

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

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

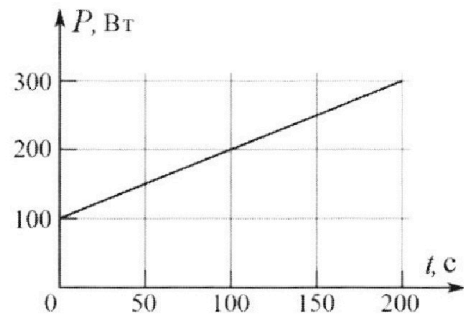


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16$ °С. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру \tilde{t}_1 воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).

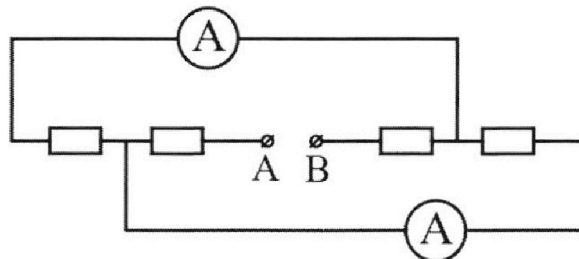


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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?





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

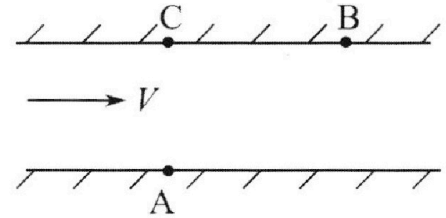
Вариант 09-02

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.

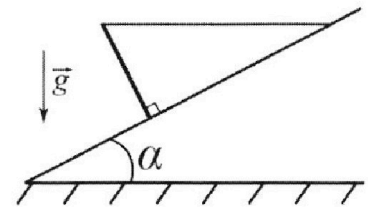
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

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!

мисловин

Решение

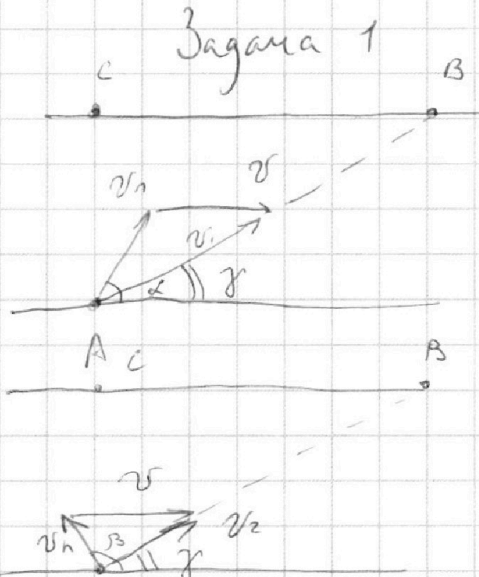
$$AC = d = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 100 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 200 \text{ с}$$

$$v_1, v_2, v, v_n$$



$$S_{AB} = \sqrt{d^2 + L^2} = 130 \text{ м}$$

$$v_1 = \frac{S_{AB}}{T_1} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{S_{AB}}{T_2} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

$$(v_n \cos \alpha + v) \cdot T_1 = L$$

v_n - скорость плывца

$$v_n \sin \alpha \cdot T_1 = d$$

$$(v_n \cos \beta + v) \cdot T_2 = L$$

$$(v_n \sin \beta) \cdot T_2 = d$$

Th косинусов гипотенузы
первого прямоугольного треугольника

$$v_n^2 = v^2 + v_1^2 - 2vv_1 \cos \gamma$$

$$v_n^2 = v^2 + v_2^2 - 2vv_2 \cos \gamma$$

Th косинусов гипотенузы
второго прямоугольного треугольника

$$0 = v_1^2 - v_2^2 + 2v \cos \gamma (v_2 - v_1)$$

$$(v_2 - v_1)(v_2 + v_1) = 2v \cos \gamma (v_2 - v_1)$$

$$v = \frac{v_2 + v_1}{2 \cos \gamma} = \frac{\frac{13}{24} + \frac{13}{20}}{2 \cdot \frac{12}{13}} = \frac{13 \cdot 34 \cdot 13}{240 \cdot 24}$$

