



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

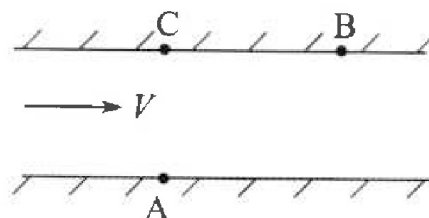
Вариант 09-02

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.

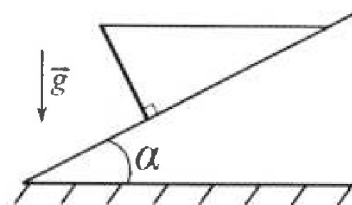
2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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

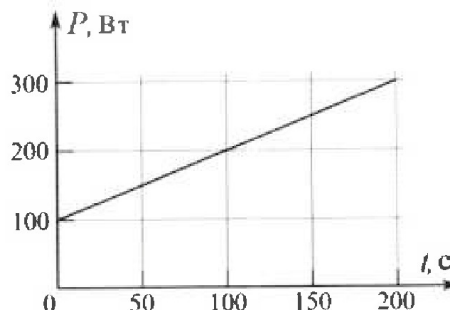
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

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 $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

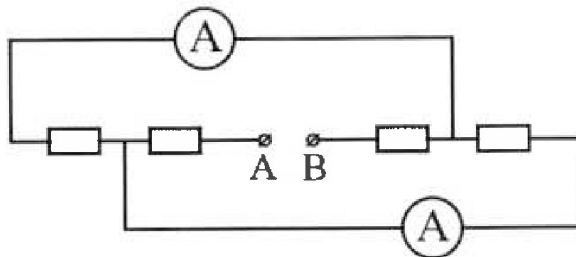


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам 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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

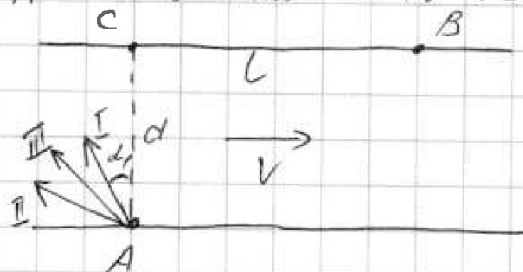
МФТИ

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

$$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = \sqrt{d^2 + L^2} \quad \text{по т. Пифагора}$$

$$AB = \sqrt{50^2 + 120^2} = 10 \sqrt{5^2 + 12^2} = 10 \cdot 13 = 130 \text{ м}$$

Задача №1



u - скорость лодки относительно воды

~~I закон~~
 ~~$u \cos \alpha_1 T_1 = d$~~
 ~~$(V - u \sin \alpha_1) T_1 = L$~~

I закон
 $u \cos \alpha_1 T_1 = d$
 $(V - u \sin \alpha_1) T_1 = L$
II закон
 $u \cos \alpha_2 T_2 = d$
 $(V - u \sin \alpha_2) T_2 = L$

I закон
 $u \cos \alpha_1 = \frac{d}{T_1}$
 $V - u \sin \alpha_1 = \frac{L}{T_1}$
II закон
 $u \cos \alpha_2 = \frac{d}{T_2}$
 $V - u \sin \alpha_2 = \frac{L}{T_2}$

Заметим, что относительно земли (лабораторной системы отсчета) лодку перемещают на $AB = 130 \text{ м}$

$$V_1 = \frac{AB}{T_1} \Rightarrow V_1 = \frac{130}{100} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{AB}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} = 0,542 \text{ м/с}$$

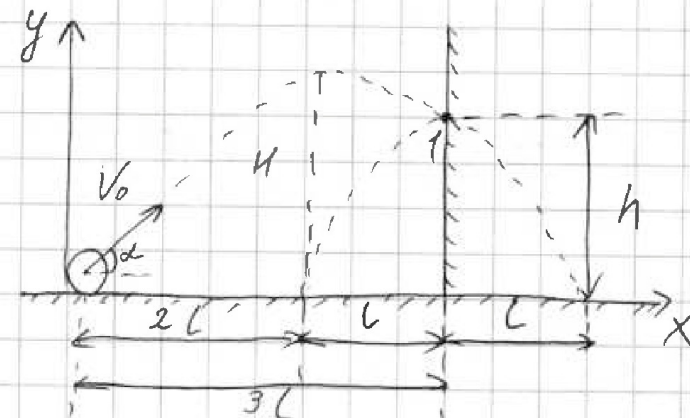
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 №2

V_0 - начальная скорость

Заметим, что т.к. удар был абсолютно упругим, то и траектория, по которой мяч летел после отскока будет симметрична изначальной.

