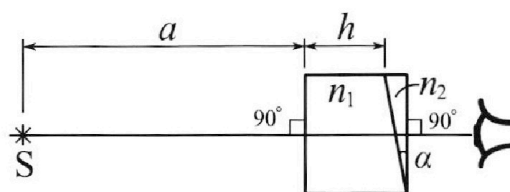


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

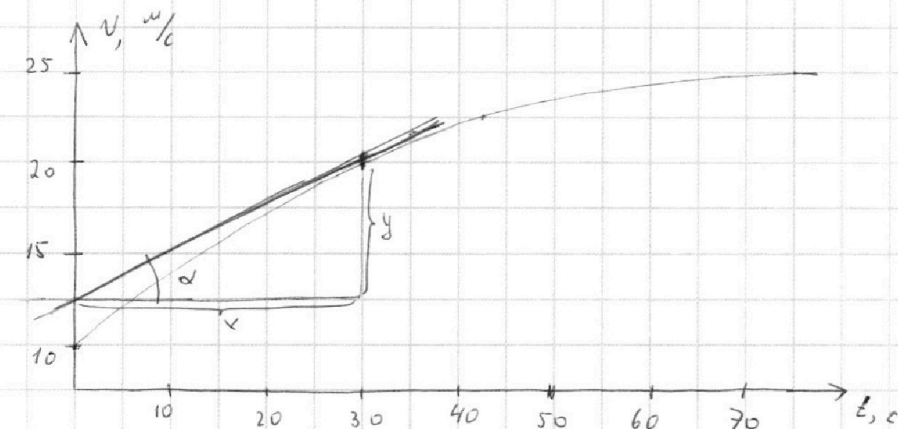
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



1) $a_1 = v_1' = \operatorname{tg} \alpha$, где α - угол наклона касательной к
графику $v(t)$ в точке $t=30$ (с)

Из графика видно, что $\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x} = \frac{1}{2} \Rightarrow a_1 = 0,5 \text{ м/с}^2$

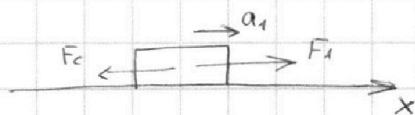
2) В конце разгона ускорение автомобиля $0 \Rightarrow$ по 2ЗН:

$F_k - F_{ck} = 0$, где $F_{ck} = k v_2$ - сила сопротивления.

k - коэффициент пропорциональности
 $v_2 = 25 \text{ м/с}$ - конечная скорость

$$\Rightarrow F_k = k v_2 \quad k = \frac{F_k}{v_2}$$

2ЗН для автомобиля в момент, когда скорость равна v_1 :



$$x: F_1 - F_c = m a_1$$

$$F_1 - k v_1 = m a_1$$

$$F_1 - \frac{F_k}{v_2} v_1 = m a_1$$

$$\Rightarrow F_1 = m a_1 + \frac{F_k v_1}{v_2} = 1300 \text{ Н}$$



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!

3) Мгновенная мощность: $P_1 = F_1 u_1 = 26000 \text{ Вт} = 26 \text{ кВт}$

Ответ: $a_1 = 0,5 \text{ м/с}^2$

$F_1 = 1300 \text{ Н}$

$P_1 = 26 \text{ кВт}$

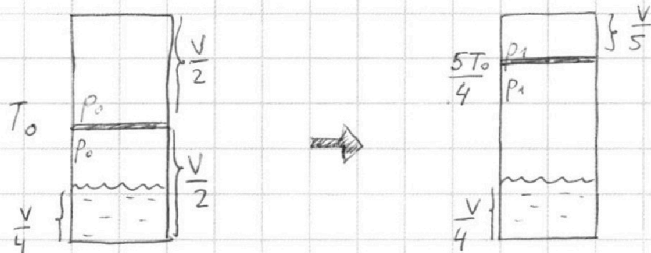
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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) По ур-ю Менделеева-Клапейрона для углекислого газа в начальном состоянии в верхней и нижней частях:

$$p_0 \frac{V}{2} = \nu_B R T_0 \Rightarrow \nu_B = \frac{p_0 V}{2 R T_0} \Rightarrow \frac{\nu_B}{\nu_H} = 2$$

$$p_0 \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = \nu_H R T_0 \Rightarrow \nu_H = \frac{p_0 V}{4 R T_0}$$

2) Начальное давление в сосуде $p_0 = \frac{4 \nu_H R T_0}{V}$ создается газобразным CO_2 . Он растворен в воде в количестве:

$$\Delta \nu = k p_0 \frac{V}{4} = k \frac{4 \nu_H R T_0}{V} \frac{V}{4} = \nu_H k R T_0$$

После нагревания воды весь CO_2 вышел из нее $\Rightarrow$ его количество в газобразном состоянии $\nu_2 = \nu_H + \Delta \nu = \nu_H (k R T_0 + 1)$

При этом он занимает объем $V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11}{20} V$

т.е. если давление CO_2 равно p , то: $p \cdot \frac{11}{20} V = \nu_H (k R T_0 + 1) \cdot R \cdot \frac{5}{4} T_0$

$$p = \frac{25 \nu_H (k R T_0 + 1) R T_0}{11 V}$$

Для газа в верхней части после нагревания кол-во в-ва не изменилось, а давление стало p_1

$$p_1 \frac{V}{5} = \nu_B R \cdot \frac{5}{4} T_0 \Rightarrow \nu_B = \frac{4 p_1 V}{25 R T_0}$$

