



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

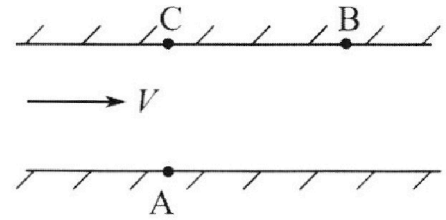
Вариант 09-02

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.

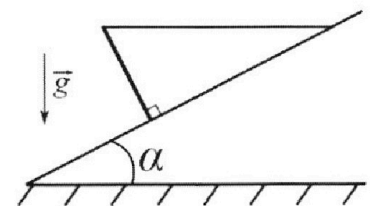
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

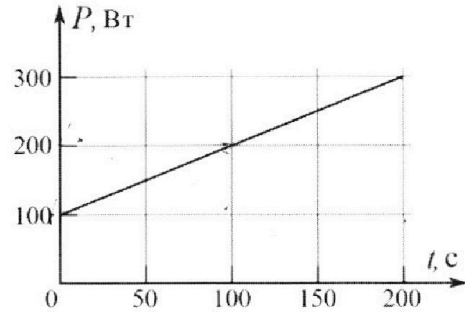
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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.

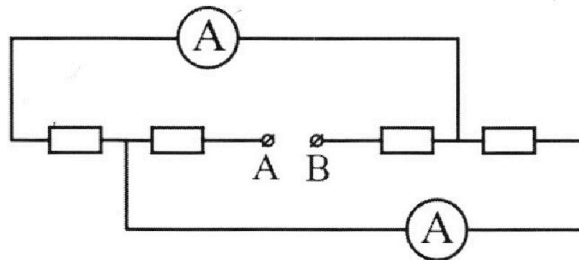
Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).

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:

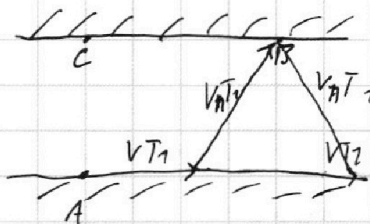
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



пусть скорость волн -
угла - v_{n1} , тогда



$$2) \sqrt{d^2 + (L - vT_1)^2} = vT_1$$

$$\sqrt{d^2 + (L - vT_2)^2} = vT_2$$

$$\frac{d^2 + (L - vT_2)^2}{T_2^2} = \frac{d^2 + (L - vT_1)^2}{T_1^2}$$

$$d^2 T_1^2 + T_1^2 (L - vT_2)^2 = d^2 T_2^2 + T_2^2 (L - vT_1)^2$$

$$d^2 T_1^2 + T_1^2 L^2 - 2T_1^2 L v T_2 + T_1^2 v^2 T_2^2 =$$

$$= d^2 T_2^2 + T_2^2 L^2 - 2T_2^2 L v T_1 + T_2^2 v^2 T_1^2$$

$$2T_1^2 L v T_2 - 2T_2^2 L v T_1 =$$

$$= d^2 (T_1^2 - T_2^2) + T_1^2 L^2 - T_2^2 L^2$$

$$\frac{(d^2 + L^2) (T_1^2 - T_2^2)}{2L T_1^2 T_2 - 2L T_1 T_2^2}$$

$$v = \frac{(d^2 + L^2) (T_1^2 - T_2^2)}{2L T_1^2 T_2 - 2L T_1 T_2^2}$$

$$v = \frac{(2500 + 14900) (70000 - 57600)}{2 \cdot 720 \cdot 700 \cdot 240 (100 - 240)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 179 \cdot 13 \cdot 13}{2 \cdot 3^2 \cdot 5 \cdot 7} = \frac{179 \cdot 13 \cdot 13}{2 \cdot 3^2 \cdot 5 \cdot 7} \text{ м/с}$$

~~$v = \frac{d^2 + L^2}{T_1}$~~

~~$v = \frac{d^2 + L^2}{T_2}$~~

1) в л. с. о. T_1 и $T_2 = ?$ $v_1 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1}$ $v_2 = \frac{\sqrt{2500 + 14900}}{100} = \sqrt{1,69} = 1,3 \text{ м/с}$

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!

