

# Олимпиада «Физтех» по физике, 10 класс

Класс 10

## Вариант 10-01

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Камень бросают с вышки со скоростью  $V_0 = 8$  м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. В полете камень все время приближался к горизонтальной поверхности Земли и упал на нее со скоростью  $2,5V_0$ .

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости камня при падении на Землю.
- 2) Найти время полета камня.
- 3) Найти горизонтальное смещение камня за время полета.

Ускорение свободного падения принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

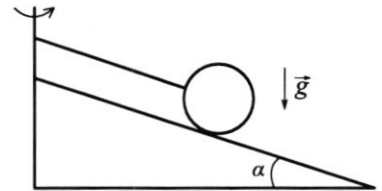
2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние  $S$  к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно  $m$  и  $M = 5m$ . Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом  $\mu$ .



- 1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?
- 2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?
- 3) Какой скорости достигнет ящик, если человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу  $F$  ( $F > F_0$ ) к канату?

3. Однородный шар массой  $m$  и радиусом  $R$  находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной  $L$ , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

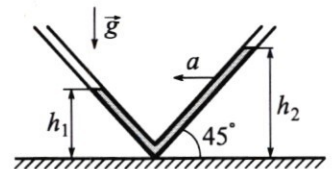
- 1) Найти силу натяжения нити, если система покоится.
- 2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол  $\alpha = 45^\circ$ . При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении уровни масла в коленях трубки устанавливаются на высотах  $h_1 = 8$  см и  $h_2 = 12$  см.

- 1) Найдите ускорение  $a$  трубки.
- 2) С какой максимальной скоростью  $V$  будет двигаться жидкость относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет»)?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $95^\circ\text{C}$  и давлении  $P = 8,5 \cdot 10^4$  Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

- 1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.
- 2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в  $\gamma = 4,7$  раза.

Плотность и молярная масса воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $\mu = 18$  г/моль.





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$$v_0 = 8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

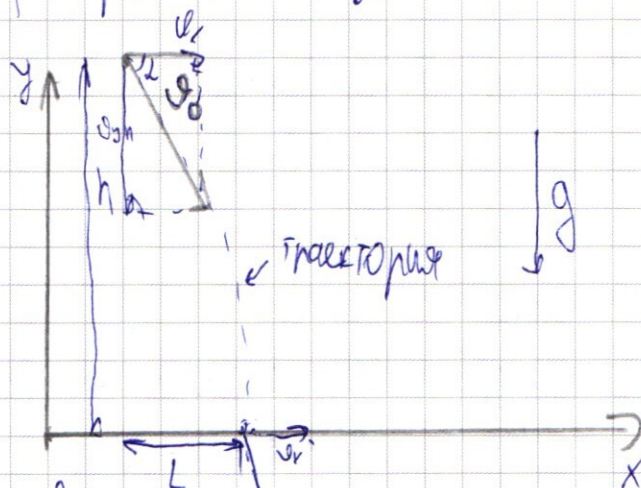
$$v_1 = 1,5 v_0$$

1)  $v_{\text{кр}} = ?$

2)  $t = ?$

3)  $L = ?$

Так-как по условию заданы камень все время приближа-  
ся к горизонтальной поверхности земли, можно сделать  
вывод, что вертикальная ~~проекция~~ проекция скорости будет  
отрицательна (если ось вверх)  $\Rightarrow$  тангенциальная скорость  
направлена вниз.



$h$  - тангенциальная высота  $v_{\text{кр}}$   $v_{\text{кр}}$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv_1^2}{2} \quad \text{З.С. для камня}$$

$$h = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g}$$

Так проекция ~~скорости~~ скорости камня на ось  $x$  постоянна, так-как  
по условию сопротивление воздуха нет  $\Rightarrow v_0 \cos \alpha = v_x$  - та самая проекция  
на ось  $v_1^2 = v_{\text{кр}}^2 + v_x^2$  - по т. Пиф.  $\Rightarrow v_{\text{кр}} = \sqrt{v_1^2 - v_x^2} = \sqrt{v_1^2 - v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$$= \sqrt{1,5^2 v_0^2 - v_0^2 \cos^2 60^\circ} = v_0 \sqrt{6,25 - \frac{1}{4}} = v_0 \sqrt{6} = 8\sqrt{6} \text{ м/с} \approx 19,6 \text{ м/с} \Rightarrow \text{СР2}$$



