

Lekcja 4

Temat: Prawa i zależności w układach pneumatycznych.

1. Prawo Boyle'a – Mariotte'a. Przemiana izotermiczna.

Iloczyn ciśnienia i objętości gazu jest wielkością stałą w stałej temperaturze:

Równanie (1)

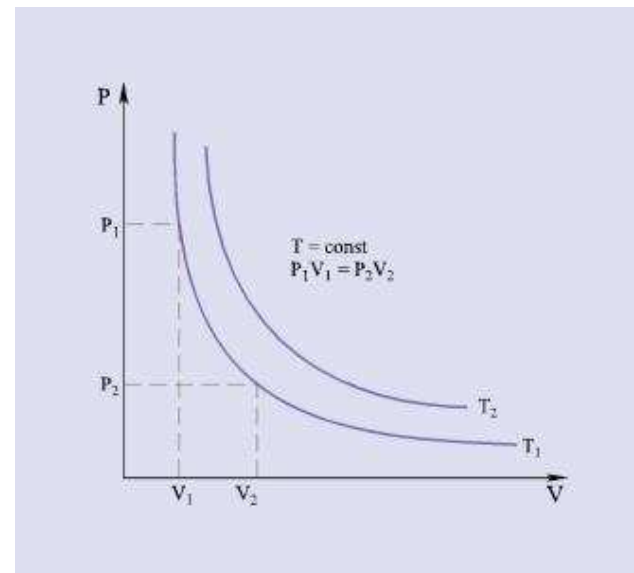
$$p \cdot V = \text{const}, \text{ jeżeli } T = \text{const}$$

W stałej temperaturze objętość gazu jest odwrotnie proporcjonalna do ciśnienia.

Równanie (2)

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2, \text{ czyli } p_1/p_2 = V_2/V_1$$

Rys. przedstawia zależność wyrażoną równaniem (1) – izoterme. (zależność funkcyjna pomiędzy dwiema wielkościami w stałej temperaturze.)



W naczyniu z tłokiem, w stałej temperaturze i pod ciśnieniem 800 hPa znajduje się 300 cm³ gazu. Jak zmieni się objętość tego gazu jeśli ciśnienie zwiększymy do 1000 hPa ?

Rozwiązanie : Korzystamy z prawa Boyle'a i Mariotte'a , które mówi :

$$p_1/p_2=V_2/V_1, \text{ po przekształceniu: } V_2=p_1/p_2*V_1$$

Dane :

$$p_1= 800\text{hPa}$$

$$p_2=1000\text{hPa}$$

$$v_1=300 \text{ cm}^3$$

$$v_2= ?$$

Po podstawieniu mamy:

$$V_2= 800 \text{ hPa}/1000 \text{ hPa} *300 \text{ cm}^3 =240 \text{ cm}^3$$

- Odpowiedź: Objętość gazu będzie wynosiła 240cm³.

- **2. Prawo Gay-Lussaca. Przemiana izobaryczna**

Przy stałym ciśnieniu objętość danej masy gazu jest wprost proporcjonalna do temperatury:

$$V_t = V_0(1 + \alpha \cdot t) \text{ dla } p = \text{const}$$

Równanie (3)

V_0 jest objętością danej masy gazu w temperaturze $t = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Współczynnik rozszerzalności α jest jednakowy dla wszystkich gazów i wynosi $1/273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$ stąd:

Równanie (4)
$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{t}{273,15} \right) = \left(\frac{V_0}{273,15} \right) \cdot (273,15 + t)$$

- Z równania tego wynika, że objętość gazu powinna być równa zero gdy temperatura obniży się do $-273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$. Temperaturę tę przyjął Kelvin za bezwzględne zero.

