



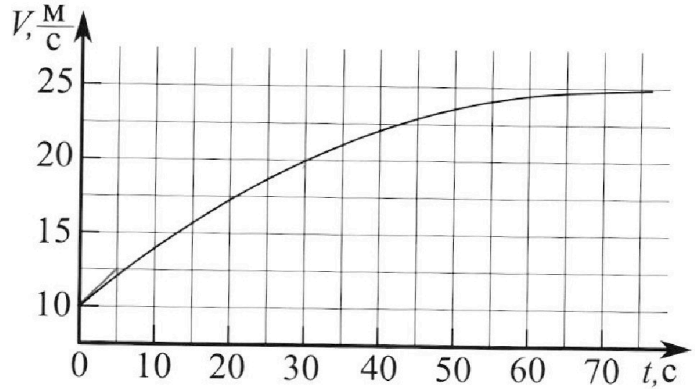
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-03



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

1. Автомобиль массой  $m = 1500$  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  $F_k = 600$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая мощность  $P_0$  передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

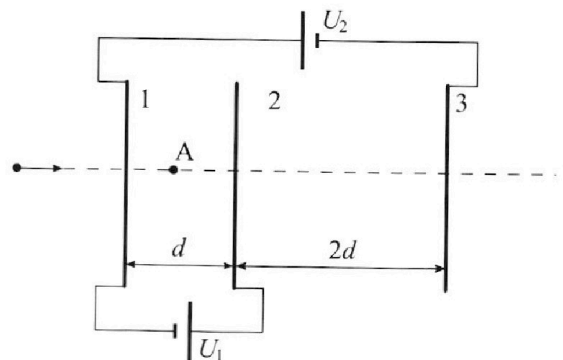
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$  ( $P_{\text{ATM}}$  - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/5$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  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  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·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 отношения количества вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде  $T/T_0$ .

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

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

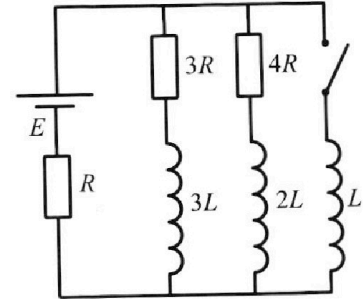
Вариант 11-03

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

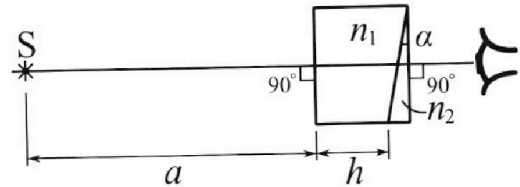


4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{10}$  через резистор с сопротивлением  $3R$  при разомкнутом ключе.
  - 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $L$  сразу после замыкания ключа.
  - 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $3R$  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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 90$  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  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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

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"/>

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

$$1) a = \frac{dv}{dt} = \dot{v} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$2) F_0 - F_k' = ma = 750 \text{ Н}$$

$$\frac{F_k}{F_k'} = \frac{v_k}{v_0} = \frac{25}{10} = 2,5 \quad F_k' = \frac{600}{2,5} = \frac{120}{0,5} = 240 \text{ Н}$$

$$F_0 = F_k' + ma = 240 + 750 = 990 \text{ Н}$$

$$3) dE = F_0 ds - F_k' ds$$

$$P_0 = \frac{F_0 ds}{dt} = F_0 \cdot v_0 = 990 \cdot 10 = 9900 \text{ Вт}$$

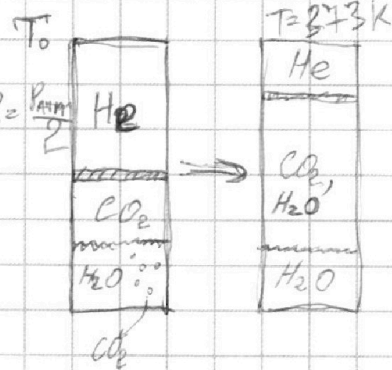
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$P_0 \cdot \frac{V}{2} = \frac{P \cdot V}{T}$$

