



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

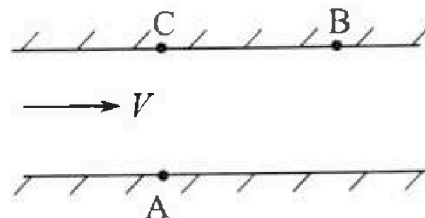
Вариант 09-01



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 $AC = d = 70$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 240$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 192$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 417$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость U пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой. В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос минимальный.
- 3) Найдите продолжительность T третьего заплыва.

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на площадку. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете, $H = 16,2$ м. Расстояние от точки старта до стенки в 5 раз больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

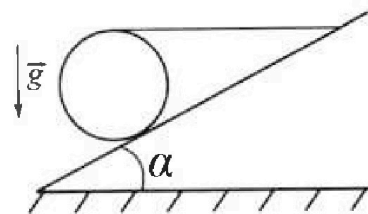
- 1) На какой высоте h происходит соударение мяча со стенкой?
- 2) Найдите продолжительность t_1 полета мяча от старта до соударения со стенкой.

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте h , стенка движется навстречу мячу со скоростью $U = 2$ м/с.

- 3) Найдите расстояние d между точками падения мяча на площадку в случаях: стенка покоится, стенка движется.

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 шар массой $m = 3$ кг удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к шару в его наивысшей точке. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$.



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



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-01

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



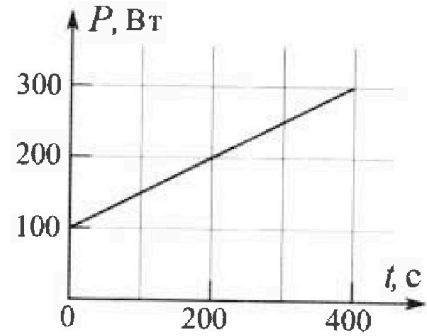
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 14^\circ\text{C}$, объем воды $V = 2$ л. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20$ Ом, сила тока в спирали $I = 5$ А.

Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Через какое время T после начала нагревания температура воды станет равной $\tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$?

Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).

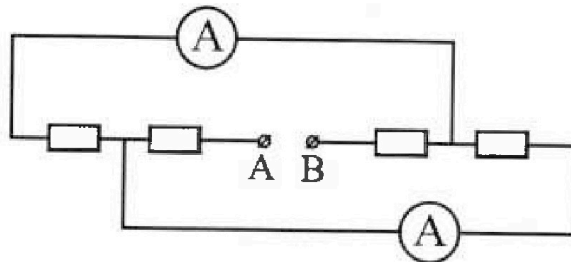


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20 Ом, у двух других сопротивление по 40 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание $I_1 = 1$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Найдите напряжение U источника.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.
 Отметьте крестиком номер задачи,
 решение которой представлено на странице:

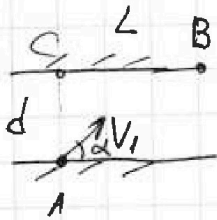
МФТИ

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!



Задача 1



1) 1 заплыв:

Пусть \vec{V}_1 направлена под углом α к берегу.
 Тогда:

$$\begin{cases} CB = L = T_1 \cdot V_1 \cdot \cos \alpha \\ AC = d = T_1 \cdot V_1 \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

$$\frac{d}{L} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{70}{240} = \frac{7}{24} = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} \Rightarrow$$

$$\frac{49}{576} = \frac{\sin^2 \alpha}{1 - \sin^2 \alpha} \Rightarrow$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{\frac{49}{576}}{1 + \frac{49}{576}}} = \sqrt{\frac{49}{576 + 49}} = \sqrt{\frac{49}{625}} = \frac{7}{25}$$

$$V_1 = \frac{d}{T_1 \cdot \sin \alpha} = \frac{70}{192 \cdot \frac{7}{25}} = \frac{70 \cdot 25}{192 \cdot 7} = \frac{5 \cdot 25}{96} = \frac{125}{96}$$

$$= 1 \frac{29}{96} \text{ м/с}$$

2 заплыв:

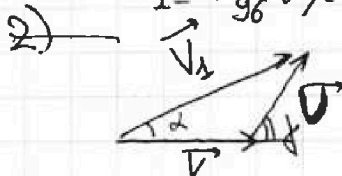
$$L = T_2 \cdot V_2 \cdot \cos \beta$$

$$d = T_2 \cdot V_2 \cdot \sin \beta$$

$$\frac{d}{L} = \operatorname{tg} \beta \Rightarrow \sin \beta = \frac{7}{25} \text{ (оказывается } \alpha = \beta \text{ в 1 заплыве)}$$

$$V_2 = \frac{d}{T_2 \cdot \sin \beta} = \frac{70}{147 \cdot \frac{7}{25}} = \frac{70 \cdot 25}{47 \cdot 7} = \frac{250}{47} \text{ м/с}$$

Ответ: $V_1 = 1 \frac{29}{96} \text{ м/с}$; $V_2 = \frac{250}{47} \text{ м/с}$



$$V \cdot \sin \alpha = \frac{d}{T_1}$$

$$V + V \cdot \cos \alpha = \frac{L}{T_1}$$

$$\frac{V}{\sin \alpha} = \frac{V_1}{\sin 90^\circ} = \frac{V_1}{\sin \alpha}$$

(из векторного треугольника)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

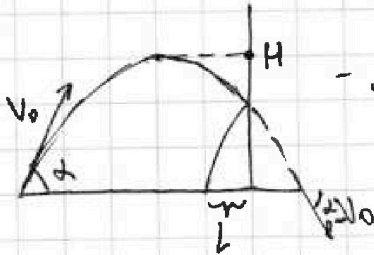
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МОТИ

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

Задача 2

$$E_{\text{полн}} = mgh = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 16,2} = \sqrt{324} = 18 \text{ м/с}$$



- мяч летит по такой траектории

$$H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \Rightarrow V_0 \sin \alpha = \sqrt{2gH} = 18 \text{ м/с}$$

t_0 - полное время полета: $V_0 \sin \alpha - g t_0 = -V_0 \sin \alpha \Rightarrow$
 $\Rightarrow t_0 = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 18 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 3,6 \text{ с}$

2) $\frac{5L}{6L} = \frac{t_1 V_0 \cos \alpha}{t_0 V_0 \cos \alpha} \Rightarrow t_1 = \frac{5}{6} t_0 = \frac{5 \cdot 3,6}{6} \text{ с} = 5 \cdot 0,6 = 3 \text{ с}$

1) $h = V_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 18 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 9}{2} = 18 \cdot 3 - 15 \cdot 3 = 9 \text{ м}$

3) Перейдем в систему отсчета стенки. Тогда скорость мячика по горизонтали равна $V_0 \cos \alpha + 2 \text{ м/с}$, а по вертикали останется такой же.

До ~~когда~~ ^{стенки} ~~расстояние~~ ^{стенки} ~~когда ст. не двигалась~~ ^{стенки} ~~расстояние от нач. точки до места~~
падения = $\frac{1}{6} L = \frac{1}{6} t_0 \cdot V_0 \cos \alpha$. Когда стенка движется = $\frac{1}{6} L' = \frac{1}{6} t_0 (V_0 \cos \alpha + 2)$

$$\frac{1}{6} L' - \frac{1}{6} L = \frac{2}{3} t_0 (V_0 \cos \alpha + 2 - V_0 \cos \alpha) \Rightarrow L' - L = \frac{1}{6} t_0 (V_0 \cos \alpha + 2 - V_0 \cos \alpha) =$$

$$= 0,6 \text{ с} \cdot 2 \text{ м/с} = 1,2 \text{ м}$$

Ответ: 1) 9 м 2) 3 с 3) 1,2 м



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

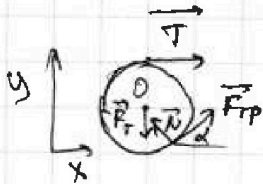
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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. Печать QR-кода недопустима!

Задача 3



Запишем правило моментов от центра шара (т. O.)

