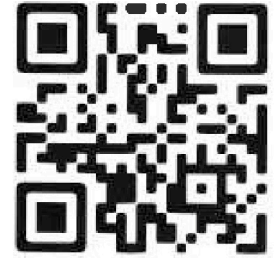




Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

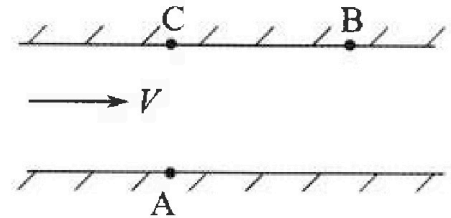
Вариант 09-02

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.

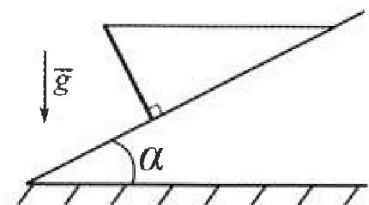
- ✓ 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- ✓ 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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  $\alpha = 30^\circ$ .

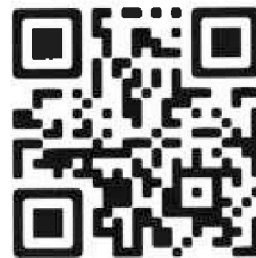


- ✓ 1) Найдите массу  $m$  стержня.
- ✓ 2) Найдите силу  $F_{тр}$  трения, действующую на стержень.
- ✓ 3) При каких значениях коэффициента  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 09-02

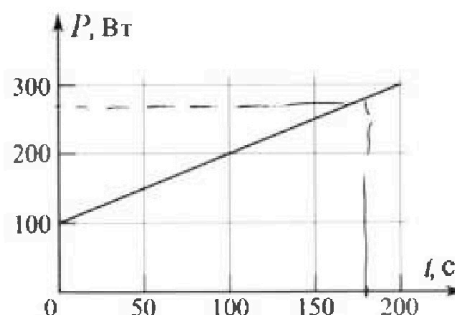
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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.

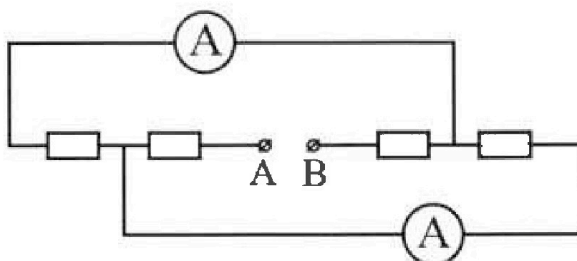
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).



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:

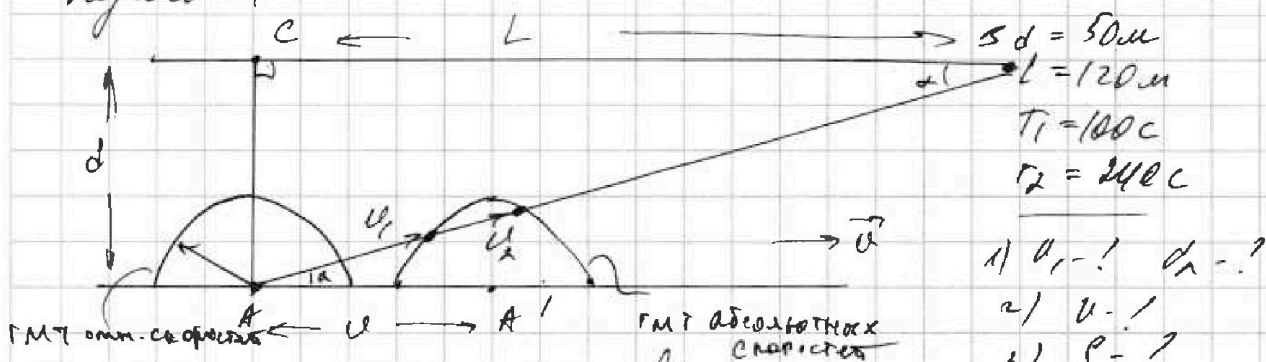
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

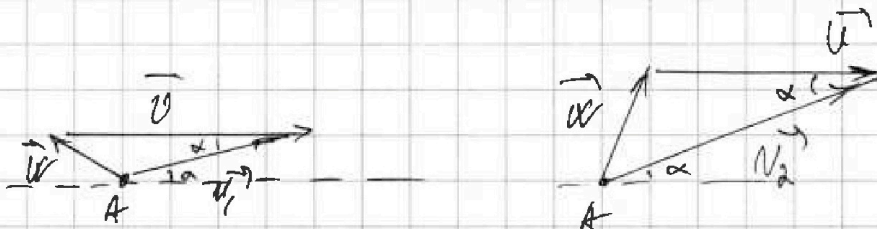
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Задача 1



1) перенесем все ГМТ-выражения (точнее, полувыражения) на  $\vec{v}$  влево. Тогда получим ГМТ всех концов вектора абсолютных скоростей. Тогда мы получим 2 векторки  $A$ !



