

15

COMPORTAMENTO DEI GAS IGROMETRIA

Concetti fondamentali:

- Teoria cinetica dei gas, temperatura e pressione. Gas ideale e reale.
- Grandezze di stato dei gas. L'equazione di stato dei gas ideali.
- Lavoro di un gas. Trasformazione aperta e ciclica. Ciclo di Carnot, rendimento del ciclo.
- Trasformazioni dei gas. Rappresentazione grafica.
- L'equazione di Poisson.
- Igrometria – umidità assoluta e relativa. Punto di rugiada. Igrometro.

Formule elementari:

- Velocità quadratiche media

$$v_q = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m_o}}$$

- Pressione del gas

$$p = \frac{N \cdot m_o \cdot v_q^2}{3 \cdot V} = \frac{1}{3} \rho \cdot v_q^2$$

- Equazione di stato del gas ideale

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

- Legge di Poisson

$$p \cdot V^\kappa = \text{cost.}$$

- Costante di Poisson

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

- Lavoro eseguito dal gas

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p(V) \cdot dV$$

- Rendimento della trasformazione ciclica

$$\eta = \frac{W_T}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

- Rendimento del ciclo Carnot

$$\eta_{MAX} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

- Calore latente specifico

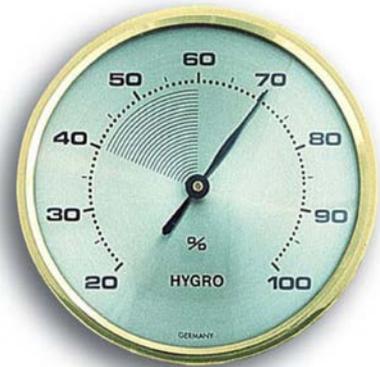
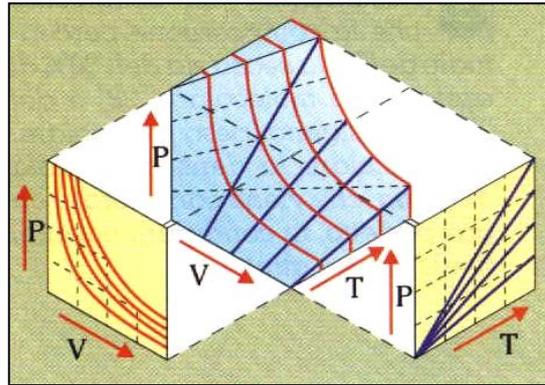
$$l = \frac{L}{m}$$

- Umidità assoluta

$$\Phi = \frac{m}{V}$$

- Umidità relativa

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_m} \cdot 100\%$$



1. Qual è la pressione di una certa quantità di ossigeno chiuso in un recipiente (*fig. 1*) a temperatura di $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, sapendo che la densità è uguale a $1,41\text{ kg/m}^3$?

[0,1 MPa]



Fig. 1

2. Gas ideale di massa $3,8 \cdot 10^{-2}\text{ kg}$ contenuto in un recipiente di volume 10 l ha una pressione di $0,49\text{ MPa}$. Determinare la velocità quadratica media delle molecole.

[620 m/s]

3. Gas ideale chiuso in un recipiente di volume $2,5\text{ l}$ ha una temperatura di $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Qual è la pressione del gas se il gas contiene 10^{24} molecole?

[1,4 MPa]

4. In un recipiente di volume interno $5 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ è chiuso dell'azoto alla temperatura di $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ e alla pressione di $1,6 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Si trovi la massa del gas.

[8,6 g]

5. Come cambia il volume del gas ideale se la sua temperatura termodinamica aumenta due volte e la sua pressione aumenta del 25 %?

[aumenta 1,6 volte]

6. L'aria ha una temperatura iniziale di $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se compressa ad un terzo del volume iniziale, aumenta la sua pressione quattro volte. Qual è la temperatura finale dell'aria dopo la compressione?

