



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

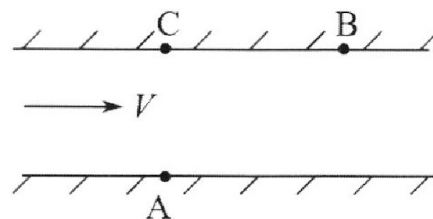
Вариант 09-02

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.

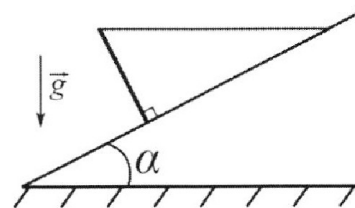
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

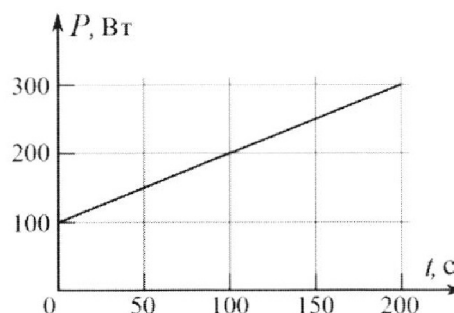


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

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

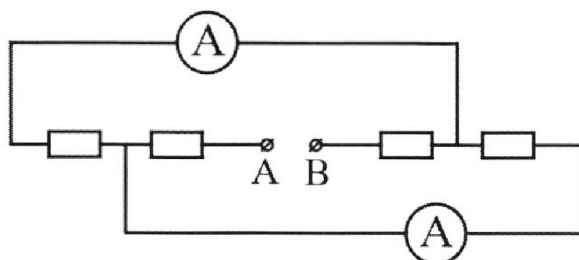


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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!

Дано:

$$AC = d = 50 \text{ м.}$$

$$CB = L = 120 \text{ м.}$$

$$T_1 = 100 \text{ с.}$$

$$T_2 = 240 \text{ с.}$$

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$

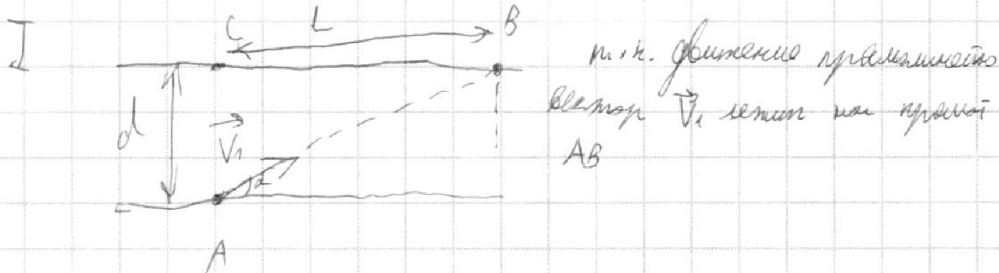
$$V = ?$$

$$S = ?$$

Решение:

Пусть u — собственная скорость лодки
(по условию она всегда одинакова)
Пусть в первом случае скорость лодки направлена
под углом α к горизонту (а не является т. н. движением прямолинейно)
(в первом заходе)

Во втором V_2 под углом β



из ΔABC

$$\Rightarrow AB = \sqrt{BC^2 + AC^2}$$

$$AB = \sqrt{2500 + 14400} \text{ м} = 130 \text{ м.}$$

$$V_1 \cdot T_1 = AB$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{AB}{T_1}$$

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

Теперь посчитаем V_2 второй заход;

Продолжение на следующей странице



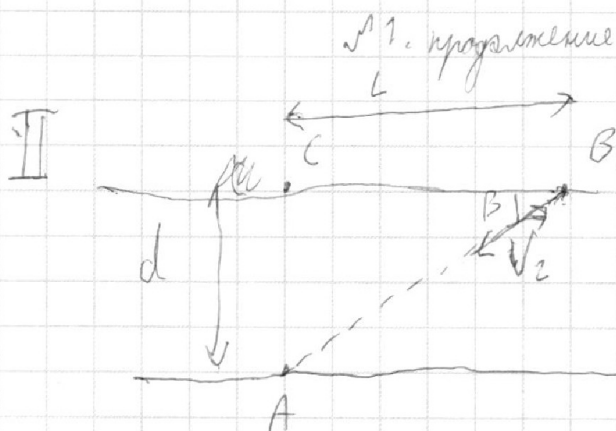
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$U_{\text{своб}} = 240 \text{ В}$$