Ответ: $v_1 = 1,3 \text{ м/с}$; $v_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$; $v = \left(\frac{13}{24}\right)^2 \cdot 3,4 \text{ м/с} = 1 \text{ м/с}$ из 5

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

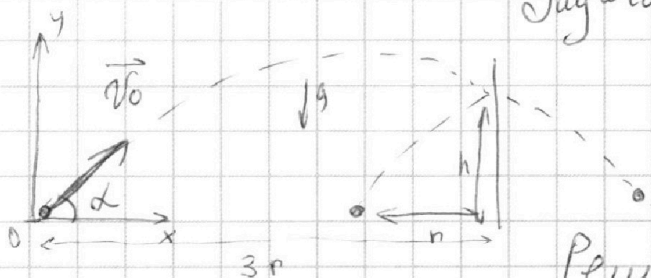
МФТИ

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



Задача 2

числовик



Дано: $h = 5,4 \text{ м}$

Найти: H, t_1

Решение:

r - расстояние от стены до точки падения
 $3r$ - расстояние от точки старта до стены.

Так как удар абсолютно упругий траектория
 движения после удара - ^{отрицательная} продолжение траектории
 (параболы) движения до стены.

$$\vec{v}_0 t + \frac{g}{2} t^2 = \vec{r}$$

$$Oy: v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = h \quad (3)$$

$$Ox: v_0 \cos \alpha \cdot t_0 = 3r \quad (1)$$

t_0 - время полёта до удара

$$v_0 \sin \alpha \cdot t_{\text{пол}} - g t_{\text{пол}} = v_0 \sin \alpha \quad t_{\text{пол}} - \text{общее время}$$

$$t_{\text{пол}} = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0 \cos \alpha \cdot t_{\text{пол}} = 4r$$

$$v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = 4r \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)}: \frac{v_0 \cos \alpha \cdot t_0 \cdot g}{v_0 \cos \alpha \cdot 2 v_0 \sin \alpha} = \frac{3r}{\frac{4r}{2}}$$

$$t_0 = 1,5 \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0 \sin \alpha = \frac{g t_0}{1,5} = \frac{g t_0 \cdot 2}{3} \quad (4)$$

$$H \text{ достигается в момент } t_2 = \frac{t_{\text{пол}}}{2} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

2 мет 5

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 checked="" 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!



числовый

$$|v_{ix}| \cdot t_1 - (v_{0x}) t_1 = d$$

При движении стенки, время до момента падения мяча не изменяется, так как по оси Ox скорость не меняется

~~$$(v_{0x} + 2u) \cdot t_1 - v_{0x} \cdot t_1 = d$$~~

$$(v_{0x} + 2u) \cdot t_1 - v_{0x} \cdot t_1 = d$$

$$2u \cdot t_1 = d$$

$$u = \frac{d}{2t_1} = \frac{1,8}{2 \cdot 0,6} = 1,5 \text{ м/с}$$

Ответ: $H_0 = 7,2 \text{ м}$

$t_1 = 0,6 \text{ с}$

$u = 1,5 \text{ м/с}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

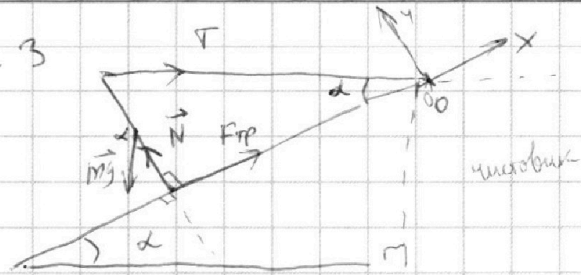
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Задача 3



Дано: $T = 17,3 \text{ Н}$
 $\alpha = 30^\circ$

Найти: $m, F_{\text{тр}}, \mu$.