[104 $^{\circ}\text{C}$]

7. Un gas perfetto alla temperatura di $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ subisce dapprima una trasformazione isoterma e successivamente una isobara. Sapendo che alla fine del processo il volume si è triplicato mentre la pressione si è dimezzata, calcolare la temperatura finale del gas.

[450 K]

8. Un gas di quantità 10 mol viene sottoposto ad una trasformazione come in figura (*fig. 2*). Determinare la temperatura iniziale e il lavoro fatto dal gas.

[11 kJ; 601 K]

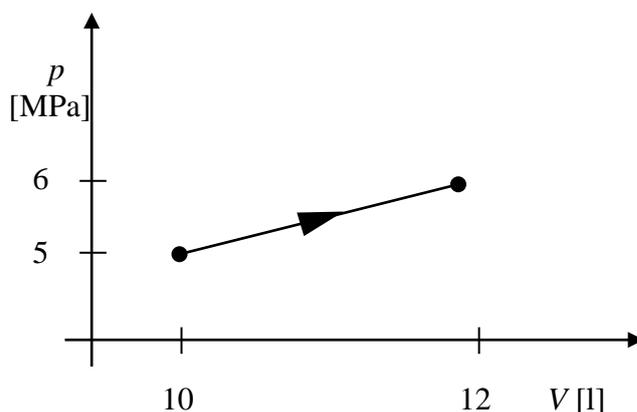


Fig. 2

9. Dopo che aria di volume 3 m^3 è passata attraverso una sostanza igroscopica a temperatura $25 \text{ }^\circ\text{C}$, è aumentata la massa della sostanza di 42 g. Determinare l'umidità assoluta e relativa. Qual è il punto di rugiada?

[14 g/m^3 ; 60,8 %; $18 \text{ }^\circ\text{C}$]

10. Igrometro indica 60 % se nell'aria di volume 10 m^3 è contenuto 60 g del vapor d'acqua. Calcolare l'umidità assoluta attuale e quella massima possibile. Qual è la temperatura dell'aria attuale?

[6 g/m^3 ; 10 g/m^3 ; $12 \text{ }^\circ\text{C}$]



Fig. 3

11. Determinare il punto di rugiada e l'umidità assoluta sapendo che alla temperatura di $10 \text{ }^\circ\text{C}$ indica l'igrometro un'umidità relativa del 34,5 %.

[$-5 \text{ }^\circ\text{C}$; $3,2 \text{ g/m}^3$]

12. Se il punto di rugiada è $-5 \text{ }^\circ\text{C}$, determinare l'umidità assoluta e quella relativa alla temperatura di $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

[$3,2 \text{ g/m}^3$; 34,5 %]

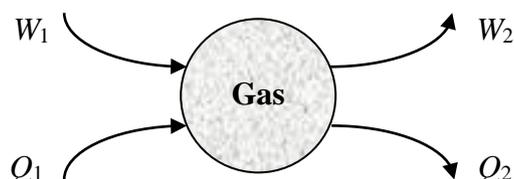
13. Supponiamo che, ad una certa temperatura, 28 g di vapor d'acqua, contenuti in 1 m^3 di aria siano sufficienti per determinare la saturazione. Se, alla stessa temperatura, un igrometro segna una umidità relativa del 35 % , quanto vapor d'acqua è presente in 1 m^3 di aria.

