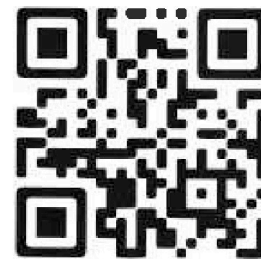




Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

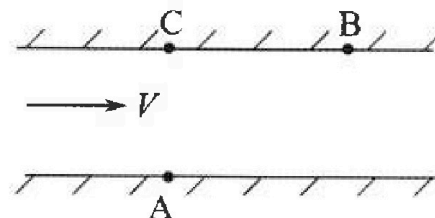
Вариант 09-02

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.

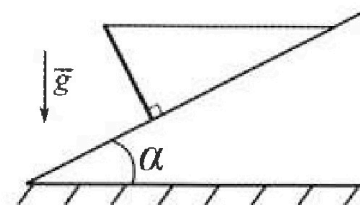
- ✓ 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- ✓ 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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

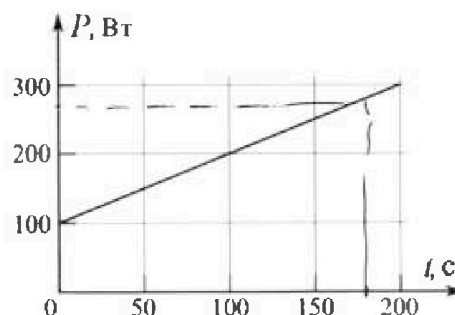
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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.

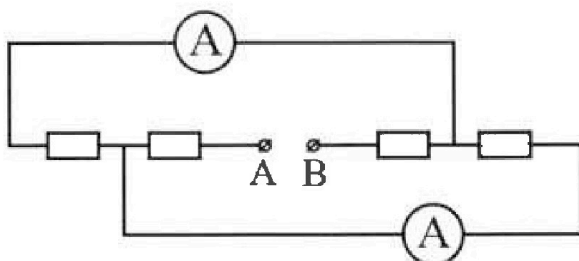
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).



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.

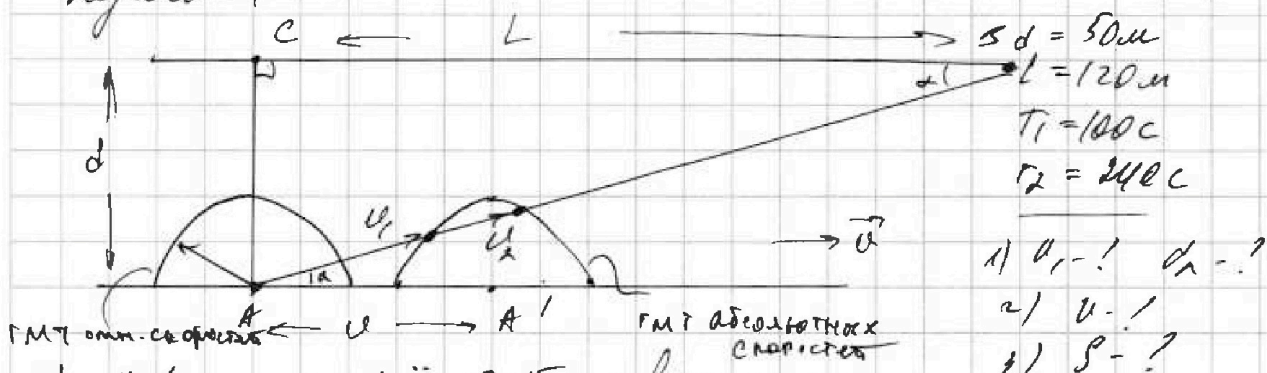
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

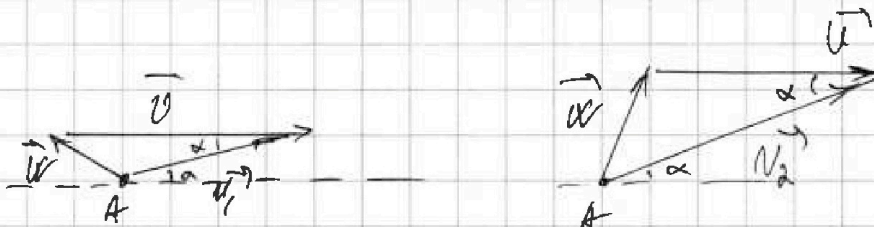
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 1



1) перенесем все ГМТ-объекты

(точнее, процируем) на  $\vec{u}$  вправо. Тогда получим ГМТ всех концов вектора абсолютных скоростей. Тогда мы получим 2 векторки  $\vec{A}$ !



По косинусов:  $w^2 = v^2 + v_2^2 - 2vv_2 \cos \alpha$  (1)

$w^2 = v^2 + v_1^2 - 2vv_1 \cos \alpha$  (2)

$\cos \alpha = \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}}$  - из геометрии & перемещения (3)

с учетом (1), (2), (3)!

$v_1^2 - 2vv_1 \cos \alpha = v_2^2 - 2vv_2 \cos \alpha$

2) Можем записать такие сравнения длин:

$\sqrt{L^2 + d^2} = v_1 T_2, \quad \sqrt{L^2 + d^2} = v_2 T_1$

Тогда  $v_1 T_2 = v_2 T_1 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{100}{240} = \frac{10}{24} = \frac{5}{12}$

$12 v_1 = 5 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{12}{5} v_1 = \frac{24}{10} v_1 = 2.4 v_1$   
 $|v_2 = 1.9 v_1|$  (4)

Тогда с учетом (4):  $v_1^2 - 2vv_1 \cos \alpha = (2.4v_1)^2 - 2v \cdot 2.4v_1 \cos \alpha$   
 $v_1^2 - 2vv_1 \cos \alpha = 5.76v_1^2 - 4.8vv_1 \cos \alpha$

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. Печать QR-кода недопустима!

