



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

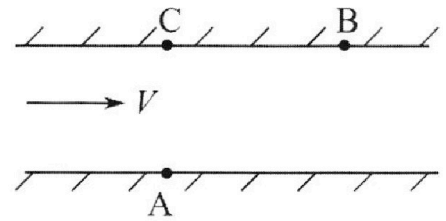
Вариант 09-02

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.

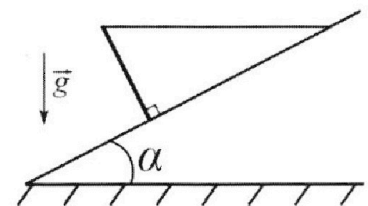
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

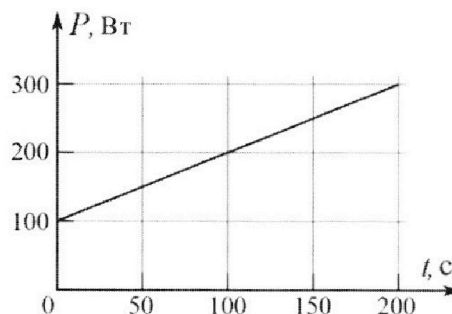


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16$ °С. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

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).

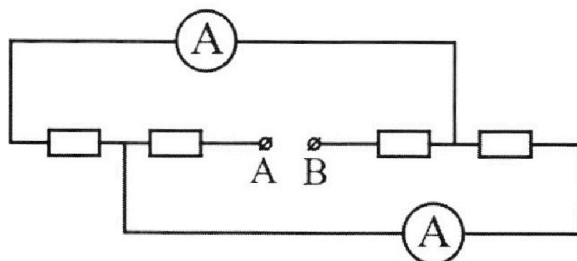


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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?



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

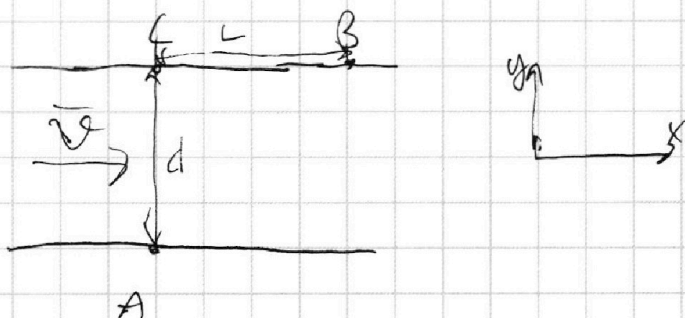
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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!



$$AC = d = 90 \text{ м}$$

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

$$(B = L = 120 \text{ м})$$

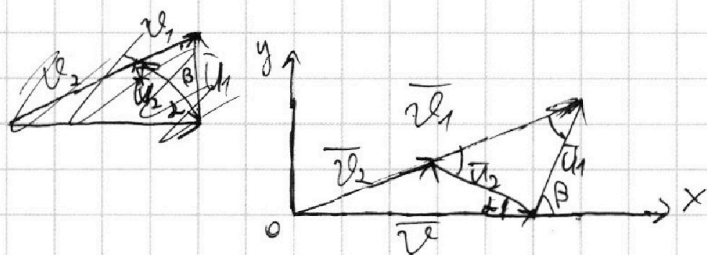
Пусть U - скорость течения относительно берега.

