



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

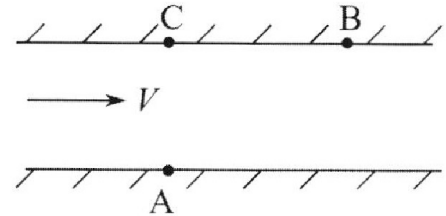
Вариант 09-02

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.

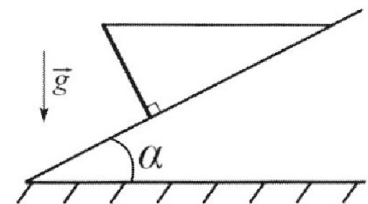
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 $\alpha = 30^\circ$.



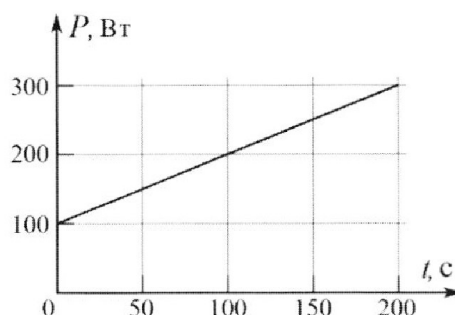
- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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.

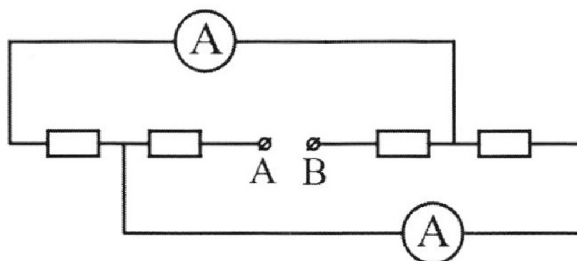
Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

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 A и B 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:



МФТИ

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

№1 продолжение

$$2V_{T_1 T_2} L - 2V_{T_1 T_2} L = +T_2^2 d^2 + T_1^2 d^2 + L^2 T_1^2 + L^2 T_2^2$$

$$V = \frac{(T_1^2 - T_2^2)(d^2 + L^2)}{2LT_1 T_2 (T_1 - T_2)}$$

$$V = \frac{(T_1^2 + T_2^2)(d^2 + L^2)}{2LT_1 T_2}$$

$$V = \frac{9842}{2880} \text{ мкс} \quad \frac{2873}{2880} \text{ м/с}$$

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

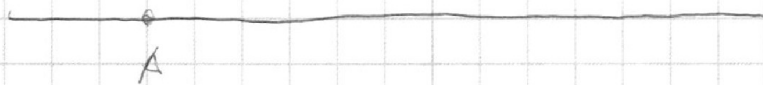
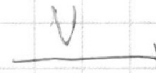
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

№ 1 *числовая*



Мы разложим скорости плывца на горизонтальную и вертикальную составляющие V_{1x}, V_{1y} и V_{2x}, V_{2y} соответственно

Задача 1

$$T_1 \cdot V_{1y} = d \rightarrow$$

$$VT_1 - T_1 \cdot V_{1x} = L$$

Задача 2

$$T_2 \cdot V_{2y} = d$$

$$VT_2 - V_{2x} T_2 = L$$

В CO, связанную с водой

$$(V_{1x} - V)^2 + (V_{2x} - V)^2 = V_{1y}^2 + V_{2y}^2$$

$$V_{1x}^2 = V_{2x}^2 = V_{1y}^2 = V_{2y}^2 = \left(\frac{d}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{d}{T_2}\right)^2$$

$$\frac{(VT_2 - L)^2}{T_1^2}$$

$$\frac{T_2^2 (V^2 T_1^2 + L^2 + 2VT_1 L) - T_1^2 (V^2 T_2^2 + L^2 + 2VT_2 L)}{T_1^2 + T_2^2} = \frac{T_2^2 d^2 - T_1^2 d^2}{T_1^2 T_2^2}$$