R - радиус шара

$$mg \cdot 0 + N \cdot 0 + T \cdot R - F_{TP} \cdot R = 0 \Rightarrow$$

$$T = F_{TP}$$

Запишем равен 2 закон Ньютона:

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

$$O_y: F_{TP} \cdot \sin \alpha + N \cdot \cos \alpha - F_T = 0$$

$$F_{TP} \cdot 0,6 + N \cdot 0,8 = mg$$

$$O_x: T + F_{TP} \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha = 0$$

$$F_{TP} \cdot (1 + \cos \alpha) = N \cdot \sin \alpha \quad (\text{т.к. } T = F_{TP})$$

$$N = F_{TP} \cdot \frac{1,8}{0,6} = 3 F_{TP}$$

$$F_{TP} \cdot 0,6 + 3 F_{TP} \cdot 0,8 = mg$$

$$F_{TP} = \frac{mg}{0,6 + 3 \cdot 0,8} = \frac{mg}{3} = \frac{30 \text{ Н}}{3} = 10 \text{ Н}$$

$$T = 10 \text{ Н}$$

$$N = 30 \text{ Н}$$

1) $T = 10 \text{ Н}$

2) $F_{TP} = 10 \text{ Н}$

3) $F_{TP} \leq \mu \cdot N$

$$10 \leq \mu \cdot 30$$

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

Ответ: 1) 10 Н 2) 10 Н 3) при $\mu \geq \frac{1}{3}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Задача 4

$$1) P_H = IU = I^2 \cdot R = 25 \cdot 20 = 500 \text{ Вт}$$

$$2) Q = cm\Delta t = c \rho V (\bar{\varepsilon}_1 - \bar{\varepsilon}_0) = P_H \cdot T - Q_{\text{потерь}}$$

$$Q_{\text{потерь}} = P_{\text{ср}} \cdot T \quad - \text{мощность потерь можем взять средней,}$$

т.к. она меняется линейно.

$$P_{\text{ср}} = \frac{P(0) + P(T)}{2} = \frac{100 + 100 + 0,25T}{2} = 100 + 0,25T$$

$$(P(t) = 100 + 0,25t \text{ - это из графика})$$

$$c \rho V (\bar{\varepsilon}_1 - \bar{\varepsilon}_0) = P_H \cdot T - (100 + 0,25T)T$$

$$4200 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 2 \times 10^3 = 500T - 100T - 0,25T^2$$

$$92400 \cdot 2 \times 10^3 = 400T - 0,25T^2$$

$$0,25T^2 - 400T + 92400 = 0$$

$$D = 400^2 - 4 \cdot 0,25 \cdot 92400 = 160000 - 92400 = 676$$

$$T = \frac{400 \pm \sqrt{676}}{2 \cdot 0,25} = 800 \pm 2\sqrt{676} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{D}{4} = 200^2 - 92400 \cdot 0,25 = 40000 - 23100 = 16900 = 130^2$$

$$T = \frac{200 \pm \sqrt{\frac{D}{4}}}{0,25} = \frac{200 \pm 130}{0,25}$$

$$T = 1320 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 280 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ответ: 1) $P_H = 500 \text{ Вт}$ 2) $280 \text{ } ^\circ\text{C}$ и $1320 \text{ } ^\circ\text{C}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

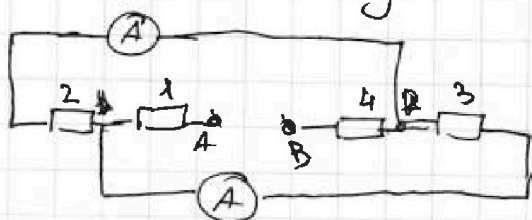
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

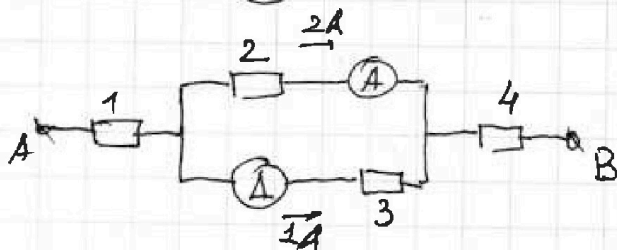
МФТИ

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

Задача 5



Перерисуем схему.



Т.к. показания у амперметров разные, сопротив. резисторов 2 и 3 тоже должны быть разными. Пусть $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 40 \text{ Ом}$

Тогда по R_3 течёт ток 1 А , а по R_2 : $I_2 = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_2} = 2 \text{ А}$

По резисторам 1 и 4 текут токи $2+1 \text{ А} = 3 \text{ А}$.