\vec{U}_1 в первом замысле и \vec{U}_2 во втором.

$$|\vec{U}_1| = |\vec{U}_2|$$

$$1) \quad v_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{\sqrt{90^2 + 120^2}}{100} = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{\sqrt{90^2 + 120^2}}{240} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$OY: \quad U \sin \alpha \cdot T_2 = d \quad U \sin \beta \cdot T_1 = d$$

$$OX: \quad (v - U \cos \alpha) T_2 = L \quad (v + U \cos \beta) T_1 = L$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

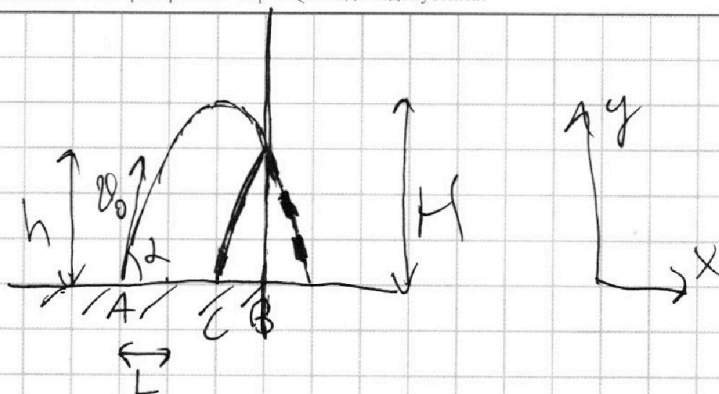
МФТИ

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



$$h = 5,4 \text{ м}$$

$$\frac{AB}{BC} = 3$$



$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$$

$$x = v_0 \cos \alpha t$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = v_0 \sin \alpha \frac{t}{2} - \frac{gt^2}{8}$$

~~$$h = v_0 \sin \alpha \frac{t}{4} - \frac{gt^2}{32}$$~~

~~$$h = v_0 \sin \alpha \frac{t}{4} - \frac{gt^2}{32}$$~~

$$\frac{H}{h} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{4}}{\frac{1}{4} - \frac{1}{16}} = \frac{2-1}{1-\frac{1}{4}}$$

$$\frac{H}{h} = \frac{4}{3}$$

$$1) H = \frac{4h}{3} = \frac{4 \cdot 5,4}{3} = 7,2 \text{ м}$$

~~$$H = \frac{2gt^2}{4} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{4H}{2g}}$$~~

~~$$t = \sqrt{\frac{4H}{2g}}$$~~

~~$$2) A = \frac{\sqrt{\frac{4H}{2g}}}{4} = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot 7,2}{2 \cdot 9,8}}}{4} = \frac{0}{40} = \frac{3}{20} = 0,15 \text{ с}$$~~

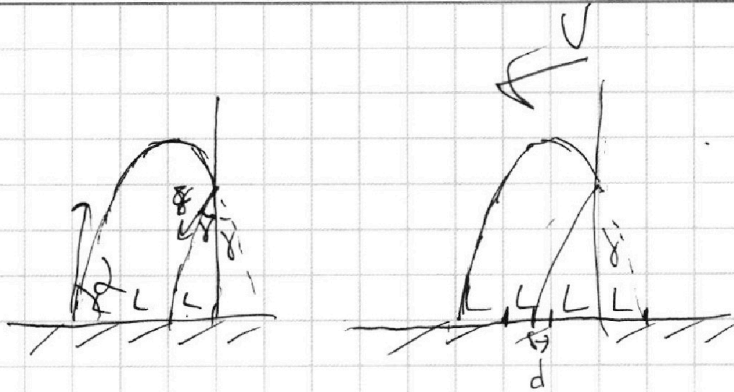
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$v_0 \cos \alpha \cdot t_1 = L$$

$$(v_0 \cos \alpha + U) t_1 = L + d$$

$$d = U t_1$$

~~$$U = \frac{d}{t_1} = \frac{7.8}{0.15} = \frac{\frac{9}{5}}{\frac{15}{20}} = \frac{9 \cdot 20}{5 \cdot 15} = 7.8 \cdot 4 = 31.2$$~~

$$H = \frac{gt^2}{2}$$

где t — время

~~$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7.2}{10}} = \sqrt{1.44} = 1.2$$~~

$$2) t_1 = \frac{L}{v_0 \cos \alpha} = \frac{7.8}{10} = 0.78$$

$$3) U = \frac{d}{t_1} = \frac{7.8}{0.6} = 13 \text{ м/с}$$

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!

