

# 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)

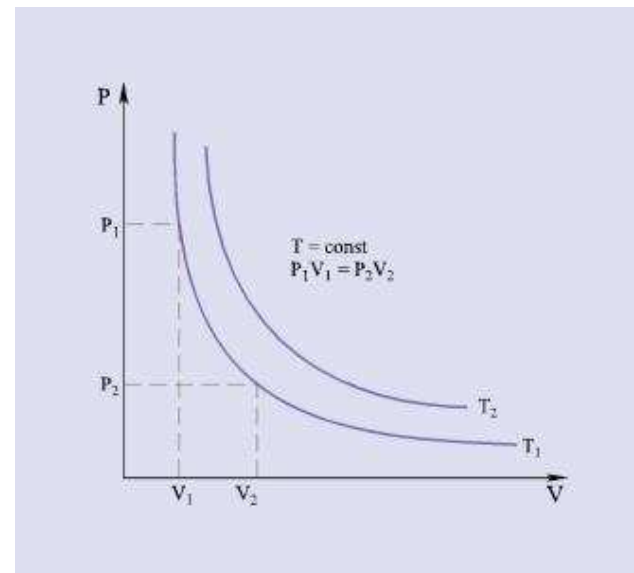
$$p \cdot V = \text{const}, \text{ jeżeli } T = \text{const}$$

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 cm<sup>3</sup> 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 240cm<sup>3</sup>.

- **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  $\alpha$  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:

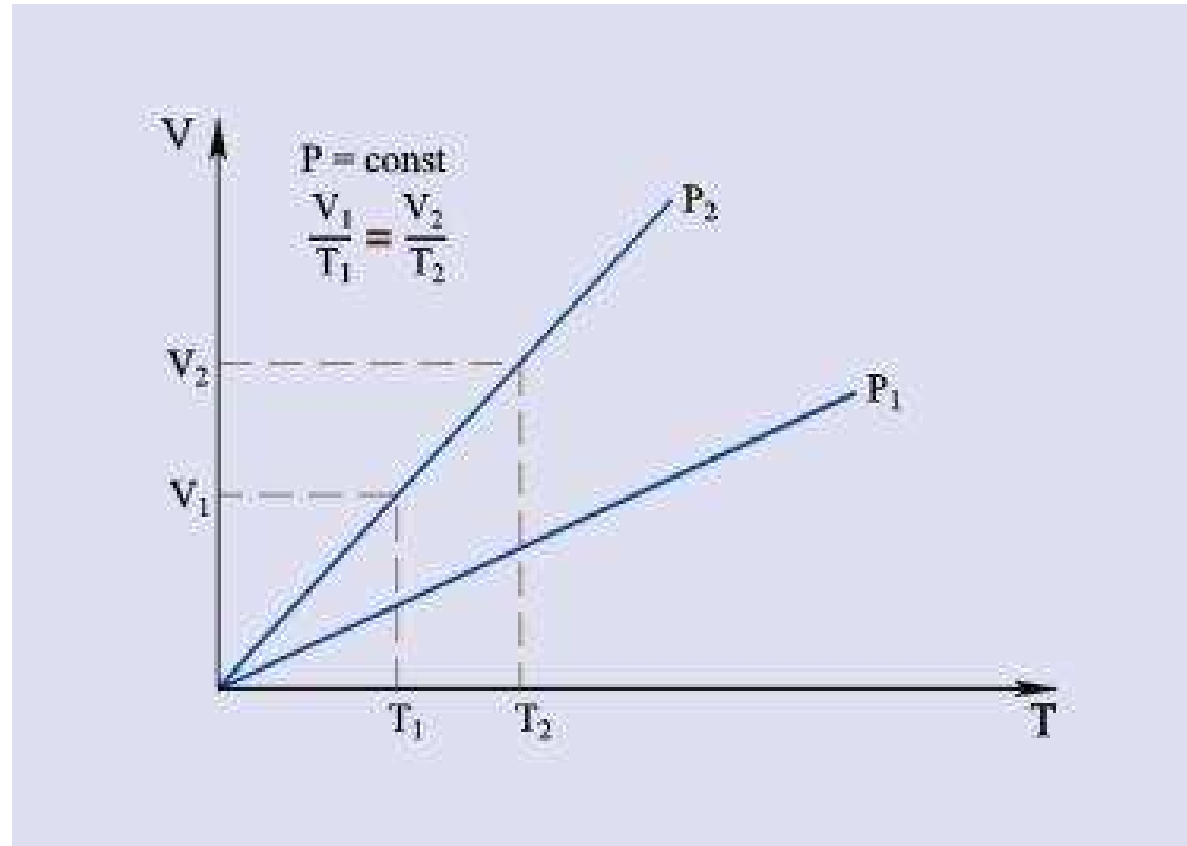
$$T(\text{K}) = 273,15 + t(^\circ\text{C})$$