По косинусам:  $w^2 = v^2 + v_1^2 - 2vv_1 \cos \alpha$  (1)

$w^2 = v^2 + v_2^2 - 2vv_2 \cos \alpha$  (2)

$\cos \alpha = \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}}$  — из векторной и перемещения (3)

с учетом (1), (2), (3)!

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

2) Можно записать такие табличные выражения:

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

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

$12v_1 = 5v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{12}{5}v_1 = \frac{24}{10}v_1 = 2.4v_1$  (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:

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 невозможна!

$$4,76 v_1^2 = 2,8 v_1 \cos \alpha$$

$$4,76 v_1^2 = 2,8 v_1 \cos \alpha$$

$$4,76 v_1 = 2,8 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}} \cdot \sqrt{L^2 + d^2}$$

$$4,76 v_1 \sqrt{L^2 + d^2} = 2,8 v_1 L \quad | : 2$$

$$2,38 v_1 \sqrt{L^2 + d^2} = 1,4 v_1 L \quad | : 2$$

$$1,19 v_1 \sqrt{L^2 + d^2} = 0,7 v_1 L$$

$$\frac{119}{100} v_1 \sqrt{L^2 + d^2} = \frac{7}{10} v_1 L \quad | \cdot 100$$

$$119 v_1 \sqrt{L^2 + d^2} = 70 v_1 L \Rightarrow v = v_1 \cdot \frac{119}{70} \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{L} \quad (5)$$

Из уравнения  $\sqrt{L^2 + d^2} = v_1 t_2 = v_2 t_1$  найдем  $v_1, v_2$ :

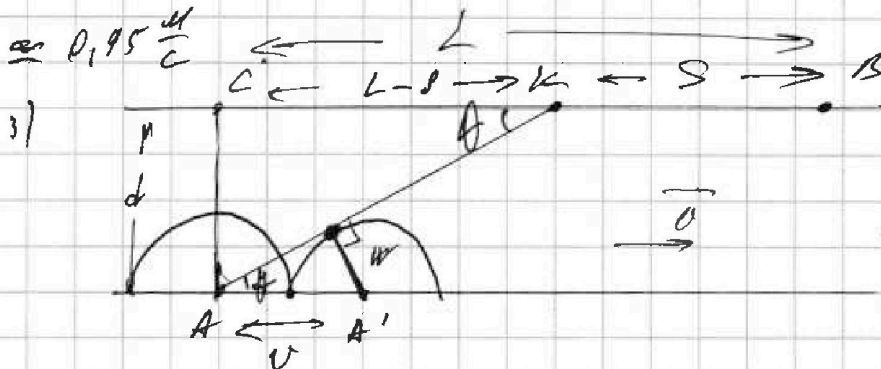
$$v_1 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{t_2} = \frac{\sqrt{120^2 + 50^2}}{240} \frac{m}{c} = \frac{130}{240} \frac{m}{c} = \frac{13}{24} \frac{m}{c} \approx 0,54 \frac{m}{c}$$

$$v_2 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{t_1} = \frac{\sqrt{120^2 + 50^2}}{240} \frac{m}{c} = \frac{130}{100} \frac{m}{c} = \frac{13}{10} \frac{m}{c} = 1,3 \frac{m}{c}$$

с учетом (5):

$$v = \frac{13}{24} \cdot \frac{119}{70} \cdot \frac{130}{120} \frac{m}{c} = \frac{13 \cdot 119}{24 \cdot 70 \cdot 12} \frac{m}{c} = \frac{20111}{20160} \frac{m}{c} \approx$$

$$\approx 0,995 \frac{m}{c}$$



это минимальная  
когда  $\vec{v}_{AB}$  перпендикулярно  
потоку абсолютной  
скорости !!!

$$\sin \theta = \frac{d}{v} = \frac{d}{\sqrt{(L-s)^2 + d^2}}$$

$$\frac{v^2 + v_1^2 - 2vv_1 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}}}{v} = \frac{d}{\sqrt{(L-s)^2 + d^2}} \Leftrightarrow v d = \left( v^2 + v_1^2 - 2vv_1 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}} \right) \cdot \sqrt{(L-s)^2 + d^2}$$

$$L-s = \sqrt{\frac{v^2 d^2}{\left( v^2 + v_1^2 - 2vv_1 \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}} \right)^2} - d^2} \Leftrightarrow \text{нормальное на сред. ст.}$$

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)

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

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

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

$$= 120 \text{ м} - \sqrt{\frac{2500}{0,14} - 2500} \text{ м} =$$

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

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:



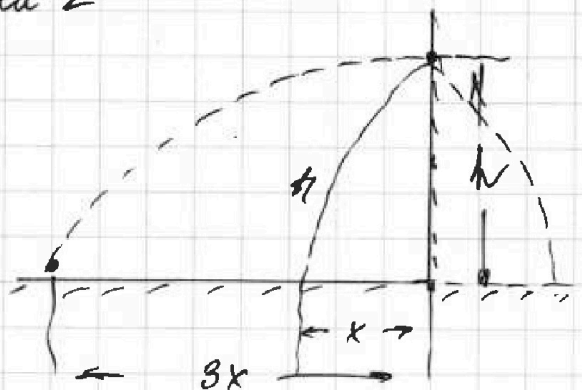
1  2  3  4  5  6  7



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)  $H$  - ?

