



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

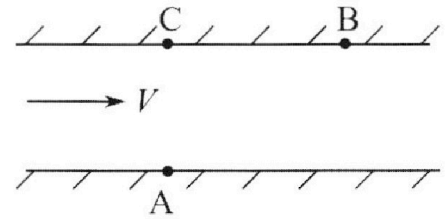
Вариант 09-02

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.

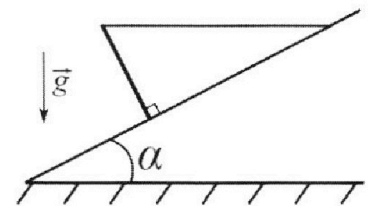
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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  $F_{TP}$  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

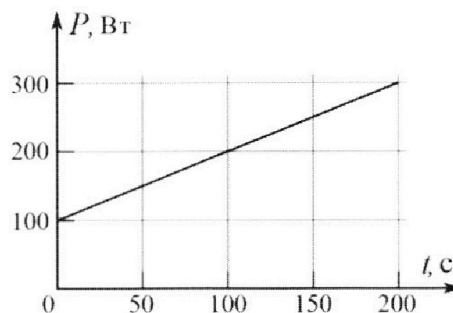
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



4. Воду объемом  $V = 1$  л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды  $\tilde{t}_0 = 16$  °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.

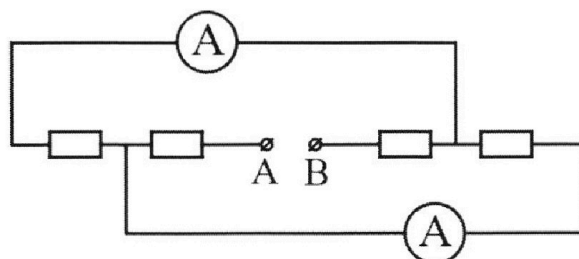
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).



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?

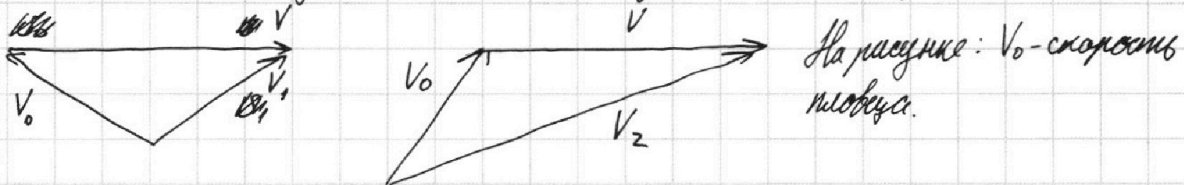


1  2  3  4  5  6  7

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

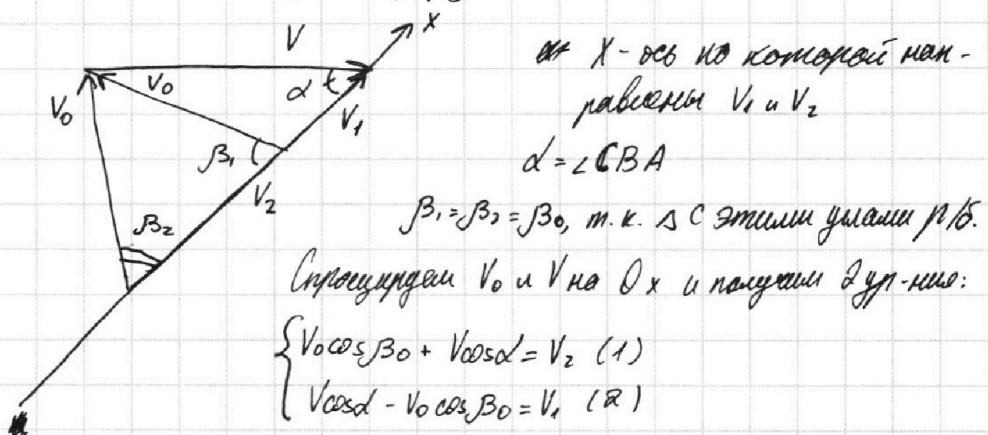
№ 1

1) Составим векторный треугольник скоростей для обеих ситуаций:



Подставим два выше написанных  $\Delta$  друг к другу так, что бы стороны  $V$

стали общей:



Спроецируем  $V_0$  и  $V$  на  $Ox$  и получим 2 ур-ния:  

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

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

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

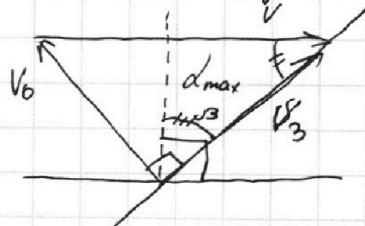
$$V_2 = \frac{AB}{T_1} = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = \frac{13}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$= \frac{44,2 \cdot \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{24}{13}} = \frac{22,1 \cdot 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{24 \cdot 12} = \frac{284,3 \text{ м}}{288 \text{ с}} \approx 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

