

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

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

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

- 1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.
- 2) Найти время полета гайки.
- 3) С какой высоты была брошена гайка?

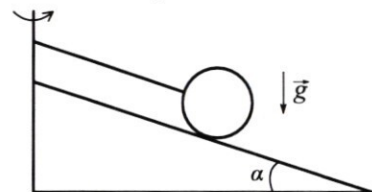
Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

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 $M = 2m$. 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) За какое время 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.

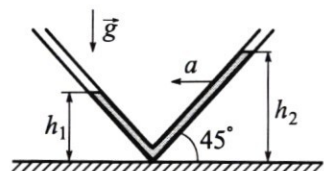


- 1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.
- 2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

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 с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

- 1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?
- 2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ 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 $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

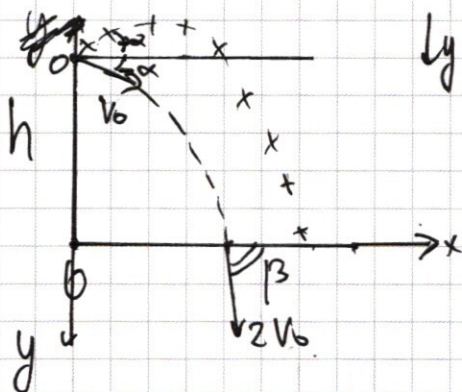
№.

Дано:
 $V_0 = 10 \frac{м}{с}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$

Найти:

- 1) $V_y = ?$
- 2) $t = ?$
- 3) $h = ?$

Г-к. зайка все время
приближалась к ков-ру Земли,
этот же в этот момент ее иска,
как показано на рис. ниже.



Найдем, если бы зайка по углу α . Вспомогательная, если зайка не все время приближалась к ков-ру (но сразу прыгнул по углу $-\alpha$).

Уравнение изменения скорости по оси X:

$$V_0 \cos \alpha = 2V_0 \cos \beta = V_0 \cos \alpha + gxt$$

$$gxt = 0 \Rightarrow 2V_0 \cos \beta = V_0 \cos \alpha$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

или
показ. на сдв. 2.

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$$

V_y - вертикальная составляющая скорости при
падении камня.

$$V_y = 2V_0 \sin \beta = 2V_0 \cdot \frac{\sqrt{13}}{4} = \frac{V_0 \sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13} \frac{м}{с} \approx 18,05 \frac{м}{с}$$

Ур. движения и уравнения скорости по оси y :

$$\left. \begin{array}{l} V_y = V_0 \sin \alpha + g t \\ g y = g \\ \frac{\sqrt{13}}{2} V_0 = \frac{V_0}{2} + g t \\ \frac{V_0}{2} (\sqrt{13} - 1) = g t \\ t = \frac{V_0 (\sqrt{13} - 1)}{2g} = \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \right) c \approx 1,305 c \end{array} \right\} \text{Ур. движения скорости}$$

Ур. движения

$$h = V_0 \sin \alpha t + \frac{g t^2}{2} = \frac{V_0^2 (\sqrt{13} - 1)}{4g} + \frac{V_0^2 (\sqrt{13} - 1)^2}{8g}$$

$$h = \frac{3V_0^2 (\sqrt{13} - 1)^2}{8g} = \frac{15}{4} (14 - 2\sqrt{13}) \text{ м} \approx 25,425 \text{ м}$$

Ответ: 1) $V_y = 5\sqrt{13} \frac{м}{с} \approx 18,05 \frac{м}{с}$; 2) $t = \left(\frac{\sqrt{13} - 1}{2} \right) c \approx 1,305 c$;

3) $h = \frac{15}{4} (14 - 2\sqrt{13}) \text{ м} \approx 25,425 \text{ м}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Дано:

$S, m, M=2m, \mu, F$

Найти:

- 1) $Q=?$
- 2) $F_0=?$
- 3) $t=?$

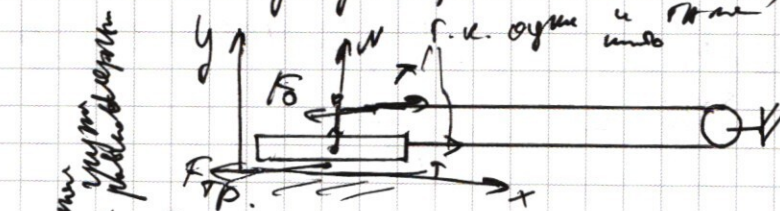
Q — сила упругости человека
и ящика во время
времени ~~увеличение~~

Если ящик с человеком
поднимется, $Q_y = Q = N = 3 \text{ мн}$. Но т.к.
вертикально соед. Q .

