



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

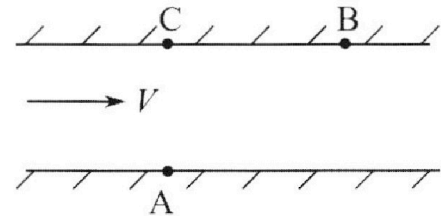
Вариант 09-02

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



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 100$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 240$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость V течения реки.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос наименьший.

- 3) На каком расстоянии S от точки В выше по течению финиширует пловец в третьем заплыве?

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой на высоте $h = 5,4$ м мяч падает на площадку. Расстояние от точки старта до стенки в 3 раза больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

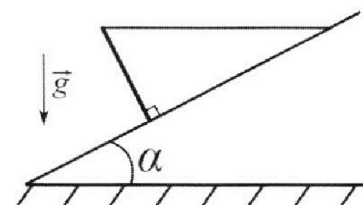
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на высоте h , стенка движется навстречу мячу. Расстояние между точками падения мяча на поле в случаях: стенка покоится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный стержень удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к стержню в его наивысшей точке. Сила натяжения нити $T = 17,3$ Н. Угол между стержнем и плоскостью прямой. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha = 30^\circ$.



- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

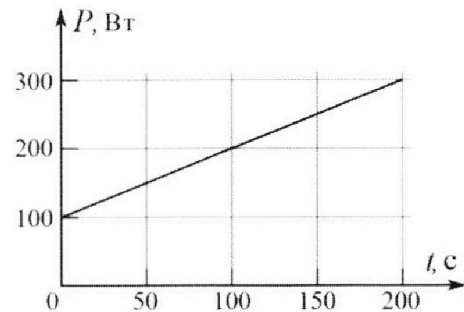


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16$ °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 \tilde{t}_1 воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

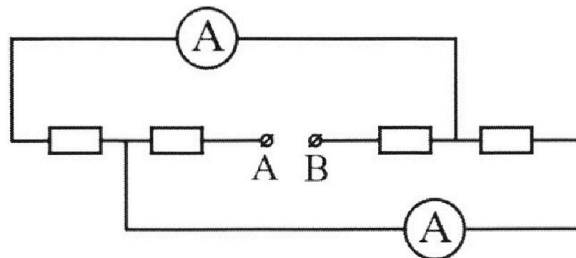
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).



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:

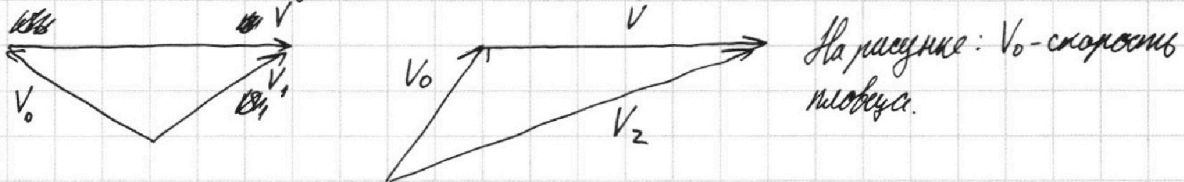
1 2 3 4 5 6 7



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

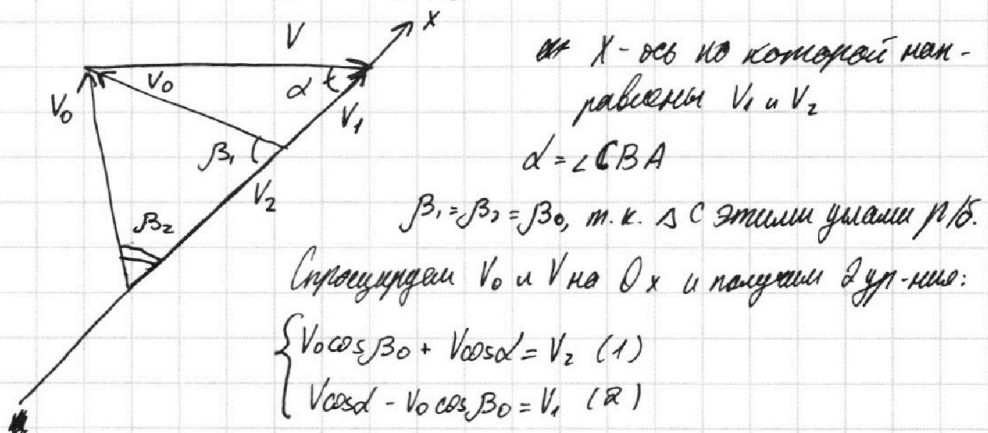
№ 1

1) Составим векторный треугольник скоростей для обеих ситуаций:



Подставим два выше написанных Δ друг к другу так, что бы стороны V

стали общими:



$$\begin{cases} V_0 \cos \beta_0 + V \cos \alpha = V_2 & (1) \\ V \cos \alpha - V_0 \cos \beta_0 = V_1 & (2) \end{cases}$$

По Т. Пифагора: $AB = \sqrt{L^2 + d^2} = 130 \text{ м} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{CB}{AB} = \frac{12}{13}$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{AB}{T_2} = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

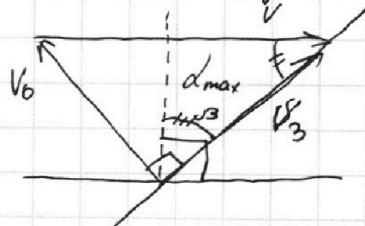
$$V_2 = \frac{AB}{T_1} = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = \frac{13}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$(1) + (2): V_1 + V_2 = 2V \cos \alpha \Rightarrow V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{13}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot \frac{12}{13}} = \frac{\frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{31,2}{26} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{24}{13}}$$

$$= \frac{44,2 \cdot \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{24 \cdot 24}{13}} = \frac{22,1 \cdot 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{24 \cdot 12} = \frac{289,3 \text{ м}}{288 \text{ с}} \approx 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

По Т. кос: $V_0^2 = V^2 + V_2^2 - 2V V_2 \cos \alpha \Rightarrow V_0 = \sqrt{0,29} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) Чтобы спос $\rightarrow \min$, нужно чтобы $\alpha \rightarrow \max$. Это достигается в случае нулевого.



В максимуме: $\sin \alpha_{\max} = \frac{\sqrt{0,29}}{1} \Rightarrow \cos \alpha_{\max} = \sqrt{1 - 0,29} = \sqrt{0,71}$

$$V_3 = V \cos \alpha_{\max} = \sqrt{0,71} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7



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

$$\text{Выс будет равен: } AC \cdot \sin \beta = 50 \text{ м. } \frac{\cos \alpha_{\max}}{\sin \alpha_{\max}} = \sqrt{\frac{0,41}{0,25}} \cdot 50$$

$$\text{Тогда: } S = L - \sqrt{\frac{0,41}{0,25}} \cdot 50 \text{ м} = 120 \text{ м} - \sqrt{\frac{0,41}{0,25}} \cdot 50 \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } 120 \text{ м} - \sqrt{\frac{0,41}{0,25}} \cdot 50 \text{ м}; \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}; \frac{13}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}; 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

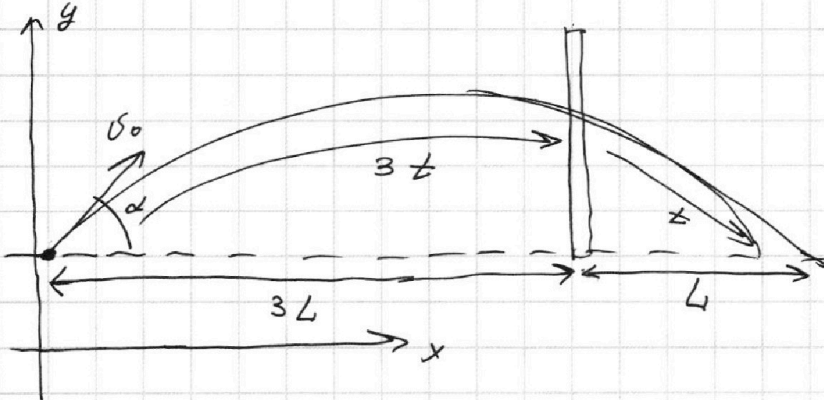
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

12

1) М.к. удар другой и стенка вертикально, то изменилось только горизонтальная составляющая, а значит траектория мяча можно отразить отл. стени.