Решение:
 $\vec{m}\vec{a} = \vec{m}\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{T}$
 $\hookrightarrow a = 0$ (тело удерживается)

$$Ox: 0 = F_{\text{тр}} + T \cdot \cos \alpha - mg \cdot \sin \alpha$$

$$Oy: 0 = N - T \cdot \sin \alpha - mg \cdot \cos \alpha$$

Правило моментов:

от центра масс стержня:

$$l \cdot \cos \alpha \cdot T = F_{\text{тр}} \cdot l$$

$$F_{\text{тр}} = T \cdot \cos \alpha = T \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{2} \text{ Н}$$

$$mg = \frac{F_{\text{тр}} + T \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{2T \cos \alpha}{\frac{1}{2}} = 2 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{3}$$

$$= 34,6 \cdot \sqrt{3}$$

$$m = 3,46 \cdot \sqrt{3} \text{ кг}$$

Стержень покоится: $a = 0$.

$$F_{\text{тр}} = \mu_{\text{min}} N = \mu_{\text{min}} (T \cdot \sin \alpha + mg \cdot \cos \alpha)$$

$$\mu_{\text{min}} = \frac{T \cdot \cos \alpha}{T \cdot \sin \alpha + mg \cdot \cos \alpha} = \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{\left(\frac{17,3}{2} + \frac{2 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{2}\right)}$$

$$= \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{7 \cdot 17,3} = \frac{\sqrt{3}}{7}$$

$$\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$$

Ответ: $m = 3,46 \cdot \sqrt{3}$
 $F_{\text{тр}} = \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{2}$

$$\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$$

4 мес из 5

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

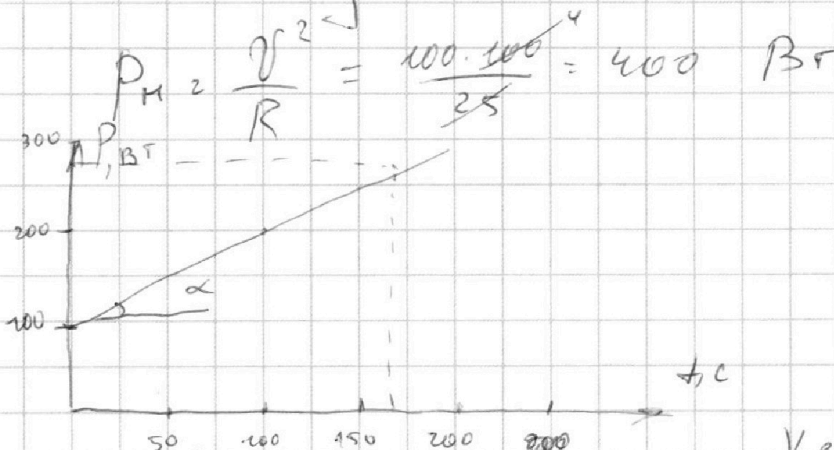
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



чмш.овик

Задача 4

Дано:
 $V = 1 \text{ A}$
 $T_0 = 16^\circ \text{C}$
 $R = 25 \text{ }\Omega$
 $V = 100 \text{ B}$
 $P_H, T_1 ?$



На графике зависимость линейна
 $P = k \cdot t + b$

$b = 100$

$k = \text{tg } \alpha = \frac{200 - 100}{100} = 1$

$P = t + 100$

$P_{\text{пот}} (T = 180^\circ \text{C}) = 280 \text{ Вт}$

$Q_{\text{пот}} = \frac{P_{\text{пот}} (T = 180^\circ \text{C})}{2} = \frac{280 + 100}{2} = 190 \cdot 180 \text{ Дж}$

$Q_{\text{нп}} = P_H \cdot T = 400 \cdot 180 \text{ Дж}$

$\text{СМВ } (T_1 - T_0) = Q_{\text{нп}} - Q_{\text{пот}}$

$T_1 = \frac{180 \cdot (400 - 190)}{4200} + 16 = 25^\circ \text{C}$

Ответ: 1) 400 Вт ; 2) 25 °C.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

