



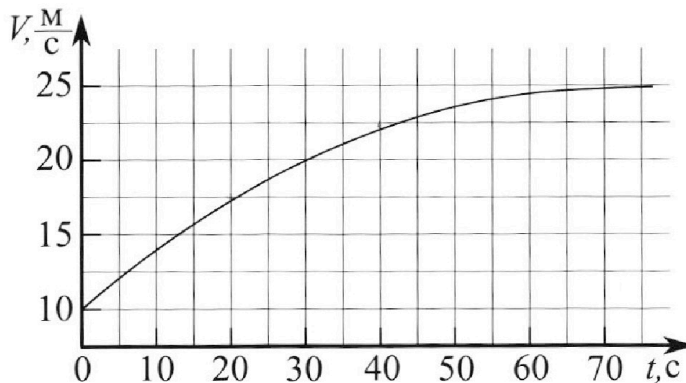
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой $m = 1800$ 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 $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $v_1 = 20$ м/с.
- Найти силу тяги F_1 при скорости v_1 .
- Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости v_1 ?

Требуемая точность числе нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

$$\frac{v}{v_1} = \frac{F_k}{F_k + kv} = \frac{500}{500 + kv}$$

$$\frac{20}{25} = \frac{500}{500 + kv} \Rightarrow 0.8(500 + kv) = 500$$

$$400 + 0.8kv = 500 \Rightarrow 0.8kv = 100 \Rightarrow kv = 125$$

$$k = \frac{125}{v} = \frac{125}{20} = 6.25 \text{ Н/м/с}$$

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 $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

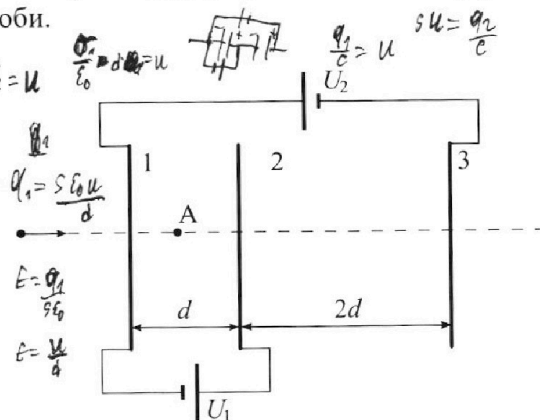
По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $\Delta v = kRT$. $RT \approx 3 \cdot 10^3$ 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.

$$P_{\text{атм}} \Delta v = kRT \Rightarrow P_0 = \frac{4V}{V} P_{\text{атм}} = \frac{4}{3} \frac{kRT}{V} \Rightarrow V = 224 \cdot V$$

$$P_{\text{атм}} \cdot \frac{224}{100} = R \cdot 224 \cdot \frac{1}{100} \Rightarrow P_{\text{атм}} = R$$

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 $U_2 = 4U$. 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 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

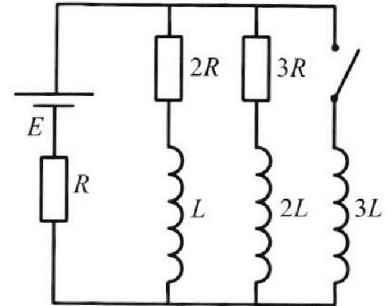


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

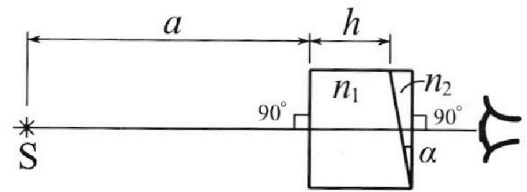
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ 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 $a = 194$ 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 $h = 9$ 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

