



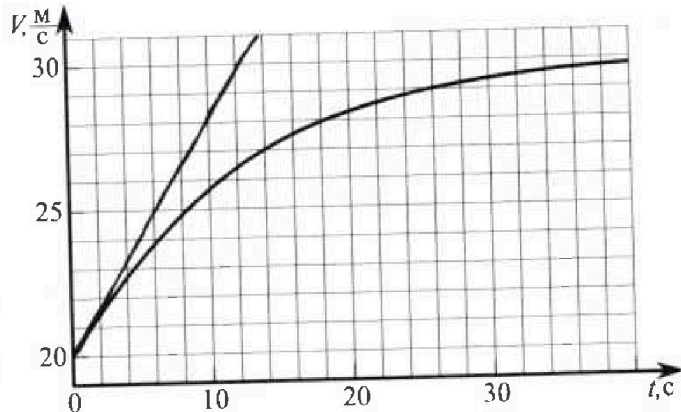
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



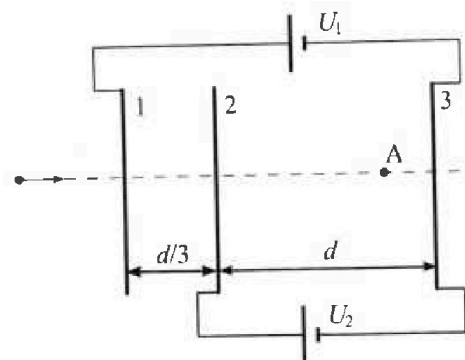
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность ϵ численного ответа на первый 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 $3V/8$. 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 и 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 A на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023



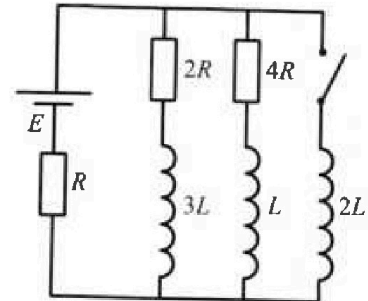
Вариант 11-04

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

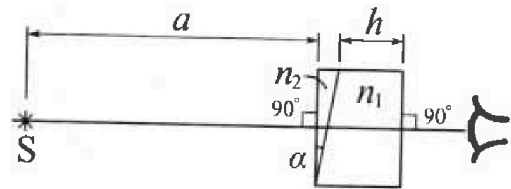
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_v = 1,0$. 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 $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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

МФТИ

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

Построим касательную к графику $v(t)$ в точке $t=0$, угловой коэффициент касательной будет равен ускорению мотоцикла в начале разгона a_0 .

$a_0 = \frac{5}{6} \text{ м/с}^2$ ЗСЭ для мотоциклиста с мотоциклом:

$$P dt = d\left(\frac{mv^2}{2}\right) + v F_c dt = mV dV + F_c dt V$$

$$P = mVa + F_c v \quad F_c - \text{сила сопротивления}$$

P - мощность двигателя v в конце разгона $a=0$:

$$P = F_k v_k \quad v_k - \text{скорость в конце разгона}$$

$$\text{В начале разгона: } P = mV_0 a_0 + F_c V_0$$

V_0 - скорость в начале разгона F_c - сила сопротивления в начале разгона

$$F_c = \frac{P}{V_0} - ma_0 = F_k \frac{v_k}{V_0} - ma_0 = 200 \cdot \frac{30}{20} - 240 \cdot \frac{5}{6} =$$

$$= 300 - 200 = 100 \text{ Н} \quad \eta - \text{доля мощности двигателя идущая на преодоление силы сопротивления в начале разгона}$$

$$\eta = \frac{F_c V_0}{P} = \frac{F_c v_k}{F_k v_k} = \frac{100 \cdot 20}{200 \cdot 30} = \frac{2000}{6000} = \frac{1}{3}$$

Ответ: $\frac{5}{6} \text{ м/с}^2$; 100 Н ; $\frac{1}{3}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