$$U_{\text{своб}} = 240 \text{ В}$$

$$U_{\text{своб}} = 240 \text{ В}$$

V_1 лежит на АВ V_2 лежит на АВ

$$AB = V_2 \cdot T \Rightarrow V_2 = \frac{AB}{T}$$

$$V_2 = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

Найдём вертикальную составляющую

Пусть у пловца собственная скорость и направление под углом α_1 к горизонту в первом заплыве и углом α_2 во втором заплыве

$$d = T_1 \cdot u \sin \alpha_1 = T_2 \cdot u \sin \alpha_2$$

Продолжение на другой странице

$$L = T_1 (u \cos \alpha_1 + V) = T_2 (u \cos \alpha_2 + V)$$

Найдём $\cos \alpha$ $u \cos \alpha$; $\cos \alpha = \frac{L}{AB} = \frac{12}{13}$; $\cos \beta = \frac{L}{AB} = \frac{12}{13} = \cos \alpha$

В первом заплыве $L = T_1 \cdot (V + V_1 \cos \alpha)$ $L = V_1 \cos \alpha$

$$V_1 = V_2 \cdot \sin \alpha = \frac{5}{13} \cdot \frac{13}{10} = \frac{1}{2} \text{ м/с}$$

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{5}{13} = \frac{13}{24} \cdot \frac{5}{13} = \frac{5}{24}$$

В втором заплыве $L = T_2 \cdot V_2 \cos \alpha$

$$100 \cdot V_1 = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50$$

$$240 \text{ В} + 240 \text{ В}_2 = 120$$

$$V_{\text{св}} = V_{\text{св}}$$

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. продолжение:

Пусть v_{x1} - скорость поезда по горизонтали в первом замке, v_{x2} - во втором

Пусть в первом v_{x1} сонаправлено с V тогда $T_1(v_{x1} + V) = L = 120 = 100v_{x1} + 100V$

Во втором замке она направлена в противоположную сторону, т.е. имеет знак минус, тогда
 $T_2(v_{x2} - V) = L = 120 = 240v_{x2} - V \cdot 240$

Вычтем из второго уравнения первое и получим: $0 = -340V + 240v_{x2} - 100v_{x1}$
 $340V = 240v_{x2} - 100v_{x1}$
или так зам зам

$$v_{x1} = 240v_{x2} - 340V - 100v_{x1} \quad \text{или} \quad 240V = 100(v_{x2} - 2,4v_{x1})$$

v_{y1} - скорость по вертикали в первом замке; v_{y2} - во втором

$$v_{y1} = \frac{d}{T_1} = \frac{50 \text{ м}}{100 \text{ с}} = \frac{1}{2} \text{ м/с} = 0,5 \text{ м/с} \quad v_{y2} = \frac{50 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{5}{24} \text{ м/с}$$

v_{x1}' - скорость по горизонтали в первом замке; v_{x2}' - во втором

$$v_{x1}' = V_1 \cdot \cos \alpha = 13 \text{ м/с} \cdot \frac{12}{13} = 12 \text{ м/с} = \frac{12}{10} \text{ м/с} = \frac{6}{5} \text{ м/с}$$

$$\cos \alpha = \cos \beta = \frac{12}{13} \quad v_{x2}' = V_2 \cos \alpha = \frac{13}{24} \text{ м/с} \cdot \frac{12}{13} = 0,5 \text{ м/с}$$

$$(v_{x1}' - V)^2 + v_{y1}^2 = (v_{x2}' + V)^2 + v_{y2}^2 = u^2 \quad \left(\text{или } u^2 = v_{y1}^2 + v_{x1}^2 \right)$$

$$\frac{1}{u} - V + V^2 + \frac{1}{4} = \frac{36}{25} - \frac{12}{5}V + V^2 + \frac{1}{4} = \frac{1}{u} + V + V^2 + \frac{25}{242}$$

$$\frac{12+5}{5}V = \frac{36}{25} - \frac{25}{242} - \text{если } V \text{ так зам}$$

или $V = 0$

или по условию в первом замке
 v_{x1} направлено вправо $V \Rightarrow$ тогда получим

знак
Продолжение на следующей странице

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!