$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha$$

T - все время движения

$$T = \frac{4L}{V_x} = \frac{4L}{V_0 \cos \alpha} \quad T = \frac{V_y}{g} \cdot 2 = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$2 V_0^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = 4Lg \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{2Lg}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}}$$

$$H = V_y \cdot \frac{1}{2} T - \frac{gT^2}{8} = \frac{1}{2} V_0 \sin \alpha T - \frac{gT^2}{8} = \frac{4L \cdot V_0 \sin \alpha}{V_0 \cos \alpha \cdot 2} - \frac{g \cdot \sin^2 \alpha \cdot 2Lg}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot g^2} = 2L \operatorname{tg} \alpha - L \operatorname{tg} \alpha = L \operatorname{tg} \alpha$$

Рассмотрим процесс падения с максимальной высотой

$$t = \frac{1}{4} T$$

$$H - h = \frac{gt^2}{2} = \frac{gT^2}{32} \Rightarrow \frac{gt^2}{2} = H - h$$

$$h = gt \cdot t + \frac{gt^2}{2} = \frac{3}{2} gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{3g}}$$

$$h = 3(H - h)$$

$$3H = 4h$$

$$H = \frac{4}{3} h \Rightarrow H = \frac{4}{3} \cdot 5,4 = 4 \cdot 1,8 = 7,2 \text{ м}; H = 7,2 \text{ м}$$

т.к. $V_x = \cos \alpha t \Rightarrow$ каждый участок L проходит за одинаковые промежутки времени t

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

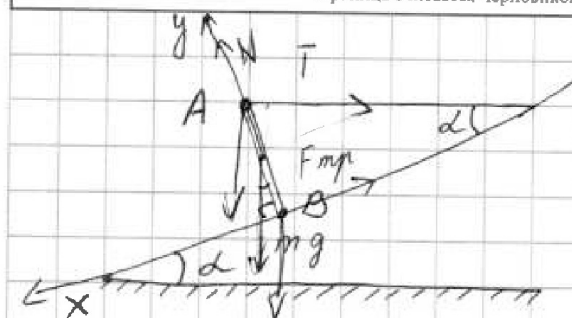
$$T = 17,3 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\cos 30^\circ = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

П.к. тело находится в
равновесии, все его т.
находится в равновесии



$$F_{mp} = \mu N$$

$$x: mg \cdot \sin \alpha = F_{mp} + T \cdot \cos \alpha$$

$$y: mg \cdot \cos \alpha + T \sin \alpha = N$$

$$mg \sin \alpha = \mu N + T \cos \alpha$$

$$mg \cos \alpha + T \sin \alpha = N$$

Для м. А

$$mg \sin \alpha = T \cdot \cos \alpha$$

$$m = \frac{T \cos \alpha}{g \sin \alpha} \Rightarrow m = \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 10} = 1,73 \cdot \sqrt{3} = 3 \text{ кг}$$

Для м. В

$$F_{mp} = mg \cdot \sin \alpha$$

$$F_{mp} = 15 \text{ Н}$$

$\mu_{\min} N = F_{mp}$ т.к. $\mu \geq \mu_{\min}$ равновесие (покой)
будет сохраняться

$$N = mg \cos \alpha$$

$$\mu_{\min} = \frac{F_{mp}}{N} = \frac{mg \sin \alpha}{mg \cos \alpha} = \tan \alpha$$

$$\mu_{\min} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \mu \geq \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Ответ: 1) $m = 3 \text{ кг}$

2) $F_{mp} = 15 \text{ Н}$

3) $\mu \geq \frac{1}{\sqrt{3}}$

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_H - мощность нагревателя

Задача № 4

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

$$V = 1 \text{ л} \Rightarrow M (\text{масса воды}) = V \rho \Rightarrow M = 1 \text{ кг}$$

$$T = 180^\circ \text{С}$$

Заметим, что график $P(T)$ является линейным $\Rightarrow$
он имеет вид: $y = kx + b$

$$\begin{cases} 100 = 0 \cdot k + b \\ 300 = 200k + b \end{cases}$$

$$b = 100$$

$$k = 1$$

$$y = x + 100$$

тогда в момент времени T , $P(T) = 280 \text{ Вт}$

Для нахождения тепла теплопотерь (Q_3) найдем
площадь под графиком

$$Q_3 = \frac{100 + 280}{2} \cdot 180 = 190 \cdot 180 \text{ Дж} \quad Q_3 = \frac{P_0 + P(T)}{2} \cdot T$$