Handwritten calculations for problem 5:

$$Q = A - \alpha L^2$$

$$I = \frac{d(E - IR)}{R} = \frac{E}{R} - I$$

$$I \frac{L}{R} = -\frac{R \alpha}{L} \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = -\frac{L}{R^2} \frac{dI}{dt} \Rightarrow I = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{R^2}{L} t})$$

$$I_0 = \frac{E}{R} = \frac{14,21}{25} = 0,5684$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E}{L} e^{-\frac{R^2}{L} t} = \frac{14,21}{25} e^{-\frac{14,21}{25} t}$$

$$Q = \int I dt = \frac{E}{R} t - \frac{E L}{R^2} (1 - e^{-\frac{R^2}{L} t})$$

$$Q = \frac{14,21}{25} t - \frac{14,21 \cdot 0,1}{25} (1 - e^{-\frac{14,21}{25} t})$$

$$Q = 0,5684 t - 0,05684 (1 - e^{-0,5684 t})$$

$$Q = 0,5684 t - 0,05684 + 0,05684 e^{-0,5684 t}$$

$$Q = 0,5684 t - 0,05684 + 0,05684 e^{-0,5684 t}$$

$$Q = 0,5684 t - 0,05684 + 0,05684 e^{-0,5684 t}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

1) ^{N1} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что}
 выведем ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что} ^{заданная, что}
 $K = (300; 20 \text{ м/с})$ \sqrt{K} \sqrt{K} \sqrt{K} \sqrt{K} \sqrt{K} \sqrt{K} \sqrt{K}
 $(200; 17,5 \text{ м/с})$ и $(400; 27,5 \text{ м/с}) \Rightarrow K_n = \frac{dV}{dt} = a_n$ $a_1 = \frac{27,5 - 17,5 \text{ м/с}}{40 - 20 \text{ с}} = \frac{10 \text{ м/с}}{20} = 0,25 \text{ м/с}^2$
 Коэф. трения

~~2) $F = ma$ $F_1 = m a_1 = 1800 \cdot 0,25 \text{ Н} = 450 \text{ Н}$~~

2) ^{заданная, что} $F_c = dV$ $V = 25 \text{ м/с}$ \Rightarrow ^{заданная, что} $F_c = 2V_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 400 \text{ Н}$
 $\Rightarrow F_k = 2 \cdot 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $2 = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ $F_{c1} = 2V_1 = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 400 \text{ Н}$
 $F_1 = F_{c1} + m a_1 = 400 \text{ Н} + 1800 \cdot 0,25 \text{ Н} = 850 \text{ Н}$

3) ~~$P = \frac{dE}{dt} = \frac{d(\frac{mV^2}{2})}{dt} = \frac{m \cdot 2VdV}{2 dt} = mV \frac{dV}{dt} = mV a$~~
 $P = \frac{dE}{dt} = \frac{d(\frac{mV^2}{2} + F_c ds)}{dt} = \frac{mVdV + 2 \cdot Vds}{dt} = mV a + 2V \frac{ds}{dt} = mV a + 2V^2$
 $P_1 = mV_1 a_1 + 2V_1^2 = 1800 \text{ кг} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 2 \cdot 20^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 9000 \text{ Вт} + 8000 \text{ Вт} = 17 \text{ кВт}$

Ответ: $a_1 = 0,25 \text{ м/с}^2$; $F_1 = 850 \text{ Н}$; $P_1 = 17 \text{ кВт}$.

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!



N 2

1) $P_0 = P_0 = \frac{V_1 R T_0}{V_1} = \frac{V_2 R T_0}{V_2}$ $V_1 = 2 V_2$ $V_1 = 2 V_0$ $\frac{V_1}{V_2} = 2$

Diagram: A vertical cylinder with a piston. The top part has volume V_1 and pressure P_0 . The bottom part has volume V_2 and pressure P_0 . The total volume is V .

2) $T = \frac{5}{4} T_0$ $\frac{P \cdot \frac{V}{2}}{P_0 \cdot \frac{V}{2}} = \frac{V_1 R T}{V_1 R T_0}$ $\frac{P}{P_0} = \frac{5}{4}$ $P = \frac{2.5}{8} P_0$

Diagram: A vertical cylinder with a piston. The top part has volume V_1 and pressure P . The bottom part has volume V_2 and pressure P . The total volume is $\frac{11}{20} V$.

Equations: $P \cdot \frac{V}{2} = V_1 R T$, $P \cdot \frac{11}{20} V = V_2 R T$, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{11 \cdot 5}{20 \cdot 4} = \frac{11}{4}$

2) $P \cdot \frac{11}{20} V = V_1 R T$ $\frac{P \cdot \frac{11}{20} V}{P_0 \cdot \frac{10}{10} V} = \frac{V_1 R T}{V_1 R T_0}$ $P = \frac{10}{11} \cdot \frac{5}{4} P_0 = \frac{2.5}{22} P_0$

Diagram: A vertical cylinder with a piston. The top part has volume V_1 and pressure P . The bottom part has volume V_2 and pressure P . The total volume is $\frac{11}{20} V$.