$$4,76 U_1^2 = 2,1 U_1 \cos \alpha$$

$$4,76 U_1^2 = 2,1 U_1 \cos \alpha$$

$$4,76 U_1 = 2,1 U_1 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}} \cdot \sqrt{L^2 + d^2}$$

$$4,76 U_1 \sqrt{L^2 + d^2} = 2,1 U_1 L \quad | : U_1$$

$$2,38 U_1 \sqrt{L^2 + d^2} = 1,05 U_1 L \quad | : U_1$$

$$1,19 U_1 \sqrt{L^2 + d^2} = 0,525 U_1 L$$

$$\frac{119}{100} U_1 \sqrt{L^2 + d^2} = \frac{7}{10} U_1 L \quad | \cdot 100$$

$$119 U_1 \sqrt{L^2 + d^2} = 70 U_1 L \Rightarrow U = U_1 \cdot \frac{119}{70} \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{L} \quad (5)$$

Из уравнения  $\sqrt{L^2 + d^2} = U_1 T_2 = U_2 T_1$  найдем  $U_1, U_2$ :

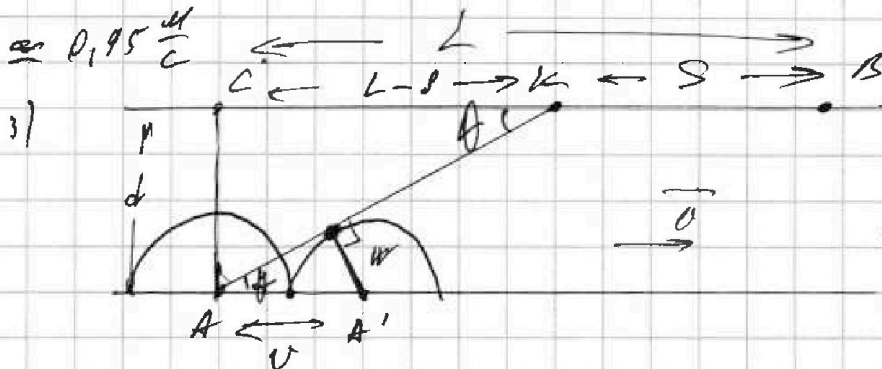
$$U_1 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_2} = \frac{\sqrt{120^2 + 50^2}}{240} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13 \text{ м}}{24 \text{ с}} = \frac{13 \text{ м}}{24 \text{ с}} \approx 0,54 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$U_2 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_1} = \frac{\sqrt{120^2 + 50^2}}{240} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = \frac{13 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

с учетом (5):

$$U = \frac{13}{24} \cdot \frac{119}{70} \cdot \frac{130}{120} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{13 \cdot 119}{24 \cdot 70 \cdot 12} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{20111}{20160} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\approx 0,995 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



это минимальная  
когда  $\vec{v}_{AB}$  касается  
по-прежнему абсолютных  
скоростей !!!

$$\sin \alpha = \frac{W}{U} = \frac{d}{\sqrt{(L-s)^2 + d^2}}$$

$$\frac{U^2 + U_1^2 - 2U U_1 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}}}{U} = \frac{d}{\sqrt{(L-s)^2 + d^2}} \Leftrightarrow U d = \left( U^2 + U_1^2 - 2U U_1 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}} \right) \cdot \sqrt{(L-s)^2 + d^2}$$

$$L-s = \sqrt{\left( U^2 + U_1^2 - 2U U_1 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}} \right)^2 - d^2} \Leftrightarrow \text{нормируем на сред. ст.}$$

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!



Задача 1 (предметная)

$$l = L \sqrt{d^2 + \frac{v^2 d^2}{(v^2 + v_1^2 - 2vv_1 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}})^2}}$$

$$l = 120 \text{ м} - \sqrt{\frac{0,95^2 \cdot 50^2}{(0,95^2 + 0,54^2 - 2 \cdot 0,95 \cdot 0,54 \cdot \frac{120}{\sqrt{120^2 + 50^2}})^2} - 50^2} \text{ м} =$$

$$= 120 \text{ м} - \sqrt{\frac{2500}{(1 + 0,125 - \frac{120}{150})^2} - 2500} \text{ м} =$$

$$= 120 \text{ м} - \sqrt{\frac{2500}{0,11} - 2500} \text{ м} =$$

$$= 120 \text{ м} - \sqrt{3086 - 2500} \text{ м} = 120 \text{ м} - \sqrt{586} \text{ м} \approx 120 \text{ м} - 24,5 \text{ м} =$$
$$= 95,5 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_1 = 0,54 \text{ м/с}$ ;  $v_2 = 1,3 \text{ м/с}$ ; 2)  $v = 0,95 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  
3)  $l \approx 95,5 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



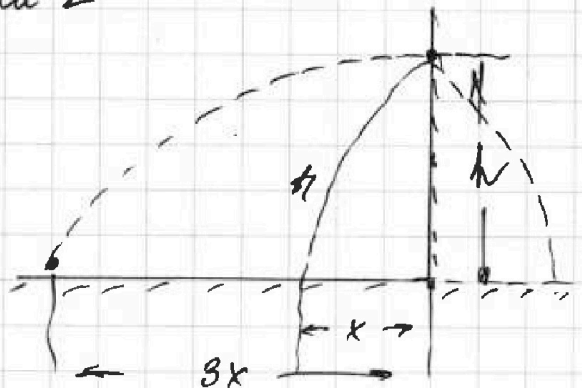
1  2  3  4  5  6  7



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

задача 2

2020



удар — абс. упругий

$$h = 5,4 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1)  $H$  - ?

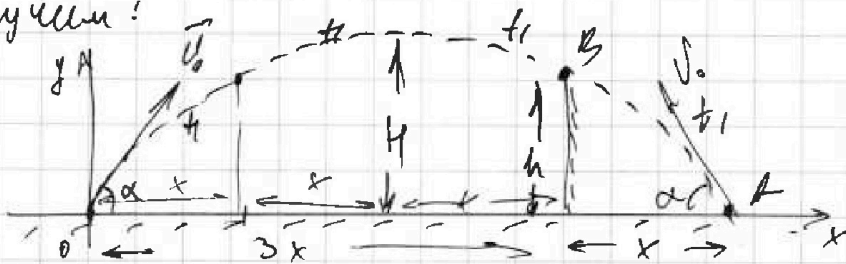
2)  $H$  - ?

$\alpha = 1,1 \text{ рад}$

3)  $H$  - ?

1) так как удар о стенку абсолютно упругий, отражен-  
ная часть параболы симметрична стенке, поэтому соответ-  
ствующим образом примем длину полета удара.

получим:



$x$  - в обозначениях - расстояние от стенки до места  
применения меча после удара о стенку.