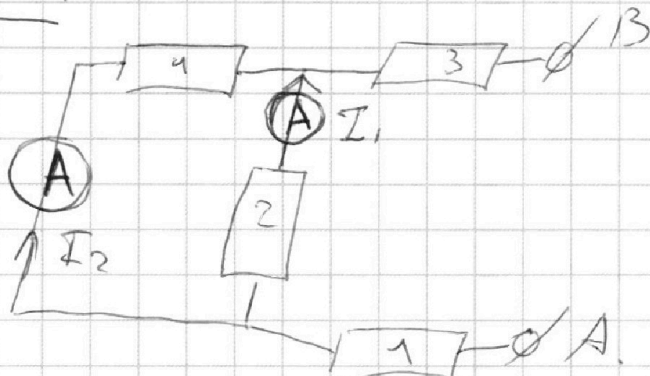
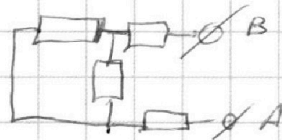
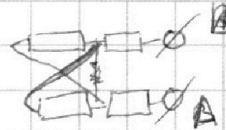
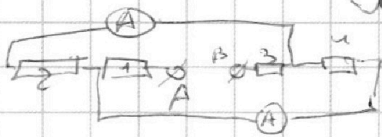
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Дано:
 $r_2 = 30 \Omega$
 $R = 60 \Omega$
 $I_1 = 2 \text{ A}$
 I_2, P

Задача 5



Амперметры показывают ток на резисторах
 4 и 2, т.к. они подключены параллельно
 → то меньший ток течет через ~~большого R~~ резистор,
~~то~~ больший ток — через меньшего R резистор
 (не принципиально на каком амперметре меньший ток)

$$I_1 > I_2 \Rightarrow R_2 < R_4 \Rightarrow R_2 = r = 30 \Omega$$

$$U_{42} = I_2 \cdot R_4 = I_1 \cdot R_2 \quad R_4 = R = 60 \Omega$$

$$I_2 = \frac{I_1 \cdot R_2}{R_4} = \frac{2 \cdot 30}{60} = 1 \text{ A}$$

$$I_{\text{общ}} = I_2 + I_1 = 3 \text{ A}$$

$$R_{\text{цети}} = R + R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = 90 + 20 = 110 \Omega$$

$$U_{\text{цети}} = I_{\text{общ}} \cdot R_{\text{цети}} = 330 \text{ В}$$

$$P_{\text{ист}} = U_{\text{цети}} I_{\text{общ}} = 990 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) 1 A 2) 990 Вт.



