

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-04

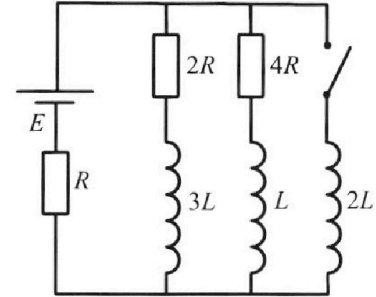
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



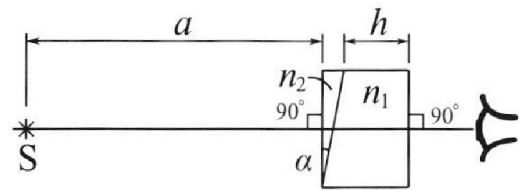
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 ч ислowymi 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.

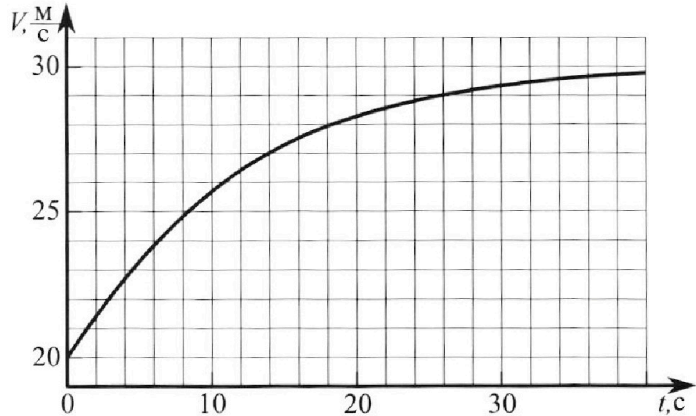
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



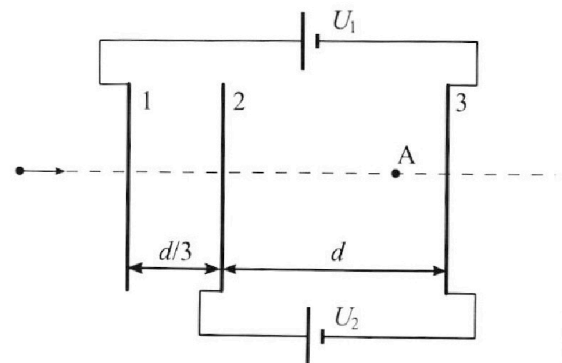
- Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно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

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V 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.

- 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 А на расстоянии $3d/4$ от сетки 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 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!

$$3) P_{\text{comp}} = F_0 V_0 = 140 \cdot 20 = 2800 \text{ Вт}; \alpha = \frac{2800}{6000} = \frac{28}{60} = \frac{14}{30} = \frac{7}{15}$$

Отв: 1) $\frac{2}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 0,67 \text{ м/с}^2$

2) $F_0 = 140 \text{ Н}$

3) ~~2800 Вт~~ $\frac{7}{15}$

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!

а) коорд. точек с граф. можно скрыть

с точн. 90 половина клетки. Приближим график

в начале прямой:

$$a_0 = \frac{22-20}{3-0} = \frac{2}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

22 м/с - скор. в $t=3\text{с}$
20 м/с - скор. в $t=0\text{с}$

Пусть мощн. звит. P:

$$P = \frac{dA}{dt}$$

в конце: $P = \frac{dA}{dt} = F_k \frac{dS}{dt} \Rightarrow$

$$\Rightarrow P = F_k V_k = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт} = 6 \text{ кВт}$$

$$V_k = 30 \text{ м/с} \uparrow$$

в начале: $\Sigma (F_i = m a + \dot{A}) \Rightarrow$

рад. всех сил \uparrow

\uparrow изм. пот. э. = 0

изм. кин. энерг.

$$\Rightarrow P dt - F_0 V_0 dt = d\left(\frac{mV^2}{2}\right) = \frac{m}{2} \cdot 2V_0 a_0 dt = m V_0 a_0 dt$$

$V_0 = 20 \text{ м/с} \uparrow$

$$\Rightarrow P - F_0 V_0 = m V_0 a_0 \Rightarrow P - m V_0 a_0 = F_0 V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_0 = \frac{P}{V_0} - m a_0 = \frac{6000}{20} - 240 \cdot \frac{2}{3} =$$
$$= 300 - 160 = 140 \text{ Н}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



из усл. равн. и мевес. поркл гавн. маж и пог нмк всегда равны.

