

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 09-02

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

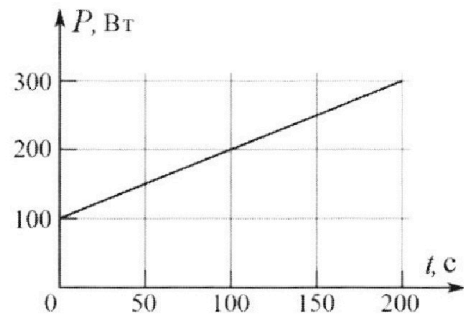


4. Воду объемом  $V = 1$  л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 16$  °С. Сопротивление спирали электроплитки  $R = 25$  Ом, напряжение источника  $U = 100$  В. Зависимость мощности  $P$  тепловых потерь от времени  $t$  представлена на графике (см. рис.).

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

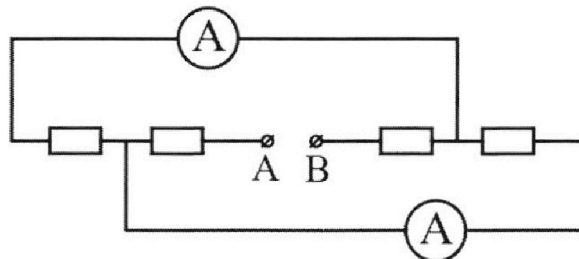


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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?





Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

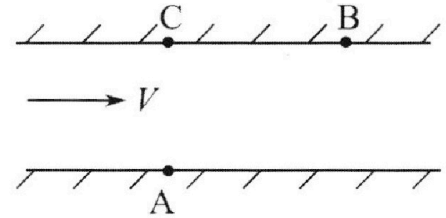
Вариант 09-02

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.

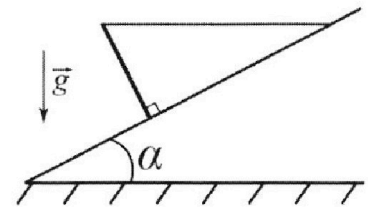
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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>.

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

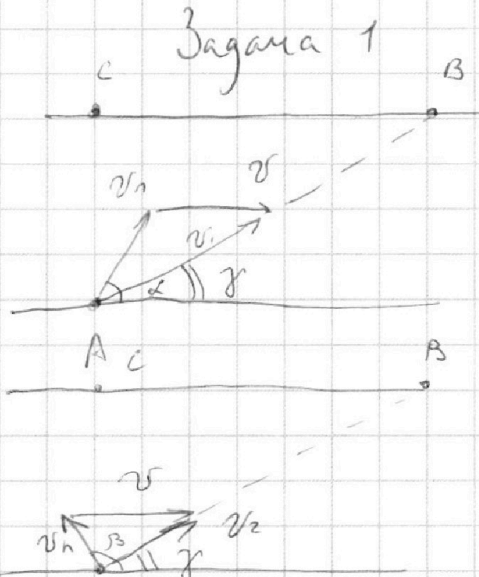
$$AC = d = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 100 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 200 \text{ с}$$

$$v_1, v_2, v, v_n$$



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

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

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

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

$v_n$  - скорость плывца

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

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

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

$T_1$  - косинус угла между скоростью плывца и скоростью течения

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

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

$T_2$  - косинус угла между скоростью плывца и скоростью течения

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

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

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

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

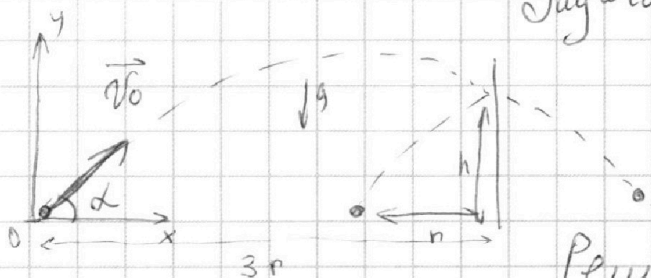
**МФТИ**

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 - <sup>отрицательная</sup> продолжение траектории  
 (параболы) движения до стены.