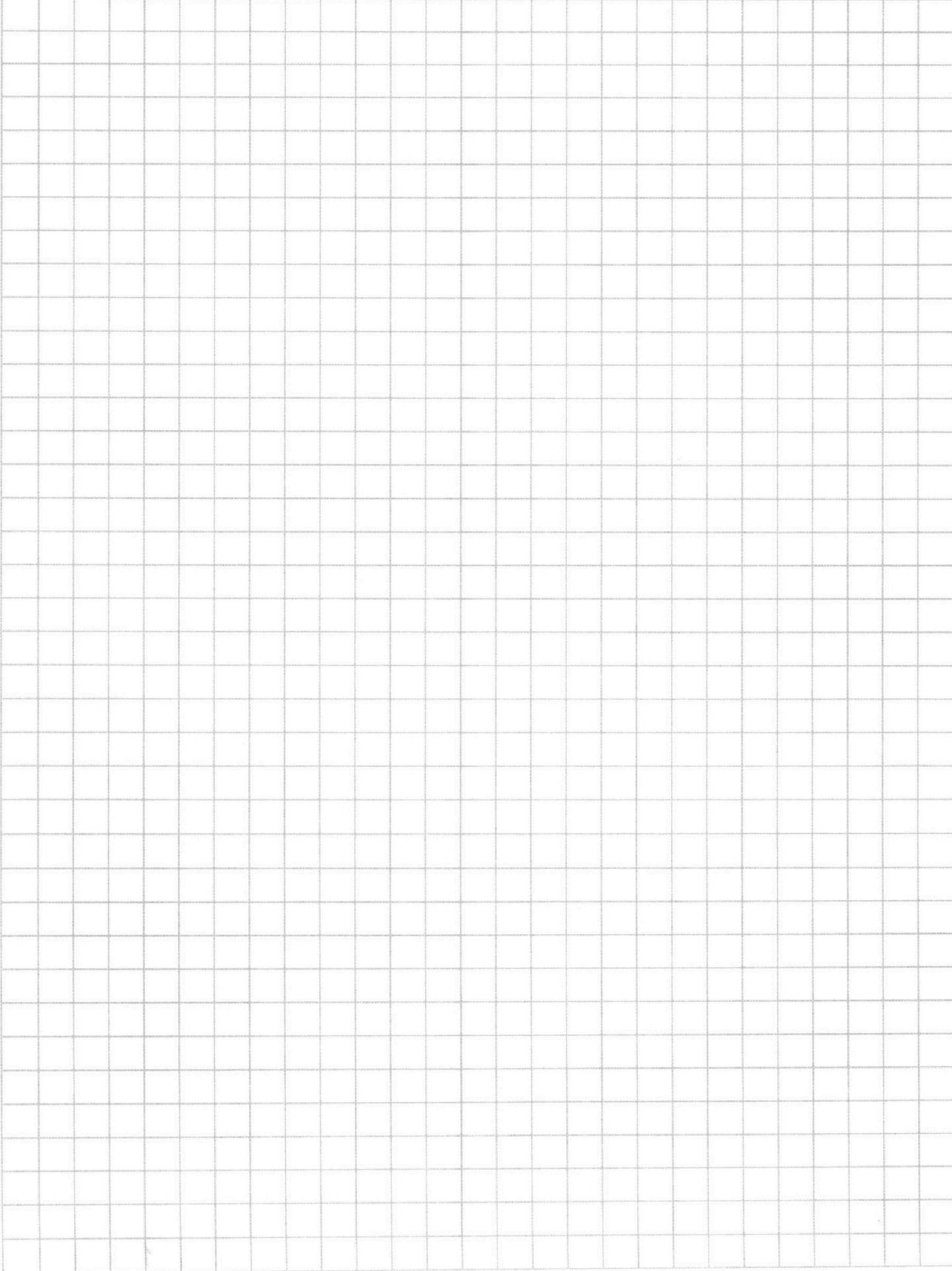
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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

МФТИ

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

4) → 3)
$$\frac{gt_0 \cdot 2}{3} \cdot t_0 - \frac{g}{2} t_0^2 = h$$

$$gt_0^2 \left(\frac{4}{6} - \frac{3}{6} \right) = h$$

$$gt_0^2 \left(\frac{1}{6} \right) = h$$

$$t_0 = +\sqrt{\frac{5,4 \cdot 6}{10}} = \sqrt{\frac{32,4}{10}} = 1,8 \quad (\text{т.к. } t_0 > 0)$$

$$t_2 = \frac{gt_0 \cdot 2}{3 \cdot g} = \frac{1,8 \cdot 2}{3} = 1,2$$

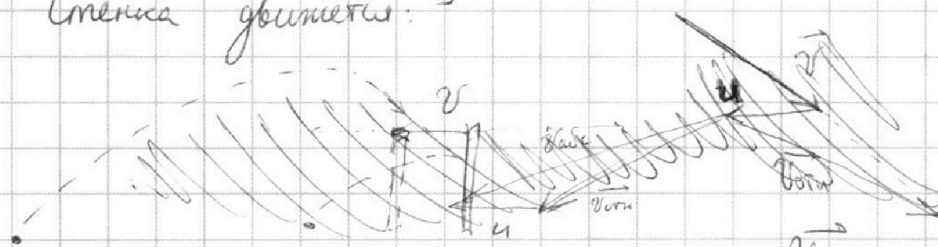
$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$H = \frac{gt_0 \cdot 2}{3} \cdot t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = \frac{g \cdot 1,8 \cdot 2 \cdot 1,2}{3} - \frac{g \cdot 1,2^2}{2}$$