т.к. $\frac{\nu_B}{\nu_H} = 2$, то $\nu_H = \frac{2 p_1 V}{25 R T_0}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Значит
$$P = \frac{25 RT_0 (kRT_0 + 1)}{11V} \cdot \frac{2P_1 V}{25 RT_0} = \frac{2 (kRT_0 + 1)}{11} P_1$$

В конечном состоянии давление в верхней части P_1 , а поршень в равновесии $\Rightarrow$ в нижней части давление P_1 . Оно состоит из давления CO_2 , т.е. P и давление паров воды, которое при тем-ре $\frac{5T_0}{4} = 373 \text{ K}$ равно P_A

т.е.

$$P_1 = P_A + P$$

$$P_1 = P_A + \frac{2}{11} (kRT_0 + 1) P_1$$

$$P_1 = \frac{P_A}{1 - \frac{2}{11} (kRT_0 + 1)}$$

Записав ур-е Менделеева-Клапейрона для CO_2 в верхней части поршко до и после нагрева:

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

$$P_1 \frac{V}{5} = \nu R \cdot \frac{5T_0}{4} \Rightarrow P_0 = \frac{8}{25} P_1$$

т.е.
$$P_0 = \frac{8}{25} \cdot \frac{P_A}{1 - \frac{2}{11} (kRT_0 + 1)} = \frac{88}{175} P_A$$

Ответ:

$$\frac{V_0}{V_1} = 2$$

$$P_0 = \frac{8}{25 \left(1 - \frac{2}{11} (kRT_0 + 1) \right)} P_A = \frac{88}{175} P_A$$

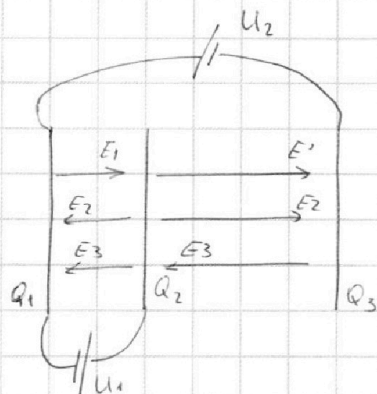
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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) после подключения источников пластины получили заряды Q_1, Q_2, Q_3 .

Разность потенциалов между 1 и 2 пластинками: U_1
 между 1 и 3 пластинками U_2
 т.е. между 2 и 3: $U_1 + U_2$

Пусть S - площадь пластин. Предположим, что
 $Q_1 > 0, Q_2 > 0, Q_3 > 0$.

Тогда:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

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

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

где $E_1 = \frac{|Q_1|}{2S} = \frac{Q_1}{2S}$

$E_2 = \frac{|Q_2|}{2S} = \frac{Q_2}{2S}$

$E_3 = \frac{|Q_3|}{2S} = \frac{Q_3}{2S}$

с учетом того, что $U_1 = U; U_2 = 4U$
 т.е.

$$\begin{cases} Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \\ \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{2S} d = U \\ \frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{2S} \cdot 2d = -5U \end{cases}$$

$\Rightarrow$

$$\begin{cases} Q_1 = \frac{5US}{d} \\ Q_2 = -\frac{7US}{2d} \\ Q_3 = \frac{5US}{2d} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = \frac{5U}{2d} \\ E_2 = \frac{7U}{4d} \\ E_3 = \frac{5U}{4d} \end{cases}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

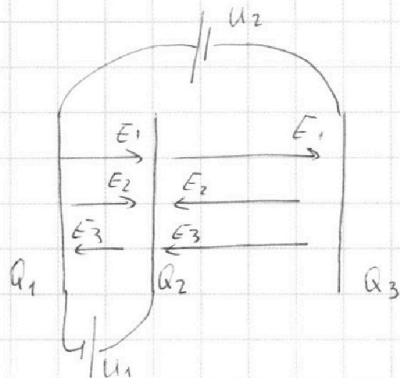
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



Нарисуем картинку нашей, соответствующую реальным
зарядкам.



Таким образом, для частицы между сетками 1 и 2:

$$(E_1 + E_2 - E_3) q = m a_{12}$$

$$a_{12} = \frac{U q}{m d}$$

2) ~~Энергия~~ Энергия частицы в потенциальном
электростатическом поле сохраняется.

$\Rightarrow K_1 + q\varphi_1 = K_2 + q\varphi_2$, где φ_1, φ_2 - потенциалы 1 и 2 сеток

$$K_1 - K_2 = q(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$K_1 - K_2 = q U, \quad \text{т.к. } U_1 = U$$

т.к. $U_1 = U$:

~~Энергия~~

$$K_1 - K_2 = q U$$

3) скорость частицы у сетки 2 равна U_0 .

