



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

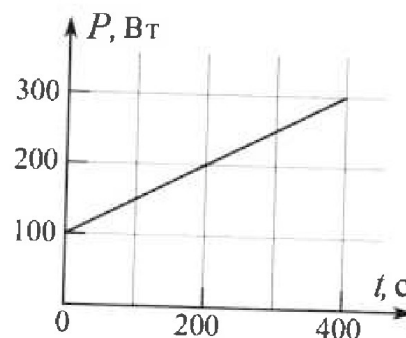
Вариант 09-01

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.).

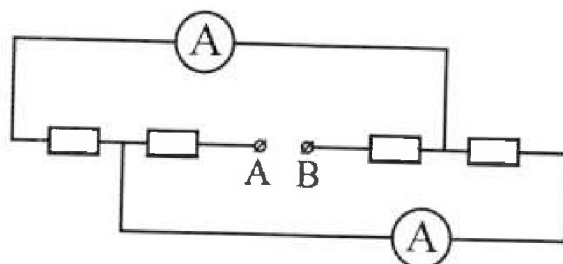


- 1) Найдите мощность  $P_H$  нагревателя.
  - 2) Через какое время  $T$  после начала нагревания температура воды станет равной  $\tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$ ?
- Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°C).

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.





Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

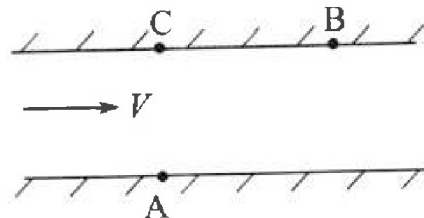
Вариант 09-01

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 отсчета 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  $t$  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.

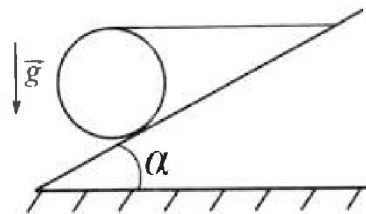
- 3) Найдите расстояние  $d$  между точками падения мяча на площадку в случаях: стенка покоится, стенка движется.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  трения скольжения шар будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



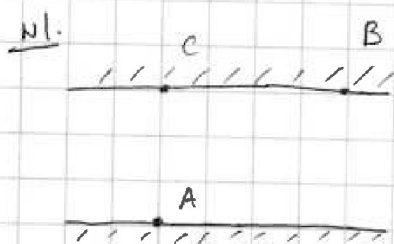


На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!



$V$  - скорость течения реки  
 $U$  - скорость гребца отн. реки во  
всех направлениях

$$AC = d = 70 \text{ м}$$

$$CB = L = 240 \text{ м}$$

$$T_1 = 192 \text{ с}$$

$$T_2 = 412 \text{ с}$$

$$v_1 = ? \quad \text{уб. наб. с.о.}$$

$$v_2 = ?$$

$$U = ?$$

$$T = ?$$

$$\frac{250}{412} = \frac{U}{U_0}$$

$$U = \frac{250 \cdot 412}{412} = 250$$

$$24^2 = 625 - 150 = 625 - 49$$

$$24^2 + 1^2 = 25^2$$

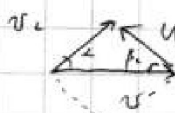
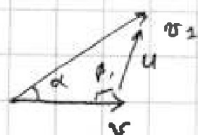
Движение гребца относительно  
берега. Начал из A, а  
закончил в B  $\Rightarrow$  по пав. AB

$$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = \sqrt{d^2 + L^2}$$

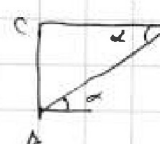
$$\Rightarrow v_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1} = \frac{\sqrt{70^2 + 240^2}}{192 \text{ с}} = \frac{250 \text{ м}}{192 \text{ с}} \approx 1,3 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2} = \frac{250 \text{ м}}{412 \text{ с}} = 0,6 \text{ м/с}$$

