



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

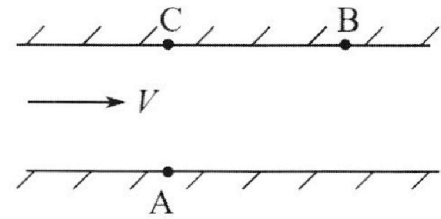
Вариант 09-02

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.

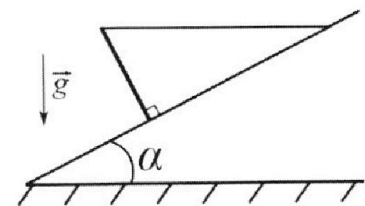
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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>.

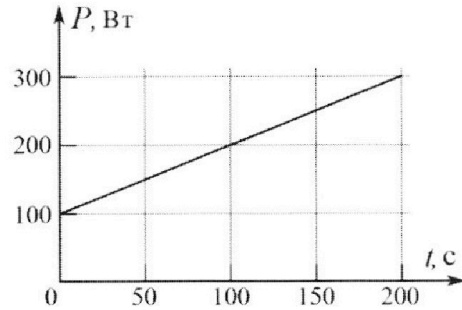
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

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.

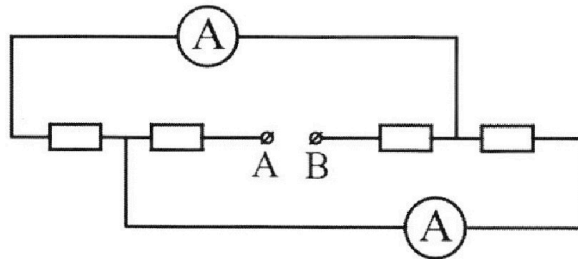
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).

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?



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

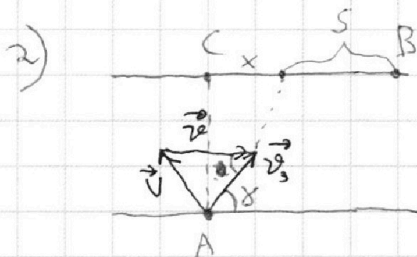
**МФТИ**

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

N1 (продолжение)

$$\Rightarrow v = \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\left(\frac{13}{10} + \frac{13}{24}\right) \text{ м/с}}{2 \cdot \frac{12}{13}} = \frac{13 \cdot \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{24}\right) \cdot 13}{2 \cdot 12} =$$
$$= \frac{13^2 \cdot 17}{2 \cdot 12^2 \cdot 10} = \frac{169 \cdot 17}{2880} = \frac{2873}{2880} \text{ м/с}$$

$\frac{12+5}{120}$   
 $\begin{array}{r} 46 \\ \times 169 \\ \hline + 11883 \\ \hline 169 \\ \hline 2873 \end{array}$



$$\operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) = \frac{x}{d} = \operatorname{ctg} \alpha$$

$$\Rightarrow x = d \operatorname{ctg} \alpha$$

т.к.  $x$  - min, то  $\operatorname{ctg} \alpha$  - min

по Т. косинусов:

$$\begin{cases} v^2 = v_2^2 + v_3^2 - 2v_2v_3 \cos \alpha \\ v^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha \end{cases}$$

Ответ:  $v_1 = 1,3 \text{ м/с}$      $v_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$      $v = \frac{2873}{2880} \text{ м/с}$

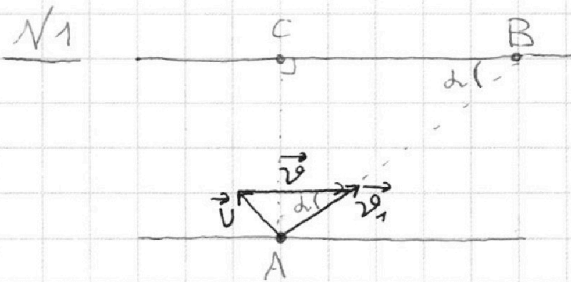
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\left. \begin{aligned} AC = d = 50 \text{ м} \\ CB = L = 120 \text{ м} \\ T_1 = 100 \text{ с} \\ T_2 = 240 \text{ с} \\ v_1 - ? \\ v_2 - ? \\ S - ? \end{aligned} \right\}$$

По Т. Пифагора:

$$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = \sqrt{(50 \text{ м})^2 + (120 \text{ м})^2} = 130 \text{ м}$$

$$l = AB = 130 \text{ м}$$

$$1) \cos d = \frac{BC}{AB} = \frac{120 \text{ м}}{130 \text{ м}} = \frac{12}{13}$$

$$\left. \begin{aligned} \vec{v}_1 &= \vec{V} + \vec{v} \\ \vec{v}_2 &= \vec{V} + \vec{v} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{где } V, v - \text{const (по ум.)} \\ &d - \text{const (т.к. мостов гребетя прямым-} \\ &\quad \text{нейно в направлении к т. В всегда)} \end{aligned}$$

$\Rightarrow$  по Т. кос.:

$$\left\{ \begin{aligned} V^2 &= v^2 + v_1^2 - 2vv_1 \cos d \\ V^2 &= v^2 + v_2^2 - 2vv_2 \cos d \end{aligned} \right. \quad | - \quad | \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1^2 - v_2^2 - 2v \cos d (v_1 - v_2) = 0$$

$$(v_1 - v_2)(v_1 + v_2) - 2v \cos d (v_1 - v_2) = 0 \quad | : (v_1 - v_2) \neq 0$$

$$v_1 + v_2 - 2v \cos d = 0$$

т.к.  $v_1 \neq v_2$   
т.к.  $T_1 \neq T_2$

$$\text{где } v_1 = \frac{l}{T_1} = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = \underline{\underline{1,3 \text{ м/с}}} = \frac{13}{10} \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{l}{T_2} = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \underline{\underline{\frac{13}{24} \text{ м/с}}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



