



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

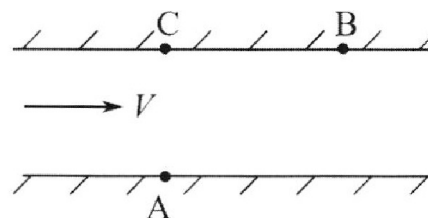
Вариант 09-02

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.

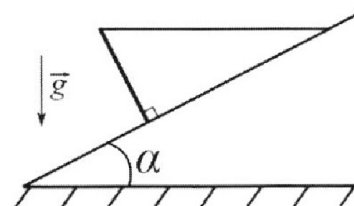
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 $\alpha = 30^\circ$.



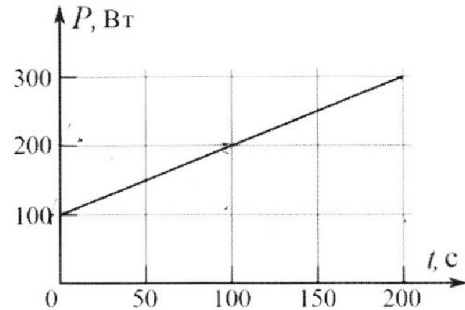
- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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.

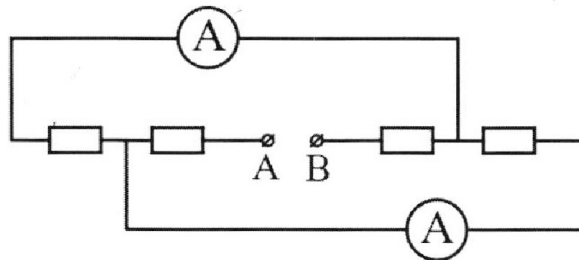
Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

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. 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

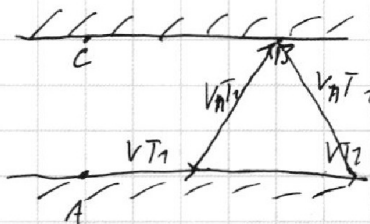
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



пусть скорость пово-
рот - V_{π} , тогда

$$2) \sqrt{d^2 + (L - VT_1)^2} = VT_1$$

$$\sqrt{d^2 + (L - VT_2)^2} = VT_2$$



$$\frac{d^2 + (L - VT_2)^2}{T_2^2} = \frac{d^2 + (L - VT_1)^2}{T_1^2}$$

$$d^2 T_1^2 + T_1^2 (L - VT_2)^2 = d^2 T_2^2 + T_2^2 (L - VT_1)^2$$

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

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

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

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

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

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

$$V = \frac{(2500 + 14900) (10000 - 57600)}{2 \cdot 120 \cdot 100 \cdot 240 (100 - 240)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 119 \cdot 13 \cdot 13}{2 \cdot 3^2 \cdot 5 \cdot 7} = \frac{119 \cdot 13 \cdot 13}{2 \cdot 3^2 \cdot 5 \cdot 7} \text{ м/с}$$

~~Вот так~~

или

1) б. л. с. о. T_1 и $T_2 = ?$ $AB = \sqrt{d^2 + L^2}$ $3x$

тогда $V_1 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1}$ $V_2 = \frac{\sqrt{2500 + 14900}}{100} = \sqrt{1,69} = 1,3 \text{ м/с}$

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!

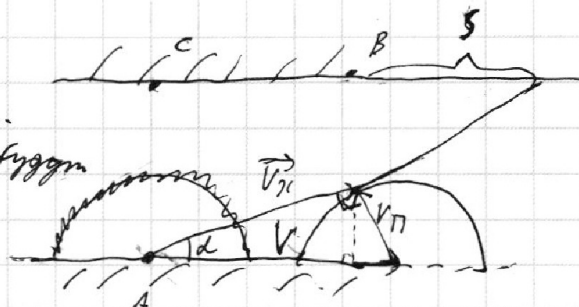


$$V_2 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2} = \frac{\sqrt{16800}}{240} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

3) для минимального расхода.