$$mg(2L - \frac{L}{2} \sin \alpha) = N \cdot 2L \cos \alpha$$

$$N = \frac{mg(2 - \frac{\sin \alpha}{2})}{2 \cos \alpha} = \frac{50(2 - \frac{1}{4})}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{50 \cdot 1,75}{\sqrt{3}} =$$

$$= \frac{50 \cdot 1,75 \cdot \sqrt{3}}{3} = 20 \cdot 1,75 \cdot \sqrt{3} = 35\sqrt{3}$$

Из уравнения ОХ:

$$F_{\tau p} = mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$F_{\tau p} \leq \mu N$$

$$\mu \geq \frac{F_{\tau p}}{N} = \frac{mg \sin \alpha - T \overset{2T \cos \alpha}{\cancel{\cos \alpha}}}{N} = \frac{17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{35\sqrt{3}} =$$

$$= \frac{17,3}{70} = \frac{173}{700}$$

$$3) \mu \geq \frac{173}{700}$$

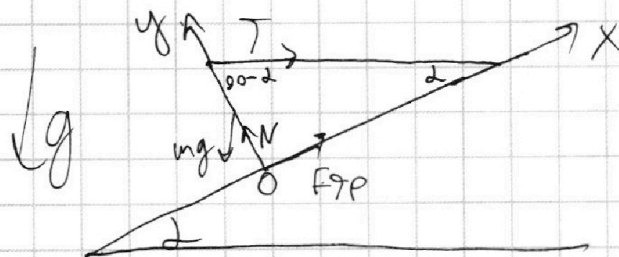
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\text{OX: } F_{\text{TP}} + T \cos \alpha - mg \sin \alpha = 0, \text{ т.к. } a_x = 0$$

$$\text{OY: } N - mg \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$$

Запишем уравнение моментов относительно точки O

$$\text{O} \quad mg \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin \alpha = T \cdot L \cos \alpha, \text{ где } L - \text{длина стержня}$$

$$1) \quad m = \frac{2T \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 1,73 \cdot 1,73 - \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \cdot \frac{1}{2}} = 3\sqrt{3} \approx 5,196 \text{ кг}$$

$$\approx 2 \cdot 1,73 \cdot 1,73 \approx 6 \text{ кг}$$

Запишем уравнение моментов относительно точки крепления нити к стержню

Крепление нити к стержню

$$mg \cdot \frac{L}{2} \sin \alpha = F_{\text{TP}} \cdot L$$

$$2) \quad F_{\text{TP}} = \frac{mg \sin \alpha}{2} = \frac{6 \cdot 10}{2} = 30 \text{ Н}$$

$$\text{O} \quad F_{\text{TP}} \leq \mu N$$

Запишем уравнение моментов относительно точки крепления нити к плоскости.

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 checked="" 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!

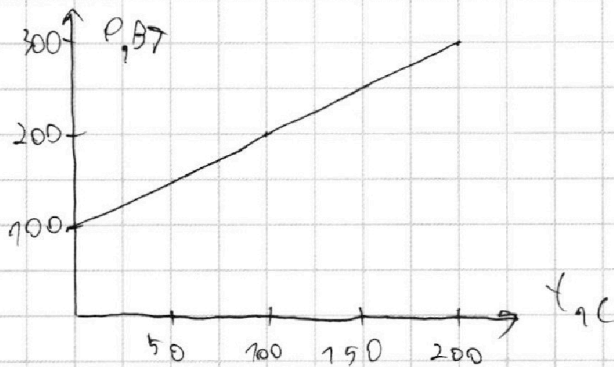
$$V = 1 \text{ л}$$

$$\tilde{t}_0 = 16^\circ \text{C}$$

$$T = 180^\circ \text{C}$$

$$R = 25 \Omega$$

$$U = 100 \text{ В}$$



$$1) P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{25} = 400 \text{ Вт}$$