N2

$h = 5,4 \text{ м}$

$l_1 = 3l_2$

$d = 1,8 \text{ м}$

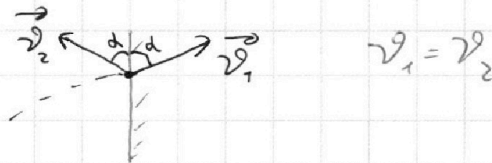
$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$H = ?$

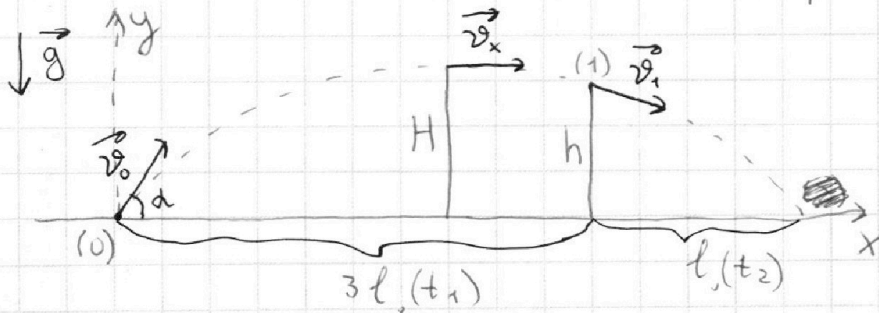
~~...~~  
 $t_2 = ?$

$V = ?$

При абсолютно упругом ударе о стоящую стенку скорость <sup>тела</sup> сохраняется по модулю, а по ~~направле-~~ направлению скорости зеркально отражается.



$\Rightarrow$  мы можем „отобразить“ часть траектории мяча после столкновения со стенкой зеркально и получим траекторию мяча, брос. под углом к горизонту.



$v_x = v_0 \cos \alpha, v_x = \text{const} \Rightarrow l = v_x t \Rightarrow \text{т.к. } \frac{l_1}{l_2} = 3 \Rightarrow \frac{t_1}{t_2} = 3$

~~... на высоте h ... после столкновения со стеной ... формулы ...~~

Пусть  $t_2 = t$ , то  $t_1 = 3t$ , то  $t_0 = 4t$

~~...~~

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!



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

$\sqrt{2}$  (программа)

$$1) y: H = v_0 \sin d \cdot \frac{t_0}{2} - \frac{g(t_0/2)^2}{2} = v_0 \sin d \cdot \frac{t_0}{2} - \frac{g t_0^2}{8} = \frac{g t_0^2}{4} - \frac{g t_0^2}{8} = \frac{g t_0^2}{8}$$

$$0 = v_0 \sin d - g \frac{t_0}{2} \Rightarrow v_0 \sin d = \frac{g t_0}{2} = \frac{g(4t)^2}{8} = 2gt^2$$

$$2) y: h = v_0 \sin d t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{g t_0^2 t_1}{2} - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{g \cdot 4t \cdot 3t}{2} - \frac{g(3t)^2}{2} = 1,5g t^2$$

$$v_0 \sin d = \frac{g t_0}{2} \quad (n.1)$$

$$\Rightarrow \frac{H}{h} = \frac{2g t^2}{1,5g t^2} = \frac{4}{3} \Rightarrow H = \frac{4}{3} h = \frac{4}{3} \cdot 5,4 \text{ м} = \underline{\underline{7,2 \text{ м}}}$$

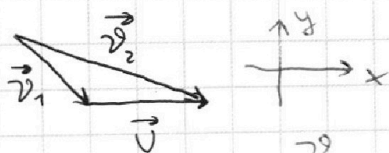
~~...~~  $h = 1,5g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{h}{1,5g}}$

$$\Rightarrow t_0 = 4t = 4 \sqrt{\frac{h}{1,5g}} = \sqrt{\frac{h \cdot 16}{1,5g}} = \sqrt{\frac{5,4 \text{ м} \cdot 16}{1,5 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = 4 \sqrt{\frac{5,4}{1,5 \cdot 10}}$$

$$= 4 \sqrt{\frac{5,4 \cdot 16}{15 \cdot 10}} = 4 \sqrt{\frac{9}{25}} = 4 \cdot 0,6 = \underline{\underline{2,4 \text{ с}}} \Rightarrow t_2 = t = \frac{t_0}{4} = \frac{2,4 \text{ с}}{4} = \underline{\underline{0,6 \text{ с}}}$$

3) Если у стенки есть скорость  $V$ , то скорость мяча после удара

о стенку станет:  $\vec{v}_2 = \vec{v}_1 + \vec{V}$



$$v_{2y} = v_{1y} \quad (\text{ис преек-ции равны})$$

$$\Rightarrow \text{падать мяч будет такое же время } t_2 = t = \frac{t_0}{4} = \underline{\underline{0,6 \text{ с}}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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!

№2 (продолжение 2)

$$\begin{cases} v_{2x} = v_{1x} + V \\ d = (v_{2x} - v_{1x}) t_2 \end{cases} \Rightarrow d = V t_2 \Rightarrow V = \frac{d}{t_2} = \frac{1,8 \text{ м}}{0,6 \text{ с}} = \underline{\underline{3 \text{ м/с}}}$$

Ответ:  $H = 7,2 \text{ м}$  ,  $t_2 = 0,6 \text{ с}$  ,  $V = 3 \text{ м/с}$

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!

