



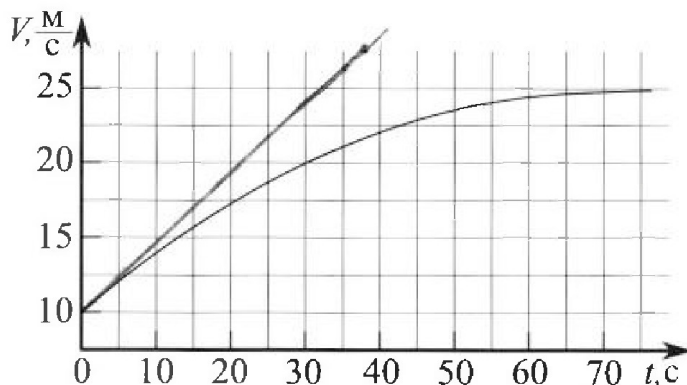
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

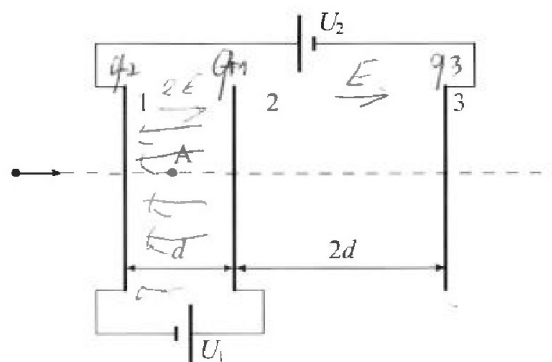
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 $\Delta \nu$ растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta \nu = kpw$. 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 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.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

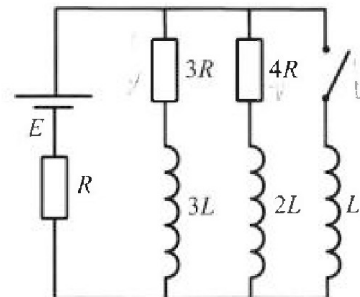
Вариант 11-03

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 да вать 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.

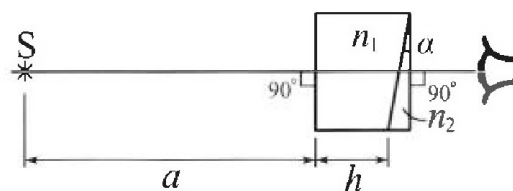


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

N 1

1) Ускорение автомобиля равно произведению его скорости по времени, значит можно провести касательную к данной графике в точке соответствующей началу разгона ($t=0$) и найти её тангенс (ускорение).

Я получил примерно: $\alpha_0 = \frac{16,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{35 \text{ с}} = 0,464 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

2) Заметим, что в начале движения при скорости $25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, ускорение равно нулю или абсцисс $\Rightarrow \alpha = 0 \Rightarrow F_m = F_c = 600 \text{ Н}$.

Т.е. для сохранения постоянной скорости, $\frac{F_c}{F_0} = \frac{v}{v_0} = \frac{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 2,5 \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{c0} = 240 \text{ Н}$. Тогда: $\alpha_0 \cdot m = F_0 - F_{c0}; F_0 = \alpha_0 m + F_{c0} =$

$= 1500 \text{ кг} \cdot 0,464 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 240 \text{ Н} = 696 \text{ Н} + 240 \text{ Н} = 936 \text{ Н}$

3) $P_0 = F_0 \cdot v_0 = 936 \text{ Н} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 9360 \text{ Вт}$

Ответ: $\alpha_0 = 0,464 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; F_0 = 936 \text{ Н}; P_0 = 9360 \text{ Вт}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

1) $p_0 \Rightarrow T_0$ закону Клапейрона-Менделеева:

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = J_b \cdot R \cdot T_0$$

$$\Rightarrow \frac{J_b}{J_n} = \frac{4}{2} = 2$$

$$p_0 \cdot \frac{V}{4} = J_n \cdot R \cdot T_0$$

$$\frac{J_b}{V} = \frac{p_0}{2RT_0}$$

2) В второй части количество газа не изменяется $\Rightarrow \frac{p \cdot V}{5} = J_b \cdot R \cdot T$