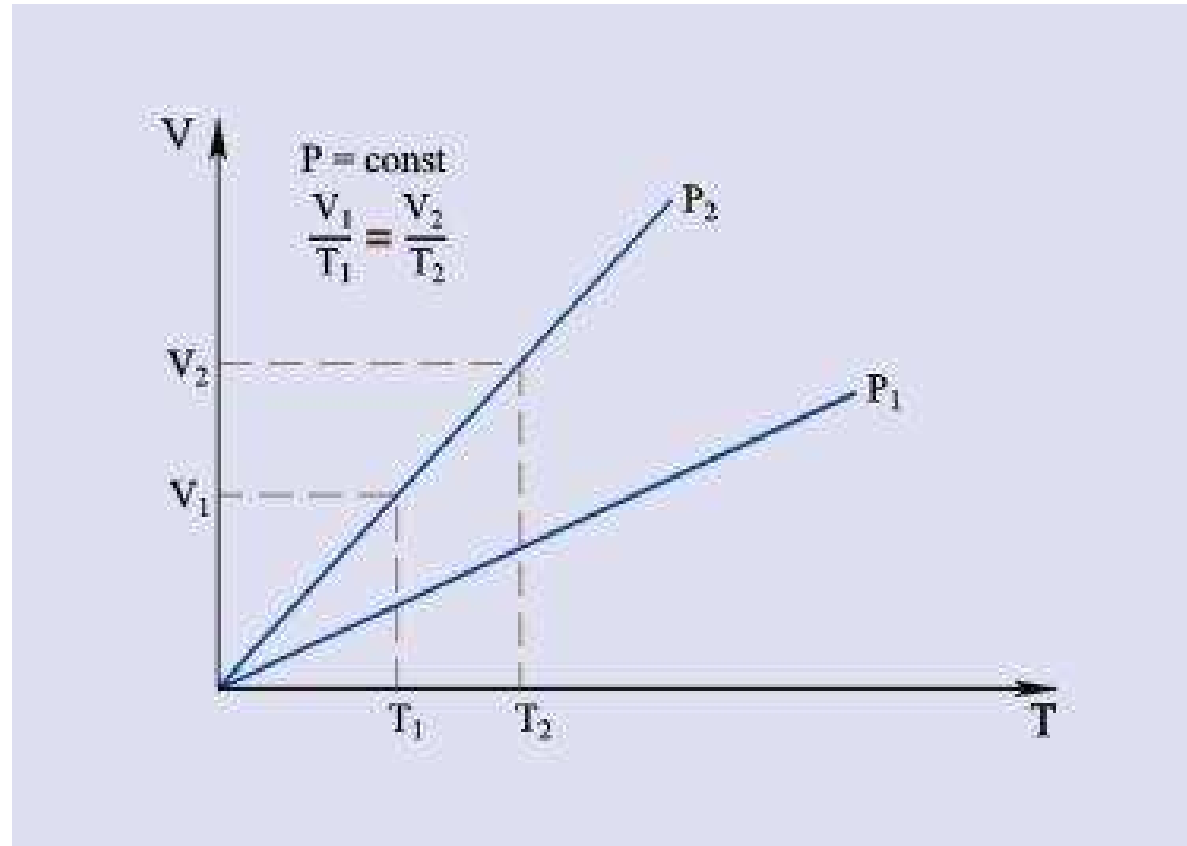
Temperaturę bezwzględną w stopniach Kelwina (K) oznacza się przez T, przy czym:

$$T(\text{K}) = 273,15 + t(^\circ\text{C})$$

Wprowadzając temperaturę bezwzględną zamiast temperatury w skali Celsjusza otrzymujemy równanie izobary:

$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad \text{jeśli} \quad p = \text{const}$$

Graficzny obraz **izobary** przedstawia rys.
(zależność funkcyjna pomiędzy dwiema wielkościami przy zachowaniu stałego ciśnienia układu)



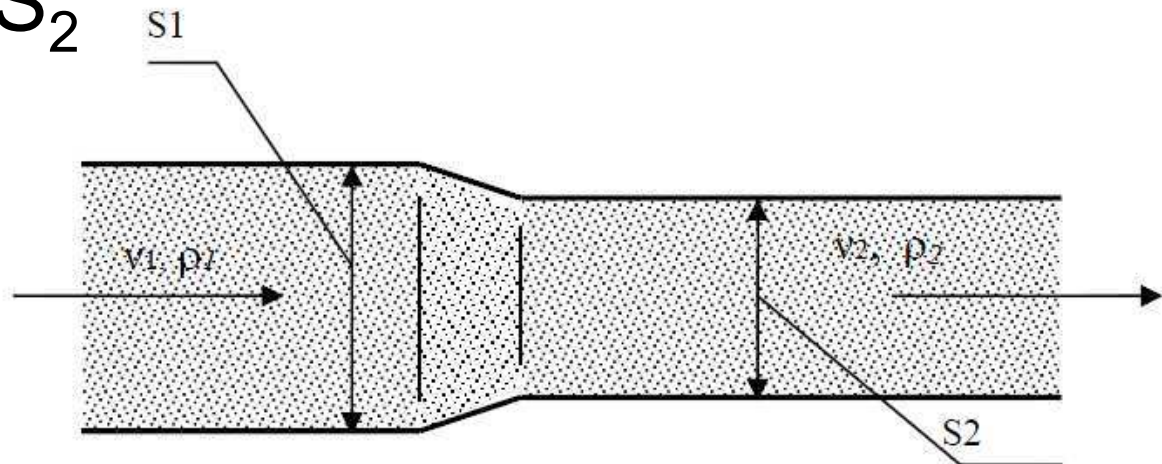
3. Prawo zachowania masy.