2) запишем уравнение движения:

$$Ox: 3x = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow v_0^2 \cos^2 \alpha t^2 = 9x^2$$

$$Oy: h = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow v_0^2 \sin^2 \alpha t^2 = \left(h + \frac{g t^2}{2}\right)^2$$

но нас интересует время  $t_1$ , потому как мы знаем  
лишь высоту полета. Впустили меч  $u$  ( $\cdot$ )  $\theta$

6 (-) B:

$$Ox: x = v_0 \cos \alpha t_1 \Rightarrow v_0^2 \cos^2 \alpha t_1^2 = x^2$$

$$Oy: h = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \Rightarrow v_0^2 \sin^2 \alpha t_1^2 = \left(h + \frac{g t_1^2}{2}\right)^2 \quad (1)$$

$$v_0^2 t_1^2 = x^2 + \left(h + \frac{g t_1^2}{2}\right)^2$$

3) воспользуемся свойством параболы и разделим её  
на 4 части, на которых время движения равно  $t_1$ .

запишем уравнение движения "из 0 в 0":

$$Ox: 4x = v_0 \cos \alpha \cdot 4t_1 \Rightarrow x = v_0 \cos \alpha t_1$$

$$Oy: 0 = v_0 \sin \alpha \cdot 4t_1 - \frac{g \cdot 16 t_1^2}{2} \Rightarrow 4 v_0 \sin \alpha = 8 g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g} \quad (2)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                                   | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input type="checkbox"/> | <input 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. Печать QR-кода недопустима!

из (1) выразим  $v_0 \sin \alpha$ !

$$v_0 \sin \alpha = \frac{h + \frac{gt^2}{2}}{t} = \frac{2h + gt^2}{2t} = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2}$$

Подставим в (2):

$$h = \frac{\frac{h}{t} + \frac{gt}{2}}{g} = \frac{2h + gt^2}{2g} \Rightarrow 4gt^2 = 2h + gt^2$$
$$3gt^2 = 2h$$

$$| t = \sqrt{\frac{2h}{3g}} |$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{3g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5,4 \text{ м}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2}} = \sqrt{\frac{514}{3 \cdot 5}} \text{ с} = \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ с} = \sqrt{\frac{18}{50}} \text{ с} =$$

$$= \sqrt{\frac{9}{25}} \text{ с} = \frac{3}{5} \text{ с} = 0,6 \text{ с}$$

$$| t = 0,6 \text{ с} |$$

4) тогда найдем высоту  $H$ !

$$Oy: H = v_0 \sin \alpha \cdot 2t - \frac{g \cdot 4t^2}{2} \quad (3)$$

$$Ox: Hx = v_0 \cos \alpha \cdot 2t$$

подставим значения в (3):

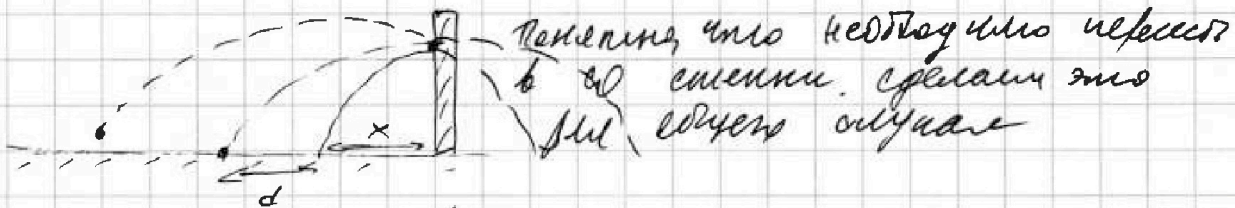
$$H = \left( \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} \right) \cdot 2t - 2gt^2$$

$$H = 2h + gt^2 - 2gt^2 = 2h - gt^2$$

$$H = 2h - gt^2 = 2 \cdot 5,4 \text{ м} - 10 \cdot (0,6)^2 \text{ м} = 10,8 \text{ м} - 3,6 \text{ м} = 7,2 \text{ м}$$

$$| H = 7,2 \text{ м} |$$

5) теперь необходимо разобраться с квадратной стеной:



Решение, что квадратно пересекает в 30 смки. Сделаем это см. вочеро случае

Представим на следующей слайде

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

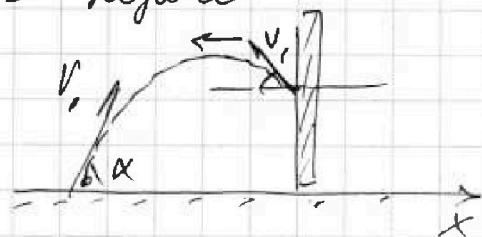
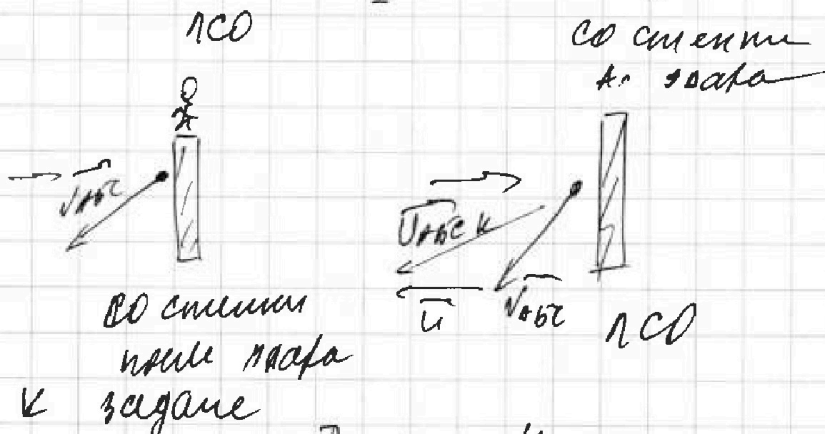
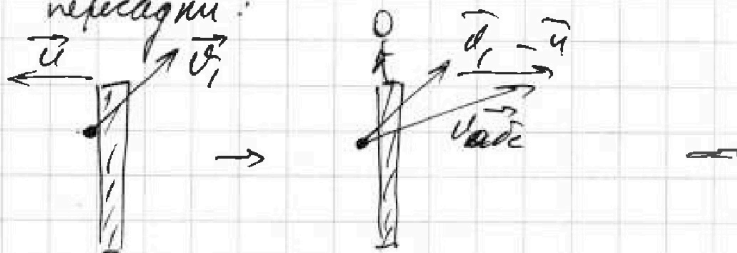
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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. Поря QR-кода недопустима!