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

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

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

$t_0$  - время полёта до удара

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

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

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

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

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

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

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

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



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 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:

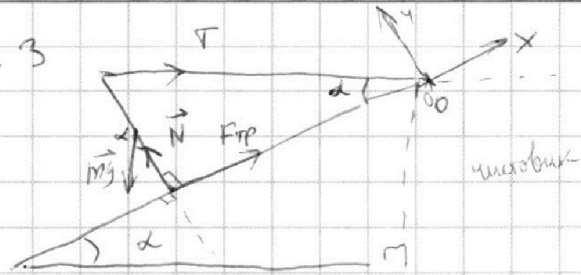
1  2  3  4  5  6  7

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

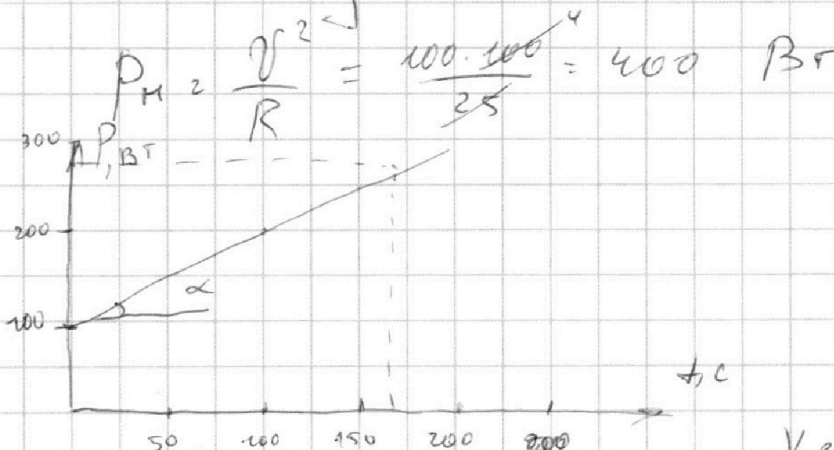
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Шеловик

Задача 4

Дано:  
 $V = 1 \text{ м}$   $T_0 = 16^\circ \text{C}$   
 $E_0 = 16^\circ \text{C}$   
 $R = 25 \text{ }\Omega$   
 $V = 100 \text{ В}$   
 $P_H, T_1 ?$



На графике  
 $P = k \cdot t + b$

$$b = 100$$

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

$$P = t + 100$$

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

$$Q_{\text{пот}} \text{ (площадь под графиком)} = \frac{280 + 100}{2} \cdot 180 = 190 \cdot 180 \text{ Дж}$$

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

$$\text{стВ } (T_1 - T_0) = Q_{\text{нм}} - Q_{\text{пот}}$$

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

Ответ: 1) 400 Вт ; 2) 25 °C.