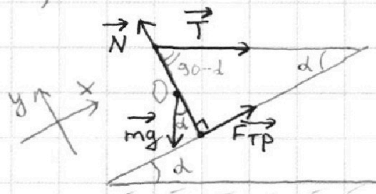
$\sqrt{3}$   
 $T = 17,3 \text{ Н}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $\alpha = 30^\circ$

$m = ?$

$F_{\text{ТР}} = ?$

$\mu = ?$

1) Расставим силы, действ-е на стержень



т.к. стержень покоится, то  $a = 0$

т.к.  $\vec{m\vec{g}}$  приложена к центру стержня (т.к. он однородный),

расстояние от центра стержня до его (т.о.)

концов одинаково, то по правилу моментов:

относит. т.о.:  $F_{\text{ТР}} \cdot l = T \sin(90^\circ - \alpha) l \quad | : l$

$F_{\text{ТР}} = T \cos \alpha$  (т.к.  $l$  - расст. от т.о. до концов стержня, к которым приложены  $F_{\text{ТР}}$  и  $T$ )

$\Rightarrow F_{\text{ТР}} = T \cos 30^\circ = 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \underline{\underline{8,65 \sqrt{3} \text{ Н}}}$

2) т.к.  $a = 0$  (см. п.1), то:

у:  $N = mg \cos \alpha + T \cos(90^\circ - \alpha) = mg \cos \alpha + T \sin \alpha \quad (1)$

~~х:~~  $mg \sin \alpha = T \cos \alpha + F_{\text{ТР}} \quad | \Rightarrow \quad (2)$

$\Rightarrow m = \frac{T \cos \alpha + F_{\text{ТР}}}{g \sin \alpha} = \frac{2T \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,5} =$

$= \frac{17,3 \sqrt{3}}{5} = \underline{\underline{3,46 \sqrt{3} \text{ (кг)}}}$



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!

N3 (продолжение)

$$F_{\text{TP}} = \mu N = \mu (mg \cos \alpha + T \sin \alpha) \quad (1)$$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha = T \cos \alpha + F_{\text{TP}} \quad (2) = T \cos \alpha + \mu (mg \cos \alpha + T \sin \alpha)$$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha = T \cos \alpha + \mu (mg \cos \alpha + T \sin \alpha) \quad | : \cos \alpha$$

$$mg \operatorname{tg} \alpha = T + \mu (mg + T \operatorname{tg} \alpha)$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{mg \operatorname{tg} \alpha - T}{mg + T \operatorname{tg} \alpha} = \frac{3,46\sqrt{3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} - 17,3 \text{ Н}}{3,46\sqrt{3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}}$$

$$= \frac{34,6 - 17,3}{34,6\sqrt{3} + 17,3 \frac{\sqrt{3}}{3}} = \frac{17,3}{17,3\sqrt{3} \cdot (2 + \frac{1}{3})} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 2 \frac{1}{3}} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot \frac{7}{3}} = \frac{\sqrt{3}}{7}$$

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

Ответ:  $m = 3,46\sqrt{3} \text{ кг}$ ,  $F_{\text{TP}} = 8,65\sqrt{3} \text{ Н}$ ,  $\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$

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

$$V = 1 \text{ л} = 0,001 \text{ м}^3$$

$$t_0 = 16^\circ \text{C}$$

$$R = 25 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

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

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$P(t)$

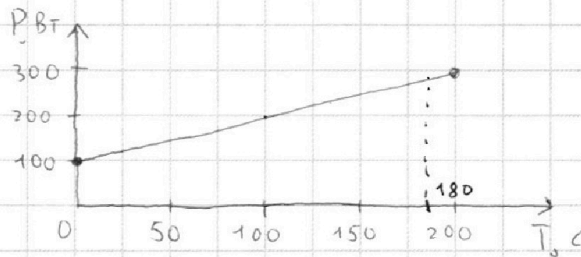
$P_{\text{н}} \rightarrow ?$

$t_1 \rightarrow ?$

$$1) m = \rho V = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,001 \text{ м}^3 = 1 \text{ кг}$$

$$P_{\text{н}} = \frac{U^2}{R} = \frac{(100 \text{ В})^2}{25 \text{ Ом}} = \underline{\underline{400 \text{ Вт}}}$$

2)  $P(T)$



$P(T)$  — линейная завис. вида  $y = kx + b$

$$\text{где } b = 100, \quad k = \frac{P(200) - P(0)}{200 - 0} = \frac{300 - 100}{200} = 1$$

$$\Rightarrow P = T + 100$$

$$\Rightarrow P(T) = P(180^\circ \text{C}) = 180 + 100 = 280 \text{ Вт}$$

3)  $Q \stackrel{?}{=} \text{м.}$  (мощность под зр.  $P(T)$ )

$$\Rightarrow \text{через } T: Q_{\text{потерь}} \stackrel{?}{=} \text{м.} = \frac{P(0) + P(T)}{2} \cdot T = \frac{100 \text{ Вт} + 280 \text{ Вт}}{2} \cdot 180 \text{ с} = 34200 \text{ Дж}$$

$$Q_0 = P_{\text{н}} \cdot T = 400 \text{ Вт} \cdot 180 \text{ с} = 72000 \text{ Дж}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{полез.}} = Q_0 - Q_{\text{потерь}} = 72000 \text{ Дж} - 34200 \text{ Дж} = 37800 \text{ Дж}$$

4) Ур-е тепл. баланса

$$Q_{\text{полез.}} = cm(t_1 - t_0) \Rightarrow t_1 = t_0 + \frac{Q_{\text{полез.}}}{cm} = 16^\circ \text{C} + \frac{37800 \text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot 1 \text{ кг}} = \underline{\underline{25^\circ \text{C}}}$$