по ЗСЭ: $\frac{m U_0^2}{2} + q \varphi_1 = \frac{m U_A^2}{2} + q \varphi_A$

$$\frac{m U_A^2}{2} = \frac{m U_0^2}{2} + q(\varphi_1 - \varphi_A)$$

$$\varphi_1 - \varphi_A = (E_1 + E_2 - E_3) \cdot \frac{d}{3} = \frac{U}{3} \Rightarrow \frac{m U_A^2}{2} = \frac{m U_0^2}{2} + \frac{q U}{3}$$

$$U_A = \sqrt{U_0^2 + \frac{2 q U}{3 m}}$$

Ответ:

$$a_{12} = \frac{U q}{m d}$$

$$K_1 - K_2 = q U$$

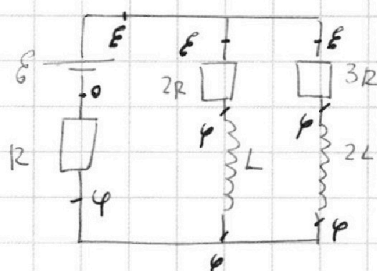
$$U_A = \sqrt{U_0^2 + \frac{2 q U}{3 m}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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



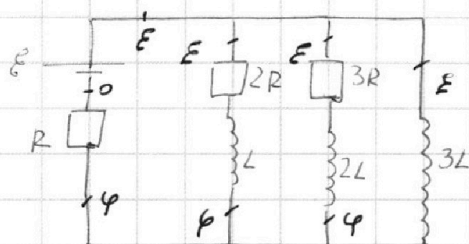
1) ключ разомкнут.
уст. режим $\Rightarrow U_L = U_{2L} = 0$

воспользуемся методом потенциалов

303 для узла:
$$\frac{\varphi - 0}{R} = \frac{E - \varphi}{2R} + \frac{E - \varphi}{3R}$$

$$\varphi = \frac{5E}{11}$$

$$\Rightarrow I_{10} = \frac{E - \varphi}{2R} = \frac{6E}{11 \cdot 2R} = \frac{3E}{11R}$$



2) сразу после замыкания ключа,
ток через катушки скачком
не меняется

$$\Rightarrow I_L = I_{10}$$

$$I_{3L} = 0$$

воспользуемся методом
потенциалов

П.к. ток через катушки не изменился, то ток через R не
изменился $\Rightarrow U_R$ не изменился. $U_R = \varphi$

~~$$U_{3L} = E - \varphi = \frac{6E}{11}$$~~

$$\Rightarrow U_{3L} = E - \varphi = \frac{6E}{11}$$

или тогда $U_{3L} = 3L \cdot I'_{3L} \Rightarrow I'_{3L} = \frac{U_{3L}}{3L} = \frac{6E}{11 \cdot 3L} = \frac{2E}{11L}$



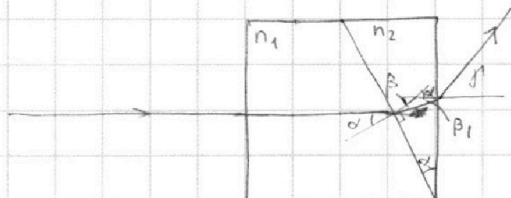
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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) все углы малы.

Запишем закон преломления для луча переходящего из n_1 в n_2 :

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

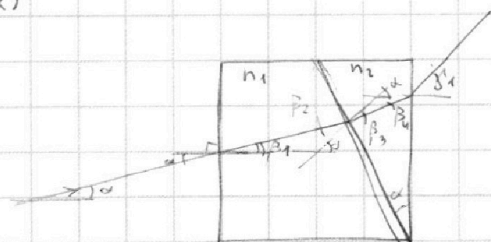
для луча переходящего из n_2 в воздух:

$$n_2 \sin \beta_1 = n \sin \alpha'$$
$$n_2 \beta_1 = n \alpha' \Rightarrow \alpha' = \frac{n_2}{n} \beta_1$$

$$\beta_1 = \alpha - \beta = \alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha = \frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha$$

$$\Rightarrow \alpha' = \frac{n_2}{n} \frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha = \frac{n_2 - n_1}{n} \alpha = 0,07 \text{ рад}$$

2)



пусть луч из источника под углом α к горизонту
и пройдем за его ходом.

Запишем несколько раз закон преломления с
учетом, что все углы малы, т.е. $\sin \varphi \approx \varphi$

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!



$$n_1 \alpha = n_1 \beta_1 \Rightarrow \beta_1 = \frac{n_2 - n_1 + n_e}{n_1} \alpha$$

$$\beta_2 = \alpha - \beta_1 = \alpha \frac{n_1 - n_e}{n_1}$$

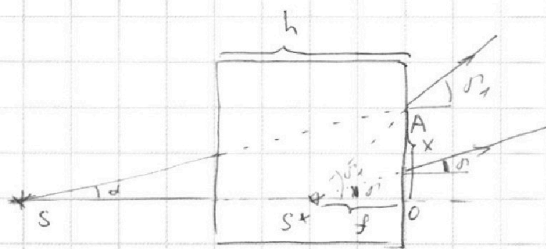
$$n_1 \beta_2 = n_2 \beta_3 \Rightarrow \beta_3 = \frac{n_1}{n_2} \beta_2 = \alpha \frac{n_1 - n_e}{n_2}$$

$$\beta_4 = \alpha - \beta_3 = \alpha \frac{n_2 - n_1 + n_e}{n_2}$$

$$n_2 \beta_4 = n_e \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_2}{n_e} \beta_4 = \alpha \frac{n_2 - n_1 + n_e}{n_e}$$

Заметим также, что из-за равенства углов падения α продолжение падающего луча попадает в точку выхода преломленного луча из системы.