5 лист из 5







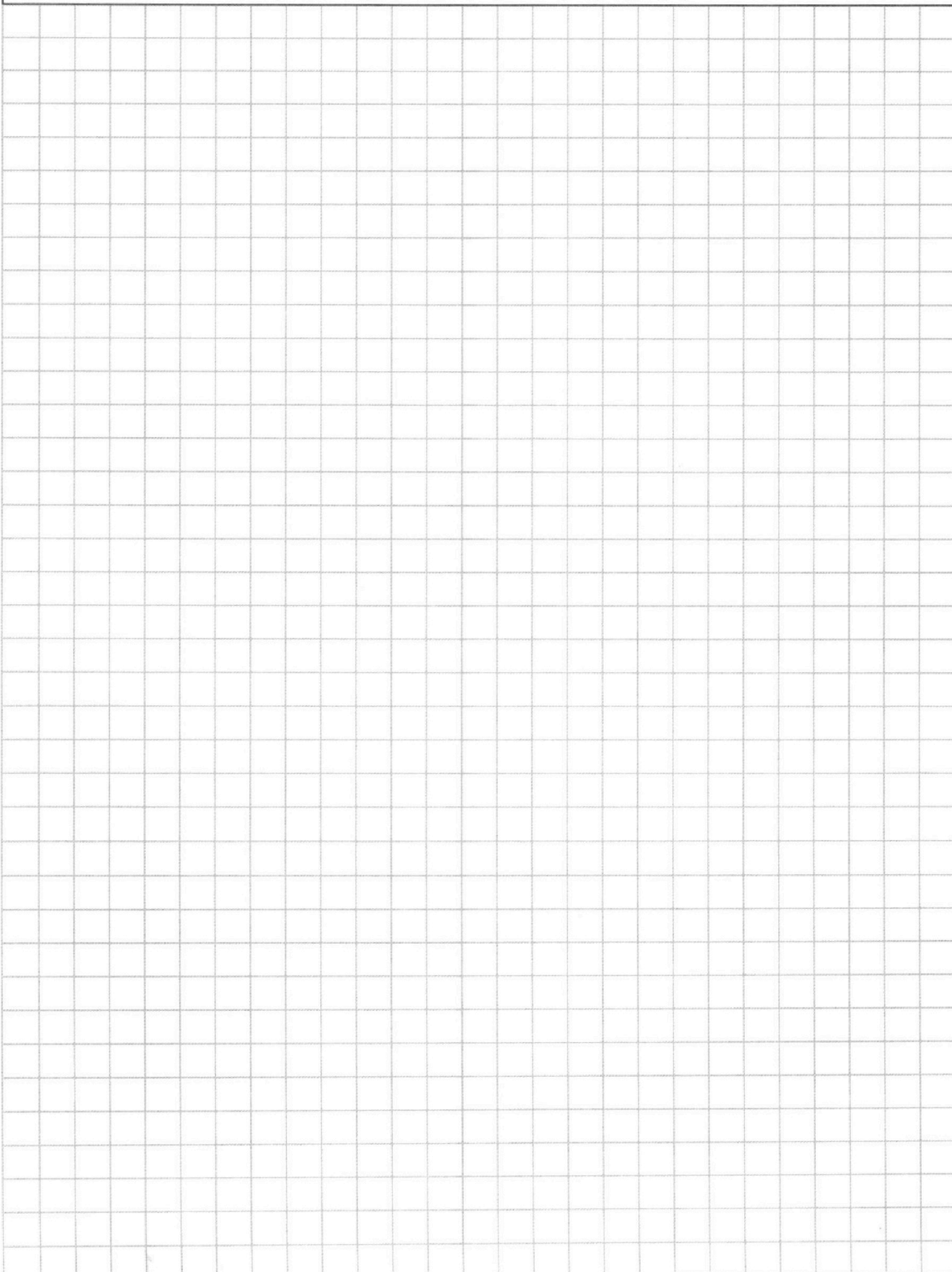
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

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

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

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

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

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

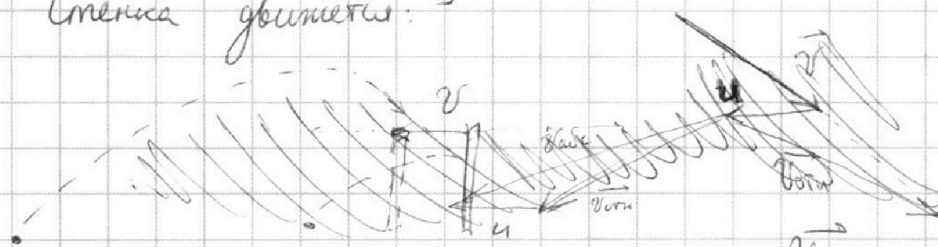
$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

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

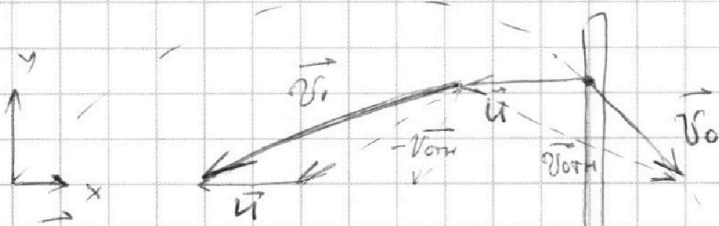
$$= g \left( \frac{1,2^2}{2} \right) = 10 \cdot \frac{1,44}{2} = 7,2 \text{ м}$$

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

Смещая формулы:



$v_{0H}$  - скорость в момент удара от-по 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 скользит





