

Insegnamento di Chimica Generale
083424 - CCS CHI e MAT

 POLITECNICO DI MILANO



Esercizi su Cambiamenti di Stato

Prof. Attilio Citterio

Dipartimento CMIC "Giulio Natta"

<http://iscamap.chem.polimi.it/citterio/education/general-chemistry-exercises/>



Esercizio 1

1.1 - Ordinare i seguenti composti in ordine di aumento del punto di ebollizione e spiegare perché:



1.2 - Giustificare, sulla base della natura ed entità del legame intermolecolare che si instaura, i punti di ebollizione delle seguenti due serie di composti :

Composto :	HF	HCl	HBr	HI
P. eb.(°C) :	19.5	-84.9	- 67	-33.3
Composto :	CO ₂	NO ₂	SO ₂	ClO ₂
P. eb.(°C) :	-78.5	21.2	-10	9.9

I composti sono tutti molecolari e pertanto le considerazioni sull'andamento dei punti di ebollizione sono relativi alla forza e natura dei legami intermolecolari. Nella prima serie HF ha forti legami ad H per l'elevata elettronegatività di F e bolle perciò alla T più alta; per gli altri il legame ad H si riduce e l'interazione è di tipo dipolo-dipolo in cui la polarizzabilità dell'atomo aumenta al crescere delle dimensioni atomiche.

Nella seconda serie è importante l'esistenza di un momento dipolare (CO₂ bolle più basso perché molecola simmetrica e $m = 0$), mentre per gli altri tre che hanno differenza di elettronegatività e geometria simile (molecole angolate) le forze intermolecolari sono simili.



Esercizio 2

2.1 - Si consideri un liquido ipotetico la cui entalpia di vaporizzazione sia $\Delta H_{\text{vap}} = 42.5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ed il cui punto di ebollizione normale sia $T_{\text{eb}} = 87.4 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcolare la tensione di vapore a $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$P = A \exp\left(-\frac{\Delta H_{\text{eb}}}{R} \cdot \frac{1}{T}\right) \quad \log P = \frac{\Delta H_{\text{eb}}}{2,303R} \cdot \frac{1}{T} + \text{cost} \quad \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \frac{\Delta H_{\text{eb}}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

$$P_{298} = 1.0 \exp(-42500/8.315) \times [(1/298.1) - (1/360.5)] = 0.047 \text{ atm} = 36.1 \text{ torr}$$

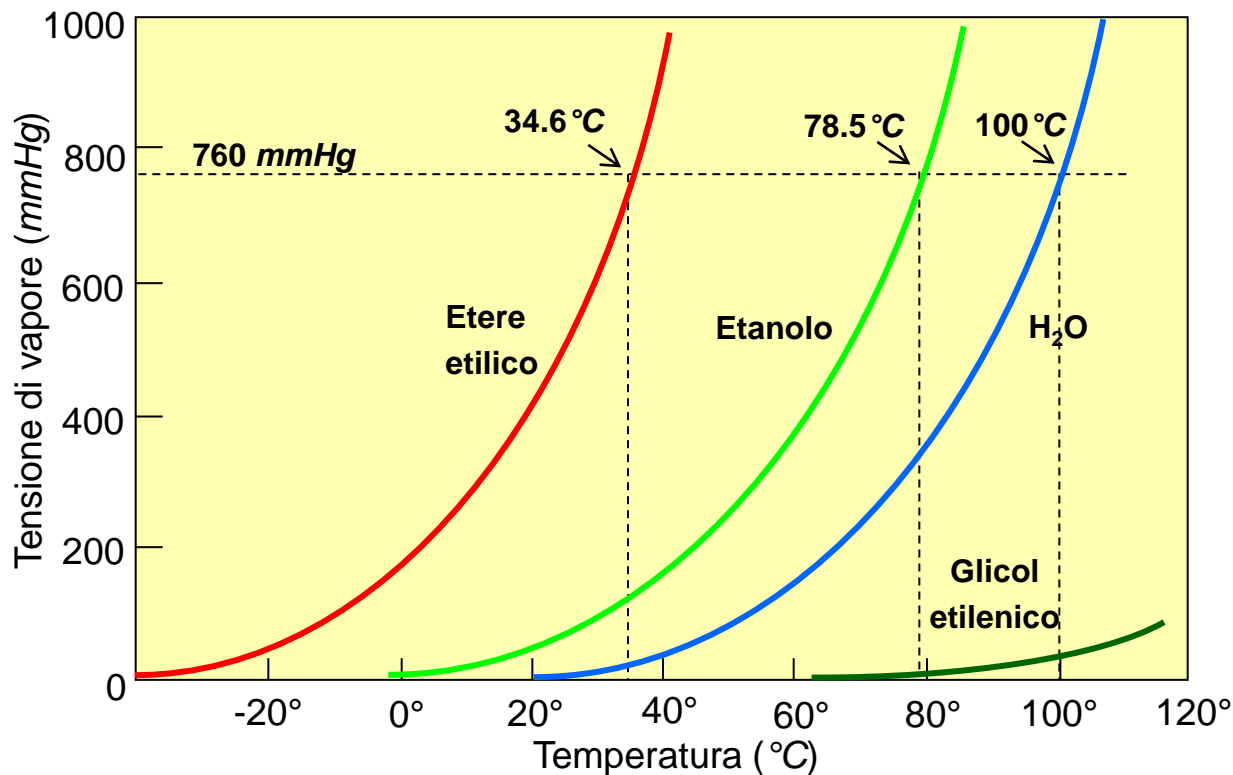
2.2 - Dai seguenti dati di tensione di vapore per l'acido nitrico, calcolare il punto di ebollizione normale e l'entalpia di vaporizzazione.

