



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



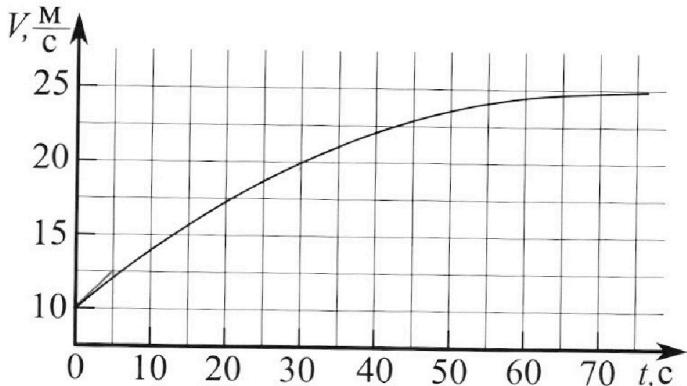
Вариант 11-03

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%.



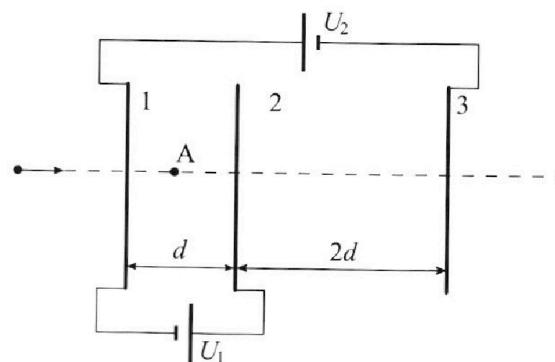
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$ ($P_{\text{АТМ}}$ – 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kp_w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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 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

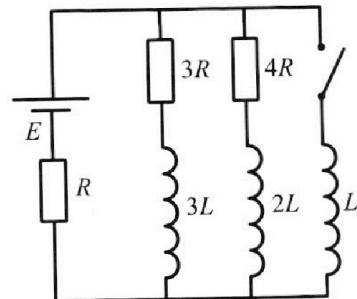


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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

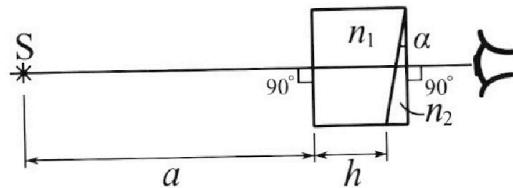
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

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 $n_b = 1,0$. 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 $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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:

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" 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!

$$1) \quad a = \frac{dv}{dt} - \dot{v} = tgd \approx \frac{5}{10} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

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

$$\frac{F_k}{F_k'} = \frac{V_k}{V_0} = \frac{25}{10} = 2,5 \quad F_k' = \frac{600}{2,5} = \frac{120}{0,5} = 240 \text{ Н}$$

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

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

$$P_0 = \frac{F_0 ds}{dt} = F_0 \cdot V_0 = 990 \cdot 10 = 9900 \text{ Вт}$$

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

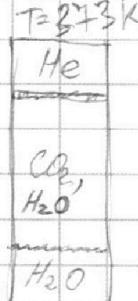
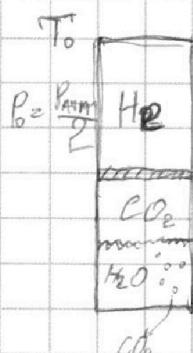
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!



$$\frac{P_0 \cdot V_{\text{He}}}{T_0} = \frac{P \cdot V_{\text{He}}}{T}$$

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

$$P_0 \cdot \frac{V}{4} = \Delta V_{\text{CO}_2} RT_0$$

$$\Delta V_{\text{CO}_2} = k \cdot P_0 \cdot \frac{V}{4}$$

$$(P_{\text{CO}_2} + \Delta V_{\text{CO}_2}) = \frac{P_0 V}{4} \left(k + \frac{T}{RT_0} \right) = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot V \frac{11}{20}}{RT}$$

$$\Delta V_{\text{He}} = \frac{P_0 \cdot \frac{V}{2}}{RT_0}$$

$$\frac{\Delta V_{\text{He}}}{(\Delta V_{\text{CO}_2} + \Delta V_{\text{He}})} = \frac{P_0 V \cdot 9RT_0}{2RT_0 \cdot PV(1 + kRT_0)^2}$$

$$\frac{2}{1 + kRT_0} \left[P_{\text{CO}_2} = \frac{5P}{11} \left(kRT_0 + \frac{T}{T_0} \right) \right]$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} \text{ при } 373\text{ K} = 2P_0$$