М.к. мяч в проекции на Ox движется равномерно, но от удара до стенки время полёта больше в 3 раза, чем от стенки до падения

v_0 - начальная скорость мяча.

Ур. по движению по Oy две veces времени: $0 = v_0 \sin \alpha \cdot 4t - \frac{g}{2} \cdot 16t^2$

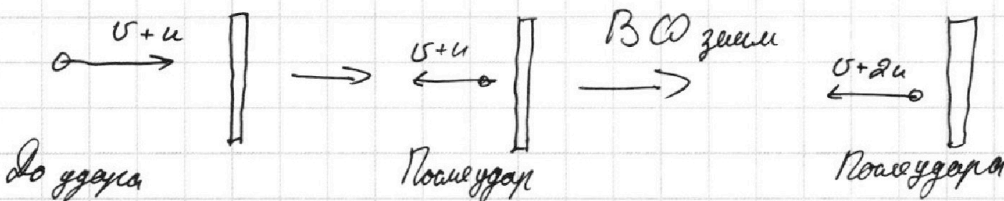
$v_0 \sin \alpha = 2gt$

Ур. по движению по Ox две первые $3t$: $h = v_0 \sin \alpha \cdot 3t - \frac{g}{2} \cdot 9t^2$

Подставим $v_0 \sin \alpha$: $h = 2gt \cdot 3t - 4,5gt^2 = 1,5gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{3,4}{1,5 \cdot 10}} \cdot 10 \text{ c} =$

Полга: $H = v_0 \sin \alpha \cdot 2t - \frac{g}{2} \cdot 4t^2 = 4gt^2 - 2gt^2 = 2gt^2 = \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ c}$
 $t_1 = t = \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ c}$

2) Чтобы понять с какой скоростью отскочил мяч перейдем в СО стенки:



Значит горизонтальная сост-я скорости увеличилась на $2u$, но до земли отскочит мяч будет меньше времени \bar{t} , т.к. верт. сост-я не изменилась.

Тогда: $L = v_0 \cos \alpha \cdot t$

$L + d = (v_0 \cos \alpha + 2u) \bar{t}$

$L = (v_0 \cos \alpha + 2u) \bar{t} - d$

$v_0 \cos \alpha \cdot t = v_0 \cos \alpha \cdot \bar{t} + 2u \bar{t} - d$
 $2u \bar{t} = d \Rightarrow u = \frac{d}{2\bar{t}} = \frac{1,8 \text{ m}}{2 \cdot \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ c}} = \frac{\sqrt{1,8 \cdot 5}}{2} = \frac{\sqrt{90}}{2} \frac{\text{m}}{\text{c}}$

Ответ: $H = 6,2 \text{ m}$; $t_1 = \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ c}$; $u = \frac{\sqrt{90}}{2} \frac{\text{m}}{\text{c}}$

