



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

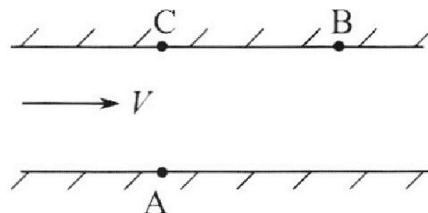
Вариант 09-02

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.

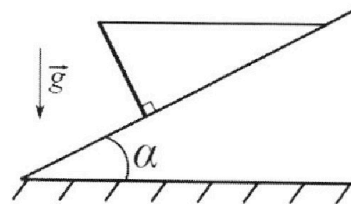
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

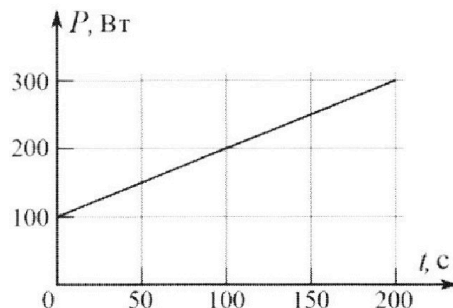


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру $\tilde{t}_1$ воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

Плотность воды $\rho = 1000\text{кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

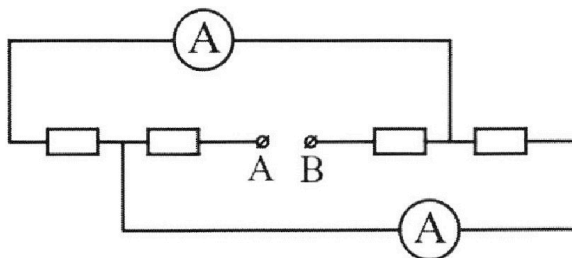


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Больше 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!

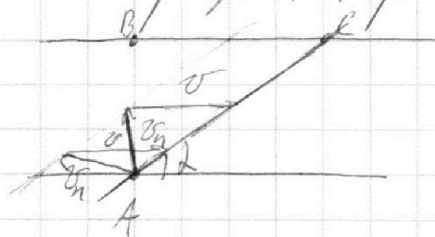
111 Найдите расстояние от А до В по течению Тибра.

$$AB = \sqrt{d^2 + h^2} = 130 \text{ м Тибра}$$

$$v_1 = \frac{AB}{t_1} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$v_2 = \frac{AB}{t_2} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

Пл. скорости в лодочной СД направлены вдоль
одной прямой и скорость течения реки всегда направлена
в одну сторону $\Rightarrow$ угол между ними фиксированный $\Rightarrow$
выразим скорость лодки относит. реки.



$$\cos \alpha = \frac{120}{130} = \frac{12}{13}$$

v_n - скорость лодки

$$v_1 + v_2 = \frac{13}{10} + \frac{13}{24} = \frac{3,2 + 13}{24}$$

$$v_1 + v_2 = \frac{44,2}{24}$$

$$\begin{cases} v_1^2 + v^2 - 2v_1v \cos \alpha = v_n^2 \\ v_2^2 + v^2 - 2v_2v \cos \alpha = v_n^2 \end{cases}$$

$$v_1^2 + v^2 - 2v_1v \cos \alpha = v_2^2 + v^2 - 2v_2v \cos \alpha$$

$$2v_1v \cos \alpha - 2v_2v \cos \alpha = v_1^2 - v_2^2$$

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

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

$$v = \frac{44,2 \cdot 13}{24 \cdot 2 \cdot 12} = \frac{231 \cdot 13}{288} = \frac{287,3}{288}$$

$$v_n^2 = 1,69 + 1 - 2 \cdot 1,3 \cdot \frac{12}{13} = 2,69 - 2,4$$

$$v \approx 1 \text{ м/с}$$

$$v_n = 0,5 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_1 = 1,3 \text{ м/с}$; $v_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$; $v = 1 \text{ м/с}$;

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

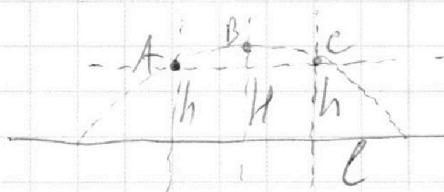
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



12) Так удар абсолютно упругий $\Rightarrow$ просто меняется направление движения. $\Rightarrow$ если ударить стену будет просто отражен. Из условия, что место, где давленос



l - расстояние от стены до точки падения.

находиться стены, делим путь по ~~се~~ горизонтальной оси в отношении 1:4

Потому из симметрии следует.

Путь время до точки A $\tau \Rightarrow$

до точки B 2τ , до точки C 3τ

Исходя из этого найдем H .

