



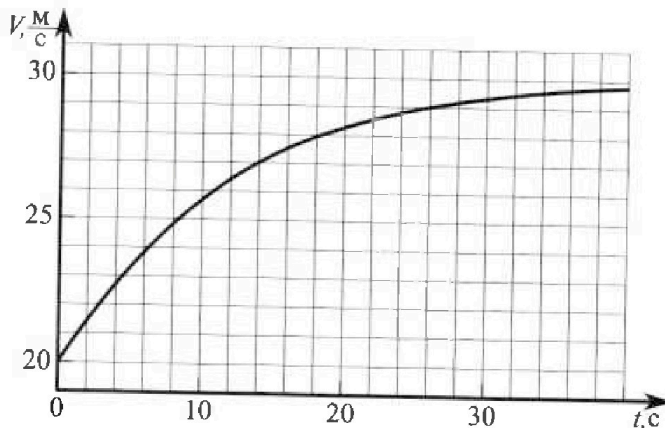
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 200$ Н.



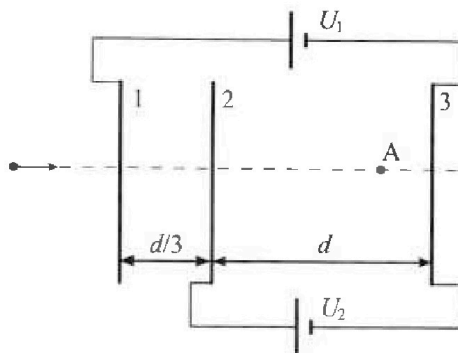
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос 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 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 $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

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 $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ 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 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 $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ и $U_2 = U$. 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 2 и 3.
- 2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

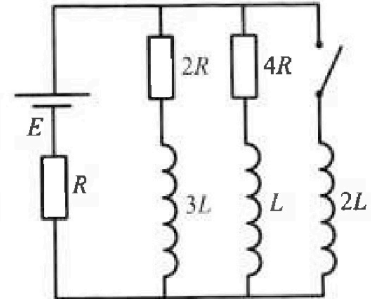
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



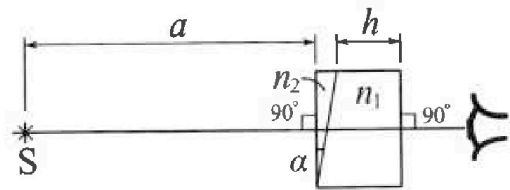
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ 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 $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ 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.



1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, 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!

1) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, где $\Delta t = 2c$ от начала $\Delta v \approx 1,5 \text{ м/с}$
по графику, тогда $a_0 = \frac{1,5 \text{ м/с}}{2c} \approx 0,75 \text{ м/с}^2$

2) Магнитная сила $F_{\text{об}} = \text{const.}$
По 2-му закону Ньютона: $m a = F_{\text{об}} - F_{\text{сост}}$, $F_{\text{сост}} = m g$
сопротивляющаяся движению

В начале движения $a \approx 0$, тогда $F_{\text{об}} = F_{\text{сост}} = F_K =$
 $= 200 \text{ Н.}$

В начале ускорения:

$$m a_0 = F_{\text{об}} - F_0 \rightarrow F_0 = F_{\text{об}} - m a_0 = 200 - 240 \cdot 0,75 =$$
$$= 200 - 180 = 20 \text{ Н.}$$

3) $W \sim F_{\text{об}}$, W - мощность двигателя.

тогда $\frac{F_0}{F_{\text{об}}} = \frac{20}{200} = 10\%$

Ответ: $0,75 \text{ м/с}^2$, 200 Н , 20 Н , 10%

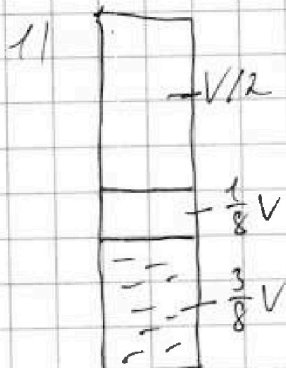
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

МФТИ

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!



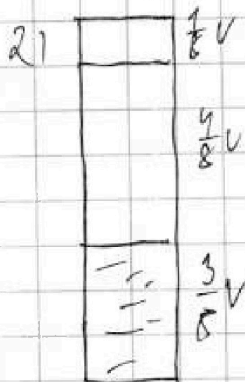
Так, поршень небольшой и находится в равновесии, но давление в верхней и нижней части сосуда равно.