[9,8 g]

Trasformazioni del gas ideale nel sistema chiuso:

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R = \text{const.}, \quad \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\Delta U = (W_1 - W_2) + (Q_1 - Q_2)$$

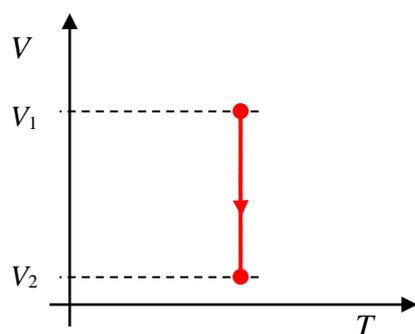
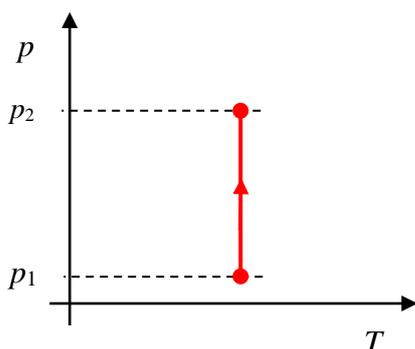
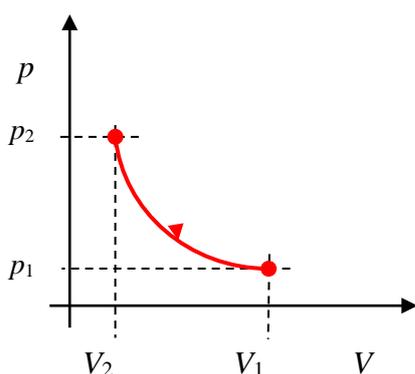


Trasformazione isotermica

$$T = \text{const.}$$

$$p \cdot V = \text{const.}, \quad p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

pressione sale – volume scende

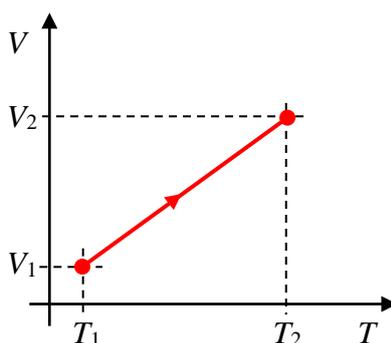
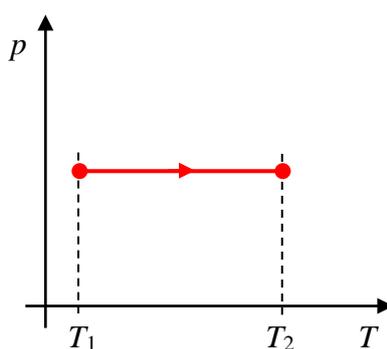
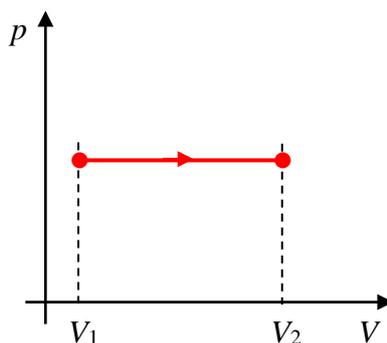


Trasformazione isobarica

$$p = \text{const.}$$

$$\frac{V}{T} = \text{const.}, \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

volume sale – temperatura sale

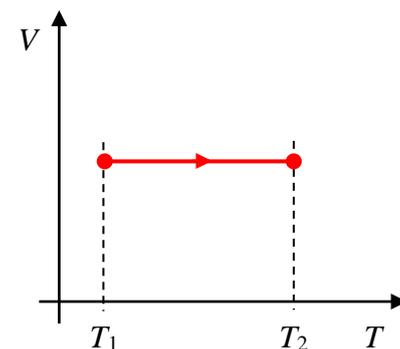
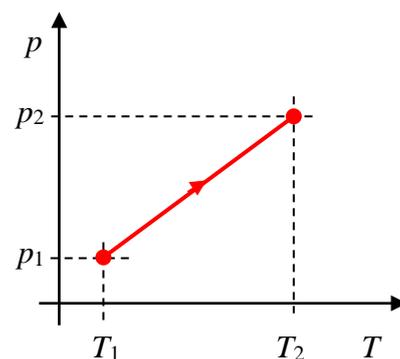
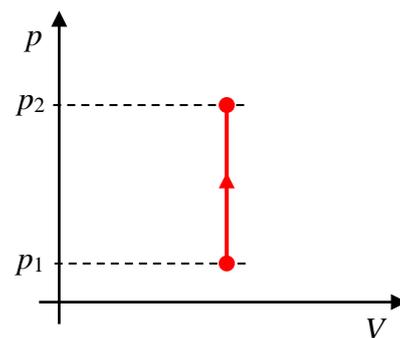