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



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

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

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:

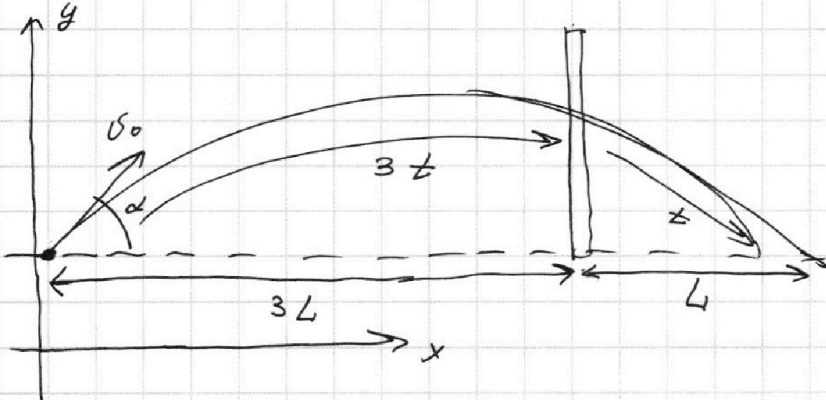
1  2  3  4  5  6  7

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 полета больше в 3 раза, чем от стенки до падения

$v_0$  - начальная скорость мяча.

Уг.-ное движение по  $Oy$  две ветки времени:  $0 = v_0 \sin \alpha \cdot 4t - \frac{g}{2} \cdot 16t^2$

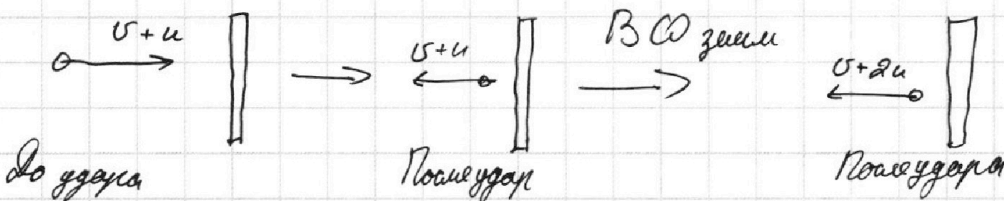
$$v_0 \sin \alpha = 2gt$$

Уг.-ное движение по  $Ox$  две ветки  $3t$ :  $h = v_0 \sin \alpha \cdot 3t - \frac{g}{2} \cdot 9t^2$

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

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

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



Значит горизонтальная сост.-я скорости увеличилась на  $2u$ , но до земли отскочит так же будет меньше время  $T$ , т.к. верт. сост.-я не изменилась.

Тогда:  $L = v_0 \cos \alpha \cdot t$

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

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

$$\begin{aligned} v_0 \cos \alpha t &= v_0 \cos \alpha t + 2u t - d \\ 2ut &= d \Rightarrow u = \frac{d}{2t} = \frac{1,8 \text{ м}}{2 \cdot \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ с}} \\ &= \frac{\sqrt{1,8 \cdot 5}}{2} = \frac{\sqrt{90}}{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

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

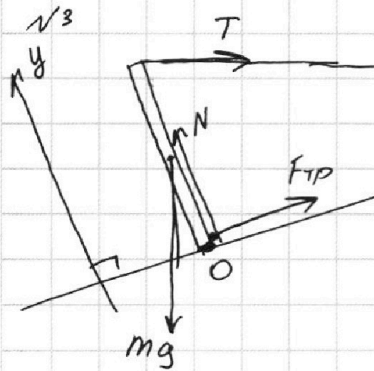
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) Рассчитываем силы на поверхности.

2) Условием равновесия являются равенство сил на осях  $Ox$  и  $Oy$ :

$$O_x: F_{TP} + T \cos 30^\circ = mg \sin 30^\circ$$

$$O_y: N = mg \cos 30^\circ + T \sin 30^\circ$$

$$F_{TP} = \mu N$$

3) Усл. равнов. сил в вект. виде:

~~Усл. равнов. сил:~~

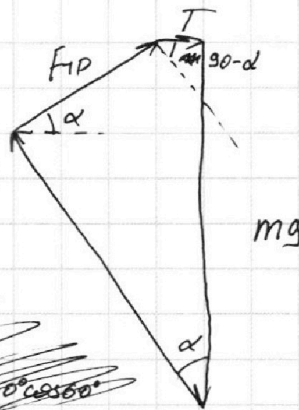
$$N \cos 30^\circ + F_{TP} \cos 60^\circ = mg \quad (1)$$

$$mg \cos 30^\circ + T \cos 60^\circ = N \quad (2)$$

$$mg \sin 30^\circ + T \cos 30^\circ = F_{TP} \quad (3)$$

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 поверхности  $l$ , тогда при макс. смк.  $\tau = 0$ :  $mg \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 30^\circ = T l \cos 30^\circ$