В начальной момент, уран. Аваргелса - Клопейрота;

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = 26 RT_0, \quad 26 - \text{кол-во } CO_2 \text{ в верхн. части}$$

$$p_0 \cdot \frac{1}{8} V = 2n RT_0, \quad 2n - \text{кол-во } CO_2 \text{ в нижн. части, давление паров } H_2O \text{ не учитывается по условию.}$$

Также $\frac{26}{2n} = \frac{V}{\frac{1}{8} V} = 4$



В нижней части сосуда $T = 373K = 100^\circ C$ кипит вода. Давление насыщенного пара воды. При $100^\circ C$ оно равно p_{ATM} . Давление в нижней части "свободной" 22 расширенного увеличенного газа.

$$\Delta p = K p_0 \cdot \frac{3}{8} V$$

Также;

$$p_K \cdot \frac{1}{8} V = 26 RT, \quad p_K = p_{ATM} + \frac{(2n+20)RT}{\frac{1}{2} V}$$

$$\frac{8 \cdot 26 RT}{V} = p_{ATM} + 2 \frac{2n RT}{V} + 2 \frac{(K p_0 \cdot \frac{3}{8} V) RT}{V}$$

$$p_K = 8 \frac{26 RT}{V} = 4 p_0 \quad 2 \frac{2n RT}{V} = \frac{1}{4} p_0$$

$$4 p_0 = p_{ATM} + \frac{1}{4} p_0 + 2 \frac{\Delta p RT}{V} \rightarrow 3,75 p_0 = p_{ATM} + 2 \cdot K \cdot p_0 \cdot \frac{3}{8} \cdot RT$$

$$p_0 = \frac{p_{ATM}}{3,75 - 2 \cdot K \cdot \frac{3}{8} \cdot RT} = \frac{p_{ATM}}{3,75 - 2 \cdot 0,6 \cdot \frac{3}{8} \cdot 5} = \frac{p_{ATM}}{3,75 - 1,35} = \frac{p_{ATM}}{2,4} = \frac{5}{12} p_{ATM}$$

Ответ: $4, \frac{5}{12} p_{ATM}$

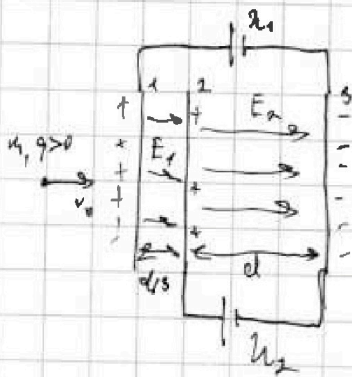


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$$U_1 = 5U \quad U_2 = U$$

Пусть напряжением Э. поля
считаем между пластинами 1 и 2 будем

$$E_1, \text{ а между 2 и 3 - } E_2.$$

Тогда разность потенциалов ~~на пластинах~~ $U_2 - U_3 =$
 $= U_2 = E_2 d \rightarrow E_2 = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$

Тогда сила Кулона, действующая на заряд

$$F_{K1} = E_2 q = \frac{Uq}{d}, \quad \text{П.з.м. Ньютона: } ma = F_{K1} = \frac{Uq}{d} \rightarrow$$

$$1) \quad a = \frac{Uq}{dm}$$

Аналогично $U_1 - U_3 = U_1 = E_1 \cdot \frac{d}{3} + E_2 \cdot d \rightarrow E_1 = \frac{3U}{4d} = 12 \frac{U}{4d}$

$$2) \quad K_2 = \frac{mV_0^2}{2} + E_1 \cdot \frac{d}{3} \cdot q = \frac{mV_0^2}{2} + 4Uq \quad - \text{из 3-ей сохр. Энергии}$$

$$K_3 = \frac{mV_0^2}{2} + 5Uq = \frac{mV_0^2}{2} + 5Uq$$

$$K_3 - K_2 = Uq$$

$$3) \quad K_A = \frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + 4Uq + \frac{2}{3}d \cdot E_2$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 + Uq(8 + 1,5) \frac{m}{U}} = \sqrt{V_0^2 + 9,5Uq/m}$$

Ответ: $\frac{Uq}{dm}, Uq, \sqrt{V_0^2 + 9,5Uq/m}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

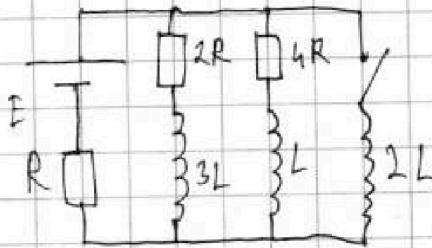
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

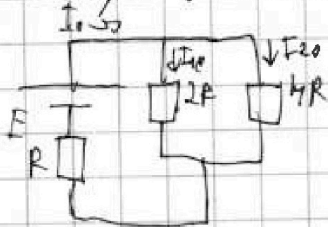


1)



Дана разветвленная цепь
в увеличивающемся режиме
 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ сдвигом катушки
наоборот \rightarrow ЭДС самоиндукции
катушки тоже 0.