Общий случай пересадки:



И можно заметить, что  
компонента по оси OX  
любого увеличивается после  
абсолютного удара.  
 $u'_x = v_x + \Delta u$ . Тогда можно  
принять это:

$$u'_x = v_0 \cos \alpha + \Delta u$$

Тогда уравнение движения:

в начале: OX:  $v_0 \cos \alpha t_1 = x$

после удара: OX:  $(v_0 \cos \alpha + \Delta u) t_2 = x + d$

$$v_0 \cos \alpha t_2 + \Delta u t_2 = d + v_0 \cos \alpha t_1$$

Oy: в начале:  $h = v_0 \sin \alpha t_1$   
в конце:  $h = v_0 \sin \alpha t_2 \Rightarrow \boxed{t_1 = t_2}$

Тогда  $\Delta u t_2 = d \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta u t_1 = d$ , м.у.  $t_1 = t_2$

$$u = \frac{d}{\Delta t} = \frac{1,2 \text{ м}}{2 \cdot \frac{1}{10} \text{ с}} = \frac{1,2/10 \cdot 4}{\frac{2}{5} \text{ с}} = \frac{7,2}{10} \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{\text{с}} = \frac{3}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1)  $h = 0,6 \text{ с}$ ; 2)  $h = 7,2 \text{ м}$ ; 3)  $u = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

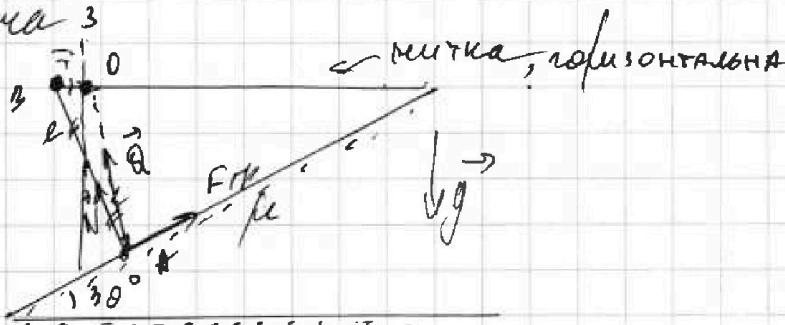
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

задача 3

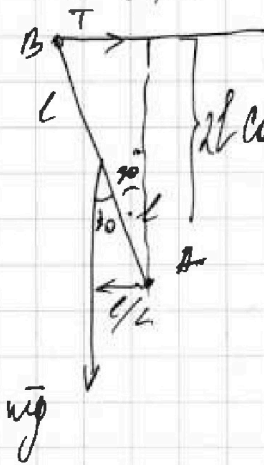


$T = 17,34$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $\alpha = 40^\circ$   
 1)  $m = ?$   
 2)  $F_{ш} = ?$   
 3)  $\mu = ?$  — по кас.

1)  $\mu$  — сила трения в, тогда  $\frac{1}{2}$  длины веревки

2) В точке А на шнуре действует  $F_{ш}$  и  $N$ . Вертикальная линия  $AO$  — ось  $Ox$  — вертикаль равновесия. Сразу становится понятно, что  $F_{ш}$  направлена вверх, м.к.  $T$ ,  $mg$  и  $AO$  имеют пересечение в одной точке  $O$ .

3) запишем правило моментов для вертикальной оси  $Ox$ :



$mg \frac{l}{2} = T \cdot l \sqrt{2}$   
 $mg = 2T \sqrt{2}$   
 $m = \frac{2T \sqrt{2}}{g}$   
 $m = \frac{2 \cdot 17,34 \cdot \sqrt{2}}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{17,34 \sqrt{2}}{5} \text{ кг} =$

$= \frac{143}{10} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1}{5} = \frac{17,34 \sqrt{2}}{50} \text{ кг} = 3,46 \sqrt{2} \text{ кг} =$

$\approx 3,46 \cdot 1,41 \text{ кг} = 5,9 \text{ кг}$

$m = 5,9 \text{ кг}$

4) найдем  $F_{ш}$ , действующую на шнуре. Для этого запишем правило моментов для вертикальной оси  $Ox$ :

см. предыдущую страницу

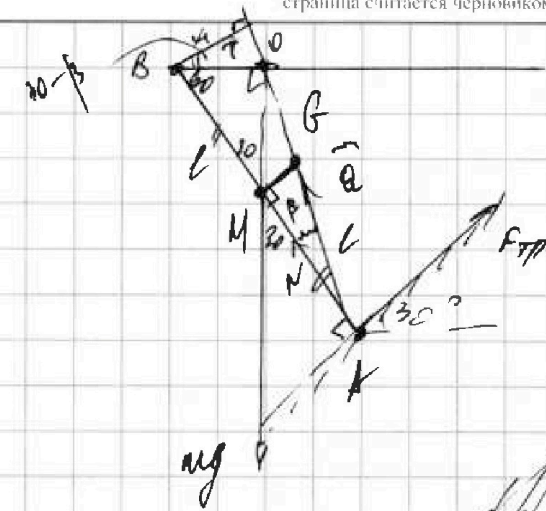
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



~~тр. по оси, макс.  $\mu \cdot N$  /  $\mu \cdot N$~~   
 ~~$\mu \cdot N = \frac{F_{тр}}{N} = \frac{\mu \cdot N}{N} = \mu$ , тогда  $\beta = \arctg \mu$ .~~  
~~Смещ. относительно  $\mu \cdot N$~~   
 ~~$\mu \cdot N = \frac{F_{тр}}{N} = \frac{\mu \cdot N}{N} = \mu$ , тогда  $\beta = \arctg \mu$ .~~  
 ~~$\mu \cdot N = \frac{F_{тр}}{N}$~~

Навиемо моментов рел смиртине силе (-)  $\beta$ :

$$mg \cdot \frac{a}{2} = F_{тр} \cdot 2a \Rightarrow F_{тр} = \frac{mg}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{mg}{4} = \frac{51 \cdot 10}{4} \text{ Н} = \frac{51}{4} \text{ Н} \approx 15 \text{ Н}$$

$$F_{тр} \approx 15 \text{ Н}$$

5) Смиртине бучет кароуиче в равновесии, когда момент  $mg$  бучет равен моменту  $\bar{Q}$ . Смиртине оплоскосте, что  $\mu \cdot N = \frac{F_{тр}}{N} = \frac{\mu \cdot N}{N} = \mu$ .