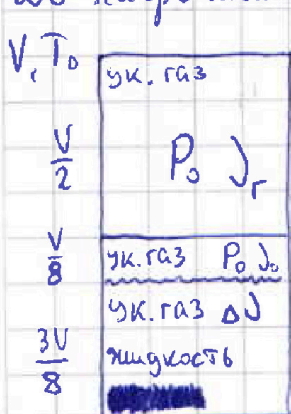
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

До нагревания:

После нагревания:



$$\eta = \frac{J_\Gamma}{J_0} = \frac{\frac{V}{2}}{\frac{V}{8}} = \frac{4V}{V} = 4$$

На схемах \rightarrow показано, какая величина η обозначает



$$P \frac{V}{8} = J_\Gamma R T$$

$$P = \frac{J_\Gamma R T}{V/2} + P_{atm}$$

$$J = J_0 + \Delta J$$

$$P \frac{V}{2} = J_0 R T + \Delta J R T +$$

$$+ P_{atm} \frac{V}{2} = 4 J_\Gamma R T$$

$$\frac{P_0}{6} + \frac{3kRT P_0}{8} + \frac{P_{atm}}{2} = \frac{8P_0}{3}$$

$$\frac{P_0 V}{8T_0} T + k P_0 \frac{3V}{8} R T + P_{atm} \frac{V}{2} =$$

$$\frac{P_0}{2} + \frac{9kRT P_0}{8} + \frac{3P_{atm}}{2} = 8P_0$$

$$= \frac{P_0 V}{2T_0} \cdot 4T \quad T = \frac{4}{3} T_0 \quad \frac{T}{T_0} = \frac{4}{3}$$

$$4P_0 + 9kRT P_0 + 12 P_{atm} = 64 P_0$$

$$P_0 = P_{atm} \frac{12}{60 - 9kRT} = \alpha$$

$$\alpha = \frac{4}{20 - 3 \cdot \frac{3}{5} \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^8} = \frac{4}{20 - \frac{27}{5}}$$

$$= \frac{20}{100 - 27} = \frac{20}{73}$$

Ответ: $4; \frac{20}{73} P_{atm}$

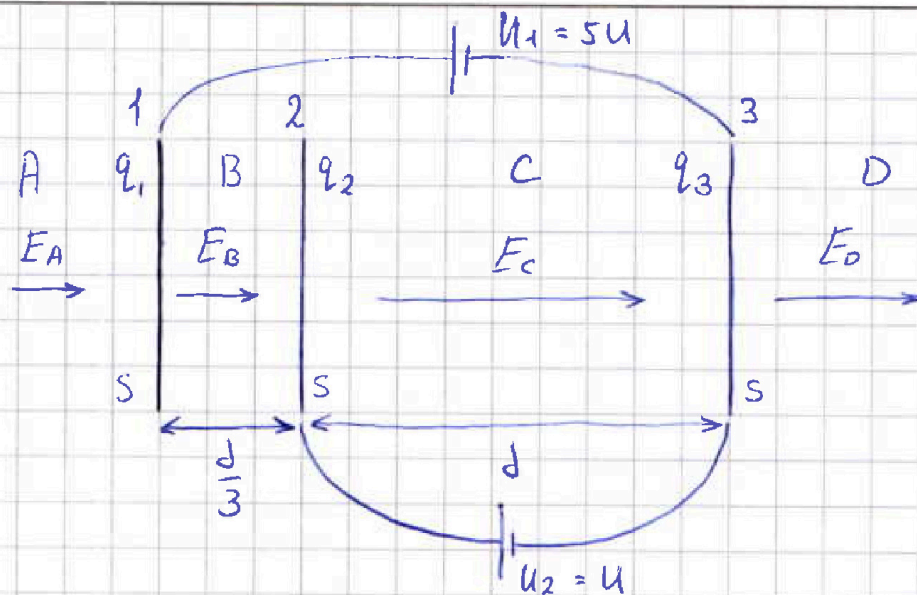
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