$$\frac{(3)}{(4)}: \frac{\rho_0 \left(\frac{1}{4}V - W\right)}{(\rho_k - \rho_{\text{атм}}) \left(\frac{7}{8}V - W\right)} = \frac{V_2 R T_0}{(V_2 + k \rho_0 W) R T} = \frac{3V_2}{4(V_2 + k \rho_0 W)}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_0}{\left(\frac{16}{3}\rho_0 - \rho_{\text{атм}}\right)} \cdot \frac{\frac{1}{8}V}{\frac{7}{8}V} = \frac{3V_2}{4(V_2 + k \rho_0 \frac{3}{8}V)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_0}{\frac{16}{3}\rho_0 - \rho_{\text{атм}}} - \frac{1}{4} = \frac{3V_2}{4(V_2 + k \rho_0 \frac{3}{8}V)} \quad (*)$$

$$\frac{(1)}{(3)}: \frac{\rho_0 \cdot \frac{1}{8}V}{\rho_0 \left(\frac{1}{8}V - W\right)} = \frac{V_1 R T_0}{V_2 R T_0} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{8}V}{\frac{1}{8}V - W} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow 4 = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow 3V_2 = 4V_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{4}{3}V_1 \quad V_1 = 4V_2$$

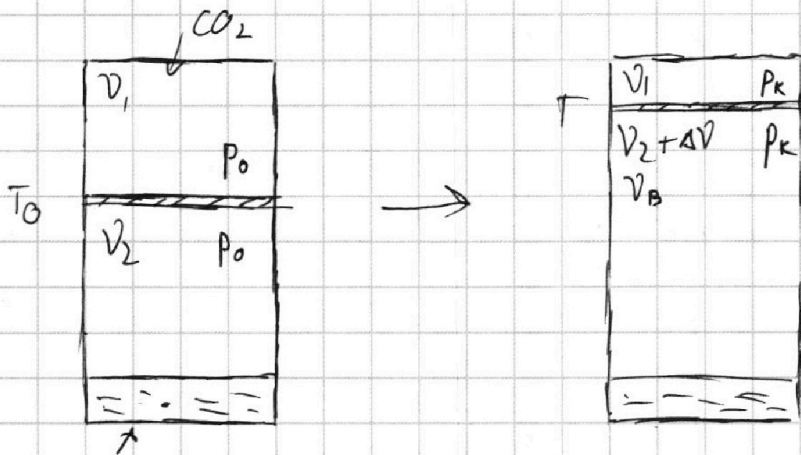
$$(*) \frac{\rho_0}{\frac{16}{3}\rho_0 - \rho_{\text{атм}}} = \frac{4V_2}{4(V_2 + k V_1 R T_0)} = \frac{4}{4\left(1 + k \frac{V_1}{V_2} R T_0\right)} =$$

$$= \frac{3}{2\left(1 + k \cdot \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{3}{4} R T\right)} = \frac{3}{2\left(1 + k \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{4} R T\right)} = \frac{3}{2\left(1 + \frac{9}{8} \cdot 0.6 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3\right)}$$

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!

② $\Delta V = t p W \quad | W = \text{const}$



↑
воздух с расств. CO₂

Ур. сост. из. газа:

Верх: $p_0 \cdot \frac{4}{8} V = V_1 R T_0 \quad (1)$

после $p_{\kappa} \frac{V}{8} = V_1 R T \quad (2) \quad | p_{\kappa} - \text{ком. габл.}$

Ниж: CO₂: $p_0 \left(\frac{4}{8} V - W \right) = V_2 R T_0 \quad (3)$

после: $p_{\kappa} \left(\frac{7}{8} - W \right) = (V_2 + \Delta V) R T \quad (4)$

$\Delta V = k p_0 W \quad | p_{\kappa} - \text{пар. габл. CO}_2 \text{ снизу}$
после нагрев.

(1) $\frac{p_0}{p_{\kappa}} \cdot \frac{4}{8} = \frac{T_0}{T} = \frac{T_0}{\frac{4}{3} T_0} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{p_0}{p_{\kappa}} = \frac{3}{16} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{p_0}{p_{\kappa}} = \frac{3}{16} \Rightarrow p_{\kappa} = \frac{16}{3} p_0$

(4): $p_{\kappa} = p_{\kappa} - p_{\text{ата}}, \quad p_{\kappa} \text{ габл. парав. возд.}$
при T равно $p_{\text{ата}}$

$i_{H_2O} = 6$

$i_{CO_2} = 5$

$R T = 3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

$W = \frac{3}{8} V$

~~$V - \frac{3}{8} V = \frac{5}{8} V$~~

~~$V - \frac{V}{8} = \frac{7}{8} V$~~

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 checked="" 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!