В канале сечение:  $\vec{v}_1 = \vec{v} + (\vec{U})_1$ ,  $\vec{v}_2 = \vec{v} + (\vec{U})_2$  - разл. отн. по разл. направлениям



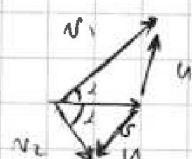
Угол  $\alpha$  одинаков, отн. направлению  
дро и в том, а разл. по направлению



$$\sin \alpha = \frac{d}{AB} = \frac{7}{25}$$

$$\cos \alpha = \frac{L}{AB} = \frac{24}{25}$$

$$\tan \alpha = \frac{d}{L} = \frac{7}{24}$$



$$\frac{v}{\sin(\alpha + \beta_1)} = \frac{U}{\sin \alpha} = \frac{v_1}{\sin \beta_1}$$

$$\frac{U}{\sin \alpha} = \frac{v_1}{\sin \beta_1} = \frac{v}{\sin(\alpha + \beta_1)}$$

$$\frac{U}{v} = \frac{\sin \beta_1}{\sin(\alpha + \beta_1)}$$

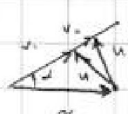
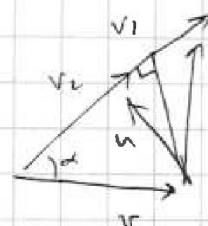
$$\Rightarrow \frac{U}{v} \cdot \sin \alpha = \sin(\alpha + \beta_1) \quad \frac{U}{v} \cdot \sin \alpha = \sin(\alpha + \beta_1)$$

$$\Rightarrow \sin(\alpha + \beta_1) = \sin(\alpha + \beta_1)$$

$$\Rightarrow \alpha + \beta_1 = \alpha + \beta_2 \quad \text{или} \quad \alpha + \beta_1 = 180^\circ - \alpha - \beta_2$$

$$\Rightarrow \alpha + \beta_1 = 180^\circ - \alpha - \beta_2$$

$$2\alpha = 180^\circ - \beta_1 - \beta_2$$



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

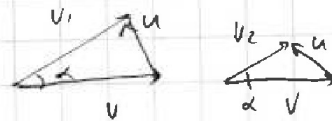
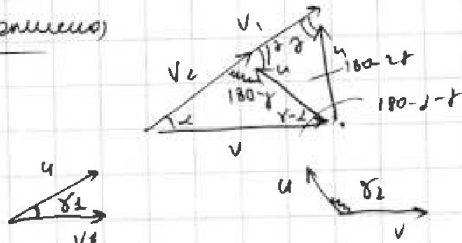
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input 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. Печать QR-кода недоступна!

2) (продолжение)



$$v + u \cos \gamma_1 = \frac{L}{T_1} \quad v + u \cos \gamma_2 = \frac{L}{T_2} \Rightarrow u (\cos \gamma_1 - \cos \gamma_2) = L \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$u \sin \gamma_1 = \frac{d}{T_1} \quad u \sin \gamma_2 = \frac{d}{T_2}$$

$$\cos \gamma_1 = \sqrt{1 - \left( \frac{d}{u T_1} \right)^2} \quad \cos \gamma_2 = \sqrt{1 - \left( \frac{d}{u T_2} \right)^2}$$

$$u \left( \sqrt{1 - \left( \frac{d}{u T_1} \right)^2} - \sqrt{1 - \left( \frac{d}{u T_2} \right)^2} \right) = L \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\frac{u}{u T_1} \sqrt{(u T_1)^2 - d^2} - \frac{u}{u T_2} \sqrt{(u T_2)^2 - d^2} = L \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\frac{\sqrt{(u T_1)^2 - d^2}}{T_1} - \frac{\sqrt{(u T_2)^2 - d^2}}{T_2} = L \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}$$

$$\frac{\sqrt{(u T_1)^2 - d^2}}{T_1} - L = \frac{\sqrt{(u T_2)^2 - d^2}}{T_2} - L$$