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

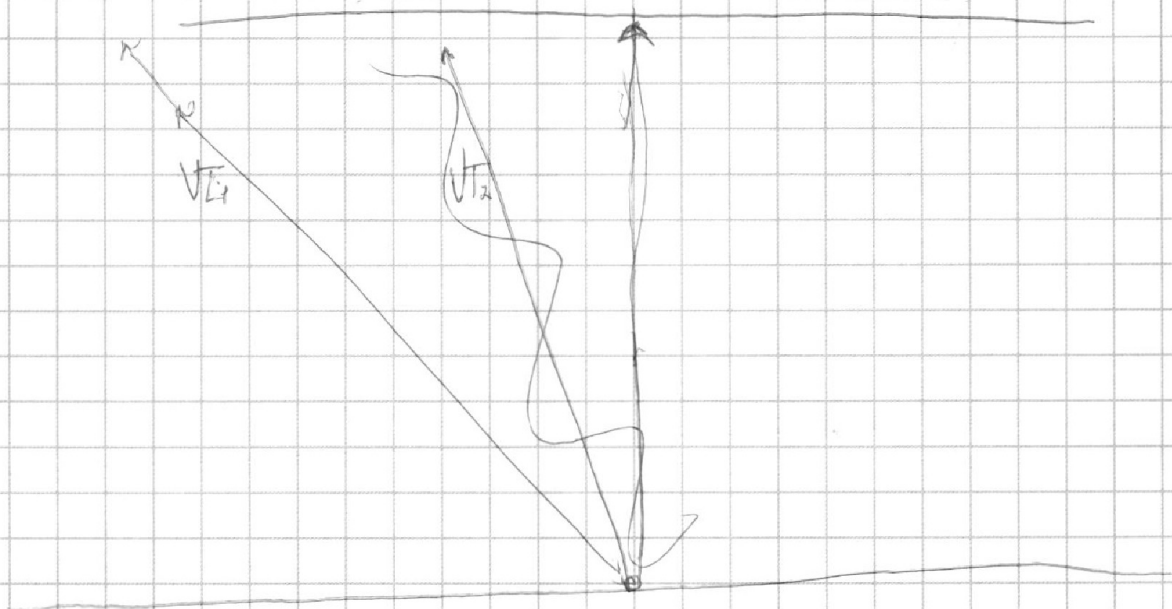
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

№ продолжение 2



$$V_{xT_1} - VT_1 = -L$$

$$V_{xT_2} - VT_2 = -L$$

$$V_{yT_1} = d$$

$$V_{yT_2} = d$$

$$V_{yT_1}^2 + V_{xT_1}^2 =$$

$$V_1^2 = V_{yT_1}^2 + (V_{xT_1} - V)^2 =$$
$$\left(\frac{d^2}{T_1^2}\right) + \left(\frac{L}{T_1}\right)^2$$

$$= \frac{16900}{100^2} \quad V_1 = \frac{13}{100} \text{ м/с}$$

$$V_2^2 = V_{yT_2}^2 + (V_{xT_2} - V)^2 = \frac{d^2 L^2}{T_2^4}$$

$$= \frac{16900}{240^2} \quad V_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

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!



из условия
2-й шаг под углом падает мяч
 V_0 - нач. ск.
 t_B - время до столкн.

тогда время до соуд

$$\frac{h}{\sin \alpha} = t_B \quad t_B = \frac{\sin \alpha V_0}{g}$$

$$\sin \alpha V_0 \frac{h}{g} = h + g \frac{36}{16} \frac{t_B^2}{2}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{\sin^2 \alpha V_0^2}{2g} = h$$

то

$$\frac{\sin^2 \alpha V_0^2}{2g}$$

$$\Rightarrow M = 7,2 \text{ м} \Rightarrow \sin \alpha V_0 = 12 \text{ м/с} \quad t_B = 0,6 \text{ с}$$