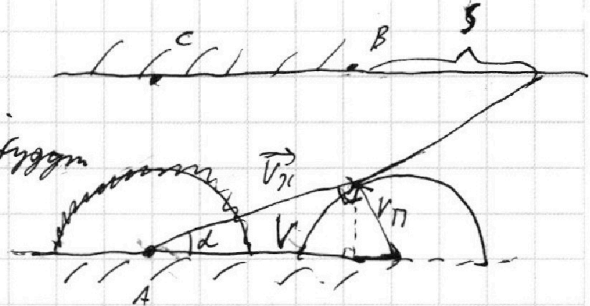


$$V_2 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2} = \frac{\sqrt{16900}}{240} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

3) для минимального хода.

Векторы скоростей будут

направлены так:



~~$$V_x = \sqrt{V^2 - V_n^2}$$~~

~~$$V_x = \sqrt{V^2 - \frac{d^2 + (L - VT_2)^2}{T_2^2}} = \sqrt{\frac{V^2 T_2^2 - d^2 - L^2 + 2LV T_2 - V^2 d^2}{T_2^2}}$$~~

~~$$= \sqrt{\frac{2LV T_2 - d^2 - L^2}{T_2^2}}$$~~

$$T_3 = \frac{d}{V_x \cdot \sin(\alpha)}$$

~~302~~

$$S = V_x (\cos(\alpha) T_3) - L$$

$$S = \frac{d \cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} - L = d \cot(\alpha) - L$$

~~$$V_x = \sqrt{V^2 - V_n^2} = \sqrt{V^2 - \frac{d^2 + (L - VT_2)^2}{T_2^2}} = \sqrt{\frac{2LV T_2 - d^2 - L^2}{T_2^2}}$$~~

~~$$\cot(\alpha) = \frac{V_x c}{V_n} = \sqrt{\frac{2LV T_2 - d^2 - L^2}{d^2 + (L - VT_2)^2}}$$~~

~~$$S = d \cdot \sqrt{\frac{2LV T_2 - d^2 - L^2}{d^2 + L^2 - 2LV T_2 + V^2 T_2^2}} = L = 82902$$~~

~~$$= \frac{50}{2} \cdot \sqrt{\frac{16900 \cdot 47600 - 2500 - 19900}{2500 + 19900 - 20900 \cdot \frac{16900 \cdot 47600}{40 \cdot 100} + 19900}}$$~~

Ответ: 1) $V_1 = 2,3 \text{ м/с}$; 2) $V = \frac{179 \cdot 13 \cdot 13}{26 \cdot 5 \cdot 3^2 \cdot 7}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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. Порча QR-кода недопустима!



N2

$$h = 5,4 \text{ м}$$

~~$$g = 10 \text{ м/с}^2$$~~

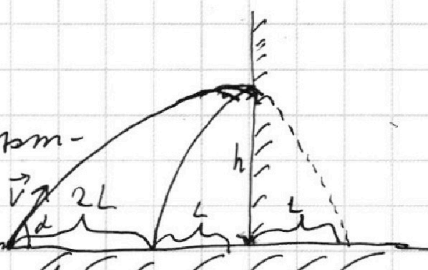
$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

100. м.к. уфурь абсцисс-

но упрямий, но м.к. \vec{v} $2L$

поле отсрочка полетом

так же, как для он полетом не взаимодействует со стержнем, но с другим стержнем.



