

Aplicații ale principiului I al termodinamicii

Coeficienții calorici

Coeficienții calorici sunt mărimile fizice care stabilesc legătura între căldura primită sau cedată de un corp și variația temperaturii sale.

Exemple de coeficienți calorici: **căldura specifică, capacitatea calorică, căldura molară, căldura latentă** etc.

1. Capacitatea calorică

Definiție: Capacitatea calorică este mărimea fizică numeric egală cu căldura necesară pentru a varia temperatura unui corp cu un grad. (Adică căldura necesară pentru a crește sau scădea temperatura unui corp cu un grad)

Capacitatea calorică se notează cu litera C .

$$\text{Formula: } C = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow [C]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[T]_{SI}} = \frac{J}{K}$$

2. Căldura specifică

Definiție: Căldura specifică este mărimea fizică numeric egală cu căldura necesară pentru a varia temperatura unității de masă dintr-o substanță cu un grad.

Căldura specifică se notează cu litera c

$$\text{Formula: } c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \Rightarrow [c]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI} \cdot [T]_{SI}} = \frac{J}{kg \cdot K}$$

Căldura specifică este o constantă de material. Există tabele cu căldurile specifice ale substanțelor pure!!!

Căldura schimbată de sistem (corp) cu mediul exterior este : $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

Relația dintre capacitatea calorică și căldura specifică este: $C = m \cdot c$

3. Căldura molară

Definiție: Căldura molară este mărimea fizică numeric egală cu căldura necesară pentru a varia temperatura unui mol dintr-o substanță cu un grad.

$$\text{Formula: } C_{\mu} = \frac{Q}{\nu \cdot \Delta T} \Rightarrow [C_{\mu}]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[\nu]_{SI} \cdot [T]_{SI}} = \frac{J}{mol \cdot K}$$

Căldura molară este o constantă de material. Căldura schimbată de sistem (corp) cu mediul exterior este

$$Q = \nu \cdot C_{\mu} \cdot \Delta T$$

Relația dintre capacitatea calorică și căldura molară pentru o substanță dată: $C_{\mu} = \mu \cdot c$

Observație:

Între căldura molară la presiune constantă (care se notează) C_p și căldura molară la volum constant (care se notează) C_v există o relație numita **relația Robert – Mayer** :

$$C_p = C_v + R , \text{ unde } \mathbf{R} \text{ este constanta universală a gazului ideal } R=8,31\text{J/mol}\cdot\text{K}$$

Folosind ecuația principiului I al termodinamicii, expresiile de definiție ale coeficienților calorici și alte informații despre transformările cunoscute ale gazului se vor preciza expresiile de calcul ale variației ΔU a energiei interne, lucrului mecanic L și căldurii Q în transformările cunoscute (izotermă, izobară, izocoră și adiabatică).

Probleme rezolvate- coeficienți calorici

1) Calculați căldura primită de o masă de $m=10$ kg de apă pentru a-și crește temperatura de la 20°C la 80°C , știind că valoarea căldurii specifice a apei este $c_{apa} = 4185 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Rezolvare :

Se transformă temperatura din grade Celsius în Kelvin

$$t_1 = 20^{\circ} \Rightarrow T_1 = (20 + 273) \text{ K} = 293 \text{ K}$$

$$t_2 = 80^{\circ} \Rightarrow T_2 = (80 + 273) \text{ K} = 353 \text{ K}$$

Variația de temperatură a apei $\Delta T = T_2 - T_1 = 353\text{K} - 293\text{K} = 60\text{K}$. Se poate observa că variația de temperatura se poate calcula și în grade Celsius, este aceeași valoare. Doar că în formulă se introduce valoarea în Kelvin. $\Delta t = t_2 - t_1 = 80^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 60^{\circ}\text{C}$

Se calculează căldura primită cu relația: $Q_{primita} = m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot \Delta T$

$$Q_{primita} = 10\text{Kg} \cdot 4185 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} \cdot 60 \text{ K} = 2511000 \text{ J}$$

Se poate exprima căldura și în KJ împărțind rezultatul la 1000.

$$Q_{primita} = 2511 \text{ KJ}$$

2) Temperatura unei bucăți de argint cu masa de 100 kg se modifică de la $t_1 = 110^{\circ}\text{C}$ la $t_2 = 60^{\circ}\text{C}$.