Equations: $P \cdot \frac{V}{5} = V_2 R T$, $\frac{11}{4} = \frac{V_1}{V_2}$, $V_2 = \frac{4}{11} V_1$, $V_2 = \frac{8}{11} V_0$

$\Delta V_2 = K V \cdot (P_0 - P)$ $\frac{3}{11} V_0 = K \frac{V}{4} (P_0 - \frac{2.5}{22} P_0) = K \frac{V}{4} P_0 \frac{3}{22}$ $V_0 = K V P_0 \frac{3 \cdot 11}{4 \cdot 22} = \frac{K V P_0}{2}$

$K = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{m}^2 / \text{Pa}$
 $R T \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2 / \text{mol}$
 $P_{ATM} = 101325 \text{ Pa}$

$\frac{P_0 V_0}{4} = V_0 R T_0 = \frac{K V P_0}{2} R T_0$ $\frac{1}{4} = \frac{K}{2} R T_0$ $K R T_0 = 2 \Rightarrow K R T_0 = 2 \Rightarrow K R T_0 = 2.5$

$P_0 = \frac{16}{5} \frac{V_0 R T}{V}$ $V_0 = \frac{16}{5} \cdot \frac{K V P_0 R T}{2}$

Ответ: 2;

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

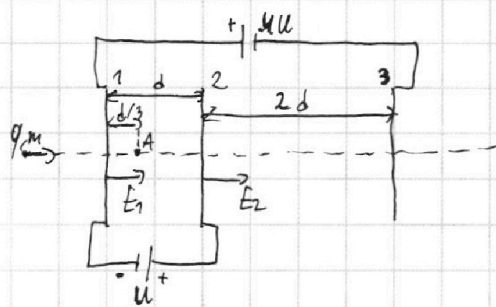
Отметьте крестиком номер задачи,

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. Порча QR-кода недопустима!



N3

$$\begin{aligned} \varphi_2 - \varphi_1 &= U \\ \varphi_3 - \varphi_1 &= -4U \end{aligned} \Rightarrow \varphi_3 - \varphi_2 = -5U$$

$$E_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = -\frac{U}{d}$$

1) $ma = F = qE$

$$a_1 = \frac{qE_1}{m} = -\frac{qU}{dm}$$

$$|a_1| = \frac{qU}{dm}$$

2) $A = \Delta\varphi \cdot q$ $A = qE$ $K_1 - K_2 = q \cdot (-U) = -Uq$

3) $K_A = K_1 + A_{1A} = K_1 + qE_1 \cdot \frac{d}{3} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{qU}{3} \cdot \left(-\frac{U}{d}\right) = \frac{mV_0^2}{2} - \frac{qU}{3} = \frac{mV_A^2}{2}$

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

Ответ: $|a_1| = \frac{qU}{dm}$; $K_1 - K_2 = -Uq$; $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$.

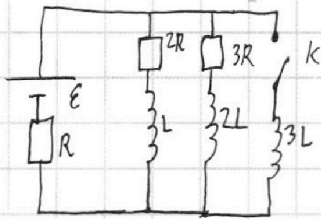
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 $I = \text{const} \Rightarrow U_L = LI = 0$

$$\begin{cases} \mathcal{E} = IR + 0 + 2RI_{10} \\ \mathcal{E} = IR + 0 + 3RI_{20} \\ I_{10} + I_{20} = I \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2I_{10} = 3I_{20} \\ I_{20} + \frac{2}{3}I_{20} = I \Rightarrow \\ \mathcal{E} = IR + 2RI_{10} \end{cases}$$

2) ~~...~~

$$\mathcal{E} = IR + 3LI_3 = 3LI_3$$

$$I_3 = \frac{\mathcal{E}}{3L} \quad I_1 = \frac{\mathcal{E}}{L}$$

2)
$$\begin{cases} I_{20} = \frac{2}{5}I \\ I_{10} = \frac{3}{5}I \\ \mathcal{E} = R \cdot \frac{5}{3}I_{10} + 2R \cdot I_{10} \end{cases} \Rightarrow I_{10} = \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot \frac{3}{11}$$