Рассмотрим на рисунке чертёж ход двух лучей



S^* - виртуальное изображение

$$\text{из } \triangle SOA: \tan \alpha = \frac{CA}{SO} = \frac{x}{a+h} \approx \alpha$$

$$\text{из } \triangle S^*OA: \tan \beta_1 = \frac{x}{f} \approx \beta_1$$

$$\Rightarrow \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{f}{a+h} = \frac{\alpha n_e}{\alpha (n_2 - n_1 + n_e)}$$

$$\Rightarrow f = \frac{(a+h) n_e}{n_2 - n_1 + n_e}$$

тогда расстояние от изображения до предмета

$$d_1 = \frac{a+h}{1,7} \approx 120 \text{ см}$$

3) Ход лучей аналогичен ходу лучей пункта 2, т.е.

$$d_2 = \frac{a+h}{1,2} \approx 170 \text{ см}$$

Ответ: $\beta = 0,07 \text{ рад}$

$$d_1 = 120 \text{ см}$$

$$d_2 = 170 \text{ см}$$

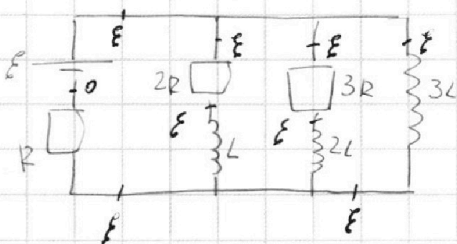
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



3) Ключ замкнут
уст. режим $\Rightarrow$ напряжения на
катушках нет.

воспользуемся методом потенциалов

П.к. $U_{2R} = U_{3R} = 0$, то $I_{2R} = I_{3R} = 0$
 или иначе $I_{3L} = I_R = \frac{\varepsilon}{R}$

В Δ время процесса $U_{2R} + U_L = U_{3L}$ всегда

$$2R I_{2R} + L I_L' = 3L I_{3L}'$$

$$2R I_{2R} + L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = 3L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t}$$

$$2R \frac{I_{2R} \Delta t}{= \Delta q_{2R}} + L \Delta I_L = 3L \Delta I_{3L}$$

проинтегрируем за время, пока ключ замкнут:

$$2R \Sigma \Delta q_{2R} + L \Sigma \Delta I_L = 3L \Sigma \Delta I_{3L}$$

$$2R q_{2R} + L (0 - I_{10}) = 3L \left(\frac{\varepsilon}{R} - 0 \right)$$

$$q_{2R} = \frac{18L\varepsilon}{11R^2}$$

Отскан: $I_{10} = \frac{3\varepsilon}{11R}$

$$I_{3L}' = \frac{2\varepsilon}{11L}$$

$$q_{2R} = \frac{18L\varepsilon}{11R^2}$$

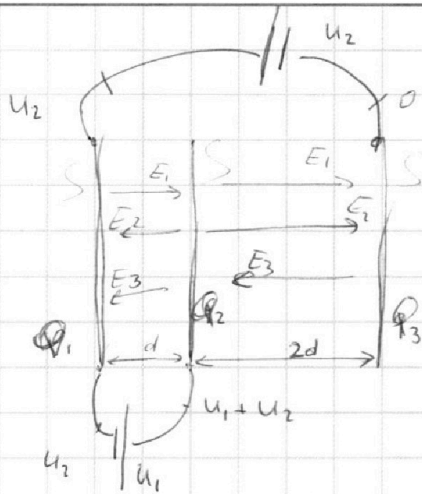
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$E_1 = \frac{Q_1}{2S}$$

вытб $Q_1, Q_2, Q_3 > 0$

$$E_2 = \frac{Q_2}{2S}$$

$$E_3 = \frac{Q_3}{2S}$$

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

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

$$Q_1 - Q_2 - Q_3 = \frac{2U_1 S}{2d}$$

$$Q_1 + Q_2 - Q_3 = \frac{2(U_1 + U_2) S}{2d}$$

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 - \frac{(U_1 + U_2) S}{d}$$

$$Q_2 = Q_1 - Q_3 - \frac{2U_1 S}{d}$$

$$\begin{aligned} \frac{U_1 S}{d} &= Q_1 = \frac{U_1 S}{d} \\ -\frac{7U_1 S}{2d} &= Q_2 = -\frac{3U_1 + U_2 S}{2d} \\ \frac{5U_1 S}{2d} &= Q_3 = \frac{(U_1 + U_2) S}{2d} \end{aligned}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$\frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{2S} d = U_1$$

$$Q_1 = \frac{2SU_1 + Q_2 + Q_3}{d}$$

$$-Q_1 - Q_2 + Q_3 \cdot 2d = U_1 + U_2$$

$$-\frac{2SU_1}{d} - Q_2 - Q_3 - Q_2 + Q_3 = \frac{(U_1 + U_2) S}{d}$$

$$-\frac{2U_1 S}{d} - \frac{(U_1 + U_2) S}{d} = 2Q_2$$

$$2Q_2 = -\frac{2U_1 S + U_1 S + U_2 S}{d} = -\frac{3U_1 + U_2 S}{d}$$

$$\frac{2SU_1}{d} - \frac{3U_1 + U_2 S}{d} + Q_3 - \frac{3U_1 + U_2 S}{d} + Q_3 = 0$$