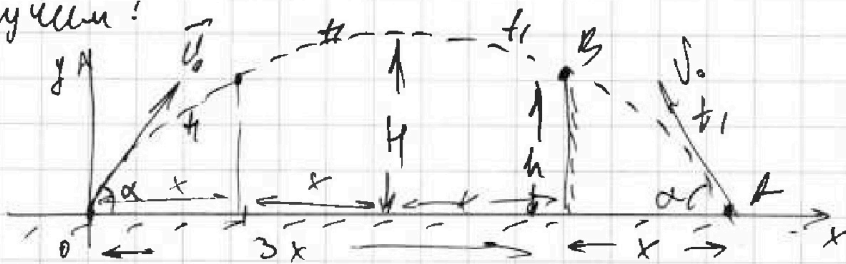
2)  $H$  - ?

$\alpha = 1,1 \text{ рад}$

3)  $H$  - ?

1) так как удар о стенку абсолютно упругий, вторая часть параболы симметрична стенке, поэтому соответствующим параметрам примем длину полета удара.

получим:



$x$  - в обозначениях - расстояние от стенки до места приземления мяча после удара о стенку.

2) запишем уравнение движения:

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

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

но нас интересует время  $t_1$ , поэтому выразим  $t$  из второго уравнения.

6 (-) B:

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

$$OY: h = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow v_0^2 \sin^2 \alpha t_1^2 = \left(h + \frac{gt_1^2}{2}\right)^2 \quad (1)$$

$$v_0^2 t_1^2 = x^2 + \left(h + \frac{gt_1^2}{2}\right)^2$$

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

запишем уравнение движения "из 0 в 0":

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

$$OY: 0 = v_0 \sin \alpha \cdot 4t_1 - \frac{g \cdot 16t_1^2}{2} \Rightarrow 4 v_0 \sin \alpha = 8gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g} \quad (2)$$

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 из 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  $H$ !

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

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

подставим в (3):

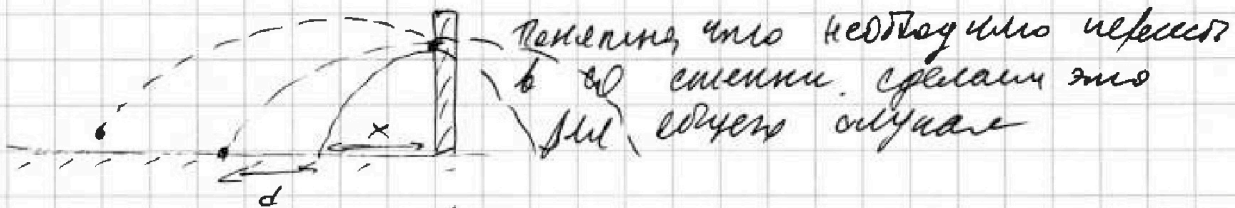
$$H = \left( \frac{h}{t} + \frac{gt}{2} \right) \cdot 2t - 2gt^2$$

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

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

$$H = 7,2 \text{ м}$$

5) теперь необходимо разобраться с квадратной стеной:



Представим на следующей странице

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

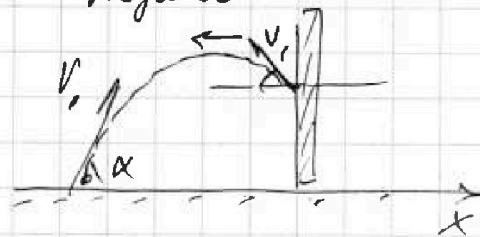
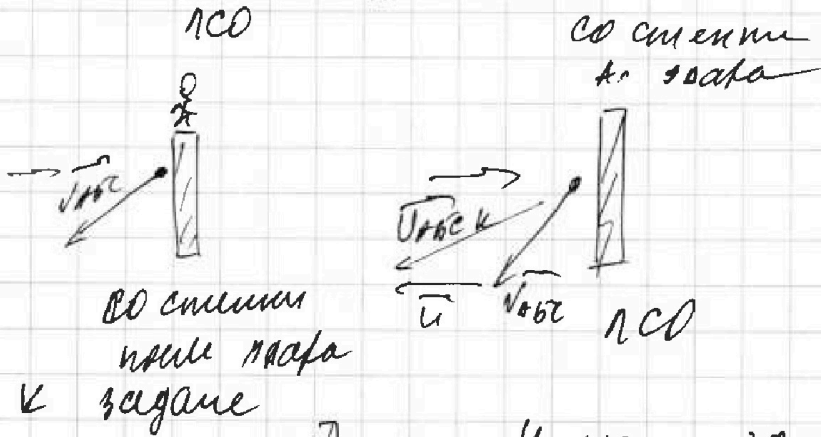
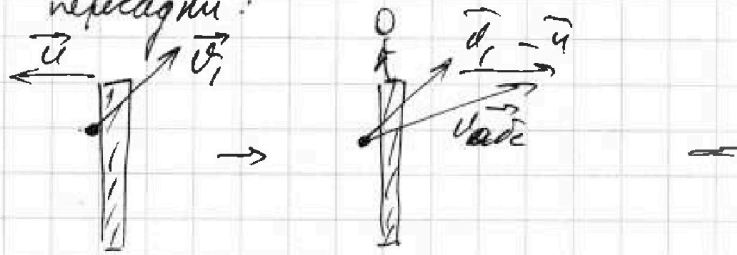
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Общий случай пересадки:



И можно заметить, что  
компонента по оси OX  
только увеличивается с  
абсолютного удара.  
 $u' = v_x + u$ . Тогда можно  
применить это:

$$u'_x = v_x \cos \alpha + u$$

Тогда уравнение движения:

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

в конце случая: OX:  $(v_0 \cos \alpha + u) t_2 = x + d$

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

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

Тогда  $u t_2 = d \Rightarrow$

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

$$u = \frac{d}{t_1} = \frac{1,2 \text{ м}}{2 \cdot \frac{1}{10} \text{ с}} = \frac{1,2 \cdot 10}{2} = 6 \text{ м/с}$$

Скорость:  $h = 0,6 \text{ с}; d) t_1 = 2,2 \text{ м}; \beta) u = 1,5 \text{ м/с}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

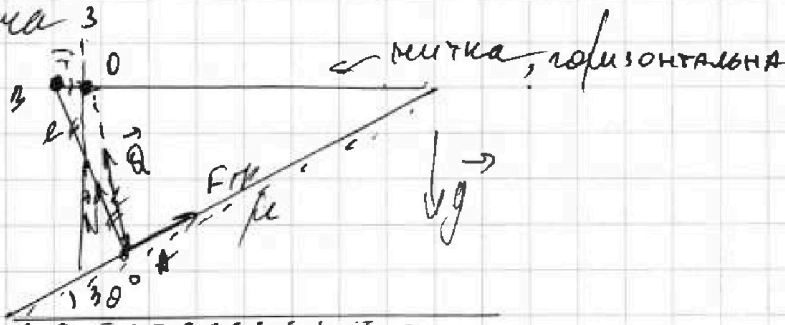
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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. Штрих QR-кода недопустима!

задача 3

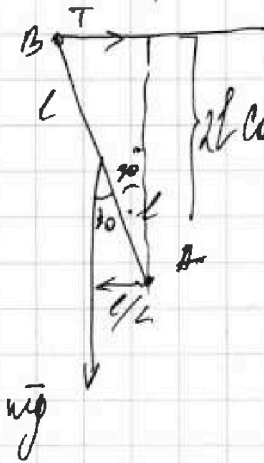


$T = 17,3 \text{ Н}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $\alpha = 40^\circ$   
 1)  $m = ?$   
 2)  $F_{ш} = ?$   
 3)  $\mu = ?$  — по кас.

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

2) В точке А на шнуре действует  $F_{ш}$  и  $N$ . Вертикальная сила  $l$  — сила в веревке — величина реакции опоры. сразу становится понятно, что  $F_{ш}$  направлена вверх, м.к.  $T$ ,  $mg$  и  $\vec{a}$  действуют перпендикулярно в одной точке О.

3) запишем правило моментов для вертикальной оси — только (1) В:



$mg \frac{l}{2} = T \cdot l \sqrt{2}$   
 $mg = 2T \sqrt{2}$   
 $m = \frac{2T \sqrt{2}}{g}$   
 $m = \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н} \cdot \sqrt{2}}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{17,3 \sqrt{2}}{5} \text{ кг} =$

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

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

$m = 5,9 \text{ кг}$

4) найдем  $F_{ш}$ , действующую на шнуре. для этого запишем правило моментов для вертикальной оси — только (1) В:

см. предыдущую страницу

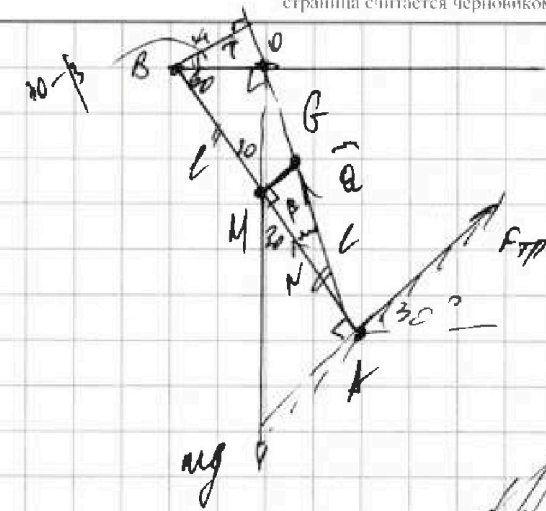
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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. поперек, значит  $\sin \beta$  /  $\cos \beta$ !~~  
 ~~$\cos \beta = \frac{a}{2} = \frac{a}{a} = 1$~~   
 вместо  $\sin \beta$  вместо  $\cos \beta$   
 ~~$\cos \beta = \frac{F_{тр}}{N} = \frac{\mu N}{N} = \mu$ , подставь~~  
 ~~$\beta = \arccos \mu$~~   
 ~~$\cos \beta = \frac{\mu a}{2}$~~

Нравится моментов для стержня относительно оси (.) B:

$$mg \cdot \frac{1}{2} = F_{тр} \cdot 2a \Rightarrow F_{тр} = \frac{mg}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{mg}{4} = \frac{51 \cdot 10}{4} \text{ Н} = \frac{51}{4} \text{ Н} \approx 12.75 \text{ Н}$$

$$F_{тр} \approx 15 \text{ Н}$$

5) Стержень будет находиться в равновесии, когда момент  $M_G$  будет равен моменту  $\bar{Q}$ . Стоит отметить, что

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

Также равновесие будет достигаться при  $\mu$ , только при вертикальной, когда в этот момент, когда  $\bar{T}$ ,  $\bar{mg}$ ,  $\bar{Q}$  пересекаются в одной точке.

то косинус для  $\Delta KPO$ :

$$AO^2 = 4l^2 + \frac{l^2}{4} - 2 \cdot 2l \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow AO = \sqrt{4l^2 + \frac{l^2}{4} - l^2} = \sqrt{3l^2 + \frac{l^2}{4}} = \sqrt{\frac{12l^2 + l^2}{4}} = \frac{\sqrt{13}l}{2} = l \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} \approx l \cdot \frac{3,7}{2} = 1,85l$$

$$AO \approx 1,85l$$

то косинус для  $\Delta MGA$ : то косинус для  $\Delta KAO$ :

$$\left(\frac{l\sqrt{2}}{2}\right)^2 = l^2 + (1,85l)^2 - 2l \cdot 1,85l \cdot \cos \beta$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

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)

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

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

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

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

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

$$= \frac{\frac{\sqrt{32}}{16}}{\frac{15}{16}} = \frac{\sqrt{32}}{16} \cdot \frac{16}{15} = \frac{\sqrt{32}}{15} \approx \frac{5,8}{15} = \frac{58}{150} = \frac{58}{150} \cdot \frac{1}{10} =$$

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

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:

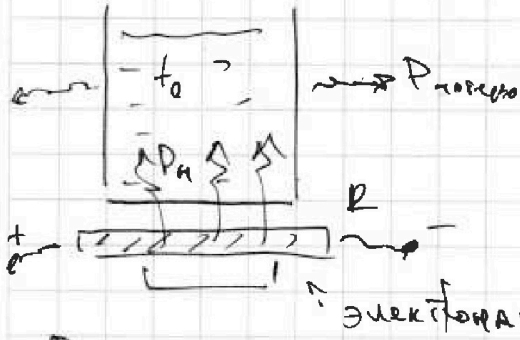
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача 4

$V = 1\text{ л}$ ,  $m = 1\text{ кг} = \rho V = 1 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}\text{ кг}$   
 $t_0 = 180\text{ C}$   
 $R = 25\ \Omega$   
 $k = 100\text{ Вт/м}^2\text{C}$



- 1)  $P_H$  -!  
 2)  $t_1$  -?  $T = 180\text{ C}$

$\rho = 1000\text{ кг/м}^3$   
 $c = 4200\text{ Дж/кг}\cdot\text{C}$

Решение:

1) найдем мощность нагревателя:

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

$P_H = 400\text{ Вт}$

2) запишем УТБ для нагревателя и учтем:

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

*задача графически*

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

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

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

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

*мощность из функции P(T)*

$P_{\text{потери}}(T)$  найдем графически:  $P_{\text{потери}}(T) = 100\text{ Вт/м}^2 + 4 \frac{\text{Вт}}{\text{C}} \cdot T$  210 Вт  
 $P_{\text{потери}}(180\text{ C}) = 100\text{ Вт} + 4 \cdot 180\text{ Вт} = 820\text{ Вт} + 100\text{ Вт} = 920\text{ Вт}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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~~

