

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 10-01

Класс 10

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

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/с². 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 μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

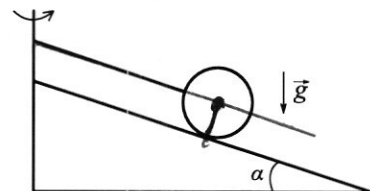
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

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 α 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.

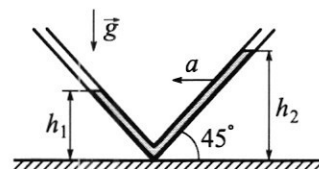
2) Найти силу натяжения нити, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.



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/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.

5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 95°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/см³, $\mu = 18$ г/моль.

$$\frac{\gamma^2}{24} = \frac{4}{2}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ 214 \\ \hline 1056 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 16 \\ \times 3 \\ \hline 48 \end{array}$$

$$\sqrt{48}$$

$$\text{Ans } 7 \times 7 = 49$$

$$\begin{array}{r} 76 \\ \times 3 \\ \hline 48 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 164 \\ \times 3 \\ \hline 621 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 414 \\ \times 11 \\ \hline 4761 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

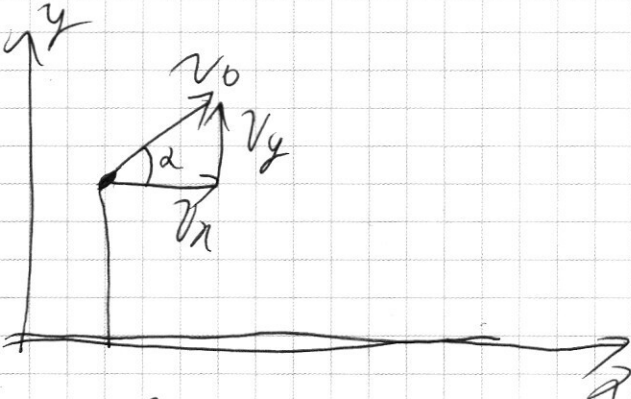
Задача №1.

Дано:

$v_0 = 84 \text{ м/с}$

$\alpha = 60^\circ$

$v_k = 2,5 v_0$



то v_x и v_y проекции на горизонтальной скорости каковы:

$$v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$v_{y0} = v_0 \sin \alpha$$

горизонт. сост. скорость не меняется: тогда

v_{yk} — конечная сост. скорость камня (параллельна v_{y0})

$$(2,5 v_0)^2 = v_x^2 + v_{yk}^2$$

$$v_{yk} = \sqrt{6,25 \cdot v_0^2 - v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} =$$

$$= v_0 \sqrt{6,25 - \cos^2 60^\circ} =$$

$$= v_0 \sqrt{6,25 - 0,32} = v_0 \sqrt{6} = \sqrt{386} \text{ м/с} \approx 19,5 \text{ м/с}$$

тогда

$$v_{yk} = v_{y0} - v_{y0}$$

$$v = \frac{v_{yk} + v_{y0}}{2} = \frac{v_0 \sqrt{6} + v_0 \sin 60^\circ}{2}$$

$$= \frac{v_0}{g} \left(\sqrt{6} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \approx \frac{19,5 + 4 \cdot \sqrt{3}}{10} \text{ c} \approx \frac{19,5 + 6,9}{10} \text{ c} = 2,64 \text{ c}$$

по горизонтальной составляющей:

$$L = v_x \cdot T = v_0 \cos 60^\circ \cdot \frac{v_0}{g} \left(\sqrt{6} + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) =$$

$$= v_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,64 = 4 \cdot 2,64 \text{ м} = 10,56 \text{ м}$$

Ответ: 19,5 м/с; 2,64 с; 10,56 м.

