

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 09

Шифр 15-002

(заполняется секретарём)

Вариант 09-03

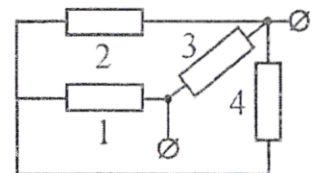
1 Первый вагон поезда прошел мимо наблюдателя, стоящего на платформе, за $\tau_1 = 1$ с, а второй - за $\tau_2 = 1,5$ с. Длина каждого вагона $L = 12$ м. Найдите скорость V_0 поезда в начале наблюдения. Поезд движется по прямой равнозамедленно.

2 Начальная скорость камня, брошенного под углом к горизонту, равна $V_0 = 10$ м/с, а через $\tau = 0,5$ с величина скорости камня уменьшилась до $V = 7$ м/с. Через какое время T после старта камень находился на максимальной высоте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

3 Подвешенному на нити шарик сообщили начальную скорость в горизонтальном направлении. В тот момент, когда нить отклонилась на угол $\alpha = 30^\circ$ от вертикали, ускорение шарика направлено горизонтально. Какой угол α_{\max} с вертикалью будет образовывать нить в момент остановки шарика?

4 В очень легком калориметре находятся вода массой $M = 0,1$ кг и кусок льда массой $m = 0,05$ кг. Температура воды и льда $t_0 = 0^\circ\text{C}$, температура окружающей среды $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Из-за притока теплоты лед понемногу плавится – за $\tau = 5$ минут в воду превращается $m_1 = 1$ г льда. Какое время T пройдет (оценить) от момента полного плавления льда до увеличения температуры системы на $\Delta t = 1^\circ\text{C}$? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·К).

5 Цепь, схема которой показана на рисунке, подключена к источнику постоянного напряжения $U = 18$ В. Сопротивление каждого резистора равно $r = 5$ Ом. Найдите мощность P_1 , рассеиваемую на резисторе 1.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

$t_1 = 1 \text{ с.}$ | Распространяется равномерно ускоренно.
 $t_2 = 1,5 \text{ с.}$ | $x = x_0 + v_0 x t + \frac{a x t^2}{2}$; $v_x = v_{0x} + a x t$.
 $L = 72 \text{ м.}$ | $x_0 = 0$; $v_{0x} = v_0$; $a x = -a$.
 $v_0 = ?$ | в момент $t = t_1 + t_2$.

$$x = 2L$$

$$2L = v_0(t_1 + t_2) - \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2}$$

$$4L = 2v_0(t_1 + t_2) - a(t_1 + t_2)^2$$

$$4L + a(t_1 + t_2)^2 = 2v_0(t_1 + t_2)$$

$$v_0 = \frac{4L + a(t_1 + t_2)^2}{2(t_1 + t_2)}$$

$$v_0 = \frac{4 \cdot 72 \text{ м} + a(1 \text{ с} + 1,5 \text{ с})^2}{2(1 \text{ с} + 1,5 \text{ с})}$$

$$v_0 = \frac{48 \text{ м} + a \cdot 6,25 \text{ с}^2}{5 \text{ с}}$$

$$v_0 = \frac{48 \text{ м}}{5 \text{ с}} + 1,25 \text{ с} \cdot a$$

$$v_0 = 9,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 1,25 \text{ с} \cdot a$$

Ответ: $v_0 = 9,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 1,25 \text{ с} \cdot a$.