Prawo zachowania masy określa, że masa nie może powstawać ani zanikać.

Prawo zachowania masy odniesione do płynów nosi nazwę

Prawa ciągłości przepływu płynów

- Masa płynu, jaka przepłynie w czasie t przez powierzchnię S_1 równa jest masie płynu, jaka przepłynie w tym czasie przez powierzchnię S_2



Równanie opisujące prawo zachowania masy dla płynów:

$$S_1 \cdot v_1 \cdot \rho_1 \cdot t = S_2 \cdot v_2 \cdot \rho_2 \cdot t,$$

$$S_1 \cdot v_1 \cdot \rho_1 = S_2 \cdot v_2 \cdot \rho_2,$$

gdzie:

S_1, S_2 – przekroje poprzeczne,

ρ_1, ρ_2 – gęstości płynu odpowiednio w przekrojach S_1, S_2 ,

v_1, v_2 – prędkość płynu.

4. Prawo zachowania energii

Energia nie może powstawać ani zanikać, może jedynie następować przemiana z jednej postaci energii w drugą.

$$E_p + E_k + E_w = \text{const}$$

Z równania tego wynika równanie Bernoulliego:

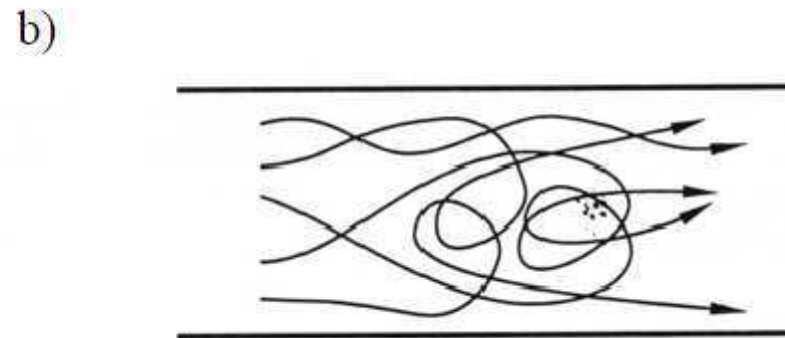
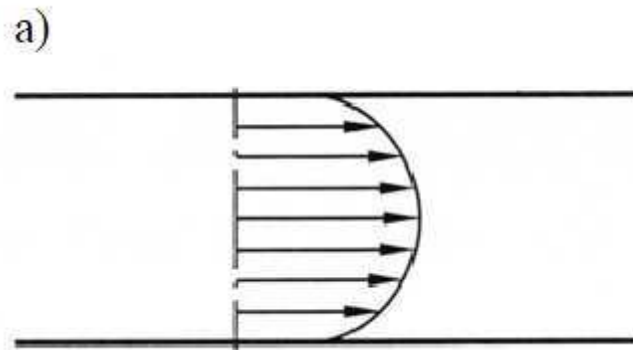
$$\frac{\rho V^2}{2} + \rho g h + p = \text{const}$$

Równanie to określa, że suma ciśnienia statycznego i dynamicznego w każdym miejscu przewodu jest stała i równa ciśnieniu całkowitemu, jakie panuje w strumieniu płynącej cieczy. Ciśnienie statyczne to ciśnienie wywierane na ścianki boczne naczyń przez płynącą ciecz, a ciśnienie dynamiczne związane jest z ruchem cieczy.

5. Rodzaje przepływów cieczy i liczba Reynoldsa

a) przepływ laminarny (uwarstwowiony)

b) przepływ turbulentny (burzliwy).



Liczba Reynoldsa (Re) – informuje o rodzaju przepływu. Dla przewodu rurowego określa ją następująca zależność:

$$Re = \frac{v_{\text{śrd}} \cdot d \cdot \rho}{\mu},$$

gdzie:

$v_{\text{śrd}}$ – średnia prędkość przepływu,

d – średnica rury,

μ – współczynnik lepkości dynamicznej,

ρ – gęstość płynu.

- Dla $Re < 2070$ występuje przepływ laminarny, dla $Re > 2800$ – przepływ turbulentny.

W obszarze $2070 < Re < 2800$ może wystąpić przepływ laminarny lub turbulentny.

W praktyce przyjmuje się wartość $Re_{kr} = 2300$, jako wartość rozgraniczającą rodzaje przepływów.