В третьей части количество газа увеличивается на ΔV (при этом для расширения), а масса равна массе газа, в установившемся режиме

из уравнения равно давлению на вог. поре при 100°C $p_{н.в} = 10^5 \text{ Па} \Rightarrow$

$$\Rightarrow p = \frac{(J_n + \Delta V) \cdot R \cdot T}{V_n} + p_{н.в}, \quad V_n = \frac{V}{4} + \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{5}\right) \text{ н.в. изменяется}$$

объем газа не изменяется $= \frac{19V}{20}$

$$\frac{5J_b \cdot R \cdot T}{V} = \frac{20J_n \cdot R \cdot T}{11V} + \frac{20\Delta V \cdot R \cdot T}{11V} + p_{н.в}$$

$$\begin{cases} p_{н.в} = p_{0,2} \\ = 2p_0 \end{cases}$$

$$\frac{5p_0 \cdot RT}{2RT_0} = \frac{20p_0 \cdot RT}{4 \cdot RT_0 \cdot 11} + \frac{20k p_0 \cdot \frac{V}{11} \cdot RT}{4 \cdot 11V} + p_{н.в}$$

$$\frac{5}{2} \frac{T}{T_0} \cdot p_0 = \frac{5}{11} p_0 \cdot \frac{T}{T_0} + \frac{5kRT}{11} \cdot p_0 + 2p_0$$

$$\frac{5}{2} \frac{T}{T_0} - \frac{5}{11} \frac{T}{T_0} = 2 + \frac{5 \cdot 3 \cdot 10^3}{11 \cdot 2 \cdot 10^8}$$

$$\frac{45}{22} \frac{T}{T_0} = \frac{59}{22}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$$

Ответ: $\frac{J_b}{J_n} = 2; \frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$

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!

Заметим, что между первой и второй секцией напряжение $V_1 = V$,
и расстояние между ними d . При этом, то $\lambda \gg d$ (т.е. длина волны
гораздо больше d) Если между первой и второй секцией то $V_1 - V$
 $\frac{d}{\lambda}$.
Малые перепады напряжения вводят (возникает ток) тогда

коэффициент сопротивления $\alpha_{12} = \frac{E_{12} \cdot g}{m} = \frac{\nu \cdot g}{m \cdot d}$

2) По закону сохранения энергии.

$$K_1 = A_c + K_2; \quad K_1 - K_2 = A_c = E_{12} \cdot d \cdot g = U \cdot g$$

$$3) \quad K_A = A_{EA} + K_{2A}$$

$$K_{2A} = K_1 - A \cdot E_A = \frac{m \cdot v_0^2}{2} - \frac{E_m \cdot g \cdot d}{4}$$

$$\frac{m V_A^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} - \frac{V \cdot g}{4}$$

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

Orbital: $a_{12} = \frac{V_g}{m \cdot d}$, $k_1 - k_2 = V_g$, $V_1 = \sqrt{V_0^2 - \frac{V_g}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

№4

$$1) I_{10} \cdot 3R = I_{20} \cdot 4R$$

$$I_{20} = \frac{3I_{10}}{4}, \quad \mathcal{E} = (I_{10} + I_{20})R + I_{10} \cdot 3R$$

$$\mathcal{E} = \left(\frac{7I_{10}}{4} + 3I_{10} \right) R$$

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

$$2) \text{ В начале размыкания тока на катушке } L \text{ напряжение } I_{10} \cdot 3R =$$

$$= \frac{12\mathcal{E}}{19R} = I_{30}' \cdot L \Rightarrow I_{30}' = \frac{12\mathcal{E}}{19R \cdot L}$$

$$\text{Ответ: } I_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}; \quad I_{30}' = \frac{12\mathcal{E}}{19RL}$$

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!

В время пути по реке, и

Учитывая первую презумпцию.