1) Показание $I_2 = 2 \text{ А}$

$$2) U = R_1 \cdot I_0 + R_2 \cdot I_2 + R_4 \cdot I_0 = I_0 (R_1 + R_4) + R_2 I_2 =$$

$$= 3 \text{ А} \cdot 60 \text{ }\Omega + 20 \text{ }\Omega \cdot 2 \text{ А} = 180 + 40 \text{ В} = 220 \text{ В}$$

($R_1 + R_4 = 60 \text{ Ом}$, т.к. у нас ~~ост~~ один из них 20 Ом , а другой 40 Ом)

Ответ: 1) 2 А 2) 220 В



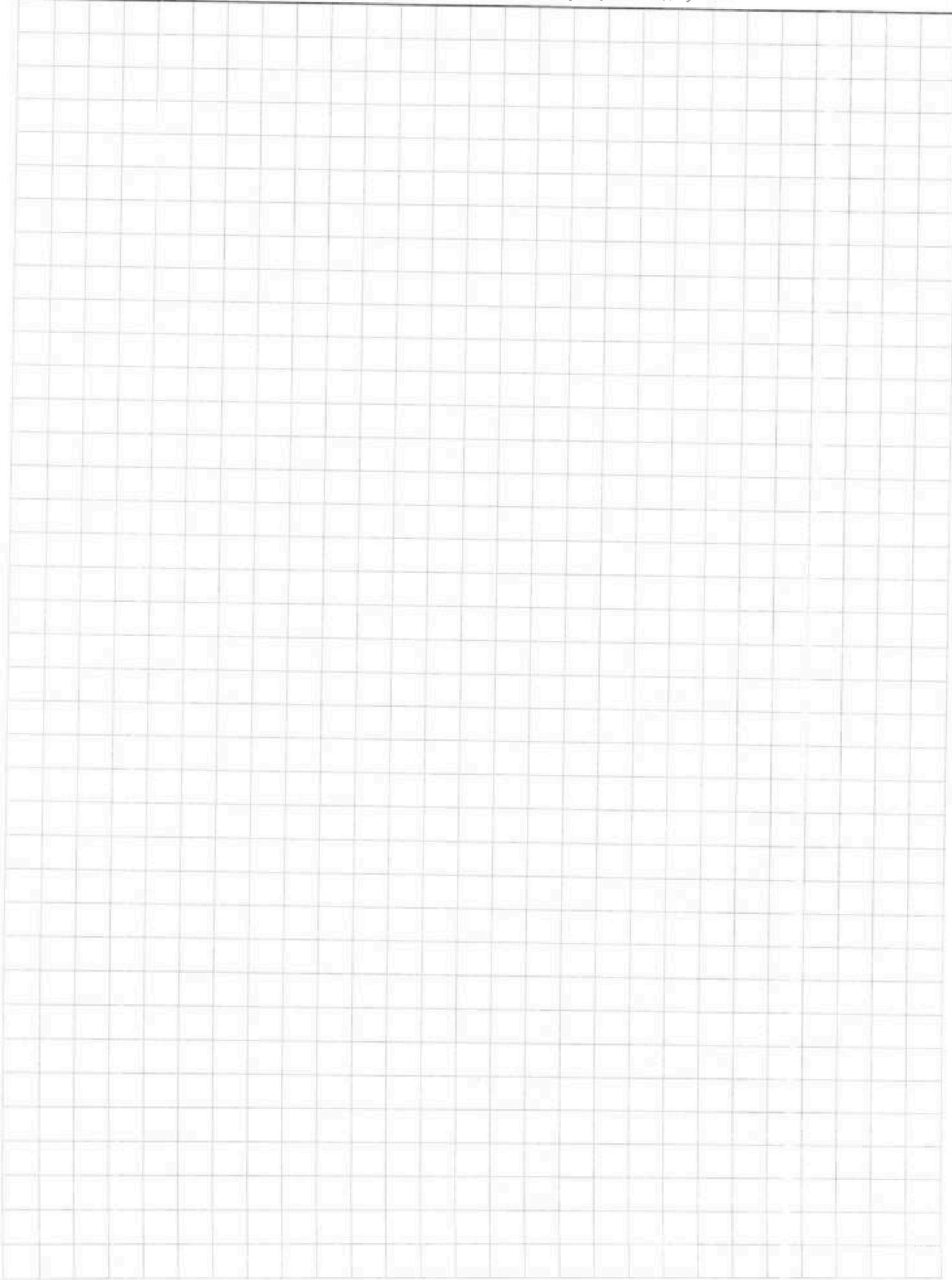
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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

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

МФТИ



Черновик

25-14-11

$$8400 \cdot 11 = 92400$$

$$\begin{array}{r} 284 \\ \times 3 \\ \hline 84 \\ 84 \\ \hline 852 \end{array}$$

