

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

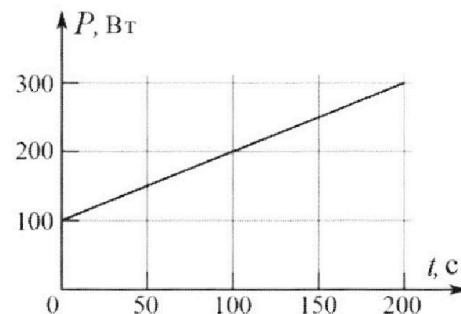
## Вариант 09-02

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

4. Воду объемом  $V = 1\text{л}$  нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 16^{\circ}\text{C}$ . Сопротивление спирали электроплитки  $R = 25\text{ Ом}$ , напряжение источника  $U = 100\text{ В}$ . 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  $T = 180\text{ с}$  после начала нагревания.

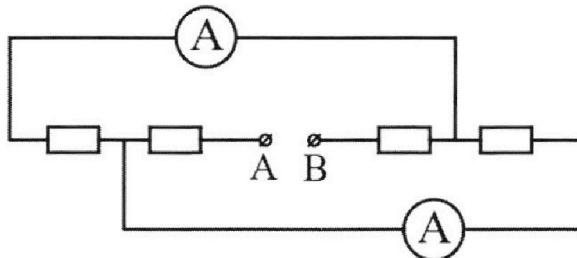
Плотность воды  $\rho = 1000\text{ кг}/\text{м}^3$ , удельная теплоемкость воды  $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ .



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

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

- 1) Найдите показание  $I_2$  второго амперметра.
- 2) Какую мощность  $P$  развивают силы в источнике?





# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 09-02



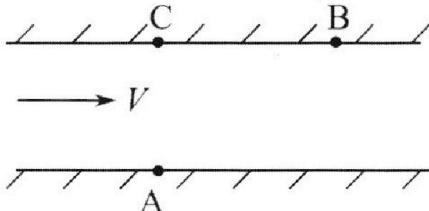
*Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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.

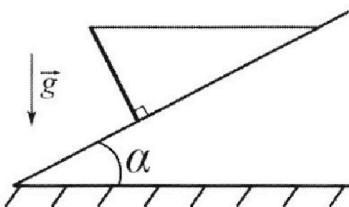
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 покоятся, стенка движется,  $d = 1,8$  м.

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

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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  $F_{Tr}$  трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

Дано:

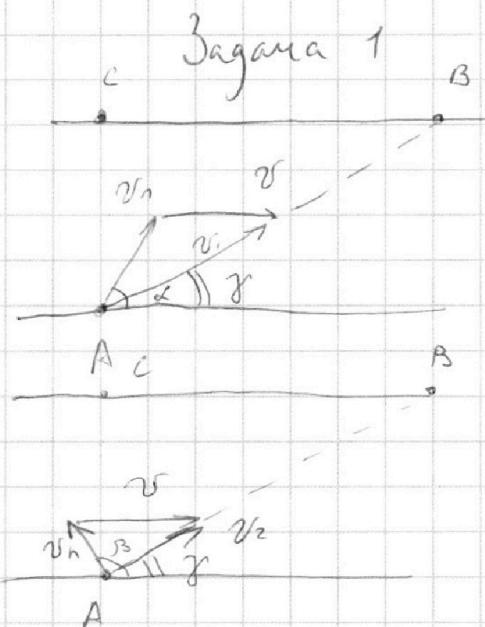
$$AC = d = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$

$$\underline{\underline{v_1, v_2, v,}} \quad |$$



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

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

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

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

$v_n$  - скорость навига

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1 лист из 5

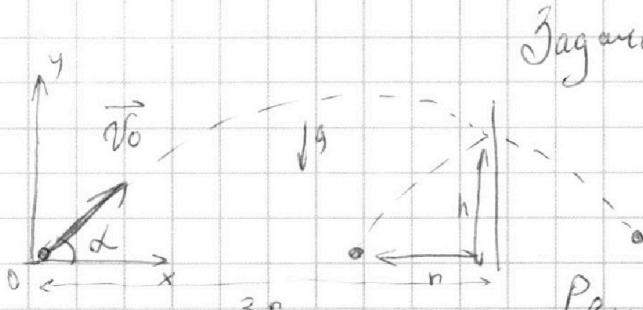


- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

**МФТИ.**

черновик



Задача 2

Дано:  $h = 5,4 \text{ м}$

Найти:  $H, t$

Решение:

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

После удара автомобили продолжают движение вдоль траектории движения после удара. Траектория движения продолжается вдоль стены.

$$V_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2} = \vec{r}$$

$$Oy: V_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = h \quad (3) \quad | \quad t_0 = \text{время полёта}$$

$$Ox: V_0 \cos \alpha \cdot t_0 = 3r \quad (1) \quad | \quad g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$V_0 \sin \alpha \cdot t_{\text{норм}} = V_0 \sin \alpha \quad | \quad t_{\text{норм}} = \text{обычное время}$$

$$t_{\text{норм}} = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$V_0 \cos \alpha \cdot t_{\text{норм}} = 4r$$

$$\frac{V_0 \cos \alpha \cdot t_0}{g} = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)}: \frac{V_0 \cos \alpha \cdot t_0 \cdot s}{V_0 \cos \alpha \cdot 2 V_0 \sin \alpha} = \frac{3r}{4r}$$

$$t_0 = 1,5 \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \quad V_0 \sin \alpha = \frac{g t_0}{1,5} = \frac{g t_0 \cdot 2}{3}$$

$$H \text{ достигается в момент } t_2 = \frac{t_0}{2} = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

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"/> |

МФТИ.

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

$$|v_{ix}| \cdot t_1 - |v_{ox}| t_1 = d$$

При движении стекла время доollisiona  
настене мяча не изменится, тк по оси  $x$   
скорость не меняется

~~$$(18/2) \cdot t_1 - 18 \cdot t_1 = d$$~~

$$(|v_{ox}| + 2u) \cdot t_1 - |v_{ox}| \cdot t_1 = d$$

$$2u \cdot t_1 = d$$

$$u = \frac{d}{2t_1} = \frac{18}{2 \cdot 0,6}^3 = 1,5 \text{ м/с}$$

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

МФТИ.

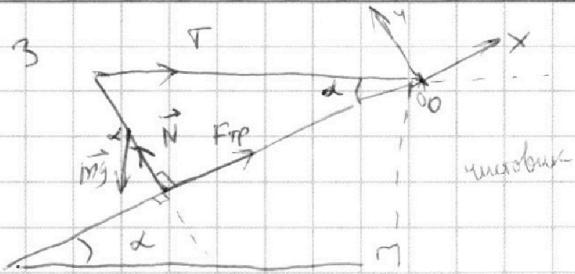


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 3

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

Найти:  $m$ ,  $F_{\text{тр}}$ ,  $\mu$ .



Решение:

$$\vec{ma} = \vec{mg} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{T}$$

Л.о (л.к. 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-но центра масс стержня:

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

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

$$mg = \frac{F_{\text{тр}} + T \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{2T \cos \alpha}{\frac{1}{2}} = 2 \cdot 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$
$$= 34,6 \cdot \sqrt{3}$$

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

Стержень покоящ:  $a = 0$ .

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

$$\mu_{\min} = \frac{T \cdot \cos \alpha}{T \cdot \sin \alpha + mg \cos \alpha} = \frac{17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{17,3}{2} + 2 \cdot 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{17,3 + 2 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{3}}$$
$$= \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{7 \cdot 17,3} = \frac{\sqrt{3}}{7}$$

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

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

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

4 места из 5

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

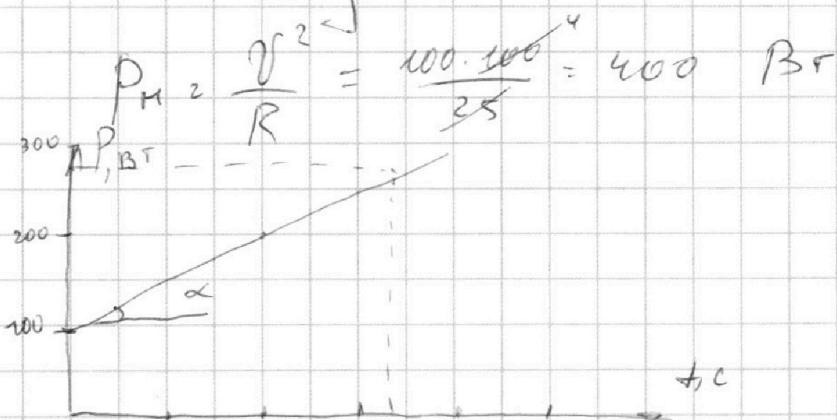
6

МФТИ.