$$2) c \cdot m \cdot (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) + \int_0^T P(t) dt = P_H \cdot T$$

$$4200 \cdot 1 \cdot (\tilde{t}_1 - 16) + 4200$$

$$m = \rho V = 0,001 \cdot 1000 = 1 \text{ кг}$$

$$4200 \cdot 1 \cdot (\tilde{t}_1 - 16) + \frac{100 + 300}{2} \cdot 180 = 400 \cdot 180$$

$$\tilde{t}_1 = 180 - \frac{180(400 - 100)}{4200} + 16^\circ \text{C}$$

$$2) \tilde{t}_1 = 9 + 16 = 25^\circ \text{C}$$

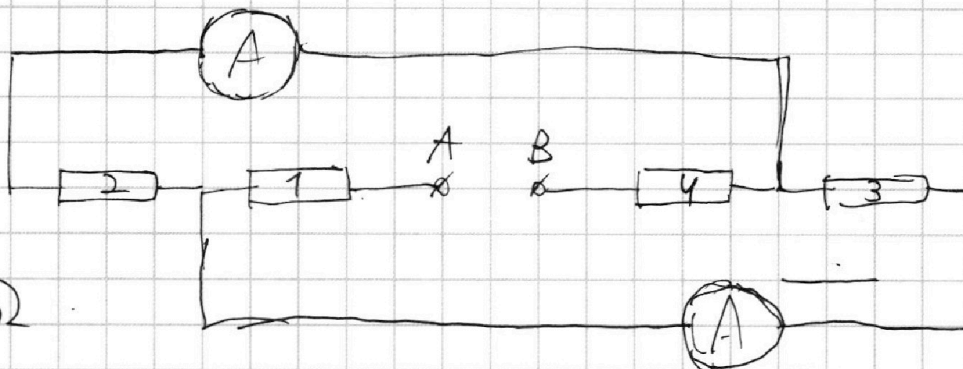
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>

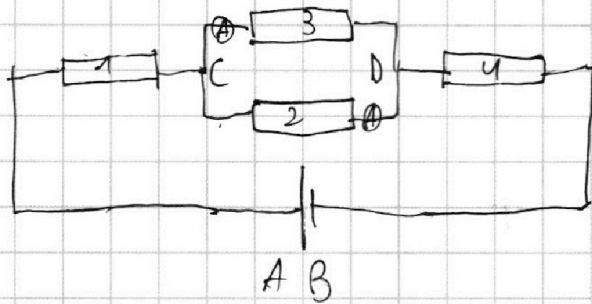
МФТИ

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



$$R = 30 \Omega$$

Пересмотрим эквивалентную схему



П.к. амперметры измеряют токи на
резисторах 2 и 3 и токи оказались равными,
резисторы 2 и 3 имеют различные сопротивления,
т.к. в противном случае в этих амперметрах
токи были бы одинаковы.

Соответственно токи резисторов 1 и 4 также
имеют различные сопротивления.

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!

$$I_2 = \frac{U_{сд}}{2R} \quad I_1 = \frac{U_{сд}}{R}$$

$$I_2 = \frac{I_1}{2} = \frac{2A}{2} = 1A$$

$P = I_0^2 \cdot r$, где I_0 — ток через источник
 r — эквивалентное сопротивление цепи

$$P = (I_1 + I_2)^2 \cdot \left(R + 2R + \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} \right) = 3^2 \left(30 + 60 + \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} \right) = 9 \cdot 110 = 990 \text{ Вт}$$