Таме положение равновесия бучет достигават при  $\mu$ , бльших критической, когда в мом моменте, когда  $\bar{T}$ ,  $mg$ ,  $\bar{Q}$  пересекатсе в одной точке.

тн косинусов рел  $\Delta KPO$ :

$$KO^2 = 4l^2 + \frac{l^2}{4} - 2 \cdot 2l \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow KO = \sqrt{4l^2 + \frac{l^2}{4} - l^2} = \sqrt{3l^2 + \frac{l^2}{4}} = \sqrt{\frac{12l^2 + l^2}{4}} = \frac{\sqrt{13}l}{2} = l \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} \approx l \cdot \frac{3,2}{2} = 1,6l$$

$$KO \approx 1,6l$$

тн косинусов рел  $\Delta MGA$ :    тн косинусов рел  $\Delta KAO$ :

$$\left(\frac{l\sqrt{2}}{2}\right)^2 = l^2 + (1,6l)^2 - 2l \cdot 1,6l \cdot \cos \beta$$

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!

Задача 3 (предметные)

$$3,2 R^2 \cos \beta = R^2 + 2,15 R^2 - \frac{R^2 \cdot d}{4}$$

$$\cos \beta = \frac{1 + 2,15 - 0,15}{3,2} = \frac{3,15 - 0,15}{3,2} = \frac{3}{3,2} = \frac{3}{3,2} \cdot 10 = \frac{30}{32} = \frac{15}{16} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{заменяем QTT! } \sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \quad | : \cos^2 \beta$$
$$\tan^2 \beta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \mu = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \beta} - 1} = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \beta}{\cos^2 \beta}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \beta}}{\cos \beta} =$$

$$= \frac{\sqrt{(1 - \cos \beta)(1 + \cos \beta)}}{\cos \beta} = \frac{\sqrt{(1 - \frac{15}{16})(1 + \frac{15}{16})}}{\frac{15}{16}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{16} \cdot \frac{31}{16}}}{\frac{15}{16}} =$$

$$= \frac{\frac{\sqrt{32}}{16}}{\frac{15}{16}} = \frac{\sqrt{32}}{16} \cdot \frac{16}{15} = \frac{\sqrt{32}}{15} \approx \frac{5,8}{15} = \frac{58}{150} = \frac{58}{150} \cdot \frac{1}{1} =$$

$$= \frac{58}{150} = \frac{29}{75} \approx 0,38 \quad \text{— это критическая коэффициентом трения скольжения}$$

Значит,  $\mu \geq 0,38$  является условием того, что шарики будут находиться в покое.

Ответ: 1)  $m = 5,8 \text{ кг}$ ;

2)  $F_{\text{тр}} \geq 15 \text{ Н}$

3) при  $\mu \geq 0,38$  шарики будут находиться в покое

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

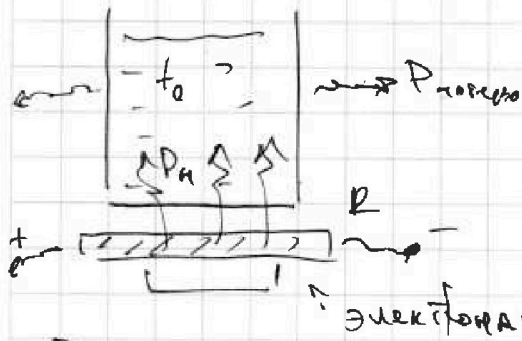
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача 4

$V = 1 \text{ л}$ ,  $m = 1 \text{ кг} = \rho V = 1 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$   
 $t_0 = 180 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $R = 25 \text{ }\Omega$   
 $k = 100 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$



- 1)  $P_H$  -!  
 2)  $t_1$  -?  $T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$   
 $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$   
 $c = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$

Решение:

1) найдем мощность нагревателя:

$$P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{(100 \text{ В})^2}{25 \text{ }\Omega} = \frac{10000}{25} \text{ Вт} = 400 \text{ Вт}$$

$$P_H = 400 \text{ Вт}$$

2) запишем УТБ для поверхности металла:

$$\frac{U^2}{R} = P_{\text{поверх}}(T_x) \cdot T_x + mc(t_x - t_0)$$

*задача графически*

Тогда  $\frac{U^2}{R} = P_{\text{поверх}}(T_x) \cdot T_x + mc t_x - mc t_0$

$$t_x = \frac{\frac{U^2}{R} - P_{\text{поверх}}(T_x) \cdot T_x + mc t_0}{mc}$$

Нам нужно найти  $t_1$ , при  $T_x = T = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$t_1 = \frac{\frac{U^2}{R} - P_{\text{поверх}}(T) \cdot T + mc t_0}{mc} = \frac{U^2 - P_{\text{поверх}}(T) \cdot T R + mc t_0 R}{mc R}$$

*мощность из функции P(T)*

$$= \frac{U^2}{mc R} - \frac{P_{\text{поверх}}(T) \cdot T}{mc} + t_0$$

$P_{\text{поверх}}(T)$  найдем графически:  $P_{\text{поверх}}(T) = 100 \text{ Вт} + 4 \frac{\text{Вт}}{^\circ\text{C}} \cdot T$  210 Вт

$P_{\text{поверх}}(180 \text{ }^\circ\text{C}) = 100 \text{ Вт} + 4 \cdot 180 \text{ Вт} = 820 \text{ Вт} + 100 \text{ Вт} = 920 \text{ Вт}$

*Эта формула не нужна*

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!