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

$$\begin{aligned} & \text{Дано: } \\ & V = 1 \text{ A} \quad T = 40^{\circ}\text{C} \\ & E_0 = 16 \text{ V} \\ & R = 25 \Omega \\ & V = 100 \text{ B} \\ & P_H, E_1 ? \end{aligned}$$



На графике зависимость линейна  $m_B = V_g = 1 \text{ кг}$ .

$$P = Kt + b$$

$$b = 100$$

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

$$P = t + 100$$

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

$$Q_{\text{нор}} \left( \text{площадь под графиком} \right) = \frac{280 + 400}{2} \cdot 180$$
$$= 190 \cdot 180 \text{ Дж}$$

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

$$cm_B (E_1 - E_0) = Q_{\text{нек.}} - Q_{\text{нор.}}$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{180 \left( 400 - 280 \right)}{400 \cdot 1} + 16 = 25^{\circ}\text{C}$$

Ответ: 1) 400 Вт; 2) 25 °C.

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

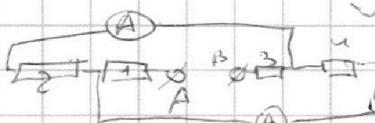


- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------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

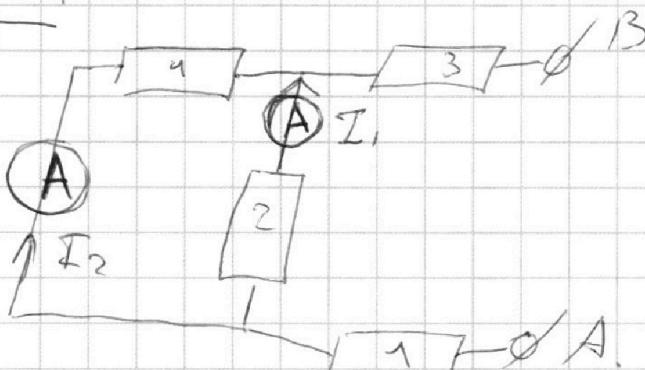
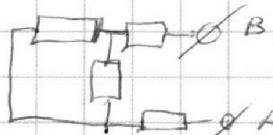
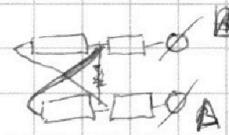
МФТИ

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

Дано:  
 $r = 30 \Omega$   
 $R = 60 \Omega$   
 $I_1 = 2 A$   
 $I_2, P$



Задача 5



Амперметры показывают ток на резисторах 1 и 2, т.к. они подключены параллельно  
→ то меньший ток течет через большого  $R$  резистор,  
но больший ток - через меньшего  $r$  резистор  
(На каком амперитре показан ток?)