$$= \frac{\cancel{p}}{\cancel{2(1 + \frac{2}{8} \cdot \cancel{1,8})}} = \frac{\cancel{p}}{2(1 + k \cdot \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{3}{4} RT)} = \frac{\cancel{p}}{2(1 + k \cdot 4 \cdot \frac{3}{4} \cdot RT)} =$$
$$= \frac{\cancel{p}}{2} \cdot \frac{1}{1 + 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^3} = \frac{\cancel{p}}{2 \cdot 6,4} = \frac{\cancel{p}}{12,8} = \frac{p_0}{\frac{16}{3} p_0 - p_{\text{атм}}}$$

$$\Rightarrow 12,8 p_0 = 32 p_0 - 6 p_{\text{атм}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 19,2 p_0 = 6 p_{\text{атм}} \Rightarrow p_0 = \frac{19,2}{10} p_{\text{атм}} \cdot \frac{5}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_0 = \frac{32}{30} p_{\text{атм}}$$

Отв: 1) $\frac{V_{\text{верх}}}{V_{\text{ниж}}} = 4$

2) $p_0 = \frac{32}{30} p_{\text{атм}} = 3,2 p_{\text{атм}}$
 $= \frac{16}{5} p_{\text{атм}}$

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) З(7) $A = \Delta \Pi + \Delta K \Rightarrow$
 9.18 м $\begin{matrix} \uparrow & \uparrow \\ \text{рав. внеш. сил} & \text{иср. изм. кин. эн. } k_3 - k_2 \\ A = 0 & \text{изм. по ф. энерг. } \Pi_3 - \Pi_2 \end{matrix}$

$$\Rightarrow k_3 - k_2 = -(\Pi_3 - \Pi_2) = -q(\varphi_3 - \varphi_2) = -q(0 - \varphi) = q\varphi$$

3) З(7) 9.18 м:

$$0 = \Delta \Pi + \Delta K \Rightarrow 0 = (\Pi_A - \Pi_{inf}) + (K_A - K_{inf})$$

φ_A ; Π_A - кин. и пот. эн. в т. А.

K_{inf} ; Π_{inf} - кин. и пот. эн. на д. искр.

$$\Rightarrow 0 = (\underbrace{q\varphi_A}_{\text{потен. в т. А}} - 0) + \left(\frac{mV_A^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} \right) \Rightarrow$$

$$\varphi_A = \frac{E_{23} d}{4} = \frac{2/3 \varphi \cdot d}{4} = \frac{2/3 \varphi d}{4} = \frac{\varphi_2 \cdot d}{4} = \frac{\varphi_2 \cdot d}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{q\varphi}{4} \Rightarrow V_A^2 = V_0^2 - \frac{2q\varphi}{4} =$$

$$= V_0^2 - \frac{q\varphi}{2} \Rightarrow V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{q\varphi}{2}}$$

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 checked="" 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!

Отв: 1) $E_{23} = \frac{U_{23}}{d} = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$

ИЗ. По формуле: по напр. у-в раст.:

~~макс~~ $ma = q E_{23} = \frac{qU}{d} \Rightarrow$

$\Rightarrow a = \frac{qU}{md}$

Отв: 1) $a = \frac{qU}{md}$

2) $K_3 - K_2 = qU$

3) $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2}}$

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

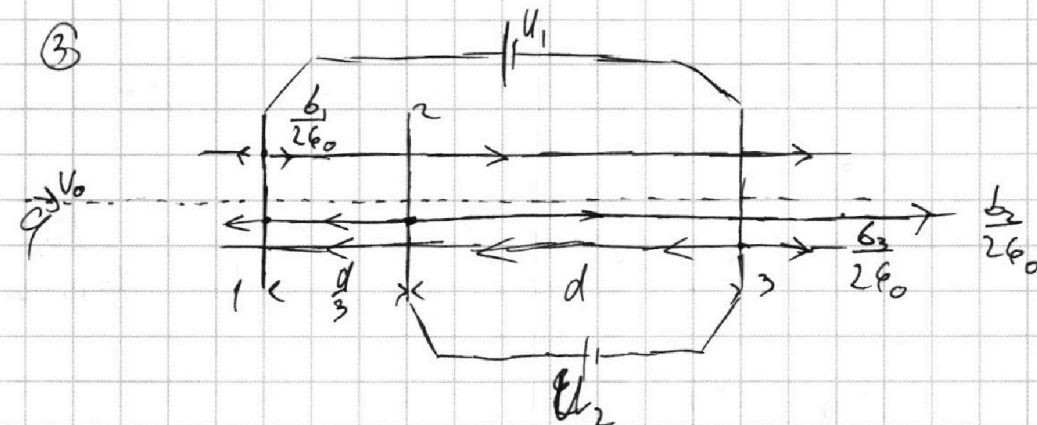
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!



