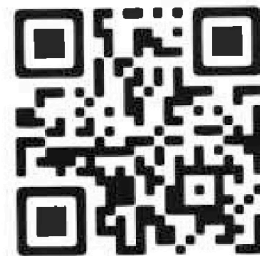




# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

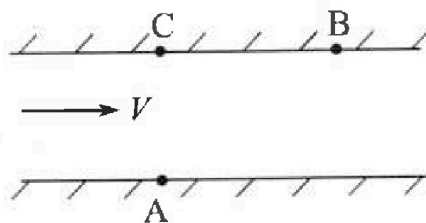
## Вариант 09-02

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



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис.,  $V$  – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки  $AC = d = 50$  м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега,  $CB = L = 120$  м.



Продолжительность первого заплыва  $T_1 = 100$  с, продолжительность второго заплыва  $T_2 = 240$  с.

- 1) Найдите скорости  $V_1$  и  $V_2$  пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость  $V$  течения реки.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос наименьший.

- 3) На каком расстоянии  $S$  от точки В выше по течению финиширует пловец в третьем заплыве?

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой на высоте  $h = 5,4$  м мяч падает на площадку. Расстояние от точки старта до стенки в 3 раза больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

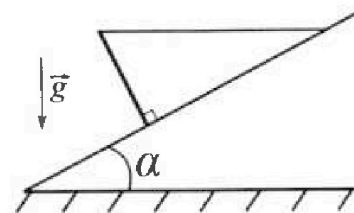
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на высоте  $h$ , стенка движется навстречу мячу. Расстояние между точками падения мяча на поле в случаях: стенка покоится, стенка движется,  $d = 1,8$  м.

- 3) Найдите скорость  $U$  стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный стержень удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к стержню в его наивысшей точке. Сила натяжения нити  $T = 17,3$  Н. Угол между стержнем и плоскостью прямой. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha = 30^\circ$ .



- 1) Найдите массу  $m$  стержня.
- 2) Найдите силу  $F_{тр}$  трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 09-02

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

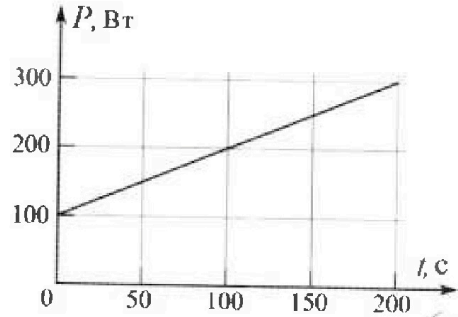


4. Воду объемом  $V = 1$  л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $t_0 = 16$  °С. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 25$  Ом, напряжение источника  $U = 100$  В. Зависимость мощности  $P$  тепловых потерь от времени  $t$  представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность  $P_H$  нагревателя.

2) Найдите температуру  $t_1$  воды через  $T = 180$  с после начала нагревания.

Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).

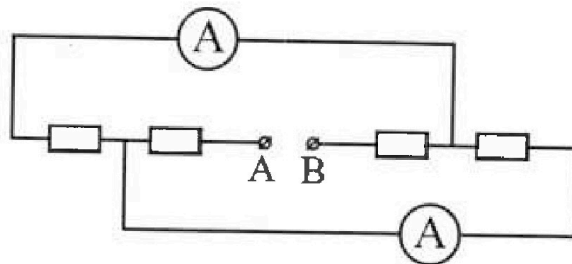


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Большее показание  $I_1 = 2$  А.

1) Найдите показание  $I_2$  второго амперметра.

2) Какую мощность  $P$  развивают силы в источнике?



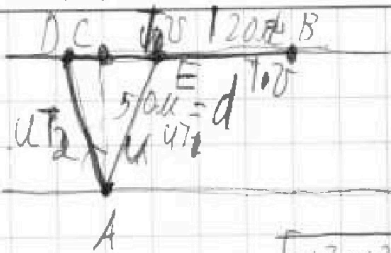
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