3)
$$\mathcal{E} - IR = 2R \cdot I_1 + LI_1 = 3RI_2 + 2LI_2 = 3LI_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

ток через резистор $2R$ пересечем меть ну условий: $I_3 = 0 \Rightarrow I_3 = \text{const} = I \Rightarrow$

2)
$$\begin{cases} I = I_3 \\ \mathcal{E} = IR \\ I_1 = I_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow E_{\text{к}} = \frac{LI_3^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2}{2R^2}$$

$$E_{\text{л}} = \frac{LI_{10}^2}{2} + \frac{2LI_{20}^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2 \cdot 9}{R^2 \cdot 2 \cdot 121} + \frac{L \cdot 4 \cdot 9 \mathcal{E}^2}{R^2 \cdot 121} = \frac{L\mathcal{E}^2 \cdot 13}{R^2 \cdot 121} = \frac{L\mathcal{E}^2 \cdot 13}{R^2 \cdot 242}$$

$$Q = A - \Delta U$$

$$Q_0 + Q_1 + Q_2$$

$$\left(\frac{I^2 R}{2} + I_1^2 R + I_2^2 \frac{3}{2} R \right) dt = \Delta q \mathcal{E} - \frac{L\mathcal{E}^2}{2R^2} \left(1 - \frac{17}{121} \right) \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$\Delta q_1 = \eta \frac{L\mathcal{E}^2}{R^2}$$

Ответы: $I_{10} = \frac{3\mathcal{E}}{11R}$; $I_3 = \frac{\mathcal{E}}{3L}$; $\Delta q = \eta \frac{L\mathcal{E}^2}{R^2}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

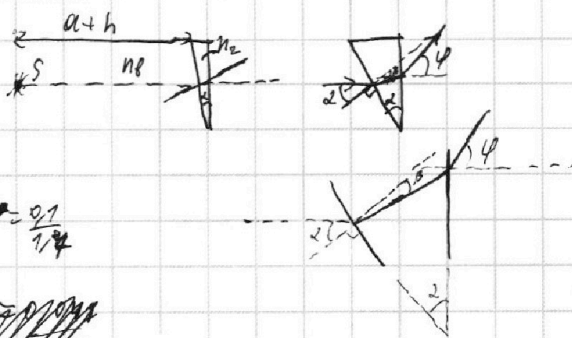


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



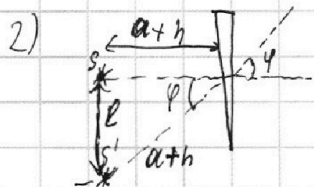
N5

1) П.к. $n_1 = n_2 = n_3 \Rightarrow n_1$ -ре будет **константа** **влияние на лучи.**



п.к. $a \ll 1 \Rightarrow \frac{d}{n_2} \approx \frac{\beta}{n_3} \quad \beta = \frac{2 \cdot 1.4}{1.4} = \frac{0.1}{1.4}$

$2, \beta \ll 1 \Rightarrow \frac{2-\beta}{n_3} = \frac{\varphi}{n_2}$
 $\varphi = 1.4 \cdot \frac{0.1 + 0.1}{1} \Rightarrow \varphi = \frac{0.28 - 0.1 \cdot 1.4}{1.4} = 0.04$



П.к. **оптическое** **используют** **монитор** \Rightarrow **оптический** **выход** **не** **наблюдается** **от** **ее** **поверхности**.
 \Rightarrow **выход** **лучей** **длина** **указано** **на** **рисунке** **углом** **используя** **расстояние** **h+a.**

материал **используя** **cos** **для** **расчета** **расстояния**;

$\cos \varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}$

$l^2 = 2(a+h)^2 - 2(a+h)^2 \cdot \cos \varphi \Rightarrow l = (a+h) \sqrt{2 - 2 \cos \varphi} \approx (a+h) \cdot \sqrt{\varphi^2}$

$l = 0.04 \cdot 2.03 \text{ м} \approx 0.0812 \text{ м} \approx 8.12 \text{ см}$

3) $\frac{2^2 - 2^2 \cdot \frac{n_2}{n_1}}{n_2} = \frac{\varphi}{n_3} \quad \varphi = 2^2 \cdot \frac{n_2 - n_3}{n_1} \quad l^2 = (a+h)^2 + (a+h)^2 - 2(a+h)(a+h) \cos \varphi$