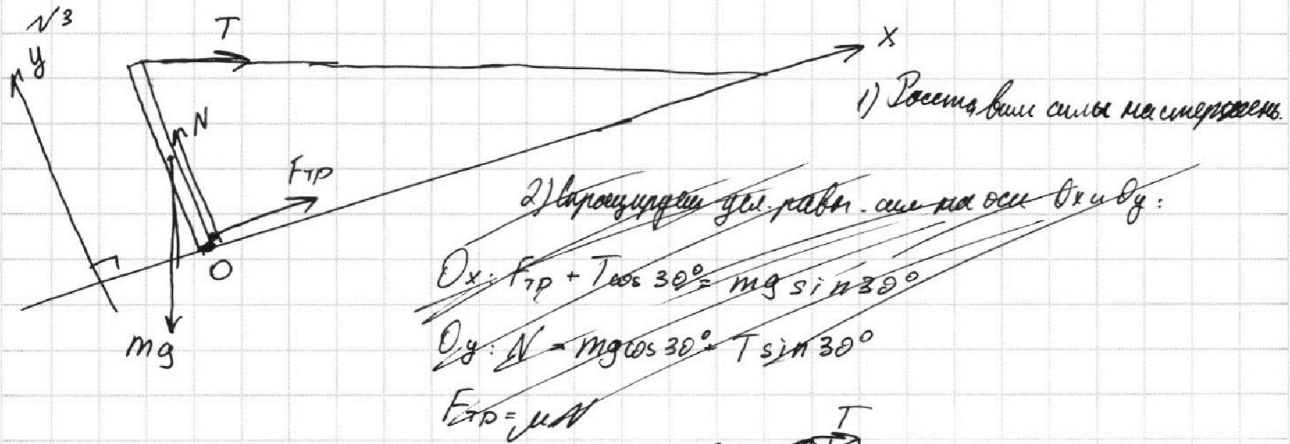
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

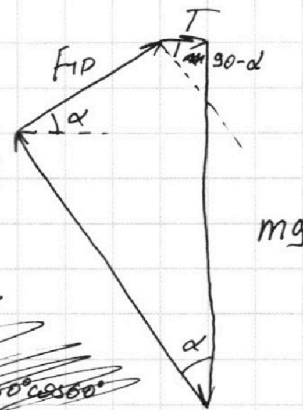


3) Усл. равнов. сил в вект. виде:

~~Усл. равнов. сил:~~
 ~~$N \cos 30^\circ + F_{TP} \cos 60^\circ = mg$ (1)~~
 ~~$mg \cos 30^\circ + T \cos 60^\circ = N$ (2)~~
 ~~$mg \sin 30^\circ + T \cos 30^\circ = F_{TP}$ (3)~~

Решаем систему N и F_{TP} б (1):

~~$mg \cos 30^\circ + T \cos 30^\circ \cos 60^\circ = mg \cos 60^\circ + T \cos 30^\circ \cos 60^\circ$~~



4) Пусть длина стержня l , тогда пр. макс. смк. $r. \theta$: $mg \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 30^\circ = T l \cos 30^\circ$

$$m = \frac{2T \cos 30^\circ}{g \sin 30^\circ} = 3,43 \cdot \sqrt{3} \text{ кг}$$

5) Усл. равнов. сил: $F_{TP} = mg \sin 30^\circ + T \cos 30^\circ = 3,43 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{10}{2} + 7 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{14\sqrt{3}}{2} \text{ Н}$

$$N = T \cos 60^\circ + mg \sin 30^\circ = 14,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 3,43 \cdot 10 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 60,2 \text{ Н}$$

$$F_{TP} = \mu N \Rightarrow \mu = \frac{F_{TP}}{N} = \frac{14\sqrt{3}}{60,2}, \text{ значит при } \mu \geq \frac{14\sqrt{3}}{60,2}, \text{ равновесие возможно}$$

Ответ: $3,43 \cdot \sqrt{3}$; $\frac{14\sqrt{3}}{2}$; $\mu \geq \frac{14\sqrt{3}}{60,2}$



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

N4

В начальной момент времени:

$$P = \frac{dQ}{dt} = \alpha \cdot (t_0 - T)$$

↑
Коэф
теплопотерь

↑
количество
температура

Условие: $P = 400$ Вт

Или

1) Мощность нагревателя: $P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{10000}{25} = 400 \text{ Вт}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

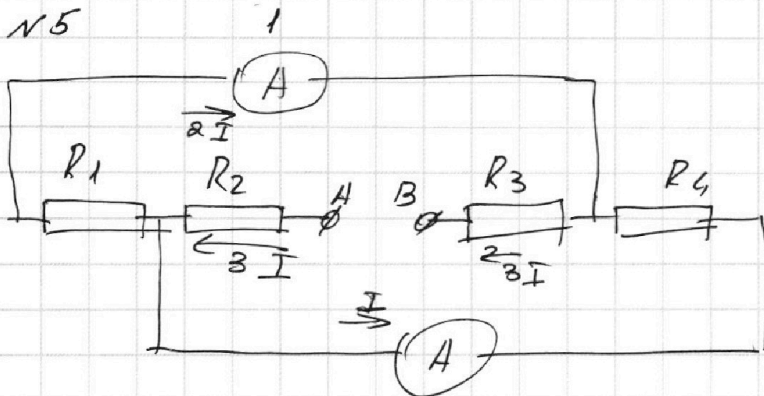
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

№5



1) $R_1 \neq R_4$, т.к. иначе
среды показания амперометров были одинаковыми,
т.е. сопротивления их
ветвей равны.