$$2P_0 + \frac{5P}{11} \left(kRT_0 + \frac{T}{T_0} \right) = \frac{5 \cdot 77}{22} P_0$$

$$2 + \frac{5}{11} \left(\frac{55}{2} + \frac{T}{T_0} \right) = \frac{5}{2} \frac{T}{T_0}$$

$$2 + \frac{15}{22} + \frac{5}{11} \left(\frac{T}{T_0} \right) = \frac{5}{2} \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad \frac{T}{T_0} \left(\frac{55 - 10}{22} \right) = \frac{49 + 15}{22}$$

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

$$\frac{\Delta V_{\text{He}}}{(\Delta V_{\text{CO}_2} + \Delta V_{\text{He}})} = \frac{2}{1 + \frac{3}{2} \cdot \frac{45}{59}} = \frac{236}{118 + 135} = \frac{236}{253}$$

$$\frac{\Delta V_{\text{He}}}{\Delta V_{\text{CO}_2}} = 2$$

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

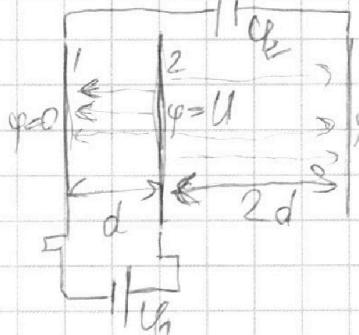
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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]



$$\varphi_2 - \varphi_1 = U_1$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = U_2$$

$$\text{Пусть } \varphi_2 = 0 \Rightarrow \varphi_3 = -U_2 = -3U$$

$$\text{Пусть } \varphi_3 = 0 \Rightarrow \varphi_2 = U_1 = U \quad \varphi_3 = -U_2 = -3U$$

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

$$|E_{12}| = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{U}{d} \quad |E_{13}| = \frac{|E_{12}|}{2} = \frac{U}{dm}$$

~~К1 - К2 = -U · q~~

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

$$3) + \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV^2}{2} = \frac{Uq}{4} \quad V_1^2 - V^2 = \frac{Uq}{2m}$$

$$V_1^2 = V^2 - \frac{Uq}{2m}$$

$$V_1^2 = V^2 - \frac{Uq}{2m}$$

~~22~~ ~~22~~ ~~22~~

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

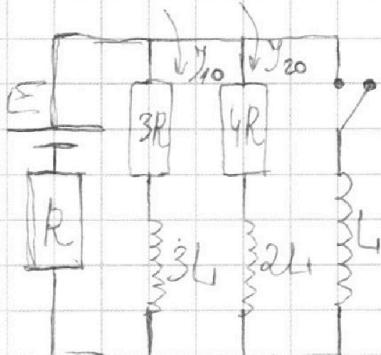
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

4)



$$Y_{10} \cdot 3R + Y_{20} \cdot 4R + R \cdot (Y_{10} + Y_{20}) = E$$

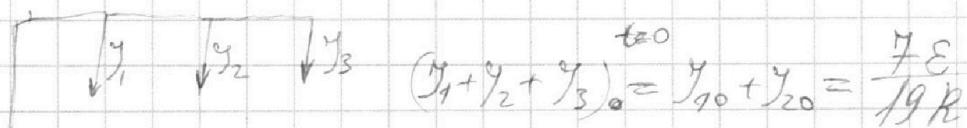
$$Y_{10} \cdot 3R = Y_{20} \cdot 4R$$

$$Y_{20} R - \frac{3}{4} Y_{10} \quad Y_{10} = Y_{20} \cdot \frac{4}{3}$$

$$R (Y_{10} + \frac{3}{4} Y_{10}) = \frac{19}{4} Y_{10} R = E$$

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

2)



$$U_4 = E - R \cdot (Y_1 + Y_2 + Y_3) = E - \frac{7E}{19} = \frac{12}{19} \cdot E$$

$$L \cdot \frac{dY_3}{dt} = \frac{12}{19} E \quad \frac{dY_3}{dt} = \frac{12}{19} E L$$

$$\left. \begin{aligned} & Y_1(t) \cdot 3R + \frac{dY_1}{dt} \cdot 3L = U_1 \\ & Y_2(t) \cdot 4R + \frac{dY_2}{dt} \cdot 2L_1 = U_2 \\ & \frac{dY_3}{dt} \cdot L = U_3 \quad U_3 = U_2 = U_1 = U \\ & (Y_1 + Y_2 + Y_3) R + U = E \end{aligned} \right\}$$

