



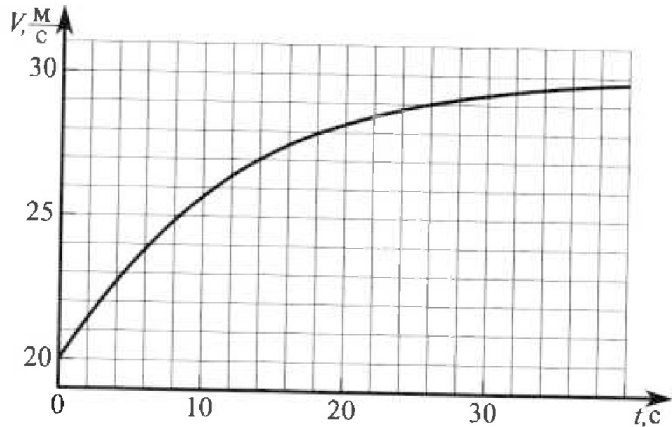
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



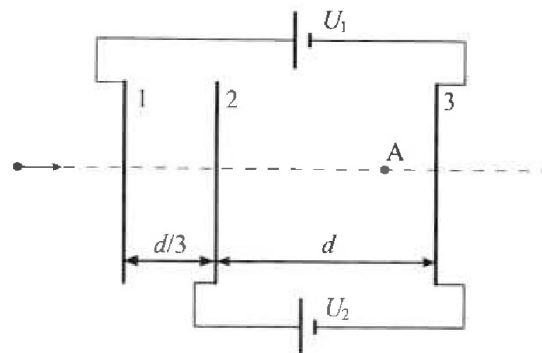
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделен 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 объем $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объем его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворенного газа в объеме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объем 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 объема 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 $d/3$ (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.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

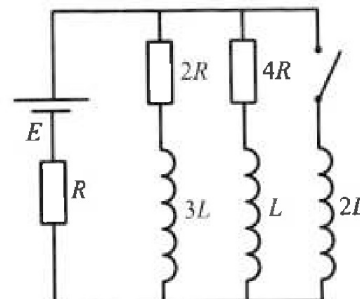
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



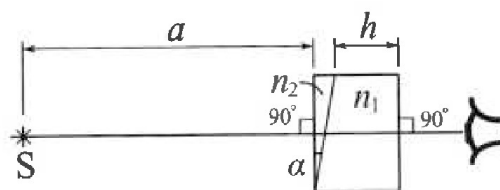
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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:



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

2) Магнитная сила взаимодействия $F_{\text{вз}} = \text{const.}$
По 2-му закону Ньютона: $ma = F_{\text{вз}} - F_{\text{сост}}$, $F_{\text{сост}}$ — сила
составляющая ускорения

В точку разрыва $a \approx 0$, тогда $F_{\text{вз}} = F_{\text{сост}} = F_K =$
 $= 200\text{Н.}$

В начале ускорения:

$$ma_0 = F_{\text{вз}} - F_0 \rightarrow F_0 = F_{\text{вз}} - ma_0 = 200 - 240 \cdot 0,75 =$$
$$= 200 - 180 = 20\text{Н.}$$

3) $W \sim F_{\text{вз}}$, W — мощность взаимодействия.

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

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

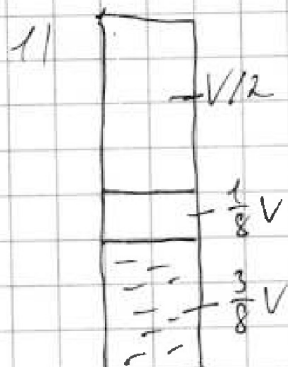
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Т.к. поршень невесомый и находится в равновесии, то давление в верхней и нижней части сосуда равно.

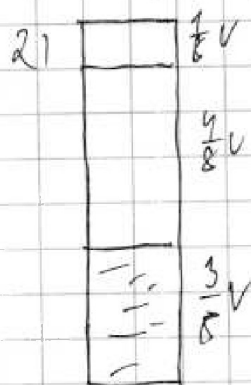
В начальной момент, уран. Лево - кислород;

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

$$p_0 \cdot \frac{1}{8} V = 2H RT_0, \quad 2H - \text{кол-во } CO_2 \text{ в нижн. части,}$$

давление паров H_2O не учитывается по условию.