$$\frac{P_0}{2T_0} = \frac{P}{5T} \quad P = \frac{5TP_0}{2T_0}$$

$$P_0 = \frac{V}{4} = \nu_{CO_2} RT_0$$

$$\Delta \nu_{CO_2} = k \cdot P_0 \cdot \frac{V}{4}$$

$$(\nu_{CO_2} + \Delta \nu_{CO_2}) = \frac{P_0 V}{4} \left( k + \frac{1}{RT_0} \right) = \frac{P_{CO_2} \cdot V \cdot \frac{11}{20}}{RT}$$

$$\nu_{He} = \frac{P_0 \cdot \frac{V}{2}}{RT_0}$$

$$\frac{\nu_{He}}{(\nu_{CO_2} + \Delta \nu_{CO_2})} = \frac{P_0 V \cdot \frac{4}{RT_0}}{P_0 V \left( k + \frac{1}{RT_0} \right)}$$

$$= \frac{2}{1 + kRT_0} \left[ P_{CO_2} = \frac{5P_0}{11} \left( kRT_0 + \frac{T}{T_0} \right) \right]$$

$$P_{H_2O} \text{ при } 373 \text{ K} = 2P_0$$

$$2P_0 + \frac{5P_0}{11} \left( kRT_0 + \frac{T}{T_0} \right) = \frac{5 \cdot T}{2} \cdot \frac{P_0}{T_0}$$

$$2 + \frac{5}{11} \left( \frac{15}{2} + \frac{T}{T_0} \right) = \frac{5}{2} \frac{T}{T_0}$$

$$2 + \frac{15}{22} + \frac{5}{11} \left( \frac{T}{T_0} \right) = \frac{5}{2} \left( \frac{T}{T_0} \right) \quad \frac{T}{T_0} \left( \frac{55-10}{22} \right) = \frac{44+15}{22}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$$

$$\frac{\nu_{He}}{\nu_{CO_2} + \Delta \nu_{CO_2}} = \frac{2}{1 + kRT_0 \cdot \frac{T}{T_0}} = \frac{2}{1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{45}{59}} = \frac{236}{118+135} = \frac{236}{253}$$

$$\frac{\nu_{He}}{\nu_{CO_2}} = 2$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

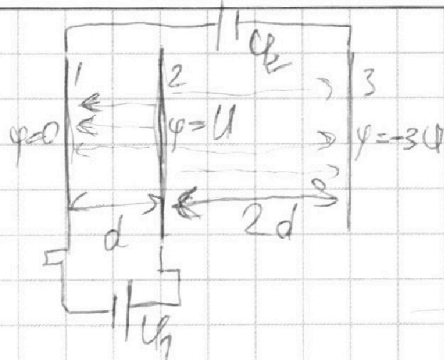
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

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



3



$$\varphi_2 - \varphi_1 = U_1$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_2$$

Пусть  $\varphi_2 = 0 \Rightarrow \varphi_1 = -U_1 = -U$

Пусть  $\varphi_1 = 0 \Rightarrow \varphi_2 = U_1 = U, \varphi_3 = -U_2 = -3U$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = U_1 + U_2 = 4U$$

$$|\vec{E}_{12}| = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{d} = \frac{U}{d} \quad |\vec{a}_{12}| = \frac{|\vec{E}| \cdot q}{m} = \frac{qU}{dm}$$

~~$\varphi_1 = 0$~~   ~~$\varphi_2 = U$~~   ~~$\varphi_3 = -3U$~~

$$K_1 - K_2 = -U \cdot q$$

$$3) + \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v^2}{2} = \frac{U q}{4} \quad v_1^2 - v^2 = \frac{U q}{2m}$$

$$v^2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{U q}{2m}}$$

~~$\varphi_2 = 0 - U = \varphi_1 - 3U$~~

~~$\varphi_2 = 3U$~~

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

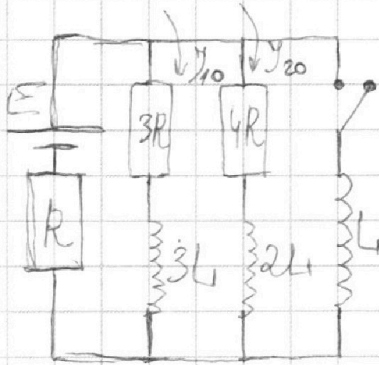
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