могут начебная <sup>дн</sup> проекции скорости на ось y:  $v_0 \sin \alpha = v_{yn} \Rightarrow$

$$\Rightarrow t = \frac{v_{yk} - v_{yn}}{g} = \frac{v_0 \sin \alpha - v_0}{g} = \frac{v_0 \sqrt{6} - v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0 \sqrt{6} - v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}}{g} =$$

$$= \frac{v_0}{g} \left( \sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{8 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} \left( \sqrt{6} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \approx 1,2 \text{ с}$$

$$L = t \cdot v_x \text{ - т.е. } v_x \text{ - постоянна}$$

$$L = 1,2 \cdot t \cdot v_0 \cos \alpha = 1,2 \cdot 8 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2} = 4,8 \text{ м}$$

Ответ: 1) 19 м/с, 2) 1,2 с, 3) 4,8 м

н2

4) Составим силе на рисунке, рассматриваем

силе ~~на~~ ~~стациона~~ ~~на~~ ~~моду~~  
учитывая III з.к. Ньютона

1) II з.к. для человека в проекции на Oy

$$N_1 - mg = 0 \Rightarrow N_1 = mg$$

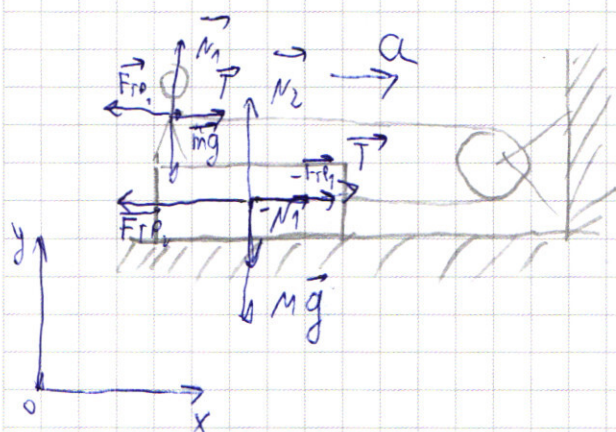
II з.к. для ящика в проекции на Oy:

$$N_2 - N_1 - Mg = 0$$

$$N_2 = N_1 + Mg = mg + Mg = 6 \text{ мд}$$

По III з.к. эта сила и есть та сила которой ящик давит на пол.

|| продол. стр. 3.





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) (по условию)

2)  $F_{\text{н}} = T$  по II з.п.

Если  $F_0$  — это минимальная сила, то  $a = 0$ .

II з.п. для шайбы в проекции на ось  $x$ :

$$\begin{aligned} m a &= T - F_{\text{тр}1} \xrightarrow{(1)} 0 = T - F_{\text{тр}1} = F_0 - F_{\text{тр}1} \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_0 = F_{\text{тр}1} \end{aligned}$$

II з.п. для ящика в проекции на ось  $x$ :

$$M a = T + F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} \xrightarrow{(2)} T + F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} = 0 \Rightarrow 2F_0 = F_{\text{тр}2}$$

По т.к. ящик движется  $F_{\text{тр}2} = N_2 \mu$  т.к. это сила трения скольж.  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow 2F_0 = N_2 \mu = 6 \text{ mg} \mu$$

$$\underline{F_0 = 3 \text{ mg} \mu}$$

3) Если  $F > F_0$ , то  $a > 0$

Рассмотрим 1) и 2) и суммируем их

$$m a + M a = T - F_{\text{тр}1} + T + F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} = 2T - F_{\text{тр}2} = 2F - 6 \text{ mg} \mu \quad (2+1)$$

$$6 m a = 2F - 6 \text{ mg} \mu$$

$$a = \frac{2F - 6 \text{ mg} \mu}{6m} = \frac{F}{3m} - \mu g \Rightarrow S = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a}, \text{ но } v_0 = 0 \Rightarrow$$

$$v_1^2 = 2aS \Rightarrow v_1 = \sqrt{2S \cdot \left( \frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

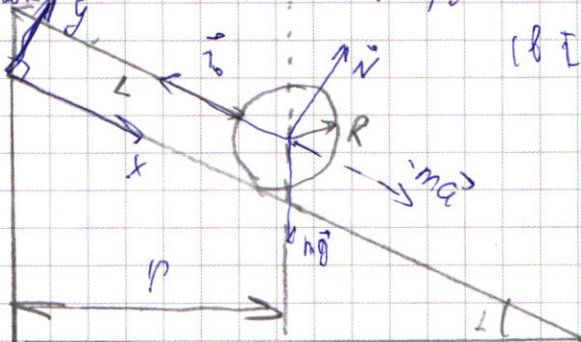
Ответ: 1)  $6 \text{ mg}$ ; 2)  $3 \text{ mg} \mu$ ; 3)  $\sqrt{2S \cdot \left( \frac{F}{3m} - \mu g \right)}$



№3

$m, R, L, \omega, g$   
1)  $T_0$   
4)  $T_a$

1) Держим шар, если не крутится с ускорением  $a$  (в т.ч.  $a=0$ )