Тогда $\frac{26}{2H} = \frac{V/2}{1/8 V} = 4$



В конечном состоянии $T = 373K = 100^\circ C$ в нижней части сосуда происходит кипение насыщенного пара воды. При $100^\circ C$ оно равно p_{ATM} . Давление в нижней части "ослабшаго" 22 расширенного углекислого газа.

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

Тогда;

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

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

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

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

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

Ответ: $4, \frac{5}{12} p_{ATM}$



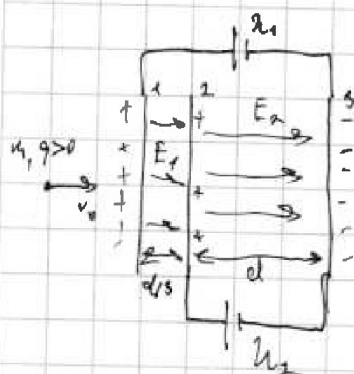
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 напряжённость эл. поля между ~~плитами~~ ^{соседними} ~~плитами~~ 1 и 2 будет

E_1 , а между 2 и 3 - E_2 .

Тогда разность потенциалов ~~между~~ ^{соседних} ~~плит~~ $U_2 - U_3 =$
 $= U_2 = E_2 d \rightarrow E_2 = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$

Тогда сила Кулона, действующая на заряд

$$F_{K1} = E_2 q = \frac{Uq}{d}, \quad \text{П.з.м. которого: } m a_1 = F_{K1} = \frac{Uq}{d} \rightarrow$$

$$1) \quad a_1 = \frac{Uq}{dm}$$

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

$$2) \quad K_2 = \frac{m v_0^2}{2} + E_1 \cdot \frac{d}{3} \cdot q = \frac{m v_0^2}{2} + 4Uq \quad - \text{из 3-го сохр. энергии}$$

$$K_3 = \frac{m v_0^2}{2} + 5Uq = \frac{m v_0^2}{2} + 5Uq$$

$$K_3 - K_2 = Uq$$

$$3) \quad K_A = \frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + 4Uq + \frac{3}{4}d \cdot E_2$$

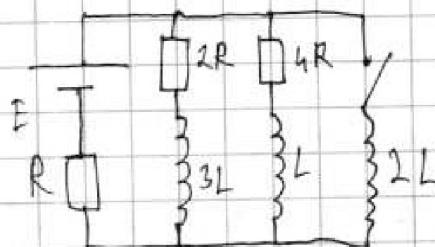
$$v_A = \sqrt{v_0^2 + 2q(8 + 1,5U)} = \sqrt{v_0^2 + 9,5Uq/m}$$

Ответ: $\frac{Uq}{dm}, Uq, \sqrt{v_0^2 + 9,5Uq/m}$

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)



Даны размыкнутый выключатель
в установившемся режиме
 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ сред каждой катушки
равен 0 $\rightarrow$ ЭДС самоиндукции
каждой 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 выключателя цепи тока, протекающие через катушки не изменяются, и ток идет и еще ток через индуктив ЭДС тоже не изменяется. Применим II закон Кирхгофа для катушки с $2L$ и установившимся:

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

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



До замыкания размыкания ток I_1, I_2
сuddenly увеличивается до нуля (м.к.)
Энер. ветви 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!

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

Продифференцируем данное выражение по dt от момента замыкания до момента равновесия:

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

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

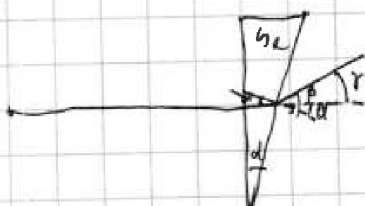
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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 вакуумом.

