

Rozdíl tepelných kapacit: $C_{pm} - C_{Vm} = TV_m B_T \alpha_p^2$, $\alpha_p = (1/V_m)(\partial V_m / \partial T)_p$

Podíl tepelných kapacit: $\kappa = \frac{C_p}{C_V} = \frac{\kappa_T}{\kappa_S} = \frac{B_S}{B_T}$

Modul objemové pružnosti: B_T (izotermický), B_S (adiabatický) $= -V_m(\partial p / \partial V_m)_{T/S} = \rho(\partial p / \partial \rho)_{T/S}$

Rychlost zvuku: $c^2 = \frac{B_S}{\rho}$ Kompresibilita ($X = T, S$): $\kappa_X = \frac{1}{B_X}$

1. Rychlost zvuku a poměr tepelných kapacit

- Za teploty 20 °C je rychlost zvuku ve vodě $c = 1481$ m/s, izotermická kompresibilita je $\kappa_T = 45.9 \text{ Mbar}^{-1}$, hustota 998.21 kg m^{-3} . Vypočítejte poměr tepelných kapacit $\kappa = C_p / C_V$.
- Srovnajte s nezávislým výpočtem na základě rozdílu tepelných kapacit spočteného ze stavové rovnice (izobarický koeficient teplotní roztažnosti $\alpha_p = 0.0002066 \text{ K}^{-1}$). Za izobarickou tepelnou kapacitu vody vezměte $1 \text{ kcal K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$.
- Proč vychází κ blízko 1 podobně jako pro pevné látky, zatímco pro plyny a běžná organická rozpouštědla tomu tak není?

(a) 1.005, (b) 1.007, (c) má malou tepelnou roztažnost (při 4 °C dokonče 0)

Boltzmannova pravděpodobnost: $\text{prob}(\psi) = \exp\left[-\frac{E(\psi)}{k_B T}\right] / \sum_{\psi'} \exp\left[-\frac{E(\psi')}{k_B T}\right]$

Boltzmannova rovnice pro entropii (stavy o stejné energii): $S = k_B \ln(\text{počet stavů})$

Ideální směšovací entropie: $\Delta S_m = -R \sum_k x_i \ln x_i$

2. Boltzmannova pravděpodobnost

Vzbuzený stav atomu vodíku leží 10.2 eV nad základním stavem. Kolik % atomů vodíku je ve vzbuzeném stavu ve sluneční fotosféře (teplota 5800 K)? Uvědomte si, že v základním stavu je 1 orbital ($1s^1$), ve vzbuzeném 4 ($1 \times 2s^1 + 3 \times 2p^1$ o (téměř) stejné energii.

qdđ ğ

3. Entropie

Jaká práce je z hlediska termodynamiky minimálně potřeba k uložení 1 TB dat za teploty 300 K?

z3 nř (reálně mnohokrát více)

4. Gibbsova energie

Vyrábíme limonádu. Sirup obsahuje 342 g (1 mol) sacharózy ve 360 mL (20 mol) vody. Jak se změní Gibbsova energie po rozmíchání uvedeného množství sirupu v 18 L vody? Teplota je 300 K.

řř 2'6-

$U(S, V) \rightarrow U(T, V) : dU = C_V dT + \left[T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p\right] dV$

$H(S, p) \rightarrow H(T, p) : dH = C_p dT + \left[V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p\right] dp$

Jouleův–Thomsonův koeficient: $\mu_{JT} = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H = \frac{T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p - V}{C_p} \stackrel{p \approx 0}{\approx} \frac{T \frac{dB}{dT} - B}{C_{pm}}$

Tlakový viriálový rozvoj do B: $V_m = V_{m, \text{id}} + B$, $\frac{z-1}{p} = \frac{B}{RT}$

Fugacitní koeficient z viriálové rov. do B: $\ln \varphi = \int_0^p \frac{z-1}{p'} dp' \approx \frac{pB}{RT}$, $\varphi \approx z = \frac{pV_m}{RT}$

5. Dodatkový objem

Hustota 1-propanolu je 799.51 kg m^{-3} , 2-propanolu 781.03 kg m^{-3} , vody 997.05 kg m^{-3} . Smícháme 200 mL 1-propanolu a 100 mL vody.