Итого $\beta = \frac{a \cdot n_1}{n_2}$, масса г/мл

Велика група Луи:

$$\frac{\varphi_{n_2}}{n_1} = \frac{(a-\beta) \cdot n_2}{n_1} =$$

$$= \frac{\alpha \cdot n_2}{n_2} - \alpha \left(\frac{\text{по определению во 2-м разг.}}{(a - \Delta y)} \right)$$

названия, но где имя

переходим по условию Δy ,
на

а) расстояние L между нулевыми зарядами Q_1 Q_2 изменяется: $\Delta \varphi = \alpha + \frac{\Delta \varphi \cdot h}{L}$, напряженность

So approximiert man seinen nächsten: $x = \left(\Delta\varphi \cdot a + \frac{\Delta\varphi \cdot h}{n_1} \right) \frac{n_1}{\Delta\varphi} = n_1 \cdot a + h$

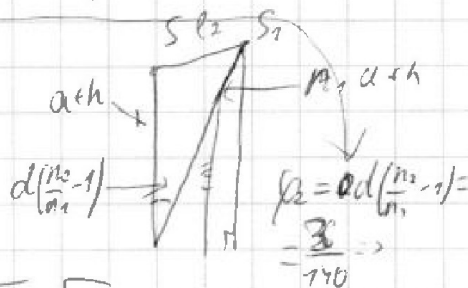
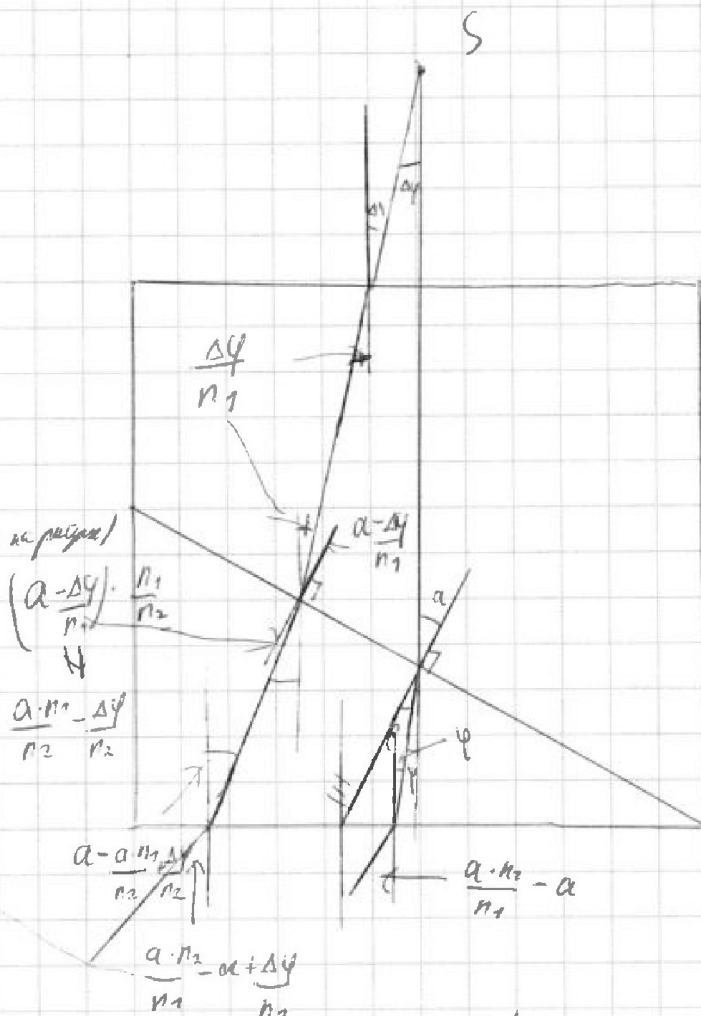
$$l_2 = \sqrt{(a+h)^2 + (a_1 - a + h)^2} - \cancel{2a \cos(\gamma_2)} \cdot (a+h)(a_1+h) =$$

$$\sqrt{704^2 + 140^2} = \sqrt{96^2 + 140^2}$$

$$= \sqrt{20192} \approx \sqrt{101^2 + 190 - 101 \cdot 190 + \frac{101^2}{190 \cdot 2}} =$$

Ordnung: $\varphi_{\text{ord}} = 0,07 \mu\text{s}$; $l_1 = 7,23 \text{ cm}$; $= \sqrt{36^\circ + \frac{181}{440}} \approx \sqrt{36^\circ} = 36 \text{ cm}$

$$l_1 = 36 \text{ cm.}$$



$$p_2 = \frac{1}{n_1} \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) = \frac{3}{740}$$

$$\cos \varphi_2 \approx 1 - \frac{9}{2 \cdot 140^2}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