Ящик и с человеком движется, возм-
но горизонтальное сдвигание Q_x , которая
равна $Q_{yx} = F_{\text{тр}} = \mu N$. $\Rightarrow$

$$Q = \sqrt{Q_y^2 + Q_x^2} = \sqrt{N^2 + (\mu N)^2} = \sqrt{(\mu^2 + 1)} N$$

$$N = 3 \text{ мн (уч. равн. по оси } y) \Rightarrow Q = 3 \text{ мн} \sqrt{(\mu^2 + 1)}$$



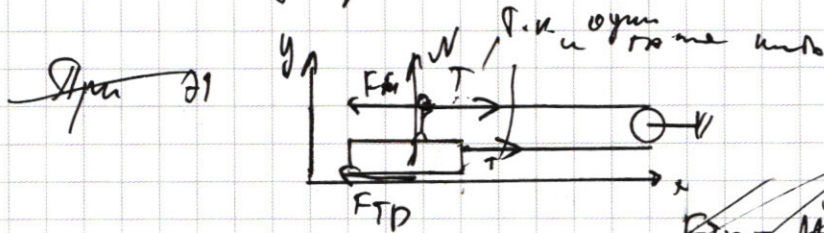
уч. равн. по оси x :
 $F_0 = T$

уч. равн. по оси y :
 $T = F_{\text{тр}} \Rightarrow F_0 = F_{\text{тр}} = 3 \text{ мн} \cdot \mu$

см. $\rightarrow$
продолжение на стр. 4.

μ^2 (пропорциональное).

Очевидно, что если $F > F_0$, то система начнет движение по отношению к поверхности с некоторым ускорением a .



$$F_{тр} = \mu N = 3mg\mu$$

Усл. равн. по оси X (в со узлы):

$$T = F_0 + F_{тр}$$

Для телеша:

$$T - F_{тр} = m_x a$$

m_x — масса шара

$$m_x = 0 \Rightarrow T = F$$

Усл. равн. по оси X для узла-шара:

$$T - F_{тр} = 3m\mu$$

$$F_{тр} = \mu N = 3mg\mu$$

$$a = \frac{T - F_{тр}}{3m} = \frac{F - 3mg\mu}{3m}$$

Ур. движения по оси X :

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{6Sm}{F - 3mg\mu}}$$

Ответ: 1) $Q = 3mg\sqrt{\mu^2 + 1}$; 2) $F_0 = 3mg\mu$; 3) $t = \sqrt{\frac{6Sm}{F - 3mg\mu}}$.

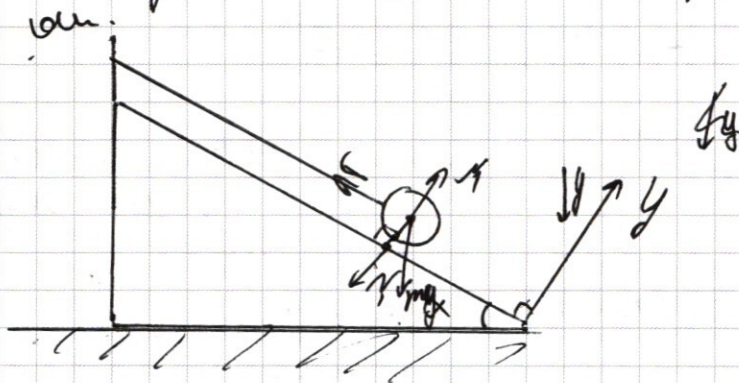
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