$$= g \left(\frac{1,2^2}{2} \right) = 10 \cdot \frac{1,44}{2} = 7,2 \text{ м}$$

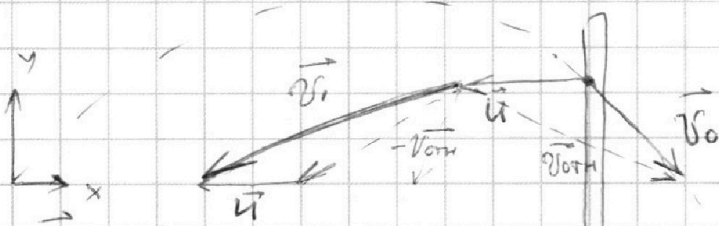
$$t_1 = t_{\text{пол}} - t_0 = 2 \cdot \frac{t_0 \cdot 2}{3} - t_0 = \frac{1}{3} t_0 = 0,6 \text{ с}$$

Смещая формулы:



v_{0H} - скорость в момент удара от-но стенки

После удара $v_{0H1} = -v_{0H}$



v_1 - абсолютная скорость после удара

$$\vec{v}_1 = -v_{0H1} + \vec{u} = -v_0 + 2\vec{u}$$

$$v_{1y} = v_{0y}$$

$$v_{1x} = -v_{0x} - 2u_x$$

v_0 - модуль скорости в момент удара, модуль скорости после удара если стенка стоит



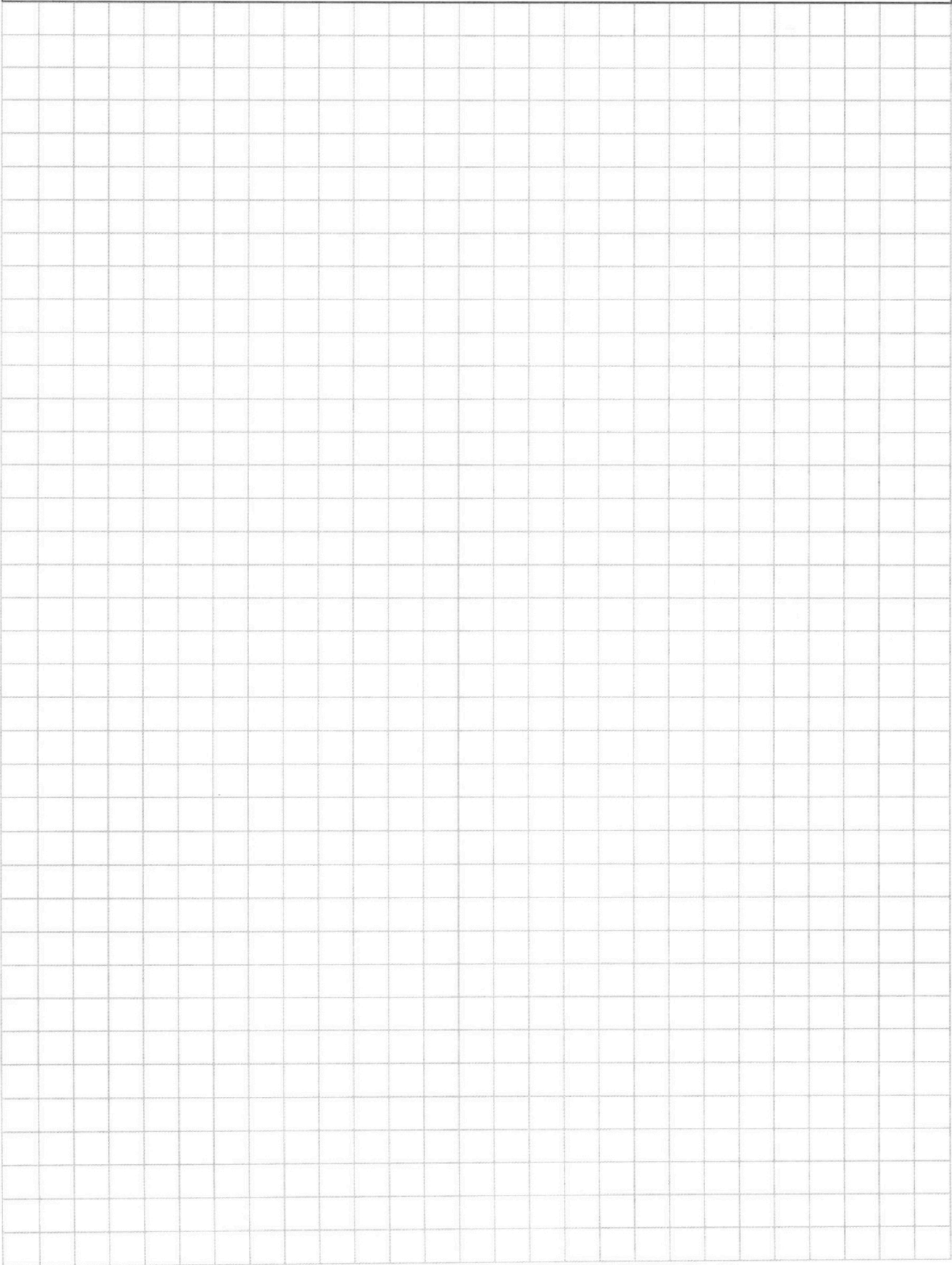
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





