



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

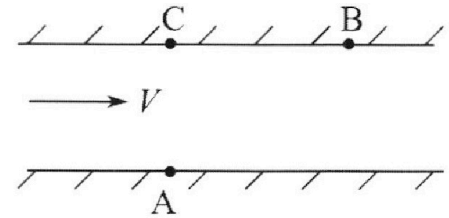
Вариант 09-02

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.

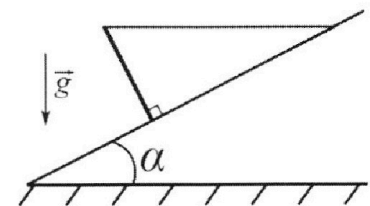
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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>.



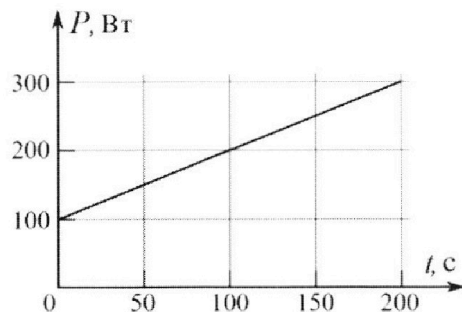
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

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  $t_0 = 16$  °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  $t_1$  воды через  $T = 180$  с после начала нагревания.

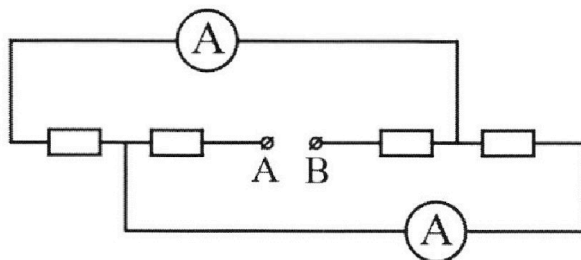
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).

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!



№ 1.

Дано:

$$AC = d = 50 \text{ м.}$$

$$CB = L = 120 \text{ м.}$$

$$T_1 = 100 \text{ с.}$$

$$T_2 = 240 \text{ с.}$$

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$

$$V = ?$$

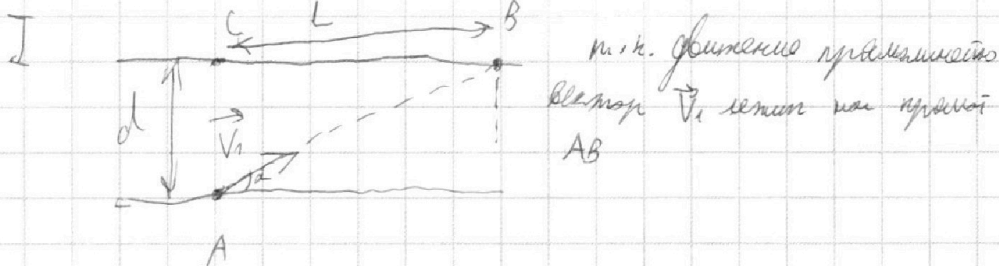
$$S = ?$$

Решение:

Пусть  $u$  - скалярная скорость плывца  
(по условию она всегда отрицательна) в коор. системе отсчета  $(V, t)$

Пусть в первом случае скорость плывца направлена под углом  $\alpha$  к горизонтальной (а не вертикальной, т.к. движение плывца) (в первом заплыве)

Во втором  $V_2$  под углом  $\beta$



т.к. движение плывца относительно вектора  $\vec{V}$  лежит на прямой AB

из  $T_1$  путь  $s$  ABC

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

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

$$V_1 \cdot T_1 = AB$$

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

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

Теперь посчитаем  $V_2$  второй заплыв;

Продолжение на следующей странице



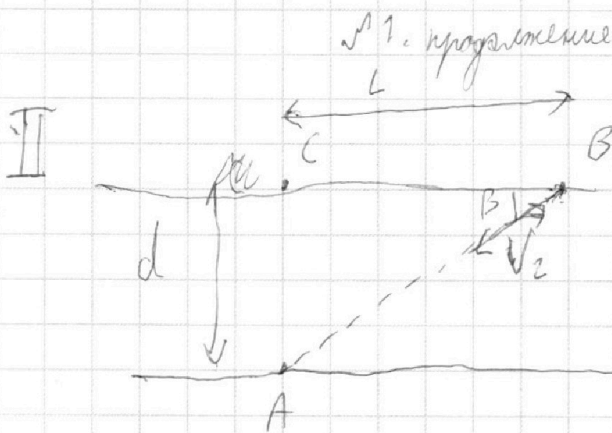
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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