впр. $t_{\text{суд}}$ - от столкн. до соуд

$$t_{x_1} = \frac{h \sin \alpha V_0}{g} = 2,4 \text{ с} \quad t_1 = t_B - t_{\text{суд}}$$

$$\sin \alpha V_0 t_{\text{суд}} - g \frac{t_{\text{суд}}^2}{2} = h \quad \text{макс. } t_{\text{суд}} = t_B$$

$$t_{\text{суд}} = \frac{\sin \alpha V_0 + \sqrt{\sin^2 \alpha V_0^2 - 2gh}}{g}$$

$$t_1 = \frac{\sin \alpha V_0 - \sqrt{\sin^2 \alpha V_0^2 - 2gh}}{g} = 0,6 \text{ с}$$

$$(2U + V \cos \alpha) t_1 = d + V \cos \alpha t_1$$

$$d = \frac{d}{2t_1}$$

$$U = 1,5 \text{ м/с}$$

Ответ: а) $M = 7,2 \text{ м}$
б) $t_1 = 0,6 \text{ с}$
в) $U = 1,5 \text{ м/с}$



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

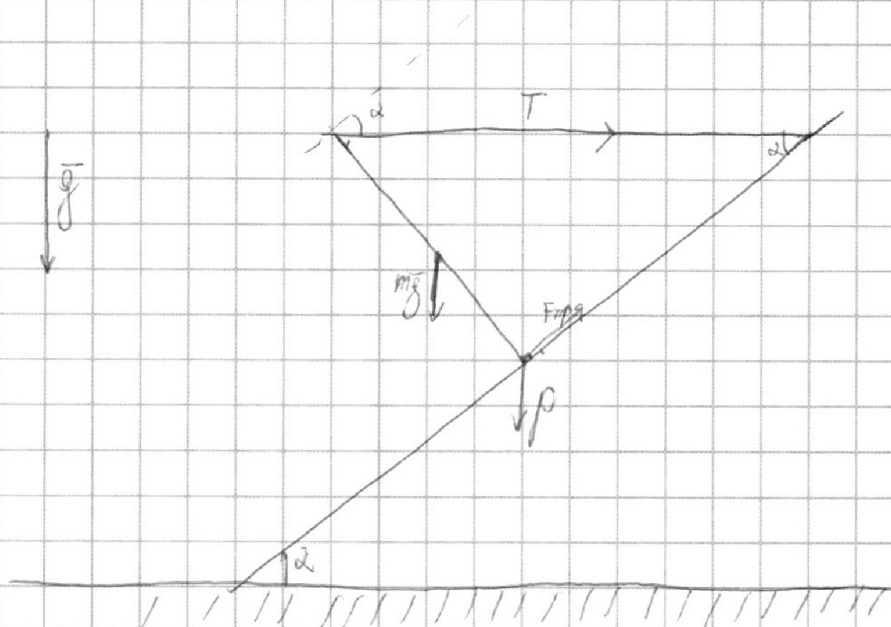
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

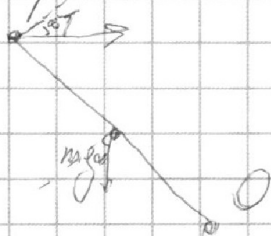
№3 черновик



2) Рассмотрим стержень как рычаг с центром
в центре масс. $T \cos \alpha = F_{np}$

$$F_{np} = \frac{17,3}{2} \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 8,65 \text{ Н}$$

1) Рассмотрим стержень в центре в точке касания
пл-сти и стержня



$$mg \cos \alpha = 2T \cos \alpha$$

$$m = \frac{2T}{g}$$

$$m = 3,46 \text{ кг}$$

Ответ: 1) $m = 3,46 \text{ кг}$
2) $F_{np} = 8,65 \text{ Н}$

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!



№4 чистовик

миллины

$P_H \rightarrow$ вычислим как среднее арифметическое внутренних напряжений на элемент и сопро

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

2) запишем баланс:

$$P_H \cdot T = P_{cp} T + c V_0 (\tilde{E}_1 - E_0)$$

P_{cp} - средняя мощность за граничное время от 0 до T

$$\frac{T(P_H - P_{cp}) + c V_0 E_0}{c \cdot V_0 \rho} = \tilde{E}_1$$

$$P_{cp} = \frac{P(T) - P_0}{2} = 90 \text{ Вт}$$

$$P(L) = 100 \text{ Вт}$$

$$29 \frac{2}{4} = \tilde{E}_1$$

Ответ: 1) $P_H = 400 \text{ Вт}$
2) $\tilde{E}_1 = 29 \frac{1}{4} \text{ °C}$

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!