Тогда можно упростить схему:



Сопротивление $R_{\text{экв}}$ всей цепи

$$R_{\text{экв}} = R + \frac{1}{\frac{1}{2R} + \frac{1}{4R}} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R$$

$$E = I_0 R_{\text{экв}} \rightarrow I_0 = \frac{E}{R} \cdot \frac{3}{7}$$

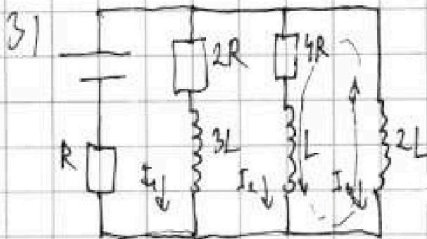
$$I_0 = I_{10} + I_{20}, \quad \frac{I_{10}}{I_{20}} = \frac{4R}{2R} = 2 \quad \text{из I и II закона Кирхгофа}$$

$$I_0 = 3I_{20} \rightarrow I_{20} = \frac{E}{7R}$$

2) Сразу после замыкания ключа цепи ток, протекающий через катушки не измеряется, и замыкаем и цепь снова через некоторое ЭДС тоже не измеряется. Применим II закон Кирхгофа для катушки с $2L$ и историчности,

$$E = I_0 R + \mathcal{E}_{2L}, \quad \mathcal{E}_{2L} - \text{ЭДС самоиндукции катушки } 2L$$

$$\mathcal{E}_{2L} = E - I_0 R = E - E \cdot \frac{3}{7} = \frac{4}{7}E, \quad \mathcal{E}_{2L} = \frac{\Delta I_{2L}}{\Delta t} \cdot 2L \rightarrow \frac{\Delta I_{2L}}{\Delta t} = \frac{2E}{7L}$$



До увеличения проводимости цепи I_1, I_2
слегка уменьшаются по КЗ (м.к.)
Согл. закону с $2L$ равно 0, а I_3 увеличивается

II пр. Кирхгофа для катушки с $4R$ и $2L$:

$$4R \cdot I_2 + I_2 L - I_3 L = 0$$



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!

$$4R \cdot I_2 + I_2' L - I_3' \cdot 2L = 0$$

Принтерируем уравнение по dt от момента замыкания до момента равновесия:

$$\int_{t_0}^{t_1} 4R \cdot I_2 dt + \int_{t_0}^{t_1} I_2' L dt - \int_{t_0}^{t_1} I_3' \cdot 2L dt = 0$$

$$4R \cdot \Delta q + L \cdot (\Delta I_2) - 2L \cdot (\Delta I_3) = 0$$

$$\Delta I_2 = I_2 - I_{20} = 0 - I_{20} = -\frac{E}{4R}$$

$$\Delta I_3 = I_{3K} - 0, \quad I_{3K} R = E \rightarrow I_{3K} = \frac{E}{R}$$

$$4R \cdot \Delta q = 2L \cdot \frac{E}{R} + L \cdot \frac{E}{4R} = \frac{EL}{R} \left(2 + \frac{1}{4} \right) = \frac{15}{4} \frac{EL}{R}$$

$$\Delta q = \frac{15}{28} \frac{EL}{R}$$

Ответ: $\frac{1}{4} \frac{E}{R}, \frac{2E}{7L}, \frac{15}{28} \frac{EL}{R}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

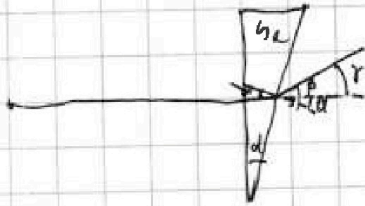
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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)



м.к. $n_2 = n_1$, можно считать эту часть воздухом.