Или по кос:  $u^2 = v^2 + v_2^2 - 2v \cdot v_2 \cdot \cos \alpha \Rightarrow v_1 (v_1 - 2v \cos \alpha) = v_2 (v_2 - 2u \cos \alpha)$

По кос:  $u^2 = v^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos \alpha \quad v_1^2 - 2v v_1 \cos \alpha = v_2^2 - 2v v_2 \cos \alpha$

$$v_1^2 - v_2^2 = 2v v_1 \cos \alpha - 2v v_2 \cos \alpha$$

$$u^2 = \left( \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} \right)^2 + v_1^2 - v_1 (v_1 + v_2) = \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha}$$

$$(v_1 - v_2)(v_1 + v_2) = 2v \cos \alpha (v_1 - v_2)$$

$$\Rightarrow v = \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha}$$

$$u^2 = \left( \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} \right)^2 + v_1^2 - v_1 (v_1 + v_2)$$

$$u^2 = \left( \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} \right)^2 - v_1 v_2 \Rightarrow u = \sqrt{\left( \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} \right)^2 - v_1 v_2}$$

$$v = \frac{1,3 + 0,6}{2 \cdot \frac{25}{48}} = \frac{1,9}{48} \cdot 25 = \frac{19 \cdot 25}{96} = \frac{19 \cdot 5}{96} = \frac{90}{96} = 0,9375$$



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!

№1 (Математика)

$$u = \sqrt{\left(\frac{v_1 + v_2}{2000}\right)^2 - v_1 v_2} = \sqrt{\left(\frac{\frac{250}{192} + \frac{250}{417}}{2 \cdot \frac{24}{25}}\right)^2 - \frac{250^2}{192 \cdot 417}} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\frac{25}{48} \cdot \frac{250 \cdot (417 + 192)}{417 \cdot 192}}{192 \cdot 417}\right)^2 - \frac{250^2}{192 \cdot 417}} = \frac{417 + 192}{609}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{25}{48}\right)^2 \cdot 250^2 \cdot \left(\frac{1}{192} + \frac{1}{417}\right)^2 - \frac{250^2}{192 \cdot 417}} =$$

$$= 250 \sqrt{\left(\frac{25}{48}\right)^2 \cdot \left(\frac{417 + 192}{417 \cdot 192}\right)^2 - \frac{1}{192 \cdot 417}} = 9.256$$

$$= 250 \sqrt{\frac{625}{48^2} \cdot \frac{809^2 / 192 \cdot 417}{192 \cdot 417} - \frac{1}{192 \cdot 417}} =$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 417 \\ \times 192 \\ \hline 2834 \\ + 2834 \\ \hline 3753 \\ + 3753 \\ \hline 417 \\ \hline 80064 \end{array}$$

$$u = \sqrt{\left(\frac{1,3 + 0,6}{2 \cdot \frac{24}{25}}\right)^2 - 1,3 \cdot 0,6} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{19}{48}\right)^2 - \frac{13,6}{100}} \Rightarrow \sqrt{\left(2,5 \cdot \frac{3}{8}\right)^2 - \frac{78}{100}} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{15}{16}\right)^2 - \left(\frac{78}{100}\right)} = \sqrt{\frac{225}{256} - \frac{78}{100}} =$$

$$= \sqrt{0,85 + 0,22} = \sqrt{1,07} = 0,3\%$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

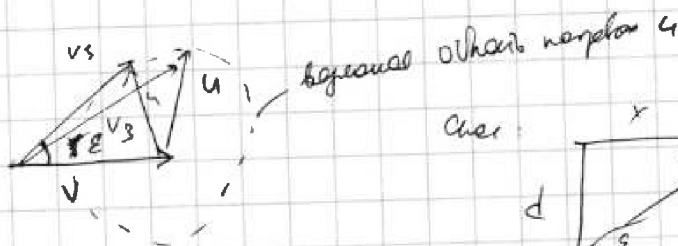
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

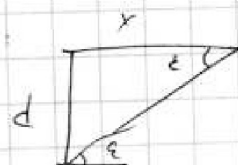
№1 (продолжено)

3) Мин. продолжительность Зен-заклада.