по формуле без времени $\frac{v^2 \sin^2(\alpha)}{2g} = H$

м.к. скорости в вершине (!) в проекции на верт. ось $= 0$, но $gt = v \sin(\alpha)$

~~gt~~ t - половина времени полета

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

известно, что расстояние, которое будет пройден в вершине после от уфурь t_2 , масса

$$H - h = \frac{gt_2^2}{2} \Rightarrow \frac{gt_2^2}{2} + h = \frac{gt^2}{2}$$

$$v \cos(\alpha) \cdot 2t = 4L$$

$$v \cos(\alpha) \cdot (t + t_2) = 3L$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2t_2 + 2t = 3t \\ 2t_2 = t \\ t_2 = \frac{1}{2}t \end{cases}$$

$$h = \frac{gt^2}{2} - \frac{gt^2}{8} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{8h}{3g}}$$

$$H = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow H = \frac{4}{3}h$$

$$H = \frac{4}{3} \cdot \frac{54}{10} = 7,2 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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. Порча QR-кода недопустима!

$$t_1 = t - t_2$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{8h}{3g}} - \sqrt{\frac{8h}{12g}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$t_1 = \sqrt{2 \cdot \frac{54 \cdot 10}{10 \cdot 10}} = \sqrt{1,08} \text{ с}$$

2 сл. длина горизонтальная, тогда ~~длина~~ $V \cos(\alpha)$

отмечено d и $V \cos(\alpha)$, d

t_1 и t_2 d $V \cos(\alpha)$ \Rightarrow

$$\Rightarrow d = t_1 \cdot (V \cos(\alpha) + u) - t_2 \cdot V \cos(\alpha)$$

$$d = t_1 \cdot u$$

$$u = \frac{d}{t_1}$$

$$u = \frac{1,8}{\sqrt{1,08}} \text{ м/с} = \frac{18}{\sqrt{108}} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $u = 7,2 \text{ м/с}$; 2) $t_1 = \sqrt{1,08} \text{ с}$; 3) $u = \frac{18}{\sqrt{108}} \text{ м/с}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

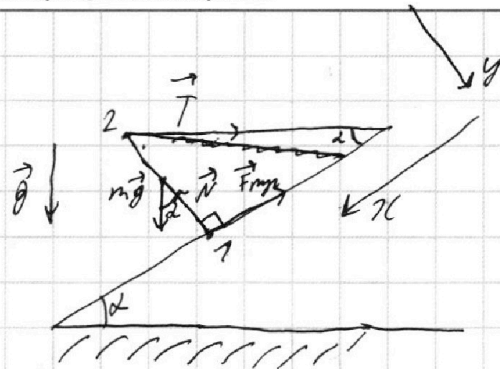
МФТИ

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

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



$$\text{2 закон Н.: } \text{Oy: } N = T \sin(\alpha) + mg \cos(\alpha)$$

$$\text{Ox: } T \cos(\alpha) + F_{\text{fr}} = mg \sin(\alpha)$$

$$F_{\text{fr}} = \mu N = \mu$$

$$\Rightarrow T \cos(\alpha) + \mu T \sin(\alpha) + \mu mg \cos(\alpha) = mg \sin(\alpha)$$

из этого уравнения имеем $\mu = \frac{1}{2} \tan(\alpha)$ - условие равновесия отн. 1.

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

$$m = \frac{2 \cos(\alpha) T}{g}$$

$$m = \frac{2 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{3}}{10} = 3,46 \cdot \sqrt{3} \text{ кг}$$

условие равновесия отн. 2

$$\mu \cdot F_{\text{fr}} = \frac{1}{2} mg \mu \sin(\alpha)$$

$$F_{\text{fr}} = \frac{1}{4} \cdot 10 \cdot 3,46 \cdot \sqrt{3} = 8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ Н.}$$

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!



$$\mu = \frac{m \sin(\alpha) - T \cos(\alpha)}{T \sin(\alpha) + m \cos(\alpha)}$$

$$\mu = \frac{34,6 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{1}{2} - 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{17,3 \cdot \frac{1}{2} + 34,6 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{17,3 \cdot \sqrt{3} - \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{2}}{\frac{17,3}{2} + 17,3 \cdot 3} =$$

$$= \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{7}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{7} - \min \mu$$