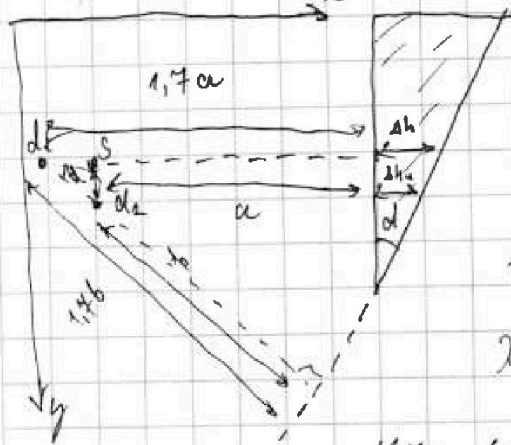
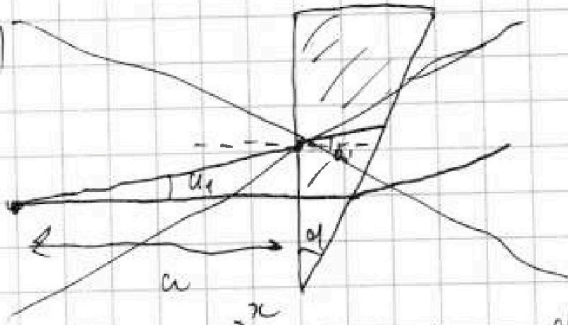
угол отклонения $\gamma = \beta - \alpha$

$$n_2 \sin \beta = n_1 \sin \alpha - \text{по з-му Снеллиуса}$$

$$d = \sin \alpha, \quad \beta = \sin \alpha - \text{приближенное для малых углов}$$

$$\beta = \frac{n_2}{n_1} d = 0,14 \text{ рад}, \quad \gamma = 0,04 \text{ рад}$$

2)



d_1 - изображение источника
тоже при криволинейной изогнутой

d_2 - изображение при криволинейной
загнутой, $\Delta h, \Delta h_1$ - высота
в разных точках

$$1,7b = (1,7a + \Delta h) \cdot \cos \alpha$$

$$x_{d_2} = b / \cos \alpha = a + \frac{\Delta h}{1,7} - \text{расстояние от кривой } d_2 \text{ до поверхности}$$

$$\text{при } \Delta h \rightarrow 0 \quad x_{d_2} = x_g = a$$

$$y_{d_2} - y_{d_1} = (x_{d_2} - x_g) \cdot \tan \alpha = 0,7a \cdot \tan \alpha, \quad \tan \alpha \approx \alpha$$

$$\Delta y = 0,7 \cdot 0,1 \cdot 100 = 7 \text{ см}$$

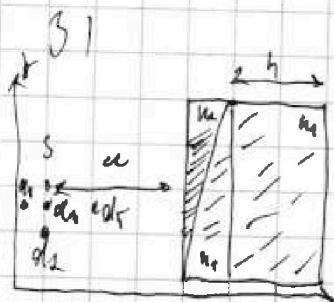


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
 Отметьте крестиком номер задачи,
 решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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

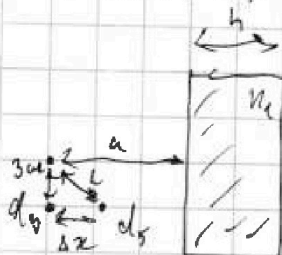


Из предыдущего пункта мы помним,
 что преломление света происходит
 в соответствии с законом Снеллиума
 по оси y на $(n_1 - n_2) a \cdot \text{tg} \alpha$.

Для нахождения минимума на оси x выведем
 как преломление n_1 и n_2 - преломления

n_1 и n_2 с таковыми на границе толщиной толщиной h .

Теперь выведем закон преломления на y ось в точке d_2
 из предыдущего пункта выведем в формулу по оси x от
 перевернувшись $(1,4 - 1) \cdot a = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ см}$ в точку d_3



$$\Delta x = (a + h) - \frac{1}{n_1} (a \cdot n_1 + h) = h - \frac{h}{n_1} = 14 - 10 = 4 \text{ см}$$