или V_{x1} и V_{x2} 6 км/ч

Алекс $(v_{x1} + V)^2 + v_{y1}^2 = (v_{x2} + V)^2 + v_{y2}^2$

$$\frac{36}{25} + \frac{72}{5}V = V + \frac{25}{24^2}$$

$$\frac{12-5}{5}V = \frac{25}{24^2} - \frac{36}{25} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} < 0$$

$\Rightarrow$ такое не может быть

$$\frac{14}{5}V = \frac{36 \cdot 24^2 - 25^2}{25 \cdot 24^2}$$

$$V = \frac{36 \cdot 24^2 - 25^2}{14 \cdot 5 \cdot 24^2} \text{ м/с}$$

$$25^2 < 24^2 \cdot 36 \Rightarrow V \approx \frac{24 \cdot 36 \cdot 24^2}{14 \cdot 5 \cdot 24^2} \text{ м/с}$$

$$V \approx \frac{36}{14 \cdot 5} \text{ м/с} = \frac{36}{75} \text{ м/с}$$

Найдем u и тогда $u^2 = \frac{1}{4} + V + V^2 + \frac{25}{24^2} = \frac{1}{16} + \frac{36}{45} + \frac{11}{45} + \frac{25}{24^2}$

$$\Rightarrow u = \sqrt{V^2 + K} \quad \text{где } K - \text{какое-то целое число}$$

$\Rightarrow u > V$ (т.е. $\sqrt{V^2 + K} > \sqrt{V^2}$)
 $\Rightarrow$ такое не может быть, когда $u = V$

или т.е. $v_2 = V$

$$\Rightarrow \zeta = 0$$

Продолжение на другой
странице

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 24 \\ + 96 \\ \hline 576 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 576 \\ 576 \\ + 3456 \\ \hline 1728 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20436 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 25 \\ + 125 \\ \hline 3125 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20436 \\ - 3125 \\ \hline 20121 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20121 \\ - 12 \\ \hline 20109 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20109 \\ - 31 \\ \hline 20078 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20078 \\ - 141 \\ \hline 19937 \end{array}$$



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!

Ответ: $V_1 = 1,3 \text{ м/с.}; V_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с.}; V_3 = \frac{36}{45} \text{ м/с.}; S = 0$

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!



№2 продолжение

Разделим (2) на (1) и получим:

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

$$H = 4H - 4h$$

$$3H = 4h$$

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

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

$$\frac{54 \cdot 4}{10 \cdot 3} = \frac{54 \cdot 4 \cdot 18}{10} =$$

$$= \frac{40 + 32}{10} = 7,2$$

Теперь найдем T_0 , зная H

$$\frac{T_0^2 g}{2} = H \Rightarrow T_0^2 g = 2H \Rightarrow T_0^2 = \frac{2H}{g} \Rightarrow T_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$T_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,2}{10}} \text{ с.} \quad \text{или}$$

$$T_0 = \sqrt{\frac{24}{10}} \text{ с.} \quad T_0 = 2,4 \text{ с.}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 42 \\ \hline 48 \\ 840 \\ \hline 1008 \end{array}$$

t_1 - время через которое мяч после соударения со стеной упадет на пол

$$t_1 + t_3 = \frac{1}{2} T_0 \quad (\text{время движения мяча выше высоты H})$$

$$t_3 = \frac{1}{4} T_0$$

$$t_1 = \frac{1}{2} T_0 - t_3 = \frac{1}{2} T_0 - \frac{1}{4} T_0 = \frac{1}{4} T_0$$

$$t_1 = \frac{1}{4} \cdot 2,4 \text{ с.} \quad t_1 = 0,6 \text{ с.}$$

Теперь будем искать U

Продолжение на другой странице

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!