4)



$$I_{10} \cdot 3R + \cancel{I_{20} \cdot 4R} + R \cdot (I_{10} + I_{20}) = \mathcal{E}$$

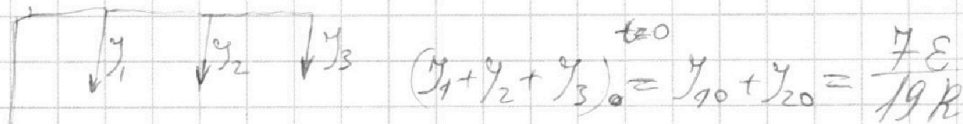
$$I_{10} \cdot 3R = I_{20} \cdot 4R$$

$$I_{20} = \frac{3}{4} I_{10} \quad I_{10} = I_{20} \cdot \frac{4}{3}$$

$$R \left( \frac{4}{3} I_{10} + \frac{3}{4} I_{10} \right) = \frac{19}{4} I_{10} R = \mathcal{E}$$

$$I_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R} \quad I_{20} = \frac{3\mathcal{E}}{19R}$$

2)



$$(I_1 + I_2 + I_3)_{t=0} = I_{10} + I_{20} = \frac{7\mathcal{E}}{19R}$$

$$U_L = \mathcal{E} - R \cdot (I_1 + I_2 + I_3) = \mathcal{E} - \frac{7\mathcal{E}}{19} = \frac{12}{19} \cdot \mathcal{E}$$

$$L \cdot \frac{dI_3}{dt} = \frac{12}{19} \mathcal{E} \quad \frac{dI_3}{dt} = \frac{12}{19} \frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$I_1(t) \cdot 3R + \frac{dI_1}{dt} \cdot 3L = U_1$$

$$I_2(t) \cdot 4R + \frac{dI_2}{dt} \cdot 2L = U_2$$

$$\frac{dI_3}{dt} \cdot L = U_3 \quad U_3 = U_2 = U_1 = U$$

$$(I_1 + I_2 + I_3)R + U = \mathcal{E}$$

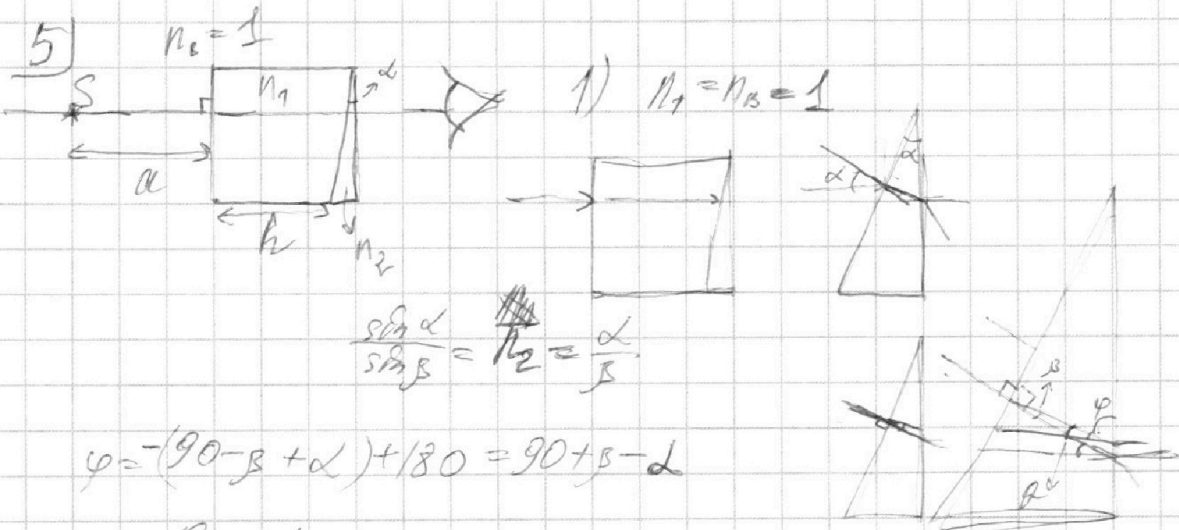
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