II з.п. для шара на ось  $x$ :

$$mg \sin \alpha - T_0 = 0$$

$$T_0 = mg \sin \alpha$$

4) Если есть ускорение тогда перейдем в ИСО связанную с шаром тогда возникает сила  $-m\vec{a}$

$$a = \omega^2 r$$

$\uparrow$  радиус окр. по которой вращ. шар

$$r = (L + R) \cos \alpha$$

II з.п. в проекции на ось  $x$ :

$$-ma = mg \sin \alpha - T_a$$

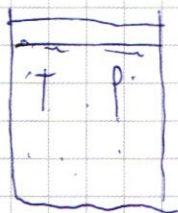
$$m\omega^2 (L + R) \cos \alpha = mg \sin \alpha - T_a$$

$$T_a = m(\omega^2 (L + R) \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

Ответ: 1)  $mg \sin \alpha$  4)  $m(\omega^2 (L + R) \cos \alpha + g \sin \alpha)$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p = 8,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$T_{\text{кн}} = 95^\circ \text{C} = 368 \text{ K}$$

$$\rho = 12 \text{ г/см}^3 = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 18 \text{ г/моль} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$\gamma = 4,7$$

$$1) \frac{\rho}{\gamma} = ? \quad 2) \frac{V_{\text{н}}}{V_{\text{в}}} = ? = \beta$$

$$p V_{\text{н}} = \frac{m}{\mu} R T$$

- у нас масса пара находится  
для водяного пара по формуле

$$\rho \gamma = \frac{m}{V_{\text{н}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{p \mu}{R T}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho}{\gamma} = \frac{p \mu}{R T \gamma} = \frac{8,5 \cdot 10^5 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 368 \cdot 10^3}$$

$$= \frac{8,5 \cdot 18}{8,31 \cdot 368} \approx 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,5$$

2) Т.к. процесс изотермический, а пар насыщенный он будет конденсироваться  
при этом сохраняя постоянное давление  $p \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{p V_{\text{н}}}{\gamma} = \frac{m'}{\mu} R T, \quad m' - \text{масса пара после изменения объема}$$

$$m' = \frac{p V_{\text{н}} \mu}{\gamma R T}$$

$$m' = m_{\text{г}} - m_{\text{в}}$$

↑  
масса воды

$$m_{\text{в}} = V_{\text{в}} \rho$$

стр. 6



$$\frac{p_{V_{H2}}}{\gamma R T} = \frac{p_{H2}}{R T} - V_B \int \frac{1}{V_H} \quad \text{нужно}$$

$$\frac{p_H}{\gamma R T} = \frac{p_H}{R T} - \frac{V_B}{V_H} \int$$

$$\frac{V_B}{V_H} \int = \frac{p_H}{R T} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$\frac{V_B}{V_H} = \frac{p_H}{R T \int} \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) = 2 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)$$

$$\frac{V_H}{V_B} = \frac{1}{2 \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right)} = \frac{\gamma}{2(\gamma - 1)}$$

$$\beta = \frac{V_{H2}}{V_B} = \frac{V_H}{\gamma V_B} = \frac{\gamma}{\gamma 2(\gamma - 1)} = \frac{1}{2(\gamma - 1)} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3} (4,7 - 1)} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3} 3,7} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^3}{3,7} = \frac{2 \cdot 10^3}{3,7}$$

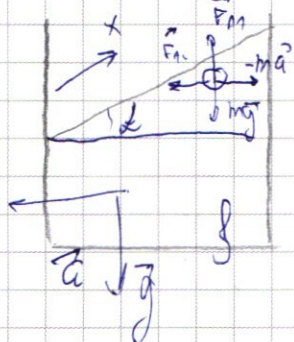
Ответ: 1)  $5 \cdot 10^{-3}$  2)  $\frac{2}{3,7} \cdot 10^3$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

нч

Рассмотрим похожую задачу: ёмкость с жидкостью движется с ускорением  $a$ . Определить угол наклона воды  $\angle$ :



Для этого рассмотрим маленький шарик из воды находящийся в как на рисунке (в произвольном месте)

массой  $m \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$

перейдём в ИСО связ. с шариком

Тогда повл. "сила"  $-ma$

$$F_{A1} = V \rho g = mg$$

$$F_{A2} = V \rho a = ma$$

Запишем ПЗ. и в проекциях на ось  $x$  параллельную

воде (ее наклону):  $ma \cos \angle + mg \sin \angle = mg \cos \angle + F_{A2} \sin \angle$

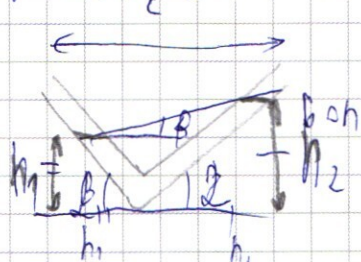
$$F_1 \sin \angle + ma \cos \angle - F_2 \cos \angle - mg \sin \angle = 0$$