$U_{\text{зад}} = 240 \text{ В}$   
 $U_{\text{нз}} = 130 \text{ В}$   
 $\cos \alpha = 0.8$   
 $\cos \beta = 0.7$

$V_2$  лежит на AB по теореме синусов  
 при этом проекция  $V_1$  лежит на AB

$$AB = V_2 \cdot T \Rightarrow V_2 = \frac{AB}{T} \quad V_2 = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

Найдем вертикальную составляющую

Пусть у пловца собственная скорость и направление под углом  $\alpha$  к горизонту в первом заплыве и углом  $\beta$  во втором заплыве

Прогнание на другой стороне

$$d = T_1 \cdot u \cdot \sin \alpha = T_2 \cdot u \cdot \sin \beta$$

время плыви                      время плыви

$$L = T_1 (u \cos \alpha + V) = T_2 (u \cos \beta + V)$$

Найдем  $\cos \alpha$  и  $\cos \beta$ ;  $\cos \alpha = \frac{L}{AB} = \frac{12}{13}$ ;  $\cos \beta = \frac{L}{AB} = \frac{12}{13} = \cos \alpha$

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

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

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

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

$100 \cdot V_2 = 100 \cdot \frac{5}{24} = 20.8$

$240 \text{ В} + 240 \cdot \frac{5}{24} = 240 + 50 = 290$

$V_{\text{нз}} = V_{\text{пл}} = 290$

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!

1. продолжение:

Пусть  $v_{x1}$  - скорость плавка по горизонтали в первом записе,  $v_{x2}$  - во втором

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

Во втором записе она противоположна т.е.  $v_{x2}$  и  $V$  не просто разные знаки;

$$T_2(v_{x2} - V) = L = 120 = 100v_{x2} - 100V$$

Вычитая из которой получаем первое и получаем:  $0 = -340V + 100v_{x2} - 100v_{x1}$   
 $340V = 100(2,4v_{x2} - v_{x1})$   
 если  $v_{x1}$  в том же направлении

$$v_{x1} = 2,4v_{x2} - 240V = 100V - 100v_{x2} \Rightarrow 2,4v_{x2} = 100(v_{x2} - 2,4v_{x2})$$

$v_{y1}$  - скорость по вертикали в первом записе;  $v_{y2}$  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 при записе по гориз. в том же направлении;  $v_{x2}'$  - во втором

$$v_{x2}' = v_{x1} \cdot \cos \alpha = 1,3 \text{ м/с} \cdot \frac{12}{13} = 1,2 \text{ м/с} = \frac{12}{10} \text{ м/с} = \frac{6}{5} \text{ м/с}$$

$$\cos \alpha = \cos \beta = \frac{12}{13} \quad v_{x1}' = v_{x2} \cos \alpha = \frac{13}{24} \text{ м/с} \cdot \frac{12}{13} = 0,5 \text{ м/с}$$

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

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

$$\frac{12+5}{5}V = \frac{36}{25} - \frac{25}{242} \quad \text{если в том же направлении с } v_{x1}$$

~~мы не знаем~~

если  $v_{x1}$  направлено в первом записе  $v_{x2}$  противоположно  $V \Rightarrow$  тогда получим

знак  
 Программист на странице 1112

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 продолжения  
или  $V$  и  $v_1$   $v_2$  в том же

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

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

$$\frac{12-5}{5}V = \frac{25}{24^2} - \frac{36}{25} < 0$$

$\Rightarrow$  такое не может быть

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 24 \\ + 96 \\ \hline 576 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 576 \\ 36 \\ + 3456 \\ \hline 1728 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} \times 25 \\ 25 \\ + 125 \\ + 50 \\ \hline 2075 \end{array} \quad \begin{array}{r} 20736 \\ - 525 \\ \hline 20111 \end{array}$$

$$V = \frac{36 \cdot 24^2 - 25^2}{17.5 \cdot 24^2} \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} 20111 \\ - 12 \\ \hline 31 \\ - 12 \\ \hline 141 \\ - 136 \\ \hline 5 \end{array}$$

$$25^2 < 24^2 \cdot 36 \Rightarrow V \approx \frac{36 \cdot 24^2}{17.5 \cdot 24^2} \text{ м/с}$$

$$V \approx \frac{36}{17.5} \text{ м/с} = \frac{36}{75} \text{ м/с}$$

Получим  $u$  тогда  $u^2 = \frac{1}{4} + V + V^2 + \frac{25}{24^2} = \frac{1}{4} + \frac{36}{75} + \frac{11}{75} + \frac{25}{24^2}$

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

$\Rightarrow u \rightarrow V$  (т.е.  $\sqrt{V^2 + K} \approx \sqrt{V^2}$ )  
 $\Rightarrow$  может быть только так, когда  $K=0$

или т.е.  $v_2 = V$

$\Rightarrow \zeta = 0$

Продолжение на другой листе



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 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!