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)



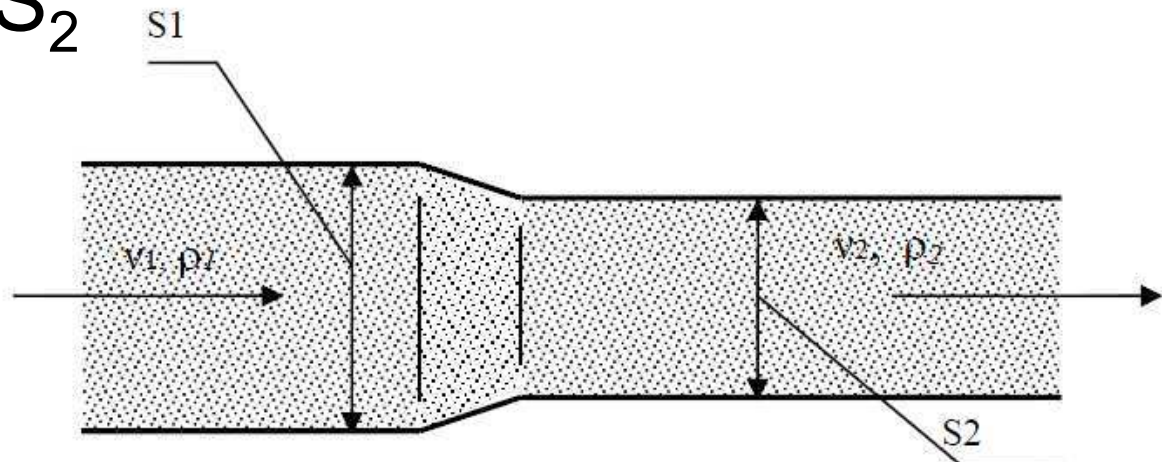
### 3. Prawo zachowania masy.

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,

$\rho_1, \rho_2$  – 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:

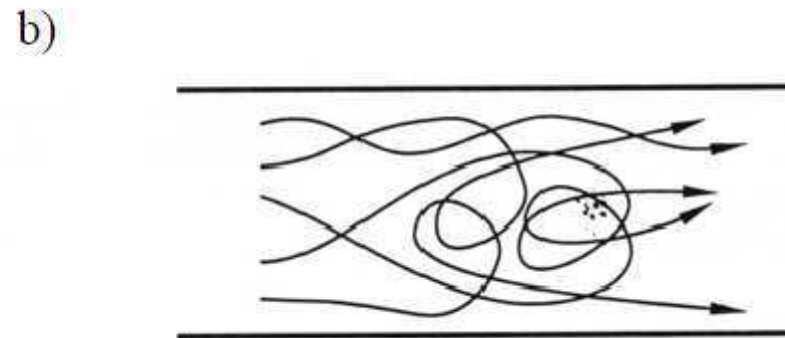
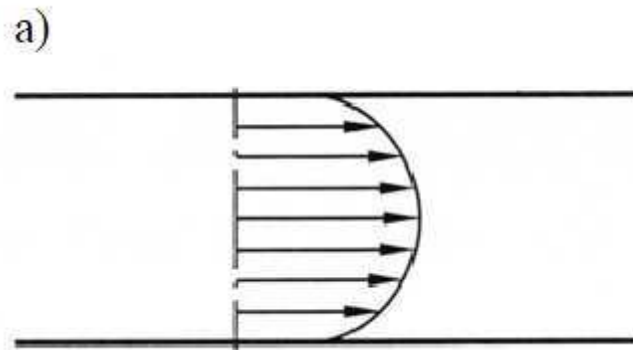
$$\frac{\rho V^2}{2} + \rho g h + p = \text{const}$$

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,

$\mu$  – współczynnik lepkości dynamicznej,

$\rho$  – 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.