

Часть 1

Олимпиада: **Физика, 10 класс (1 часть)**

Шифр: **21204355**

ID профиля: **137482**

Вариант 2

$$T = 81^{\circ}\text{C} = 354\text{K} = \text{const}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{7} = 1,7\text{л} = 0,0017$$

$$P_2 = 0,5 \cdot 10^5 \text{Па}$$

~~$$P_2 = 3,6 P_1 = 0,5 \cdot 10^5 \text{Па}$$~~

$$\mu = 0,018 \text{м/моль}$$

$$R = 8,31 \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$1) P_1 - ?$$

$$2) \mu_1 - ?$$

Решение:

$$P_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT$$

$$P_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{7}{1}$$

$$m_1 = \frac{70}{36} m_2 = \frac{35}{18} m_2$$

$$P = n k T = \frac{N}{V} k T =$$

$$= \frac{N}{V} \cdot \frac{R}{N_A} T =$$

$$= \frac{\rho}{\mu} RT$$

$$\rho RT = P \mu$$

$$\rho = RT \cdot \frac{P}{\mu}$$

~~$$\rho_1 = \frac{P_2}{3,6} = 8$$~~

$$0,5 \cdot 100000 = 50000$$

$$= 13889 \text{ Па}$$

Черновик

$$V_1 = 7 V_2$$

$$7 V_2 \cdot \frac{P_2}{3,6} = \frac{m_1 RT}{\mu}$$

$$m_1 = \frac{7 P_2 V_2 \mu}{3,6 RT} \approx$$

$$\approx 1 \text{ грамм}$$

$$h_1 = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h_2 = h - \frac{gt^2}{2}$$

$$h_1 = h_2 \quad 3,2 = \frac{4t}{5}$$

$$h = v_0 t \quad \frac{4}{5}$$

$$mgt = \frac{m v_0^2}{2}$$

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

$$\frac{v_0^2}{2} = v_0 t$$

$$t = \frac{v_0}{2g}$$

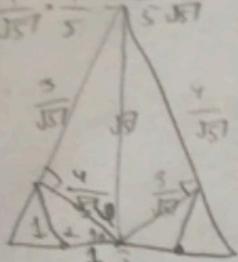
Чертковна

$$\frac{2}{\sqrt{5}} \cdot \frac{4}{5} = \frac{8}{5\sqrt{5}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \frac{4}{5} = \frac{4}{5\sqrt{5}}$$

$$\frac{30}{5\sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\frac{2}{\sqrt{5}} \cdot \sqrt{5} \cdot 5 = 2 \cdot 5 = 10$$



$$\sin \varphi = \frac{3}{5}$$

$$\cos \varphi = \frac{4}{5}$$

$$\frac{4}{5\sqrt{5} \sin \alpha} = \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$m \omega^2 = N_3 \cos(90 - \alpha) = N_3 \sin \alpha$$

$$m \omega^2 = 1,5 R$$

$$F_A + N_2 = mg + N_3 \sin(90 - \alpha)$$

$$N_3 \cos \alpha = F_A + N_2 - mg$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m \omega^2 \cdot 1,5 R}{F_A + N_2 - mg}$$

$$= 1,5$$

$$m \omega^2 R = F_A + N_2 - mg$$

$$N_2 = m \omega^2 R + mg - F_A = 6 p v \omega^2 R + 6 p v g - p v g$$

$$r = \frac{v_0}{g} \quad 4,5 \cdot 0,4 =$$

$$r = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{v_0}{2g} = \frac{3 v_0}{2g} = 3 \cdot 0,2 = \frac{3}{5}$$

$$\frac{3 v_0}{2g} \cdot 2 = \sqrt{3}$$

$$\frac{3 v_0}{2g} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{m}{2} \cdot 2 = \sqrt{3}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2 = \sqrt{3} \cdot 3,5$$

$$1,5 \sqrt{3}$$

$$\frac{(4,5 \sqrt{3}) (9)}{4}$$

$$h_1 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 4,5 \sqrt{3}$$

$$= v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} = 4 + 4,9 - 1,4 =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = 6,7$$

$$= \frac{3 v_0^2}{8g}$$

$$= \frac{\sqrt{67} \cdot \sqrt{67} \cdot 1,5}{4} = \frac{67 \cdot 1,5}{4}$$

$$\theta x: 0 = N_3 \cdot \cos(90 - \alpha)$$

$$0 = N_3 \cdot \sin \alpha$$

sin alpha to (umare ygd=0)

$$N_3 = 0 \quad 6,7$$

$$F_A + N_1 = mg \quad 4 \cdot 9,5^2$$

$$N_1 = mg - F_A = - \frac{67}{81}$$

$$= 6 p \cdot v g - p v g =$$

$$= 5 p v g =$$

$$= 5 p g \cdot \frac{4}{3} R^3 =$$

$$= \frac{20}{3} p g R^3$$

$$= p v g \left(\frac{6 \omega^2 R}{g} + 5 \right) =$$

$$= \frac{4}{3} R^3 p g \left(\frac{6 \omega^2 R}{g} + 5 \right)$$

№1.