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

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

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

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

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

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

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

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

$\int_0^L P(x) dx = \frac{1}{2} (100 + 200) \cdot 180 \text{ Вт} = \frac{300}{2} \cdot 180 = 190 \cdot 180 \text{ Вт} = 34200 \text{ Вт}$  — просто как 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: а)  $P_H = 400 \text{ Вт}$ ; б)  $t_1 = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

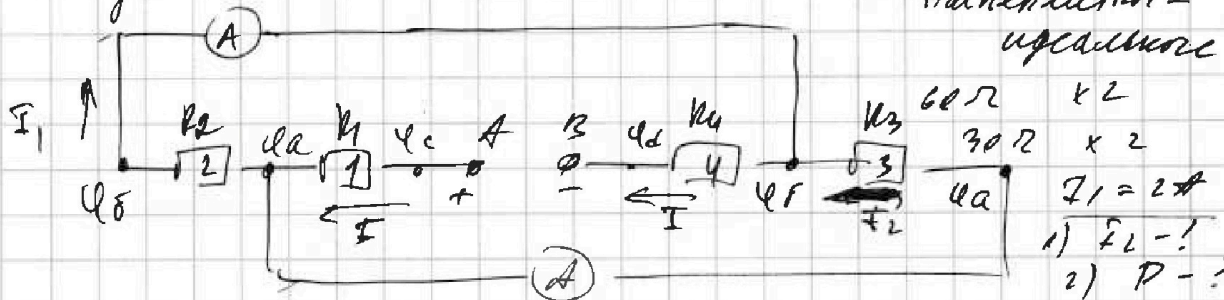


1  2  3  4  5  6  7



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

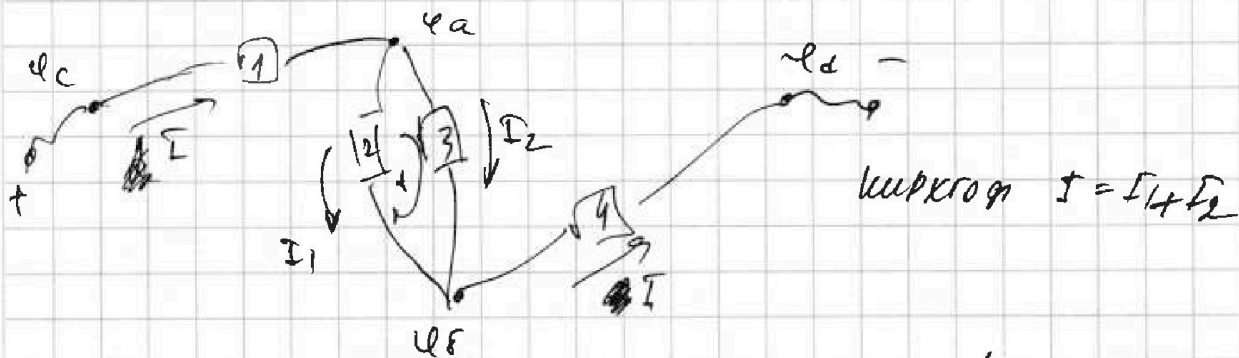
Задача 5



Амперметры - идеальные

$I_1 = 2A$   
1)  $I_2 = ?$   
2)  $P = ?$

1) Расставим потенциалы в цепи!  
напишем эквивалентную цепь!

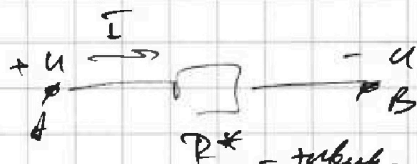


пересделаем ток на исходную цепь. К нулю  $I_1 = 2A$  ток идет через верхний амперметр, тогда  $I_2$  - средний. Сила тока в верхнем амперметре по законам Киркгофа больше, чем в среднем, значит  $R_2 < R_3 \Rightarrow R_2 = 30 \Omega$  и  $R_3 = 60 \Omega$ . Запишем киркгофа для  $I_2$ !

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

$$I_2 = 1A$$

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



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

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

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

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

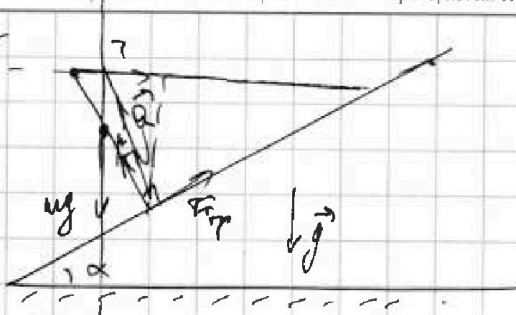
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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. Печать QR-кода недопустима!