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

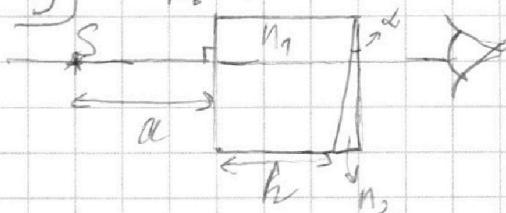
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

5) $n_e = 1$



1) $n_1 = n_B = 1$

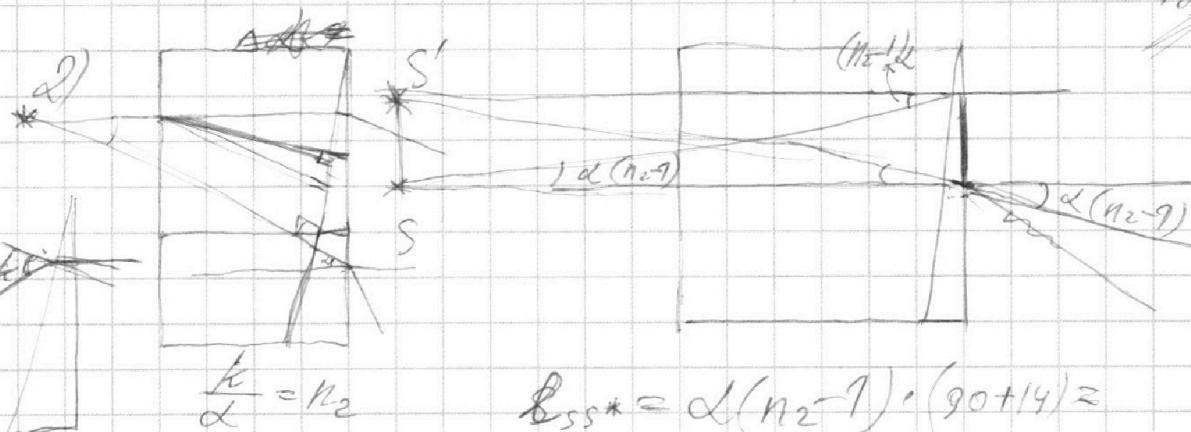
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_2 = \frac{\alpha}{\beta}$$

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

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

$$\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = n_2 = \frac{\gamma}{\alpha - \beta} = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\alpha}{\beta} \quad \beta = \alpha n_2 \text{ ss.}$$

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



$$\frac{k}{\alpha} = n_2$$

$$\ell_{ss} = \alpha(n_2 - 1) \cdot (90 + 14) =$$

$$= 0,07 \cdot 104 = 7,28 \text{ cm}$$

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

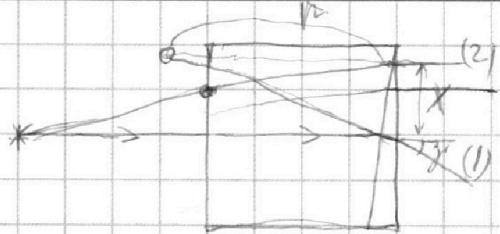
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

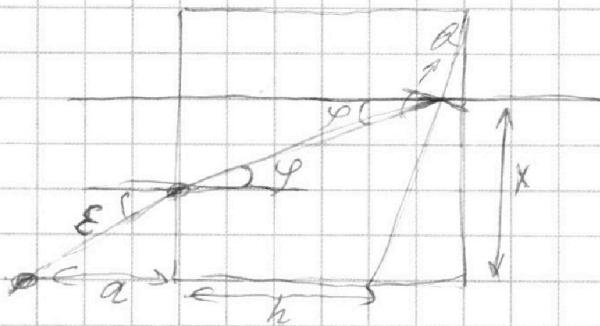
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

$$f = n_2 (d - \alpha \frac{n_1}{n_2}) = d (n_2 - n_1)$$



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

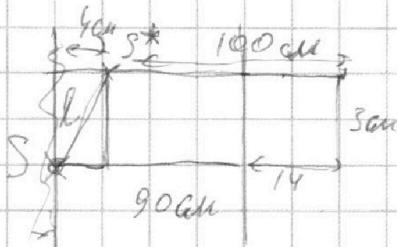
$$\frac{\beta}{\alpha} = n_1 \quad \beta = \alpha (n_2 - n_1)$$