~~$= 400 \text{ Вт}$~~

~~Подставляем и в итоге получаем~~

~~$t_1 = \frac{10000}{25 \cdot 4200} + 16 - \frac{400 \cdot 180}{4200} \text{ } ^\circ\text{C} = \left( \frac{400}{1200} + 16 - \frac{46 \cdot 18}{42} \right) \text{ } ^\circ\text{C} =$~~

~~$= \left( \frac{2}{42} + 16 - \frac{23 \cdot 18}{21} \right) \text{ } ^\circ\text{C} = \left( \frac{2}{21} + 16 - \frac{23 \cdot 6}{7} \right) \text{ } ^\circ\text{C} =$~~

~~$= \frac{2 + 16 \cdot 21 - 23 \cdot 6 \cdot 3}{21} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{2 + 336 - 416}{21} \text{ } ^\circ\text{C}$~~

~~$t_1 = \left( \frac{10000}{25 \cdot 4200} + 16 - \frac{180 \cdot 180}{4200} \right) \text{ } ^\circ\text{C} = \left( \frac{2}{42} + 16 - \frac{21 \cdot 18}{42} \right) \text{ } ^\circ\text{C} =$~~

~~$= \left( \frac{2}{21} + 16 - \frac{21 \cdot 9}{21} \right) \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{2 + 16 \cdot 21 - 18 \cdot 9}{21} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{2 + 336 - 252}{21} \text{ } ^\circ\text{C} =$~~

~~$= \frac{338 - 252}{21} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{86}{21} \text{ } ^\circ\text{C} = 4 \frac{2}{21} \text{ } ^\circ\text{C} \approx 4 \text{ } ^\circ\text{C}$~~

Ответ: 1)  $P_H = 400 \text{ Вт}$   
 2)  $t_1 = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$

$t_1 = \frac{Q}{m c} = \frac{\int_0^L P(x) dx}{m c} + t_0 = 16 \text{ } ^\circ\text{C} + \frac{10000 \cdot \text{C}}{1 \cdot 4200 \cdot 25} - \frac{34200}{1 \cdot 4200} \text{ } ^\circ\text{C}$

$\int_0^L P(x) dx = \frac{1}{2} (100 + 220) \cdot 180 \text{ Вт} = \frac{320}{2} \cdot 180 = 190 \cdot 180 \text{ Вт} = 34200 \text{ Вт}$  — просто или площадь трапеции

$t_1 = \left( 16 + \frac{2}{42} - \frac{342}{42} \right) \text{ } ^\circ\text{C} = \left( 16 + \frac{2}{21} - \frac{171}{21} \right) \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{16 \cdot 21 + 2 - 171}{21} \text{ } ^\circ\text{C} =$

$= \frac{336 + 2 - 171}{21} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{331 - 171}{21} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{167}{21} \text{ } ^\circ\text{C} \approx 4 \text{ } ^\circ\text{C}$

Ответ: 1)  $P_H = 400 \text{ Вт}$ ; 2)  $t_1 = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

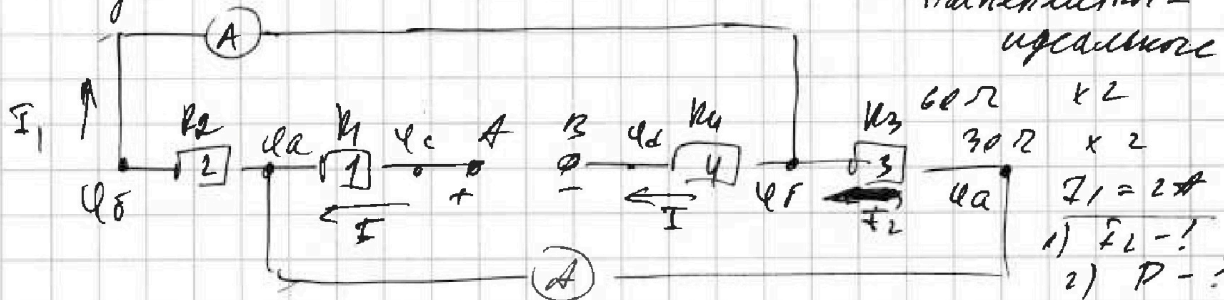


- 1  2  3  4  5  6  7



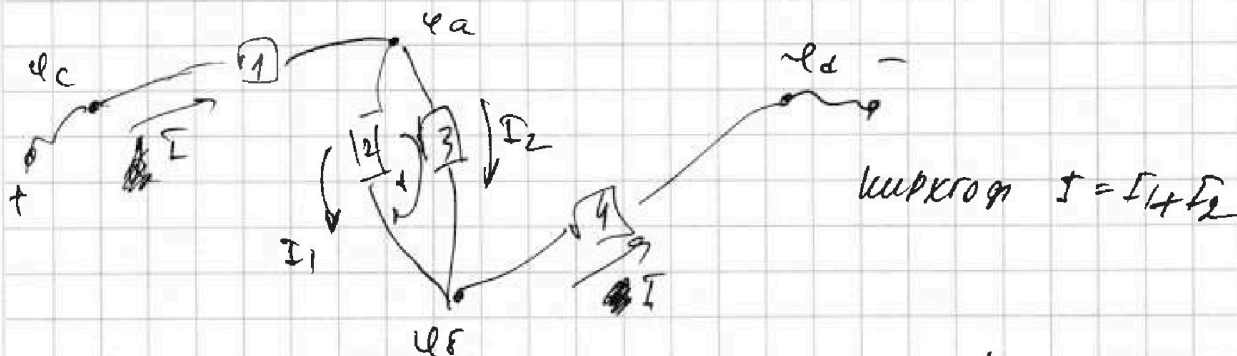
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Поряда QR-кода недопустима!

Задача 5



- $I_1 = 2 \text{ A}$   
1)  $I_2 = ?$   
2)  $P = ?$

1) Расставим потенциалы в цепи!  
напишем эквивалентную цепь!