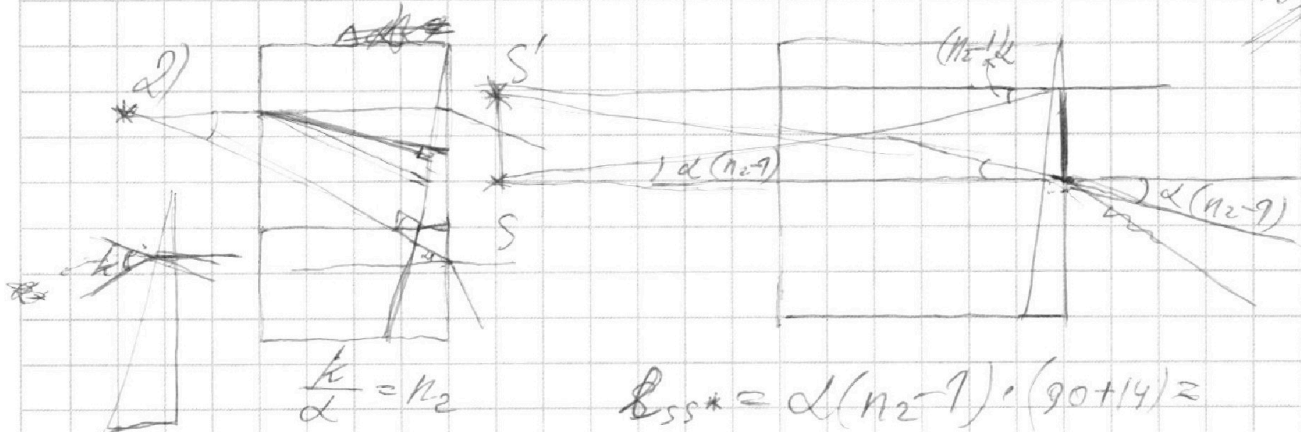


$$\varphi = -(90 - \beta + \alpha) + 180 = 90 + \beta - \alpha$$

$$\beta = \alpha - \varphi$$

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = n_2 = \frac{\gamma}{\alpha - \beta} = \frac{\gamma}{\alpha - (\alpha - \varphi)} = \frac{\gamma}{\varphi} = \frac{\alpha}{\beta} \quad \beta = \frac{\alpha}{n_2} \quad \gamma = \alpha n_2 \sin \beta$$

$$n_2 = \frac{\gamma}{\alpha - \frac{\alpha}{n_2}} = \frac{\gamma n_2}{\alpha(n_2 - 1)} \quad \gamma = \alpha(n_2 - 1) = 0,07 \text{ рад}$$



$$L_{SS^*} = \alpha(n_2 - 1) \cdot (90 + 14) = 0,07 \cdot 104 = 7,28 \text{ см}$$

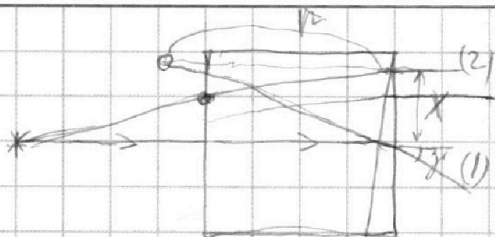
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

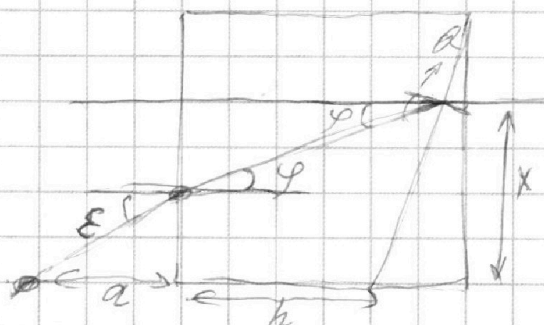
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$(1) \quad \frac{\beta}{d} = \frac{n_1}{n_2} \quad \beta = d \cdot \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{d - \beta}{d} = \frac{1}{n_2}$$

$$y = n_2 \left( d - d \frac{n_1}{n_2} \right) = d (n_2 - n_1)$$



$$\varphi = d \cdot \frac{n_2}{n_1} \quad \varphi = d \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