$\varphi \ll \varphi_{\text{сетки}} \Rightarrow$ Прохожс. зарядов
 сквозь сетки не влияет на
 распредел. заряд. слоев

Пусть $\varphi_3 = 0 \Rightarrow \varphi_2 = U_2 = U$
 $\varphi_1 = U_1 = 5U$

Пусть поверх.пл. зар. на сетк 1,2,3
 соотв. $b_1; b_2; b_3$

Тк. изнач. сетки не зар.:

$$b_1 S + b_2 S + b_3 S = 0 \Rightarrow b_1 + b_2 + b_3 = 0 \quad (1)$$

$$1-2: \quad 5U - U = \frac{b_1 - b_2 - b_3}{2\epsilon_0} \frac{d}{3} \quad (2)$$

$$2-3: \quad U = \frac{b_1 + b_2 - b_3}{2\epsilon_0} d \quad (3)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

Так тока $2/3$ $2R$ и $4R$ кст, то

от есть только $2/3$ \mathcal{E} , R , $2L$:

$$\mathcal{E} = i_k R + 0 \Rightarrow i_k = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$\textcircled{B}: 4R q_4 = \frac{2L\mathcal{E}}{R} + \frac{L \cdot \mathcal{E}}{7R} = \frac{14L\mathcal{E} + L\mathcal{E}}{7R} = \frac{15L\mathcal{E}}{7R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_4 = \frac{15L\mathcal{E}}{16R^2}$$

Отв: 1) $I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$

2) $I'_{2L} = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$

3) $q_4 = \frac{15L\mathcal{E}}{16R^2}$

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

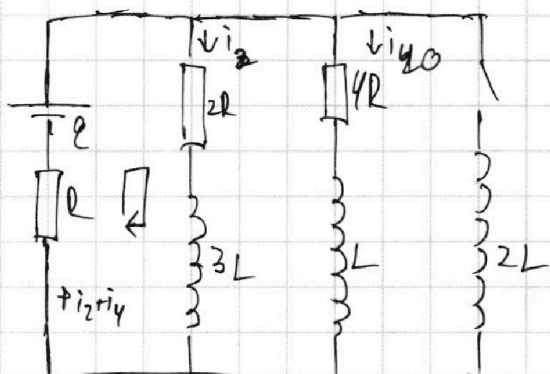
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

9



1) δ стат. режим

При разомк.

кнозе:

Токи i_2 , i_4 и i_L

не изм. со вр.: i_2 и i_4 - пост.

$$\begin{cases} E = (i_2 + i_{40})R + 2i_2R + 0 \\ E = (i_2 + i_{40})R + 4i_{40}R + 0 \end{cases} \Rightarrow$$

12 ур. Кирх. для контуров $E-2R-3L-R$ и $E-4R-L-R$

$$\begin{cases} i_2 R = 2I_{40} R \Rightarrow i_2 = 2I_{40} \\ E = (i_2 + I_{40})R + 4I_{40}R \Rightarrow E = 3I_{40}R + 4I_{40}R = 7I_{40}R \end{cases}$$

$$\Rightarrow I_{40} = \frac{E}{7R}$$

2) сразу после замык. кноза ток

i_2 катушки не может изм., т.е:

$$i_{2L} = 0; \quad i_{2L}' = ? \quad - \text{ток из } 2L$$

$$i_2 = \frac{2E}{7R}; \quad i_2' = 0 \quad - \text{ток из } 2R \text{ и } 3L$$

$$i_4 = \frac{E}{7R}; \quad i_4' = 0 \quad - \text{ток из } 4R \text{ и } L$$

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!



$$\begin{cases} \mathcal{E} = (i_2 + i_4)R + 2L i_{2L}' \\ \mathcal{E} = (i_2 + i_4)R + 2i_2R + 3L i_2' \\ \mathcal{E} = (i_2 + i_4)R + 4i_4R + L i_4' \end{cases} \Rightarrow$$
$$2i_2R + 3L i_2' = 4i_4R + L i_4' = 2L i_{2L}'$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = \left(\frac{2\mathcal{E}}{7R} + \frac{\mathcal{E}}{7R}\right)R + 2L i_{2L}' \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{3}{7}\mathcal{E} + 2L i_{2L}'$$

$$\Rightarrow \frac{4}{7}\mathcal{E} = 2L i_{2L}' \Rightarrow i_{2L}' = \frac{2\mathcal{E}}{7L}$$

3) Уст. режим. при замк. ключе:

Токи и напряж. не изм $\Rightarrow I_{2L} = \text{const} \Rightarrow$

$\Rightarrow U_{2L} = 0 = \text{const} \Rightarrow$ токи i_2 и i_4 - не изм
 ~~\downarrow $\frac{d i_2}{dt} = 0$ / $\frac{d i_4}{dt} = 0$ / $\frac{d U_{2L}}{dt} = 0$~~

К/К 2 пр. Кирх. 5 и 6 $4R - L - 2L$:

$$4i_4R + L i_4' - 2L i_{2L}' = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 \frac{d i_4}{dt} R + L \frac{d i_4}{dt} = 2L \frac{d i_{2L}}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4R \Delta i_4 + L \Delta i_4 = 2L \Delta i_{2L} \quad \left| \sum_{\text{мк}} \right. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4R (i_4 - 0) + L (0 - I_{40}) = 2L (i_k - 0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4R i_4 - L I_{40} = 2L i_k \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4R i_4 = 2L i_k + L I_{40} \quad \text{⊗}$$

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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



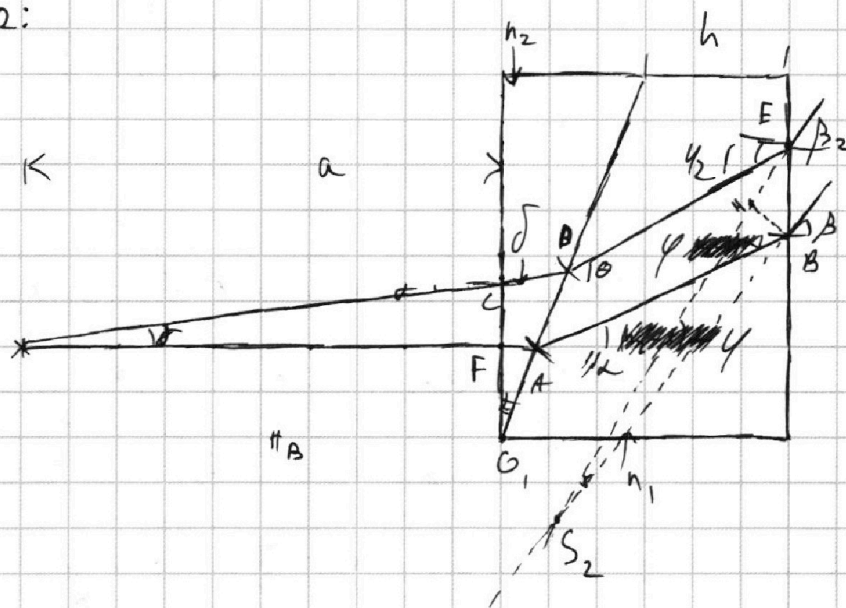
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$S_1 A = (h_2 - l) a \left(k + \frac{l}{h_2} \right) \approx 2 a (h_2 - l) = 0,1 \cdot 100 \text{ см} \cdot 0,7 = 7 \text{ см}$$

Т.к. угол отраж. Мал из п.1), то

$$SS_1 \approx 100 - 7 = 93 \text{ см}$$

3) Аналог п. 2:



Прелом. в:

Т.к: $n_2 l = n_1 \beta_1 \Rightarrow \alpha = \beta_1 - \alpha = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) l$

т.в: $n_1 \alpha = \beta \Rightarrow \beta = (n_2 - n_1) l$

т.с: $\gamma = n_2 \delta \Rightarrow \delta = \frac{l}{n_2}$

т.д: $LD = \frac{l}{n_2} + \alpha \Rightarrow n_2 \left(\frac{l}{n_2} + \alpha \right) = n_1 \theta \Rightarrow$

$$\Rightarrow \theta = \frac{n_2}{n_1} \left(\frac{l}{n_2} + \alpha \right) = 2 \frac{l}{n_1} + \frac{l}{n_1}$$

Угол отраж. этого луча: $\varphi_2 = \theta - \alpha = \frac{l}{n_1} + \alpha \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$

т.е: $n_1 \varphi_2 = \beta_2 \Rightarrow \beta_2 = \frac{l}{n_2} + \frac{l}{n_1} \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$

$$\beta_2 = \delta + \alpha (n_2 - n_1)$$

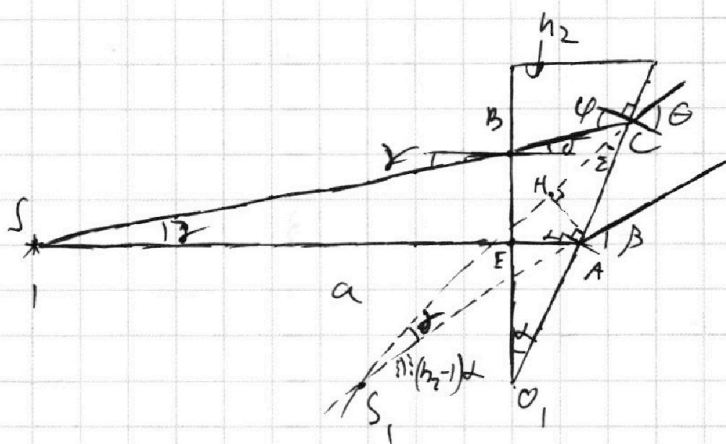
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Пусть z луча: 1-й \perp HO призмы, 2-й \bar{a} нос