№2

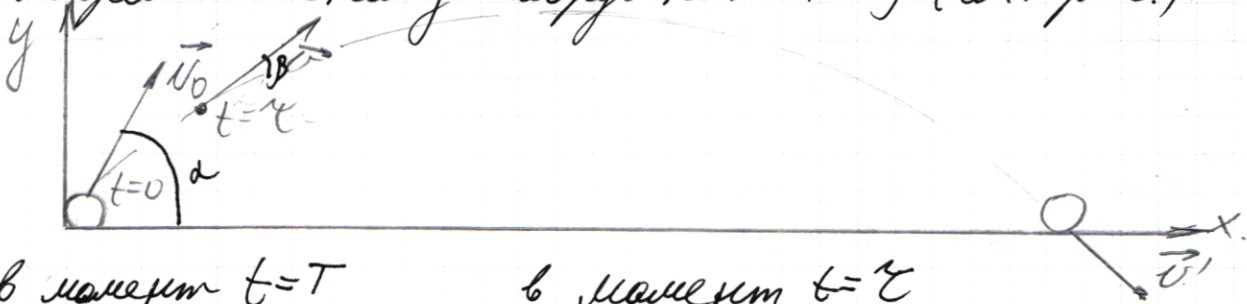
$v_0 = 10 \frac{m}{c}$ | Будем считать, что воздух неподвижен, т.е.
 $\tau = 0,5 c$ | да $\vec{a} = \vec{g} = const$; воспользуемся кинематическими
 $v = 4 \frac{m}{c}$ | формулами

$T = ?$ | $v_y = v_{0y} + ay t$; $v_y^2 - v_{0y}^2 = 2ay S_y$.

$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$; $ay = -g$;

$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha - g t$; $v_y^2 - v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha = -2g S_y$.

Выберем систему координат xOy (см. рис.)



в момент $t = T$

$v_y = 0$

$0 = v_0 \cdot \sin \alpha - g T$

$g T = v_0 \cdot \sin \alpha$

$T = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \dots (1)$

в момент $t = \tau$

$v_y = v \cdot \sin \beta$

$v \cdot \sin \beta = v_0 \cdot \sin \alpha - g \tau$

$v_0 \cdot \sin \alpha - g \tau = v \cdot \sin \beta$

$\sin \alpha = \frac{v \cdot \sin \beta + g \tau}{v_0} \dots (2)$

в момент $t = \tau'$; где τ' - время между T и τ

$v_{0y} = v \cdot \sin \beta$; $-v^2 \cdot \sin^2 \beta = -2g H$

$v_y = 0$; $v^2 \cdot \sin^2 \beta = 2g H$

$S_y = H$; $\sin \beta = \frac{\sqrt{2gH}}{v} \dots (3)$

ответ: $T = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

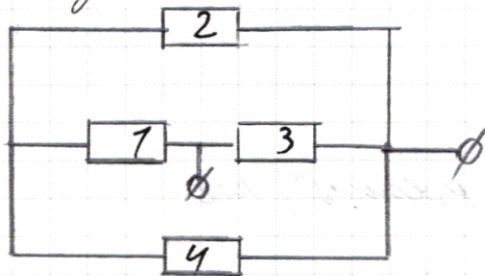
№ 5.

$U = 18 В$

$r = 5 Ом.$

$P_1 = ?$

Перейдем к эквивалентной схеме



По закону Ома определим для 3-его резистора

$I_3 = \frac{U_3}{R_3}; I_3 = \frac{18 В}{50 Ом} = 3,6 А.$

$I_1 = I_3$, т.к. R_1 и R_3 - подключены последовательно

$P_1 = I_1^2 \cdot r.$

$P_1 = (3,6 А)^2 \cdot 5 Ом = 12,96 А^2 \cdot 5 Ом = 64,8 В.т$

Ответ: $P_1 = 64,8 В.т.$

№ 4.

$M = 0,1 кг.$

$m = 0,05 кг.$

$t_0 = 0^\circ C.$

$t_1 = 20^\circ C.$

$r = 5 мм$

$m_T = 12$

$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{Дж}{кг \cdot K}$

$C = 4200 \frac{Дж}{кг \cdot K}$

т.к. на тапки m_1 льда уходит τ , то на тапки m льда при тех же условиях уходит 50τ .