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

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

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

$$I_{\text{общ}} = I_2 + I_1 = 3 A$$

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

$$U_{\text{член}} = I_{\text{общ}} \cdot R_{\text{член}} = 330 V$$

$$P_{\text{член}} = U_{\text{член}} I_{\text{общ}} = 990 W$$

(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

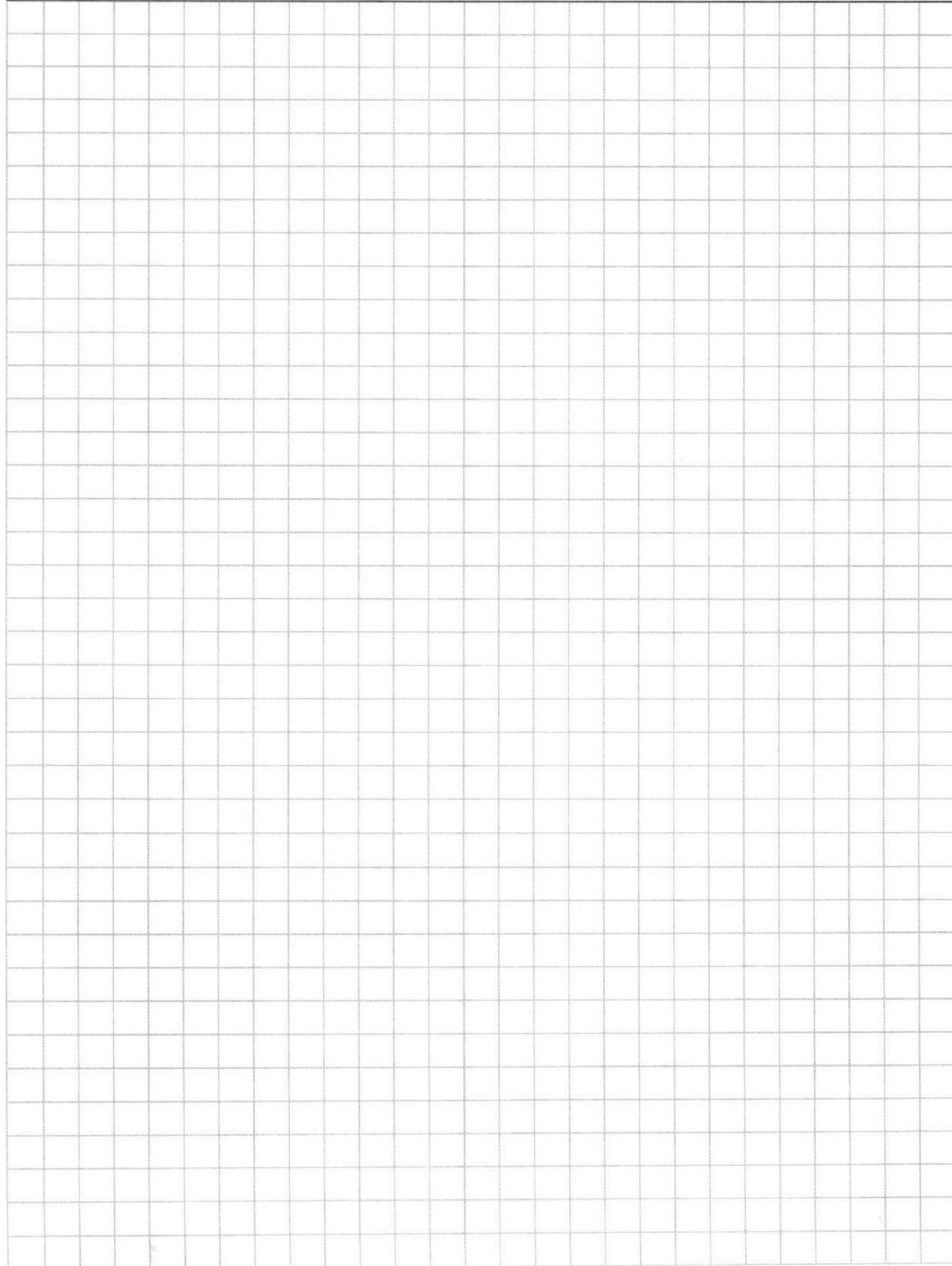
5

6

7

 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:

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

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

$$g t_0^2 \left( \frac{4}{6} - \frac{3}{6} \right) = h$$

$$g t_0^2 \left( \frac{1}{6} \right) = h$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ 18 \\ \hline 44 \\ 18 \\ \hline 26 \\ 20 \\ \hline 6 \end{array}$$

$$t_0 = +\sqrt{\frac{5,4 \cdot 6}{10}} = \sqrt{\frac{32,4}{10}} = 1,8 \quad (\tau, k, t_0 > 0)$$