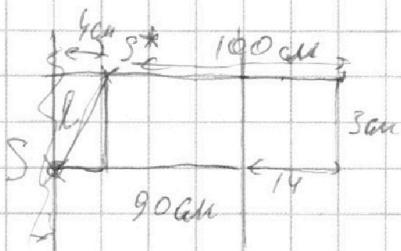
$$\frac{\varepsilon}{\varphi} = n_1 \quad \varepsilon = d (n_2 - n_1)$$

$$x = d h \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) + d d (n_2 - n_1)$$

$$= d (n_2 - n_1) \left( \frac{h}{n_1} + d \right) =$$

$$= 0,1 \cdot 0,3 \left( \frac{14}{1,4} + 90 \right) = 3 \mu\text{m}$$

$$\frac{x}{d} = \text{tg} \gamma \approx \gamma = d (n_2 - n_1) \quad \lambda = \frac{x}{d (n_2 - n_1)} = 100 \text{ nm}$$



$$l_{SS^*} = \sqrt{5^2 + 9^2} = 10 \text{ cm}$$





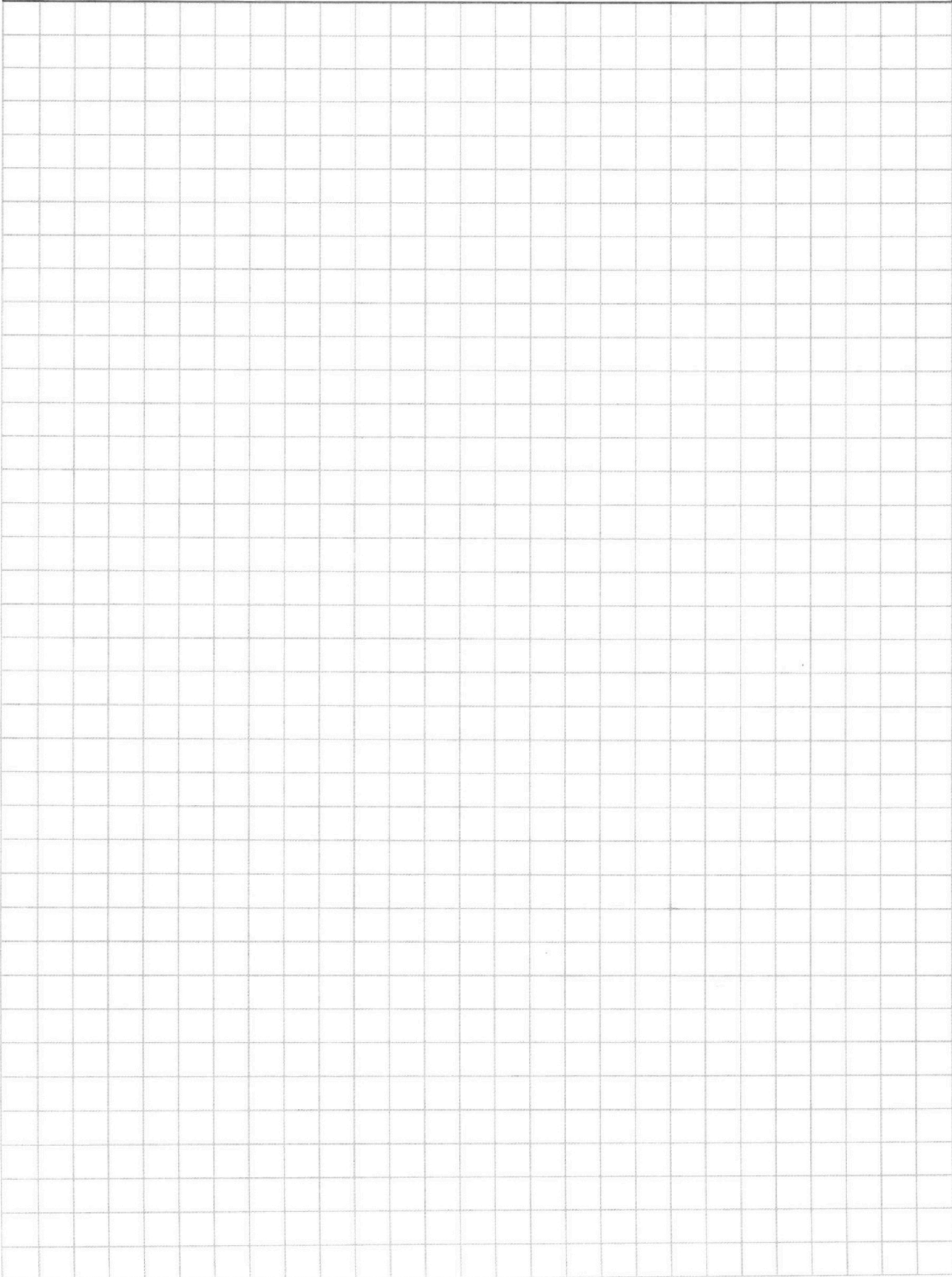
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