Ответ: 1) $m = 3,46 \cdot \sqrt{3} \text{ кг}$; 2) $F_{\text{тяги}} = 8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ Н}$; 3) $\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{7}$

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!



$$V = 1 \mu$$

$$t_0 = 16^\circ \text{C}$$

$$R = 25 \text{ Ohm}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$T = 180^\circ \text{C}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$$

$$C = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

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

2) S под графиком - тепловое Q :

S зависит по формуле $Q = \rho V \left(\frac{100T + T^2}{2} \right) =$

$$= \rho V \left(100T + \frac{T^2}{2} \right)$$

$$C \rho V (t_k - t_0) + Q = P_H \cdot T$$

$$C \rho V (t_k - t_0) + \rho V \left(100T + \frac{T^2}{2} \right) = P_H \cdot T$$

$$t_k = \frac{U^2}{R} \cdot T - \frac{100T - \frac{T^2}{2}}{C \rho V} + t_0$$

$$t_k = \frac{400 \cdot 180 - \frac{18000}{4200 \cdot 1000 \cdot 1}}{4200 \cdot 1000 \cdot 1} + 16 =$$

$$= \frac{72000 - 18000 - 16200}{4200 \cdot 1000} + 16 = \frac{37780}{4200} + 16 =$$

$$\text{Ответ: } P_H = 400 \text{ Вт. } t_k = \frac{37780}{4200} + 16 =$$

$$= \frac{79200 - 18000 - 16200}{4200 \cdot 1000} + 16 = \frac{45000}{4200} + 16 =$$

$$\frac{1263}{7000} + 16$$

$$\text{Ответ: } 1) P_H = 400 \text{ Вт}; 2) t_k = \frac{1263}{7000} + 16^\circ \text{C}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

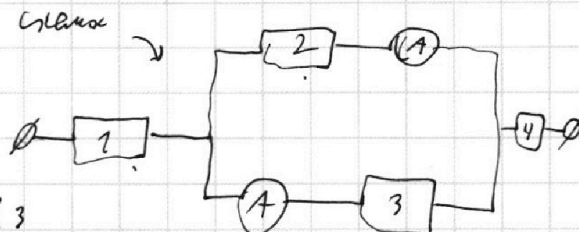
МФТИ

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



№ 5

м.к. амперметра
показывает полу-
миллиампер, т.е. $R_2 \neq R_3$



мысли $R_2 = 30 \Omega$; $R_3 = 60 \Omega$

резисторами 1 и 4

можно объединить в 1 и который $R_{14} = 90 \Omega$

$U_0 = 2$ м.к. амперметра подключе-
на по правилу Кирхгофа, т.е. I_1 будет у амперметра

с резистором 2 (м.к. $R_2 < R_3$) \Rightarrow

$$\Rightarrow U_{23} = I_1 \cdot R_2$$

$$\text{и } I_2 = \frac{U_{23}}{R_3} = \frac{I_1 R_2}{R_3}$$

$$I_2 = \frac{2 \cdot 30}{60} = 1 \text{ A.}$$

$$2) (I_1 + I_2) \cdot \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_{14} \right) U_0 \text{ т.е. } P = \frac{U_0^2}{R_0} = (I_1 + I_2)^2 \cdot$$

$$\Rightarrow \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_{14} \right) P = 9 \cdot \left(\frac{1800}{90} + 90 \right) =$$

$$= 9 \cdot 170 = 990 \text{ Вт.}$$

Ответ: 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

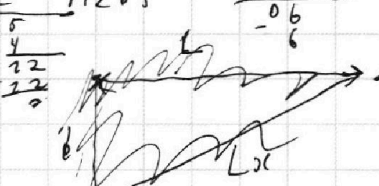
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$d = 50 \text{ м}$
 $L = 120 \text{ м}$

$$\begin{array}{r} 2526 \overline{) 2} \\ - 2 \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 7263 \overline{) 3} \\ - 72 \\ \hline 0 \end{array}$$