№ 5 (продолжение)

числовик

Рассмотрим два случая

$$R_2 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 60 \text{ Ом}$$

и наоборот

сл. 1

$$I \cdot R_2 = \alpha$$

$$90 \text{ В} = \alpha \Rightarrow \beta = 150 \text{ В}$$

$$I \cdot R_3 = \epsilon - \beta$$

$$\beta + I R_2 = \epsilon$$

$$330 \text{ В} = \epsilon$$

$$P = 990 \text{ Вт} \quad (\epsilon - 0) \cdot I = 990 \text{ Вт}$$

"
 max
 на участке

сл. 2

$$I \cdot R_2 = \alpha$$

$$\alpha = 180 \text{ В} \Rightarrow \beta = 240 \text{ В}$$

$$\beta + I R_3 = \epsilon$$

$$\epsilon = 330 \Rightarrow P = 990 \text{ Вт}$$

Ответ: а) $I_2 = 1 \text{ А}$
б) $P = 990 \text{ Вт}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

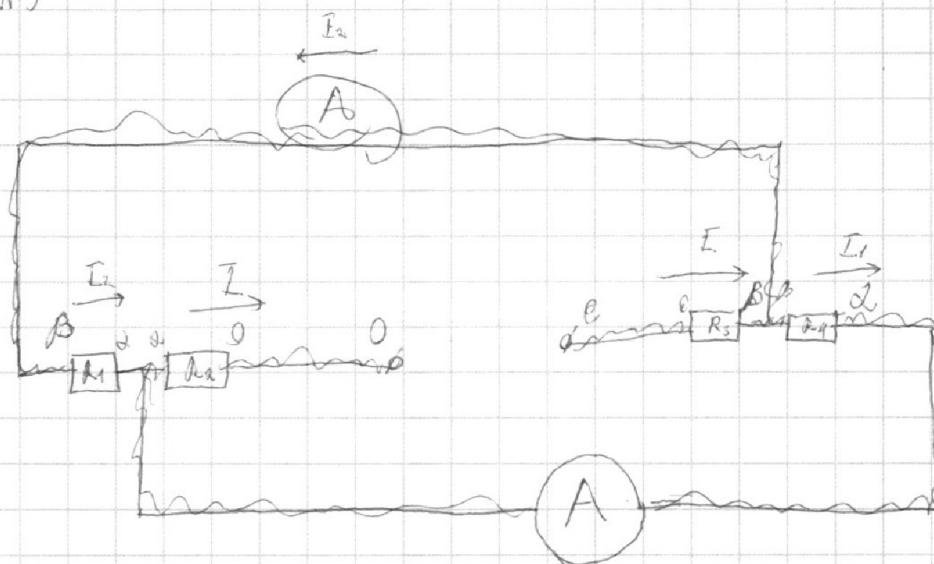
МФТИ

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



N5

настроек



Поставим потенциалы и выразим ток I_1

$$\begin{cases} I_2 = \frac{\beta - \alpha}{R_1} \\ I = \frac{\gamma - \beta}{R_3} \\ I = \frac{\alpha}{R_2} \\ I_1 = \frac{\beta - \alpha}{R_4} \end{cases}$$

$$I = I_1 + I_2$$

Будем считать, что I_1 на нижнем амперметре, в противном случае, решения и ответы будут аналогичны вплоть до замены переменных.

Получа $R_4 = 300 \Omega$ и $R_1 = 600 \Omega \Rightarrow \beta - \alpha = 60 \text{ В} \Rightarrow I_2 = \frac{60 \text{ В}}{600 \Omega}$