$\theta/^\circ\text{C}$	0	20	40	50	70	80	90	100
p/Torr	14.4	47.9	133	208	467	670	937	1282



Esercizio 3

- Che informazioni fornisce questo grafico?





Esercizio 4: Eq. Clausius-Clapeyron

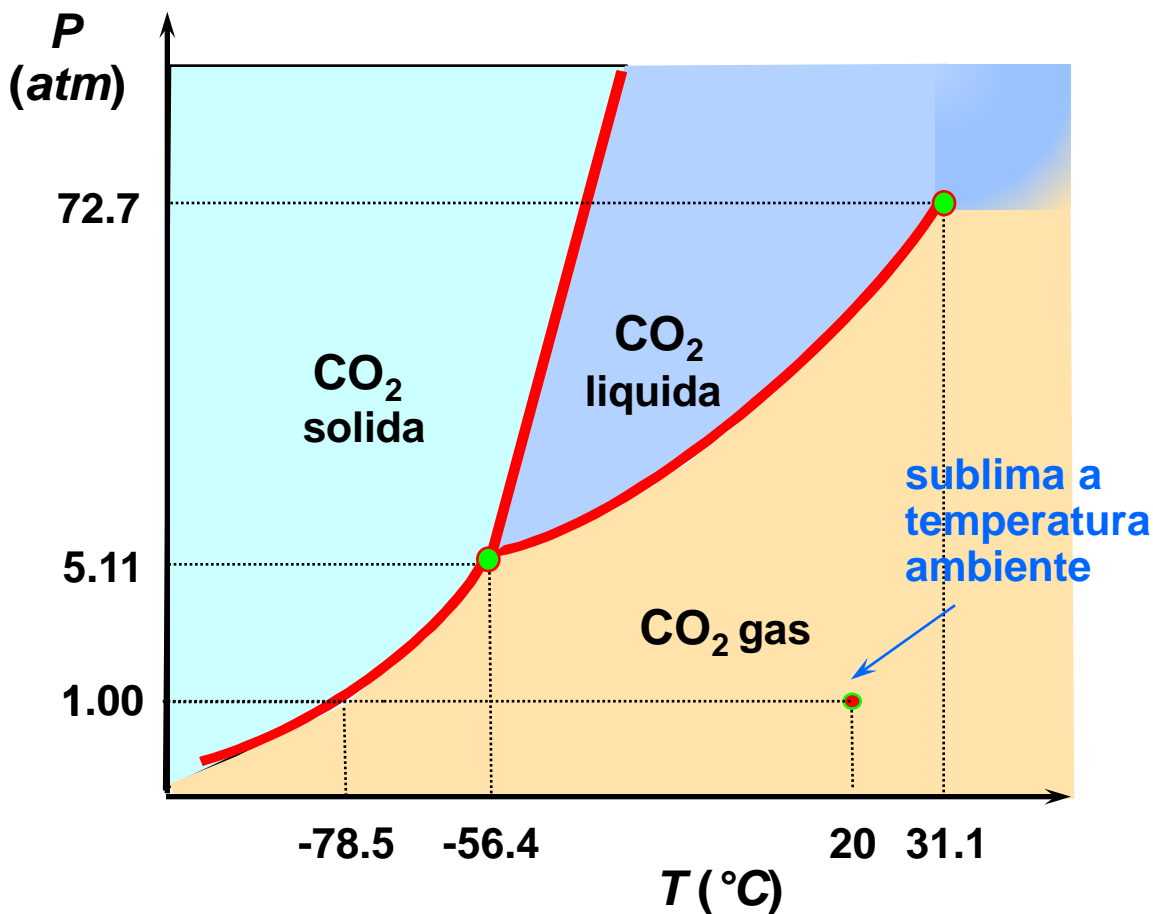
Il metanolo ha un punto di ebollizione a $P = 1 \text{ atm}$ di $64.6 \text{ }^\circ\text{C}$ e un calore di vaporizzazione di $35.2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Qual è la tensione di vapore del metanolo a $12.0 \text{ }^\circ\text{C}$?