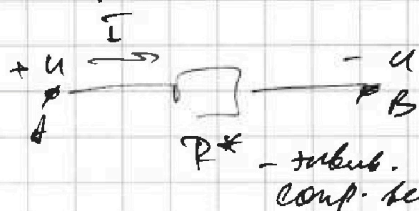


перенесем ток на исходную цепь. К нулю  $I_1 = 2 \text{ A}$  ток идет через верхний амперметр, тогда  $I_2$  - средний. Сила тока в верхнем амперметре по правилу Больцона, чем  $r$  меньше, значит  $R_2 < R_3 \Rightarrow R_2 = 30 \Omega$  и  $R_3 = 60 \Omega$ . Запишем киркгофа  $pd$ !

$$I_1 R_2 = I_2 R_3 \Rightarrow I_2 = I_1 \cdot \frac{R_2}{R_3} = 2 \text{ A} \cdot \frac{30}{60} = 1 \text{ A}$$

$$I_2 = 1 \text{ A}$$

2) тогда  $\Sigma I$  ток в цепи равен  $I = I_1 + I_2 = 3 \text{ A}$ . Тогда мощность:



$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R^* = 110 \Omega \cdot 3^2 \text{ A}^2 = 110 \cdot 9 \text{ Вт} = 990 \text{ Вт}$$

$$R^* = R_1 + R_4 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 30 \Omega + 60 \Omega + \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} \Omega = 90 \Omega + 20 \Omega = 110 \Omega$$

Ответы: 1)  $I_2 = 1 \text{ A}$ ; 2)  $P = 990 \text{ Вт}$

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

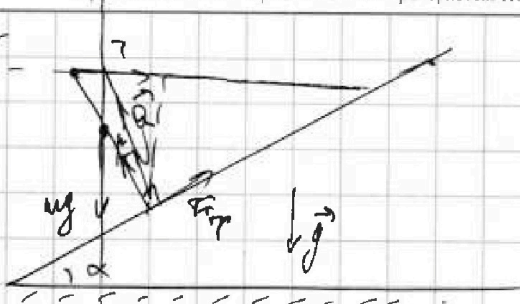
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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. Поиск QR-кода недопустим!

Черновики



$$T = 17,3 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

1) m - ?

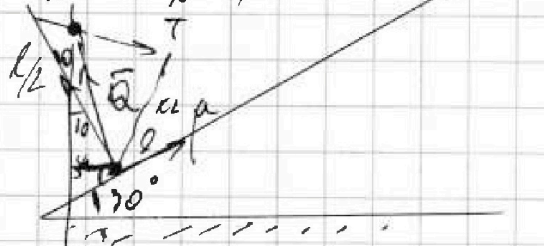
2) F<sub>тр</sub> - ?

3) μ - ? - поиск

1) Обведём векторы  $\vec{F}_{тр}$  и  $\vec{N}$  в одну  $\vec{R}$  - полная реакция опоры.  $\vec{F}_{тр}$  направим вверх, ш.с.

$\vec{R}$ ,  $mg$ ,  $T$  перпендикулярны в одной точке.

$$\frac{F_{тр}}{N} = \frac{\mu N}{N} = \mu$$



$$\frac{338}{252} = \frac{21}{86}$$

$$\frac{21}{126} \times 16 = 21$$

$$\frac{21}{336}$$

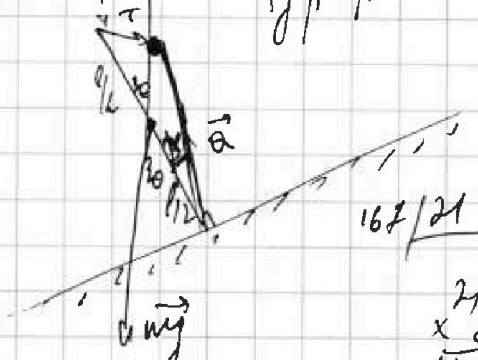
$$mg k_1 = T x_2$$

$$k_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} l = \frac{1}{4} l$$

$$\tan \alpha = \mu$$

$$\frac{16}{21} = \frac{16}{16}$$

$$\frac{32}{336}$$



$$\frac{7}{190} \times 180 = 15200$$

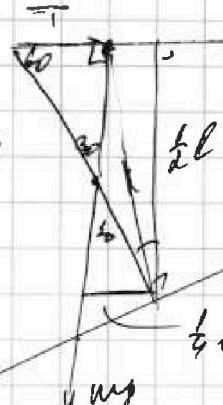
$$17 \frac{3}{10} \cdot \frac{1}{5} = \frac{173}{10} \cdot \frac{1}{5} = \frac{173}{50} \text{ кг}$$

$$\frac{338}{171} = \frac{167}{167}$$

$$\frac{173}{5} \text{ кг}$$

$$\sin(90 - \beta) = \frac{k_1}{l} \Rightarrow \cos \beta = \frac{k_1}{l}$$

$$k_1 = l \cos \beta$$



$$\frac{7}{190} \times 180 = 15200$$

$$\frac{19}{34200}$$

$$mg \cdot \frac{1}{4} l = T \cdot \frac{1}{2} l$$

$$\frac{mg}{4} = \frac{T}{2} \Rightarrow \frac{mg}{2} = T$$

$$mg = 2T \Rightarrow \mu = \frac{2T}{g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

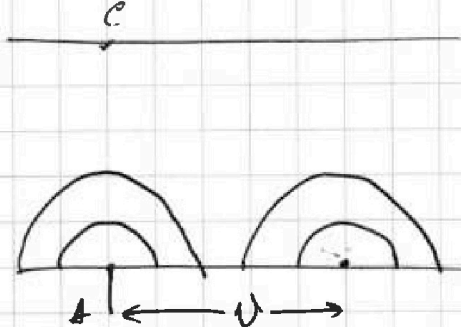
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



ЧЕРКОВИХ



$$1,8 \cdot \frac{1}{5} = 1 \frac{8}{10} \cdot \frac{1}{5} =$$

$$= \frac{18}{10} \cdot \frac{1}{5} = \frac{18}{50}$$



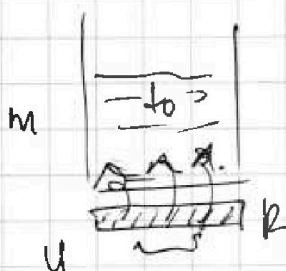
$$10 \cdot \left(\frac{6}{10}\right)^2 = 10 \cdot \frac{36}{100} = \frac{36}{10} = 3,6$$

$$\frac{1100}{9R} = \frac{110}{9} = 20$$

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 400 \\ \hline 10000 \end{array}$$

$$0) P_H = \frac{u^2}{12} = \frac{100^2}{25} \text{ км} =$$

$$= \frac{10000}{25} \text{ км} = 4 \cdot 100 \text{ км} = 400 \text{ км}$$



1) ЧТБ!

$$\frac{u^2}{12} = P_{\text{платеж}} \cdot t + MC(t - t_0)$$

$$\frac{u^2}{12} = P_m(x) \cdot t + mct - mct_0$$

$$\frac{u^2}{12} = P_m$$

$$mg \frac{1}{2} = R$$

$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 338} \\ \underline{-8} \\ 86 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 21 \\ \hline 16 \\ 336 \end{array}$$