2) Пусть $R_1 = 30 \text{ Ом}$; $R_4 = 60 \text{ Ом}$, $R_2 = 60 \text{ Ом}$, $R_3 = 30 \text{ Ом}$ (R_2 и R_3 ; R_1 и R_4 без разницы каменеть, т.е. всё симметрично).

3) Разветвления поков параллельно верно, т.е. $I \cdot R_4 = 2I \cdot R_1$.

Тогда: $2I = I_1 = 2A \Rightarrow I_2 = I = 1A$

4) $P = 9I^2 \cdot R_2 + I^2 \cdot R_4 + 9I^2 \cdot R_3 = 9 \cdot 60 \text{ Вт} + 60 \text{ Вт} + 9 \cdot 30 = 840 \text{ Вт}$

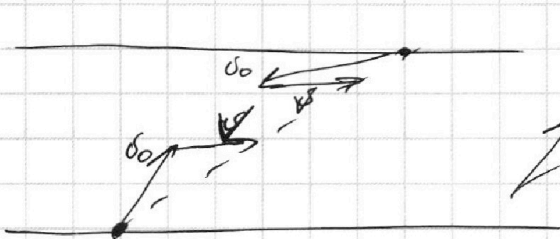
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

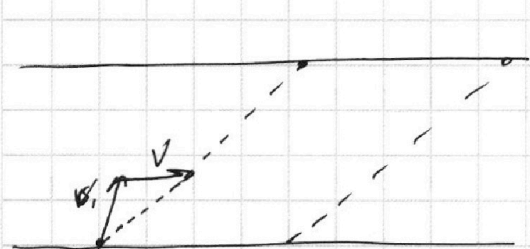
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

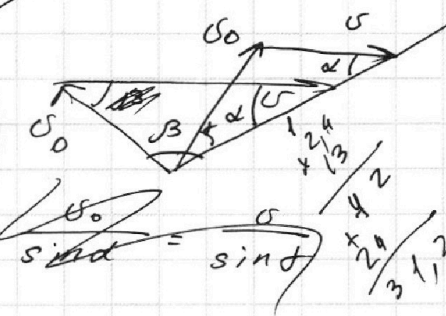
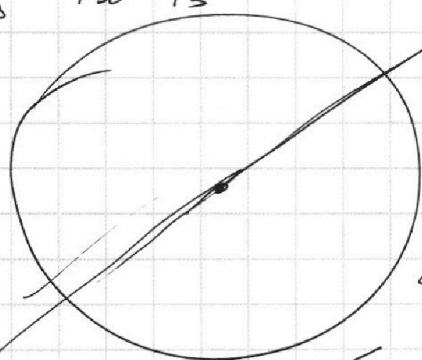
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



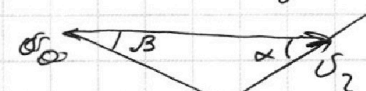
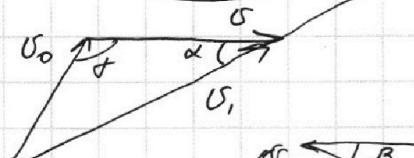
$$v = \frac{31,2 + 13}{24} = \frac{44,2}{24} = \frac{13}{24} = 44,2 \cdot \frac{13}{24}$$



$$\cos \alpha = \frac{CB}{AB} = \frac{120}{156} = \frac{12}{13}$$



$$\sin \alpha = \frac{v}{v_0}$$



$$AB = \sqrt{L^2 + d^2} = \sqrt{100(144 + 25)} = 10\sqrt{169} = 130 \text{ м} \Rightarrow$$