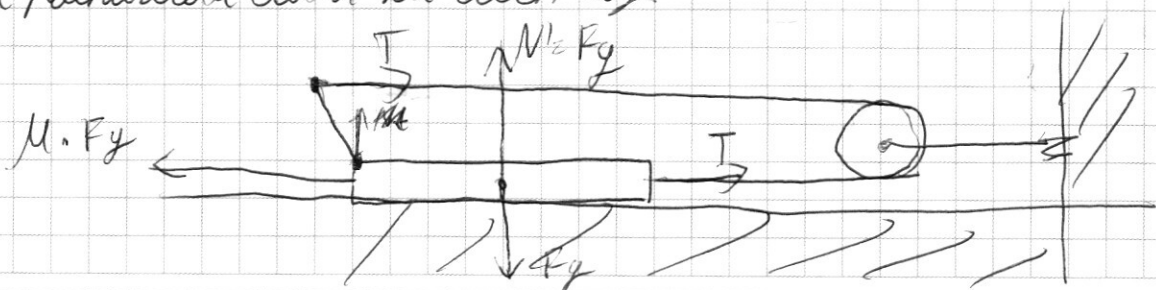
Задача №2.

Заметим, что и человек не движется по вертикали, то вертикальная составляющая силы реакции опоры с опоры человека увеличивается ту же массу человека равномерно на человека

$N_1 = mg$ — сила реакции опоры с опоры
вспомог. по 3 зм. Ньютону

$F_y = N_1 + Mg = 6mg$ — сила с которой человек давит на пол.

тогда рассмотрим силы на систему:



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Заметим, что горизонтальная сила реакции опоры со стороны человека на ящик и со стороны ящика на человека равны по модулю и противоположны по направлению $\Rightarrow$ их можно учитывать только.

$$2T_{\min} = \mu F_y$$

$$2T_{\min} = 6 \mu m g$$

$T_{\min} = 3 \mu m g$ — минимальная сила натяжения нити, при которой система будет двигаться.

$$F_0 = T_{\min} = 3 \mu m g$$

тогда при слегка меньшей нити $F < F_0$

по 2 закону Ньютона для всей системы

$$(m + M) a = 2F - \mu \cdot 6 m g$$

$$a = \frac{2F}{6m} - \mu g = \frac{F}{3m} - \mu g$$

тогда

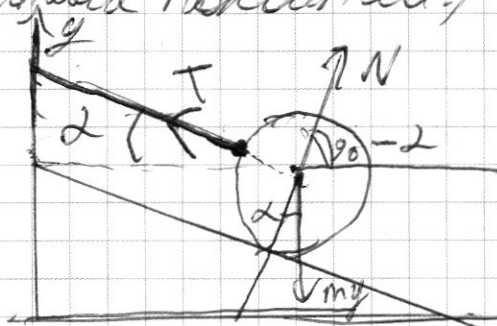
$$S = \frac{v_k^2}{2a}$$

$$v_k = \sqrt{2a \cdot S} = \sqrt{2S \left(\frac{F}{3m} - \mu g \right)}$$

Ответ: 6 мг , 3 мг , $\sqrt{2S \cdot (\frac{F}{3m} - \mu)}$

Задача №3

Дано: m, R, α, μ
 Найти: T, N



т.к шар покоится, то его можно

~~рассмотреть~~ как брусик $\Rightarrow$ все силы переводим

в центр сферы (т.к) тогда сила из центра

N — перпендикуляр к центру от поверхности

значит и T будет проходить через центр шара.

Можно:

$$T \cdot \cos \alpha = N \cdot \cos(90 - \alpha) \quad \text{— закон косинусов}$$

$$T \cos \alpha = N \cdot \sin \alpha \quad \text{— 2д}$$

$$T = N \cdot \tan \alpha \quad \Rightarrow N = \cot \alpha \cdot T$$

можем на ось y :

$$N \sin(90 - \alpha) = mg$$

$$N = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$T = \frac{mg}{\tan \alpha}$$

$$T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

$$T \sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot (\cos \alpha T) = mg$$

$$T = \frac{mg}{\sin \alpha + \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}}$$

