



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

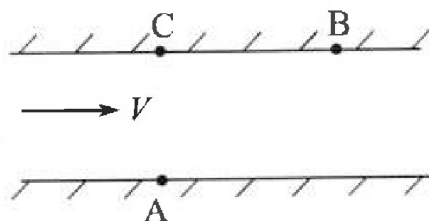
Вариант 09-02

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.

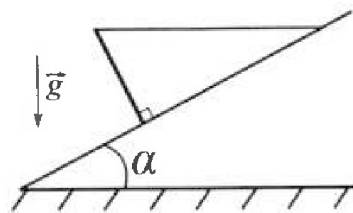
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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/с². 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 μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



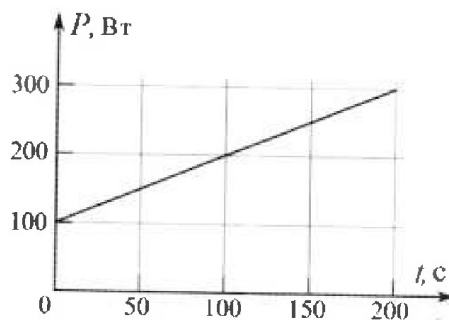
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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 $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. 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 $\tilde{t}_1$ воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

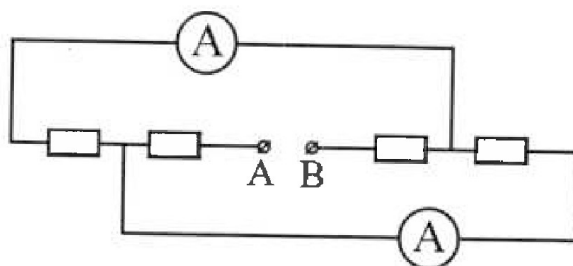
Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

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?



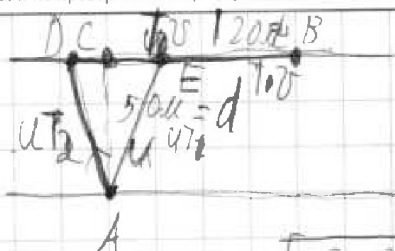
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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



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

$$L + CD = u T_2$$

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

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

$$L - CE = L$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$7,84 L^2 \cdot (u^2 T_1^2 - d^2) = u^2 (T_1 + T_2)(T_1 - T_2) + d^2 + 1,96 L^2$$

$$u^2 (4,84 L^2 T_1^2 -$$

$$V_1 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1} = \frac{\sqrt{2560 + 14400}}{7,1} = \frac{168}{7,1} \text{ м/с} = 23,66 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2} = \frac{\sqrt{2560 + 14400}}{240} = \frac{168}{240} \text{ м/с} = 0,7 \text{ м/с}$$



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!

Итого сна был наименьшим, если плывец плыл перпендикулярно берегу, поэтому время з-го заплыва равно $t = \frac{d}{u}$
и сна будет: $v t = \frac{v}{u} \cdot d$
 $S = L - \frac{v}{u} \cdot d$



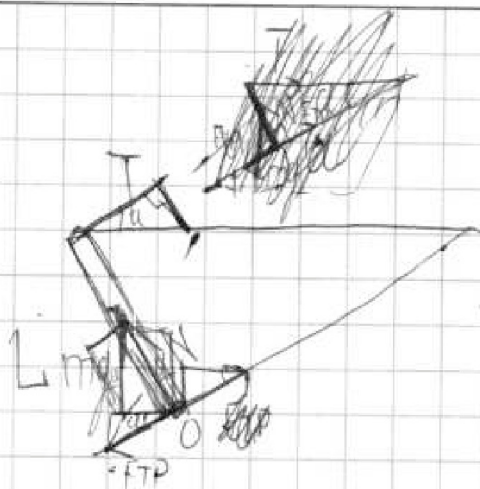
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



ИЗ: $F_T \sin \alpha$
 $mg = F_T \sin \alpha + N \cos \alpha$

Предположим, что F_T направлена вверх.

$$mg + F_T \sin \alpha = N \cos \alpha = \frac{F_T}{\sqrt{3}} \cos \alpha$$

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

$$mg + 0.5 F_T = \frac{\sqrt{3}}{2} N$$

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

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

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

$$m = 2\sqrt{3} \frac{T}{g} = 2\sqrt{3} \cdot 1.7 \text{ кг} \approx 6 \text{ кг}$$

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

$$mg + 0.5 F_T = T\sqrt{3} - 1.5 F_T$$

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

$F_T = 15 \text{ Н} - 30 \text{ Н} = -15 \text{ Н}$ - невозможно,
значит F_T направлена
наверх.

$$mg = F_T \sin \alpha + N \cos \alpha = \frac{F_T}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} N$$

$$mg = \frac{F_T}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} (2T - \sqrt{3} F_T) = \frac{F_T}{2} + \sqrt{3} T - 1.5 F_T$$

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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 скользит

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

Ответ: $m = 6 \text{ кг}$, $F_{TP} = 15 \text{ Н}$, $\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$



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!