Q_1 - тепло от нагревателя

Q_2 - тепло на нагрев воды

$$Q_1 = P_H T$$

$$Q_2 = CM \cdot (t_1 - t_0)$$

$Q_1 = Q_2 + Q_3$ - условие теплового баланса

$$P_H T = \frac{P_0 + P(T)}{2} \cdot T + CM(t_1 - t_0)$$

$$T \left(\frac{2P_H - P_0 - P(T)}{2} \right) = CM(t_1 - t_0)$$

$$t_1 - t_0 = \frac{T(2P_H - P_0 - P(T))}{2CM} \Rightarrow t_1 = t_0 + \frac{T(2P_H - P_0 - P(T))}{2CM}$$

$$t_1 = 25^\circ \text{С}$$

Ответ: 1) $P_H = 400 \text{ Вт}$

2) $t_1 = 25^\circ \text{С}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

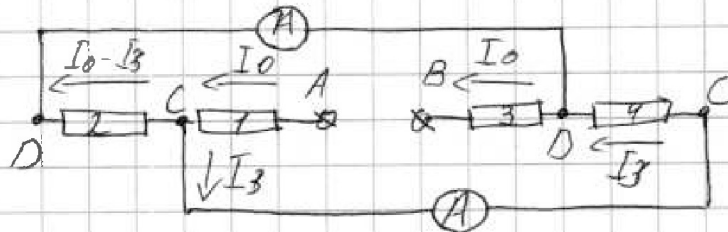
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

МФТИ

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

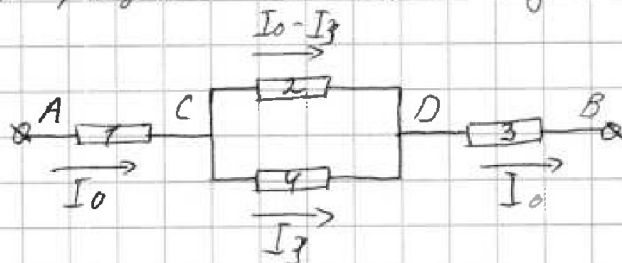


Задача № 5



$R = 60 \text{ Ом}$
 $r = 30 \text{ Ом}$

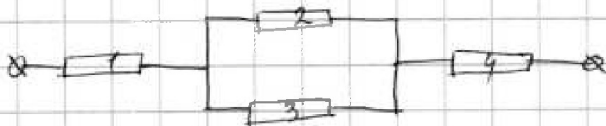
П.к. амперметр не имеет сопротивления $\Rightarrow$ он будет
 переключателем $\Rightarrow$ на концах будут т. равного потенциала
 (отмечены одинаковыми буквами)
 Изобразим эквивалентную схему



П.к. резисторы 2 и 4 соединены параллельно
 $(I_0 - I_3)R_2 = R_4 \cdot I_3$

Заметим, что I_3 и $(I_0 - I_3)$ показатели токов на
 амперметрах $\Rightarrow$ если один из них равен $I_1 = 2 \text{ А}$,
 то другой должен быть меньше него, а т.к. отно-
 шение сопротивлений равно 2 $\Rightarrow$ и второй ток
 меньше первого в 2 раза, т.е. $I_2 = \frac{1}{2} I_1$

$$I_2 = 1 \text{ А}$$



П.к. 2 и 3 имеют разные сопротивления $\Rightarrow$
 R_0 - эквивалентное сопротивление

$$R_0 = R + r + \frac{Rr}{R+r} \quad R_0 = 110 \text{ Ом}$$

Заметим, что в не зависимости от того, где течет
 ток I_1 , а где I_2 получим, что $I_0 = 3 \text{ А} \Rightarrow P = I_0^2 R_0 = 990 \text{ Вт}$
 Ответ: 1) $I_2 = 1 \text{ А}$ 2) $P = 990 \text{ Вт}$



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!