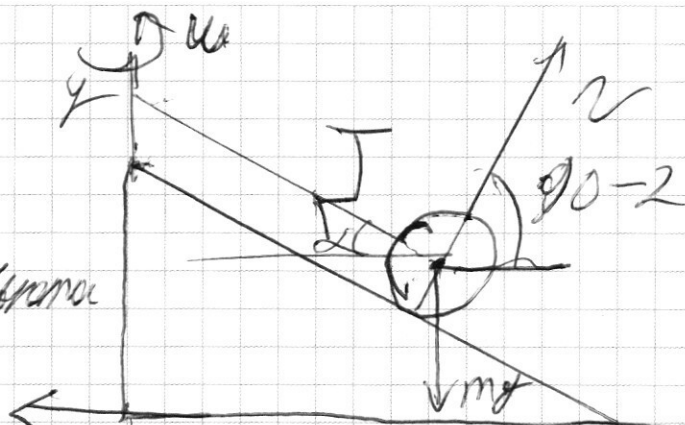
проверим на спец. случае

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задачи:
вращение.

масса $2m$ и радиус
на ось x :



Задача. Это мы уже показали, что
сила натяжения нити T действует сверху
и вниз с центром шара (также
он будет вращаться т.к. с угловой мо-
ментом сил mg) тогда расстояние от центра
масс шара до оси вращения:

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

a_n — ускорение шара по оси x , вызванное
вращением

$$a_n = \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

тогда

$$m \cdot \omega^2 (L + R) \cos \alpha = T \cos \alpha - N \sin \alpha$$

масса $2m$ и радиус R шара:

$$T \sin \alpha = N \cos \alpha \quad T \sin \alpha + N \cos \alpha = mg$$

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

$$mu^2(l+R) \cos^2 \alpha = T \cos^2 \alpha - \frac{mg - T \sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha$$

$$mu^2(l+R) \cos^2 \alpha = T \cos^2 \alpha - mg \sin \alpha + T \sin^2 \alpha$$

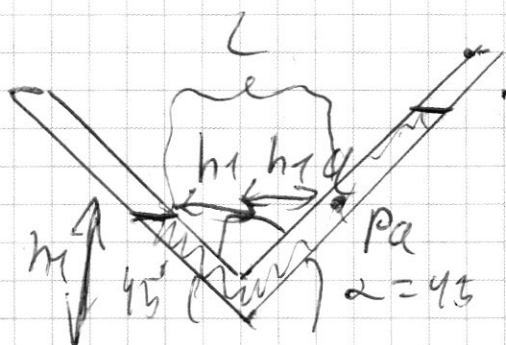
$$T = mg \sin \alpha + mu^2(l+R) \cos^2 \alpha$$

Отсюда: $T = mg \sin \alpha$ — без учета u .

$$T = mg \sin \alpha + mu^2(l+R) \cos^2 \alpha = \text{с учетом}$$

Задача 4.

2



Для начала найдем радиусы в точках
— центрах масс.

С одной стороны учитываем горизонт. проекцию

и:

$$r_A = r_0 + L \cdot \alpha \text{ — проекция на угол } 45^\circ \text{ т.е.}$$

$$l = 2h \cdot \tan \alpha$$

$$r_A = r_0 + 2h \cdot \tan \alpha$$

с другой стороны.

$$r_A = r_0 + (h_2 - h_1) \cdot \alpha$$

и

$$2h \cdot \tan \alpha = (h_2 - h_1) \cdot \alpha$$

$$\alpha = \frac{(h_2 - h_1)}{2h \cdot \tan \alpha} \cdot \alpha = \frac{12 - 8}{2 \cdot 8} \cdot \alpha = \frac{4}{16} \cdot \alpha = \frac{1}{4} \cdot \alpha$$

$$= 2,5 \text{ м/с}$$



(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Если ускорение a исчезнет, то запишем закон сохранения энергии для состояния сразу после исчезновения a и U состояние где V максимальна.