$$I_2 = 1 \text{ А}$$



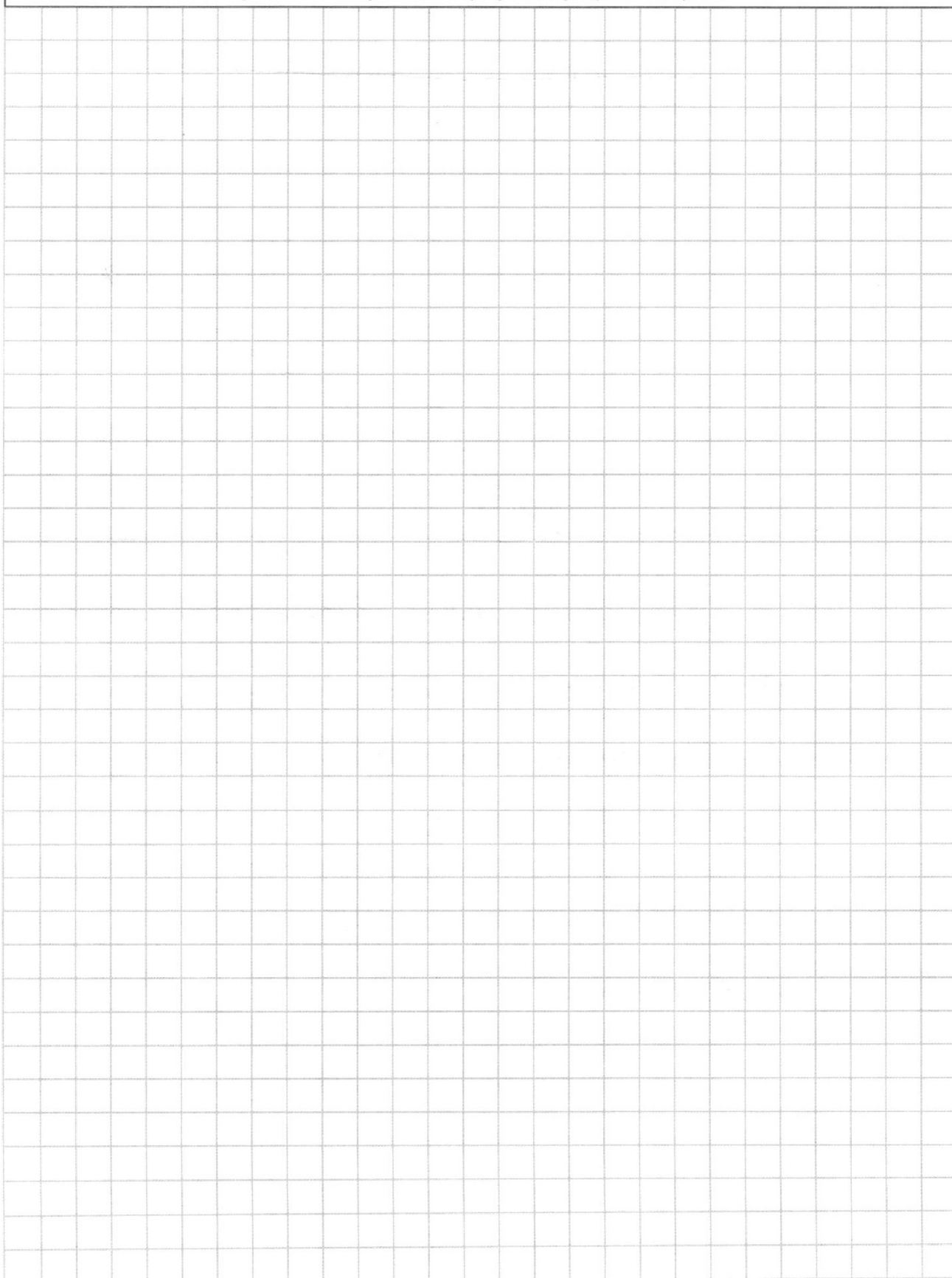
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