$$\Delta y = 14 - 11 = 3 \text{ см}$$

$$L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 0,07 рад; 7 см²; 5 см

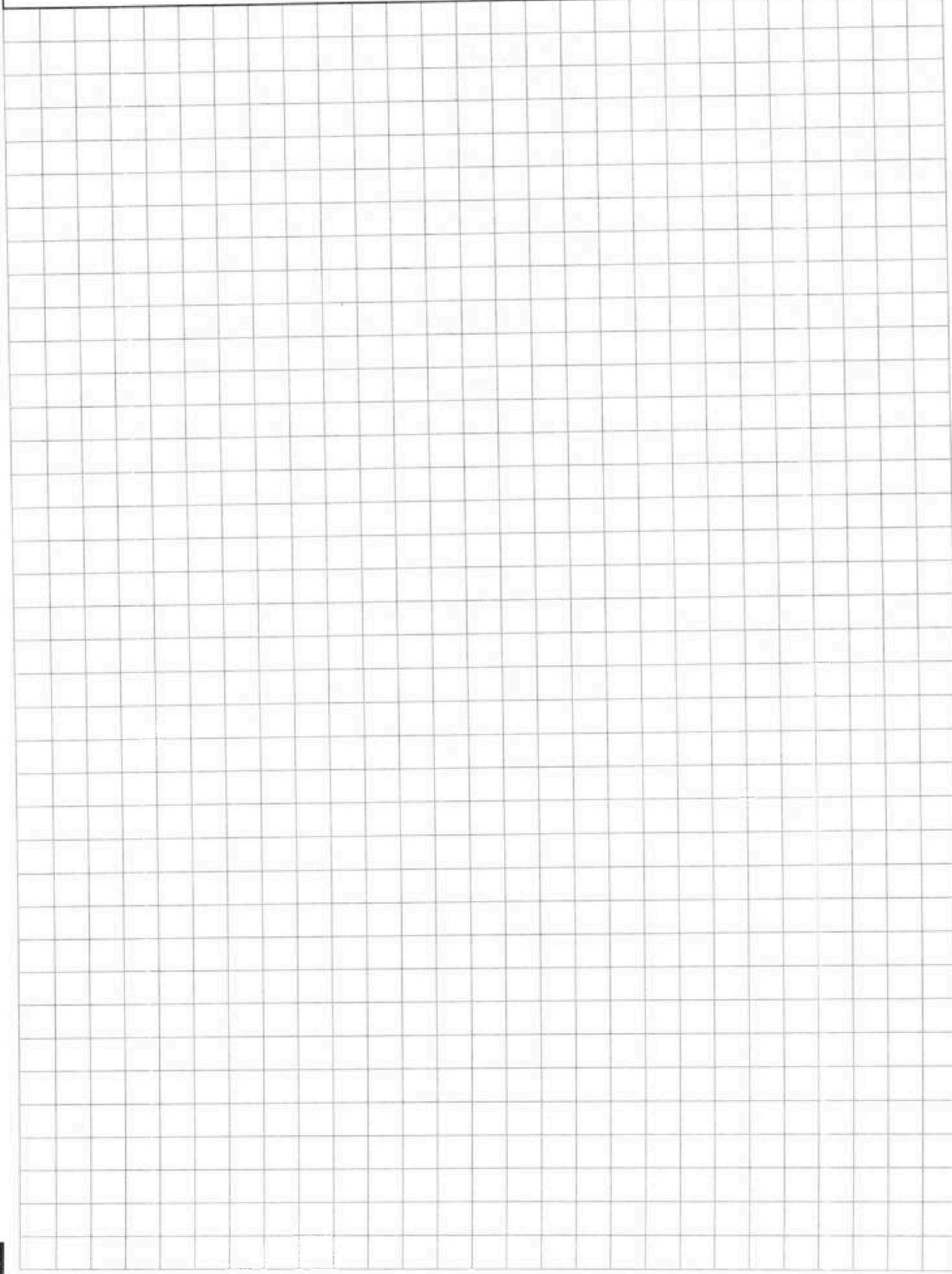


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!



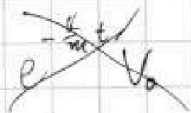
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$I_1 \cdot 4R + I_2 L = 2I_3 L$$

$$I_1 \cdot 2R + I_2 \cdot 3L = 2I_3 L$$

$$I_1 E = I_1 R + E - IR = 2I_3 L \quad I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$1 \frac{\mu}{\text{C}} \cdot \frac{1}{\text{C}} \cdot 2 = 0,75 \mu\text{C}$$

$$1,512 = 0,79 \mu\text{C}$$



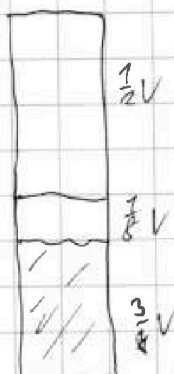
$$F_T = KV$$

$$F_K = F_{96}$$

$$200/30 = K$$

$$\frac{3}{4} \cdot 240 = 180 \text{ H} = F_{96} - F_0$$

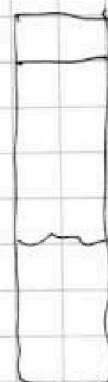
$$F_0 = 20 \text{ H}$$



$$\Delta D = K p \Delta \frac{3}{8} V$$

$$p \cdot \frac{1}{2} V = 26 RT$$

$$p \cdot \frac{3}{8} V = 4 RT$$



$$p_A + \frac{p_A + \Delta p RT}{V}$$

$$0,6 \cdot \frac{3}{4} \cdot 3 = \frac{5,4}{4} = \frac{2,7}{2} = 1,35$$

$$\frac{29}{20} = \frac{12}{5}$$

$$u = E d$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