$$t_2 = \frac{g t_0 \cdot 2}{3 \cdot g} = \frac{1,8 \cdot 2}{3} = 1,2$$

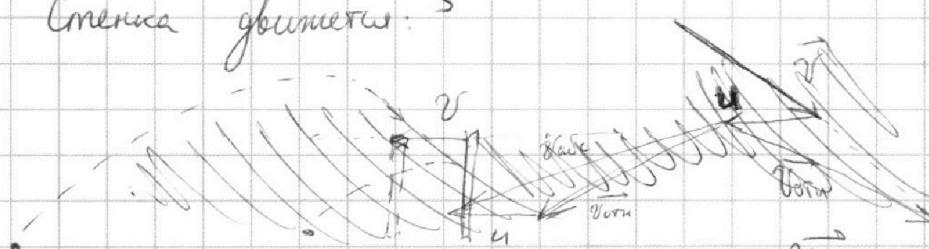
$$H = 20 \sin \alpha \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$$

$$H = \frac{g t_0 \cdot 2}{3} \cdot t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = \frac{g \cdot 1,8 \cdot 2}{3} \cdot 1,2 - \frac{g \cdot 1,2^2}{2}$$

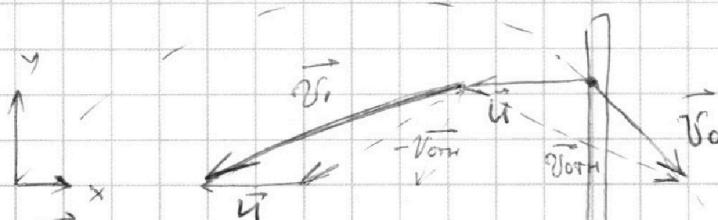
$$= g \left( \frac{1,2^2}{2} \right) = 10 \cdot \frac{1,44}{2} = 7,2 \text{ м}$$

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

Сменка движется:



Уотн - скорость  
в момент удара  
относительно стены



Новая ударная  
скорость  
 $v_{\text{отн.}} = -v_{\text{отн}}$

$v'$  - абсолютная скорость после удара

$$v' = -v_{\text{отн}} + v = -v_{\text{отн}} + 2v$$

$$v_{x,y} = v_{\text{отн}}$$

$$v_{x,y} = -v_{\text{отн}} - 2u_x$$

$v_{\text{отн}}$  -  
скорость  
в момент удара  
абсолютная скорость после  
удара есть стеной



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

**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:

- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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

Дано:

$$AC = d \approx 50 \text{ м}$$

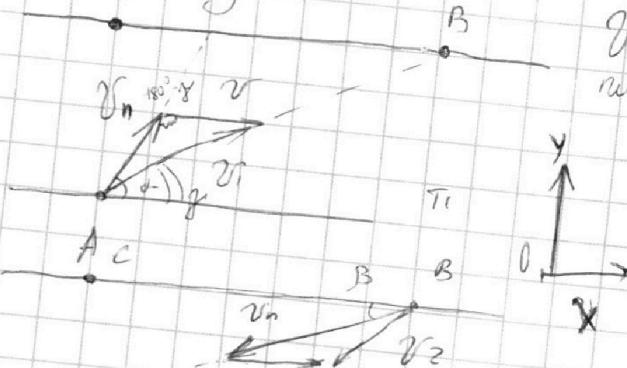
$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$

$$\begin{array}{|c|} \hline U_1, U_2, V \\ \hline S \\ \hline \end{array}$$

Задача 1



$U_n$  - скорость  
плавания относительно воды

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

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

$$\textcircled{2} (V_n \cdot \cos \beta + V) T_2 = L$$

$$V = \frac{L}{T_2} - V_n \cdot \cos \beta$$

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

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

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

$$V_1 = \frac{S_{AB}}{T_1} = 13 \text{ м/с}$$

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

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

$$V_1 \cdot \cos \gamma$$

$$\begin{aligned} \frac{T_2}{T_1} &= \frac{V_n^2 + V^2 - 2V_n V \cos(180^\circ - \gamma)}{V_n^2 + V^2 - 2V_n V \cos(\gamma)} \\ &= 2,4 \end{aligned}$$

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

$$\begin{array}{l} \cancel{\cos \beta} \\ \cancel{\sin \alpha / \sin \beta} \end{array}$$

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

ЧЕРНОВИК