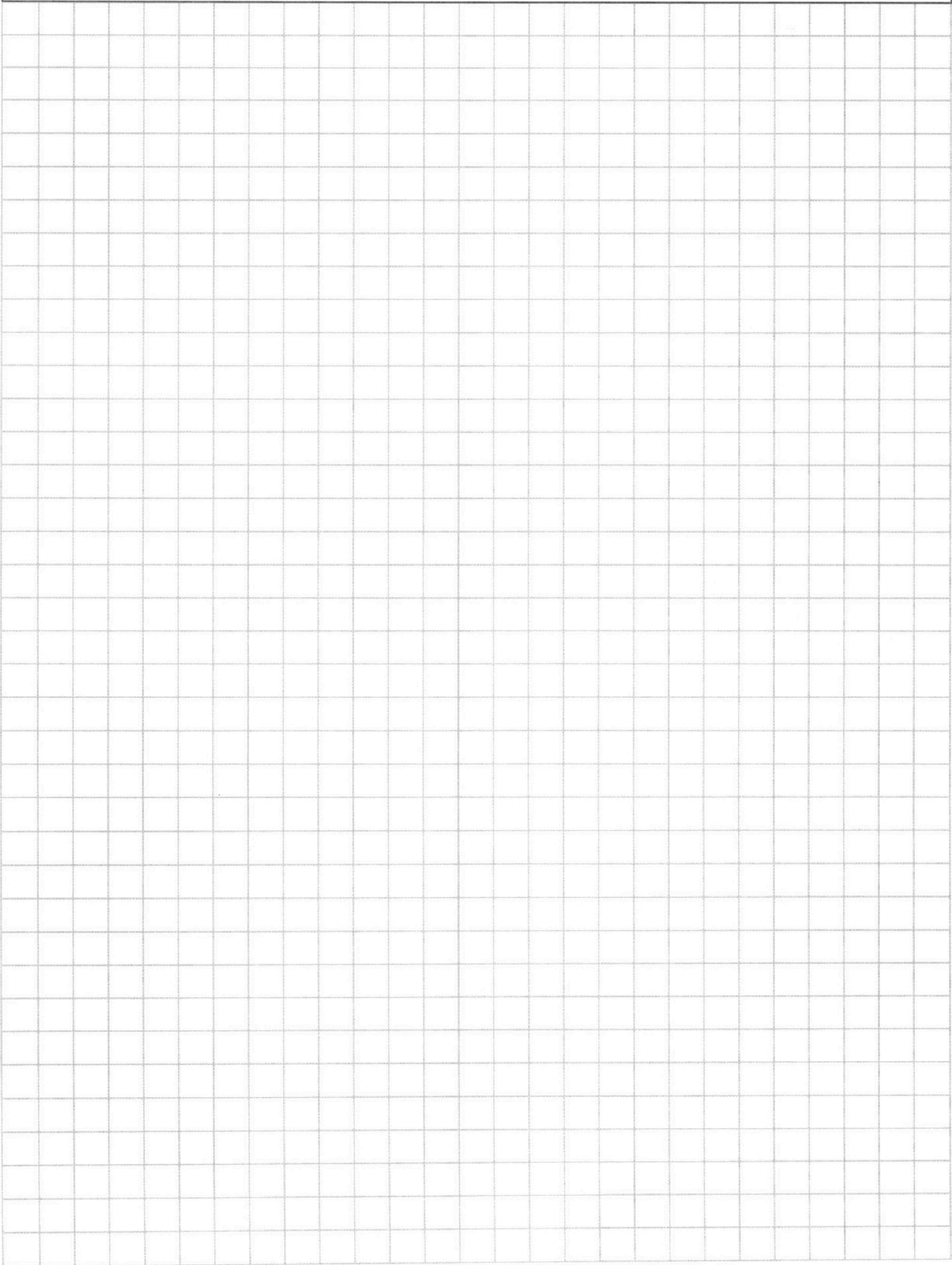
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