л 2 продолжение

Перейдем в С.О. в которой стена неподвижна. Тогда на стену летит мяч с горизонтальной скоростью $v' = v_x + U$

После упругого удара мяч летит относительно стены назад по направлению со скоростью $v' = v_x + U$ теперь перейдем обратно в С.О. Земли
 v_{x0} - новая скорость мяча по горизонтальной составляющей мяча после абс. упр. удара со стеной

$$v_{x0} = v' - (-U) = v' + U = v_x + U + U = v_x + 2U$$

Поскольку вертикальная составляющая скорости v_y не меняется по время падения после удара со стеной не меняется v_y и остается равной t_1

Теперь возможны два случая в зависимости от того, предполагается что она соударилась с мячом в той же точке или всё-таки отскочила на H , но так же будем считать, что в той же точке, т.е. считаем всё-таки в мячике)

Поскольку вертикальная составляющая скорости не меняется по время падения после удара со стеной не меняется и остается равной t_1

$$d = t_1 \cdot v_{x0} - t_1 v_x = t_1 (v_x + 2U - v_x) = 2U t_1$$

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

$$U = \frac{1,8}{2 \cdot 0,6} \text{ м/с} = 1,5 \text{ м/с}$$

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

Продолжение на другой странице

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!

22 продолжение

$v_x \cdot T_0 = 4l_2$ ($4l_2$ - общий путь, который пролетел мяч за T_0 ($l_2 + 3l_2 = 4l_2$))
 $\Rightarrow \frac{l_2}{v_x} = \frac{1}{4} T_0$ (*)

Найдём t_3 - время движения мяча от наибольшей высоты H до удара со стеной на высоте h

За время t_3 мяч пройдёт путь $l_1 = 4l_2 - 2l_2 - l_2$ ← путь после удара о стену
 $l_1 = l_2$ ↑ общий путь ↑ путь до удара на H

$$t_3 \cdot v_x = l_2$$

$$t_3 = \frac{l_2}{v_x} \text{ из (*)} \Rightarrow t_3 = \frac{1}{4} T_0$$

В наиб. высоте подъёма H скорость мяча $v_y = 0$ ⇒ в этот момент времени t_3 он движется без начальной скорости под действием ускорения g

Δh - на сколько он опустился за время t_3

$$\Delta h = H - h \quad ; \quad \Delta h = \frac{gt_3^2}{2} \quad H - h = \frac{gt_3^2}{2} \quad \text{подставим } t_3: H - h = \frac{g \cdot \left(\frac{1}{4} T_0\right)^2}{2}$$

Также знаем, что $H = \frac{g \cdot \left(\frac{1}{2} T_0\right)^2}{2}$ (мяч от пола будет без начальной скорости под ускорением g и как раз к моменту удара через $t_2 = \frac{1}{2} T_0$)

$$\begin{cases} H - h = \frac{g T_0^2}{32} & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} H = \frac{g T_0^2}{8} & (2) \end{cases}$$

Продолжение на другой странице



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!

№2 продолжение

Ответ: $M = 4,2 \text{ м.}; t_1 = 0,6 \text{ секунды}; U = 1,5 \text{ м/с.}$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

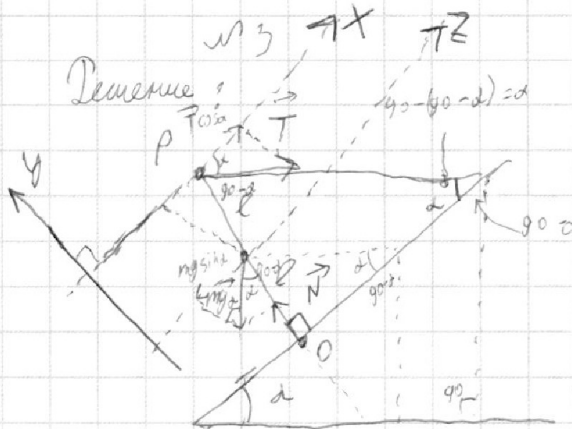
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



ось $X \perp$ склону
ось $Z \perp$ склону
ось $Y \perp$ оси X



$$\begin{array}{r} \times 17,3 \\ 3,5 \\ \hline 519 \\ + 549 \\ \hline 60,55 \end{array}$$

Дано:
 $T = 17,3 \text{ Н}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\alpha = 30^\circ$
 $m = ?$
 $F_{\text{тр}} = ?$
 $\mu = ?$