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
<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

Дополним (2) как (1) и получим:

$$\frac{M}{M-h} = 4 \quad M = 4M - 4h \quad 3M = 4h \quad M = \frac{4}{3}h$$

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

$$\frac{54 \cdot 4}{70 \cdot 3} = \frac{54 \cdot 4 \cdot 18}{10} =$$

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

Теперь найдем  $T_0$ , зная  $M$

$$\frac{T_0^2 g}{8} = M \Rightarrow T_0^2 g = 8M \Rightarrow T_0^2 = \frac{8M}{g} \Rightarrow T_0 = \sqrt{\frac{8M}{g}}$$

$$T_0 = \sqrt{\frac{8 \cdot 7,2}{100}} \text{ с.} \quad \text{Вот}$$

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

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

$t_1$  - время через которое мая после соударения со стержней упадет на назад

$$t_1 + t_3 = \frac{1}{2} T_0 \quad (\text{время движения мая к высоте } H)$$

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

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

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

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!

№ 2 продолжение

Перейдем в С.О. в которой стена неподвижна. Тогда на стену летит мяч с горизонтальной скоростью  $v^1 = v_x + U$

После упругого удара мяч отскочит от стены назад по направлению со скоростью  $v^2 = v_x + U$  теперь перейдем обратно в С.О. Земли  $v_{x0}$  - новая скорость мяча по горизонтальной составляющей

мяча после абс. упр. удара со стеной

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

Так как вертикальная составляющая скорости мяча не меняется то время падения после удара со стеной не изменится и останется равным  $t_1$

Теперь возможно два случая в зависимости от того, предполагается что она соударилась с мячом в той же точке или всё-таки соударилась на  $H$ , мяч в будущем считать, что в той же точке, т.е. считать всё-таки в масштабе)

Так как вертикальная составляющая скорости не меняется то время падения после удара со стеной не изменится и останется равным  $t_1$

$$d = t_1 \cdot v_{x0} - t_1 v_x = t_1 (v_x + 2U - v_x) = 2Ut_1$$

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

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

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

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



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



№ 2

**Дано:**  
 $h = 5,4 \text{ м}$   
 $l_1 = 3l_2$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $d = 1,8 \text{ м}$

**Решение:**  
 $l_1$  - расстояние от точки старта до стены  
 $l_2$  - расстояние от стены до точки падения мяча на площадку.

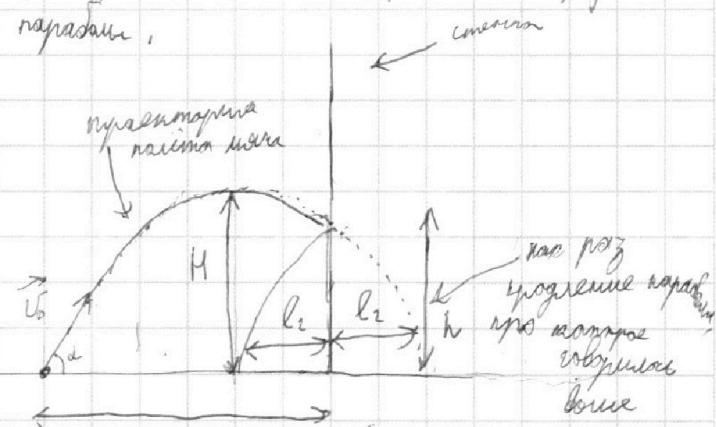
При абсолютно упругом ударе скорости по вертикали (верт. сост. скорости) остаются такой же как и до удара (и по направлению и по величине), а  $v_x$  горизонтальная составляющая <sup>сохраняется</sup> остается такой же по величине, но меняет направление.

$H = ?$   
 $t_1 = ?$   
 $v = ?$

$\Rightarrow$  Мы можем считать для упрощения вычисления, что мяч проходит движение по траектории параболы.