Дано:
 m, R, G, α, ω

Найти:
1) $N_1 = ?$
2) $N_2 = ?$

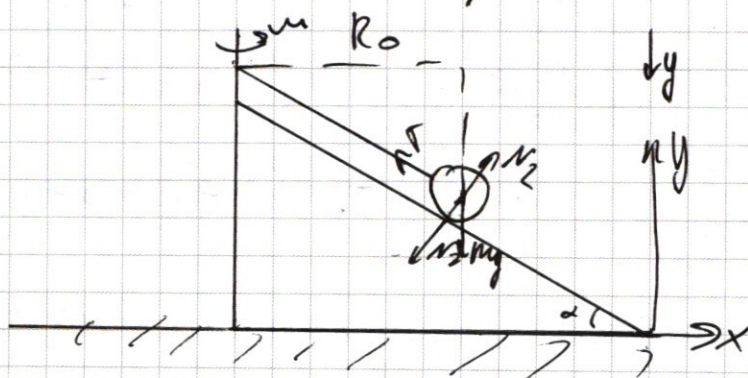
N_1 — сила упругости шара
или
или, если система покоится
 N_2 — сила упругости шара
или
или, если система вращается
с угловой скоростью ω вокруг вертикальной



Если система покоится, то движение а.з.в.
Усл. рота. по оси y (или шир):

$$m g \cos \alpha = N_1$$

Итак, если вращение



см
пр. на ср.
6.

v^2 (можем мы).

Можно сказать, т.к. шарик не отрывается, он движется по окружности радиуса R_0 .

$$R_0 = (L+R) \cos \alpha$$

α — угол между вертикалью и шариком

$$a = \omega^2 R_0 = (L+R) \cos \alpha \cdot \omega^2.$$

Углы α и β в котором мы все α !
(где шарик)

$$ma = -N_2 \sin \alpha + T \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

3-й закон Ньютона по оси y :
($a_y = 0$)

$$N_2 \cos \alpha + T \sin \alpha = mg$$

$$T = \frac{mg - N_2 \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$ma = -N_2 \sin \alpha + (mg - N_2 \cos \alpha) \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$m\omega^2 \cdot \cos \alpha (L+R) = -N_2 \sin \alpha + \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} - N_2 \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}$$

$$N_2 \left(\frac{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}{\sin \alpha} \right) = m \cos \alpha (\omega^2 (L+R) + \frac{g}{\sin \alpha})$$

$$N_2 = m \cos \alpha (\omega^2 (L+R) \sin \alpha + g)$$

Order: 1) $N_1 = mg \cos \alpha$ 2) $N_2 = m \cos \alpha (\omega^2 (L+R) \sin \alpha + g)$.

P.S.: $R_0 = (R+L) \cos \alpha$ — т.к. мы знаем шарик на всей массе, а т.к. шарик движется, и т.д. шарик не отрывается.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

нч.

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$a = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

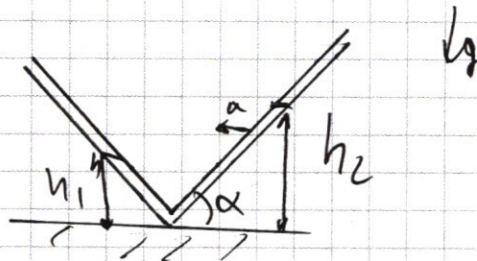
$$h_1 = 10 \text{ см}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

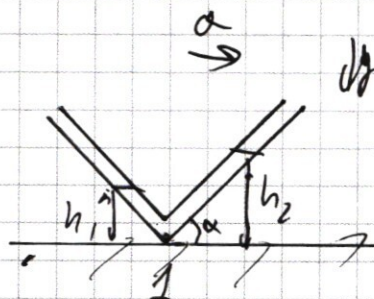
Иском:

$$1) h_2 ?$$

$$2) V = ?$$



В CD соизм?



Попр. уравнение в Т.Д:

$$P_1 = \frac{h_2}{\sin \alpha} (g \sin \alpha - a \cos \alpha) \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{h_1}{\sin \alpha} (g \sin \alpha + a \cos \alpha) \quad (2)$$

$$(1) \div (2):$$

$$1 = \frac{h_2 (g \sin \alpha - a \cos \alpha)}{h_1 (g \sin \alpha + a \cos \alpha)}$$

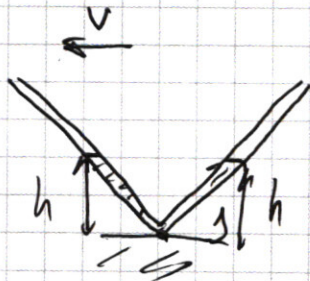
$$h_2 = \frac{g \sin \alpha + a \cos \alpha}{g \sin \alpha - a \cos \alpha} h_1 = \frac{g+a}{g-a} h_1 = \frac{14}{6} h_1$$

$$h_2 \approx 23,3 \text{ см}$$

см
попр. на сп. д.