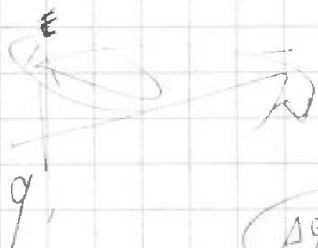
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

☐ 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!

$$\left(\frac{I_3' \cdot L}{3R} - \frac{I_1' \cdot L}{R} + I_3 + \frac{I_3' \cdot L}{4R} - \frac{I_2' \cdot L}{2R} \right) R = \mathcal{E} - I_3' L$$



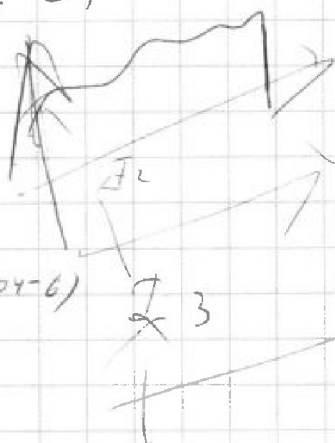
$$\Delta q \cdot V$$

$$\begin{array}{r} \times 104 \\ 98 \\ \hline 832 \\ 936 \\ \hline 10192 \\ 1,5 I_1 = I_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 14 \\ 14 \\ \hline 56 \\ 11 \\ \hline 19600 \\ 10192 \\ \hline 29792 \\ 10 \end{array}$$

$$140 - 104 = I_1$$

$$36^2$$



$$3I_1' = 2I_2'$$

$$P = (P_n + \Delta P) \cdot R \cdot T + P_n \cdot b$$

$$\frac{P_0 V}{2} = I_0 \cdot R \cdot T_0$$

$$\frac{0,6}{2,9}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 464 \\ 15 \\ \hline 2320 \\ 464 \\ \hline 6960 \end{array}$$

$$\frac{18}{8402 - 740 - 700}$$

$$\frac{P_0 V}{4} = I_n \cdot R \cdot T_0$$

$$\frac{0,06}{2,9} (104 - 740)$$

$$\frac{704 - 78}{240}$$

$$\frac{0,3}{2,7}$$

$$\frac{P \cdot V}{5} = I_0 \cdot R \cdot T$$

$$\frac{6}{240}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 7,4 \\ 9 \\ \hline 126 + 14 = \end{array}$$

$$\frac{22 - 11}{2,7}$$

$$C_{12} = 36 E$$



$$2E$$

$$\frac{((P_n + \Delta P) \cdot R \cdot T + P_n \cdot b) \cdot V}{5} = I_0 \cdot R \cdot T$$

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!

№3
 Т.к. размеры слоя гораздо больше расстояния между ними,
 можно утверждать, что электрическое поле создается двумя зарядами,
 а диэлектрическая проницаемость равна единице и есть только
 между пластинами. Тогда пластины 12 создают э.м. с

напряженности $E_2 = \frac{V_1 - V}{d}$, а $E_{13} = \frac{V_2 - V}{3d}$, тогда по принципу суперпозиции

получим $d = E_1 \cdot q = \frac{2V}{d \cdot m}$

Р.

по $(q_1 - q_2) \cdot K$

$(q_2 - q_3) \cdot K$

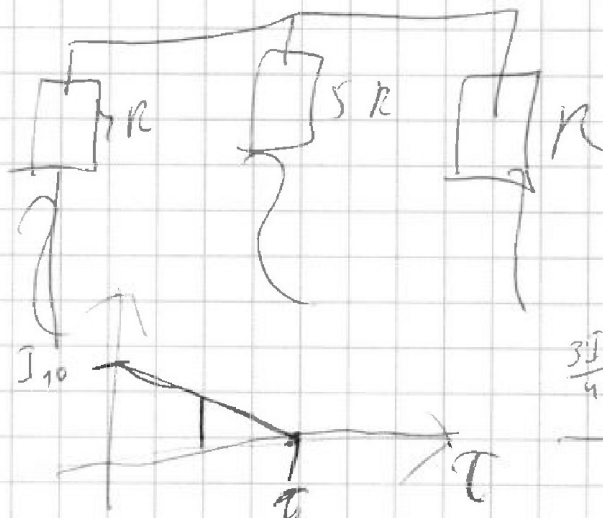
$q_1 = q_2$ $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$(q_1 - q_2) \cdot 3 = q_3$