**Ищем:**

$v_0$  - начальная скорость мяча  
 $d$  - угол под которым от ~~начальной~~ <sup>начальной</sup> точки



Пусть  $T_0$  - время всего полета  $l_1 = 3l_2$  \* (удар со стеной, проверим после времени  $H$ , т. е.  $l_1 > l_2$ )

Максимальная высота подъема будет когда  $v_y$  (для верт. составляющей скорости)  $= 0$   
 и это будет через  $\frac{1}{2} T_0$   $\left( H = \frac{g t_1^2}{2} \quad \frac{t_2^2 g}{2} = H \Rightarrow t_1^2 = t_2^2 \quad t_1 + t_2 = 2t_1 = T_0 \Rightarrow t_1 = t_2 = \frac{1}{2} T_0 \right)$   
 $t_1$  - время подъема;  $t_2$  - время падения

Пусть  $v_x$  - это горизонтальная составляющая скорости (она постоянна)  
 и время прохождения на этой скорости

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!

ср. программа

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

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

За время  $t_3$  мяч пролетит путь  $l_1 = 4l_2 - 2l_2 - l_2$  ← путь после удара о стену

$l_1 = l_2$  ↑ общий путь    ↑ путь до удара на  $H$

$$t_3 \cdot v_x = l_2$$

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

В наиб. высоте проекция  $M$  скорости мяча  $v_y = 0$  ⇒ в этот момент времени  $t_3$  мяч движется без начальной скорости под действием ускорения  $g$

$\Delta h$  - на сколько он опустится за время  $t_3$

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

Также знаем, что  $M = \frac{g \cdot \left(\frac{1}{2} T_0\right)^2}{2}$  (мяч от пола будет без начальной скорости под ускорением  $g$  и как раз в этот момент упадёт через  $t_2 = \frac{1}{2} T_0$ )

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

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

Программа 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
<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*

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!



Дано:

$T = 17,3 \text{ Н}$

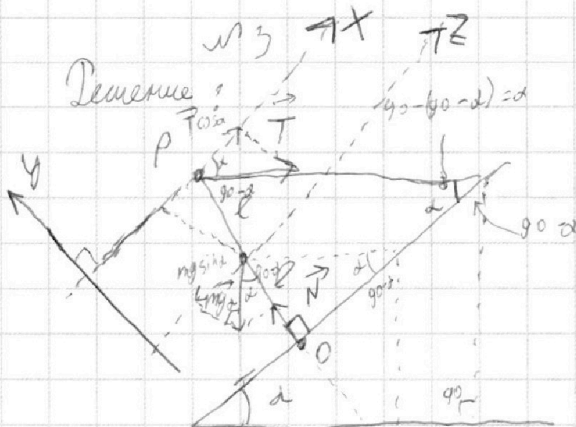
$g = 10 \text{ м/с}^2$

$d = 30^\circ$

$m = ?$

$F_{\text{тр}} = ?$

$\mu = ?$



ось X  $\perp$  стене

ось Z  $\perp$  стене

ось Y  $\perp$  оси X

$$\begin{array}{r} \times 17,3 \\ 3,5 \\ \hline 579 \\ \hline 60,55 \end{array}$$

Пусть  $\ell$  - половина длины стены

На рисунке показаны все упр., чтобы можно было сразу

проектировать силы на ось

Примем начало координат точки (0,0), взяв проекции сил на ось X и ось Z

(м.к.м. они уже действуют на поверхность и если они на грани [проекции], то они для проекции равны (0,0))

$$\begin{array}{r} \times 17,3 \\ 2 \\ \hline 34,6 \end{array}$$

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

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

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

Пусть N - сила реакции опоры со стороны поверхности на стену

ось Y:  $N = T \sin d + mg \cos d$  (или следует из  $\sum F_x = 0$   $\Rightarrow N = T \sin d + mg \cos d$ )

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu T \sin d + \mu mg \cos d = \mu (T \sin d + mg \cos d) =$$

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

$$\begin{array}{r} \times 17,3 \\ 3,5 \\ \hline 579 \\ \hline 60,55 \end{array}$$

Прогнозируются на другой странице (= 655  $\mu$ )

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

№3 продолжение

Затем правильно наметать стм (·) P (условие что стержень не прокатывается)

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

(↑, т.к. члс удерживает ползу шва средняя больше чем ползу  
для =, т.к. она возмещает только при "покате" стержня прокатываться (м.с.))

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

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

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

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

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

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

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

$$T_0 = 16^\circ \text{C}$$

$$R = 25 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$P(t)$

$$T = 180 \text{ с}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

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

$$P_{\text{н}} = ?$$

$$T_{\text{н}} = ?$$

реш.

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

$$Q_0 = \int_0^T P(t) dt = \int_0^T (U - I R) I dt = \int_0^T (U I - I^2 R) dt$$

Так как зависимость  $P$  (мощности электропитания) от  $t$  неизвестна, найдем её уравнение (в том же как зависит  $P(t)$ )

$$\text{Возьмем } P(t) = K \cdot t + b$$

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

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

Посчитаем чему равна  $Q_0$  (мощность в момент времени  $T$ ):

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

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

$\int_{\text{средн}}$

$\int_{\text{средн}}$

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!