~~Разобьем~~ Разобьем все пространство на ~~области~~ области A, B, C и D

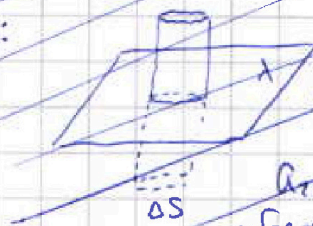
E_A, E_B, E_C и E_D - электрические поля в областях A, B, C и D соответственно

q_1, q_2 и q_3 - заряды сетки 1, 2 и 3 соответственно

~~Будем считать большую плоскость无限 плоскостью. Находим выражение для поля infinite плоскости:~~

По теореме Гаусса:

$$2E\Delta S = \frac{\lambda\Delta S}{\epsilon_0} \quad E = \frac{\lambda}{2\epsilon_0}$$



λ - поверхностная плотность заряда

a_{23} - ускорение электрона в области между сетками 2 и 3

$$E_C = \frac{U}{d} \quad E_C q = m a_{23} = \frac{qU}{d} \quad a_{23} = \frac{qU}{md}$$

$$U_3 - U_2 = E_C q d = U q$$

Ответ: $\frac{qU}{md}; qU; -$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

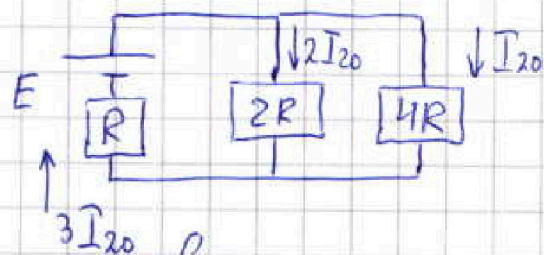
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



В установившемся режиме $\frac{dI}{dt} = 0$, поэтому напряжения на катушках равны 0.



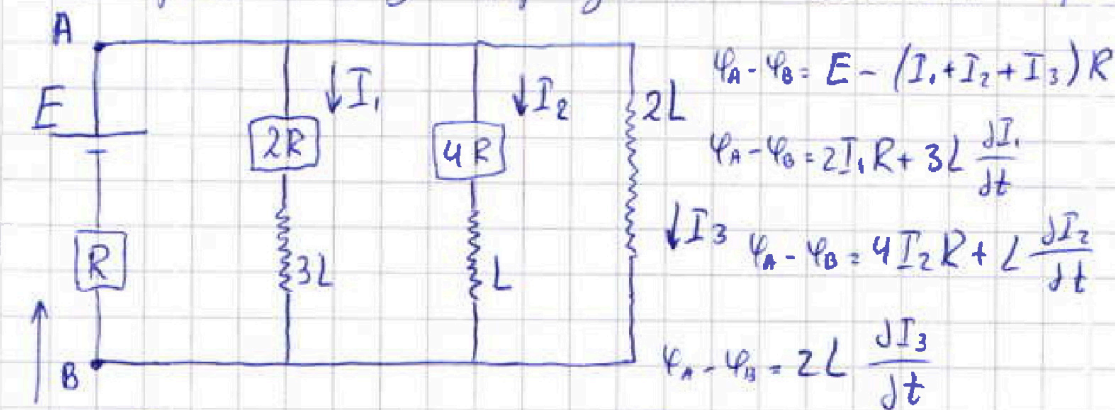
$$E = 3I_{20}R + 4I_{20}R$$

$$I_{20} = \frac{E}{7R}$$

Сразу после замыкания ключа ток не успеет измениться, поэтому напряжение на катушке 2L равно $\frac{4}{7}E$

$$\frac{4}{7}E = 2L \dot{I}_2 \quad \dot{I}_2 = \frac{dI_2}{dt} = \frac{2E}{7L}$$