$q_1 - q_2 = q_2 - q_3$

$\frac{I_{10} \cdot 3L}{2L} = \frac{q \cdot I_{10} \cdot L}{4 \cdot T}$

$\frac{I_{10} \cdot 3R}{2}$



$\frac{3I_{10}}{2 \cdot 4 \cdot T} \cdot L =$

$\frac{3I_{10} \cdot L}{4T}$

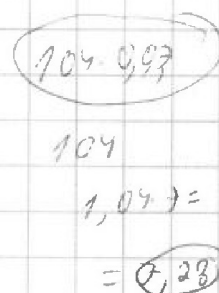
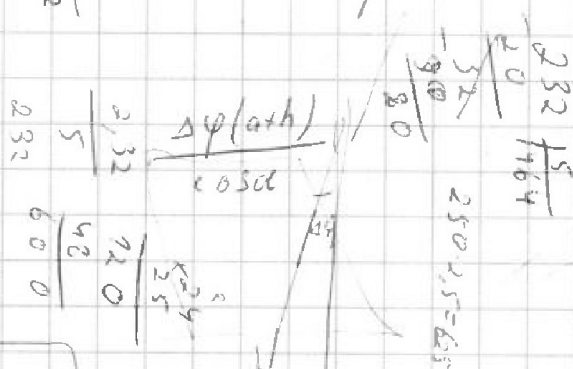
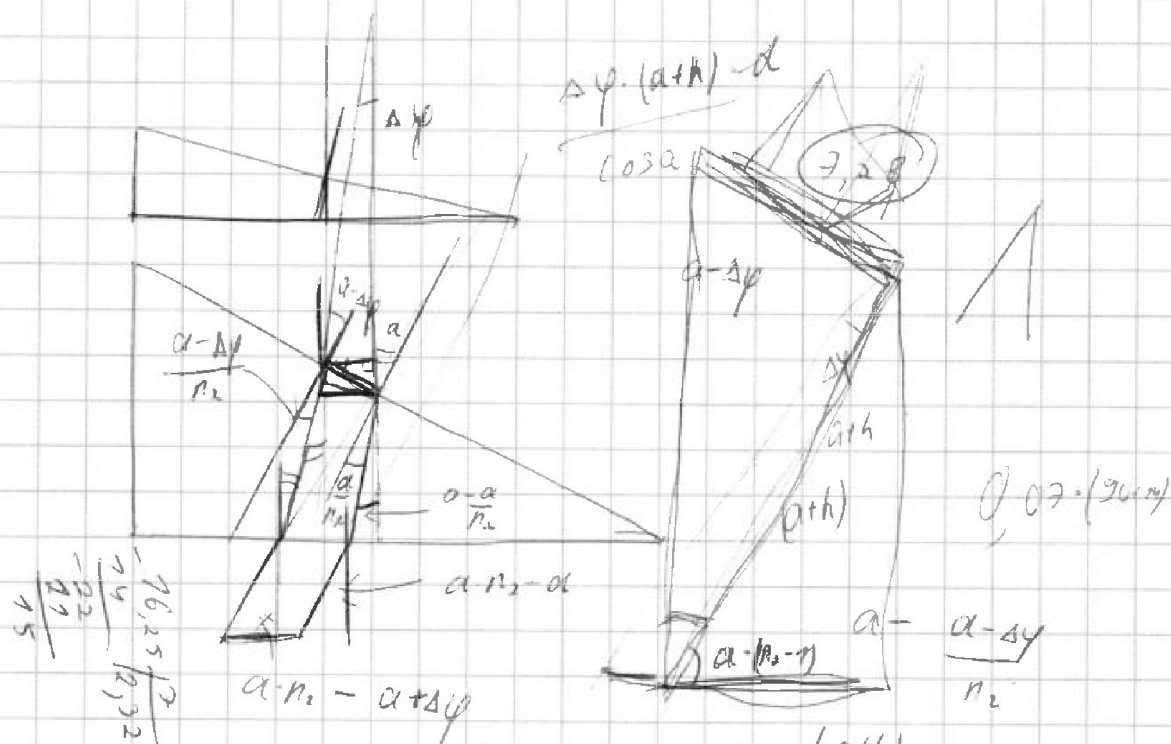
$\frac{3I_{10}}{4}$