Дано: v_0 ; Найти: 1) t_1 - ?

2) $\frac{t_1}{t_2}$ - ?

3) h_0 - ?

Решение:

Пусть τ - время полёта 1 мяча до максимальной высоты, t_2 - время полёта 2 мяча до столкновения (и время полёта 1 мяча от максимальной высоты до столкновения). Пусть h - максимальная высота подъёма 1 мяча. Тогда по закону сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh \quad (m - \text{масса 1 мяча}),$$

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

При этом, $0 = v_0 - g\tau$. Тогда $\tau = \frac{v_0}{g}$.

Кроме того, $h_0 = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$ (для 2 мяча)

$$h_0 = h - \frac{g t_2^2}{2} \quad (\text{для 1 мяча}).$$

(h_0 - высота, на которой произошло столкновение).

$$\text{Тогда } v_0 t_2 = h$$

$$t_2 = \frac{h}{v_0} = \frac{v_0}{2g}$$

$$t_1 = \tau + t_2 = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_0}{g}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{3}{2} \cdot \frac{v_0}{g}}{\frac{1}{2} \cdot \frac{v_0}{g}} = \underline{3}.$$

$$h_0 = v_0 t_2 - \frac{g}{2} \cdot t_2^2 = v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{4g^2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \underline{\underline{\frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2}{g}}}.$$

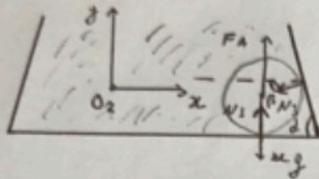
1) $\frac{3}{2} \cdot \frac{v_0}{g}$; 2) 3; 3) $\frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2}{g}$.

№ 2.

Дано: ω ; ρ ; 6ρ ; R ; $1,5R$; $\text{tg } \alpha = \frac{3}{2}$

Найти: 1) N_1 - ?
2) N_2 - ?

1)



Пусть α - угол между
Пусть β - угол между
горизонтальной и силой
реакции опоры N_3 на шар
со стороны боковой стенки.
Тогда $\beta = 90 - \alpha$.

Пусть m - масса шара, F_A - сила Архимеда,
действующая на шар. По III закону Ньютона
сила реакции опоры со стороны дна на шар
равна N_1 - силе давления шара на дно.

Пусть O_2x - горизонтальная ось, O_2y - вертикальная.
Тогда по I закону Ньютона для O_2y :

$$0 = F_A + N_1 - mg - N_3 \cdot \sin \beta.$$

сосуд не вращается и находится в состоянии
покоя. Тогда по I з. Ньютона для O_2x :

$$0 = -N_3 \cdot \cos \beta = -N_3 \cdot \sin \alpha$$

$\text{tg } \alpha \neq 0$. Поэтому $\sin \alpha \neq 0$. Тогда $N_3 = 0$.

4

$$0 = F_A + N_1 - mg$$

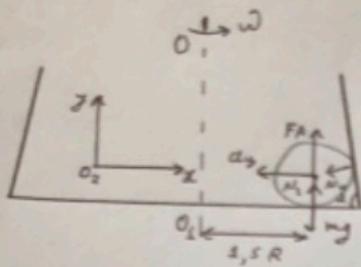
$$N_1 = mg - F_A = mg - \rho V g =$$

$$= 6\rho V g - \rho V g = 5\rho V g = 5\rho g \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 =$$

$$= \frac{20}{3} \rho g \pi R^3.$$

②

2)



По III закону Ньютона сила реакции опоры со стороны пола на шар равна N_2 - силе давления шара на пол.

Путь N_4 - сила реакции опоры со стороны боковой стенки на шар.