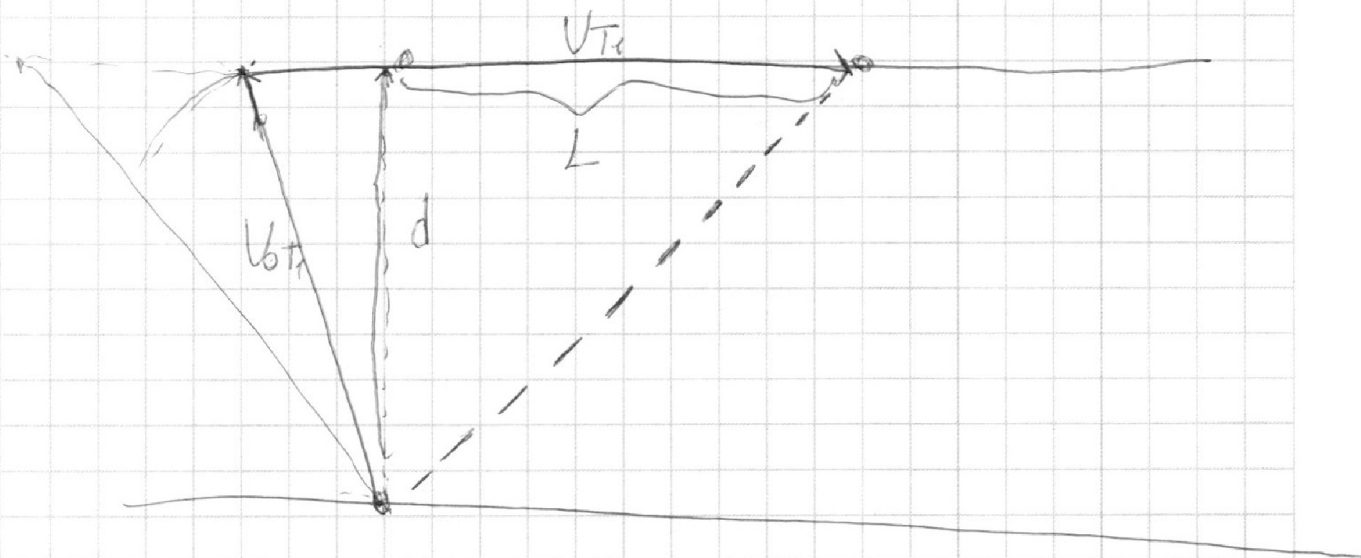
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$U = \frac{d}{T_1} + \frac{U_{Tx}}{1}$$

$$(U_{Tx} - U)T_1 = L$$

$$\frac{U - L}{T_2} = U_{Tx}$$

$$(U - U_{Tx})T_1 = L$$

$$(U - U_{Tx})T_2 = L$$

$$U = \frac{L + U_{Tx}T}{T_1}$$

$$U(T_1 - T_2) = U_{Tx}T_1 - U_{Tx}T_2$$

$$U_{Tx}^2 - U_{Tx}^2 = -U_{Ty}^2 + U_{Ty}^2 \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{U_{Tx}T_1 - U_{Tx}T_2}{T_1 - T_2} \frac{U_{Ty}}{U_{Ty}} = \frac{T_2}{T_1}$$

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!



№ задачи
 α - угол по которому тело летит в начале. V_0 - нач. скорость тела. t_0 - время до встречи с землей.
тогда время до соудр. со стеной $\frac{6}{4} t_0$ $t_0 = \frac{\sin \alpha V_0}{g}$ t_0 - время до встречи с землей
соотн $\sin \alpha V_0 \frac{6}{4} t_0 = h + g \frac{36}{16} \frac{t_0^2}{2}$

$$\frac{\sin^2 \alpha V_0^2}{32g} (48 - 36) = h$$

$$\frac{3}{4} \cdot \frac{\sin^2 \alpha V_0^2}{2g} = h, \text{ м}$$

$$\frac{\sin^2 \alpha V_0^2}{2g} = H \Rightarrow$$

$$H = 4,2 \text{ м} \Rightarrow \sin \alpha V_0 = 12 \text{ м/с} \quad t_0 - \text{полное время}$$

от старта до падения, $t_{\text{соуд}}$ время от старта до соударения со стеной

$$t_0 = \frac{2 \sin \alpha V_0}{g} = 2,4 \text{ с} \quad t_1 = t_0 - t_{\text{соуд}} \text{ найдем } t_{\text{соуд}} \text{ из } t_{\text{соуд}} > t_0$$

$$t_{\text{соуд}} \quad \sin \alpha V_0 t_{\text{соуд}} - g \frac{t_{\text{соуд}}^2}{2} = h \quad t_{\text{соуд}} = \frac{\sin \alpha V_0 + \sqrt{\sin^2 \alpha V_0^2 - 2gh}}{g}$$

$$t_1 = \frac{\sin \alpha V_0 - \sqrt{\sin^2 \alpha V_0^2 - 2gh}}{g} = 0,6 \text{ с}$$

тогда

$$(2U + V \cos \alpha) t_1 = d + V \cos \alpha t_1$$

$$2U = \frac{d}{t_1}$$

$$U = \frac{d}{2t_1}$$

$$U = 1,5 \text{ м/с}$$

Ответ: а) $H = 4,2 \text{ м}$
б) $t_1 = 0,6 \text{ с}$
в) $U = 1,5 \text{ м/с}$



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!