- La risposta ha senso?
- L'acqua (calore di vaporizzazione dell'acqua è $= 40.65 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) ha un calore di vaporizzazione superiore?
 - Perché?



Esercizio 5: Diagramma di Fase della CO₂

- Spiegare il fenomeno della sublimazione.
- Perché la CO₂ solida si indica col termine «ghiaccio secco»?



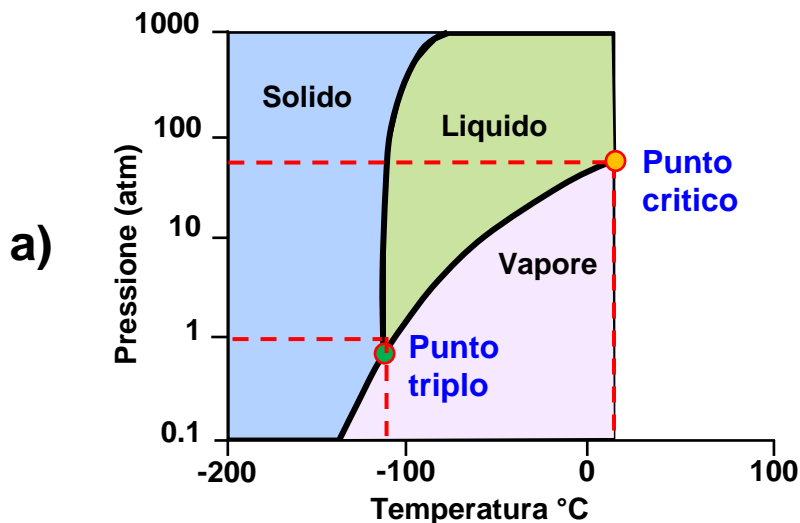


Esercizio 6

I punti di fusione ed ebollizioni normali dello xeno sono $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-107\text{ }^{\circ}\text{C}$, rispettivamente.

Il suo punto triplo è a $-121\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 0.371 atm e il suo punto critico è a $16.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 57.6 atm .

- Disegnare il diagramma di fase per lo Xe, indicando gli assi, i quattro punti indicati sopra e segnalando l'area in cui ciascuna fase è stabile.
- Se il gas Xe viene raffreddato ad una pressione esterna di 0.131 atm , subirà condensazione o deposizione?



b) Deposizione (solido)



Esercizi 7-8

7. In quale dei seguenti posti il punto di ebollizione dell'acqua è più alto?
(A) Al passo del Foscagno dove la pressione è 710 *Torr*. (B) sul monte Everest dove la pressione è 244 *Torr*. (C) Madonna di Campiglio dove la pressione è 650 *Torr*. (D) Pisa dove la pressione è 760 *Torr*. (E) in una pentola a pressione dove P è 1400 *Torr*.

Risposta : (E)

8. Il punto triplo del biossido di carbonio è -56°C (pressione, 5.1 *atm*). La temperatura critica è 31°C . Perciò il biossido di carbonio liquido può esistere a (a) 10 *atm* e -25°C ; (b) 10 *atm* e -56°C ; (c) 10 *atm* e 33°C ; (d) 5.1 *atm* e -25°C ; (e) 10 *atm* e -60°C .

Risposta : (A)



Esercizi 9-10

9. La temperatura critica dell'HCl è 52 °C. A temperature sopra i 52 °C,
- (a) HCl si decompone in atomi degli elementi, H e Cl.
 - (b) HCl si decompone in molecole degli elementi, H₂ e Cl₂.
 - (c) HCl non si può liquefare applicando anche pressioni molto alte.
 - (d) la coppia di legame H-Cl è completamente trasferita al cloro.
 - (e) la coppia di legame H-Cl è completamente trasferita all'idrogeno.

Risposta: (C)

10. Un contenitore di acqua sta bollendo da molti minuti a 100 °C. Di cosa sono composte le bolle che escono dall'acqua?

- (A) H₂(g)
- (B) O₂(g)
- (C) una miscela di H₂(g) e O₂(g)
- (D) H₂O(g)
- (E) aria

Risposta: (D)



- 11 - I volumi parziali molari di due liquidi A e B in una miscela in cui la frazione molare di A è $\chi_A = 0.3713$ sono $188.2 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ e $173.14 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$, rispettivamente. Le masse molecolari di A e B sono $241.1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e $198.2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, rispettivamente. Quanto vale il volume di una soluzione di massa 1.000 kg ?
- 12 - Un campione di 2.40 moli di neon viene mescolato con un campione di 25.0 moli di He a 298 K . Trattando entrambi i gas come gas ideali, calcolare ΔH , ΔS e ΔG per il mescolamento.