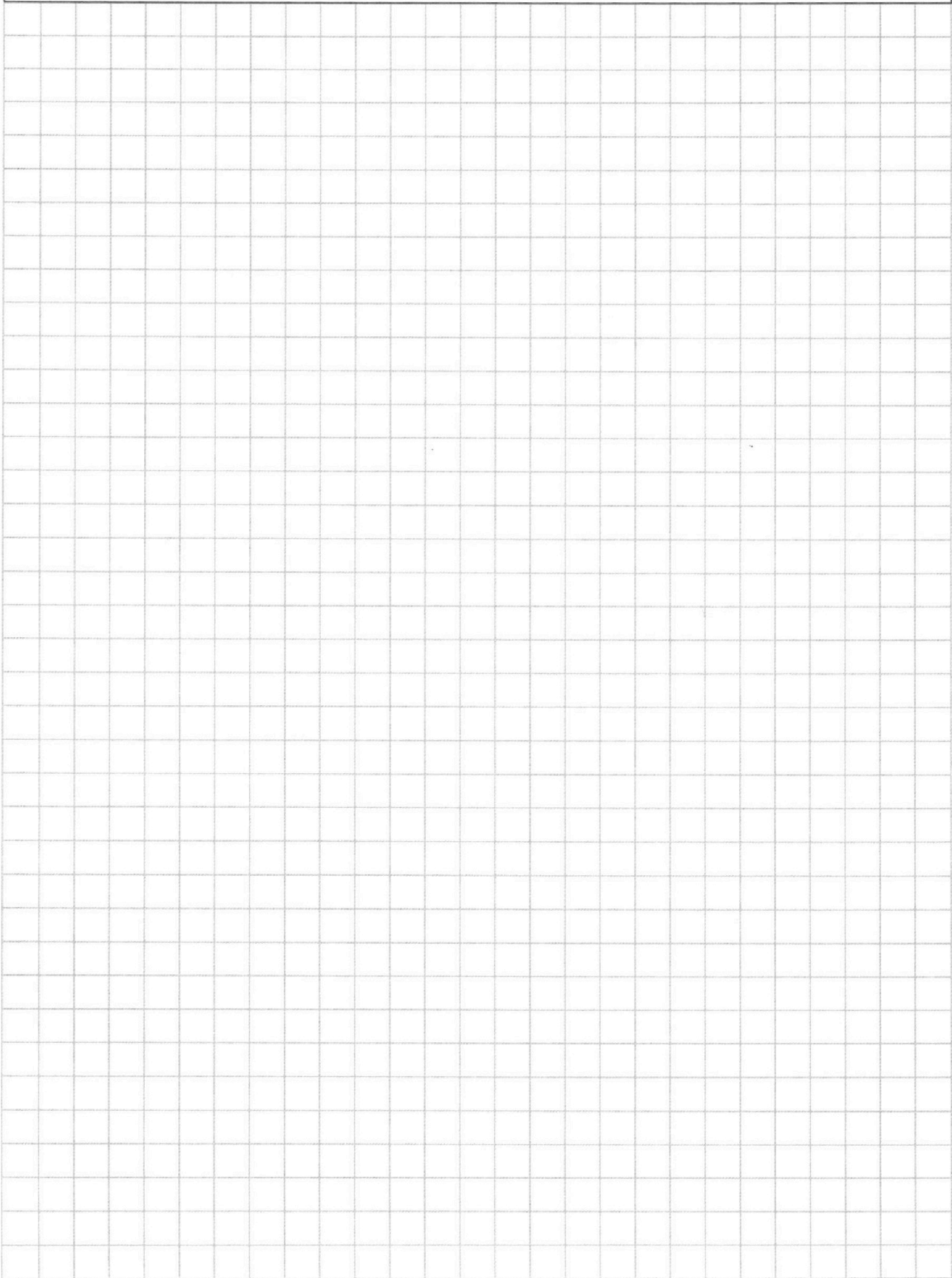
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