По I закону Ньютона для $O_2 y$:

$$0 = FA + N_2 - mg - N_4 \sin \beta =$$

$$= FA + N_2 - mg - N_4 \cos \alpha$$

$$N_4 \cos \alpha = FA + N_2 - mg.$$

Теперь сосуд вращается вокруг оси $O_1 O_2$ с угловой скоростью ω , расстояние от $O_1 O_2$ до центра шара равно $1,5R$. Тогда на шар действует центростремительное ускорение

$$a_y = \omega^2 \cdot 1,5R.$$

Тогда по II з. Ньютона для $O_2 x$:

$$-ma_y = -N_3 \cos \beta = -N_3 \sin \alpha$$

$$\frac{N_3 \sin \alpha}{N_3 \cos \beta}$$

$$-ma_y = -N_4 \cos \beta = -N_4 \sin \alpha$$

$$N_4 \sin \alpha = ma_y$$

$$\frac{N_4 \sin \alpha}{N_4 \cos \beta} = \frac{ma_y}{FA + N_2 - mg}$$

$$1,5 = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot 1,5R}{FA + N_2 - mg}$$

3)

$$m \omega^2 R = F_A + N_2 - mg$$

$$N_2 = m \omega^2 R + mg - F_A = 6 \rho V \omega^2 R + 6 \rho V g - \rho V g =$$

$$= \rho V g \left(\frac{6 \omega^2 R}{g} + 5 \right) =$$

$$= \frac{4}{3} \pi R^3 \rho g \left(\frac{6 \omega^2 R}{g} + 5 \right).$$

Ornben: 1) $\frac{20}{3} \rho g \pi R^3.$

2) $\frac{4}{3} \pi R^3 \rho g \left(\frac{6 \omega^2 R}{g} + 5 \right).$

4

№3.

Дано: $T = 81^\circ\text{C} = 354\text{K}$; $V_1 = \frac{V_2}{7} = 0,0012\text{м}^3$; $p_2 = 3,6 p_1$; $p = 0,5 \cdot 10^5 \text{Па}$;

$\mu = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$; Вопросы: 1) $p_1 = ?$
2) $m_1 = ?$.

Пусть m_2 — масса пара после сжатия. Сжатие — изотермическое, поэтому $T = \text{const}$. Пар — идеальный газ. Тогда для него применимо уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} R T$$

$$p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} R T.$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

~~$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3,6} \cdot \frac{7}{3,6} > 1.$$~~

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{7}{3,6} > 1.$$

$$m_1 > m_2.$$

Отсюда следует, что масса пара в процессе сжатия уменьшилась. Это связано с тем, что в процессе сжатия часть пара преобразовалась в жидкость. Это происходит до тех пор, пока жидкость и пар не будут в динамическом равновесии, т.е. когда пар станет насыщенным. Давление насыщенного пара не зависит от объема, но зависит от температуры. $T = \text{const}$, поэтому и давление будет постоянным. Тогда отсюда следует, что $p_2 = p$.

$$p_1 = \frac{p_2}{3,6} = \frac{p}{3,6} = 13889 \text{Па}.$$

$$\text{Jumlah } n_1 = \frac{p_1 V_1 \mu}{RT} = \frac{7 p_2 V_2 \mu}{3,6 RT} = \frac{7 p V_2 \mu}{3,6 RT} \approx 12.$$

soal: 1) $p_1 = 13889 \text{ Pa}$

2) $n_1 = 12.$

6

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 10 класс (2 часть)**

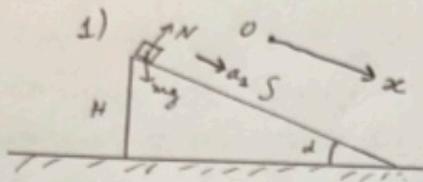
Шифр: **21204355**

ID профиля: **137482**

Вариант 2

№4.

Дано: $\cos \alpha = \frac{3}{5}$; H ; m ; $2m$; $\mu = 0$.
 Найти: 1) t_1 - ?
 2) a - ?
 3) t_2 - ?



$\cos \alpha = \frac{3}{5}$. Тогда по основному прямоугольному тригонометрическому тождеству $\sin \alpha = \frac{4}{5}$. Тогда длина поверхности клина ~~равна~~ равна $S = \frac{H}{\sin \alpha}$. Будем ось Ox направлена вдоль этой поверхности. Будет N - сила реакции опоры со стороны клина на брусок. Поверхность клина гладкая, поэтому на брусок действуют сила тяжести mg и N . По II закону Ньютона найдем ускорение бруска a_1 . ось Ox : $m a_1 = mg \cdot \sin \alpha + \mu \cdot 0$