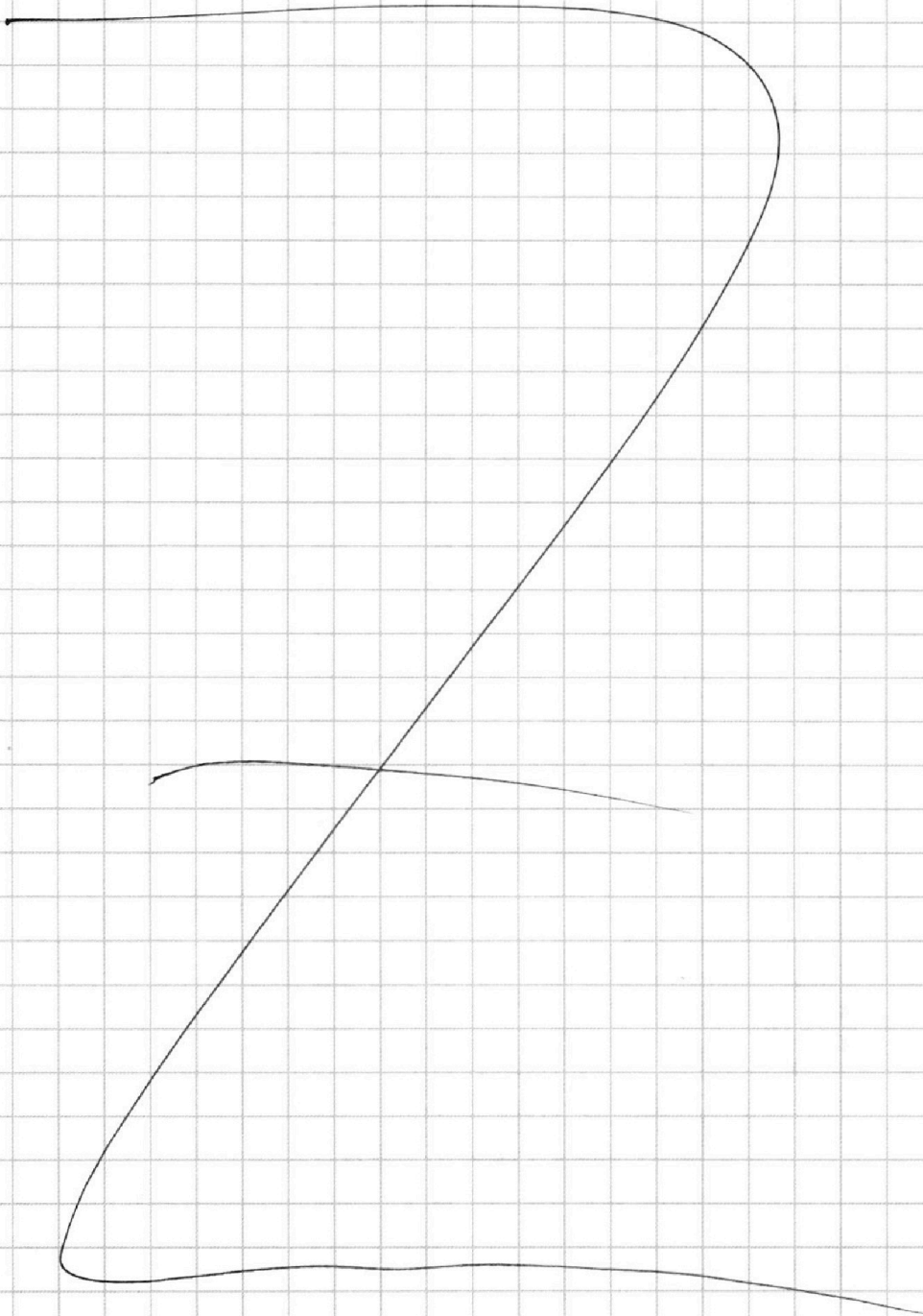
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!