Ответ:  $P_{\text{н}} = 400 \text{ Вт}$ ,  $t_1 = 25^\circ \text{C}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



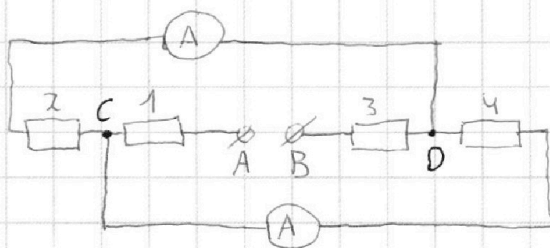
N5

$30 \Omega, 60 \Omega$

$I_1 = 2 \text{ A}, I_1 > I_2$

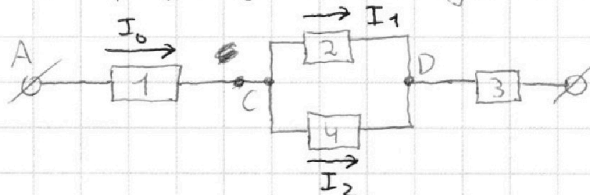
$I_2 = ?$

$P = ?$



Т.к. амперметры идеальные, то  $R_A = 0$   
 $\Rightarrow$  их можно считать проводками

1) Перерисуем схему:



Ток через  $R_2$  течёт ток  $I_1$ , то через  $R_4$  -  $I_2$

$U_2 = U_4$  (т.к. паралл. соед.)

$R_2 I_1 = R_4 I_2$  т.к.  $I_1 > I_2$  (по ум.), то  $R_4 > R_2$

$$\Rightarrow R_4 = 60 \Omega$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$\text{то } R_1 + R_3 = 60 \Omega + 30 \Omega = 90 \Omega$$

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

$$\Rightarrow I_0 = I_1 + I_2 = 2 \text{ A} + 1 \text{ A} = 3 \text{ A}$$

$$2) P = I_0^2 R_0 = I_0^2 \left( R_1 + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} + R_3 \right) = I_0^2 \left( R_1 + R_3 + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} \right) =$$

$$= (3 \text{ A})^2 \cdot \left( 90 \Omega + \frac{30 \Omega \cdot 60 \Omega}{30 \Omega + 60 \Omega} \right) = \underline{\underline{990 \text{ Вт}}}$$

Ответ:  $I_2 = 1 \text{ A}$ ,  $P = 990 \text{ Вт}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" 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!



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

$\sqrt{v_0^2}$  (проекции)

$$1) y: H = v_0 \sin d \frac{t_0}{2} - \frac{g \left(\frac{t_0}{2}\right)^2}{2}$$

$$v_0 \sin d - g \frac{t_0}{2} = 0 \Rightarrow v_0 \sin d = \frac{g t_0}{2}$$

$$\Rightarrow H = \frac{g t_0^2}{2} - \frac{g \left(\frac{t_0}{2}\right)^2}{2} = \frac{g t_0^2}{2} \cdot \frac{3}{4} = \frac{g \cdot (2t)^2}{2} \cdot \frac{3}{4} = 6 g t^2$$

$$2) y: h = v_0 \sin d t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$$

$$v_0 \sin d = \frac{g t_0}{2}$$

$$\Rightarrow h = \frac{g t_0 t_1}{2} - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{g \cdot 4t \cdot 3t}{2} - \frac{g(3t)^2}{2} = \frac{3}{2} g t^2$$

$$\Rightarrow \frac{H}{h} = \frac{6g}{3g} = 2$$



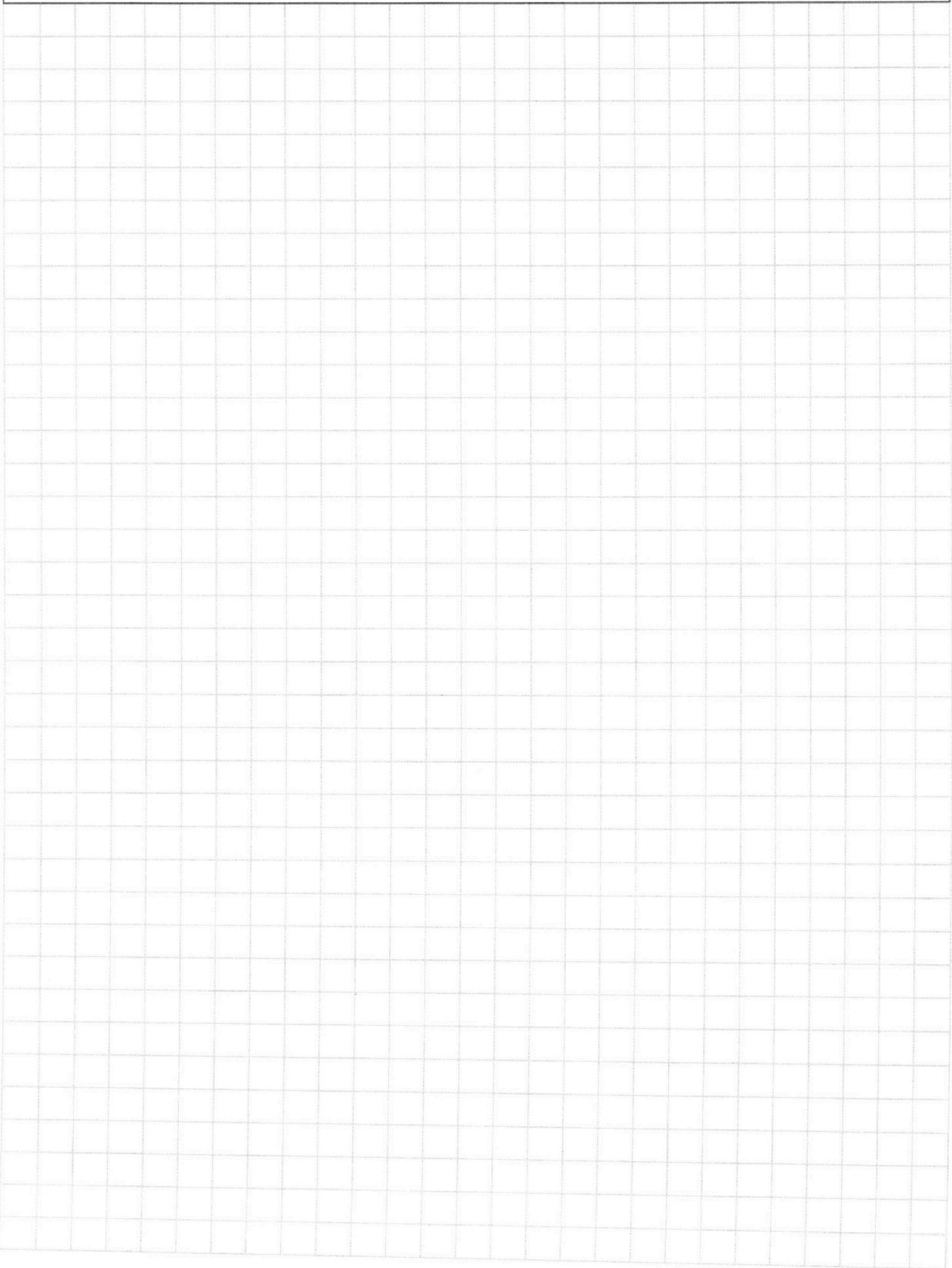
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!