Знаем $t_{\text{полн}}$. $t_{\text{свгг}}$ находим из $V_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = h$

$$t_1 = t - t_{\text{свгг}}$$

✓

$$(u + V_0) t_{\text{свгг-земли}} = d + V \cos \alpha t_{\text{свгг-земли}}$$

$$\frac{g t^2}{2} - V_0 \sin \alpha t + h = 0$$

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha \pm \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{g}$$



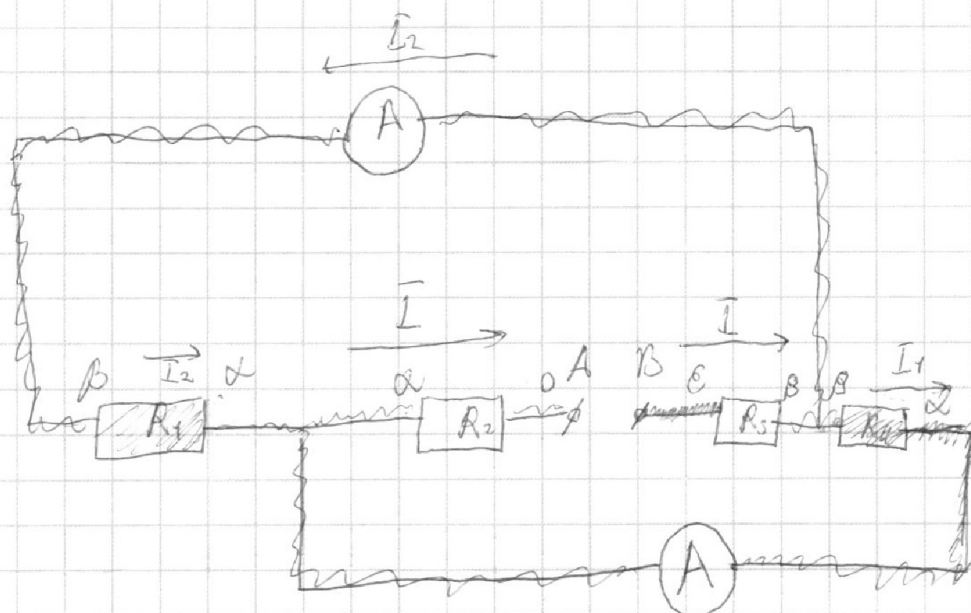
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$I = \frac{\alpha}{R_2}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{\beta - \alpha}{R_1} \\ I_3 &= \frac{\epsilon - \beta}{R_3} \\ I_4 &= \frac{\beta - \epsilon}{R_4} \end{aligned}$$

Будем считать $R_4 > R_1$

$\Rightarrow$ знаем $\beta - \alpha$

$\Rightarrow$ знаем вм. ток

$\Rightarrow$ знаем $I \Rightarrow$ зная R_2 и R_3 выражаем ϵ

$$I_1 + I_2 = \frac{\alpha}{R_2} = \frac{\epsilon - \beta}{R_3}$$

Решение



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!



$$p = \frac{U^2}{R}$$

$$P_{MT} = C_{\Delta T} - P_{pT}$$

$$\begin{array}{r} 4200 \\ \times 16 \\ \hline 25200 \\ 4200 \\ \hline 67200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 310 \\ \times 120 \\ \hline 24800 \\ 310 \\ \hline + 55800 \\ 67200 \\ \hline - 12300 \\ 840 \\ \hline - 390 \\ 378 \\ \hline 072 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 4200 \\ \hline 120 \overline{) 4200} \\ \underline{1200} \\ 3000 \\ \underline{2400} \\ 6000 \\ \underline{6000} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 42 \\ \times 8 \\ \hline 336 \\ + 420 \\ \hline 372 \end{array}$$



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!