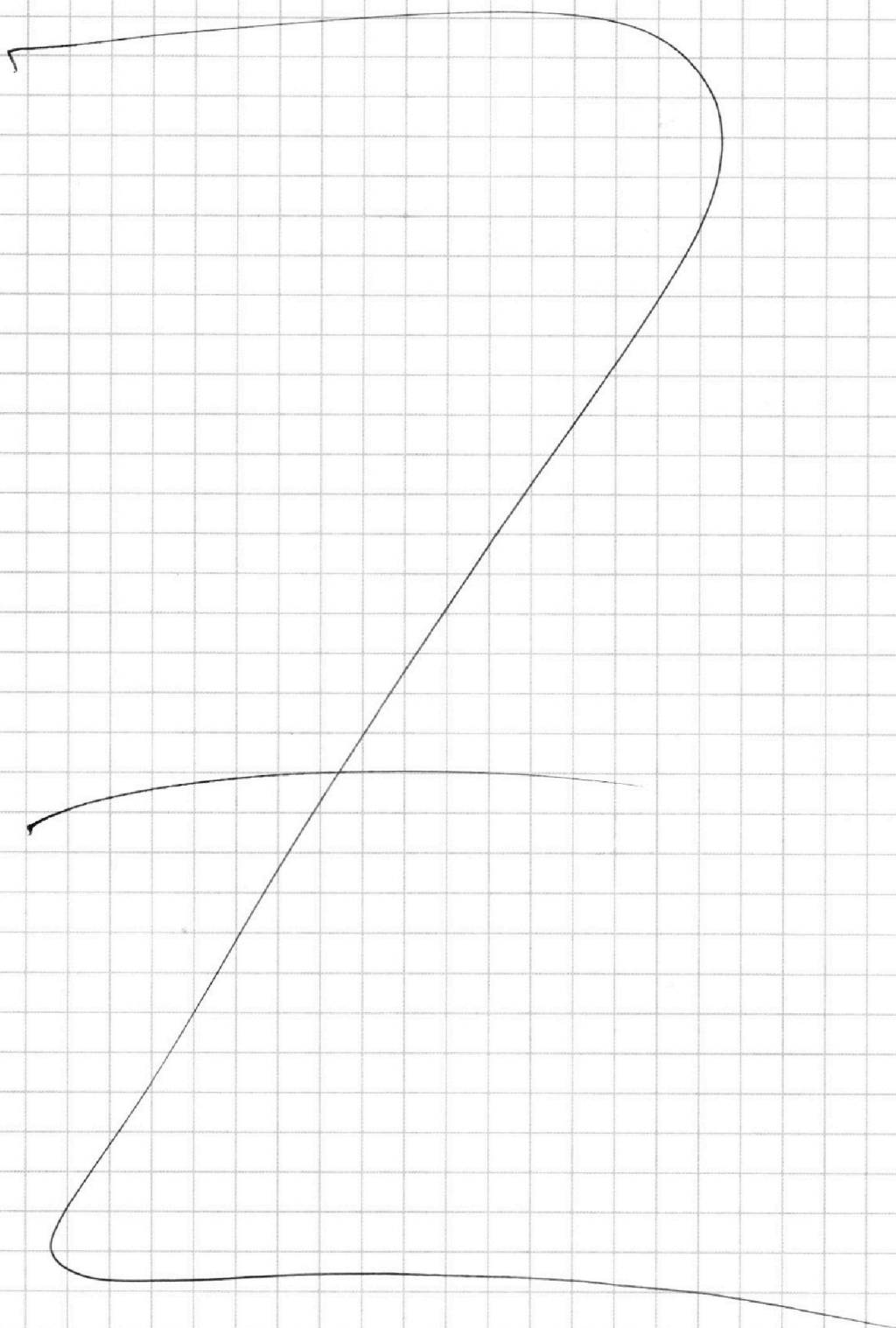
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