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

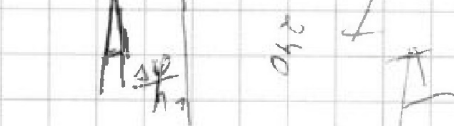
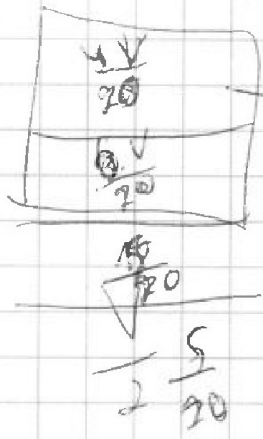
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!



I c



$$\frac{5V}{10} - \frac{2V}{10} = \frac{V}{20} \quad 3$$

$$\frac{3}{20} + \left(\frac{20}{20} - \frac{1}{20} \right)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

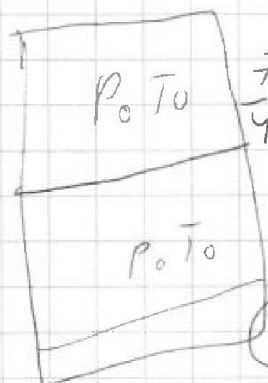
Отметьте крестиком номер задачи,

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



$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

$$3R \cdot I_1 + 3I_1' \cdot L = 4R \cdot I_2 + I_2' \cdot L \cdot 2 = I_3' \cdot L = \varepsilon - (I_1' \cdot L + I_3) \cdot R$$

$$q_1 \cdot V_1$$

$$p_0 - \frac{3 \cdot L \cdot I_1^2}{2}$$

$$\Delta V = k \cdot p_0 \cdot V$$

$$q_1 \cdot V_1 + q_2 \cdot V_2 + q_3 \cdot V_3$$

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$$

$$I_{10} = \frac{4I_{10}}{3}$$

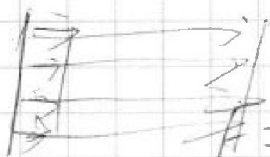
$$3R \cdot I_1 + 3I_1' \cdot L$$

$$\varepsilon - I \cdot R = I_3' \cdot L$$

$$4R \cdot I_2 + 2I_2' \cdot L = I_3' \cdot L$$

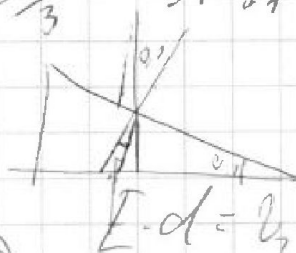
$$(q_1 + q_2 + q_3) \cdot E + \frac{1}{10} - \frac{1}{12}$$

$$3R \cdot I_1 + 3I_1' \cdot L = \varepsilon - (I_1' \cdot L + I_3) \cdot R$$



$$V_1 \cdot d$$

$$\frac{2V \cdot q}{d \cdot m}$$



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

$$3R \cdot I_1 + 3I_1' \cdot L = 4R \cdot I_2 + I_2' \cdot L \cdot 2$$

$$3R \cdot I_1 + 3I_1' \cdot L = I_3' \cdot L$$

$$3R \cdot I_1 + 3I_1' \cdot L = \varepsilon - (I_1' \cdot L + I_3) \cdot R$$

$$3I_1' \cdot L + \frac{3I_1' \cdot L}{R} = 4I_2' \cdot L$$

$$I_3' \cdot L - 3I_1' \cdot L = 3R \cdot I_1, 3R \cdot I_1 + 3I_1' \cdot L - 2L \cdot I_2' = 4R \cdot I_2$$

$$I_3' \cdot L - 2I_2' \cdot L = 4R \cdot I_2$$

$$\frac{75}{22} + \frac{44}{22}$$

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

$$\frac{2V}{d} = E \cdot q \cdot \frac{45}{22}$$

$$\frac{55}{22} - \frac{10}{22}$$