$$a_1 = g \sin \alpha.$$

Тогда $\frac{a_1 t_1^2}{2} = S$ (так как клин

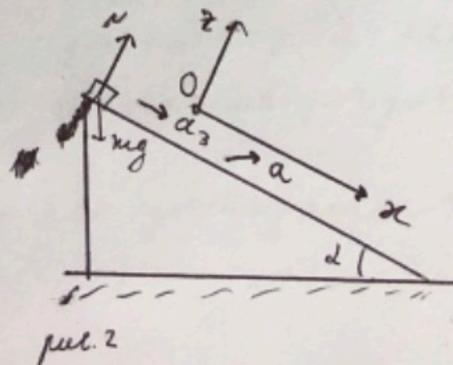
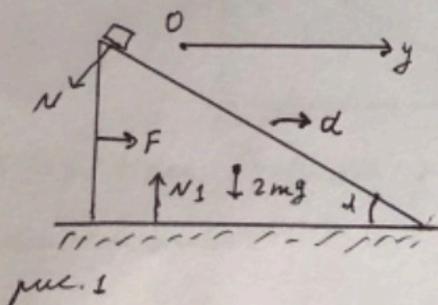
удерживается). (t_1 - время, за которое брусок съедет с клина),

$$\text{Тогда } t_1^2 = \frac{2S}{a_1} = \frac{2H}{g \sin^2 \alpha}$$

①

$$t_1 = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2H}{g}} = 1,25 \sqrt{\frac{2H}{g}}.$$

2)



(На рисунке 1 показаны силы, действующие на клин, на рисунке 2 - на брусок). Пусть a - ускорение клина. Пусть ось Ox направлена горизонтально. По II закону Ньютона сила давления бруска на клин равна N - силе реакции опоры со стороны клина на брусок. Поверхности стали и клина гладкие, поэтому на клин также действуют сила F , сила тяжести $2mg$, сила реакции опоры со стороны стола N_1 . Тогда по II закону Ньютона на ось Ox :

$$2ma = F - N \cdot \cos \alpha$$

$$2ma = F - N \cdot \sin \alpha$$
~~$$a = \frac{mg}{2m} - \frac{N}{mg}$$~~

$$a = \frac{g}{2} - \frac{N \cdot \sin \alpha}{2m}$$

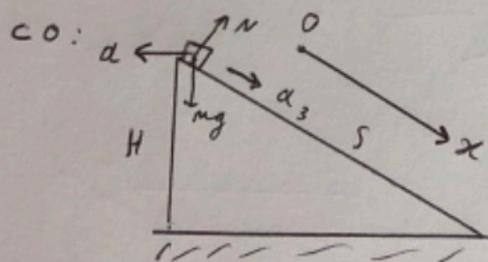
Пусть ось Oz направлена перпендикулярно поверхности клина. Тогда по I закону Ньютона для бруска на ось Oz : $N = mg \cos \alpha$.

$$\text{Тогда } a = \frac{g}{2} - \frac{g \sin \alpha \cos \alpha}{2} =$$

$$= \frac{g}{2} \cdot \left(1 - \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5}\right) = \frac{g}{2} \cdot \frac{13}{25} = \frac{13}{50} g.$$

②

3) Перейдем в систему отсчета, связанную с клином.



Теперь на брусок действует влево ускорение a клина, а также результирующее ускорение бруска равно его ускорению относительно клина - a_3 .

Тогда по II закону движения для бруска
на ось Ox: $ma_3 = mg \sin \alpha - ma \cos \alpha$

$$a_3 = g \sin \alpha - a \cos \alpha = g \cdot \frac{4}{5} - g \cdot \frac{13}{50} \cdot \frac{3}{5} =$$

$$= g \frac{200 - 39}{250} = g \frac{161}{250}$$

Тогда найдём время движения t_3 бруска до
того, как он достигнет стола:

$$\frac{a_3 t_3^2}{2} = 5$$

$$t_3^2 = \frac{2S}{a_3} = \frac{2H}{\sin \alpha \cdot g \frac{161}{250}} =$$

$$= \frac{H}{g} \cdot \frac{2}{\frac{161}{250} \cdot \frac{4}{5}} =$$

$$= \frac{H}{g} \cdot \frac{2500}{4 \cdot 161}$$

$$t_3 = 25 \sqrt{\frac{H}{161g}}$$

ответ: 1) $t_1 = 1,25 \sqrt{\frac{2H}{g}}$

2) $a = \frac{13}{50} g$.

3) $t_3 = 25 \sqrt{\frac{H}{161g}}$.

15.

Дано: $i=3$; $p_2 = 9 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $V_2 = 1,02 V_1$

Найти: 1) T_2 - ?

2) $\frac{Q}{\Delta u}$ - ?

1) Газ-идеальный. Тогда применим уравнение Менделеева-Клапейрона: $p_1 V_1 = \nu R T_1$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

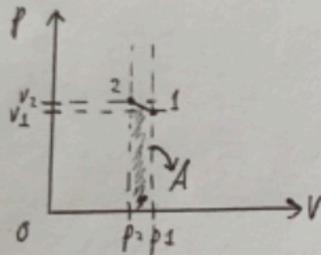
где T_1, T_2 - температуры газа в начале и конце процесса соответственно; ν - кол-во вещества у газа.

$$\text{Тогда } \frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2}$$

$$T_2 = T_1 \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = 1,0098 T_1.$$

То есть температура газа увеличилась на 0,98%.