Рассмотрим схему в произвольный момент времени:



$$\varphi_A - \varphi_B = E - (I_1 + I_2 + I_3)R$$

$$\varphi_A - \varphi_B = 2I_1R + 3L \frac{dI_1}{dt}$$

$$\varphi_A - \varphi_B = 4I_2R + L \frac{dI_2}{dt}$$

$$\varphi_A - \varphi_B = 2L \frac{dI_3}{dt}$$

$$I_1 + I_2 + I_3 \quad 2L \frac{dI_3}{dt} = 4I_2R + L \frac{dI_2}{dt} \quad 2L dI_3 = 4R dI_2 + L dI_2$$

$$2L \frac{E}{R} = 4R q_2 + L(0 - I_{20}) \quad 2LE = 4R^2 q_2 - \frac{1}{7}LE$$

$$4R^2 q_2 = \frac{15}{7}LE \quad q_2 = \frac{15LE}{28R^2} \quad \text{Ответ: } \frac{E}{7R}; \frac{2E}{7L}; \frac{15LE}{28R^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

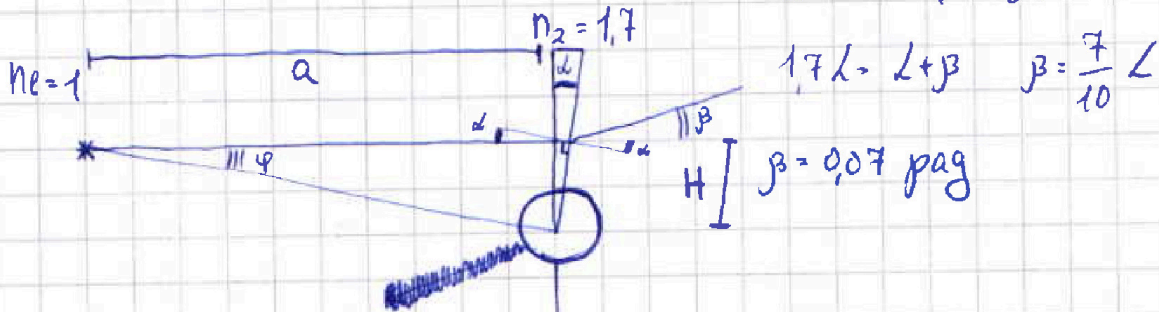


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Печать QR-кода недопустима!



Для пунктов 1 и 2:

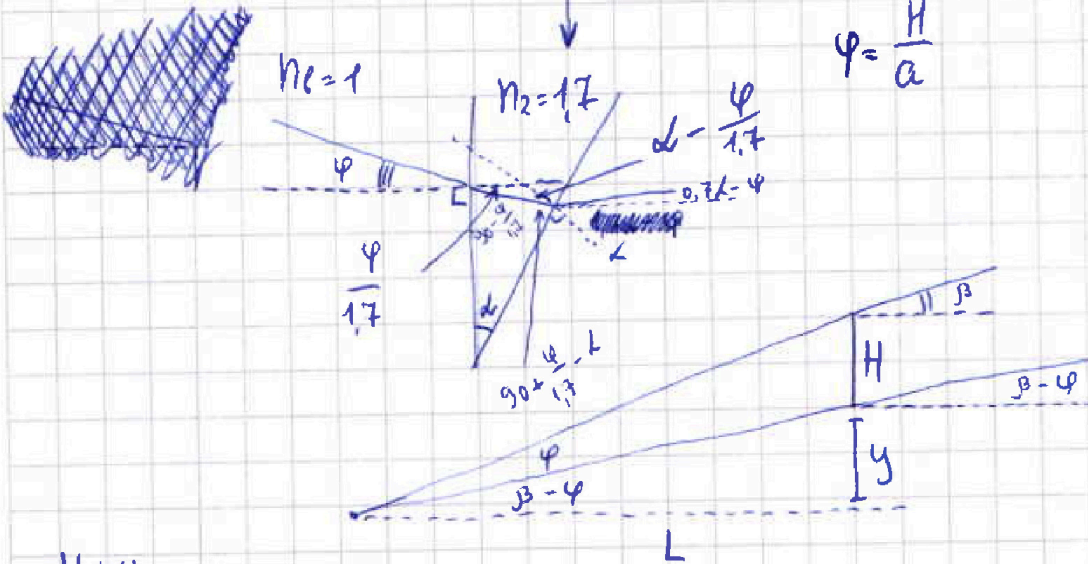
$$n_2 d = n_1 (d + \beta)$$



$$1.7L = L + \beta \quad \beta = \frac{7}{10} L$$

$$\beta = 0.07 \text{ рад}$$

$$\varphi = \frac{H}{a}$$



$$\frac{H+y}{L} = \beta$$

$$\frac{y}{L} = \beta - \varphi$$

$$\frac{H}{L} + \beta - \varphi = \beta$$

$$\frac{H}{L} = \varphi = \frac{H}{a} \quad L = a$$

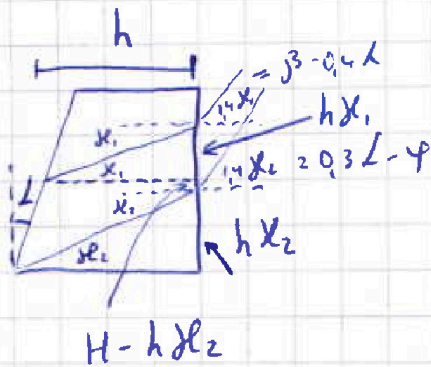
⇒ Расстояние между источником и изображением равно 0

Для пункта 3:

$$n_1 = 1.4 \quad n_2 = 1.4$$

$$\frac{\beta + d}{1.4} = \frac{L + \beta}{1.4} = \chi_1$$

$$\frac{1.7L - \varphi}{1.4} = \frac{0.3L - \varphi}{1.4} = \chi_2$$



$$H = h \chi_2$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

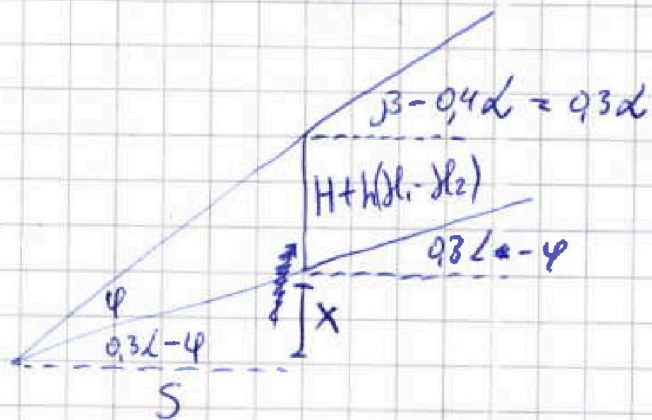
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

$$\frac{H+h(\lambda_1-\lambda_2)+x}{S} = \varphi$$

$$\frac{x}{S} = 0,3L - \varphi$$



$$\frac{H+h(\lambda_1-\lambda_2)}{S} + 0,3L - \varphi = \varphi$$

$$\lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\cancel{0,4L} - 0,3L + \varphi}{1,4} = \frac{\varphi}{1,4}$$

$$\frac{\varphi a + h \cdot \frac{\varphi}{1,4}}{S} + 0,3L = 2\varphi \quad a + \frac{h}{1,4} + 0,3LS = 2S$$

$$S = \frac{a + \frac{h}{1,4}}{2 - 0,3L} \quad L_3 = a + h - \frac{a + \frac{h}{1,4}}{2 - 0,3L} = 100 + 14 - \frac{100 + 16}{2 - 0,3}$$

$$= 114 - \frac{110}{1,97} = 114 - \frac{11000}{197} = \frac{22458 - 11000}{197} = \frac{11458}{197}$$

$$\begin{array}{r} 197 \\ \times 114 \\ \hline 788 \\ 197 \\ 197 \\ \hline 22458 \end{array}$$

Ответ: 0,07 рад; 0 см; $\frac{11458}{197}$ см

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

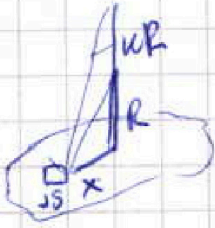
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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!