МФТИ



$$CD = \sqrt{u^2 T_2^2 - d^2}$$

$$L + CD = u T_2$$

$$(1) L + \sqrt{u^2 T_2^2 - d^2} = u T_2$$

$$CE = \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2}$$

$$L - CE = L$$

$$(2) L - \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2} = u T_1$$

$$(1) \div (2) : \frac{L + \sqrt{u^2 T_2^2 - d^2}}{L - \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2}} = \frac{T_2}{T_1} = 2,4$$

$$120 + \sqrt{u^2 T_2^2 - d^2} = 288 - \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2}$$

$$\sqrt{u^2 T_2^2 - d^2} = 168 - \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2}$$

$$u^2 T_2^2 - d^2 = 168^2 - 336 \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2} + u^2 T_1^2$$

$$u^2 T_2^2 - d^2 = 1,4^2 L^2 - 2,8L \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2} + u^2 T_1^2$$

$$u^2 T_2^2 - d^2 = 1,96L^2 - 2,8L \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2} + u^2 T_1^2$$

$$2,8L \sqrt{u^2 T_1^2 - d^2} = u^2 (T_2^2 - T_1^2) + d^2 + 1,96L^2$$

$$2,8L^2 \cdot (u^2 T_1^2 - d^2) = u^2 (T_2^2 - T_1^2) L^2 + d^2 L^2 + 1,96L^4$$

$$u^2 (4,8L^2 T_1^2 -$$

$$V_1 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1} = \frac{\sqrt{25600 + 14400}}{150} = \frac{180}{150} \text{ м/с} = 1,2 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2} = \frac{\sqrt{25600 + 14400}}{240} = \frac{180}{240} \text{ м/с} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$



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!

Тогда скорость будет наименьшей, если плывец плывет перпендикулярно берегу, поэтому время з-го заплыва равно  $t = \frac{d}{u}$   
и скорость будет:  $v_t = \frac{v}{u} \cdot d$

$$S = L - \frac{v}{u} \cdot d$$





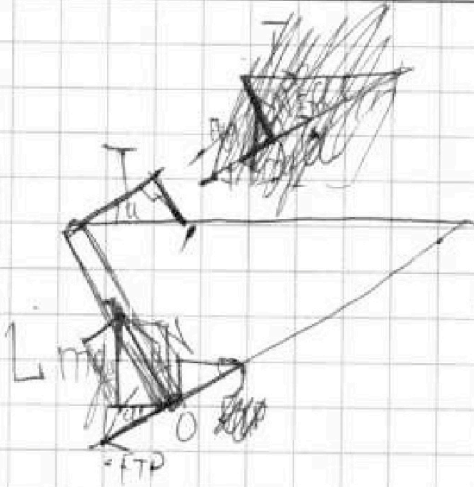
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



~~Угол:  $F_T$  вправо и вверх~~  
 ~~$mg = F_T \sin \alpha + N \cos \alpha$~~

Условно, что  $F_T$  направлена влево вниз.

$$mg + F_T \sin \alpha = N \cos \alpha = \frac{F_T}{m} \cos \alpha$$

$$T = N \sin \alpha + F_T \cos \alpha$$

$$mg + 0,5 F_T = \frac{\sqrt{3}}{2} N$$

$$T = \frac{N}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} F_T$$

$$\text{откуда: } mg \sin \alpha \cdot \frac{L}{2} = T \cos \alpha \cdot L$$

$$mg \sin \alpha = \frac{2T \cos \alpha}{5 \sin \alpha}$$

$$m = 2\sqrt{3} \frac{T}{g} = 2\sqrt{3} \cdot 1,7 \text{ кг}$$

$$\approx 6 \text{ кг}$$

$$N = 2T - \sqrt{3} F_T$$

$$mg + 0,5 F_T = T \sqrt{3} - 1,5 F_T$$

$$2 F_T = T \sqrt{3} + mg$$

$$F_T = 15 \text{ Н} - 30 \text{ Н} = -15 \text{ Н} - \text{невозможно}$$

значит  $F_T$  направлена вправо

$$\left. \begin{aligned} mg = F_T \sin \alpha + N \cos \alpha = \frac{F_T}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} N \\ mg = \frac{F_T}{2} + \sqrt{3} T + 1,5 F_T \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = 2T + \sqrt{3} F_T$$

$$T + \frac{\sqrt{3}}{2} F_T = \frac{N}{2}$$

$$\Rightarrow F_T = \frac{mg}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} T = \sqrt{3} T = \frac{\sqrt{3}}{2} T \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} T \approx 15 \text{ Н}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