из преобразований получаем

$$\tan \angle = \frac{a}{g}$$

Если мы перейдём обратно к трубе вода должна остаться

по-прежнему в горизонтальном:



$$\text{т.к. } \angle = 45^\circ \quad \tan \angle = 1$$

$$\text{то } L = h_1 + h_2 \Rightarrow \Delta h = h_2 - h_1$$

$$\Rightarrow a = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} g = 2 \text{ м/с}^2$$

$$\tan \angle = \frac{\Delta h}{L} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} =$$

$$= \frac{a}{g} \text{ - ранее } \Rightarrow \angle = 45^\circ$$



$N_4$  (hydrogen)

2) Поле разном ускорения  $a$  равно 0

Вода из пробов начала почти превращаться в ледяное каменю

при этом не только будет убывать в правом, настолько увеличится в левом, максимальная скорость дуги, когда равняются высоты вхождения

Зарисовки 3. (3. между параллельными и когда  $\theta$  нека в канале  
будет высота  $h_{cp} = \frac{h_1 + h_2}{2}$

$$\frac{m_1 h_1 g}{2} + m_2 \frac{h_2 g}{2} + \frac{(m_1 + m_2) v_{\text{ср}}^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) h_{\text{ср}} g}{2} + \frac{(m_1 + m_2) v_x^2}{2} + \frac{(m_1 + m_2) v_y^2}{2}$$

т.е. вв. индустрии  
сближается с уровнем  
ср.

$$m_1 h_1 g + m_2 h_2 g = (m_1 + m_2) h_{\text{cm}} g + (m_1 + m_2) \omega^2$$

$$\frac{m_1}{h_1} = \frac{m_2}{h_2} \quad \text{т.е. константа адгезии и подвижности носителей}$$

$$h_1 = \frac{m_2 h_2}{m_1}$$

$$\cancel{m_2} \frac{h_1}{h_2} g + \cancel{m_2} h_2 g = \cancel{m_2} \left( \frac{h_1}{h_2} + 1 \right) h_2 g + \left( \frac{h_1}{h_2} + 1 \right) \cancel{m_2} g$$

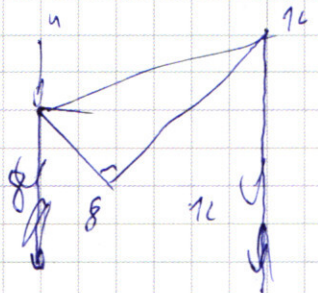
$$\left( \frac{h_1^2}{h_1} + h_2 - \frac{h_1 \cdot h_m}{h_2} - h_m \right) g = \left( \frac{h_1}{h_1} + 1 \right) \varphi^L$$

$\Rightarrow$  Tbet:  $2m/c^2$ ,  $2m/c$ .



$$g + a/h_1 = (g - a)/h_2$$

$$g h_1 + a h_2 = g h_2 - a h_1 \quad a(h_1 + h_2)$$



LO

$h_1 + h_2$

$$\frac{a}{g} = \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

$$400: 176$$

3

$$\frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2} = \tan \alpha = \frac{a}{g}$$

400

$$\sqrt{16 \cdot 24}$$



$$\frac{h_2 - h_1}{2}$$

2

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8

8.8



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$R = 8,31$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ 17 \\ \hline 68 \\ + 17 \\ 238 \\ \times 18 \\ \hline 1904 \end{array}$$

$$\sqrt{6}: 2,58$$

$$\begin{array}{r} 2.38 \\ 0.83 \\ \hline 1.53 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,5 \\ \times 0,8 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 95 \\ \hline 368 \end{array}$$

$$857 : 3 = 277$$

$$\begin{array}{r} 1096 \\ - 9 \\ \hline 1087 \end{array}$$

$$\frac{1}{18.11} = \frac{1}{198} = \frac{1000}{200} \text{ mA: } 18.18$$

$$m_B = V_B \rho = \frac{\rho}{2} V_B =$$

$$m_i = \frac{pV_n \mu}{RT}$$

mgsh

$$a = g \frac{h_2 - h_1}{h_1 + h_2}$$

$$\cdot m g \cos \theta \sin \alpha + F_1 \cos \alpha = \frac{V}{\rho} \rho g \sin \alpha + m g \cos \alpha$$

$$g \sin \alpha + a \cos \alpha = g \sin \alpha + a \cos \alpha$$

$$a \sin L = a \cos L$$

$$\frac{a}{g} : \text{tg} \quad \frac{a}{g} \frac{g}{a} = \text{tg}$$