$l = \sqrt{2.03^2 + (2.94 + \frac{0.09}{2.5})^2 - 2 \cdot 2.03 \cdot (2.94 + \frac{0.09}{2.5}) \cos \varphi} \text{ м} = \sqrt{2.03^2 + 4 - 8.12 (1 - \frac{49}{150^2})} \text{ м}$

$\varphi = 0.1 \cdot \frac{0.09}{2.5} = \frac{9}{750}$

$l = \sqrt{8.1209 - 8.12 \cdot \frac{22500 - 49}{150^2}} \text{ м} = \sqrt{0.0009 + \frac{49}{150^2}} \text{ м} \approx \sqrt{0.0009 + 0.0022} \text{ м}$

$l \approx \sqrt{0.0031} \text{ м} = \frac{\sqrt{31}}{100} \text{ м} \approx \frac{5.5}{100} \text{ м} = 5.5 \text{ см}$

Ответ: 0.04 ; 14.27 см ; 5.5 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!



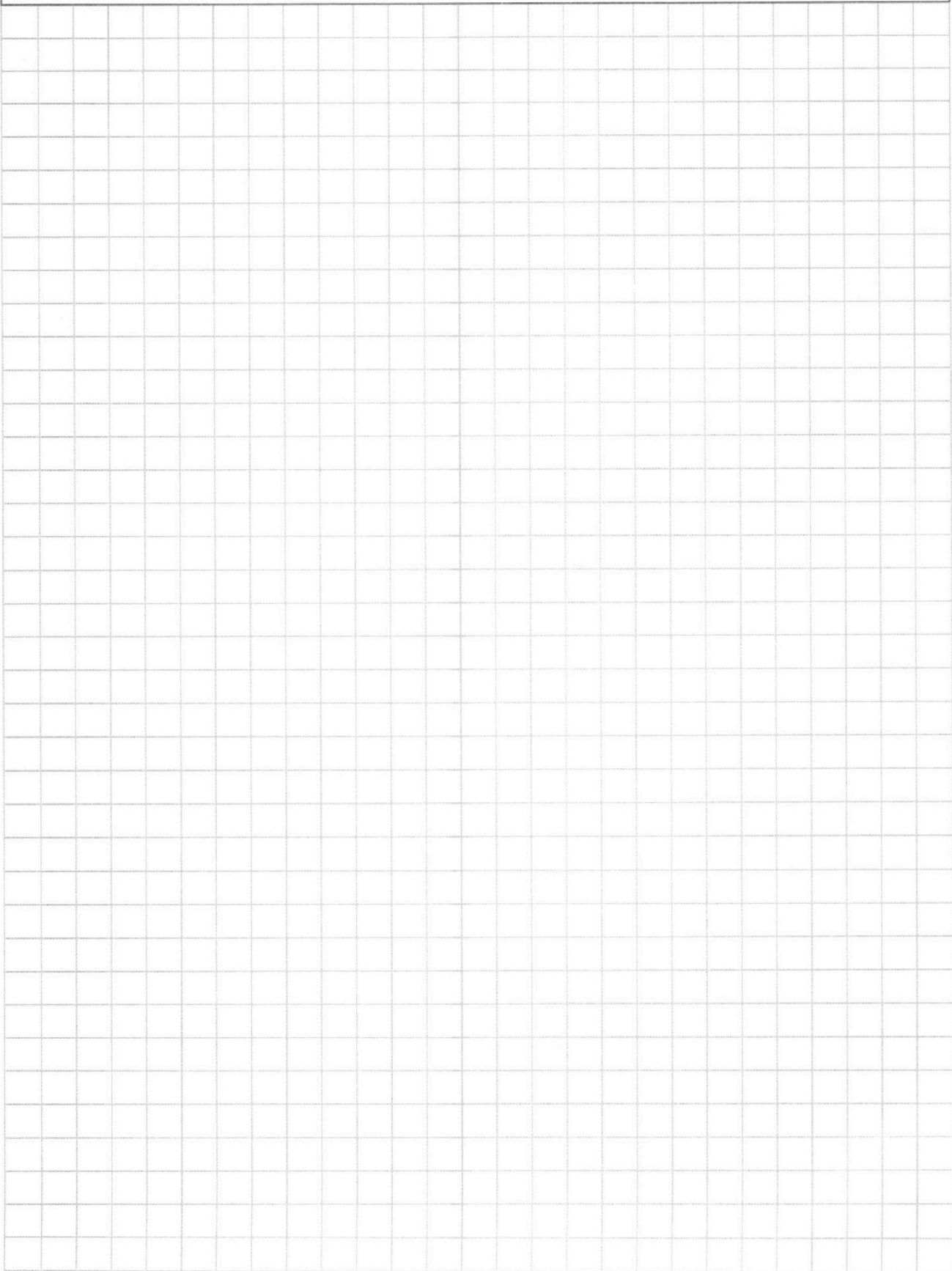
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!