Пусть ℓ - половина длины скатина

На рисунке показаны все упр., которые можно было бы

привести к силе на ось

Примем проекции на ось X и ось Z .
(т.к. они действуют на скатине и есть они на проекции F проекции), то они равны оси $(\cdot) 0$)

$$\begin{array}{r} \times 17,3 \\ 2 \\ \hline 346 \end{array}$$

$$T \cdot \cos \alpha \cdot 2\ell = mg \sin \alpha \cdot \ell$$

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

$$17,3^2 = 2,9939 \approx \sqrt{3} \Rightarrow 17,3 \approx \sqrt{3} \Rightarrow m \approx 2 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 6 \text{ м.}$$

Пусть N - сила реакции опоры со стороны поверхности на

скатине

ось Y : $N = T \sin \alpha + mg \cos \alpha$ (следует из $\sum F_y = 0$: $N = T \sin \alpha + mg \cos \alpha$)

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu T \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = \mu [T \sin \alpha + mg \cos \alpha] =$$

$$= \mu \cdot \left(17,3 \cdot \frac{1}{2} + 10 \cdot 2 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \mu \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 17,3 + 17,3 \cdot 3 \right) = \mu \cdot 3,5 \cdot 17,3$$

$$\begin{array}{r} \times 17,3 \\ 3,5 \\ \hline 519 \\ + 549 \\ \hline 60,55 \end{array}$$

Прогрессивная на другой скатине ($= 60,55 \mu$)

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 продолжение

Запишем правильно наметки для (1) Р (условие что стержень не прокатывается)

$$F_{\text{тр}} \cdot 2l \geq mg \sin \alpha \cdot l$$

(1) т.к. чл. не устраивает тогда сила трения больше чем нагрузка, т.к. она действует только при "покое" стержня (прокатывается же)

$$\mu N \cdot 2 \geq mg \sin \alpha$$

$$\mu \geq \frac{mg \sin \alpha}{2N}$$

$$\mu \geq \frac{2 \cdot 1,73 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}}{2 \cdot 3,5 \cdot 17,3}$$

$$\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{4 \cdot 17,3}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{17,3} \approx \frac{1,73}{17,3} \approx 0,1$$

Ответ: $m = 3,46 \cdot \sqrt{3} \text{ кг} (\approx 6 \text{ кг})$; $F_{\text{тр}} = \mu \cdot 60,55 \text{ Н}$, где

$$\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{4} ; \mu \geq \frac{\sqrt{3}}{4}$$

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!

Дано:

$$V = 1 \text{ м}^3 = 10^{-3} \text{ м}^3$$

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

$$R = 25 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$P(t)$$

$$T = 180 \text{ с}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$C = 4200 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{н}} = ?$$

$$t_1 = ?$$

Решение:

$$P_{\text{н}} = \frac{U^2}{R}; P_{\text{н}} = \frac{10000}{25} \text{ Вт}$$

$$P_{\text{н}} = 400 \text{ Вт}$$

Найдем m -массу воды

$$m = \rho V; m = 1000 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 1 \text{ кг}$$

Посчитаем сколько тепла потребовалось за время T . Пусть это Q_0 . Эта величина численно равна

площади под графиком за время T . (м.к. график $P(t)$)

$$Q_{\text{нагр. в}} = \int_0^T P(t) dt = \int_0^T U \cdot I(t) dt = U \cdot \int_0^T I(t) dt = U \cdot Q$$

Так как зависимость P (мощности нагревателя) от t графически имеет вид: $P(t) = K \cdot t + b$ (в том же как зависит $P(t)$)

$$P(t) = K \cdot t + b$$

Возьмем точку $t=0$, $P=100 = K \cdot 0 + b \Rightarrow b = 100 \text{ Вт}$

Возьмем другую точку $t=100 \text{ с}$, $P=200 \text{ Вт} = K \cdot 100 + 100 \Rightarrow K = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$

Посчитаем чему равно $\int_0^T P(t) dt$ в момент времени T :

$$P^1 = 180 \cdot K + b \Rightarrow P^1 = (180 + 100) \text{ Вт} = 280 \text{ Вт}$$

$$Q_0 = \int_0^T P(t) dt = \frac{180 \cdot (280 - 100)}{2} + 100 \cdot 180 \quad \text{МДж} = 180 \cdot 190 \text{ МДж}$$

$\int_0^T P(t) dt$

$\int_0^T P(t) dt$

Перенесем на другую сторону

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!