Значит что V максимальна при минимальной механической энергии т.е. тогда когда уровень воды в трубах одинаков.

$$E_1 = \rho g S \left(\frac{h_1}{\cos 45^\circ} \cdot \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \cdot \frac{h_2}{2} \right) - \rho \cdot \text{масса воды в трубах}$$

$$E_2 = \frac{\rho g S}{2} (h_1 + h_2)$$

тогда масса всей жидкости: $m = \left(\frac{h_1}{\cos 45^\circ} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \right) S \rho$
тогда высота центра масс (расстояние от дна):

$$\frac{1}{2} \left(\frac{h_1}{\cos 45^\circ} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \right) \cdot \cos 45^\circ \cdot \frac{1}{2} = \frac{h_1 + h_2}{4}$$

тогда вода в трубах будет

тогда:

$$E_2 = \left(\frac{h_1}{\cos 45^\circ} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \right) \rho \cdot S \cdot \frac{h_1 + h_2}{4} \cdot g + \frac{V^2}{2} \rho \left(\frac{h_1}{\cos 45^\circ} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \right)$$

$$E_1 = E_2$$

$$\left\{ \frac{h_1}{\cos 45^\circ} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \right\} = \frac{v^2}{2} \left(\frac{h_1}{\cos 45^\circ} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \right) +$$

$$+ \frac{h_1 + h_2}{4} = g \cdot \left(\frac{h_1}{\cos 45^\circ} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \right)$$

$$\frac{g h_1^2}{\cos 45^\circ} + \frac{g h_2^2}{\cos 45^\circ} = \frac{v^2}{2} \left(\frac{h_1}{\cos 45^\circ} + \frac{h_2}{\cos 45^\circ} \right) + \frac{h_1 + h_2}{4} g$$

$$g(h_1^2 + h_2^2) = (h_1 + h_2) \left(\frac{v^2}{2} + \frac{h_1 + h_2}{4} \right)$$

$$g h_1^2 + h_2^2 = v^2 (h_1 + h_2) + \frac{(h_1 + h_2)^2}{2} g$$

$$v^2 = \frac{g(h_1^2 + h_2^2) - \frac{(h_1 + h_2)^2}{2}}{h_1 + h_2}$$

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

$$v = \sqrt{g \left(\frac{h_1^2 + h_2^2}{h_1 + h_2} - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)}$$

$$= \sqrt{1000 \left(\frac{64 + 144}{20} - \frac{20}{2} \right)} \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{1000 \left(\frac{208}{20} - 10 \right)} = 20 \text{ м/с}$$

$$= \sqrt{400} \text{ м/с} = 20 \text{ м/с}$$

$$\text{ответ: } 2,5 \text{ м/с}; 20 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 5.

Дано:

$$T = 45^\circ \text{C}$$

$$p = 8,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$T = \text{const}$$

$$1) pV = \nu RT$$

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\rho_n = \frac{p \mu}{RT} \quad - \text{плотность пара}$$

$$\alpha = \frac{\rho_n}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{p \mu}{R \cdot T \cdot \rho}$$

$$\rho_n = \frac{8,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 0,018 \text{ кг/моль}}{8,31 \cdot 328} \text{ кг/м}^3 =$$

$$= \frac{85 \cdot 18}{8,3 \cdot 328} \text{ кг/м}^3 \approx 5,5 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{10^3}{20} \text{ кг/м}^3 = 50 \text{ кг/м}^3$$

тогда

$$\alpha = \frac{\rho_n}{\rho} = \frac{5,5 \text{ кг/м}^3}{1000 \text{ кг/м}^3} = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$2) \text{ так } T = \text{const, то}$$

значит, что к-к температуры конденсата, то давление насыщенного пара не меняется

тогда

$$V = \frac{\nu RT}{p} = \frac{m RT}{\mu p}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta m RT}{\mu p}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta m RT}{\mu p}$$

при этом $\frac{V_0 - \Delta V}{V_0} = \gamma$

$$\frac{V_0}{V_0 - \Delta V} = \gamma$$

$$\Delta V = \frac{V_0 (\gamma - 1)}{\gamma} = V_0 \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

V_0 - начальная объемная масса

$$V_k = V_0 - \Delta V = V_0 \left(1 - \frac{\gamma - 1}{\gamma} \right) = V_0 \cdot \frac{1}{\gamma}$$