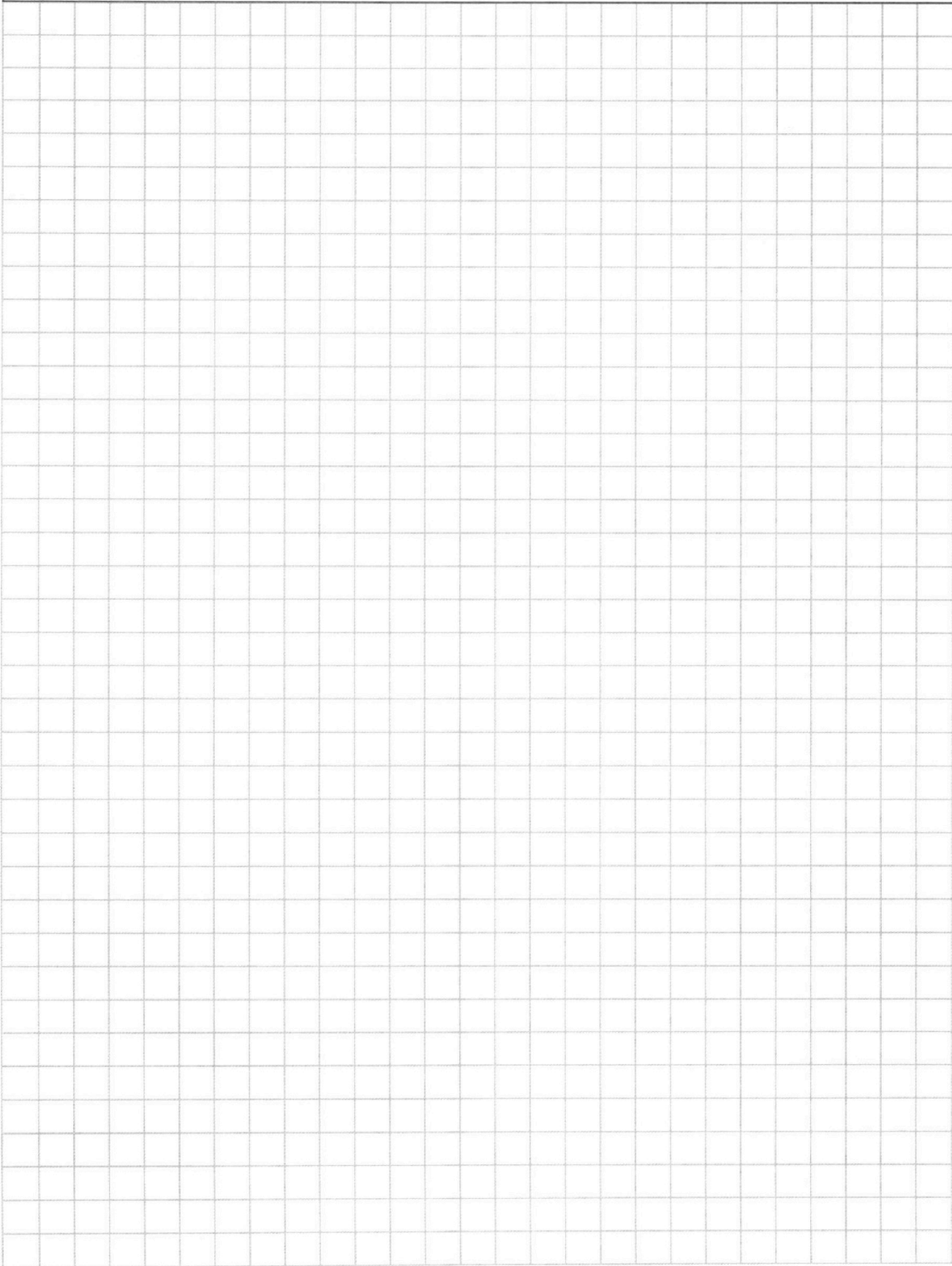
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