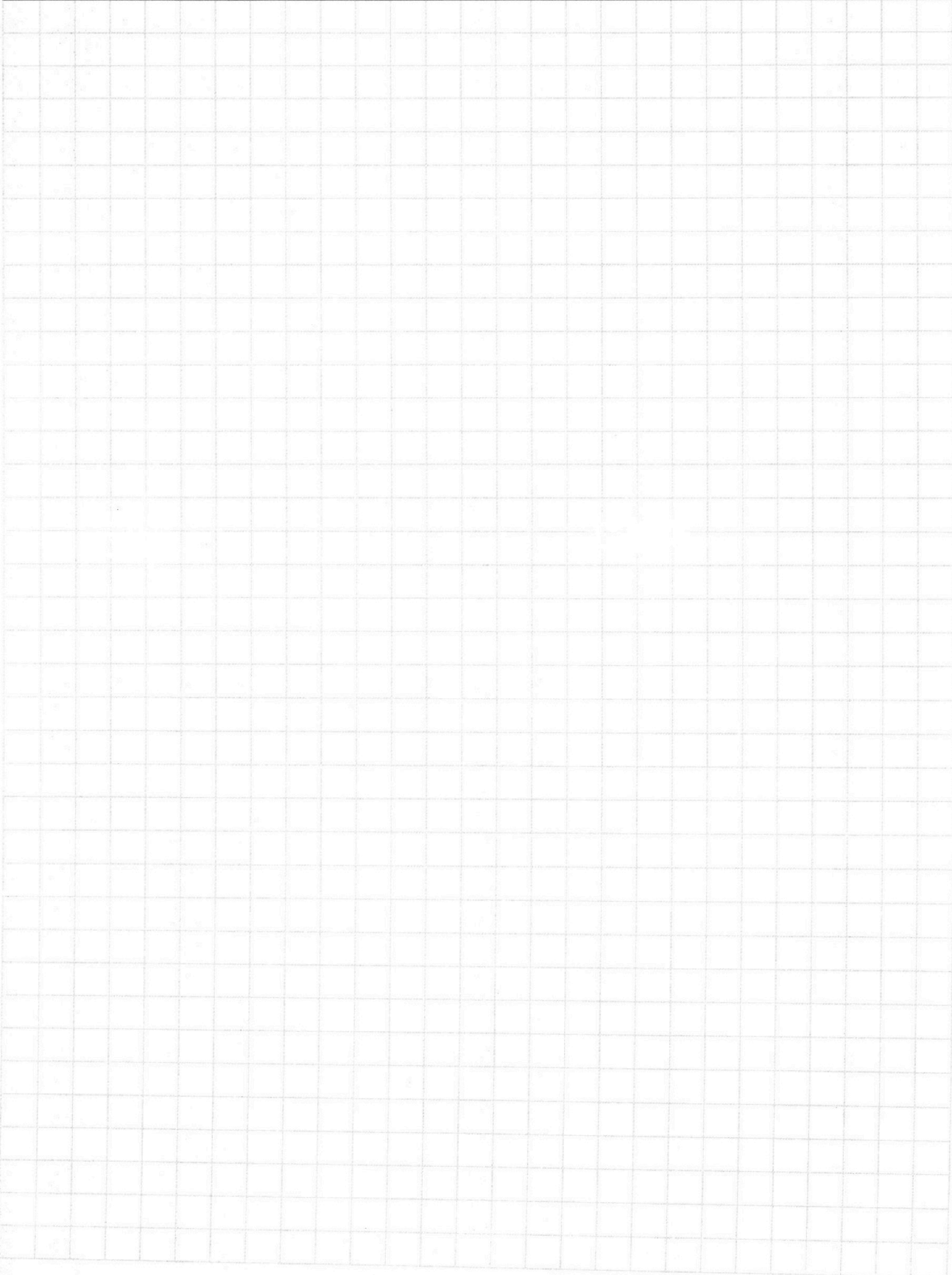
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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
<input type="checkbox"/>	<input 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!