$$v_1 = \frac{AB}{T_1} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

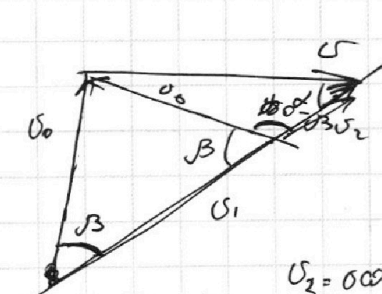
$$v_1^2 = v_0^2 + v^2 - 2v_0v \cos \alpha$$

$$v_2^2 = v_0^2 + v^2 - 2v_0v \cos \beta$$

$$\frac{v_1}{\sin \alpha} = \frac{v_0}{\sin \alpha}$$

$$\frac{v_2}{\sin \beta} = \frac{v_0}{\sin \alpha}$$

$$v_1 + v_2 = 2v \cos \alpha \Rightarrow v = \frac{v_1 + v_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\frac{13}{10} + \frac{13}{24}}{2 \cdot \frac{12}{13}}$$



$$v_2 = v \cos \alpha - v_0 \cos \beta$$

$$v_1 = v_0 \cos \beta + v \cos \alpha$$

$$v \sin \alpha = v_0 \sin \beta$$

$$v \sin \alpha = v_0 \sin \beta$$

$$v_2 = v \cos \alpha - v_0 \cos \beta$$

$$v_1 = v_0 \cos \beta + v \cos \alpha$$

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. Порча QR-кода недопустима!



$$V_0 \cos \beta \cos \alpha = V_2 - V \cos \alpha$$

$$V^2 = V_0^2 + V_2^2 - 2 V_0 V_2 \cos \beta \cos \alpha$$

$$2 V_0 V_2 \cos \beta \cos \alpha = V_0^2 + V_2^2 - V^2$$

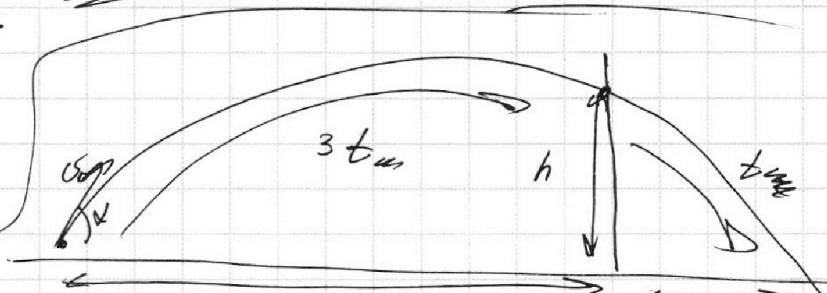
$$2 V_2 = \frac{V_0^2 + V_2^2 - V^2}{V_2 - V \cos \alpha}$$

$$2 V_2^2 - 2 V_2 V \cos \alpha = V_0^2 + V_2^2 - V^2$$

$$V_0^2 = V^2 + V_2^2 - 2 V_2 V \cos \alpha$$

$$V_0 = \sqrt{1^2 + \frac{169}{100} - 2 \cdot 1 \cdot \frac{13}{10} \cdot \frac{12}{13}} = \sqrt{1 + 1,69 - 2,4} = \sqrt{0,29} = 0,54$$

$$V_0 = \sqrt{1 + 1,69 - 2,4} = \sqrt{0,29} = 0,54$$



$$\frac{1,8}{3} = \frac{5,4}{54}$$

$$0 = V_0 \sin \alpha \cdot 4t - \frac{g}{2} \cdot 16t^2$$

$$4 V_0 \sin \alpha = 8g t$$

$$V_0 \sin \alpha = 2g t$$

$$h = V_0 \sin \alpha \cdot 3t - \frac{g \cdot 9t^2}{2}$$

$$h = 6g t^2 - 4,5g t^2 = 1,5g t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{h}{1,5g}}$$

$$h = V_0 \sin \alpha \cdot 3t - \frac{g}{2} \cdot 9t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{h}{1,5g}}$$