[Handwritten signature]

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

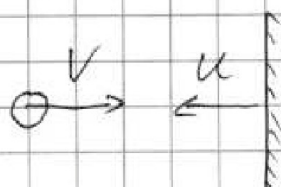
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 5,4}{3 \cdot 10}} = 0,6 \text{ с} \Rightarrow t_1 = t = 0,6 \text{ с}$$

Рассмотрим момент абсолютно упругого соударения



В со стенкой

$$V' = V + u \quad (\text{после отскока})$$

В со землей

$$V'' = V' + u = V + 2u \quad (\text{после отскока})$$

В изначальной задаче:

$$V_x' = V_1 + 2u, \text{ где } u - \text{ скорость стенки}$$

$$V_x = V_1$$

$$\Delta V = 2u$$

$$\Delta V t = d \Rightarrow \Delta V = \frac{d}{t} \Rightarrow u = \frac{d}{2t}$$

$$u = 1,5 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $H = 7,2 \text{ м}$

2) $t_1 = 0,6 \text{ с}$

3) $u = 1,5 \text{ м/с}$



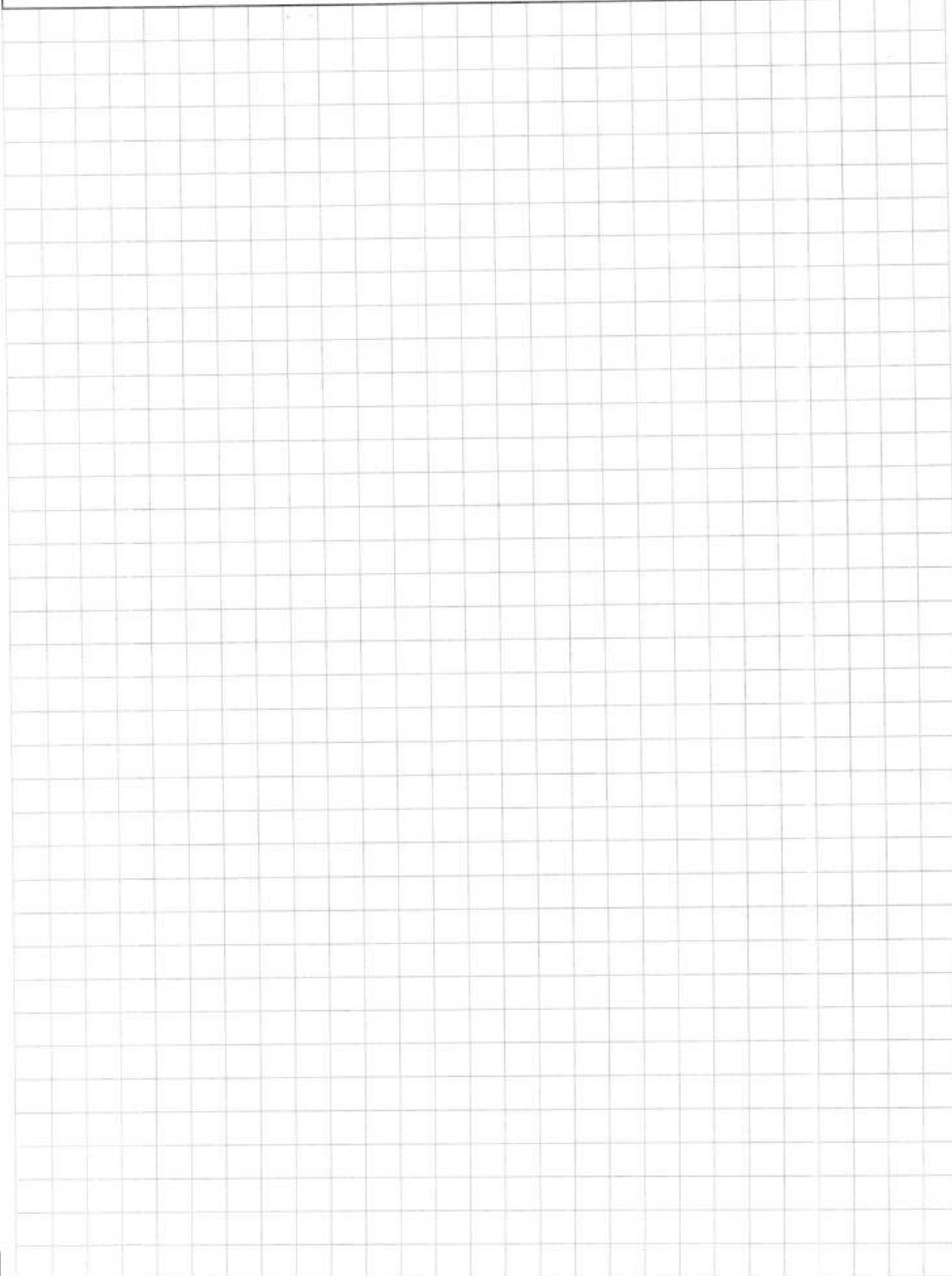
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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!