$$2Q_3 = \frac{3U_1 S + U_2 S + 3U_1 S + U_2 S - 2U_1 S}{d} = \frac{4U_1 S + 2U_2 S}{d}$$

$$\frac{2U_1 + 7U_2 - 5U_1}{4d}$$

$$\frac{U}{d} = \frac{mc}{h} \cdot \frac{h}{m\lambda} = \frac{h}{m\lambda}$$

$$Q_3 = \frac{1}{2} \frac{(3U_1 + U_2) S}{d}$$

$$Q_1 = \frac{2U_1 S}{d}$$

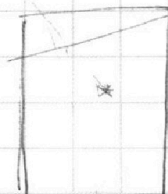
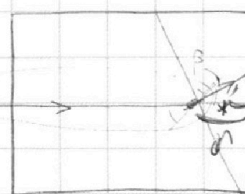
$$Q_1 = \frac{2U_1 S - \frac{3}{2}U_1 S - \frac{1}{2}U_2 S + \frac{1}{2}U_1 S + \frac{1}{2}U_2 S}{d} = \frac{U_1 S}{d}$$

$$\frac{2U_1 + 7U_2 - 5U_1}{4d} = \frac{U_1}{d} \cdot \frac{d}{3}$$

$$d = n_2 f$$

$$d - f = (n_2 - 1)f$$

$$v_0^2 = \frac{2qU}{3m}$$



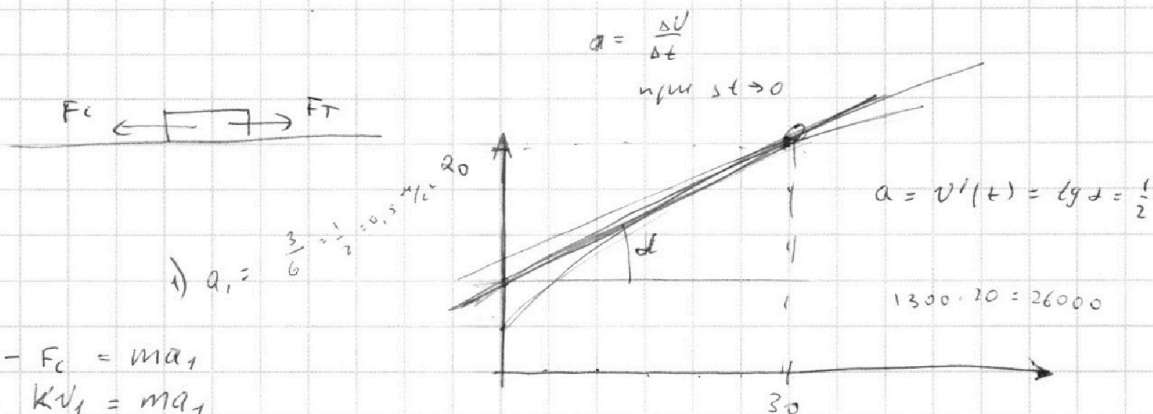
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$2) F_1 - F_c = ma_1$$

$$F_1 - k v_1 = ma_1$$

$$F_1 - \frac{F_k}{v_2} v_1 = ma_1$$

$$F_1 = ma_1 + F_k \frac{v_1}{v_2}$$

$$F_k = F_{ck}$$

$$F_k = k v_2 \Rightarrow k = \frac{F_k}{v_2}$$

$$\frac{p_0 v_2}{2 p_1 v_1} = \frac{v_2 R T_0}{v_1 R T_0} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{5 p_0}{2 p_1} = \frac{4}{5}$$

$$p_0 = \frac{8}{5} p_1$$

$$3) P_1 = F_1 v_1$$

$$1800 \cdot \frac{1}{2} + 500 \cdot \frac{20}{25} =$$

$$= 900 + 400 = 1300$$

$$p_0 \frac{V}{2} = v_2 R T_0$$

$$p_1 \frac{V}{5} = v_2 \frac{R T_0}{4} \rightarrow p_1 \frac{V}{5} = \frac{v_2 R T_0}{4}$$

$$v_2 = \frac{4 p_1 V}{25 R T_0}$$

$$v_H = \frac{v_2}{2} = \frac{2 p_1 V}{25 R T_0}$$

$$p_0 \frac{V}{2} = v_2 R T_0$$

$$p_0 \frac{V}{4} = v_H R T_0$$

$$\frac{4}{2} = \frac{v_2}{v_H}$$

$$\frac{v_2}{v_H} = 2$$

$$v_H = v_2$$

$$\frac{p_0 V}{2 p_1 V} = \frac{4}{5}$$

$$\frac{p_0}{p_1} = \frac{8}{25}$$

$$p_0 = \frac{8}{25} p_1$$

$$v_2 = \frac{25}{8} v_H$$

$$v_{CO_2} = v_H$$

$$p_{CO_2} \frac{V}{4} = v_{CO_2} R T_0$$

$$p_{CO_2} = \frac{4 v_{CO_2} R T_0}{V}$$

$$\Delta v = k \frac{4 v_{CO_2} R T_0}{V} \frac{V}{4} = k v_{CO_2} R T_0$$

$$\frac{4V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{16-5}{20} V = \frac{11V}{20}$$