- Jaký je objem směsi?
- Jaký je parciální molární objem 1-propanolu v této směsi?

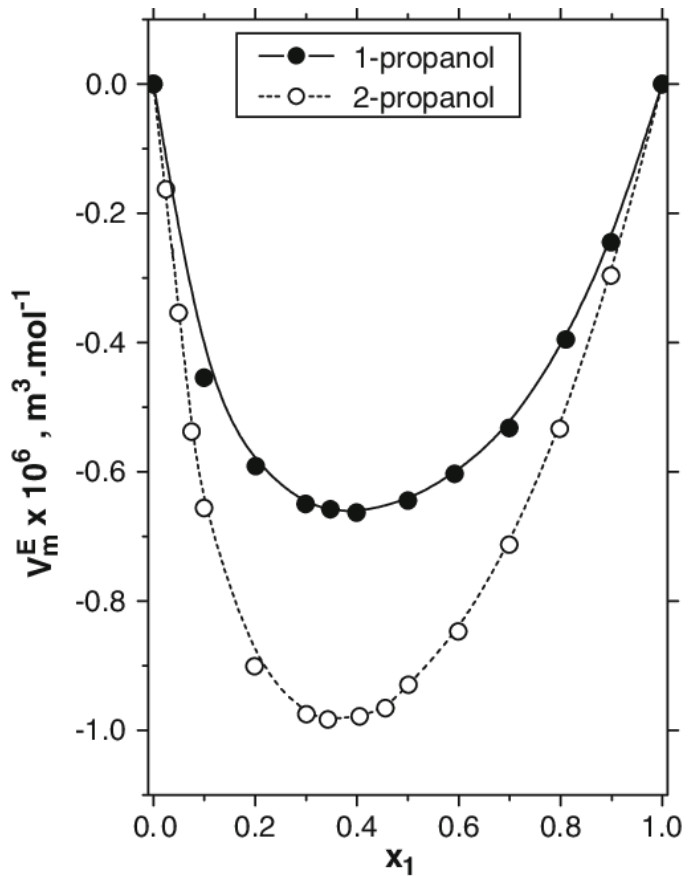
Podle: Int. J. Thermophys. (2010) 31:131–142
DOI: 10.1007/s10765-009-0639-6

a) 294.6 mL, b) 74.4 mL/mol

6. Fugacita vodní páry

Za teploty 100°C je podle IAPWS tlak syté vodní páry 0.10142 MPa a hustota $0.59817 \text{ kg m}^{-3}$. Vypočtete fugacitu vodní páry za těchto podmínek. Použijte viriálovou stavovou rovnici do členu s druhým viriálovým koeficientem a molární hmotnost $M(\text{H}_2\text{O}) = 18.015 \text{ g mol}^{-1}$.

$z \approx 0.986 = \phi$



7. Škrčení

Ve velké tlakové láhvi je plyný SF_6 o tlaku 3 MPa za teploty 300 K (je těsně nad teplotou varu, takže je plyný). Atmosférický tlak je 1 bar . Otevřeme ventil.

- Jak se změní molární entalpie plynu, který prošel ventilem?
- Jaká je teplota plynu těsně po otevření ventilu?
- Jak se změní molární entalpie plynu při izotermické expanzi z tlaku 3 MPa na tlak 1 bar ? (Tj. jev a) s tím, že u uniklého plynu necháme vyrovnat teploty.)

Tepelné ztráty jako ohřívání/ochlazování ventilu v průběhu unikání plynu zanedbejte. Použijte viriálovou stavovou rovnici. Molární tepelná kapacita SF_6 za daných podmínek je $98 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

a) 0, b) -27 K, c) 2.6 kJ/mol