$v > u$



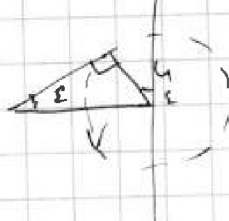
вертикаль отклоняется на угол  $\epsilon$   
или:



$$\text{tg } \epsilon = \frac{d}{x}$$

$$x = \frac{d}{\text{tg } \epsilon}, \text{ где } x - \text{ путь авто}$$

$\Rightarrow x \rightarrow \min \Rightarrow \epsilon \rightarrow \max$  — при каз.  $\epsilon$  экстр.



$$\Rightarrow v_3 = \sqrt{v^2 - u^2}$$

$$\sin \epsilon = \frac{u}{v}$$

$$\Rightarrow T = \frac{d}{u \cos \epsilon} = \frac{d}{u \sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}}} = \frac{d v}{u \sqrt{v^2 - u^2}}$$

$$T = \frac{d}{u} \cdot \frac{v}{\sqrt{v^2 - u^2}} = \frac{210 \text{ м}}{0,3 \text{ м/с}} \cdot \frac{0,8 \text{ м/с}}{\sqrt{0,8^2 - 0,3^2}} = \frac{210 \text{ м}}{\sqrt{0,81 - 0,09} \text{ м/с}}$$

$$= \frac{210 \text{ м}}{\sqrt{0,72} \text{ м/с}} = \frac{210 \text{ м}}{\frac{1}{10} \cdot 3 \cdot 2 \sqrt{2} \text{ м/с}} = \frac{2100}{8,4} \text{ с} = 250$$

$$3 \cdot 2 \sqrt{2} = 6,4 = 6 + 0,4 = 6,4$$

$$\begin{array}{r} 2100 \overline{) 84} \\ - 168 \phantom{0} \\ \hline 420 \phantom{0} \\ - 420 \phantom{0} \\ \hline 0 \end{array}$$

Ответ:  $v_1 = 1,3 \text{ м/с}$   
 $v_2 = 0,6 \text{ м/с}$   
 $u = 0,3 \text{ м/с}$   
 $T = 250$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

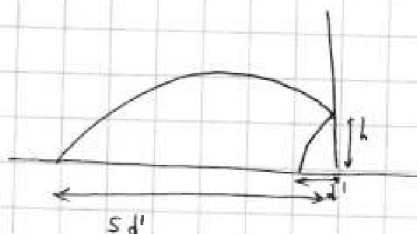
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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

$u = 16,2 \text{ м}$   
 $5d, d'$   
 $h - ?$   
 $t_1 - ?$   
 $u = 2 \text{ м/с}$   
 $d - ?$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

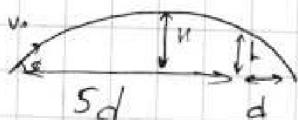
Решение:



$$\frac{180-18}{9 \cdot 10} = \frac{9 \cdot 20 + 9 \cdot 2}{9 \cdot 6}$$

$$= \frac{(20-2)}{10} = \frac{18}{10} = 1,8$$

Вн. р. угол выстрела, он равен отрезку от стенки траектории мая до середины траектории.



$$\begin{aligned}
 v_0 \cos \alpha \cdot t &= 5d \\
 v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} &= h \\
 v_0 \sin \alpha &= gt
 \end{aligned}$$