~~Исходя из~~

$$H - h = \frac{g\tau^2}{2}$$

$$H = \frac{9.4\tau^2}{2} = 29\tau^2$$

$$h = 29\tau^2 - \frac{g\tau^2}{2} = 1.5g\tau^2$$

$$\tau^2 = \frac{5.4}{1.5 \cdot 10} \Rightarrow \tau = 0.6 \text{ c}$$

$$H = 29\tau^2 = 2 \cdot 10 \cdot 0.36 = 7.2 \text{ м}$$

$$t_1 = \tau = 0.6 \text{ c}$$

Ответ: $H = 7.2 \text{ м}$; $t_1 = 0.6 \text{ c}$

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

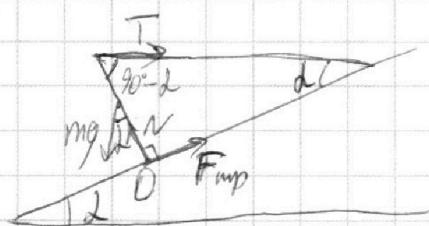
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

23



Обозначим все силы на
рисунке и найдем все углы.

Запишем ур-е моментов относительно
точки O.

l - длина стержня

$$\operatorname{ctg} \alpha = \sqrt{3} \approx 1,73$$

$$\frac{\cancel{x}}{2} \sin \alpha \cdot mg = \cancel{x} \cos \alpha T$$

$$m = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \cdot T \cdot 2}{g}$$

$$m = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 17,3}{10} \approx 6 \text{ кг}$$

Запишем закон Ньютона на ось x параллельную наклонной
плоскости.

$$mg \sin \alpha - T \cos \alpha = F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = 6 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} - 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 30 - 15 = 15 \text{ Н}$$

Теперь запишем закон Ньютона на ось $\perp$ оси x .

$$mg \cos \alpha + T \sin \alpha = N \quad N - \text{сила реакции опоры.}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$\mu N = mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$\mu = \frac{mg \sin \alpha - T \cos \alpha}{mg \cos \alpha + T \sin \alpha}$$

$$\mu = \frac{\sqrt{3}}{7} \Rightarrow \text{при } \mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7} \text{ система будет в покое}$$

$$\text{Ответ: } m = 6 \text{ кг; } F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н; } \mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

Р4) Посчитаем P_H , используя закон Джоуля-Ленца.

$$P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{25} = 400 \text{ Вт}$$

Найдем все тепло, которое ~~то~~ потеряется через
плоскость под графиком. Для этого найдем
линейный коэф. графика $K = 1 \frac{\text{ВТ}}{\text{с}}$, и изменение $\Delta = 100 \text{ ВТ}$
Тогда ~~то~~ мощность в момент времени T . $P_1 = 280 \text{ ВТ}$
Мощность ^{потери} в начале $P_0 = 100 \text{ ВТ}$

Тепло ~~то~~ посчитаем, как площадь трапеции.

Затем УТБ.

$$\left(P_H - \frac{P_0 + P_1}{2}\right)T = c \cdot \rho \cdot V \cdot (t_1 - t_0)$$

$$t_1 = t_0 + \frac{\left(P_H - \frac{P_0 + P_1}{2}\right)T}{c \rho V}$$

$$t_1 = 16 + 9 = 25^\circ \text{C}$$

Ответ: $P_H = 400 \text{ ВТ}$, $t_1 = 25^\circ \text{C}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

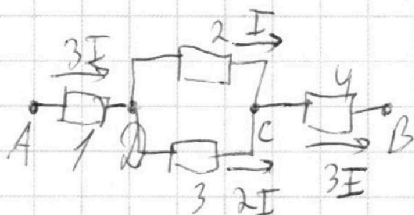
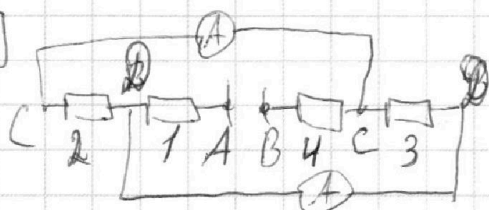
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



№5



$$R = 30 \Omega$$

Обозначим резисторы на своей схеме. Перечислим схему.

Токи, текущие через резисторы 2 и 3, это и есть токи на клеммах.

П.к. токи через них разные $\Rightarrow$ сопротивления тоже разные.

Допустим резистор 2 с сопротивл.

60Ω и через него течет какой-то

ток $I \Rightarrow$ резистор 3 30Ω и ток $2I$

т.к. напряжение на этих резисторах

одинаковое. П.к. больший ток

$$\text{равен } 2A = 2I \Rightarrow I_1 = 2I_2 = I = 1A$$

По правилам Кирхгофа общий ток в цепи $I_0 = 3I = 3A$.