Векторы скоростей будут

направлены так:



$$V_k^2 = V^2 + V_n^2$$

$$V_k = \sqrt{V^2 + (L - VT_2)^2} = \sqrt{\frac{V^4 T_2^2 + L^2 + 2LV T_2 - V^4 d^2}{T_2^2}} =$$

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

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

~~3.2~~

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

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

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

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

$$S = d \cdot \sqrt{\frac{2LV T_2 - d^2 - L^2}{d^2 + L^2 - 2LV T_2 + V^2 T_2^2}} = L = 82802$$

$$= \frac{50}{2} \cdot \sqrt{\frac{16800 \cdot 47600 - 2500 - 14900}{2500 + 14900 - 20000 \cdot \frac{16800 \cdot 47600}{40 \cdot 100} + 14900}}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



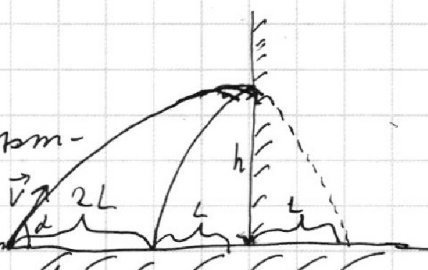
№2

$$h = 5,4 \text{ м}$$

~~$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$~~

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1. м.к. угол обстрела
на угловой, но мы $\vec{v}$ $2L$
после отскока полетит
так же, как бы он полетел не встречаясь со
стенкой, но в другом направлении.



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

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

~~gt~~ t - половина времени полета

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

изгот. от высоты, когда метр был в вер-
шине после го угла t_2 , тогда

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

$$\left. \begin{aligned} v \cos(\alpha) \cdot 2t &= 2L \\ v \cos(\alpha) \cdot (t + t_2) &= 3L \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} 2t_2 + 2t &= 3t \\ 2t_2 &= t \\ t_2 &= \frac{1}{2}t \end{aligned}$$

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

$$H = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow H = \frac{4}{3}h \quad H = \frac{4}{3} \cdot \frac{54}{10} = 7,2 \text{ м}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

МФТИ

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

$$t_1 = t - t_2$$

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

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

2 кл. Импульс движущаяся, тогда ~~при~~ $V \cos(\alpha)$

отмечено u и $V \cos(\alpha)$, d

t_1 и t_2 ~~отмечено~~ $\Rightarrow$

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

$$d = t_1 \cdot u$$

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

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

Ответ: 1) $u = 7,2 \text{ м/с}$; 2) $t_1 = \sqrt{1,08} \text{ c}$; 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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

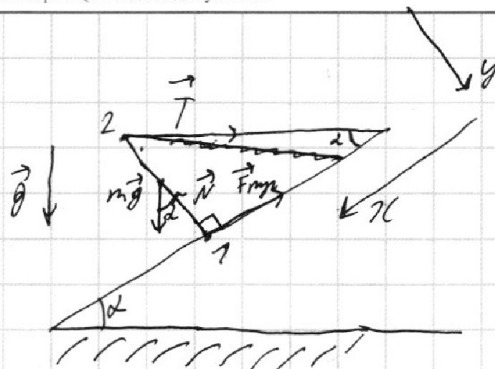
МФТИ

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

$$T = 17,3 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\varphi = 20^\circ/\text{с}$$



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

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

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

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

поэтому функция синуса - в
условие равновесия отн. 1.

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

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

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

условие равновесия отн. 2

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐



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

$$\mu = \frac{m g \sin(\alpha) - T \cos(\alpha)}{T \sin(\alpha) + m g \cos(\alpha)}$$
$$\mu = \frac{34,6 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{1}{2} - 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{17,3 \cdot \frac{1}{2} + 34,6 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{17,3 \cdot \sqrt{3} - \frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{2}}{\frac{17,3}{2} + 17,3 \cdot 3} =$$
$$= \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{7}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{7} - \min \mu$$

Ответ: 1) $m = 3,46 \cdot \sqrt{3} \text{ кг}$; 2) $F_{\text{мпр}} = 8,65 \cdot \sqrt{3} \text{ Н}$; 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!



$$V = 1 \text{ м}$$

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

$$R = 25 \text{ Ом}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

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

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

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

$$1) P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{100^2}{25} = 4400 \text{ Вт.}$$

$$2) S \text{ под графиком - тепловое Q.}$$

$$S \text{ найдем по формуле } Q = \frac{100^2}{25} T =$$

$$= \frac{4400}{1} \cdot 180 T + \frac{T^2}{2}$$

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

$$C \cdot \rho \cdot V (t_k - t_0) + \frac{100^2}{25} T = P_H \cdot T$$

$$t_k = \frac{\frac{U^2}{R} \cdot T - \frac{100^2}{25}}{C \cdot \rho \cdot V} + t_0$$

$$t_k = \frac{4400 \cdot 180 - \frac{100^2}{25}}{4200 \cdot 1000 \cdot 1} + 16 =$$

$$= \frac{792000 - 400}{4200000} + 16 = \frac{791600}{4200000} + 16 =$$

$$\text{Ответ: } P_H = 4400 \text{ Вт. } t_k = \frac{791600}{4200000} + 16 =$$

$$= \frac{792000 - 400 - 18000 - 16200}{4200 \cdot 1000} + 16 = \frac{757800}{4200000} + 16 =$$