До середины:

$$\begin{aligned}
 v_0 \cos \alpha \cdot t_1 &= 5d' \\
 v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} &= h
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{gt^2}{2} &= h \\
 t &= \frac{3d'}{v_0 \cos \alpha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} &= h \\
 v_0 \cos \alpha \cdot t_1 &= 5d'
 \end{aligned}$$

$$\frac{t}{3} = \frac{t_1}{5} \Rightarrow t_1 = \frac{5}{3}t$$

$$g \cdot t \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = h = g \cdot t \cdot \frac{5}{3}t - \frac{g}{2} \cdot \frac{25}{9}t^2$$

$$h = g t^2 \left( \frac{5}{3} - \frac{25}{18} \right) = \frac{5}{18} g t^2 = \frac{gt^2}{2} \cdot \frac{5}{9} = H \cdot \frac{5}{9}$$

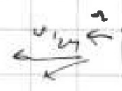
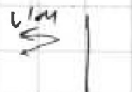
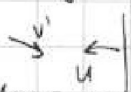
$$h = \frac{5}{9} H = \frac{16,2 \text{ м}}{9} \cdot 5 = 9 \text{ м}$$

$$H = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}; t_1 = \frac{5}{3}t \approx 1,67t$$

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \frac{5}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{2 \cdot 16,2}{10}} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{1}{5}} \cdot \frac{9}{5} = \\
 &= \frac{5}{3} \sqrt{\frac{21}{5}} = \frac{5}{3} \cdot \frac{9}{5} = 3 \text{ с}
 \end{aligned}$$

Если по-другому:  $d' = \frac{v_0 \cos \alpha \cdot t}{3}$

Каждо στιγμή равны: добавная скорость 2м/с



Время равно времени, которое будет вращаться (10 м/с)

$$\Rightarrow d = u \cdot t_2 = u(2t - t_1) = u \cdot \frac{1}{3}t = \frac{u t}{3} = \frac{2 \text{ м/с} \cdot 1,8 \text{ с}}{3} = 1,2 \text{ м}$$

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!



в3.

$$m = 3 \text{ кг}$$

$\alpha$

$$\sin \alpha = 0,6$$

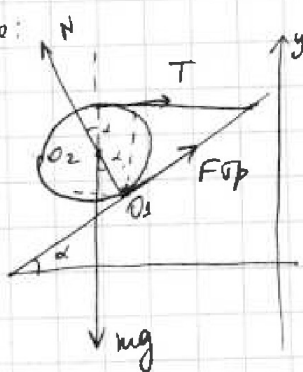
$$T = ?$$

$$F_{\text{сп}} = ?$$

$$\mu (\text{коэф.}) = ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:



Длина радиуса шара R.

Правильно момент от  $(1) O_2$ :

$$mg \cdot R \cdot \sin \alpha = T R (1 + \cos \alpha)$$

$$\Rightarrow T = mg \cdot \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha}$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$\cos \alpha = 0,8$$

$$T = 3 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot \frac{0,6}{1 + 0,8} = 30 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 \cdot \frac{0,6}{1,8} = 10 \text{ Н}$$

Правильно момент от  $(1) O_2$ :

$$T \cdot R = F_{\text{сп}} \cdot R \Rightarrow F_{\text{сп}} = T = 10 \text{ Н}$$

При каких значениях  $\mu$ , шар в покое?

Шар в покое, если  $F_{\text{сп}} \leq \mu N$  (неудовольствие или просто покоя)

$$\Rightarrow F_{\text{сп}} \leq \mu N$$

$$\text{Запишем равновесие по y: } N \cdot \cos \alpha + F_{\text{сп}} \cdot \sin \alpha = mg$$

$$N \cos \alpha + F_{\text{сп}} \sin \alpha = mg$$

$$N \cos \alpha = mg - F_{\text{сп}} \sin \alpha$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha} - F_{\text{сп}} \tan \alpha \geq \frac{F_{\text{сп}}}{\mu}$$

$$\frac{mg}{\cos \alpha} - T \cdot \tan \alpha \geq \frac{T}{\mu} \quad (\text{так как } F_{\text{сп}} = T)$$

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{T}{\frac{mg}{\cos \alpha} - T \cdot \tan \alpha} = \frac{1}{\frac{mg}{T \cos \alpha} - \tan \alpha}$$

$$\Rightarrow \mu \geq \frac{10 \text{ Н}}{\frac{30 \text{ Н}}{0,8} - 10 \text{ Н} \cdot \frac{3}{4}} = \frac{10 \text{ Н}}{24 \text{ Н} - 7,5 \text{ Н}} = \frac{10}{16,5} = \frac{100}{165} = \frac{20}{33} \approx 0,7$$

Ответ:

$$T = 10 \text{ Н}$$

$$F_{\text{сп}} = 10 \text{ Н}$$

$$\mu \geq \frac{20}{33} \approx 0,7$$



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!