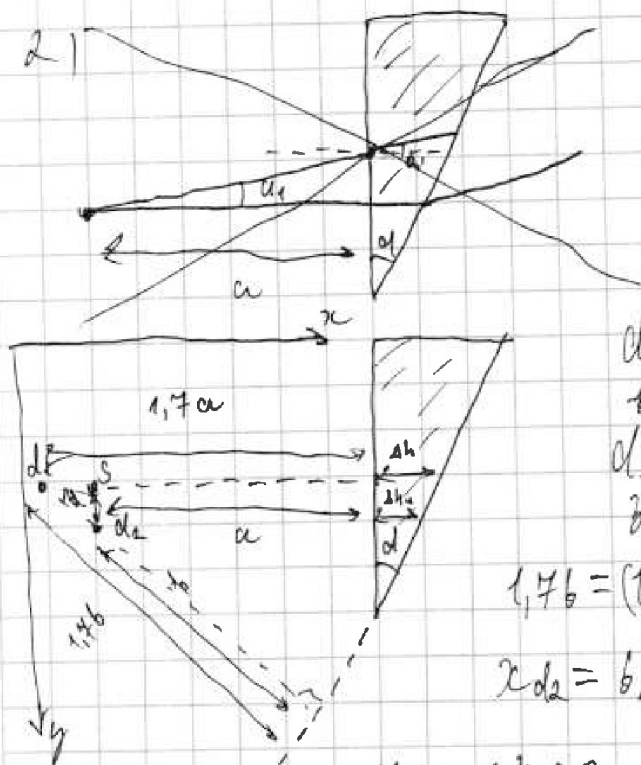
Угол отклонения $\gamma = \beta - \alpha$

$n_2 \sin \beta = n_1 \sin \alpha$ - по 3-му закону.

$\alpha = \sin \alpha$, $\beta = \sin \beta$ - приближения для малых углов

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

2)



d_1 - изображение источника
тоже при криволинейной изогнутой
 d_2 - изображение при криволинейной
загнутой, $\Delta h, \Delta h_1$ - малые
разности в разных точках

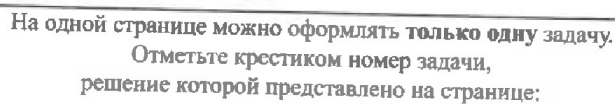
$$1,4b = (1,4a + \Delta h) \cdot \cos \alpha$$

$$x_{d_2} = b / \cos \alpha = a + \frac{\Delta h}{1,4} - \text{расстояние по } x \text{ от } d_2 \text{ до поверхности.}$$

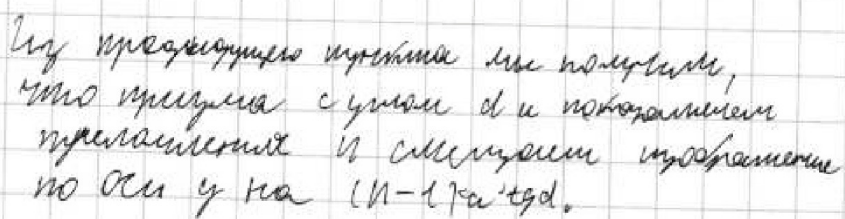
$$\text{при } \Delta h \rightarrow 0 \quad x_{d_2} = x_g = a$$

$$y_{d_2} - y_{d_1} = (x_{d_2} - x_g) \cdot \tan \alpha = 0,4a \cdot \tan \alpha, \tan \alpha \approx \alpha$$

$$\Delta y = 0,4 \cdot 0,1 \cdot 100 = 4 \text{ см}.$$



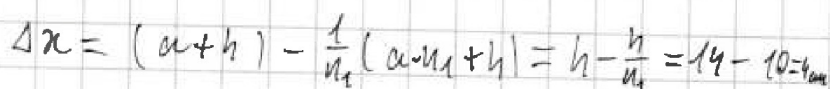
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Вот несколько примеров на уже известных
нам примерах с глаголами в предложении.

W_1 и W_2 . с таковыми же ~~тригонометрическими~~ максимумы W_1 и W_2 .

Третий балла смешивают изобретение на 4 см в мощность d_2
 Второй балла смешивают в другую мощность по d_2 (м.к. от
 перевернуть) где $(1,4-1) \cdot a = 0,1 = 4 \text{ см в мощность } d_3$