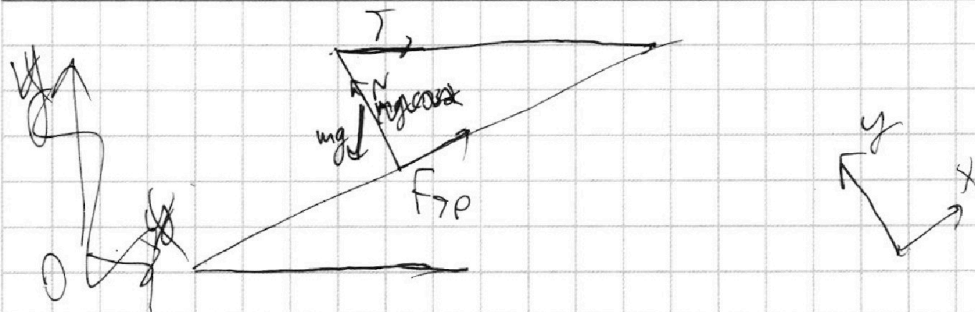
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

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



$$\textcircled{Y}: mg \cos \alpha - N - mg \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$$

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

$$mg \cdot \frac{L}{2} \sin \alpha = T \cdot L \cos \alpha \quad H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$m = \frac{T \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{2T \cos \alpha}{g \sin \alpha}$$

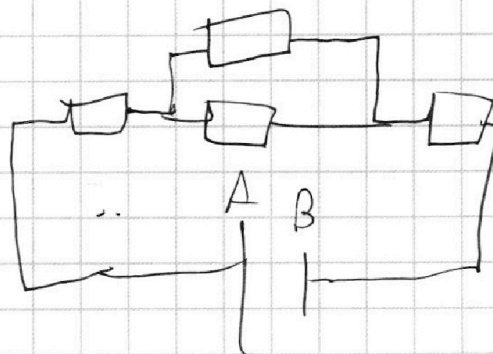
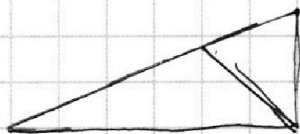
$$m = \frac{2 \cdot 17,3 \cdot 1,73}{10 \cdot \frac{1}{2}} = 4 \cdot 17,3 \cdot 1,73$$

$$\frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = 30 \left(\frac{1 \cdot 2}{1 + 2} \right) = 20$$

$$\sqrt{45 \cdot 2} = 3,5$$

$$P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{25} = 100 \cdot 4 = 400$$

$$\frac{90 \cdot 420}{4280} + 16$$



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

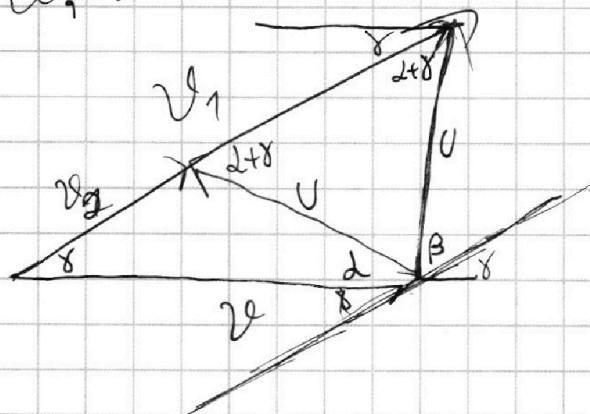
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$1,47 + 0,25 = 1,69$$

$$0,47 + 0,25$$

$$1,2$$



$$\begin{aligned}
 \beta - \gamma &= \alpha + \gamma \\
 \beta &= \alpha + 2\gamma \\
 \gamma &= \arcsin \frac{5}{13}
 \end{aligned}$$

$$\frac{v \sin \alpha}{v \sin \beta} = \frac{1,1}{1,2}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{10}{24} = \frac{5}{12}$$

$$\frac{v - u \cos \alpha}{v + u \cos \beta} = \frac{5}{12}$$

$$\frac{v - u \cos \alpha}{v + u \cos \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad \frac{0,5 \cdot 12}{5} = v + u \cos \beta$$

$$v \sin \beta - u \cos \alpha \sin \beta = v \sin \alpha + u \cos \beta \sin \alpha$$

$$v \sin \beta - v \sin \alpha = u (\cos \alpha \sin \beta + \cos \beta \sin \alpha)$$

$$v = \frac{u \cos \alpha \sin \beta + 0,5 \cos \alpha + 2,4 \cos \beta}{\sin \beta \sin \alpha}$$