и 4 (прямые).

Рассмотрим канал, когда труба есть
с нулевой начальной скоростью (V)



Получим $u = 0 \Rightarrow h = \text{const}$ (т.к. ускорения

и $\sigma \perp$ ускорения ~~равны~~ const) $\Rightarrow$

$\Rightarrow V = 0$

Отсюда: 1) $h_2 \approx 23,3 \text{ см}$; 2) $V = 0$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$P = 3,55 \times 10^3 \text{ Па}$$

$$\beta = 1 \frac{\text{см}^3}{\text{моль}}, M = 10 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$\gamma = 5,6 \text{ раз}$$

$$t = 27^\circ \text{C}$$

Найти:

$$1) \frac{p_1}{p_2} = ?$$

$$2) \frac{V_1}{V_2} = ?$$

Реш.

М-масса газа.

Т.к. процесс медленный газ
в любой момент времени
насыщенный $\Rightarrow$

$$V = \frac{RT}{P} \cdot D$$

$$D = \frac{PV}{RT}$$

$$\frac{RT}{P} = \text{const} \text{ (процесс изотермический)}$$

D - количество молей газа
находящееся в сосуде

D_1 - количество молей газа,
которое было увеличено в
 γ раз.

$$\frac{V}{\gamma} = \frac{RT}{P} \cdot D_1$$

$$D_1 = \frac{PV}{\gamma RT}$$

D_x - количество молей газа, которое
превратилось в конденсат.

$$D_x = D - D_1 = \frac{PV}{RT} - \frac{PV}{\gamma RT} = \frac{PV}{RT} (\gamma - 1)$$

м-масса газа, которая
 $m = M D_x = \frac{M PV}{RT} (\gamma - 1)$ $\xrightarrow{\text{при } t = 27^\circ \text{C}}$ $m \approx 0,10$

~~V_n - макс объем газа~~

$f_n = \text{const}$ (об-то не изм. масса)

~~$V_n \propto \frac{M}{f}$~~

Отвечая на 1 вопрос.

V -объем газа в начале

f_n - масса по известному чис.

m_n - масса газа в начале опыта.

$$m_n = D \cdot f_n$$

$$f_n = \frac{m_n}{V} = \frac{D \cdot M}{V} = \frac{D \cdot M}{\frac{RTD}{P}} = \frac{MP}{RT}$$

$$V = \frac{RT}{P} \cdot D$$

$$\frac{f_n}{f} = \frac{MP}{RTf} \approx 2,56 \times 10^{-5} \quad \frac{MP}{RTf} = \frac{MP}{RTf}$$

Вернемся ко 2-му пункту.

V_n - макс объем газа

$V_n^{\text{г}}$ - макс объем газа

$$V_n = \frac{m_n}{f_n} = \frac{PV}{f_n} = \frac{PV}{\frac{MP}{RTf}} = \frac{PVRT}{MP} = \frac{V}{M}$$

$M_{\text{гб}} \rightarrow \infty$ (масса газа) $\Rightarrow$

$$V_n = \frac{m}{f} = \frac{MPV(f-1)}{RTf} \quad V_{\text{гб}} = V_n$$

$$\frac{V_n}{V_{\text{гб}}} = \frac{RTf}{MP(f-1)} = \frac{RTf}{M^2 P(f-1)} \approx 520000$$

Ответ: 1) $\frac{f_n}{f} = \frac{MP}{RTf} \approx 2,56 \times 10^{-5}$, 2) $\frac{V_n}{V_{\text{гб}}} = \frac{RTf}{M^2 P(f-1)} \approx 520000$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Dans:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$u = 4 \frac{1}{r^2}$$

$$h_1 = 10 \text{ cm}$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

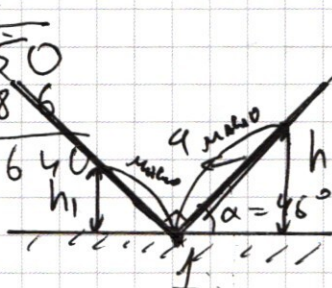
Median:

NH_2 ?