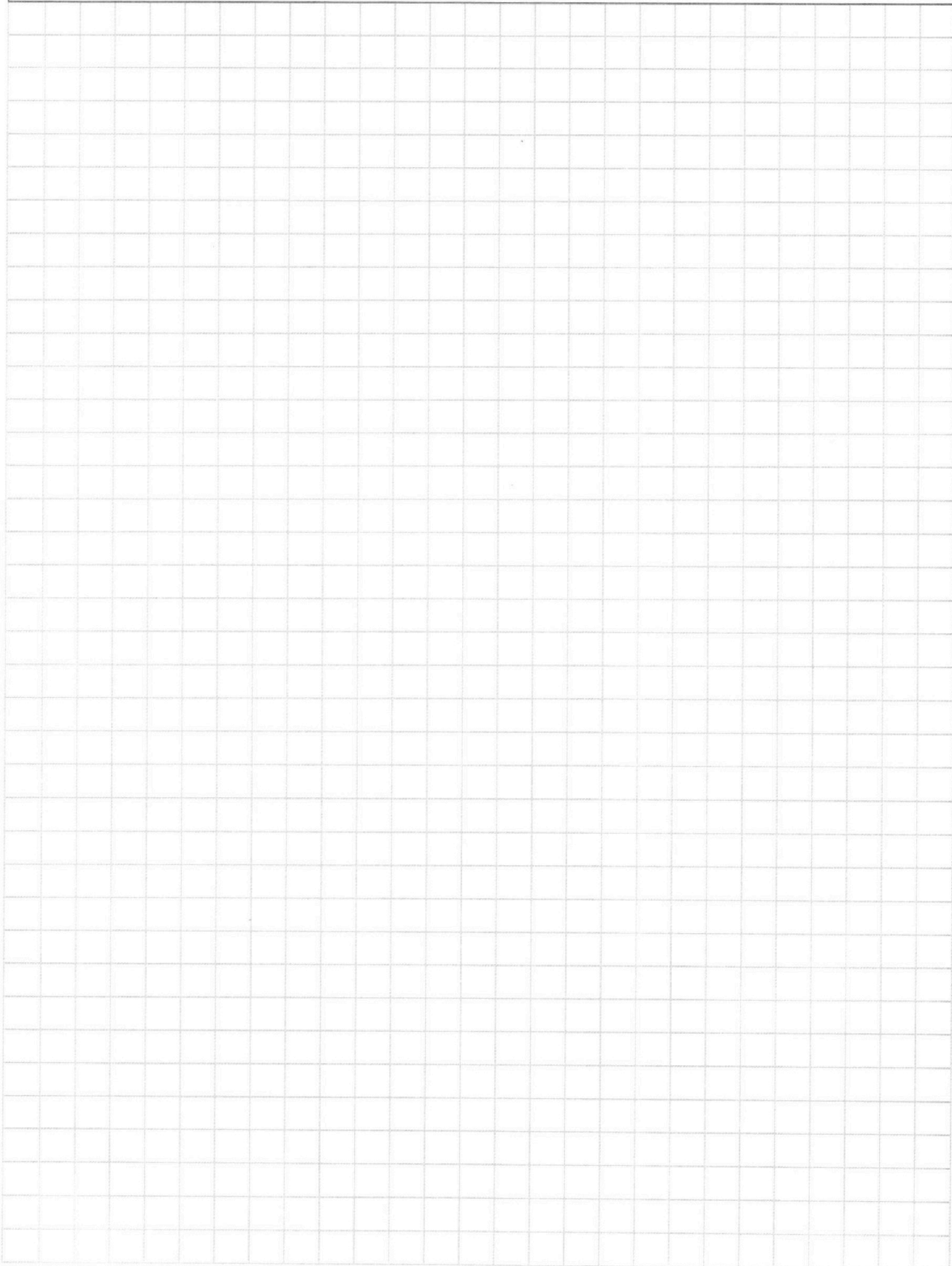
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