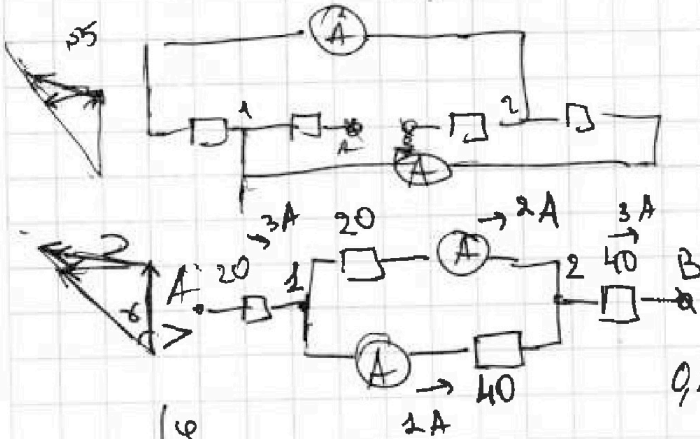
$$\frac{1320}{4} = 330$$

$$60 \cdot 3A + 20 \cdot 2 = 180 + 40 = 220 B$$

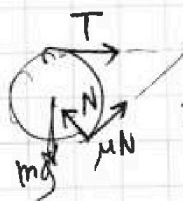
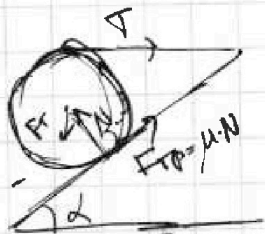
$$4 \cdot 62 \cdot 2 = 924$$

$$925 \cdot 280^2 - 400 \cdot 280 = 280 \cdot 330$$

$$= 280(70 - 400) =$$



$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ + 480 \\ \hline 576 \end{array}$$

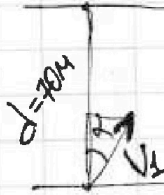


$$\begin{array}{r} 280 \\ \times 3 \\ \hline 840 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 132 \\ \times 2 \\ \hline 264 \end{array}$$

11.

$L = 240m$



$$0,25 \cdot 1320^2 - 400 \cdot 1320 = 1320 \cdot (330 - 400)$$

$$\begin{cases} V \cdot \cos \alpha = T_1 \\ V \cdot \sin \alpha = T_2 \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} 41713 \\ \times 3 \\ \hline 125139 \end{array}$$

$$200^2 = \frac{92400}{4}$$

$$\frac{280}{33} = 1320 \cdot 70$$

$$d = T_1 \cdot V_1 \cos \alpha$$

$$L = T_2 \cdot V_1 \sin \alpha$$

$$330 \cdot 4 = 1320$$

$$\frac{D}{4} = \left(\frac{b}{2}\right)^2$$

$$\begin{array}{r} 124 \\ \times 24 \\ \hline 24 \\ 96 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 92400 \\ - 92400 \\ \hline 1600 \\ \times 12 \\ \hline 19200 \end{array}$$

$$40000 - 23100 =$$

$$\frac{L}{d} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L}{d} \cdot \frac{T_1}{T_2} = \frac{240}{70} \cdot \frac{192}{417} =$$

$$= \frac{3 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 96}{7 \cdot 139 \cdot 3}$$

$$400 - 231 = 169$$

$$\begin{array}{r} 330 \cdot 4 = 1320 \\ \times 33 \\ \hline 990 \\ 1320 \\ \hline 132 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 200 - 130 = 70 \\ 70 \cdot 4 = 280 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

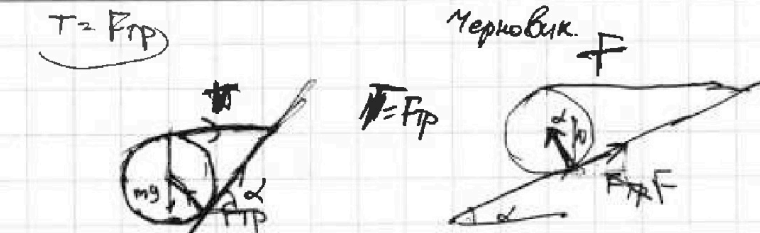
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