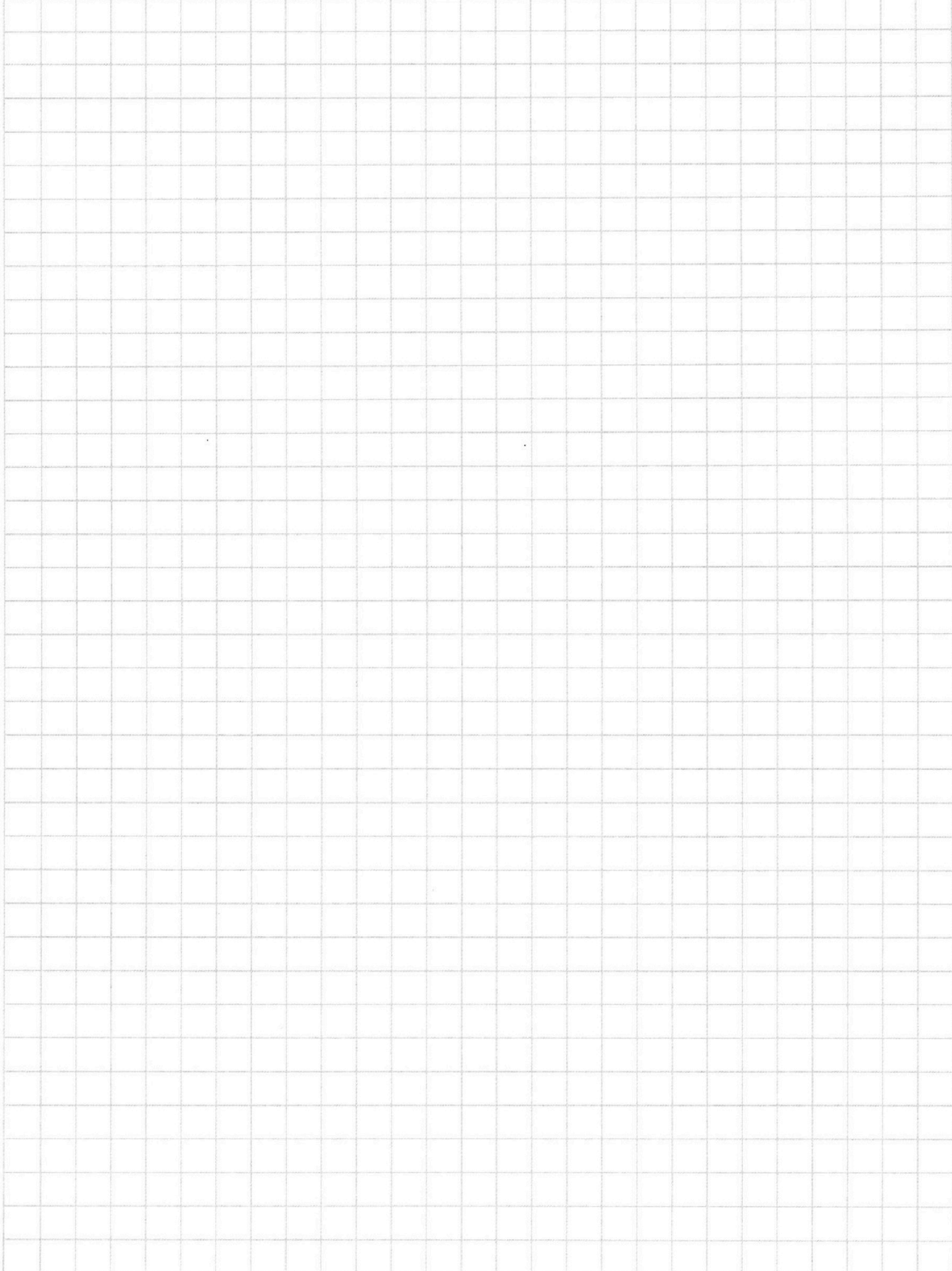
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