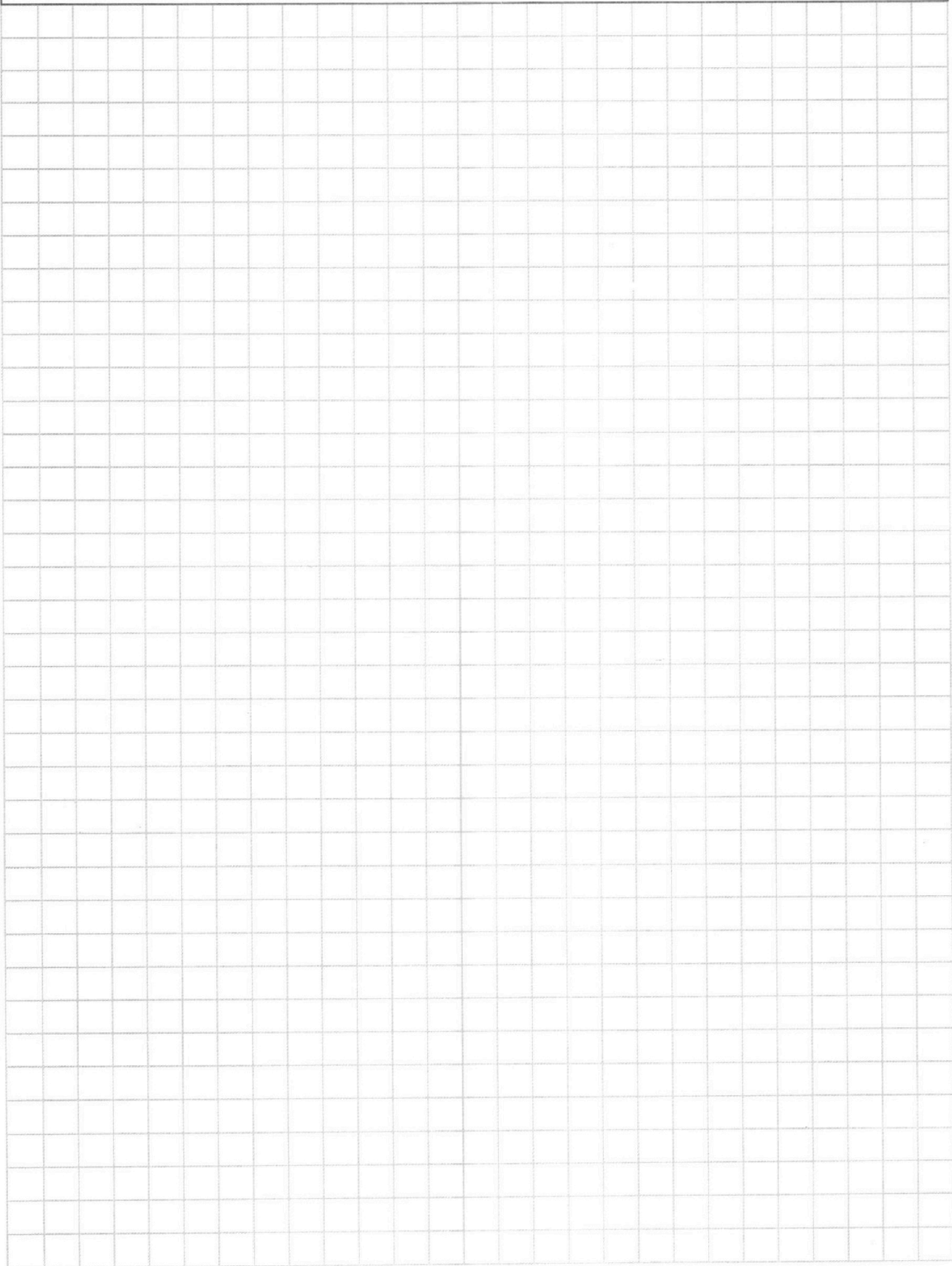
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