Trasformazione isocorica

$$V = \text{const.}$$

$$\frac{p}{T} = \text{const.}, \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

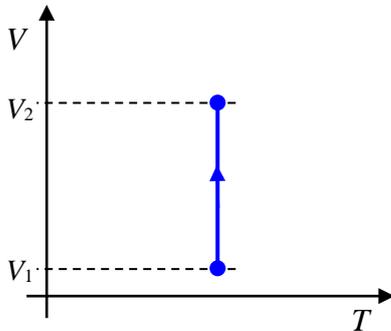
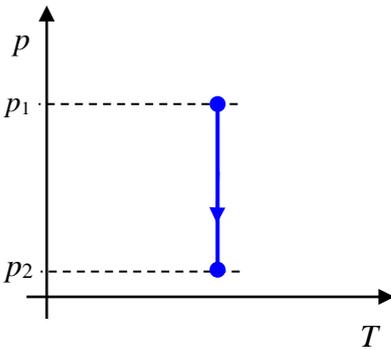
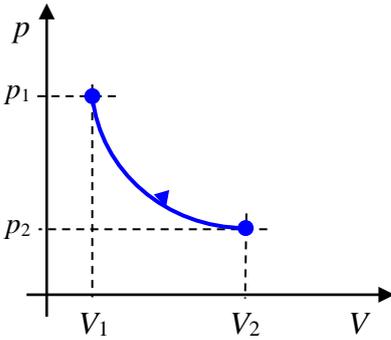
pressione sale – temperatura sale



$$\Delta U = 0 = W_1 - Q_2$$

$$W_1 = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_1}{V_2} = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$$

pressione scende – volume sale



$$\Delta U = 0 = Q_1 - W_2$$

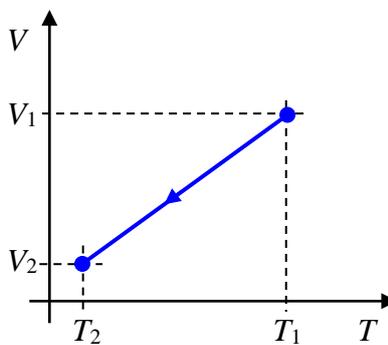
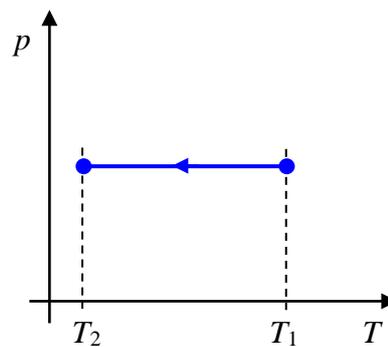
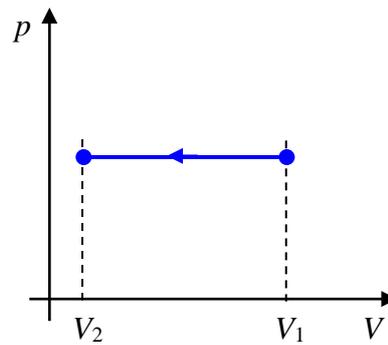
$$W_2 = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$\Delta U = Q_1 - W_2$$

$$W_2 = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$$

$$Q_1 = m \cdot c_p \cdot \Delta T = m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$$