# Черновики

N5

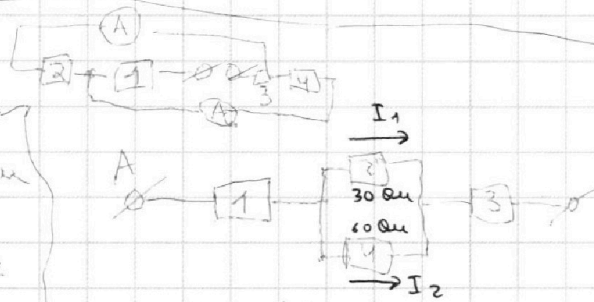
$$R_1 = R_2 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_3 = R_4 = 60 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 2 \text{ A}$$

$$I_2 = ?$$

$$P = ?$$



$$\text{т.к. } I_1 \neq I_2 \Rightarrow R_2 \neq R_4$$

Поскольку  $I_1$  — через  $R_2$ , то  $R_2 < R_4$  (т.к.  $I_1 > I_2$ )

$$\Rightarrow R_2 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 60 \text{ Ом}$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 \cdot \frac{R_2}{R_4} = \frac{2}{2} = \underline{1 \text{ A}}$$

$$2) \Rightarrow I_0 = I_1 + I_2 = 3 \text{ A}$$

$$V_0 = (R_1 + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} + R_3) I_0 = (30 + 20) \cdot 3 = 330 \text{ В}$$

$$\Rightarrow P = V_0 \cdot I_0 = 990 \text{ Вт}$$

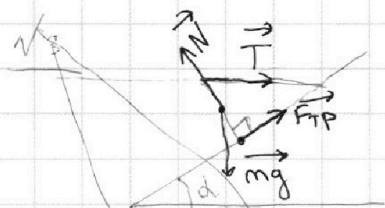
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



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

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

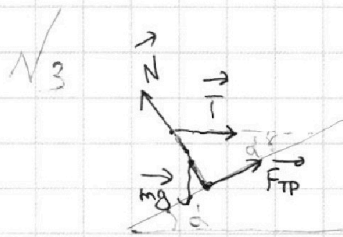
~~$$mg = mg \mu$$~~

~~$$mg \operatorname{tg} \alpha = mg \mu + \mu T \operatorname{tg} \alpha + T$$~~

моменты

$$\Rightarrow F_{\text{тр}} = T \cos \alpha$$

$\Rightarrow$  найдем  $m$



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

$$mg \sin \alpha = \mu mg$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{aligned} mg \operatorname{tg} \alpha &= mg \mu + \mu T \operatorname{tg} \alpha + T \\ \end{aligned} \right.$$

$$\begin{aligned} 2) F_{\text{тр}} &= T \cos \alpha = \\ &= 8,65 \sqrt{3} \text{ Н} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha = T \cos \alpha + T \cos \alpha = 2T \cos \alpha$$

$$\Rightarrow m = \frac{2T \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{2T}{g \operatorname{tg} \alpha} = \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н} \cdot 3}{10 \cdot \sqrt{3}}$$

$$= \frac{17,3 \sqrt{3}}{5} = 3,46 \sqrt{3} \text{ кг}$$

$$\begin{array}{r} 17,315 \\ - 15 \\ \hline 23 \\ - 30 \\ \hline -30 \\ \hline 0 \end{array} \cdot \sqrt{3}$$



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!

№4

$$V = 1 \text{ A}$$

$$t_0 = 16^\circ \text{C}$$

$$R = 25 \text{ Ohm}$$

$$U = 100 \text{ V}$$

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

$$\rho = 1000 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}$$

$$C = 4200 \frac{\text{J}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ \text{C}}$$

$P(t)$

$t_1 - ?$

$P_H - ?$

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



$P(t)$  - линейная завис. вида  $y = kx + b$

где  $b = 100$   ~~$P(0) = 100$~~

$$k = \frac{P(200) - P(0)}{200 - 0} = \frac{300 - 100}{200} = 1$$

$$\Rightarrow P = \frac{T}{1} + 100$$

$$\Rightarrow P(T) = P(180^\circ \text{C}) = 18$$



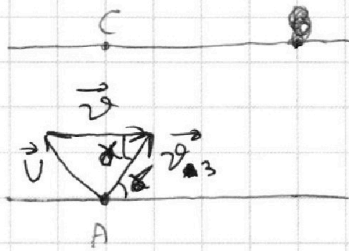
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\vec{v}_3 = \vec{v} + \vec{v}$$

$$v^2 = v_3^2 + v^2 - 2vv_3 \cos \gamma$$

$$v_3^2 \sin^2 \gamma + v_3^2 \cos^2 \gamma - 2vv_3 \cos \gamma = v^2 - v^2$$

$$v_3^2 \sin^2 \gamma = a$$

$$v_3 \sin \gamma = a$$

$$v_3 \cos \gamma = b$$

$$\Rightarrow a^2 + b^2 - 2vb = v^2 - v^2$$

$$\Rightarrow b^2 (\tan^2 \gamma + 1) - 2vb (v^2 - v^2) = 0$$

$$b = \frac{2v^2 - \sqrt{v^2 + (v^2 - v^2)(\tan^2 \gamma + 1)}}{\tan^2 \gamma + 1}$$