α :

α :

$$dR = \frac{dS}{\cos \alpha \sqrt{x^2 + R^2}}$$

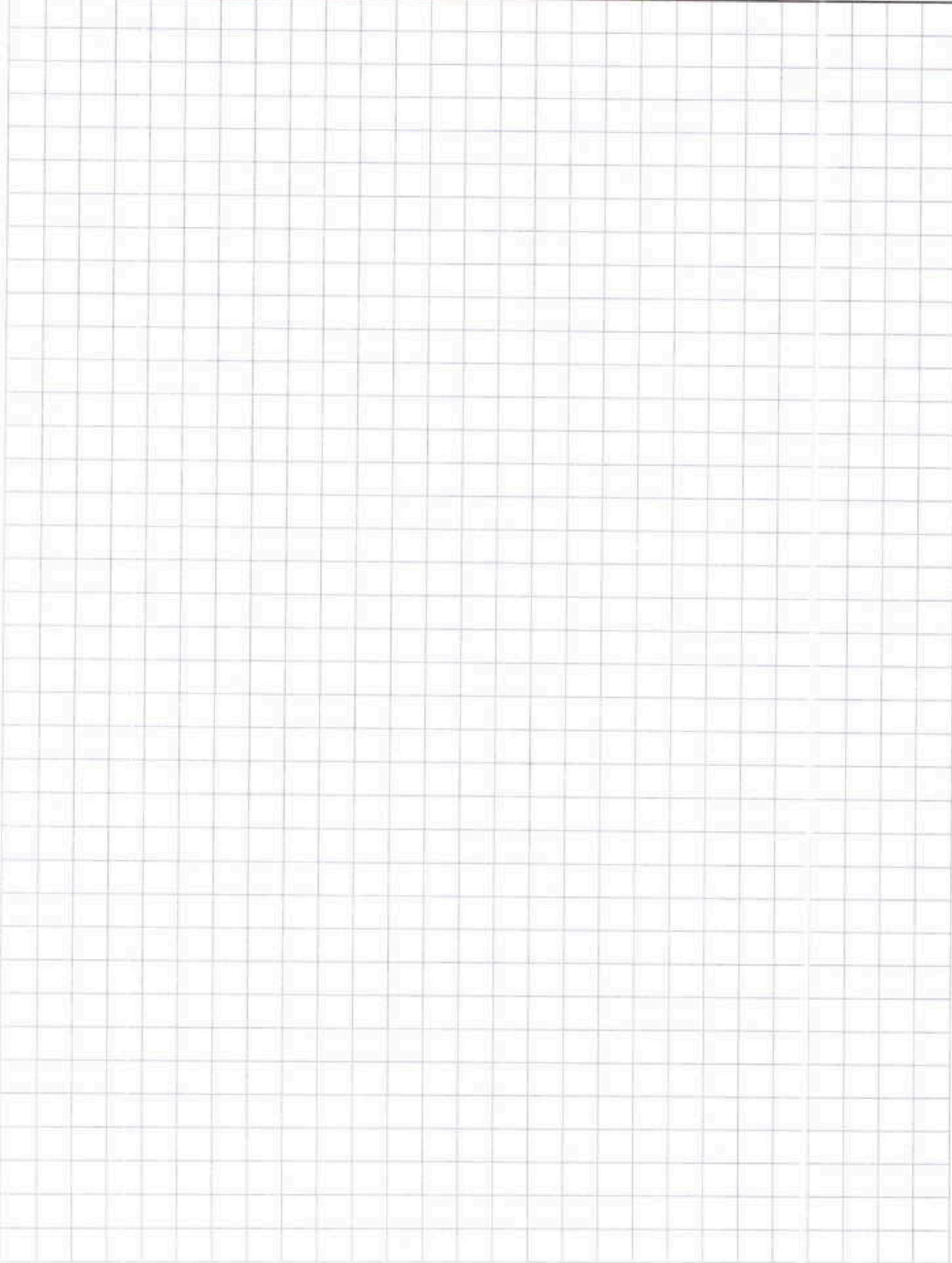


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



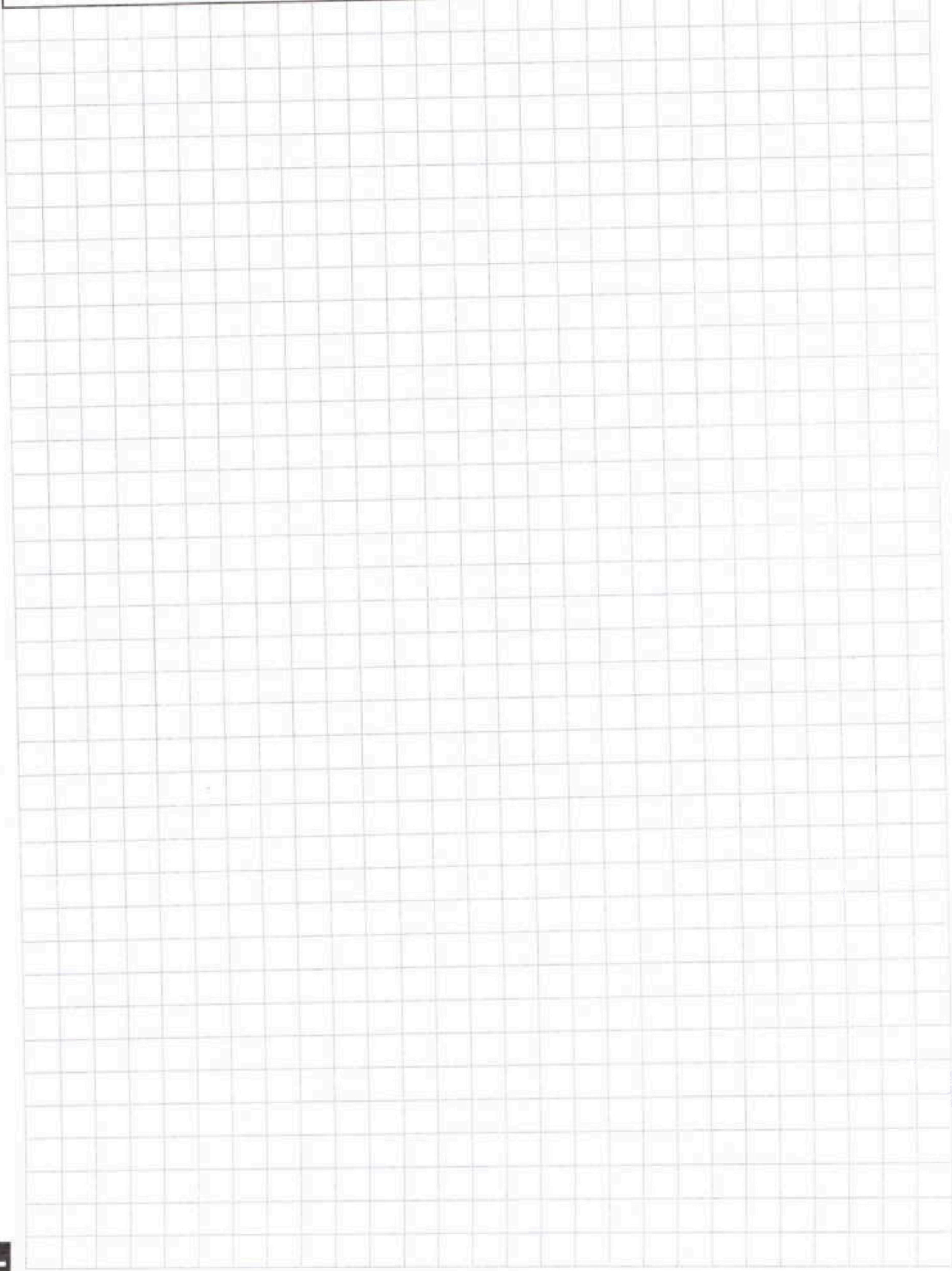


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



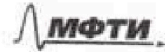
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!





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

- 1 2 3 4 5 6 7



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