Черновики

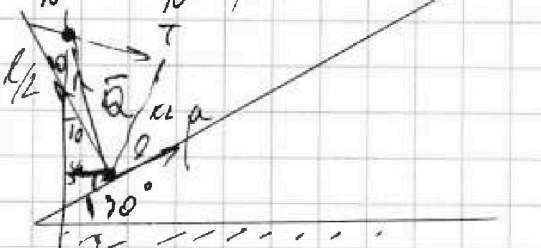


$T = 17,3 \text{ Н}$   
 $\alpha = 30^\circ$

- 1)  $m$  - ?
- 2)  $F_{\text{тр}}$  - ?
- 3)  $\mu$  - ? - поиск

1) Обведём  $\vec{F}_{\text{тр}}$  и  $\vec{N}$  в одну  $\vec{R}$  - полная реакция опоры.  $\vec{F}_{\text{тр}}$  направлена вверх, ш.с.  $\vec{R}$ ,  $mg$ ,  $T$  перпендикулярны в одной точке.

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



$$\begin{array}{r} 338 \\ - 252 \\ \hline 86 \end{array}$$

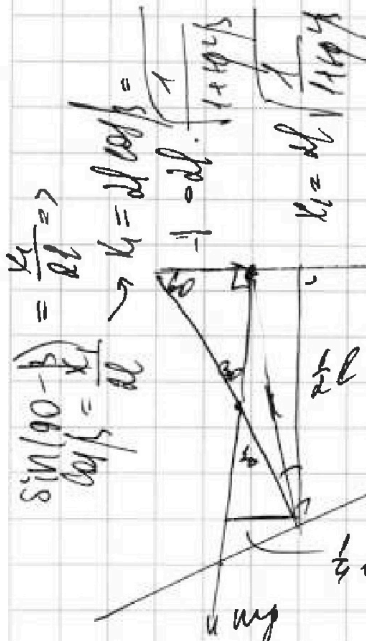
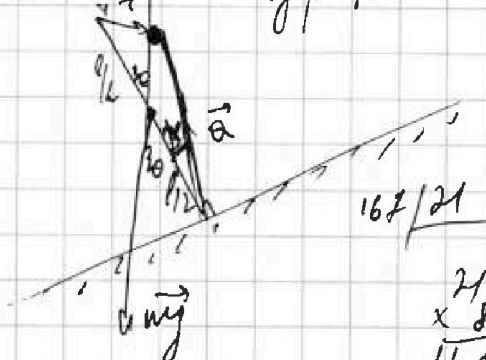
$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 16 \\ \hline 126 \\ \hline 336 \end{array}$$

$mg \cdot k_1 = T \cdot k_2$

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

$\tan \alpha = \mu$

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



$$\begin{array}{r} 7 \\ 190 \\ \times 180 \\ \hline 15200 \end{array}$$

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 7 \\ 190 \\ \times 180 \\ \hline 15200 \\ 19 \\ \hline 34200 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

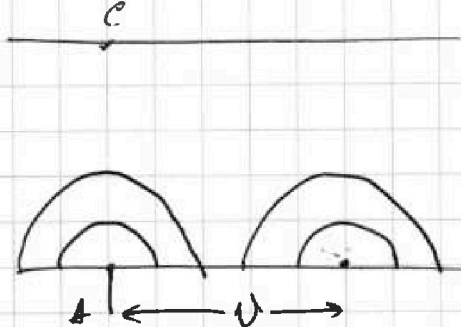
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

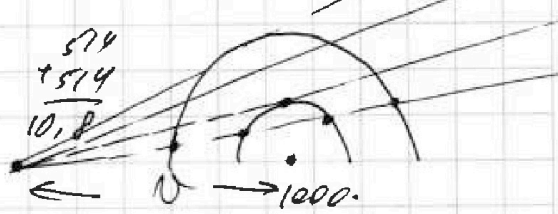


ЧЕРКОВИИ



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

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



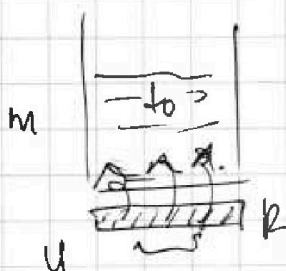
$$10 \cdot \left(\frac{6}{10}\right)^2 = 10 \cdot \frac{36}{100} = \frac{36}{10} = 3,6$$

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

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

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

$$= \frac{10000}{25} \text{ B.M.} = 4 \cdot 100 \text{ B.M.} = 400 \text{ B.M.}$$



1) ЧТБ!