Se cere :

a) variația de temperatură a bucății de argint (ΔT)

b) cantitatea de căldura cedată de argint (se da căldura specifică a argintului $c_{Ag} = 250 \text{ J/kg K}$)

Rezolvare:

a) Se transformă temperatura din grade Celsius în Kelvin

$$t_1 = 110^{\circ} \Rightarrow T_1 = (110 + 273) \text{ K} = 383 \text{ K}$$

$$t_2 = 60^{\circ} \Rightarrow T_2 = (60 + 273) \text{ K} = 333 \text{ K}$$

Variația de temperatură a bucății de argint $\Rightarrow \Delta T = T_2 - T_1 = 333\text{K} - 383\text{K} = -50\text{K}$ (se utilizează unitatea de măsură în Sistem Internațional). Se poate observa că variația de temperatura se poate calcula și în grade Celsius, este aceeași valoare. Doar că în formulă se

introduce în Kelvin. $\Delta t = t_2 - t_1 = 60^\circ\text{C} - 110^\circ\text{C} = -50^\circ\text{C}$. Este normal sa fie cu minus, se cedeaza caldura deci scade temperatura.

b) Din relația de definiție a căldurii specifice se determină căldura cedată

$$\text{Formula: } Q_{cedata} = m_{Ag} \cdot c_{Ag} \cdot \Delta T \Rightarrow Q_{cedata} = 10\text{kg} \cdot 250 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot (-50\text{K}) = -125000\text{J}$$

Aceasta căldura cedată se mai poate scrie folosind un multiplu al Joule, kJ. Căldura cedată este negativă

$$Q_{cedata} = -125\text{kJ}$$

3. O bilă plină din platină cu raza de 5 cm este încălzită până la temperatura de $t_1 = 95^\circ\text{C}$ este scufundată în 2 l de apă aflată la temperatura de $t_2 = 4^\circ\text{C}$. După un anumit timp cele două corpuri ajung la temperatura de echilibru. Care este această temperatura de echilibru? Se cunosc căldura specifică a platinei $c_{Pt} = 190 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, densitatea platinei $\rho_{Pt} = 22 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, căldura specifică a apei $c_{apa} = 4185 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

Rezolvare:

Bila încălzită introdusă în apă va ceda căldură apei. Ecuația calorimetrică de echilibru este:

$$Q_{cedata} = |Q_{primita}|$$

$m_{Pt} \cdot c_{Pt} \cdot (t_1 - t) = m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot (t - t_2)$ - se poate folosi relatia sau cu temperatura în K sau în $^\circ\text{C}$

Nu se dau explicit masele celor două corpuri așa că acestea trebuie calculate folosind expresia densității. $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$

$$m_{Pt} = \rho_{Pt} \cdot V_{Pt} \Rightarrow m_{Pt} = 22 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot 5^3 \text{ cm}^3 = 11513,33 \text{ g} = 11,513 \text{ kg}$$

$$m_{apa} = \rho_{apa} \cdot V_{apa} \Rightarrow m_{apa} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 2 \text{ kg}$$

$$m_{Pt} \cdot c_{Pt} \cdot t_1 + m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot t_2 = m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot t + m_{Pt} \cdot c_{Pt} \cdot t$$

$$t = \frac{m_{Pt} \cdot c_{Pt} \cdot t_1 + m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot t_2}{m_{apa} \cdot c_{apa} + m_{Pt} \cdot c_{Pt}} \Rightarrow t = \frac{11,513 \cdot 190 \cdot 95 + 2 \cdot 4185 \cdot 4}{11,513 \cdot 190 + 2 \cdot 4185} \Rightarrow t = 22,85^\circ\text{C} - \text{temperatura de echilibru}$$

$$m_{Pt} \cdot c_{Pt} \cdot (T_1 - T) = m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot (T - T_2)$$

$$m_{Pt} \cdot c_{Pt} \cdot T_1 + m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot T_2 = m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot T + m_{Pt} \cdot c_{Pt} \cdot T$$

$$T = \frac{m_{Pt} \cdot c_{Pt} \cdot T_1 + m_{apa} \cdot c_{apa} \cdot T_2}{m_{apa} \cdot c_{apa} + m_{Pt} \cdot c_{Pt}}$$

$$T = \frac{11,513 \cdot 190 \cdot 368 + 2 \cdot 4185 \cdot 277}{11,513 \cdot 190 + 2 \cdot 4185} = \frac{804988,96 + 2318,49}{2187,47 + 8370} = \frac{3123478,96}{10557,47} = 295,85 \text{ K}$$

$T = 295,85 \text{ K}$. Se poate observa că temperatura, indiferent dacă folosim valoarea în K sau în grade Celsius este aceeași: $295,85 - 273 = 22,85$