Когда  $\mu N \geq F_{TP}$  стержень поворачивается

$$\mu \geq \frac{F_{TP}}{N} = \frac{\frac{\sqrt{3}x}{2}}{2x + \frac{3}{2}x} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{3,5} = \frac{\sqrt{3}}{7}$$

Ответ:  $F_n = 6 \text{ кН}$ ,  $F_{TP} = 15 \text{ кН}$ ,  $\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$



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!

$$P = \alpha \cdot (\tilde{T} - t_0)$$

$$P_H = \frac{U^2}{R} = 400 \text{ Вт}$$

$$P_H dt - P dt = c m dT$$

$$dt = \frac{c m dT}{P_H - \alpha(T - t_0)} = \frac{dT}{\frac{P_H}{c m} - \alpha T + \alpha t_0}$$

$$t = -c m \int_0^T \frac{dT}{\alpha T - \frac{P_H}{c m} + \alpha t_0} = -c m \ln \left| \frac{\alpha T - \frac{P_H}{c m} + \alpha t_0}{\alpha t_0 - \frac{P_H}{c m} + \alpha t_0} \right|$$

$$-\frac{t}{c m} = \ln \left| \frac{\alpha T - \frac{P_H}{c m} + \alpha t_0}{\alpha t_0 - \frac{P_H}{c m} + \alpha t_0} \right|$$

$$\alpha T - \frac{P_H}{c m} + \alpha t_0 = e^{-\frac{t}{c m}} \left( \alpha t_0 - \frac{P_H}{c m} + \alpha t_0 \right)$$

$$T = t_0 + \frac{P_H}{2\alpha} + \frac{e^{-\frac{t}{c m}}}{\alpha} \left( \frac{P_H}{c m} - \alpha t_0 \right)$$

$$P = \alpha \left( t_0 + \frac{P_H}{2\alpha} + \frac{e^{-\frac{t}{c m}}}{\alpha} \left( \frac{P_H}{c m} - \alpha t_0 \right) - t_0 \right)$$

$$P = P_H + e^{-\frac{t}{c m}} \left( \frac{P_H}{2} - \alpha t_0 \right)$$

- это эквивалентно, тогда не нужно

Значит  $P = \alpha(T - t_0)$  - не работает

Найдём  $P$  в момент  $180 \text{ с}$ .  $P_{180} = 280 \text{ Вт}$ , на участке

$t \in [0, 180 \text{ с}]$ , теплопотери заборам  $(100 \cdot 180 + \frac{180 \cdot 180}{2}) \text{ Дж}$

$$= 180 \cdot (100 + 90) \text{ Дж} = 34200 \text{ Дж}$$

Загреватель даёт  $400 \cdot 180 \text{ Дж} = 72000 \text{ Дж}$

В итоге  $+ 37800 \text{ Дж}$ , а это подвѣет температуру

$$\text{мы на } \frac{37800}{4200 \cdot 1} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{189}{21} \text{ } ^\circ\text{C} = 9 \text{ } ^\circ\text{C}, \tilde{T}_1 = \tilde{T}_0 + 9 \text{ } ^\circ\text{C} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Ответ:  $P_H 400 \text{ Вт}$ ,  $\tilde{T}_1 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

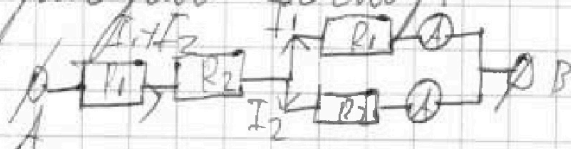
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

Перерисуем схему:



$$R_2 = 60 \text{ (ом)}$$

$$R_1 = 30 \text{ (ом)}$$

из-за того, что амперметры дают разные показания, сопротивления резисторов при параллельном соединении будут разными.