м ч продолжение

$$Q_0 = 34200 \text{ Аж}$$

Или же, т.к. зависимость известна можно сразу найти
рассчитать P_{cp} и $Q_0 = P_{cp} \cdot T$, тогда сразу будет тот же
результат

$$P_{cp} = \frac{P(0) + P(120)}{2} = \frac{100 + 280}{2} = 190 \text{ Вт}$$

$$Q_0 = P_{cp} \cdot T = 190 \cdot 180 \text{ Аж} = 34200 \text{ Аж}$$

Составим УТБ:

$$m \cdot C \cdot (\tilde{T}_1 - \tilde{T}_0) = P_n \cdot T - Q_0$$

или то же самое формула

← м-в балансе выделяется из-за теплоотдачи

$$C m \tilde{T}_1 = P_n T - Q_0 + C m \tilde{T}_0$$

$$P_n T - Q_0 = P_n T - P_{cp} T = T(P_n - P_{cp})$$

$$\tilde{T}_1 = \frac{P_n T - Q_0 + C m \tilde{T}_0}{C m} \quad \text{или} \quad \tilde{T}_1 = \frac{T(P_n - P_{cp}) + C m \tilde{T}_0}{C m}$$

$$P_n T = 180 \cdot 400 \text{ Вт} =$$

$$\tilde{T}_1 = \frac{180 \cdot (400 - 190) + 4200 \cdot 1 \cdot 16}{4200 \cdot 1} = 16 + \frac{180 \cdot 210}{4200} \text{ } ^\circ\text{C} =$$

$$= \frac{21 \cdot 18}{42} + 16 \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{18}{2} + 16 \text{ } ^\circ\text{C} = 9 + 16 \text{ } ^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$$

Ответ: $P_n = 400 \text{ Вт}$; $\tilde{T}_1 = 25^\circ\text{C}$

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!



по 5-е выражение

$$P = I_0^2 R_{11} + I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_0^2 R_{22} =$$

$$= I_0^2 (R_{11} + R_{22}) + I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

||
по 4-е
по 3-е
по 2-е

$$P = 3^2 \cdot 40 + 2^2 \cdot 30 + 1^2 \cdot 60 \quad P_T = 9 \cdot 40 + 60 \cdot 2 + 60 \cdot 1 =$$
$$= 60 \cdot 3 + 90 \cdot 1 \quad P_T = 180 + 810 \quad P_T = 990 \text{ Вт}$$

Ответ: $I_2 = 1 \text{ А}$; $P = 990 \text{ Вт}$

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!



№5.

Дано:

$$R_1 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 60 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 2 \text{ А}$$

$$I_2 = ?$$

$$P = ?$$

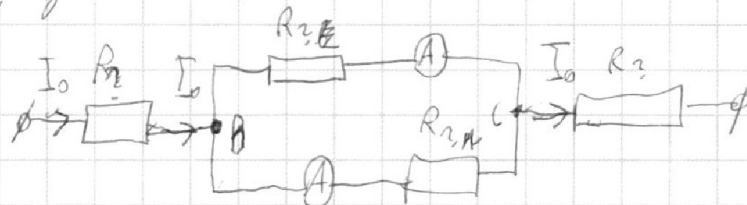
Решение:

R_1 - сопротивление двух резисторов по 30 Ом

R_2 - сопротивление двух резисторов по 60 Ом

Нарисуем эквивалентную схему:

R_3 - значение неизвестно, какое именно резистор;



I_0 - общий ток в ветви

Заметим, что ветви соединены параллельно в точках B и C

$$\Rightarrow U_1 = U_2$$

напряжения на ветви B-C

напряжения на ветви B-C

напряжения на ветви B-C

Пусть ветвь B-C с амперметром с наибольшим показанием т.е. по ней течет ток I_1 (без разницы, по ветви или ветви на продолжении I_1 , т.к. пока резисторы не отмечены они абс. симметричны)

Пусть в ветви цепи $R_2 = R_6$

$$R_2 = R_6$$

$$U_1 = U_2$$

$$U_1 = I_1 R_6$$

$$U_2 = I_2 R_4$$

$$I_1 R_6 = I_2 R_4$$

$$\frac{R_4}{R_6} = \frac{I_1}{I_2}, \text{ т.к. } I_1 > I_2 \Rightarrow \frac{R_4}{R_6} > 1 \Rightarrow$$