$$\Delta y = 7 - 4 = 3 \text{ cm.}$$

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

Druck: 0,07 Pa; T_{air} ; T_{air}



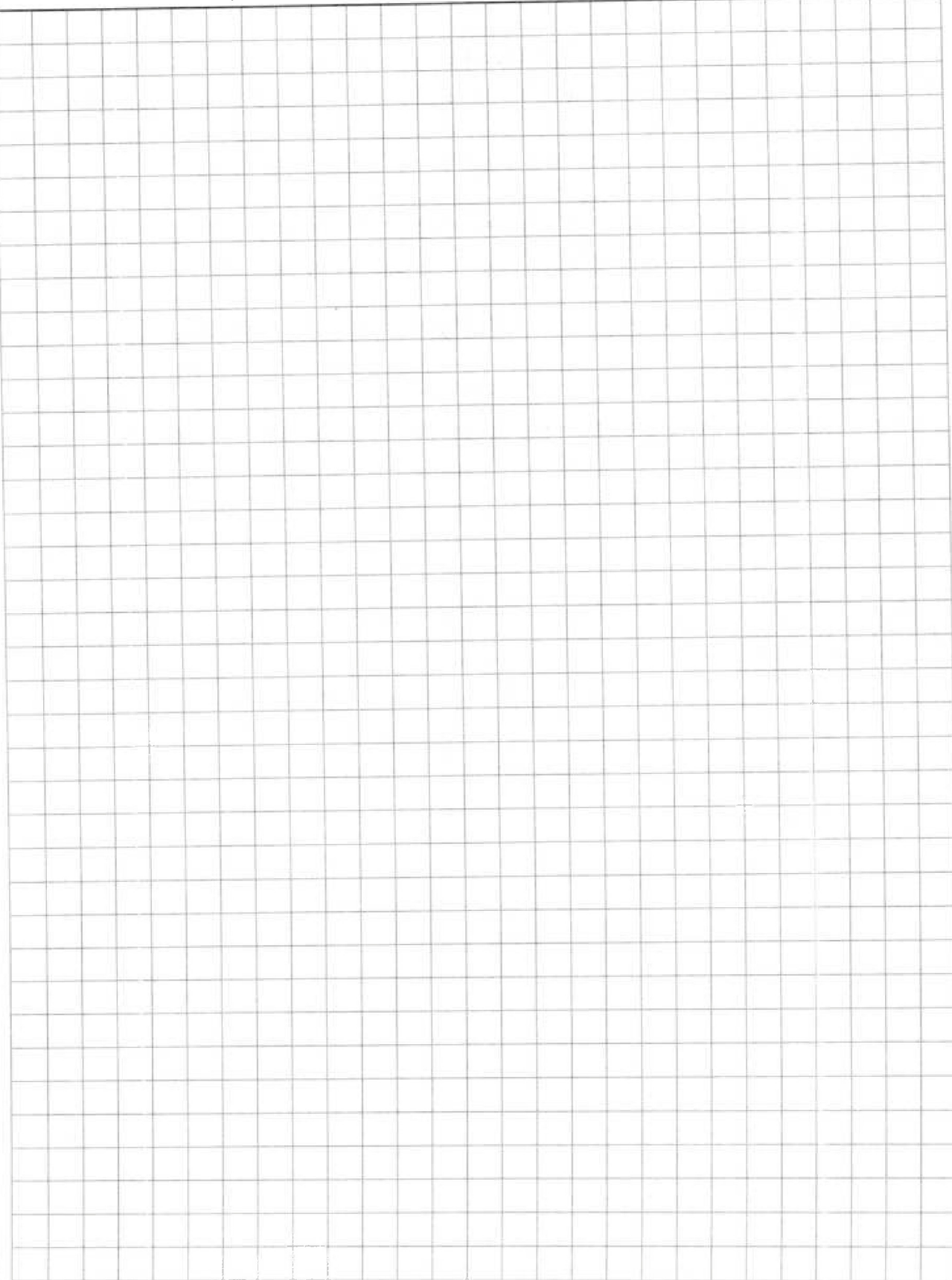
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

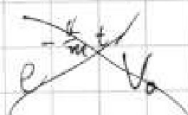
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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



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

$$1,512 = 0,79 \mu C$$



$$F_{TP} = KV$$

$$F_K = F_{96}$$

$$200/30 = K$$

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

$$F_0 = 20H$$



$$\Delta Q = K p \Delta \frac{3}{4} V$$

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

$$p \cdot \frac{1}{8} V = 14 RT$$



$$p_A + \frac{\rho_A + \rho_B RT}{V}$$

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

$$\frac{24}{24} = \frac{12}{5}$$

$$u = E d$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 **МФТИ**

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