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_2} = 1 \text{ A}$$

$$P = (I_1 + I_2)^2 (R_1 + R_2) + I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 =$$

$$= (9 \cdot 90 + 4 \cdot 30 + 60) = 990 \text{ Вт} = 0,99 \text{ кВт}$$

$$\text{Ответ: } I_2 = 1 \text{ A}, P = 0,99 \text{ Вт}$$

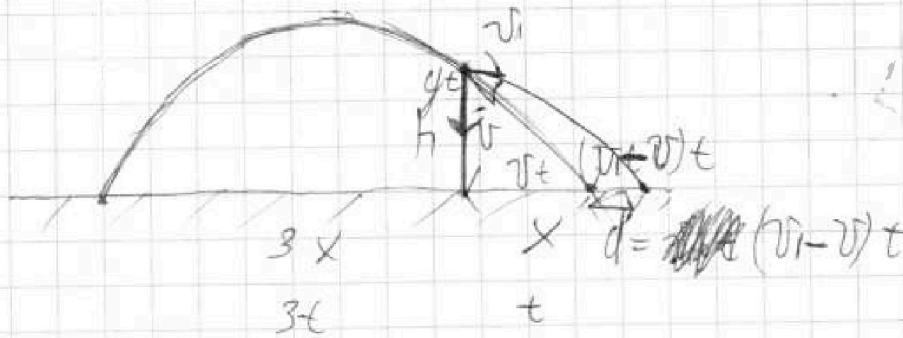
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



~~h = 3t~~

$$h = \frac{v_1 t^2}{2} = 2gt^2$$

$$h = gt^2 + \frac{gt^2}{2} = 1,5gt^2$$

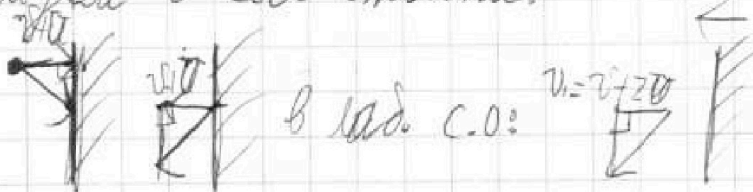
$$gt^2 = 1,5h$$

$$t^2 = \frac{2h}{3g}$$

$$h = 2gt^2 = 2g \cdot \frac{2h}{3g} = \frac{4}{3}h = \frac{54 \cdot 4}{10 \cdot 3} \mu = \frac{18 \cdot 4}{10} \mu = 7,2 \mu$$

$$t_1 = t = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{h}{g}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 6 \mu}{10 \cdot 10 \mu / \text{с}^2}} = 0,6 \text{ с}$$

Перейдем в с.о. стержня:



~~h = 3t~~

~~h = 3t~~  
~~v\_1 = 2v~~

$$\frac{d}{t} = 2v$$

$$v = \frac{d}{2t} = \frac{1,8 \mu}{1,2 \text{ с}} = 1,5 \mu / \text{с}$$

Ответ:  $h = 7,2 \mu$ ,  $t = 0,6 \text{ с}$ ,  $v = 1,5 \mu / \text{с}$



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!

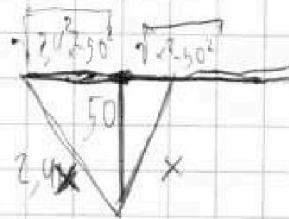
$$2,4 \cdot 120$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 2,4 \\ \hline 4800 \\ + 24000 \\ \hline 28800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 14 \\ \hline 56 \\ + 140 \\ \hline 196 \end{array}$$

$$\sqrt{0,25 + 1,44} = \sqrt{1,69}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 28 \\ \hline 224 \\ + 560 \\ \hline 784 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 120^2 \\ \times 196 \\ \hline 14400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 011 \\ \times 196 \\ \hline 382 \\ + 1960 \\ \hline 2352 \end{array}$$

$$\frac{120 - \sqrt{x^2 - 50^2}}{120 + \sqrt{x^2 - 50^2}} = \frac{1}{3}$$

$$\begin{array}{r} 324 \\ \times 196 \\ \hline 144 \\ + 1960 \\ \hline 2352 \\ + 3360 \\ \hline 5712 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 19600 \\ \hline 336 \\ + 19600 \\ \hline 24624 \end{array}$$

$$\frac{24624}{1680}$$



$$\begin{array}{r} 7 \\ \times 180 \\ \hline 1260 \\ + 12600 \\ \hline 13860 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ \times 21 \\ \hline 105 \\ + 1050 \\ \hline 1155 \\ + 11550 \\ \hline 12705 \\ + 127050 \\ \hline 139755 \end{array}$$

$$336 \sqrt{10000u^2 - 2500} =$$

$$= 1680 \sqrt{4u^2 - 1} = 1680 \sqrt{(2u-1)(2u+1)} = u^2 \cdot 20 \cdot 220 + 2500 + 24624$$