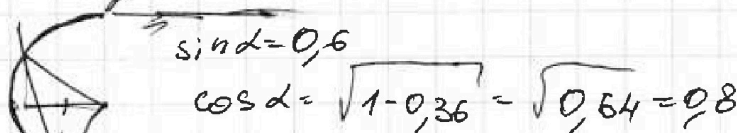
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Почта QR-кода недоступна!



$$O_x: F + F \cdot \cos \alpha = N \cdot \sin \alpha$$

$$O_y: mg = N \cdot \cos \alpha + F \cdot \sin \alpha$$

$$g = 24$$



$$mg = 3F \cdot 0.8 + F \cdot 0.6 =$$

$$= F(0.8 \cdot 3 + 0.6) =$$

$$F(2.4 + 0.6) = F \cdot 3$$

$$F = \frac{mg}{3} = \frac{3 \cdot 10}{3} = 10 \text{ Н}$$

$$mg = 30 = 30 \cdot 0.8 + 10 = 24 + 6 = 30$$

$$\checkmark 30 = 30 \cdot 0.8 + 10 = 24 + 6 = 30$$

$$ah = \frac{v_x^2 \sin^2 \alpha}{g}, \quad F_{TP} = 10 \leq \mu N$$

$$N = 30$$

$$10 \leq \mu \cdot 30$$

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

$$= \frac{v_x \cdot v_x}{g} - \frac{g \cdot h^2}{2g^2} = h = 16.2$$

$$= \frac{v_x^2}{2g}$$

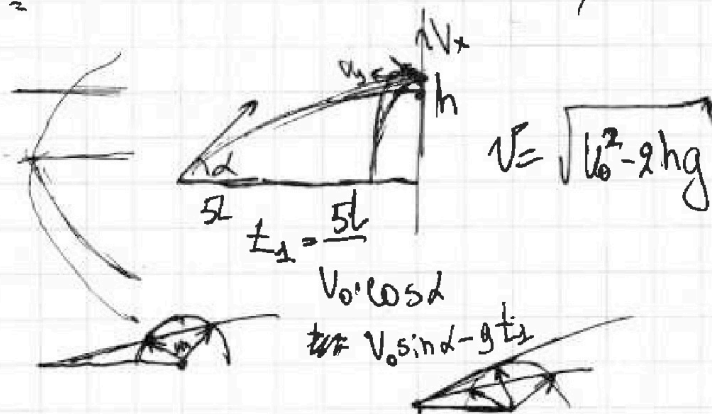
$$mgh = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

$$16.2 \cdot 2 \cdot 10 = 16.2 \cdot 2 = 324 = 18^2$$

$$81 \cdot 4 = 18^2$$

$$\begin{array}{r} 6 \\ \times 18 \\ \hline 144 \\ \times 18 \\ \hline 324 \end{array}$$



$$v = \sqrt{v_0^2 - 2hg}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} u \cdot \sin \gamma \cdot \frac{L}{T_1} = \frac{L}{T_2} \\ v + u \cdot \cos \gamma = \frac{L}{T_1} \\ \frac{v_1}{\sin \gamma} = \frac{u}{\sin \gamma \cdot \sin \alpha} \end{array} \right.$$

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!

Условие:

$$u = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta}$$

Решение:

1. $z = \frac{u}{g}$
 $h = \frac{u^2}{2g} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2g}$

2. $H - \Delta h = h$
 $h = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$
 $5L = \frac{v_0 \cos \alpha}{t_1} \cdot t_1$
 $L = v_0 \cos \alpha \cdot t_1$
 $v_y = v_0 \sin \alpha - g t_1$

3. $\cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{18}{v_0}\right)^2}$
 $v \cdot \cos \alpha = \frac{\sqrt{v_0^2 - 18^2}}{v_0} \cdot v$
 $= \sqrt{v_0^2 - 18^2}$

4. $u_x = v \cdot \sin \beta = v_1 \cdot \sin \alpha$
 $u \cdot \cos \beta = \frac{L}{t_1} - v$
 $16,2 - 7,2 = 9u$

5. $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
 $v_0 \sin \alpha = \sqrt{2gH} = 18 \text{ м/с}$

6. $36/6 = 6$
 $0,6 \cdot 5 = 3$
 $1,8 \text{ с.}$
 $\frac{10 \cdot 1,44}{2} = \frac{14,4}{2} = 7,2 \text{ м}$
 $\frac{10 \cdot 1,2^2}{2} = \frac{14,4}{2} = 7,2 \text{ м}$