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

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

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

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

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. теплоотдачи

↑  
Количество температуры

Или по формуле:  $P = \frac{U^2}{R}$

Или

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

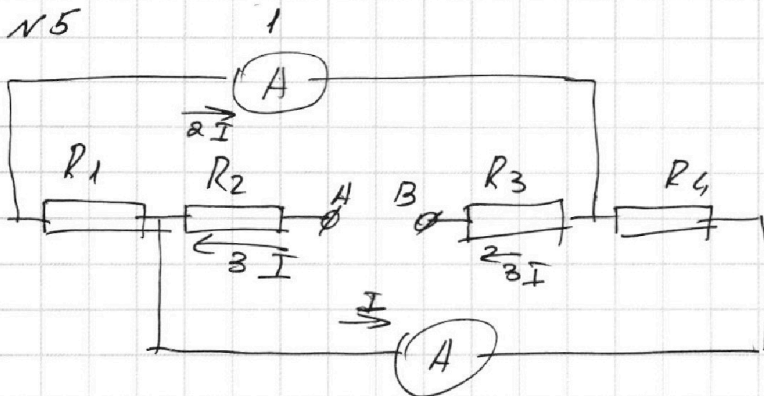
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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 ветви, 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!

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

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

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

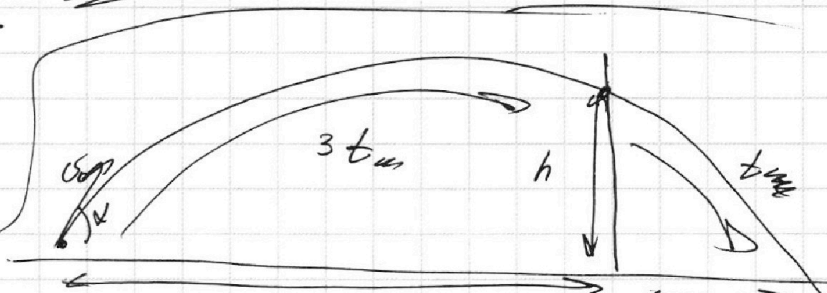
$$2 V_2 = \frac{V_0^2 + V_2^2 - V^2}{V_2 - V \cos \alpha}$$

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

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

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

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



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

$$\frac{3}{54} \cdot \frac{3}{54}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{1,8}{54} \cdot \frac{4}{54}$$

$$L = t \cdot v$$

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

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

$$t \cdot 2u = d$$

$$u = \frac{d}{2t} = \frac{1,8}{2 \cdot \sqrt{3,6}} = \frac{1,8}{2 \cdot 1,8} = \frac{1,8}{3,6} = \frac{1,8}{\sqrt{1,8}} \cdot \frac{\sqrt{1,8}}{2} = \frac{\sqrt{3,6}}{2} = \frac{\sqrt{3,6}}{2}$$

$$\frac{1,8}{54} \cdot \frac{1,8}{54}$$

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

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

$$= \frac{\sqrt{1,8 \cdot 5}}{2} = \frac{\sqrt{9,0}}{2} = \frac{\sqrt{3,6}}{2}$$

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

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

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

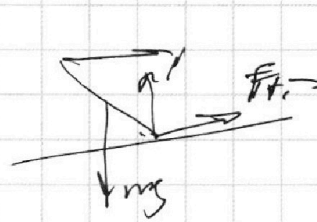
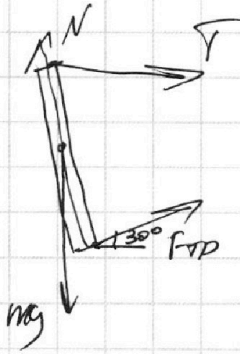
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$mg = 44 F \sin 30^\circ + N \cos 30^\circ$$

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

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

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

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

$$\frac{2 \cdot 14,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{34,3 \cdot \sqrt{3}}{5} = \frac{1143}{2}$$

$$\frac{10 \cdot \frac{1}{2}}{2} = \frac{34,3 \cdot \sqrt{3}}{3}$$

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

$$14,3 \overline{) 2}$$

$$\begin{array}{r} 143 \overline{) 2} \\ -16 \\ \hline 73 \\ -73 \\ \hline 0 \end{array} \quad 86,5 = 8,65$$

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 4 \\ \hline 100 \\ \times 100 \\ \hline 1000 \\ \times 1000 \\ \hline 10000 \\ \times 10000 \\ \hline 100000 \end{array}$$

$$100-9$$

$$2500$$



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!