2) График зависимости $p(V)$:



4

Пусть Q - тепло, полученное газом, Δu - изменение его внутренней энергии, A - работа газа.

Зависимость $p(V)$ неизвестна. Однако известно, что относительные изменения давления и объема газа одинаковы 1. Поэтому мы можем считать, что зависимость $p(V)$ - линейная в данном процессе. Тогда $A = \frac{(V_2 + V_1)(p_1 - p_2)}{2} = 0,0101 p_1 V_1$.

с правой стороны, $\Delta u = \frac{1}{2} \partial R \Delta T =$

$$= \frac{3}{2} \partial R \Delta T = \frac{3}{2} (\partial R T_2 - \partial R T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 0,0147 p_1 V_1.$$

Тогда по I закону термодинамики

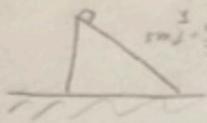
$$Q = \Delta u + A$$

$$\frac{Q}{\Delta u} = 1 + \frac{A}{\Delta u} = 1,687.$$

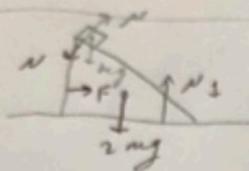
ответ: 1) увеличился на 0,687%.

2) $\frac{Q}{\Delta u} \approx 1,687.$

5

$\cos d = \frac{3}{5}$
 $\sin d = \frac{4}{5}$

 $\frac{g \sin d l^2}{2} = \frac{H}{g \sin d}$

$$t = \frac{1}{\sin d} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} = 1,25 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$



$$N = mg \cos d$$

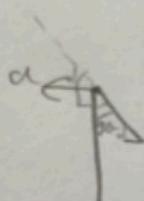
$$a = \frac{F - N \sin d}{2m}$$

$$= \frac{F - mg \sin d \cos d}{2m}$$

$$= \frac{mg(1 - \sin d \cos d)}{2m}$$

$$= \frac{13}{25} \frac{mg}{2m} = g \frac{13}{50} = 0,26g$$

$$= 0,26g$$



$$md_1 = mg \sin d - ma \cos d$$

$$d_1 = g \sin d - a \cos d$$

$$= g \left(\frac{4}{5} - \frac{13}{50} \cdot \frac{3}{5} \right) = g \left(\frac{4}{5} - \frac{39}{250} \right) = g \left(\frac{200 - 39}{250} \right) = g \frac{161}{250}$$

$$= g \frac{161}{250} = \frac{4}{5}g - \frac{13}{50}g = \frac{27}{50}g$$

$$= \frac{27}{50}g$$

$$\frac{a_1 t^2}{2} = \frac{H}{\sin d}$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{a \sin d}} = \sqrt{\frac{2H}{\frac{27}{50}g \cdot \frac{4}{5}}} = \sqrt{\frac{2500H}{4g \cdot 161}}$$

$$= \sqrt{\frac{2500H}{4g \cdot 161}} = 25 \sqrt{\frac{H}{161g}}$$

$$= \sqrt{\frac{10005H}{3g \cdot 36}} = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{5H}{3g}}$$

$$i = 3$$

$$p_2 = 0,99 p_1$$

$$V_2 = 1,02 V_1$$

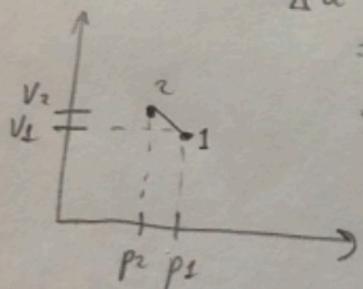
$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{0,99 \cdot 1,02}$$

$$T_2 = 1,0098 T_1$$

ybedurudob ka 0,98%

$$\Delta U = \int p dV = \int p_2 V_2 - \int p_1 V_1 = p_2 V_2 - p_1 V_1 = 0,0098 p_1 V_1$$



$$Q = \Delta u + A$$

$$\frac{Q}{\Delta u} = 1 + \frac{A}{\Delta u} \approx$$

$$A = p_2 V_2 - p_1 V_1 \approx 0 \approx 2,03$$

$$Q = \Delta u + A$$

$$A = \frac{(V_2 + V_1)(p_1 - p_2)}{2} =$$

$$= 0,0101 p_1 V_1$$