Черновик

$$\frac{g \tilde{r}^2}{8} = \frac{g \cdot 4 \sin^2 \alpha \cdot V_0^2}{3 g^2} = \frac{g \sin^2 \alpha \cdot V_0^2}{2 g^2} =$$

$$= \frac{g \sin^2 \alpha \cdot 2 l g}{2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \frac{l g^2 \sin \alpha}{g \cos \alpha} =$$

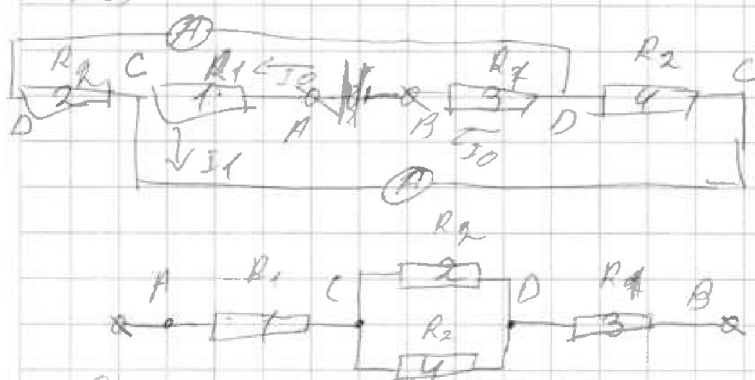
$$16 = \frac{180 \cdot (400 \cdot 2 - 100 - 280)}{2 \cdot 4200 \cdot 1} = \frac{180 \cdot 420}{2 \cdot 4200} + 16 =$$

$$800 - 380 = 420$$

$$\frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_1} = \frac{u \cos \alpha_2}{u \cos \alpha_1} = \frac{d \cdot T_1}{T_2 \cdot d} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{10}{2.4} =$$

$$\textcircled{E} \quad \frac{18}{2} + 16 = 9 + 16 = 25 = \frac{5}{12}$$

Jo Jr



$$\begin{array}{r} \times 1.73 \\ 1.73 \\ \hline 519 \\ 12 \quad 11 \\ 14 \quad 3 \\ \hline 29829 \end{array}$$

$$\textcircled{E} \quad I_1 R_1 + I_2 R_2 = (I_1 - I_0) R_1$$

$$\frac{d}{T_1} = \frac{50}{100} = 0.5 \quad \frac{L}{T_1} = \frac{120}{100} = 1.2$$

$$\frac{d}{T_2} = \frac{50}{240} \approx 0.208 \quad \frac{L}{T_2} = \frac{120}{240} = 0.5$$

$$\begin{array}{r} 5 \overline{) 24} \\ 0 \overline{) 0.208} \\ 50 \\ \hline 482 \\ 200 \\ \hline 192 \\ 80 \end{array} \quad \begin{array}{r} 13 \\ 24 \\ \times 8 \\ \hline 192 \end{array}$$

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!

$$13 \overline{) 24}$$

$$0 \ 10,5 \ 4 \ 16 \ 66 \ 66 \ 66$$

$$130$$

$$120$$

$$900$$

$$96$$

$$40$$

$$24$$

$$160$$

$$144$$

$$16$$

$$\begin{cases} u \cos \alpha_1 = 0,5 \rightarrow \cos \alpha_1 = \frac{0,5}{u} \\ V - u \sin \alpha_1 = 1,3 \end{cases}$$

$$\sin \alpha_1 = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_1}$$

$$V - u \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{0,5}{u}\right)^2} = V - u \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{4u^2}} =$$

$$= V - u \sqrt{\frac{4u^2 - 1}{4u^2}} = V - \frac{1}{2} \sqrt{4u^2 - 1}$$

$$2V - \sqrt{4u^2 - 1} = 2,6$$

$$2V - 2,6 = \sqrt{4u^2 - 1}$$

$$4u^2 - 1 =$$

$$60 + 30 = \frac{60 \cdot 30}{60 + 30} = 90 + \frac{1800}{90} = 90 + 20 = 110$$

Емк

$$I_0 - I_3 = 1$$

$$I_3 = 2$$

$$I_0 = 3$$

$$P = U \cdot I = I^2 R$$

$$I_0 - I_3 = 2$$

$$I_3 = 1$$

$$I_0 = 3$$

$$+3$$

$$\times 1,8$$

$$4$$

$$92$$

$$1$$

$$2 \cdot 1,8 = 3,6$$

$$3,6 : 10 = 0,36$$

$$\times 0,6$$

$$0,6$$

$$3,6$$

$$1$$

$$43^2 - 3^2 = 110 = 990 \text{ Вт}$$

$$\frac{1,8}{2 \cdot 0,6} = \frac{18}{2 \cdot 6} = \frac{3}{2} = 1,5$$