углом $\gamma \ll 1$: т. А: $\beta = h_2 \alpha$ (прям. сеч. призмы)

т. В: $\gamma = h_2 \delta \Rightarrow \delta = \frac{\gamma}{h_2}$

$\triangle O_1BC$: $\alpha + \frac{\pi}{2} + \delta + \angle C = \pi \Rightarrow$

$$\angle C = \frac{\pi}{2} - \gamma$$

$\Rightarrow \alpha + \delta - \gamma = 0 \Rightarrow \cancel{\alpha} + \cancel{\delta} = \gamma = \alpha + \delta = \alpha + \frac{\gamma}{h_2}$

т. С: $h_2 \gamma = \theta \Rightarrow \cancel{\gamma} = \theta = h_2 \alpha + \frac{\gamma h_2}{h_2} = h_2 \alpha + \gamma$

Расст. $BE = \gamma a$, тк носу. призмы

мала, то расст. $AB = \frac{\gamma a}{\cos \alpha} = \frac{\gamma a}{1 - \frac{\alpha^2}{2}} \approx \gamma a (1 + \frac{\alpha^2}{2}) \approx \gamma a$

$$\begin{aligned}
 AH &= S_1 A \cdot \gamma = AC \cdot \gamma = AC (\theta - \gamma) = \gamma a \cdot (h_2 - 1) \cdot \gamma \\
 &= \gamma a \cdot (h_2 - 1) \left(\alpha + \frac{\gamma}{h_2} \right)
 \end{aligned}$$

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!

$$\beta_2 - \beta_1 = \gamma$$

$$\text{Аналог. } n_2: AD = FC = a\gamma$$

$$FB = \gamma S_2 B = EB \cdot \angle FEB_2 \quad (*)$$

$$\angle FEB_2 = \beta_2 - \gamma_2 = (h_1 - 1)\gamma_2 = \gamma \cdot \frac{h_1 - 1}{n_1} + \alpha \left(\frac{h_2}{n_1} - 1 \right) / (h_1 - 1)$$

$$EB = AD + h \cdot (\theta - \alpha) - (h \cdot \theta) = AD + h \left(\frac{\theta}{2} - \alpha \right) =$$

$$= AD + h \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma}{n_1} + \alpha \left(\frac{h_2}{n_1} - 1 \right) - \alpha \left(\frac{h_2}{n_1} - 1 \right) \right) =$$

$$= a\gamma + \frac{h\gamma}{n_1} = \gamma \left(a + \frac{h}{n_1} \right)$$

$$(*) : \gamma S_2 B = \gamma \left(a + \frac{h}{n_1} \right) \cdot \left(\gamma \cdot \frac{h_1 - 1}{n_1} + \alpha \left(\frac{h_2 - h_1}{n_1} \right) / (h_1 - 1) \right)$$

$$S_2 B = \left(a + \frac{h}{n_1} \right) \left(\gamma + \frac{h_1 - 1}{n_1} + \alpha \frac{h_2 - h_1}{n_1} / (h_1 - 1) \right) = \gamma \left(a + \frac{h}{n_1} \right) \cdot \left(1 + \frac{h_1 - 1}{n_1} + \alpha \frac{h_2 - h_1}{n_1} / (h_1 - 1) \right)$$

$$= \left(a + \frac{h}{n_1} \right) \alpha \frac{h_2 - h_1}{n_1} / (h_1 - 1) = \left(100 + \frac{14}{1,4} \right) \cdot 0,1 \cdot \frac{1,7 - 1,4}{1,4} / (1,4 - 1) =$$

$$= 110 - 0,1 \cdot \frac{0,3}{1,4} \cdot 0,4 = 11 \cdot 0,4 \cdot \frac{0,3}{1,4} = 11 \cdot \frac{3}{14} \cdot 0,4 = \frac{11 \cdot 3 \cdot 4}{140}$$

$$= \frac{11 \cdot 12}{140} = \frac{11 \cdot 6}{70} = \frac{11 \cdot 3}{35} = \frac{33}{35} \Rightarrow \text{мат. уг. откл.:}$$

$$SS_2 = 110 \text{ см} \cdot \frac{33}{35} \text{ см} = 109 \text{ см}$$

$$\text{Отв: 1) } \gamma = 0,07 \text{ рад}$$

$$2) 93 \text{ см} \quad 3) \frac{109}{1,4} \text{ см}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