$P = Q \cdot t; t = 50 \tau$

$Q = m \lambda$, где Q - количество теплоты необходимое

для плавления льда массой m при t плавления

ниж $P = m \lambda \cdot 50 \tau$

$T = ?$ $P = 50 m \lambda \tau.$

$Q_1 = Q_A + Q_B$; где Q_A - кал-во теплоты, которое надо сообщить воде массой m , чтобы нагреть её на Δt .

$$Q_A = m \cdot c \cdot \Delta t.$$

Q_B - кал-во теплоты, которое надо сообщить воде массой M , чтобы нагреть её на Δt .

$$Q_B = M \cdot c \cdot \Delta t.$$

Q_1 - сумма Q_A и Q_B .

$$Q_1 = c \Delta t (m + M).$$

П.С. к. количества не изменяется, то.

$$P = Q_1 \cdot T.$$

$$T = \frac{P}{Q_1}; \quad T = \frac{50 \text{ мДж}}{c \Delta t (m + M)}$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{50 \text{ мДж}}{c \Delta t (m + M)}$$

$$a_x = \frac{4L - 2v_0(t_1 + t_2)}{(t_1 + t_2)^2}; \quad 4L = 2v_0(t_1 + t_2) + a_x(t_1 + t_2)^2?$$

$$4L = 2v_0(t_1 + t_2) + \frac{(4L - 2v_0(t_1 + t_2)) \cdot (t_1 + t_2)^2}{(t_1 + t_2)^2}$$

$$4L = 2v_0(t_1 + t_2) + 4L - 2v_0(t_1 + t_2)$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{a_x t^2}{2}; \quad v_x = v_0 + a_x t$$

$$x_0 = 0; \quad v_0 = v_0; \quad a_x = -a.$$

$$x = v_0 t - \frac{a t^2}{2} \quad v_x = v_0 - a t.$$

в максимум $t = (t_1 + t_2)$.

$$x = 2L; \quad 2L = v_0(t_1 + t_2) - \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2}; \quad v_x = v_0 - a(t_1 + t_2)$$

$$4L = 2v_0(t_1 + t_2) - a(t_1 + t_2)^2$$

$$a(t_1 + t_2)^2 = 2v_0(t_1 + t_2) - 4L.$$

$$a = \frac{2v_0(t_1 + t_2) - 4L}{(t_1 + t_2)^2}$$

$$a(t_1 + t_2)^2 + 4L = 2v_0(t_1 + t_2)$$

$$v_0 = \frac{a(t_1 + t_2)^2 + 4L}{2(t_1 + t_2)}$$

$$v_x^2 - v_0^2 = -4aL$$

$$(v_0 - a(t_1 + t_2))^2 - v_0^2 = -4aL.$$

$$v_0^2 - 2v_0 a(t_1 + t_2) + a^2(t_1 + t_2)^2 - v_0^2 = -4aL.$$

$$-2v_0 a(t_1 + t_2) + a^2(t_1 + t_2)^2 = -4aL.$$

$$a(t_1 + t_2) = 2v_0 - 4L.$$

$$a = \frac{2v_0(t_1 + t_2) - 4L}{(t_1 + t_2)^2}$$

$$v_0 = \frac{a \cdot 625 + 48}{625}$$

$$v_0 = \frac{2v_0 - 4L + 4L}{2}$$

$$a = -\frac{v_x^2 - v_0^2}{4L}$$

$$4L = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$$

$$8L = L = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$$

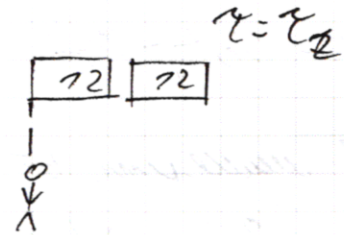
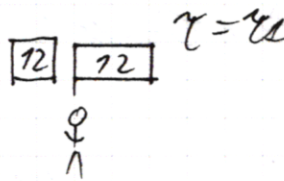
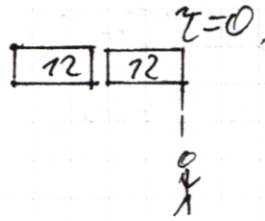
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\tau_1 = 1c$$