$$v_{CO_2} + \Delta v$$

$$p_1 = p_H + \frac{v_H R T_0 (k R T_0 + 1)}{11 V}$$

$$\frac{5 \cdot 20}{4 \cdot 11} = \frac{25}{11}$$

$$\frac{11}{25} p_1 V = (k R T_0 v_{CO_2} + v_{CO_2}) R T_0$$

$$\frac{11}{25} p_1 V = v_{CO_2} R T_0 (k R T_0 + 1)$$

$$p_0 \frac{V}{2} = v_2 R T_0$$

$$p_1 \frac{V}{5} = v_H R T_0$$

$$v_H () R T_0$$



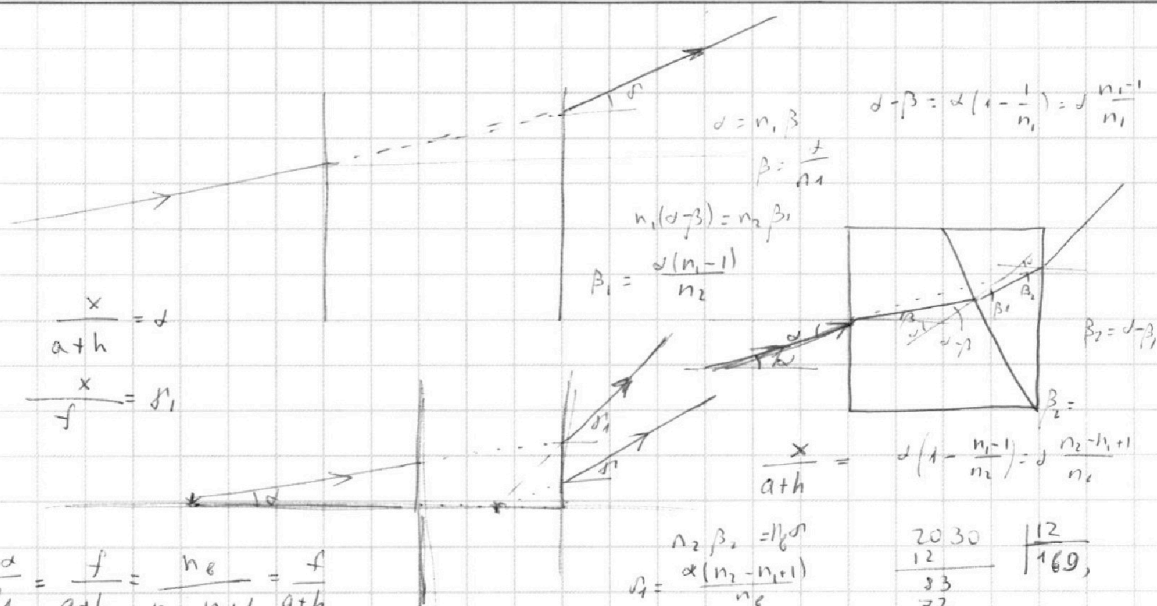
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$f = \frac{n_1}{n_2 - n_1 + 1} (a+h) \Rightarrow$$