Продолжение на другой странице

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

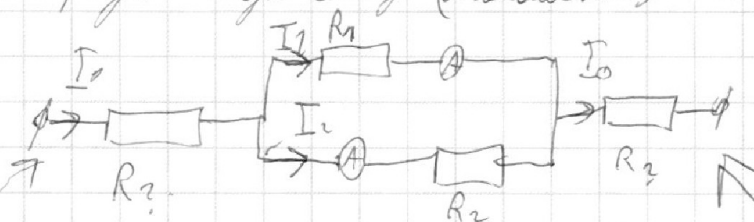
$$\Rightarrow \frac{R_H}{R_E} > 1 \Rightarrow R_H > R_E \Rightarrow R_H = 60 \text{ Ом}$$

$$R_E \leq 30 \text{ Ом.}$$

(т.е. для ветви, где больший ток стоит резистор с меньшим сопротивлением, для другой ветви где меньше I_2 с меньшим сопр.)

↑ (важно что мы брали за ноль, а что за вет.)

уд. Находим по той схеме (эквивалентно по знам R_1 и R_2)



$$U_1 = I_1 R_1 = U_2 = I_2 R_2 \Rightarrow I_2 = \frac{I_1 R_1}{R_2}$$

$$I_1 = \frac{2 \text{ А} \cdot 30 \text{ Ом}}{60 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

$$I_0 = I_1 + I_2 ; I_0 = 1 \text{ А} + 2 \text{ А} = 3 \text{ А}$$

Пусть первый резистор $R_1 = R_{1,1}$ Второй $R_2 = R_{2,2}$

т.е. у нас осталась только один рез. 60 Ом и один 30 Ом мы

$$\text{знаем, что } R_{1,1} + R_{2,2} = 60 \text{ Ом} + 30 \text{ Ом} = 90 \text{ Ом}$$

Посчитаем теперь P

Продолжение на другой странице

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!

Дано:

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m = ?$$

$$F_{\text{нр}} = ?$$

$$\mu = ?$$

Решение

Находим угол на рисунке

Распишем проекции векторов от (1) стороны не вращаемся

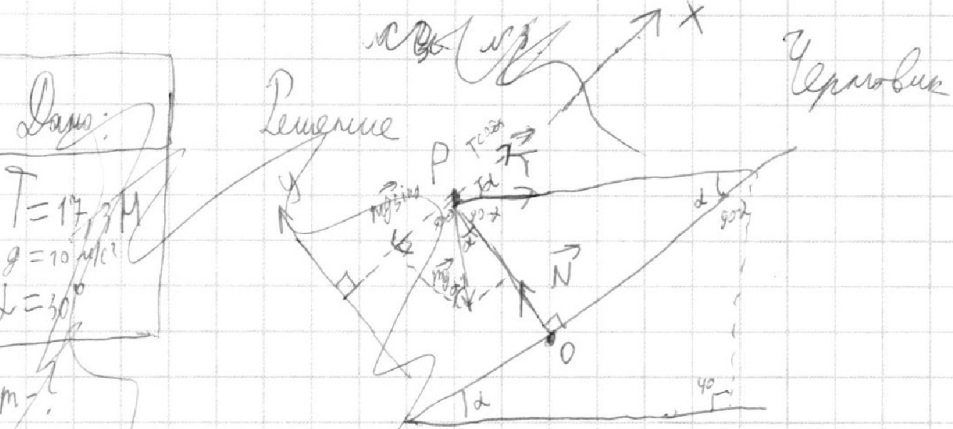
$$\Rightarrow m g \sin \alpha \cdot OP = T \cdot \cos \alpha \cdot OP$$

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

$$1,73^2 = 2,9929 \approx 3 \Rightarrow 1,73 \approx \sqrt{3} \Rightarrow m \approx \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \text{ кг} = 3 \text{ кг}$$

Получаем не подходит

$$\text{Рассмотрим силы по оси } y \text{ сбалансированы} \Rightarrow T \sin \alpha + m g \cos \alpha = N$$



$$\begin{array}{r} 1,73 \\ \times 1,73 \\ \hline 2,9929 \end{array}$$