Используя закон Ома посчитаем

напряжение U между клеммами A и B

$$U = 3IR + 2IR + 6IR = 11IR$$

$$P = UI_0 = 11 \cdot 3I \cdot IR = 33I^2R = 990 \text{ Вт}$$

$$\text{Ответ: } I_2 = 1A, P = 990 \text{ Вт}$$

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

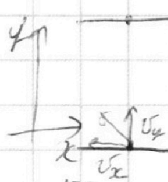
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

11)

в СО реки

$$\vec{v} = \vec{v}_{1y} + \vec{v}_{1x}$$

$$\frac{d}{v_{1y}} = T_1 \Rightarrow v_{1y} = \frac{d}{T_1} = \frac{50}{100} = 0,5 \text{ м/с}$$



$$\begin{cases} u_1^2 = v_{1y}^2 + v_{1x}^2 \\ u_2^2 = v_{2y}^2 + v_{2x}^2 \\ u_1 = u_2 \end{cases}$$

$$\frac{d}{v_{2y}} = T_2 \Rightarrow v_{2y} = \frac{d}{T_2} = \frac{50}{240} = \frac{5}{24} \text{ м/с}$$

$$v - v_{1x} = \frac{L}{T_1}$$

$$v_{1y}^2 + v_{1x}^2 = v_{2y}^2 + v_{2x}^2$$

$$v - v_{2x} = \frac{L}{T_2}$$

$$v_{1y}^2 + v_{1x}^2 = v_{2y}^2 + \left(v_{1x} + \frac{L}{T_1} - \frac{L}{T_2}\right)^2$$

$$v - v_{1x} - v + v_{2x} = \frac{L}{T_1} - \frac{L}{T_2}$$

$$v_{2x} = v_{1x} + \frac{L}{T_1} - \frac{L}{T_2}$$

$$v_{1y}^2 + v_{1x}^2 = v_{2y}^2 + v_{1x}^2 + 2v_{1x}\left(\frac{L}{T_1} - \frac{L}{T_2}\right) + \left(\frac{L}{T_1} - \frac{L}{T_2}\right)^2$$

$$2v_{1x}\left(\frac{L}{T_1} - \frac{L}{T_2}\right) = v_{1y}^2 - v_{2y}^2 + \left(\frac{L}{T_1} - \frac{L}{T_2}\right)^2$$

$$\frac{L}{T_1} - \frac{L}{T_2} = \frac{120}{100} - \frac{120}{240} = 1,2 - 0,5 = 0,7$$

$$v_{1x} = \frac{7 \cdot 17}{24^2 + 0,49} = \frac{120}{2 \cdot 0,7} = \frac{120}{2,56} = 0,35$$

$$v_{1y}^2 - v_{2y}^2 = (v_{1y} - v_{2y})(v_{1y} + v_{2y}) = \left(\frac{1}{2} - \frac{5}{24}\right)\left(\frac{1}{2} + \frac{5}{24}\right) = \frac{12-5}{24} \cdot \frac{12+5}{24} = \frac{7 \cdot 17}{24^2}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = \sqrt{50^2 + 120^2} = \sqrt{2500 + 14400} = 130$$

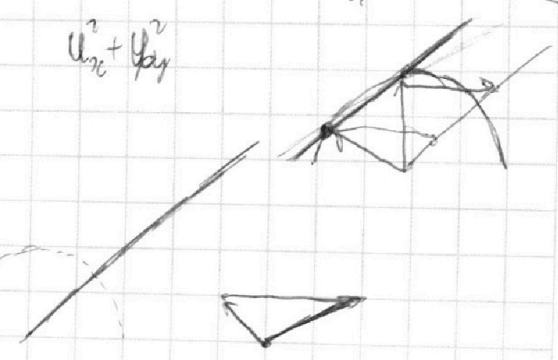
$$v_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{130}{100} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$u_x^2 + u_y^2$$

$$v_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

$$\frac{44,2 \cdot 13}{12^2 \cdot 4} = \frac{22,1 \cdot 13}{288}$$

21



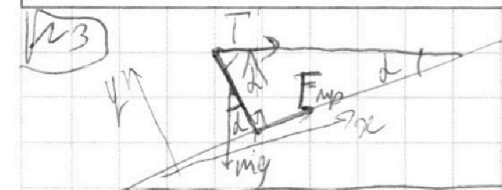
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$y: mg \cos \alpha + T \sin \alpha = N \Rightarrow$$

$$x: mg \sin \alpha - T \cos \alpha = F_{\text{fr}} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} \sin \alpha \cdot mg = \frac{1}{2} \cos \alpha \cdot T$$

$$m = \frac{\tan \alpha \cdot T \cdot 2}{g} = \frac{\sqrt{3} \cdot 173 \cdot 2}{9} = 6 \text{ кг}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sqrt{3} \cdot 2}{2} = \sqrt{3}$$