203	
1,7	

$$\Delta f = a+h-f$$

2030	17
17	
33	119,4
17	
160	
153	
70	

1) $n_1 = n_2 = 1,2$
 $n_2 = 1,7$
2) $n_1 = 1,5$
 $n_2 = 1,7$
 $n_1 = 1$

$$1,7 - 1,5 + 1 = 1,2$$

2030	12
12	
33	169,
72	
170	
168	
2	



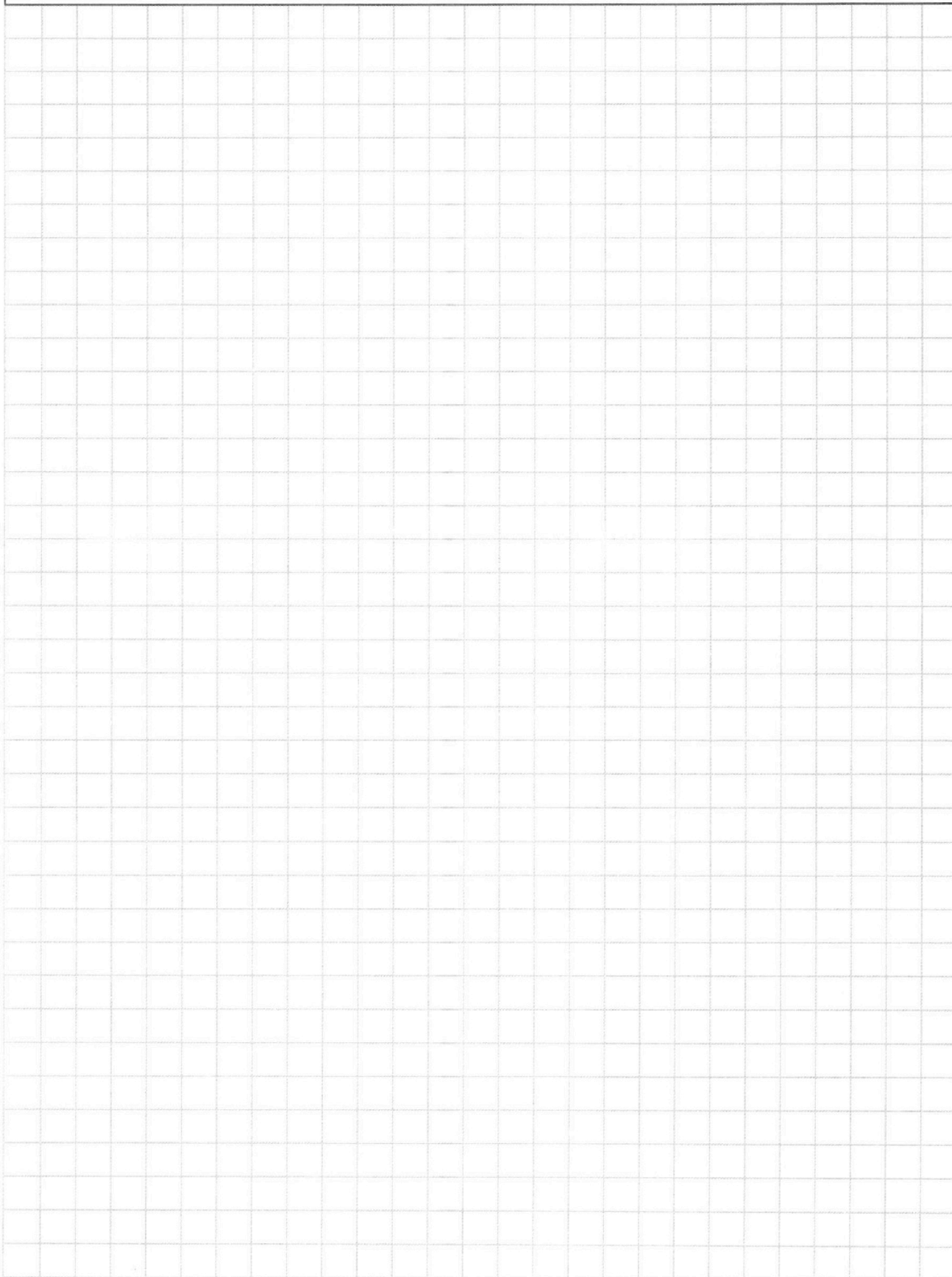
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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



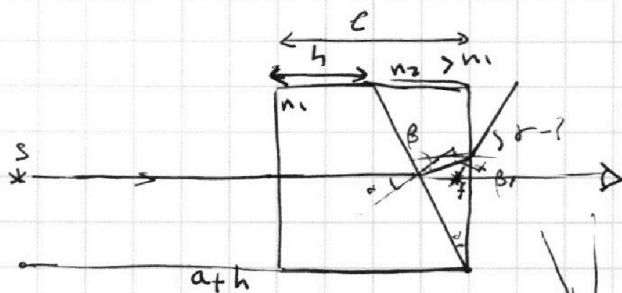
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$n_1 \alpha = n_2 \beta$$

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

$$\beta + \beta_1 = \alpha \Rightarrow \beta_1 = \alpha - \beta = \alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha = \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha$$

$$\frac{7 \cdot 1}{10 \cdot 10} = \frac{7}{100}$$

$$\beta_1 = \frac{n_2 - n_1}{n_2} \alpha = \frac{7}{100} \alpha = 0,07 \text{ рад}$$

$$\frac{x}{l-h} = \alpha$$

$$\frac{x}{l-h} = \alpha - \beta$$

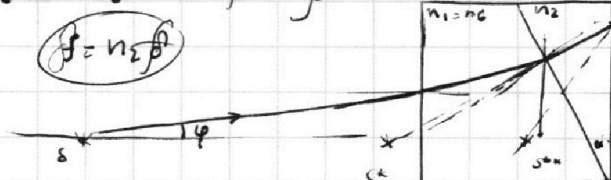
$$\frac{r}{\alpha - \beta} = \frac{a+h}{l-f}$$

$$\frac{(n_2 - n_1) \alpha n_2}{n_2 (n_2 - n_1) \alpha} = \frac{l-h}{l-f}$$

$$n_2 l - n_2 f = n_2 l - n_2 h \quad \frac{r}{\alpha - \beta} = \frac{n_2}{n_2} \quad a+h+\delta-f = a+h+\delta-n_2 \delta = a+h+\delta(1-n_2)$$

$$a+l-f-?$$

$$\beta = n_2 \beta_1$$



$$r = \frac{x}{f}$$

$$\alpha - \beta = \frac{x}{l-h}$$

$$\alpha - \beta = n_2 \beta_1$$

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

$$\beta_1 = \alpha - \beta - \beta = \alpha - 2\beta = \alpha - 2 \frac{\alpha - \beta}{n_2} = \alpha \left(1 - \frac{2}{n_2}\right) + \frac{2\beta}{n_2}$$

$$\alpha - \beta = \frac{(n_2 - n_1) \alpha n_2}{n_2 (n_2 - n_1) \alpha} = \frac{n_2}{n_2} = \frac{l-h}{f}$$