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

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

$$v \cdot t_1 = L$$

$$v \cos \gamma \cdot t_1 = L$$

$$(v \cos \gamma + U) \cdot t_1 = L + d$$

$$H = \frac{g \cdot t^2}{8}$$

$$\frac{8 \cdot 72}{100} = \frac{26 \cdot 36}{100}$$

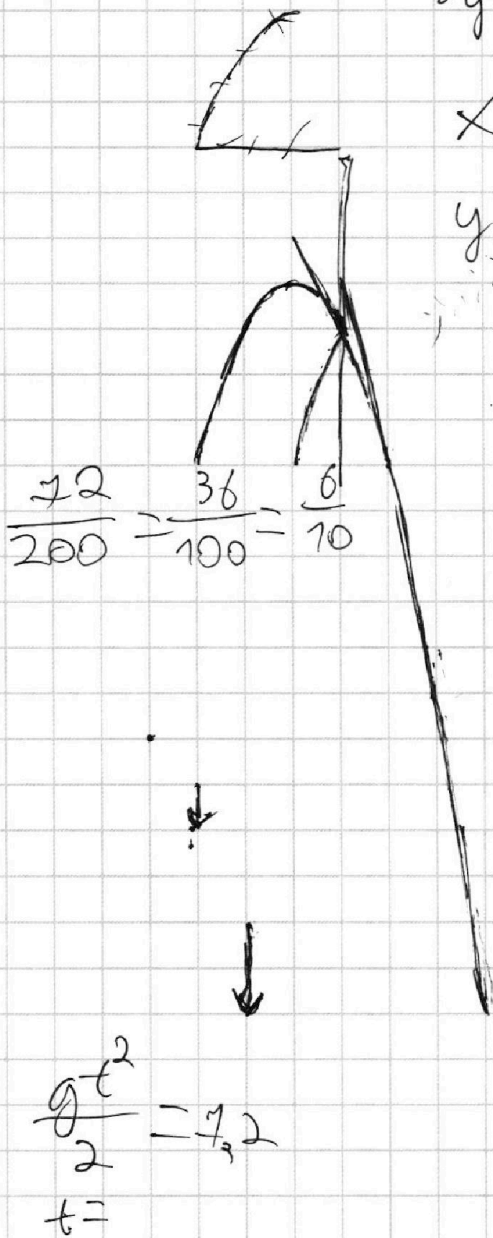
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\begin{aligned}
 v_x &= v_0 \cos \alpha & \frac{1}{2} &= \frac{1}{4} \\
 v_y &= v_0 \sin \alpha - g t & \frac{1}{4} &= \frac{1}{4} \\
 x &= v_0 \cos \alpha t & \frac{2}{1 - \frac{1}{4}} &= \frac{1}{\frac{3}{4}} = \frac{4}{3} \\
 y &= v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \\
 t &= \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \\
 y &= x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha \cdot 2} \\
 \text{при } y &= 3L \operatorname{tg} \alpha - \frac{10 \cdot 9L^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha \cdot 2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \\
 H &= v_0 \sin \alpha \frac{t}{2} - \frac{g t^2}{2} \\
 H &= v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \\
 \frac{H}{h} &= \frac{1}{3} \quad \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}}{v_0 \sin \alpha \frac{t}{2} - \frac{g t^2}{2}} \\
 \frac{v_0 \sin \alpha \cdot 2t - g t^2}{v_0 \sin \alpha \cdot 2t - g t^2}
 \end{aligned}$$