$2526 \cdot 3$
 $7263 \cdot 2 \cdot 3$
 $427 \cdot 2 \cdot 3^2$



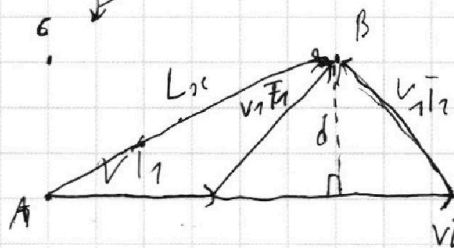
$$Lx = \sqrt{L^2 + d^2}$$

$$V_1 = \frac{Lx}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{Lx'}{T_2}$$

$$\begin{array}{r} \times 120 \\ 2526 \\ \hline 24000 \\ + 25260 \\ \hline 17400 \end{array}$$

$6 \cdot 7 \cdot 7000 =$
 $= 2 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 7000$



$$L_{\text{пл}} = \sqrt{2500 + 74400} = \sqrt{16900} = 130 \text{ м}$$

$$\frac{V^2 \sin^2(\alpha)}{2g} = h$$

$$L_{\text{пл}} = \sqrt{(V T_1 \cos(\alpha) + \sqrt{V_1^2 T_1^2 - d^2})^2 + d^2}$$

$$g t = V \sin(\alpha)$$

$$\frac{g t^2}{2} = h$$

$$Lx^2 = L^2 + d^2 = d^2 + (V T_1 + \sqrt{V_1^2 T_1^2 - d^2})^2$$

$$V_1 = \frac{130}{100} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

$$\begin{array}{r} \times 110 \\ 130 \\ \hline 14300 \\ + 13000 \\ \hline 16900 \end{array}$$

$$L = V T_1 + \sqrt{V_1^2 T_1^2 - d^2}$$

$$\frac{V^2 \sin^2(\alpha)}{2g} = h$$

$$V \cos(\alpha) + 2h \quad c. 0 \text{ м/сек.}$$

$$\frac{84 \overline{) 3}}{3} \times \frac{18}{4} = \frac{72}{2}$$

$$\frac{V \cos(\alpha)(t_1 + t)}{2} = \frac{V \cos(\alpha) t}{2}$$

$$2 t_1 + 2t = 3t$$

$$2 t_1 = t$$

$$t_1 = \frac{1}{2} t$$

$V \cos$

$$g t = V \sin(\alpha)$$

$$V \cdot \cos(\alpha) \cdot 2t = 4L$$

$$V \cdot \sin(\alpha) t - \frac{g t^2}{2} = h \Rightarrow \frac{g t^2}{2} = h$$

$$8h = 5g t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{8h}{5g}}$$

$$2h = g t^2$$

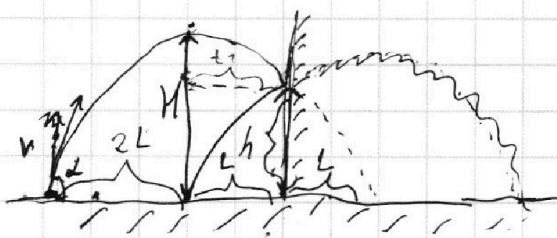
$$\frac{g t_1^2}{2} + h = \frac{g t^2}{2}$$

$$\frac{1}{3} - \frac{1}{12}$$

$$3L = V \cos(\alpha) \cdot (t_1 + t)$$

$$\frac{4-1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4} \Rightarrow h = \frac{t^2 \cdot g}{2}$$

$$\frac{g t_1^2}{2} + h = V \sin(\alpha) t - \frac{g t^2}{2}$$



$$\frac{g t_1^2}{2} + h = \frac{g t^2}{2}$$

$$h = \frac{g t^2}{2} + \frac{g t^2}{8}$$