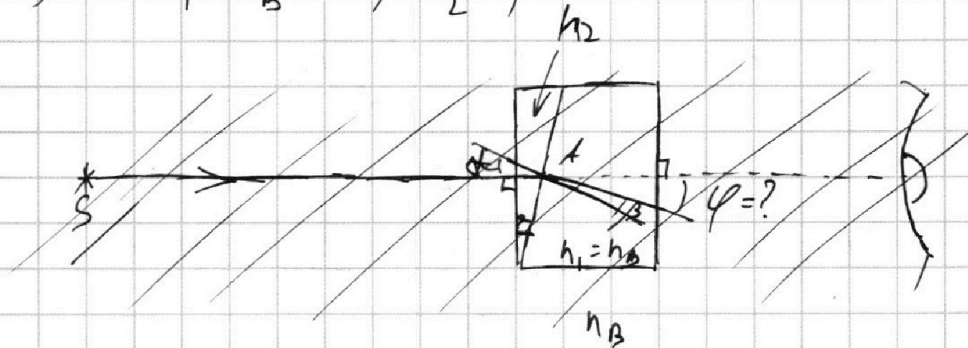
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

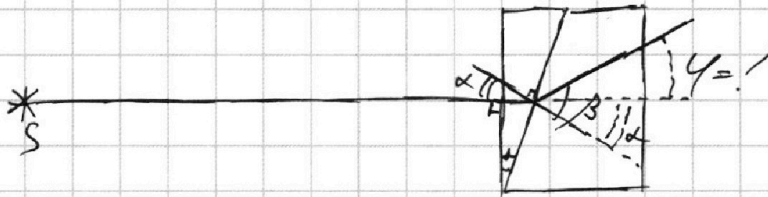


5) 1) $n_1 = n_B = 1$; $n_2 = 1,7$



Прелом. в т. А с ИР малых α и β :

$$n_2 \alpha = \beta$$

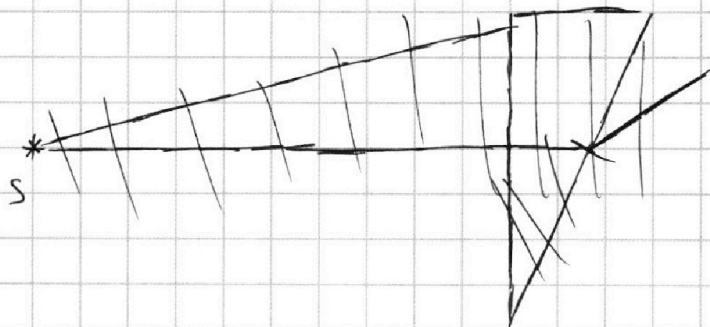


$$\varphi = \beta - \alpha = (n_2 - 1)\alpha = (1,7 - 1) \cdot 0,1 = 0,07 \text{ рад}$$

2) $n_1 = n_B = 1$; $n_2 = 1,7$

ТК $n_1 = n_B$, то призму с n , можно не

рис, ТК она не влияет на ход лучей.