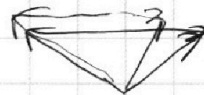
$$a = b \tan \gamma$$

$$b \cdot \frac{d}{a} - \min$$

$$\Rightarrow \frac{b}{a} - \max$$

~~tg γ - max~~  
~~b - min~~

~~tg γ + 1 - max~~  
~~tg γ~~



$$v_x = v_3 \cos \gamma$$

$$v_y = v_3 \sin \gamma$$

$$\Rightarrow x = v_3 \cos \gamma \cdot \frac{l}{v_3 \sin \gamma} = l \cot \gamma$$

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

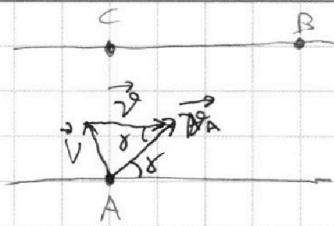
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

3)



$$v^2 = v^2 + v_A^2 - 2v v_A \cos \beta$$

$$\Rightarrow v_A^2 - v_A^2 - 2v (v_A \cos \beta + v_{A1} \cos \alpha) = 0$$

$$v_A^2 = 169 + 2$$

$$\Rightarrow mg \mu = T(1 - \mu g)$$

~~$mg \sin \alpha = \mu T \cos \alpha$~~   $T = \frac{\mu N}{\cos \alpha} = mg \mu + T \mu g \alpha$

$$mg \mu g \alpha = mg \mu + \mu T \mu g \alpha + T$$

$$\mu = \frac{mg \mu g \alpha - T}{mg + T \mu g \alpha} = \frac{34,6 \cdot 10 \cdot \dots - 17,3}{34,6 + 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}} = \frac{17,3}{34,6 + \frac{17,3\sqrt{3}}{3}} = \frac{17,3\sqrt{3}}{34,6\sqrt{3} + 17,3}$$

$$\Rightarrow m = \frac{T(1 - \mu g)}{g \mu}$$

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

$$\Rightarrow 2 \mu g \alpha = \frac{1 - \mu g \alpha}{\mu}$$

$$\mu = \frac{1 - \mu g \alpha}{2 \mu g \alpha} = \frac{1 - \frac{\sqrt{3}}{3}}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} - \frac{1}{6} = \frac{\sqrt{3} - 1}{6}$$

$$\frac{1}{2 + \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{3} + 1} = \frac{6 - \sqrt{3}}{11}$$

$$\frac{8,65\sqrt{3}}{34,6\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} + 8,65} = \frac{8,65\sqrt{3}}{8,65(4,5 + 1)}$$

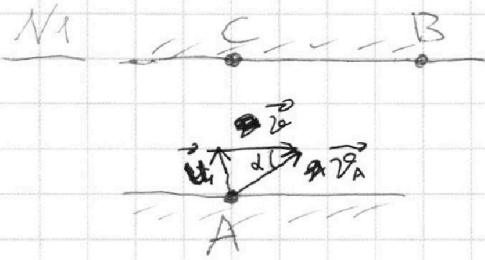
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$AB = \sqrt{AC^2 + BC^2} = 130 \text{ м}$$

$$\Rightarrow t = \frac{AB}{v_A}$$

$$\cos \alpha = \frac{12}{13}$$

~~$\alpha = \arccos\left(\frac{12}{13}\right)$~~

$$v^2 = v^2 + v_{A1}^2 - 2vv_{A1} \cos \alpha$$

$$v^2 = v^2 + v_{A2}^2 - 2vv_{A2} \cos \alpha$$

$$v_{A1}^2 - v_{A2}^2 - 2v \cos \alpha (v_{A1} + v_{A2}) = 0$$

$$(v_{A1} - v_{A2})(v_{A1} + v_{A2}) - 2v \cos \alpha (v_{A1} + v_{A2}) = 0 \quad | : v_{A1} + v_{A2}$$

$$v_{A1} - v_{A2} - 2v \cos \alpha = 0$$

$$v_{A1} = \frac{AB}{T_1} = v_{A2} = \frac{AB}{T_2}$$

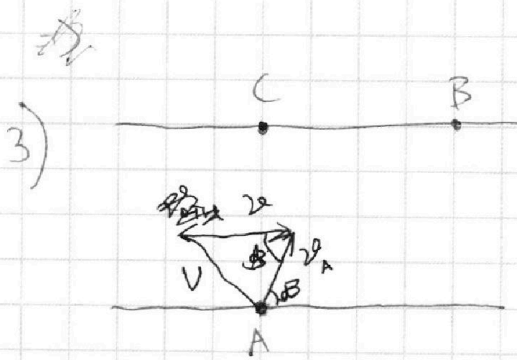
$$\frac{l}{T_1} - \frac{l}{T_2} - 2v \cdot \frac{12}{13} = 0$$

$$= 1,3$$

$$v_{A2} = \frac{13}{24}$$

$$\Rightarrow v = \left( \frac{l}{T_1} - \frac{l}{T_2} \right) \cdot \frac{13}{24} = 130 \left( \frac{1}{100} - \frac{1}{240} \right) \cdot \frac{13}{24} =$$

$$= \frac{65 \cdot 13}{24} = \frac{65 \cdot 13}{12} \cdot \frac{12-5}{1200} = \frac{65 \cdot 13 \cdot 7}{12 \cdot 240} = \dots$$



$$h = 50 \text{ м}$$

$$x = v_A \cos \alpha \cdot \frac{h}{v_A \sin \alpha} =$$

$$= h \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = h \operatorname{ctg} \alpha$$

$$\Rightarrow \operatorname{ctg} \alpha = \frac{x}{h}$$

$$v^2 = v_A^2 + v^2 - 2v_A v \cos \alpha$$

$$v^2 = v^2 + v_{A2}^2 - 2v_{A2} v \cos \alpha$$

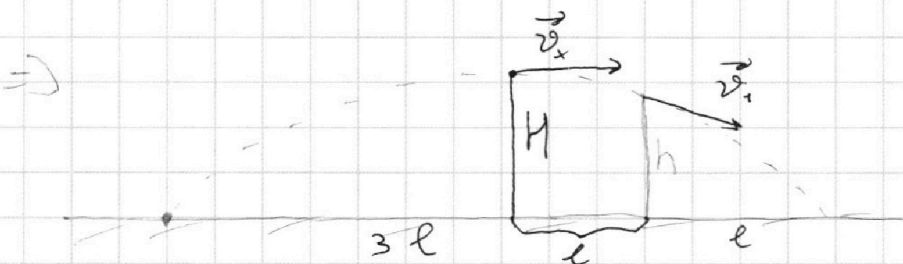
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$t_1 = 3t_2$$