$$\tau_2 = 1.5c$$

$$L = 12m$$

$$v_0 = ?$$



$$x = x_0 + v_0 x t + \frac{a x t^2}{2}$$

в момент $\tau = (\tau_2 + \tau_1)$

~~$$2L = 0 + v_0 \tau_2 + \frac{a x (\tau_2 + \tau_1)^2}{2}$$~~

~~$$2L = v_0 \tau_2 + \frac{a x (\tau_2 + \tau_1)^2}{2}$$~~

~~$$4L = 2v_0 \tau_2$$~~

~~$$2L = 0 + v_0 (\tau_1 + \tau_2) + \frac{a x (\tau_2 + \tau_1)^2}{2}$$~~

~~$$4L = 2v_0 (\tau_1 + \tau_2) + a x (\tau_2 + \tau_1)^2$$~~

$$v_x = v_{0x} + a x t$$

в момент $t = (\tau_1 + \tau_2)$

$$v_x = v_0 + a x (\tau_1 + \tau_2)$$

$$v_x^2 - v_{0x}^2 = 2 \cdot a x \cdot 2L$$

$$(v_0 + a x (\tau_1 + \tau_2))^2 - v_0^2 = 4 a x L$$

$$v_0^2 + 2 v_0 a x (\tau_1 + \tau_2) + a x^2 (\tau_1 + \tau_2)^2 - v_0^2 = 4 a x L$$

$$2 v_0 a x (\tau_1 + \tau_2) + a x^2 (\tau_1 + \tau_2)^2 = 4 a x L$$

$$2 v_0 (\tau_1 + \tau_2) + a x (\tau_1 + \tau_2)^2 = 4L$$

$$a x (\tau_1 + \tau_2)^2 = 4L - 2 v_0 (\tau_1 + \tau_2) \Rightarrow a x = \frac{4L - 2 v_0 (\tau_1 + \tau_2)}{(\tau_1 + \tau_2)^2}$$

~4

$P = Q \cdot t$

$V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha - V_0 \cdot \sin \alpha + g \cdot L = 0$
 $100 \cdot \sin^2 \alpha - 10 \cdot \sin \alpha + 5 = 0$

~~D =~~

$20 \cdot \sin^2 \alpha - 2 \cdot \sin \alpha + 1 = 0$

$D = 4$

$l = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_1$

$200^2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha - V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_1$

$200^2 \cdot \sin \alpha = V_0 \cdot t_1$

$200 \cdot \sin \alpha = t_1 \cdot g$

$\frac{4L + g(t_1 + t_2)^2}{2(t_1 + t_2)}$

~~4~~

$g \cdot (t_1 + t_2)^2$

$2 V_0 (t_1 + t_2) - 4L$

72
 125
 + 5
 6,25

$\frac{2 V_0 t_1 + t_2}{2 t_1 t_2}$

6,25 | 5 3
 5 125
 72 250
 20 60
 25 75.000

$Q = m \cdot l$

$M = 50 \text{ т}$

$P = \frac{m \lambda}{\text{сек}} \cdot 50 \text{ т}$

$5 \cdot 50 = 250 \text{ мкм} = 250 \cdot 60 \text{ с} = 15000 \text{ с}$
 $\frac{96}{10} = 9,6$
 $\frac{48}{2} = 24$
 $\frac{96}{96}$

$Q_2 = m \lambda \cdot c \cdot v \cdot \Delta t + M \cdot c \cdot v \cdot \Delta t$

$Q_1 = \Delta t \cdot c \cdot v \cdot (m + M)$

$P_1 = \Delta t \cdot c \cdot v \cdot (m + M) \cdot t$

$t = \frac{P_1}{Q}$; $\frac{m \lambda \cdot 50 \text{ т}}{\Delta t \cdot c \cdot v \cdot (m + M)}$