volume scende – temperatura scende



$$\Delta U = W_1 - Q_2$$

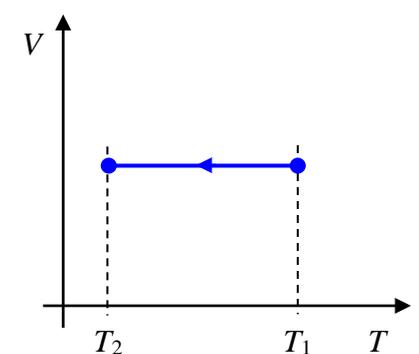
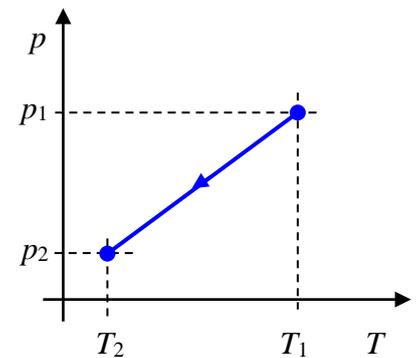
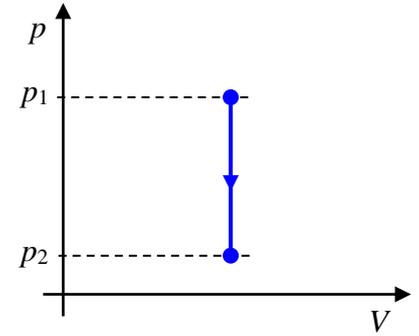
$$W_1 = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_1 - V_2)$$

$$Q_2 = m \cdot c_p \cdot \Delta T = m \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)$$

$$\Delta U = Q_1$$

$$Q_1 = m \cdot c_v \cdot \Delta T = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1)$$

pressione scende – temperatura scende



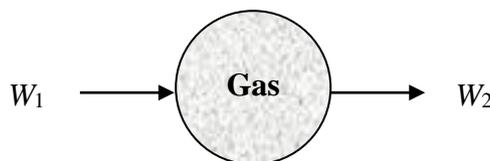
$$\Delta U = -Q_2$$

$$Q_2 = m \cdot c_v \cdot \Delta T = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_2)$$

Trasformazioni del gas ideale nel sistema isolato:

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R = \text{cost.}, \quad \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\Delta U = (W_1 - W_2)$$

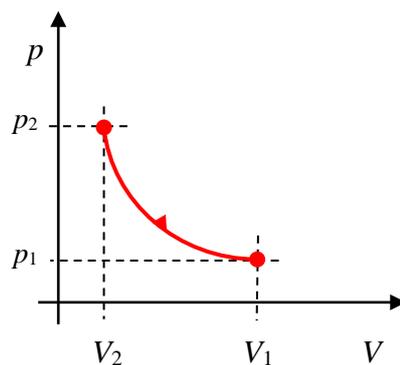


Trasformazione adiabatica

$$p \cdot V^\kappa = \text{konst.}, \quad p_1 \cdot V_1^\kappa = p_2 \cdot V_2^\kappa, \quad T_1 \cdot V_1^{\kappa-1} = T_2 \cdot V_2^{\kappa-1}, \quad T_1 \cdot p_1^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = T_2 \cdot p_2^{\frac{1-\kappa}{\kappa}}$$

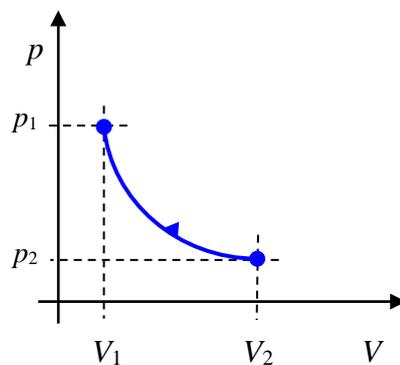
$$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$$

pressione sale – volume scende



$$W_1 = m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1) = \frac{p_1 \cdot V_1 - p_2 \cdot V_2}{1 - \kappa}$$

pressione scende – volume sale



$$W_2 = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_2) = \frac{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}{1 - \kappa}$$