масса Δm - начальная объемная масса

$$\Delta m = \frac{\Delta V \mu p}{RT}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{\Delta V \mu p}{RT \rho} \quad - \text{объем газа}$$

молу

$$V_0 = \frac{\mu p}{RT}$$

$$\beta = \frac{V_k}{V_0} = \frac{V_0 \cdot \frac{1}{\gamma}}{\frac{\mu p}{RT \rho} \cdot \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot V_0} = \frac{RT \rho}{\mu p (\gamma - 1)}$$

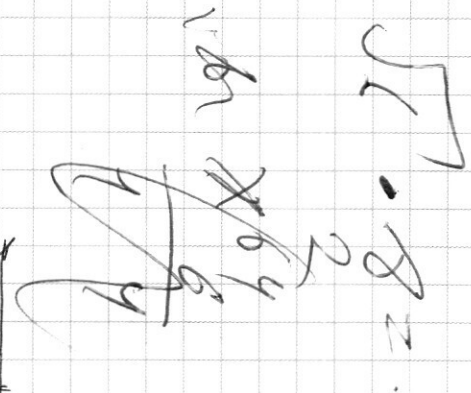
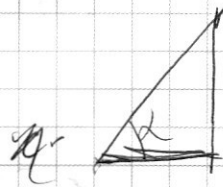
$$= \frac{8,314 \cdot 3 - 368 \cdot 1000}{0,018 \cdot 9,5 \cdot 10^4 \cdot 3,7} =$$

$$= \frac{8,3}{9,5} \cdot \frac{368 \cdot 100}{3,7} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{1000}{180} =$$

$$\approx 1 \cdot 100 \cdot 5,55 = 555 \quad \text{Ответ: } 5 \cdot 10^{-4}, 555.$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 25 \\ \hline 125 \\ 50 \\ \hline 625 \\ 1 \end{array}$$



$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

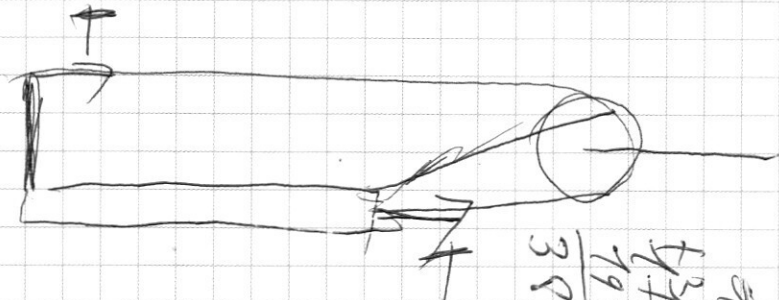
$$\begin{array}{r} 38 \\ \times 64 \\ \hline 6 \end{array}$$

$$0,25$$

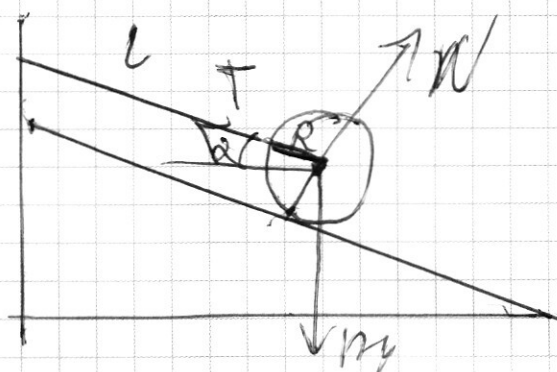
$$V = \varphi \tau$$

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

$$\begin{array}{r} + 19 \\ 36 \\ \hline 1 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 30023 \\ + 195 \\ \hline 30218 \end{array}$$



$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$mR(L+R) \cdot \cos \alpha \cdot m = T \cdot \cos \alpha -$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 20 \\ \hline 360 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 83.10 \\ \times 8 \\ \hline 664.8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 36 \\ \hline 648 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ \times 95 \\ \hline 25935 \end{array}$$

$$h_1 \cdot 2 \cdot h_2 \cdot a = (h_1 - h_2) \cdot g$$