$2L = 200 t_1 - g t_1^2$

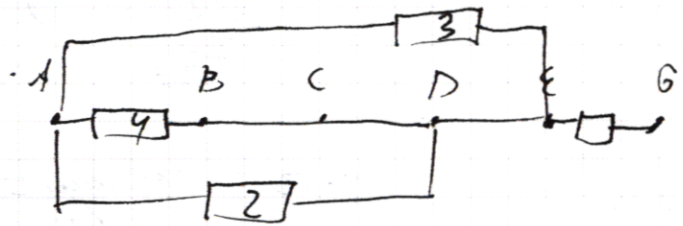
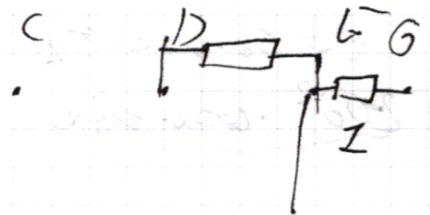
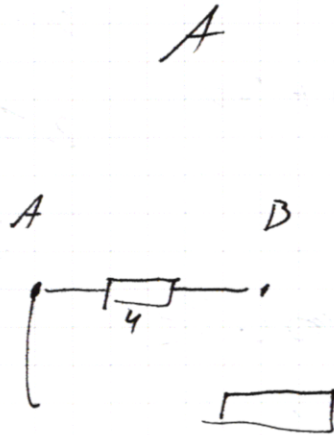
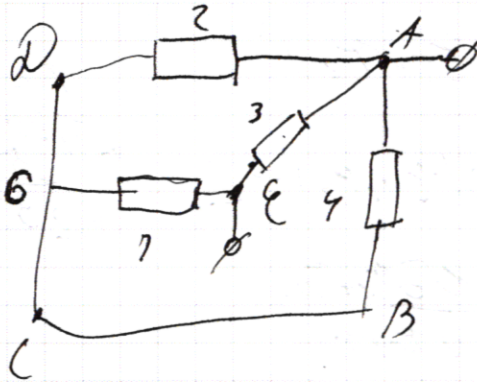
$2L = 200 t_1 - \frac{200(t_1 + t_2) - 4L}{(t_1 + t_2)^2} \cdot t_1$

$2L(t_1 + t_2)^2 = 200 t_1 (t_1 + t_2)^2 - 2 t_1 (t_1 + t_2) - 4L$

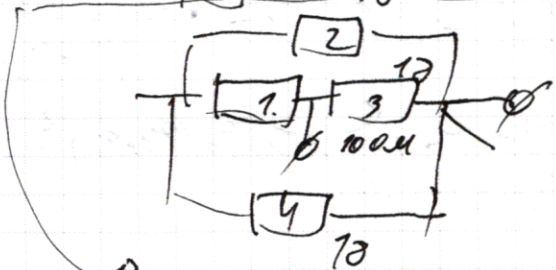
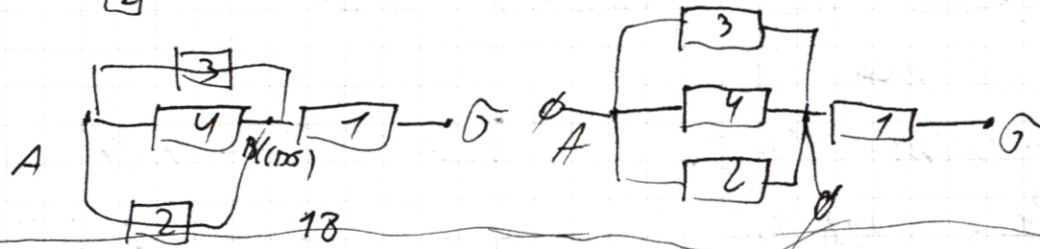
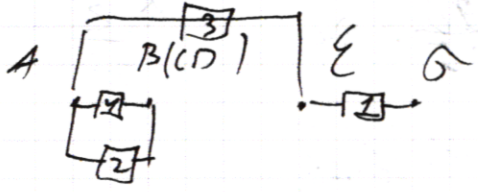
$V_0 = \frac{2L}{t_1 + t_2}$