$$1680 \sqrt{(2u-1)(2u+1)} = 30124 - 4400u^2$$

$$840 \sqrt{x} = 15062 - 2200x^2$$

$$420 \sqrt{x} = 4531x - 1100$$





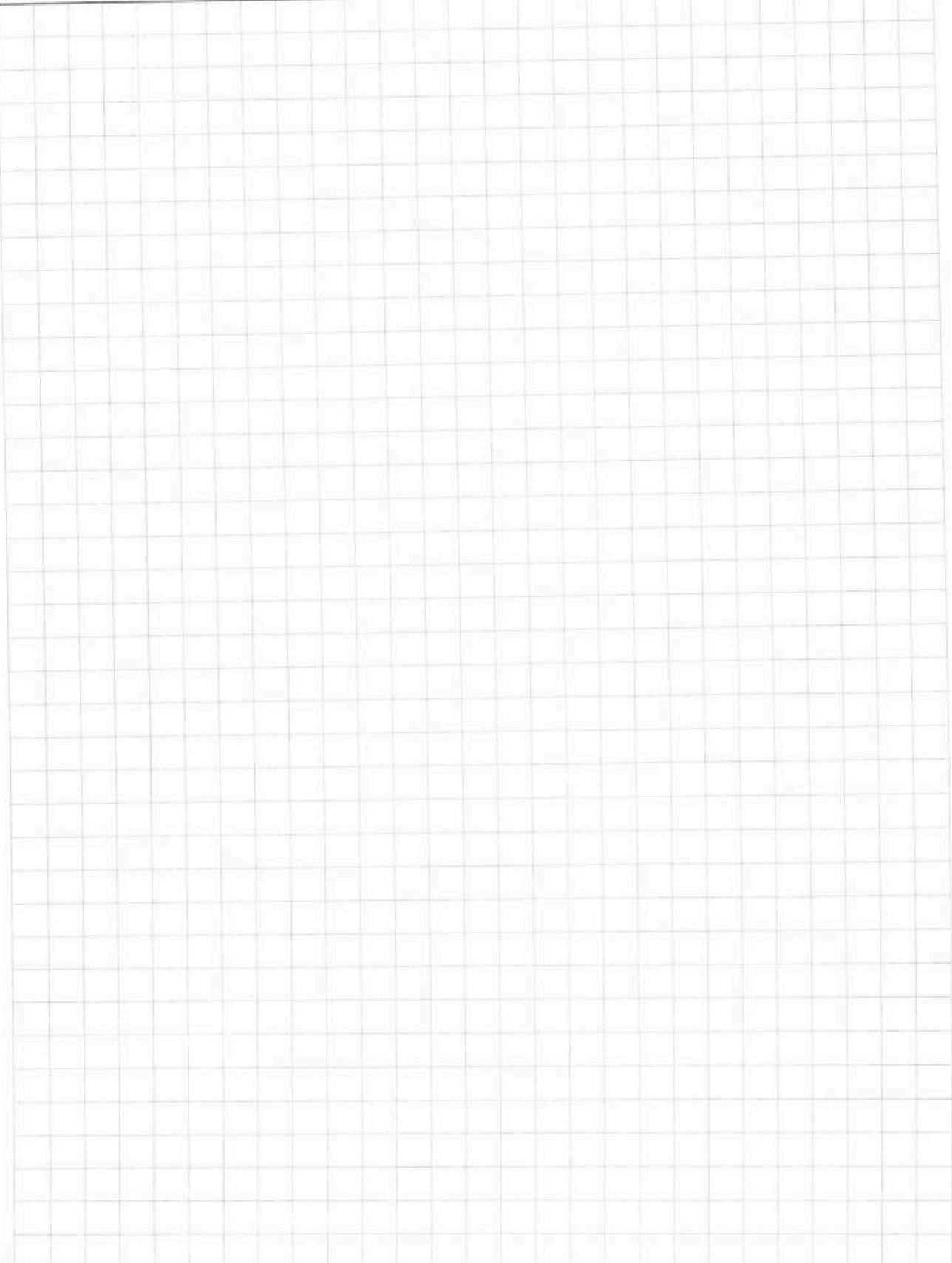
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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"/>

 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"/>	<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!