уч

$$t_0 = 14^\circ\text{C}$$

$$U = 2\text{ В}$$

$$R = 20\ \Omega$$

$$I = 5\text{ А}$$

$P(t)$  — мощность темп. потерь

$$P_H = ?$$

$$t_1 = 25^\circ\text{C}$$

$$T = ?$$

$$\rho = 1000\text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 2000\text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$$

Решение:

1) Найдем зависимость тепловой потери от времени

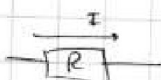
$$P(t) = P_0 + k \cdot T$$

$$P_0 = 100\text{ Вт}$$

$$k = \frac{300\text{ Вт} - 100\text{ Вт}}{400^\circ\text{C}} = \frac{200\text{ Вт}}{400^\circ\text{C}} = \frac{1}{2}\text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow P(T) = P_0 + kT$$

Умножим на:



$$P_H = I^2 R = 5^2 \cdot 20 = 25 \cdot 20 = \underline{\underline{500\text{ Вт}}}$$

$$\begin{array}{r} 16000 \\ - 1600 \\ \hline 14400 \\ - 1440 \\ \hline 12960 \\ - 1296 \\ \hline 11664 \\ - 1166 \\ \hline 10500 \\ - 1050 \\ \hline 9450 \\ - 945 \\ \hline 8505 \\ - 850 \\ \hline 7655 \\ - 765 \\ \hline 6890 \\ - 689 \\ \hline 6201 \end{array}$$

2) По рисунку находим за время  $T$

$$\Rightarrow Q_H = P_H \cdot T$$

за то время:  $Q_{\text{тепл. потери}} = \frac{P_0 + (P_0 + kT)}{2} \cdot T = \left(P_0 + \frac{kT}{2}\right) \cdot T$



$Q \leftarrow$  масса жидкости за время, когда она нагревается до температуры  $T$

$$Q = \rho \cdot c \cdot (t_1 - t_0)$$

$$Q_H = Q_{\text{тепл. потери}} + Q$$

$$P_H \cdot T = \left(P_0 + \frac{kT}{2}\right) T + \rho c \alpha (t_1 - t_0)$$

$$P_H \cdot T = P_0 \cdot T + \frac{kT^2}{2} + \rho c \alpha (t_1 - t_0)$$

$$\frac{kT^2}{2} + (P_0 - P_H) T + \rho c \alpha (t_1 - t_0) = 0$$

$$T = \frac{P_H - P_0 \pm \sqrt{(P_0 - P_H)^2 - 4 \cdot \frac{k}{2} \cdot \rho c \alpha (t_1 - t_0)}}{k}$$

Даны:  $P_H = 500\text{ Вт}$   
 $T = 280^\circ\text{C}$   
А также температура  
времени ( $T = 14^\circ\text{C}$ ) она  
станет  $t_1 = 25^\circ\text{C}$

$$\begin{array}{r} 16000 \\ - 400^2 = 160000 \\ \hline 224000 \\ - 11 \times 2 \times 42 \times 100 = 92400 \\ \hline 131600 \\ - 13160 \\ \hline 118440 \end{array}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{500\text{ Вт} - 100\text{ Вт} \pm \sqrt{(400\text{ Вт})^2 - 4 \cdot \frac{1}{2}\text{ Вт/}^\circ\text{C} \cdot 2\text{ кг} \cdot 4200\text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C} \cdot 11^\circ\text{C}}}{\frac{1}{2}\text{ Вт/}^\circ\text{C}} \\ &= \frac{400 \pm \sqrt{400^2 - 92400}}{\frac{1}{2}} = 2(400 \pm \sqrt{160000 - 92400}) = 2(400 \pm \sqrt{67600}) = 2(400 \pm 260)^\circ\text{C} \\ &= 800^\circ\text{C} \text{ и } 140^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 280^\circ\text{C} \\ &\quad T_2 = 140^\circ\text{C} \end{aligned}$$

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!