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

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

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

$$dt = \frac{c m dT}{P_H - \alpha(T - t_0)} = -\frac{dT}{\frac{\alpha}{P_H - \alpha t_0} - 1}$$

$$t = -c m \int_0^T \frac{dT}{\frac{\alpha}{P_H - \alpha t_0} - 1} = -c m (P_H - \alpha t_0) \ln \left(\frac{P_H - \alpha T}{P_H - \alpha t_0} \right)$$

$$-\frac{t}{c m} = \ln \frac{P_H - \alpha T}{P_H - \alpha t_0}$$

$$\frac{P_H - \alpha T}{P_H - \alpha t_0} = e^{-\frac{t}{c m}}$$

$$T = t_0 + \frac{P_H}{\alpha} + \frac{e^{-\frac{t}{c m}} - 1}{\alpha}$$

$$P = \alpha \left(t_0 + \frac{P_H}{\alpha} + \frac{e^{-\frac{t}{c m}} - 1}{\alpha} - t_0 \right)$$

$$P = P_H + e^{-\frac{t}{c m}}$$

— это экспоненциальный рост

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

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

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

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

$$\text{Нагреватель добавил } 400 \cdot 180 \text{ Дж} = 72000 \text{ Дж}$$

В итоге + 34800 Дж, а это подъём температуры на $\frac{34800}{4200 \cdot 1} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{189}{21} \text{ } ^\circ\text{C} = 9 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\tilde{T}_1 = \tilde{T}_0 + 9 \text{ } ^\circ\text{C} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$.

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

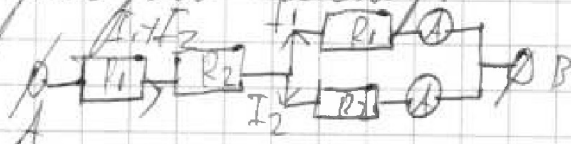
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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.

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

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

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

$$= (9 \cdot 90 + 4 \cdot 30 + 60) = 990 \text{ Вт} = 0.99 \text{ кВт}$$

$$\text{Ответ: } I_2 = 1 \text{ A}, \quad P = 0.99 \text{ Вт}$$

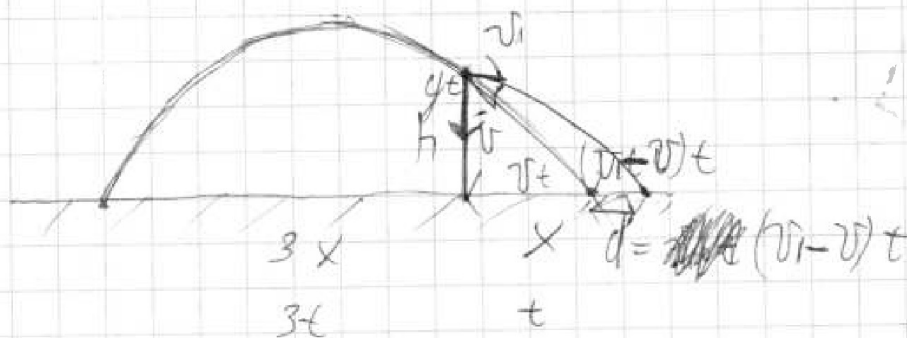
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



~~16.5~~

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 2g t^2$$

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

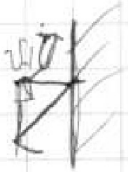
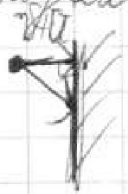
$$g t^2 \cdot (1 + \frac{1}{2})$$

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

$$H = 2g t^2 = 2g \cdot \frac{2h}{3g} = \frac{4}{3} h = \frac{54}{10} \cdot \frac{4}{3} \text{ м} = \frac{184}{10} \text{ м} = 7,2 \text{ м}$$

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

Перейдем в С.О. стены:



в лад. С.О.:

$$v_1 = v - 2v$$



~~16.5~~

~~16.5~~

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

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

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



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!