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

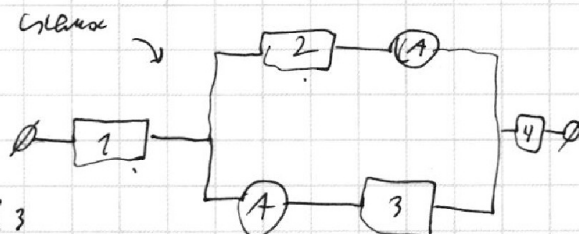
$$\text{Ответ: } 1) P_H = 4400 \text{ Вт. } 2) t_k = \frac{1263}{7000} + 16^\circ \text{C}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐



N 5

м.к. амперметра
показывает по-
вые макс, т.к. $R_2 \neq R_3$



т.к. $R_2 = 30 \Omega$, $R_3 = 60 \Omega$

резисторами 1 и 4

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

$I \cdot R = U$ м.к. амперметра подключе-
на параллельно, т.к. I_1 будет у амперметра

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

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

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

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

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

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

$$= 9 \cdot 170 = 1530 \text{ Вт.}$$

Ответ: 1) $I_2 = 1 \text{ A}$; 2) $P = 1530 \text{ Вт}$

16 900 4 7600

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!



$L T_2^2$

$\cancel{L T_1 T_2} (T_1 - T_2)$ МФТИ

$T_1 (T_1 - T_2)$

Handwritten calculations and a circuit diagram on a grid background.

Circuit Diagram: A circuit with two parallel branches connected to a voltage source. The top branch contains a resistor and an ammeter labeled 'A'. The bottom branch contains an ammeter labeled 'A' and a resistor. A switch is shown in the middle branch.

Calculations:

- Arithmetic: $16900 \cdot 47600$, 172786 , $14+3+14$, $28+3$, 37 , $16900 - 38$, 730 , 26 , 111 , 356393 , 712786 , 3780000 , 576 , 3780000 , 2 , 17700000 , 17 , 26 , 76 .
- Algebraic: $\sqrt{d^2 + (L - V \cdot T_1)^2} = V n T_1$, $\sqrt{d^2 + (L - V T_2)^2} = V n T_2$, $V_1^2 T_1^2 - d^2 = (L - V \cdot T_1)^2 \frac{200}{188} = \frac{10}{9}$, $24+13=27$, $5.7, 73, \sqrt{3}$, 238 , 117 , 855 , 576 , 1744 , 789000004 , 174 , 36 , 24 , 26 , 3 .
- Trigonometric: $\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

МФТИ



$$d = 50 \text{ м}$$

$$L = 120 \text{ м}$$

$$2526.3$$

$$1263 \cdot 2 \cdot 3$$

$$427 \cdot 2 \cdot 3^2$$

$$6 \cdot 7 \cdot 1000 =$$

$$= 2 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 1000$$

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

$$gt = V \sin(\alpha)$$

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

$$\frac{84}{3} \cdot \frac{3}{18} \times \frac{18}{4}$$

$$\frac{24}{72}$$

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

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

$$2t_1 = t$$

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

$$V \cos$$

$$gt = V \sin(\alpha)$$

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

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

$$8h = 5gt^2$$

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

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

$$2h = gt^2$$

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

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

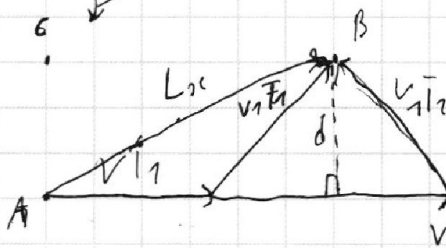
$$\frac{4-1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4} = \frac{t^2 \cdot g}{2}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 2526 \overline{) 2} \\ - 2 \\ \hline 05 \\ \underline{05} \\ 12 \\ \underline{12} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7263 \overline{) 3} \\ - 72 \\ \hline 06 \\ \underline{06} \\ 0 \end{array}$$



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

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

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

$$L_{11} = \sqrt{2500 + 74400} =$$

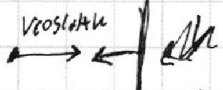
$$= \sqrt{76900} = 277 \text{ м}$$

$$L_{11} = \sqrt{(V_{T1}^2 + \sqrt{V_{T1}^2 - d^2})^2 + d^2}$$

$$L_{11}^2 = L^2 + d^2 = L^2 + (V_{T1} + \sqrt{V_{T1}^2 - d^2})^2$$

$$V_1 = \frac{277}{100} = 2.77 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{277}{240} = 1.15 \text{ м/с}$$



$$V \cos(\alpha) + 2L = 0 \text{ м/с}$$

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

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

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

$$+ \frac{gt^2}{8}$$

$$8h = 5gt^2$$

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

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

$$2h = gt^2$$