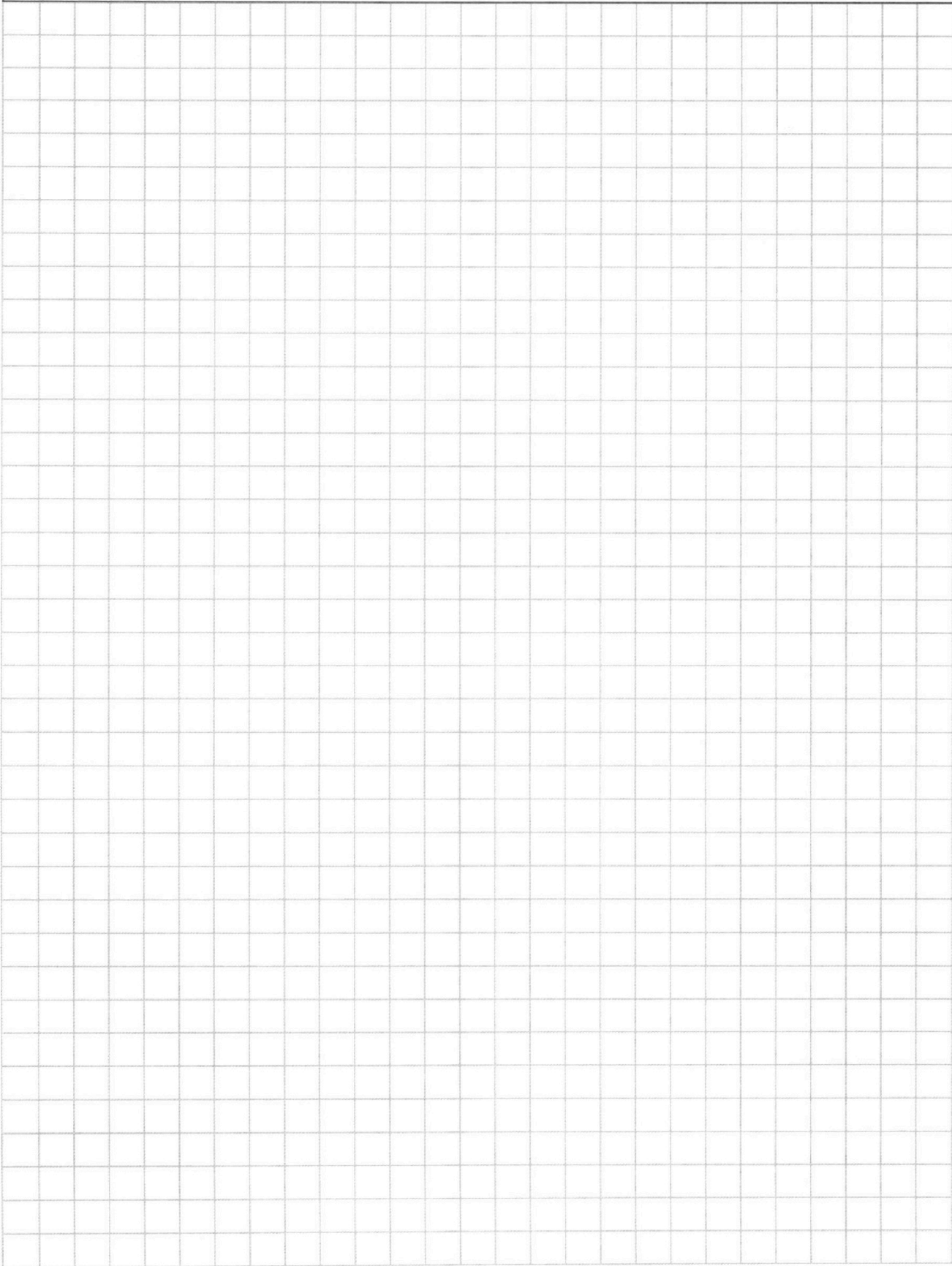
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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:

$$AC = d = 250 \text{ м}$$

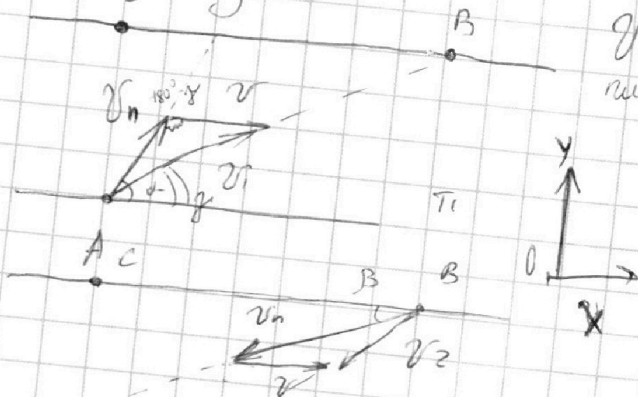
$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$

$$V_1, V_2, V$$

### Задача 1



$V_n$  - скорость течения от повода

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$V_1 \cdot \cos \gamma$$

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

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

ЧЕРНОВИК