$$2,4 \cdot 120$$

$$120$$

$$1200$$

$$\begin{array}{r} 4800 \\ + 24000 \\ \hline 28800 \end{array}$$

$$14$$

$$56$$

$$140$$

$$196$$

$$7$$

$$180$$

$$190$$

$$000$$

$$16200$$

$$18000$$

$$36200$$

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

$$1,3$$

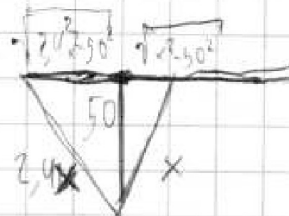
$$28$$

$$28$$

$$224$$

$$560$$

$$784$$



$$120 - \sqrt{x^2 - 50^2}$$

$$120 - \sqrt{x^2 - 50^2}$$

$$0,724$$



$$5$$

$$21$$

$$1,73$$

$$1,73$$

$$5,19$$

$$12020$$

$$14300$$

$$29839$$

$$120^2$$

$$14400$$

$$0,11$$

$$196$$

$$12$$

$$3,82$$

$$1960$$

$$2,35,2$$

$$1$$

$$324$$

$$196$$

$$144$$

$$1,84$$

$$1840$$

$$338$$

$$24624$$

$$5$$

$$1,680$$

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

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

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

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

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



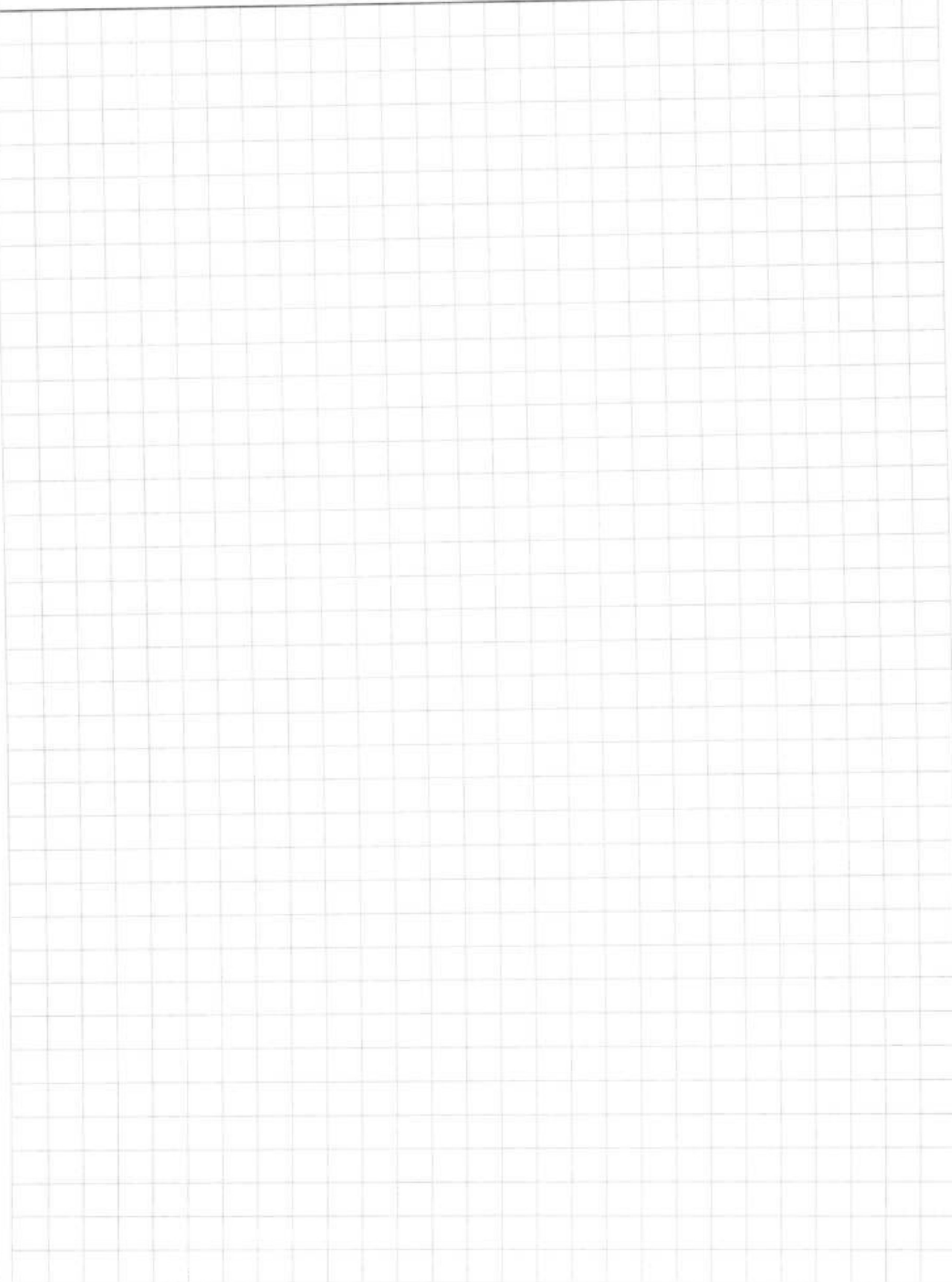
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

 МФТИ

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