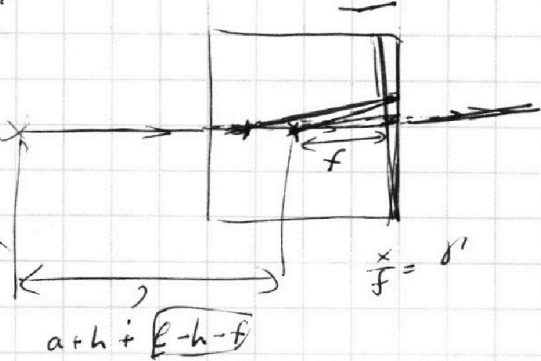
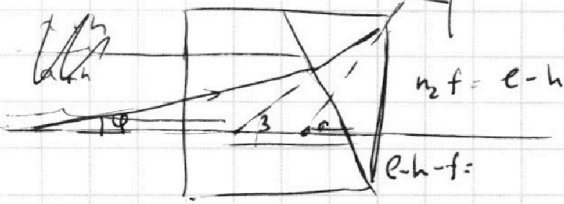
$$n_2 f = n_2 l - n_2 h$$

$$f = \frac{l-h}{n_2}$$

$$n_2 \beta_1 = \alpha$$

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

В



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



$$P_A \frac{25}{11} \frac{RT_0(kRT_0+1)}{V} \frac{2P_1 V}{25RT_0} = \frac{2P_1(kRT_0+1)}{11(kRT_0+1)} \quad \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 + 1 = 2$$

$$P_A \frac{11}{20} V = V_0 R \cdot \frac{5}{4} T_0$$

$$3 + \frac{3}{11} = \frac{36}{11}$$

$$P_1 = P_A + \frac{2}{11}(kRT_0+1) \quad P_1 = 17.5$$

$$1 - \frac{4}{11} = \frac{7}{11}$$

$$P_1 = \frac{11 P_A}{7}$$

$$P_1 \left(1 - \frac{2}{11}(kRT_0+1)\right) = P_A$$

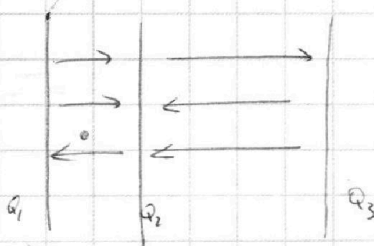
$$P_1 = \frac{P_A}{1 - \frac{2}{11}(kRT_0+1)}$$

$$25 \left(1 - \frac{2}{11}\right) \quad 2Rq_{2D} - L \frac{36}{11R} = 3L \frac{8}{12}$$

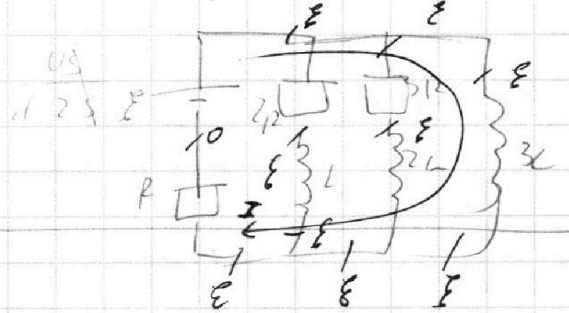
$$\frac{8 \cdot 11}{25 \cdot 7} = \frac{8.8}{17.5}$$

$$8Rq = L \cdot \frac{36}{11} \frac{8}{R}$$

$$q = \frac{18.8}{11LR^2}$$



$$(E_1 + E_2 - E_3)q = ma$$

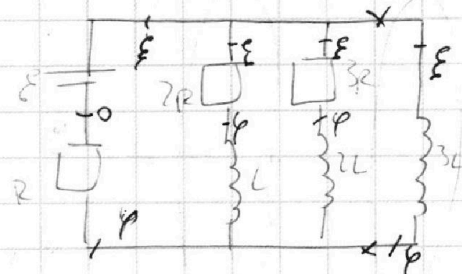
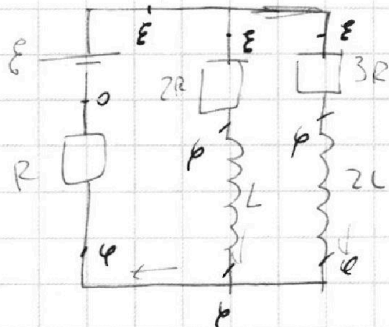


$$1) \frac{\varphi}{R} = \frac{E - \varphi}{2R} + \frac{E - \varphi}{3R} \quad 1.6 \quad \frac{6}{R}$$

$$6\varphi = 3E - 3\varphi + 2E - 2\varphi$$

$$11\varphi = 5E \Rightarrow \varphi = \frac{5E}{11}$$

$$I_0 = \frac{6E}{11 \cdot 2R} \Rightarrow \boxed{I_0 = \frac{3E}{71R}}$$



$$2) U_{3L} = E - \varphi = \frac{6E}{11} = 3L I'$$

$$I' = \frac{6E}{11 \cdot 3L} \quad \boxed{I' = \frac{2E}{11L}}$$

$$U_{2R} + U_L = U_{3L}$$

$$2R I_2 + L I_2' = 3L I_3'$$

$$2R I_2 + L \Delta I_2 = 3L \Delta I_3$$

$$\frac{3LE}{R} + \frac{3LE}{11R} = \frac{36LE}{11R} =$$

$$= 2R \Delta q$$

$$2Rq + L(0 - I_0) = 3L \left(\frac{E}{R} - 0 \right)$$

$$q = \frac{15LE}{11}$$