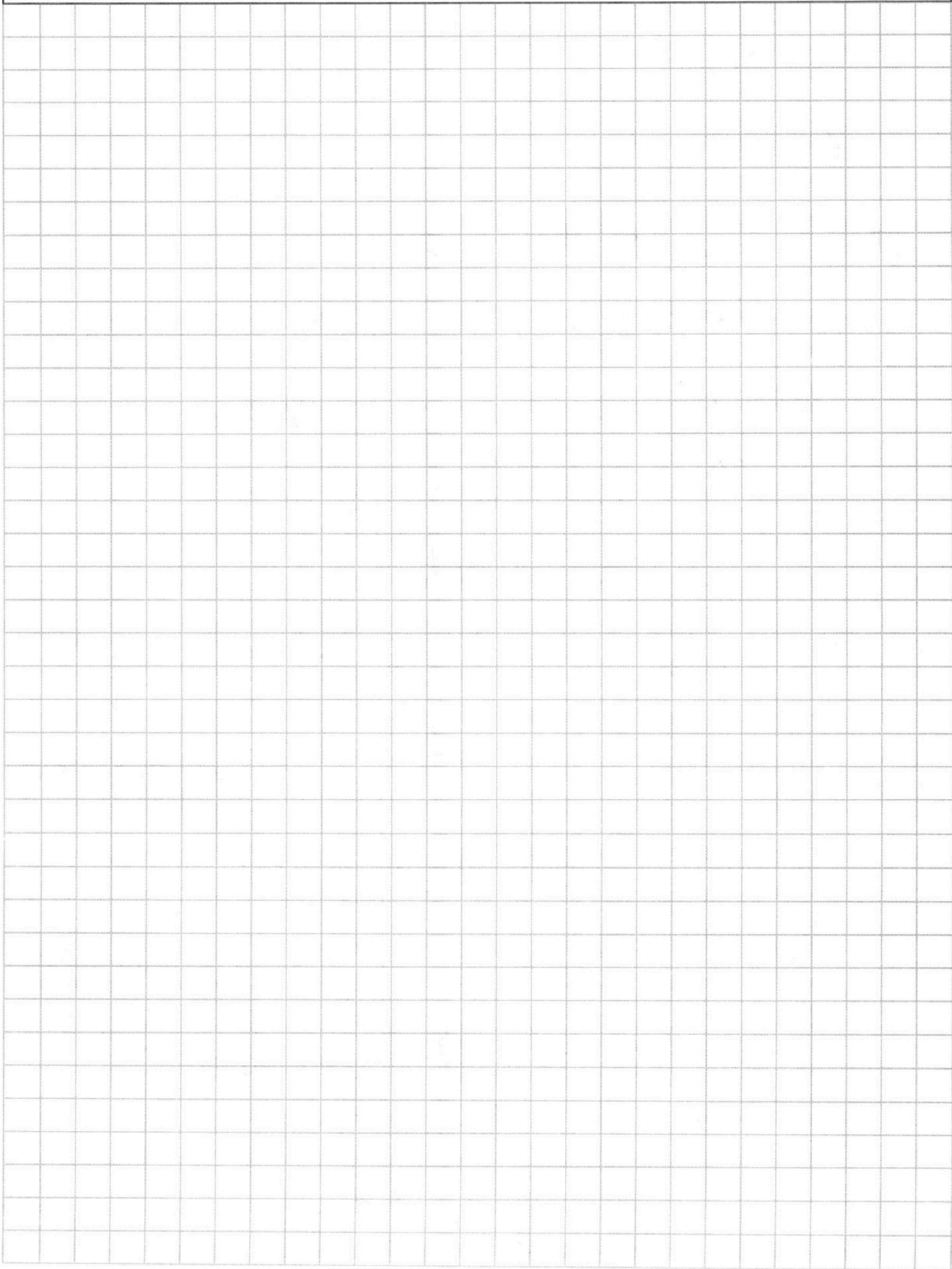
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$(1): \quad b_1 + b_2 + b_3 = 0 \quad (1)$$

$$(2): \quad \frac{24 U \epsilon_0}{d} = b_1 - b_2 - b_3 \quad (2)$$

$$(3): \quad \frac{2 U \epsilon_0}{d} = b_1 + b_2 - b_3 \quad (3)$$

$$(3) - (2): \quad b_1 + b_2 - b_3 - b_1 + b_2 + b_3 = 2b_2 = \frac{24 - 2}{d} U \epsilon_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2b_2 = \frac{22 U \epsilon_0}{d} \Rightarrow b_2 = \frac{11 U \epsilon_0}{d}$$

$$(1) + (2): \quad b_1 + b_2 + b_3 + b_1 - b_2 - b_3 = 2b_1 = \frac{24 U \epsilon_0}{d}$$

$$\Rightarrow b_1 = \frac{12 U \epsilon_0}{d}$$

$$b_3 = -b_1 - b_2 = -\frac{12 U \epsilon_0}{d} - \frac{11 U \epsilon_0}{d} = -\frac{23 U \epsilon_0}{d} \quad \left| \begin{array}{l} \text{нужно} \\ \frac{U \epsilon_0}{d} = L \end{array} \right.$$

#3. Кютона на часть вдоль оси электр.:

$$m a = q E_{23} \quad (\text{между пл. 2 и 3}) \Rightarrow$$

$$E_{23} = \frac{b_1 + b_2 - b_3}{2 \epsilon_0} = \frac{12L + 11L - (-23L)}{2 \epsilon_0} =$$

$$= \frac{46L}{2 \epsilon_0} = \frac{23L}{\epsilon_0} = 23 \frac{U \epsilon_0}{d} \cdot \frac{1}{\epsilon_0} = 23 \frac{U}{d}$$

$$\Rightarrow m a = q \cdot \frac{23U}{d} \Rightarrow a = \frac{23 q U}{m d}$$

Тепл. | О | к.к. | Электр.



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!