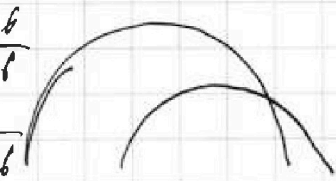
$$\begin{array}{r} 23 \\ \times 18 \\ \hline 184 \\ 414 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 59 \overline{) 346} \\ \underline{-4} \\ 18 \\ \underline{-16} \\ 30 \\ \underline{-15} \\ 15 \\ \underline{-15} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 5 \\ \hline 105 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 4 \\ \hline 84 \\ \times 1,6 \\ \hline 98 \\ 16 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 146 \\ \hline 346 \\ 24 \\ \hline 346 \\ \hline 5916 \end{array}$$



$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \beta = 1$$

$$\frac{1}{16} + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{17}} = \cos \beta$$



$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 8 \\ \hline 600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 290 \overline{) 75} \\ \underline{-225} \\ 650 \\ \underline{-600} \\ 50 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 28 \\ \times 9 \\ \hline 252 \end{array}$$

3,46



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МОТИ

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

**Задача 1**

$AC = d = 50 \text{ м}$   
 $CB = L = 120 \text{ м}$   
 $T_1 = 100 \text{ с}$   
 $T_2 = 240 \text{ с}$

1) Нарисовать ГМО, на которых лежат концы векторов начальных скоростей (векторов) пловца. Теперь, как и в задаче 1, проведем ГМО векторов нач. скоростей и вынесем их вправо. Получим ГМО всех концов векторов конечных скоростей.

По условию в  $CO$  реки по модулю скорости в обоих направлениях одинаково, перенесем картинку.

**Задача 1**

$d = 50 \text{ м}$   
 $L = 120 \text{ м}$   
 $T_1 = 100 \text{ с}$   
 $T_2 = 240 \text{ с}$

1)  $v_1 - ?$   $v_2 - ?$   
 2)  $v - ?$   
 3)  $S - ?$

1) Нарисовать ГМО соответствующих векторов начальных скоростей — это получится, если вынесем  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ . Как и в задаче 1, проведем ГМО векторов конечных скоростей.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

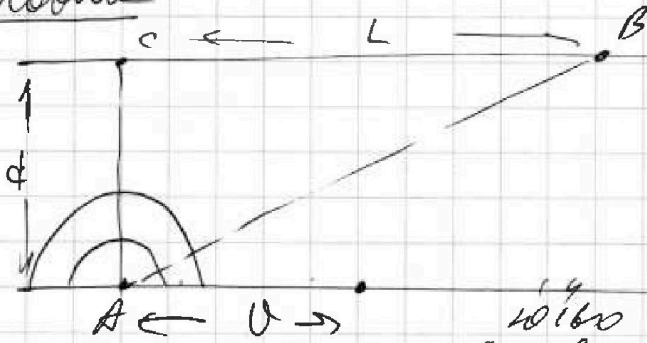
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



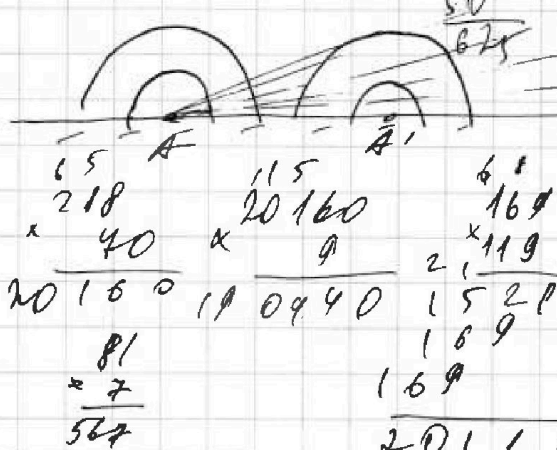
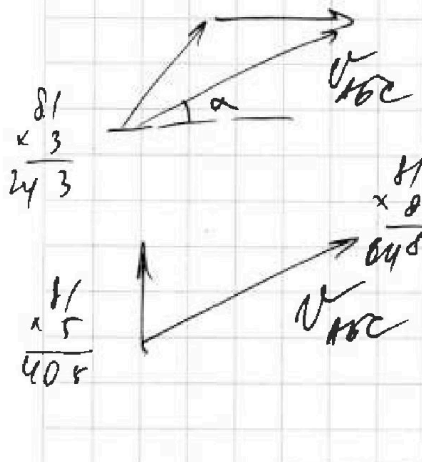
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

черновики



$$\begin{array}{r} 20160 \\ - 190440 \\ \hline 100700 \\ - 2 \\ \hline 10160 \\ \times 4 \\ \hline 80640 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20160 \\ \times 5 \\ \hline 100800 \\ \times 3 \\ \hline 60510 \\ \times 26 \\ \hline 156840 \\ \times 26 \\ \hline 87600 \end{array}$$

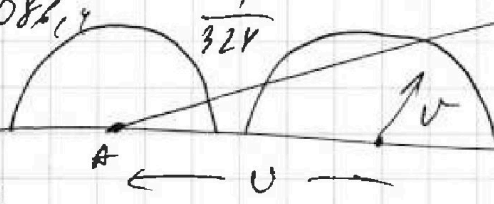


$$\begin{array}{r} 3016 \\ - 2500 \\ \hline 516 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 12 \\ \hline 48 \\ 24 \\ \hline 208 \end{array}$$

$$\frac{2500}{81} = \frac{2500 \cdot 100}{81 \cdot 100} = \frac{250000}{81}$$

$$\begin{array}{r} 250000 \\ - 243 \\ \hline 400 \\ - 648 \\ \hline 520 \\ - 936 \\ \hline 340 \\ - 324 \\ \hline 16 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 120,0 \\ - 24,5 \\ \hline 95,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 22 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 484 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 130 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ 24 \\ \hline 3120 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2,54 \\ \times 2,4 \\ \hline 101,6 \\ 101,6 \\ \hline 1296 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 120 \\ \hline 2400 \\ 12 \\ \hline 14400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 130 \\ \times 110 \\ \hline 3900 \\ 14 \\ \hline 10900 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12013 \\ - 11792 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$0,15 - \frac{12}{13} = \frac{25}{100} - \frac{12}{13} =$$