$$T = 10 \cdot \sqrt{3}$$

$$F_{\text{fr}} = mg \sin \alpha - T \cos \alpha = 6 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} - 173 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 30 - \frac{10 \cdot 3}{2} = 15 \text{ Н}$$

$$F_{\text{fr}} = \mu N \geq mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$\mu \geq \frac{mg \sin \alpha - T \cos \alpha}{mg \cos \alpha + T \sin \alpha} = \frac{6 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} - 173 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{6 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 173 \cdot \frac{1}{2}}$$

$$\mu \geq \frac{mg - T \cdot \tan \alpha}{mg \tan \alpha + T} = \frac{60 - 30}{60 \cdot \sqrt{3} + 10 \sqrt{3}} = \frac{30}{70 \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{7}$$

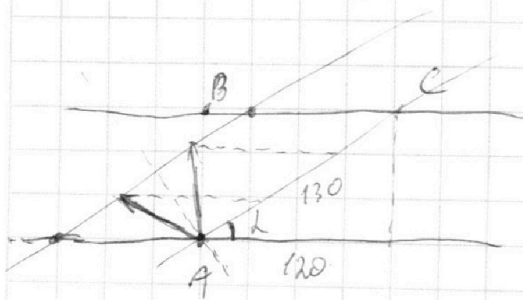
$$\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$$

$$u_x^2 + u_y^2 = a$$

$$K \sqrt{v_{x1}^2 + v_{y1}^2} = \sqrt{v_{x2}^2 + v_{y2}^2}$$

$$K = \frac{v_1}{v_2} = \frac{13 \cdot 24}{10 \cdot 13} = 2,4$$

$$u_x - v = v_{x1}$$



$$v_1^2 + v^2 - 2 \cdot v_1 \cdot v \cos \alpha = v_n^2 \quad \begin{array}{r} \times 221 \\ 13 \\ \hline 663 \end{array}$$

$$v_2^2 + v^2 - 2 \cdot v_2 \cdot v \cos \alpha = v_n^2 \quad \begin{array}{r} \times 221 \\ 221 \\ \hline 2873 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 13 \\ \hline 72 \end{array} \quad \begin{array}{r} 13 \\ 10 \end{array} + \begin{array}{r} 13 \\ 24 \end{array} = \frac{31 \cdot 13}{24}$$

$$\frac{24}{31,2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

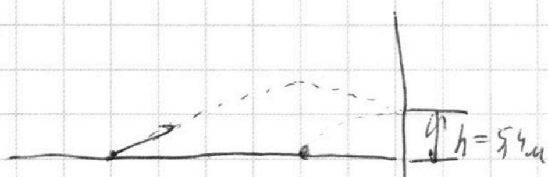
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



102



$$v_y = gt_3$$

$$H = \frac{gt_3^2}{2}$$

$$H = \frac{g \cdot 9t^2}{2} = 2g t^2$$

$$v \sin \alpha = gt$$

$$t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$$

$$3t_1 = t_2$$

$$l = v_x t_1$$

$$3l = v_x t_2$$

$$2l = v_x t_3$$

$$H - h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h = H - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = 2gt^2 - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = \frac{3gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{1.5g}}$$

$$h = v_y t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = v_y t_2 - \frac{gt_2^2}{2}$$

$$H = v_y t_3 - \frac{gt_3^2}{2}$$

$$H = v_y t_3$$

$$H = v_y t_3$$

$$v = \frac{H}{t_3} = \frac{H}{\frac{2H}{g}} = \frac{gH}{2}$$

$$x = v \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{x}{v \cos \alpha}$$

$$y = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = v \sin \alpha \cdot \frac{x}{v \cos \alpha} - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha}$$

$$y = x \tan \alpha - \frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} x^2 \quad y(x)$$

$$h = 3l \tan \alpha - \frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} 9l^2$$

$$\frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} = a$$

$$H = 2l \tan \alpha - \frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} 4l^2$$

$$\begin{cases} h = 3l \tan \alpha - a \cdot 9l^2 \\ H = 2l \tan \alpha - a \cdot 4l^2 \end{cases} \Rightarrow a \cdot 9l^2 - 3l \tan \alpha + h = 0$$

$$a l^2 - \tan \alpha l + h = 0$$

$$l = \frac{\tan \alpha \pm \sqrt{\tan^2 \alpha - 4a \cdot h}}{2a}$$

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{H}{2l} = \frac{H}{2 \cdot \frac{a \cdot 9l^2 - h}{a}} = \frac{H a}{2(9l^2 - h/a)} \\ &= \frac{3 \tan \alpha + \sqrt{9 \tan^2 \alpha - 4a \cdot h}}{2 \cdot 9a} \end{aligned}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