м ч *прозрачные*

$$Q_0 = 34200 \text{ Аж}$$

Или же, т.к. зависимость линейная можно ~~да~~ *Брент* посчитать  $P_{cp}$  и  $Q_0 = P_{cp} \cdot T$ , тогда сразу найти *такой 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:

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

*или до* ↑ *температура газа* *температура*

← *м-в* *кондонне* *улучшение* *из-за* *маленького*

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

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

$$P_H T - Q_0 = 180 \cdot 400 \text{ Вт} =$$

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

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

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

$$\begin{array}{r} \times 190 \\ 180 \\ \hline + 15200 \\ 19 \\ \hline 34200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 180 \\ 190 \\ \hline + 77100 \\ 19 \\ \hline 36190 \\ - 36100 \\ \hline 90 \end{array}$$



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!

по 5-му выражению

$$P = I_0^2 R_{21} + I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_0^2 R_{22} =$$

$$= I_0^2 (R_{21} + R_{22}) + I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

||  
90 Ом  
по 1-му  
выражению

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

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

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!



№5.

Дано:

$$R_1 = 30 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 60 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 2 \text{ А}$$

$I_2 = ?$

$P = ?$

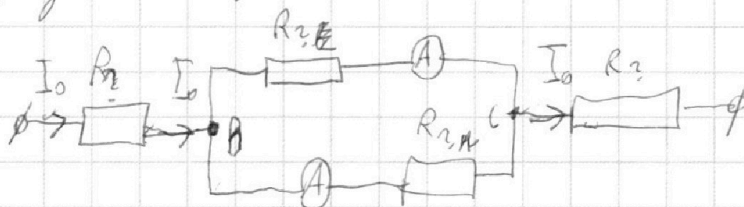
Решение:

$R_1$  - сопротивление двух резисторов по 30 Ом

$R_2$  - сопротивление двух резисторов по 60 Ом

Схематически эквивалентную схему:

$R_3$  - значение неизвестно, так как значение резистора;



$I_0$  - общий ток во всем

Заметим, что ветви соединены параллельно в точках B и C

$$\Rightarrow U_1 = U_2$$

напряжения на ветви A-B

напряжения на ветви B-C

указано на рисунке

Пусть ветвь A-B с амперметром с наибольшим показанием т.е. по ней течет ток  $I_1$  (без разницы, по ветви или ветви на протяжении ветви  $I_1$ , т.к. пока резисторы не отключены они экв. сопротивления)

Пусть в ветви B-C

$$R_3 = R_4$$

$$U_1 = U_2$$

$$U_1 = I_1 R_0$$

$$U_2 = I_2 R_1$$

$$I_1 R_0 = I_2 R_1$$

$$\frac{R_1}{R_0} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\text{т.к. } I_1 > I_2 \Rightarrow \frac{R_1}{R_0} > 1 \Rightarrow$$

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

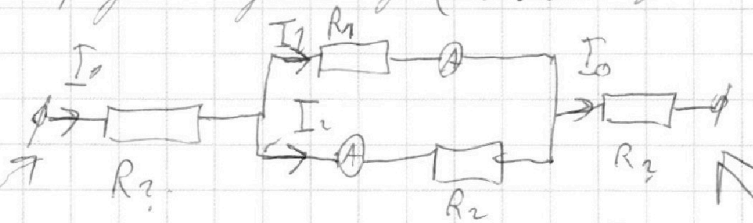
№ 5 продолжение

$$\Rightarrow \frac{R_H}{R_B} > 1 \Rightarrow R_H > R_B \Rightarrow R_H = 60 \text{ Ом}$$
$$R_B = 30 \text{ Ом.}$$

(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 низ, а что за верх)

уд. напряжения будут равны (эквивалентно по законам  $R_1$  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

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 правильно векторы от точки O стороны не вращаемся

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

проекции  $mg$  на ось  $x$       проекция  $T$  на ось  $x$

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

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

Поскольку стороны не вращаем

Поскольку сила по оси  $y$  сбалансирована  $\Rightarrow T \sin \alpha + mg \cos \alpha = N$

*Handwritten calculations on the right side of the page:*  
 $1,73^2 = 2,9929$   
 $\approx 3$   
 $\Rightarrow 1,73 \approx \sqrt{3}$   
 $\Rightarrow m \approx \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \text{ кг} = 3 \text{ кг}$