25

У двух резисторов сопротивление по  $20\ \Omega$ .

у третьего: по  $40\ \Omega$

$R_A \ll R_i$

К АВ:  $I_1 \neq I_2$

и

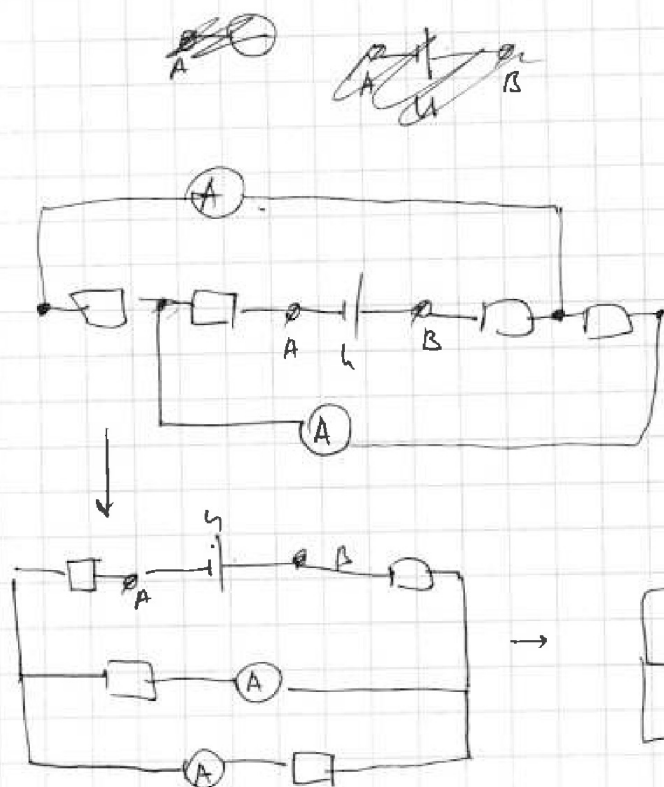
$I_1 < I_2$

$I_1 = 1\text{ A}$

$I_2 = ?$

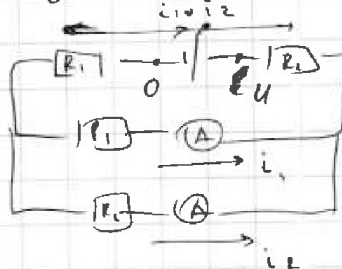
$U = ?$

Решение:



Ответ:  $I_2 = 2\text{ A}$   
 $U = 220\text{ В}$

Эквивалентная схема:



Обозначим ток через амперметр,  $i_1$  и  $i_2$

$$R_1 \cdot i_1 = R_2 \cdot i_2$$

или  $I_1 < I_2$  ( $i_1 = I_1$ ,  $i_2 = I_2$ ), так  $R_1 > R_2 \Rightarrow R_1 = 40\ \Omega$ ;  $R_2 = 20\ \Omega$

$$\Rightarrow R_2 \quad I_2 = \frac{R_1}{R_2} I_1 = \frac{40\ \Omega}{20\ \Omega} \cdot 1\text{ A} = 2\text{ A}$$

$$U = (i_1 + i_2)(R_1 + R_2) + R_1 \cdot I_1 = 3\text{ A} \cdot 60\ \Omega + 40\ \Omega \cdot 1\text{ A} = 180\text{ В} + 40\text{ В} = 220\text{ В}$$