2-12

$$\begin{array}{r} -2130^0 \overline{) 1662} \quad \underline{25,6} \\ \underline{468} 0 \\ 4185 \\ \underline{3215} 0 \\ 4986 \\ \underline{2640} \end{array}$$

8 - метростр. машин.
 5 - цветные пишущие машинки.
 " " " "



$$\frac{P \mu P V (f-1)}{RT \gamma S} = \frac{R^2 T^2 \gamma S \cdot D}{P^2 V \mu}$$

~~Reference to T. 1 no over R.~~

$$P_1 =$$

Yeni. paku. ko odu Y:

$$\left(f \frac{h_1}{\sin \alpha}\right) (a \sin \alpha + y \cos \alpha) + \left(f \cdot \frac{h_2}{\sin \alpha}\right) (y \sin \alpha + a \cos \alpha) = N \quad (1)$$

N-символ (размер олова на 4 ступ.).

Упр. правн. по делу X:

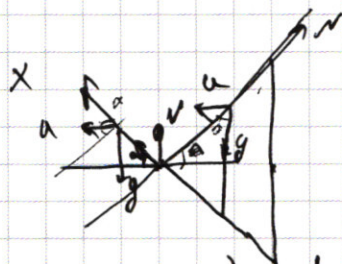
$$\left(\int \frac{h_2}{\sin \alpha} S \right) \begin{pmatrix} y \cos \alpha \\ -a \cdot \sin \alpha \end{pmatrix} + \left(\int \frac{h_1}{\sin \alpha} S \right) \begin{pmatrix} y \sin \alpha \\ a \cos \alpha \end{pmatrix} = N(z)$$

$$(1) = (2) \mid :$$

$$\left(\int \frac{h_1}{\sin \alpha} s \right) (u \sin \alpha + g \cos \alpha) + \int \frac{h_2}{\sin \alpha} s (y \sin \alpha + a \cos \alpha) =$$

$$= \frac{h_2}{\sin \alpha} \sin (g \cos \alpha - a \sin \alpha) + \frac{h_1}{\sin \alpha} \sin (g \sin \alpha - a \cos \alpha)$$

~~Дано:~~



Δy

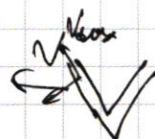
$$h_1(\cos \alpha \cdot a - y \sin \alpha) + h_2(a \sin \alpha - y \cos \alpha) + N = 0$$

$$N = h_1(y \sin \alpha - a \cos \alpha) + h_2(y \cos \alpha - a \sin \alpha)$$

$$\sqrt{y^2 + a^2} = \sqrt{100 + 8} = \sqrt{108} \approx 10.4$$

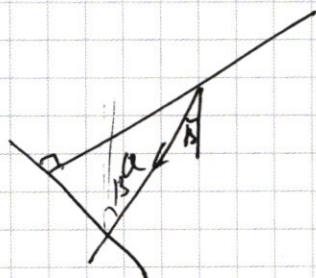
by 3.94

$$h_1(y + a) + h_2(y + a) = h_1(y - a) + h_2(y - a)$$



$$\frac{a+y}{a-y} = \frac{14}{6} = 10.4$$

$$\begin{array}{r} 14 \overline{) 6} \\ 12 \\ \hline 20 \end{array}$$



$$N = h_1(a \sin \alpha + y \cos \alpha) + h_2(a \cos \alpha + y \sin \alpha)$$

$$h_1(y - a) + h_2(y - a) = h_1(a + y) + h_2(a + y)$$

$$(h_1 + h_2)(y - a) = (h_1 + h_2)(y + a)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper:

Top left: $u_1 = \frac{9.5}{1} = 9.5$, $v_1 = \frac{9.5}{1} = 9.5$

Top right: $u_{\text{top}} = \frac{\delta}{\left(\frac{9.5}{1} + u\right)}$

Center: Diagram of a block on an inclined plane with height h_1 , angle α , and forces g and $g \sin \alpha$.

Right: Vertical stack of three rectangles with heights h_1 , h_2 , and h_3 .

Bottom left: Diagram of a rectangular block with height h_1 and width a .

Bottom right: Diagram of a rectangular block with height h_1 and width a , with a shaded area.