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

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

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

$$\frac{X}{l} = \tan \gamma \approx \gamma = d (n_2 - n_1) \quad l = \frac{X}{\sqrt{(n_2 - n_1)}} = 100 \text{ cm}$$



$$l_{ss} = \sqrt{5^2 + 12^2} = 13 \text{ cm}$$



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"/> |

 МФТИ

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



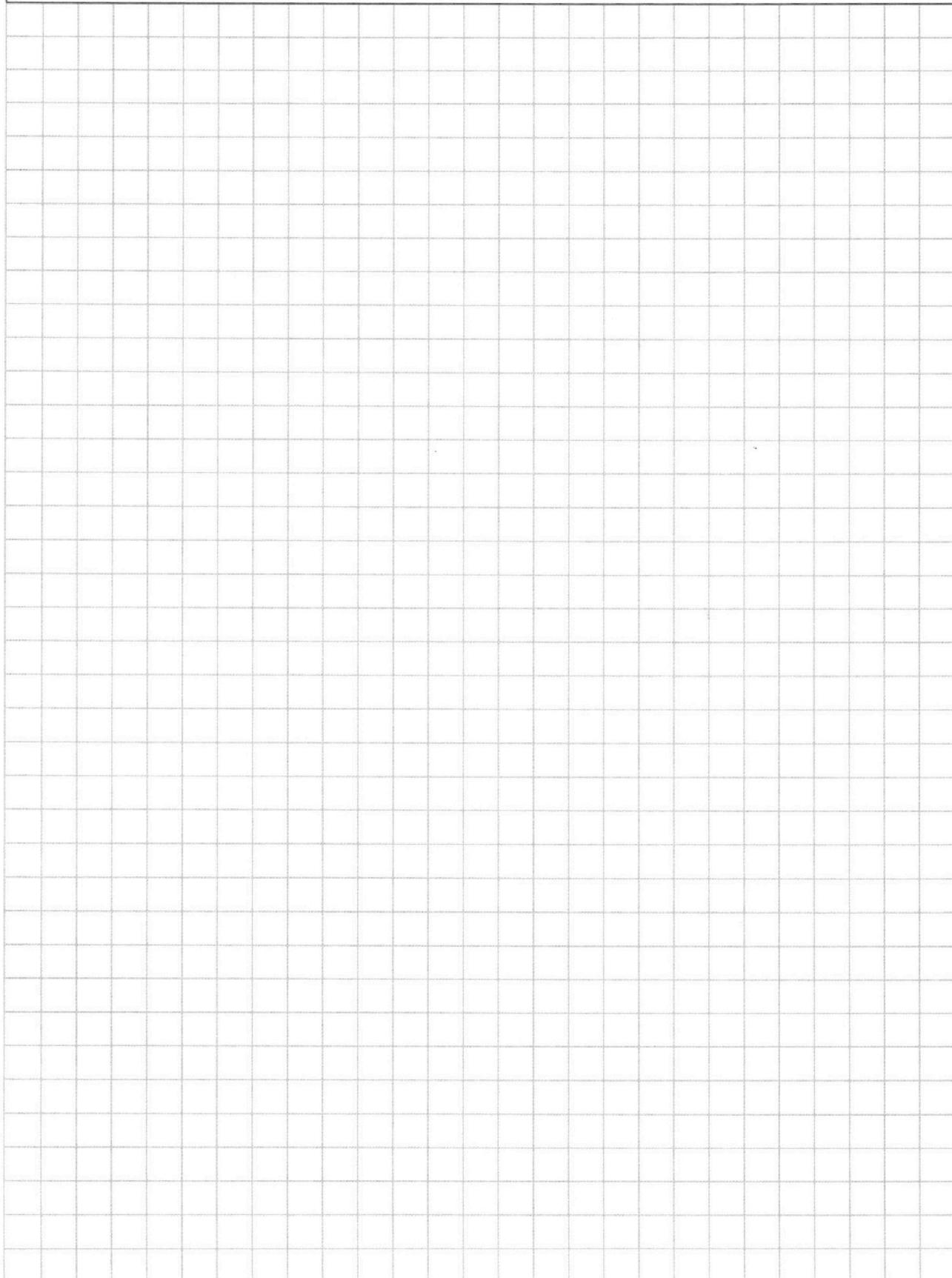
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

 **МФТИ**

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"/> |

МФТИ

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"/> |

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

 МФТИ