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

$$\frac{u^2}{12} = P_{\text{м}}(x) + mct - mct_0$$

$$\frac{u^2}{12} = P_{\text{м}}$$

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

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

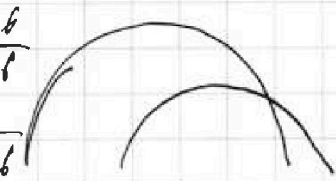
$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 21 \\ \hline 16 \\ 336 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 59 \overline{) 346} \\ \underline{-4} \\ 18 \\ \underline{-16} \\ 30 \\ \underline{-23} \\ 7 \\ \underline{-7} \\ 0 \end{array}$$

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

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



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

$$\frac{1}{1 + \cos^2 \beta} = \cos^2 \beta$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 1,46 \\ \hline 346 \\ 24 \\ \hline 591,6 \end{array}$$

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

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



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

1) Нарисуем ГМО, на которых лежат концы векторов начальных скоростей (векторов) пловца. Теперь, как и в задаче 1, проведем ГМТ векторов нач. скоростей и вынесем их вправо. Получим ГМТ 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) нарисуем ГМТ соответствующих концов векторов начальных скоростей - это получится дуги, радиусами  $v_1$  и  $v_2$ . как и в задаче 1, вынесем их вправо на  $v$ , получим скорости (концы) векторов конечных скоростей.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

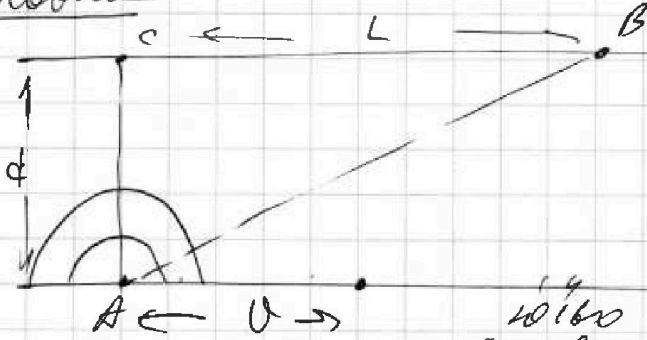
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

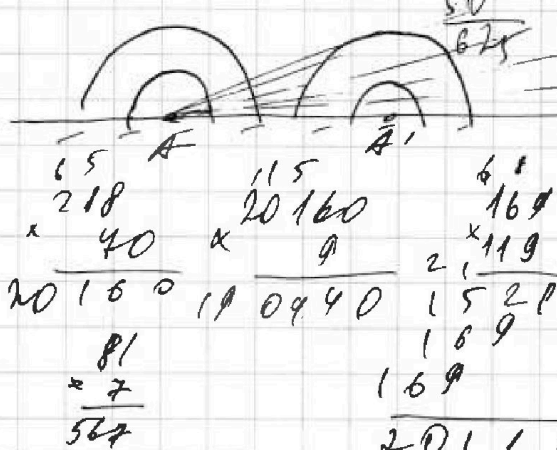
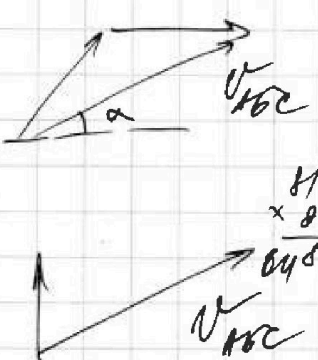
черновики



$$\begin{array}{r} 20160 \\ - 190440 \\ \hline 100700 \\ - 2 \\ \hline 100698 \\ \times 10160 \\ \hline 80640 \\ \times 25 \\ \hline 125 \\ 50 \\ \hline 675 \end{array}$$

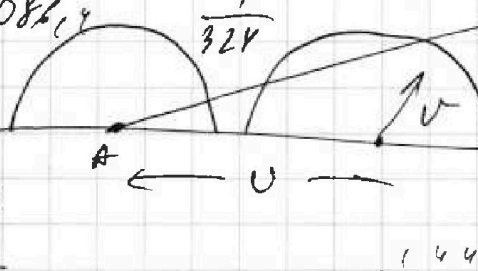
$$\begin{array}{r} 20160 \\ \times 5 \\ \hline 100800 \\ \times 3 \\ \hline 30480 \\ \times 26 \\ \hline 156 \\ 52 \\ \hline 676 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 81 \\ \times 3 \\ \hline 243 \\ \times 5 \\ \hline 405 \end{array}$$



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

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



$$\begin{array}{r} 120,0 \\ - 24,5 \\ \hline 95,5 \\ \times 22 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 484 \\ \times 0,9 \\ \hline 435,6 \\ \times 0,9 \\ \hline 392,04 \end{array}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 14400 \\ + 2500 \\ \hline 16900 \\ \times 130 \\ \hline 3900 \\ 11700 \\ \hline 11700 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 130 \\ \times 24 \\ \hline 3120 \\ - 120 \\ \hline 11880 \\ \times 0,54 \\ \hline 6415,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,5 \\ \times 0,5 \\ \hline 0,25 \\ 0,0 \\ \hline 0,125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12013 \\ - 11700 \\ \hline 313 \end{array}$$

$$0,125 - \frac{12}{13} = \frac{25}{100} - \frac{12}{13} =$$