Equations:

$$\frac{g h_1}{\sin \alpha} = \frac{g h_2}{\sin \alpha} (u \cos \alpha + g \sin \alpha) =$$

$$= \frac{g h_1}{\sin \alpha} (-a \cos \alpha + g \sin \alpha)$$

$$h_2 = \frac{h_1 (y \sin \alpha - a \cos \alpha)}{(a \cos \alpha + g \sin \alpha)} =$$

$$= 10 \cdot \frac{10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{6}{14} \cdot 10 =$$

$$= \frac{60}{14}$$

x 18000

63,9
63 900 000

$10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

10-4-4-10
10-10+8

x 3,55
18
2840
355
63,9

$$h_1 (y \sin \alpha - u \cos \alpha) = h_2 (y \sin \alpha + u \cos \alpha)$$

300 · 1000 · 8,31

63,9 3
6 213

$$h_1 u + h_1 y + h_2 y + h_2 u =$$

$$= h_2 y - h_2 u + h_1 y - h_1 u$$

$$\frac{h_2 - h_1}{h_1} = 0,4$$

1406
12 23,7

h₂ = 142
213 831

$$2h_2 u = -2h_1 u$$

20
18
20

x 373°C

$$u + y + y + u =$$

$$= y - u + y - u$$

273
300

$$h_1 u + h_1 y + h_2 y + h_2 u =$$

$$= h_2 y - h_2 u + h_1 y - h_1 u$$

$$\frac{h_1 S}{\sin \alpha} a \sin \alpha + \frac{h_1 S}{\sin \alpha} g \cos \alpha$$

g sin α

$$\frac{M D}{V_0} = \frac{M D P_0}{R T R}$$

$$h_1 u \sin \alpha + g \cos \alpha h_1 + h_2 y \sin \alpha + h_2 a \cos \alpha =$$

$$h_2 g \cos \alpha - h_2 a \sin \alpha + h_1 g \sin \alpha - h_1 a \cos \alpha$$

$$h_2 (y \sin \alpha + g \cos \alpha + u \sin \alpha + a \cos \alpha) = h_1 (g \sin \alpha - u \cos \alpha - a \sin \alpha + g a)$$

ЗАДАЧА №10-02
Можно пренебречь массой
воздуха в камере опрессора



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations on grid paper:

Top left: $15 \overline{) 123,75}$
 $3, \quad 30$
 $\quad \quad 21$
 $\quad \quad 20$

Top middle: $3,62$
 $\times 3,62$
 $\hline 724$
 2172
 $\hline 1086$
 $13,1094$
 $\approx 3,61$

Top right: $3,61$
 $\times 2$
 $\hline 7,22$

Middle left: $3,75$
 $\times 6,78$
 $\hline 30,00$
 $+ 2625$
 $\hline 2250$
 $25,4250$
 $\times 3,6$
 $\times 3,6$
 $\hline 216$
 $+ 108$
 $\hline 12,96$

Middle: $2\sqrt{3} \cos \alpha = 2\sqrt{3} \cos \beta$
 $\frac{\cos \alpha}{2} = \cos \beta$
 $\frac{\sqrt{3}}{2 \cdot 2} = \cos \beta$
 $\sin \beta = \sqrt{\frac{3}{16}} = \sqrt{\frac{13}{16}} = \frac{\sqrt{13}}{4}$

Middle right: $3,5$
 $\times 3,5$
 $\hline 145$
 $+ 105$
 $\hline 12,25$
 $6,78$
 $\times 3,7$
 $\times 3,7$
 $\hline 259$
 $+ 111$
 $\hline 13$

Bottom left: $3,64$
 $\times 3,64$
 $\hline 1456$
 $+ 2184$
 $\hline 1092$
 132456

Bottom middle: $\sqrt{13} - 1 = 13 + 14 - 2\sqrt{13}$
 $+ 4 \frac{3}{8} 16^2 (7 - \sqrt{13}) =$
 489
 $= \frac{3}{4} \frac{100}{14} (7 - \sqrt{13}) = \frac{15(7 - \sqrt{13})}{2} \approx \frac{15}{2}$
 $\boxed{3,61}$
 $3,61$
 $\times 5$
 $\hline 18,05$

Bottom right: $2,6112$
 $\times 1,305$
 $\hline 06$
 $- 6$
 $\hline 1$