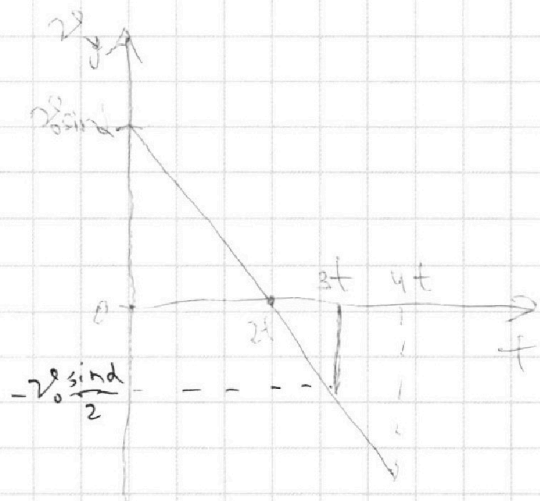
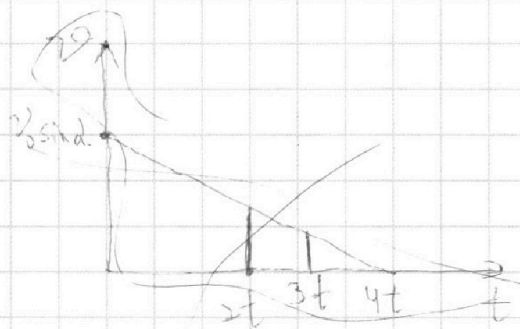
$$\frac{mv_1^2}{2} = mgh \Rightarrow v_1 = \sqrt{2gh}$$

$$\frac{v_0^2}{2} + gkl = \frac{mv_1^2}{2} + mgh$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{mv_0^2 \cos^2 \alpha}{2} + mgh = \frac{mv_0^2}{2}$$

~~$$\Rightarrow H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$~~



$$\Rightarrow \frac{H}{h} = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot 2t}{2} \cdot \frac{v_0 \sin \alpha \cdot 2t - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2}}{2}$$

$$= \frac{2t}{2t - \frac{t}{2}} = \frac{2t}{1.5t} = \frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow H = \frac{4}{3} h = \underline{\underline{7,2 \text{ м}}}$$

~~$$\Rightarrow \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$~~

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh \Rightarrow v_0 \sin \alpha = \sqrt{2gh}$$

$$\Rightarrow 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t_0 - \frac{gt_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow gt_0^2 - \sqrt{2gh} t_0 = 0 \Rightarrow t_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{g} = \underline{\underline{\sqrt{\frac{2H}{g}}}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



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



N1

~~m~~ m = 1 кг

t<sub>0</sub> = 16 °C

R = 25 Ом

U = 100 В

P<sub>n</sub>(t)

T = 180 с

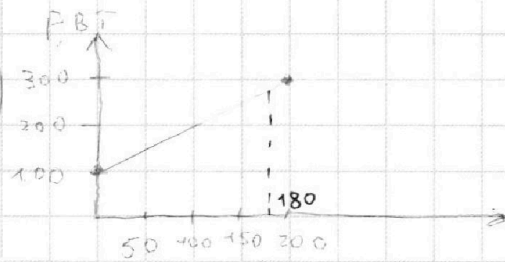
g = 1000 м/м<sup>3</sup>

c = 4200  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$

t<sub>1</sub> = ?

P<sub>n</sub> = ?

$$P_n = \frac{U^2}{R} = 400 \text{ Вт}$$



$$P(t) = 100 + t$$

$$\Rightarrow P(180) = 280 \text{ Вт}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{нагр}} = S = \frac{100 + 280}{2} \cdot 180 = 380 \cdot 90 = 34200 \text{ Дж}$$

$$Q_0 = P_n t = 400 \cdot 180 = 72000 \text{ Дж}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{разг}} = 37800 \text{ Дж}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{разг}} = c m (t_1 - t_0)$$

$$\Rightarrow t_1 = t_0 + \frac{Q_{\text{разг}}}{c m} = 16^\circ\text{C} + \frac{37800}{4200 \cdot 1} = 16 + 9 = 25^\circ\text{C}$$

$$\frac{34200}{34200}$$

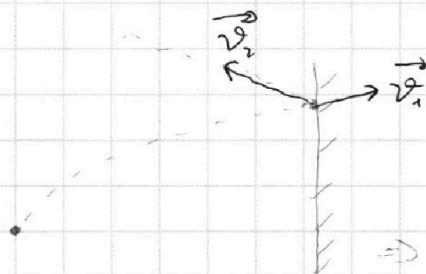
N2

h = 5.4 м

h<sub>0</sub> = 3 h<sub>1</sub>

t<sub>1</sub> = ?

t<sub>1</sub> = ?



$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2}$$

$$v_1 = v_2$$

⇒ по закону сохранения энергии

„продолжит двигаться по такой же траектории“