$\frac{2L(t_1 + t_2)^2 - 2 t_1 (t_1 + t_2) - 4L}{2L(t_1 + t_2)^2 - 2 t_1 (t_1 + t_2) - 4L} \cdot 0,05 \cdot 50 \cdot 15000$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



6
x 18
112
144
182
x 3,24
76,20



$I_{1-3} = 1,8 \text{ A}$
 $P_1 = I_{1-3}^2 \cdot R$
 $P_1 = (1,8 \text{ A})^2 \cdot 5 \text{ Ом}$
 $P_1 = 3,24 \cdot 5 = 16,2 \text{ Вт}$

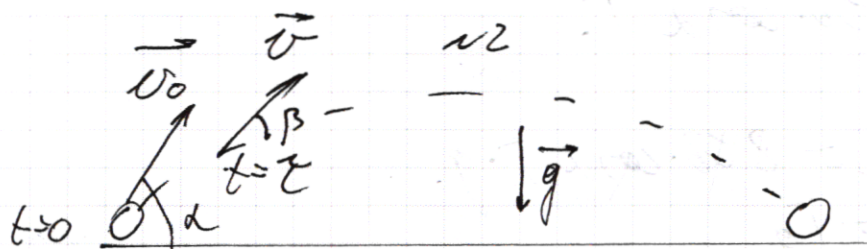
18
36
+ 36
72
216
708
72,96 x 5 =

143
x 1296
6480

180 | 5
- 25 | 3,6
3

36
x 36
100

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_0 \cdot \sin \alpha = v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot g t$$

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$t_{11} = T = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$ - время подъёма

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2}; \quad t_1 = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g} - \text{время полёта}$$

$$y_0 = 0; \quad v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha; \quad a_y = -g$$

$$y = v_0 \cdot \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}; \quad \text{в момент } t = \tau$$

$$0 = v_0 \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \cdot \sin \alpha - g \frac{(2v_0 \cdot \sin \alpha)^2}{g}$$

$$\frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$0 = \frac{2v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} - \frac{4v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$$

$$0 = 4v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha - 4v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$v \cdot \sin \beta = v_0 \cdot \sin \alpha - g t$$

$$v_0 \sin \beta + g t = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{v \cdot \sin \beta + g t}{v_0}; \quad T = \frac{v \cdot \sin \beta + g t}{g} \quad \sin \beta = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{v}$$

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}; \quad 2Hg = v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{2Hg}}{v_0}$$

$$\sin \alpha = \frac{v \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{v} + g t}{v_0}$$

$$\sin \alpha = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha + g t v_0}{v_0}$$

$$\frac{l}{2} = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T$$

$$l = 2v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T; \quad l = 2v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$l = 2v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T$$

$$\frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} = 2v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T$$

$$\frac{2v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha}{g} = 2v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T$$

$$2v_0 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha = 2v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T \cdot g$$

$$v_0 \cdot \sin^2 \alpha = T \cdot g$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{T \cdot g}{v_0}$$

$$T = \frac{v_0 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$$

$$T = \frac{T \cdot g}{g}$$

$$T = T$$

$$v \cdot \sin \beta = v_0 \cdot \sin \alpha - g \cdot t$$

$$4 \cdot \sin \beta = 10 \cdot \sin \alpha - 5$$

$$\sin \beta = \frac{10 \cdot \sin \alpha - 5}{4}$$

$$-v^2 \cdot \sin^2 \beta = -2gH$$

$$v^2 \cdot \sin^2 \beta = 2gH$$

~~$$4^2 \cdot 100 \cdot \sin^2 \alpha$$~~

$$v^2 \cdot \left(\frac{10 \cdot \sin \alpha - 5}{4} \right)^2 = 2gH$$

$$v^2 = 11$$