$$h = 2g t \cdot 3t - 4,5g t^2 = 6g t^2 - 4,5g t^2 = 1,5g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{h}{1,5g}} = \sqrt{\frac{5,4}{1,5 \cdot 9,8}} = \sqrt{\frac{1,8}{5}} = \sqrt{\frac{1,8}{5}}$$

$$H = V_0 \sin \alpha \cdot 2t - \frac{g}{2} \cdot 4t^2 = 2g t \cdot 2t - 2g t^2 = \sqrt{2g t^2} = 2 \cdot 10 \cdot \frac{1,8}{5} = 7,2 \text{ m}$$

$$\frac{1,8}{4} = \frac{7,2}{62}$$

$$L = t \cdot u$$

$$L + d = t \cdot (u + 2u)$$

$$t \cdot u = t \cdot (u + 2u) - d$$

$$t \cdot 2u = d$$

$$u = \frac{d}{2t} = \frac{1,8}{2 \cdot \sqrt{\frac{1,8}{5}}} = \frac{1,8}{2} \cdot \sqrt{\frac{5}{1,8}} = \frac{1,8}{\sqrt{1,8}} \cdot \frac{\sqrt{5}}{2} = \frac{\sqrt{1,8 \cdot 5}}{2} = \frac{\sqrt{9,0}}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ m/s}$$

$$\frac{1,8}{5} = \frac{9,0}{62}$$

$$N \cos 30^\circ + F \cos 60^\circ = mg$$

$$N \sin 30^\circ - F \sin 60^\circ = T$$

$$\left(\begin{aligned} \frac{1}{2} N - \frac{\sqrt{3}}{2} F &= T \\ \frac{\sqrt{3}}{2} N + \frac{1}{2} F &= mg \end{aligned} \right)$$

$$T \cos 60^\circ + mg \cos 30^\circ = N$$

$$mg \sin 30^\circ - T \sin 60^\circ = F$$

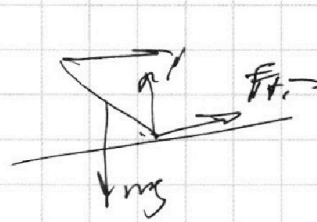
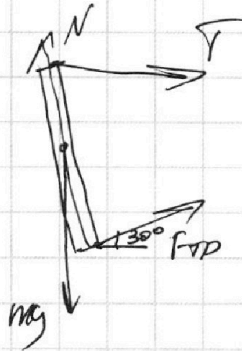
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$mg = F \sin 30^\circ + N \cos 30^\circ$$

$$T = F \cos 30^\circ = N \sin 30^\circ$$

$$T^2 + mg^2 = F^2 + N^2$$

$$T^2 + mg^2 = m^2 g^2 \cos^2 60^\circ - 2mgT \cos 60^\circ \cos 30^\circ + T^2 \cos^2 30^\circ + m^2 g^2 \sin^2 30^\circ + 2mgT \cos 30^\circ \sin 30^\circ$$

$$T^2 + m^2 g^2 = m^2 g^2 \cdot \frac{1}{4} + T^2 \cdot \frac{3}{4} + m^2 g^2 \cdot \frac{3}{4} + 2 \cdot 14,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + T^2 \cos^2 60^\circ$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 34,3 \\ -14,3 \\ \hline 14,0 \end{array}$$

$$34,3 - 14,3 = 4$$

$$14,3 \overline{) 2} \quad \begin{array}{r} 143 \overline{) 2} \\ -16 \\ \hline 73 \\ -12 \\ \hline 10 \\ -10 \\ \hline 0 \end{array} = 8,65$$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 5145 \\ + 8,65 \\ \hline 6010 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 34,3 \\ 1,5 \\ \hline 1415 \\ + 343 \\ \hline 51,45 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10000 \\ 100 \overline{) 25} \\ \hline 0 \end{array}$$

810

2500

$$\begin{array}{r} \times 5 \\ 4 \\ \hline \times 100 \\ 100 \\ \hline 000 \\ \hline 10000 \\ \hline 10000 \end{array}$$

100-9.



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!