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



Дано:

$$AC = d = 250 \text{ м}$$

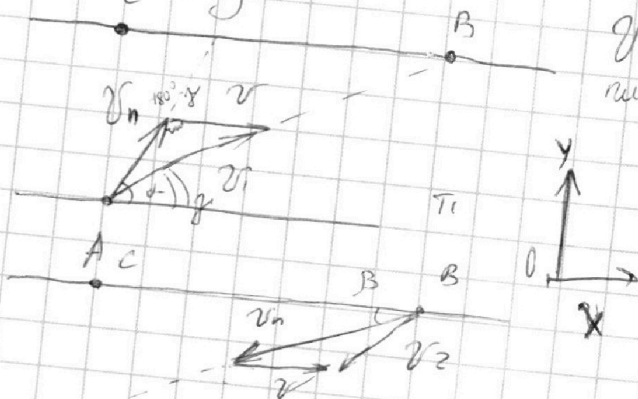
$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$

$$V_1, V_2, V$$

Задача 1



V_n - скорость течения от по течения

$$(V_n \cdot \cos \alpha + V) T_1 = L$$

$$\textcircled{1} (V_n \cdot \sin \alpha) T_1 = d$$

$$(V_n \cdot \cos \beta - V) T_2 = L$$

$$\textcircled{2} (V_n \cdot \sin \beta) T_2 = d$$

$$V = \frac{L}{T_1} - V_n \cdot \cos \alpha$$

$$V_n \cos \beta - \frac{L}{T_1} + V_n \cos \alpha = \frac{L}{T_2}$$

$$V_n (\cos \beta + \cos \alpha) = L \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right)$$

$$S_{AB} = \sqrt{d^2 + L^2} = \sqrt{14400 + 2500} = 130 \text{ м}$$

$$V_1 = \frac{S_{AB}}{T_1} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{S_{AB}}{T_2} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

$$V_1 \cdot \sin \gamma = V_n \cdot \sin \alpha$$

$$V_2 \cdot \sin \gamma = V_n \cdot \sin \beta$$

$$V_1 \cdot \cos \gamma$$

$$V_1^2 = V^2 + V_n^2 - 2 \cdot V \cdot V_n \cos(180^\circ - \gamma) + 2 \cdot V \cdot V_n \cos(\gamma)$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{T_2}{T_1} = 2,4$$

ЧЕРНОВИК