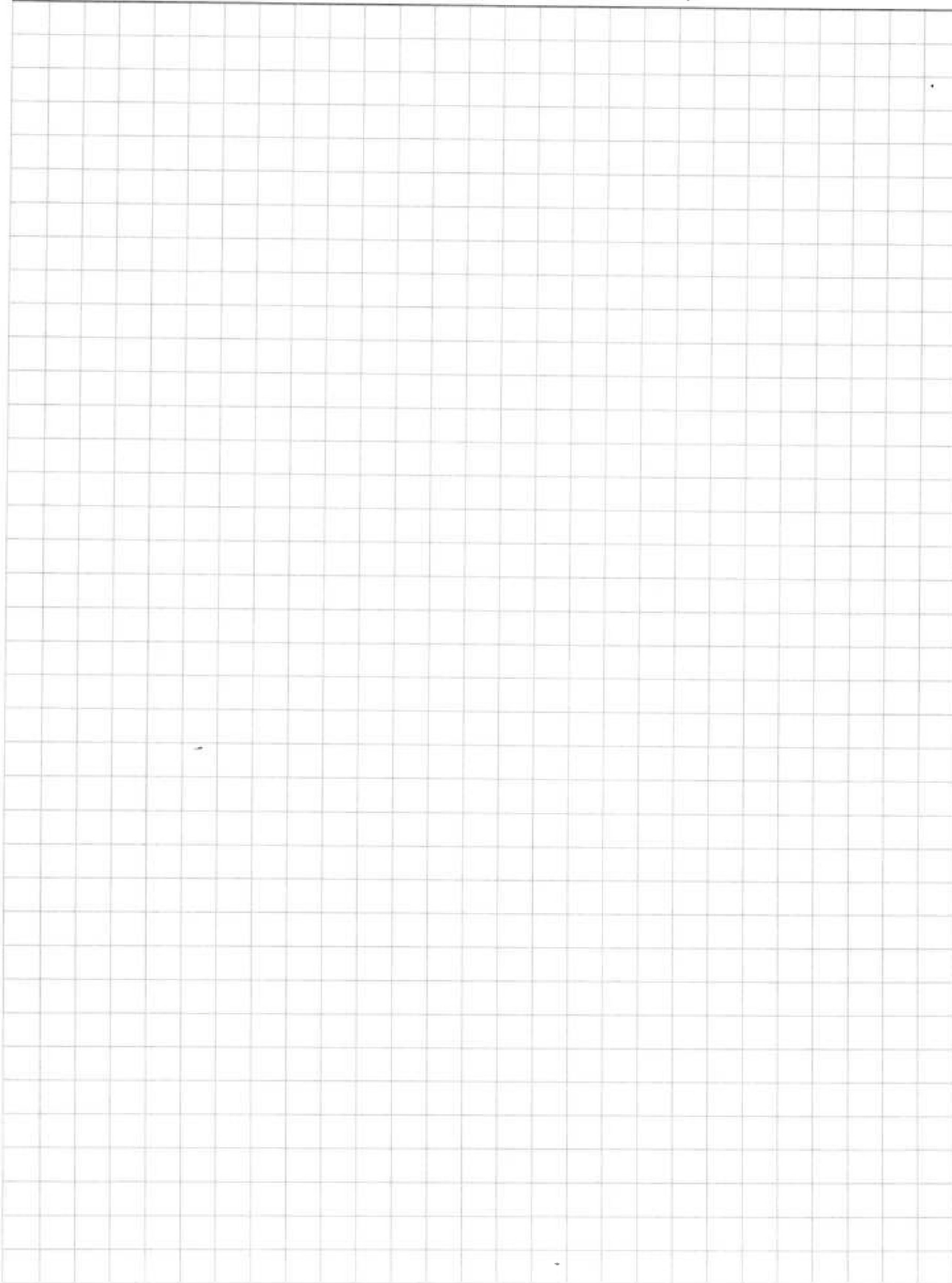
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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"/> |

 МФТИ

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!