Esercizio 13

- a) Se si aggiungono 684 g di zucchero, $C_{12}H_{22}O_{11}$, a 2 L di acqua quale sarà il punto di ebollizione approssimato della soluzione risultante? [$K_{eb} = 0.51$]
- b) Stabilire quanti grammi di $Mg(ClO_4)_2$ si devono aggiungere alla stessa quantità di acqua per ottenere una soluzione isotonica (ugual pressione osmotica).

Risoluzione:

$$\Delta t_{eb} = K_{eb} \times m = 0.51 \times (\text{moli di soluto}/1000 \text{ g di solvente}) = 0.51 \times [(684:342) : 2] = 0.51 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (t_{eb} = 100.51 \text{ } ^\circ\text{C})$$

Se la soluzione è isotonica, il numero delle particelle disciolte deve essere uguale a quelle contenute nella soluzione di zucchero e pari a 1 mole. Poiché il perclorato di magnesio è un sale solubile che origina 3 moli di ioni per mole di sale (1 Mg^{++} e 2 ClO_4^-) la soluzione in questione deve contenere 0.333 moli (1/3) di $Mg(ClO_4)_2$ pari a 74.4 grammi.



Esercizio 14

Un vino adulterato contiene alcool metilico (CH_3OH , 12 g in 100 g di acqua). E' possibile distinguerlo da un vino naturale, contenente la stessa quantità in grammi di $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, mediante una misura di punto di congelamento? Il termometro di misura possiede una precisione di ± 0.5 °C. [$K_{\text{cr.}} = 1.86$ °C·mol⁻¹·Kg]

Risoluzione:

Equazioni da considerare: $\Delta T_c = K_c \cdot m$, $m_{\text{MeOH}} = g_{\text{MeOH}} \cdot 1000 \cdot (MW_{\text{MeOH}} \cdot g_{\text{Acq}})^{-1}$

Per il metanolo si ha: $m = 12(\text{g}) \cdot 1000(\text{g/Kg}) \cdot [32(\text{g/Kg}) \cdot 100(\text{g})]^{-1} = 3.75 \text{ moli} \cdot \text{Kg}^{-1}$

quindi: $\Delta T_c (\text{MeOH}) = 1.86 (\text{°C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mole}^{-1}) \cdot 3.75 (\text{moli} \cdot \text{Kg}^{-1}) = \mathbf{6.97 \text{ °C}}$

Per l'etanolo si ha: $m_{\text{EtOH}} = 12(\text{g}) \cdot 1000(\text{g/Kg}) \cdot [46(\text{g/Kg}) \cdot 100(\text{g})]^{-1} = 2.61 \text{ moli} \cdot \text{Kg}^{-1}$

quindi: $\Delta T_c (\text{EtOH}) = 1.86 (\text{°C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mole}^{-1}) \cdot 2.61 (\text{moli} \cdot \text{Kg}^{-1}) = \mathbf{4.85 \text{ °C}}$

Ora essendo: $\Delta \Delta T_c = 6.97 \text{ °C} - 4.85 \text{ °C} = 2.12 \text{ °C} > 0.5 \text{ °C}$ (precisione del termometro) il metodo risulta utilizzabile.



Esercizio 15

Stimare il peso molecolare di un composto polimerico dal valore di $3.5 \cdot 10^{-4} \text{ atm}$ di pressione osmotica mostrato da una sua soluzione di 2.5 g in 100 g di acqua a 25 °C. Stabilire inoltre: a) l'innalzamento ebullioscopico, b) l'abbassamento crioscopico, c) l'abbassamento della tensione di vapore che tale soluzione presenta. d) A quale concentrazione una soluzione di CaCl_2 presenta la stessa pressione osmotica? ($K_{\text{crio}} = 1.86$; $K_{\text{eb}} = 0.512$; $p(\text{H}_2\text{O})_{25^\circ\text{C}} = 23.8 \text{ Torr}$).

In base delle proprietà colligative delle soluzioni, la molalità della soluzione è :

$m = \pi / RT = 3.5 \cdot 10^{-4}(\text{atm}) / [(0.082(\text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}) \cdot 298 (\text{K}))] = 1.43 \cdot 10^{-5} \text{ molale}$;
ma m è anche: $m = \text{moli} / 1000 \text{ g di solvente}$; quindi: $(25 / MW) / 1$; da cui $MW = 1.75 \cdot 10^6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

- a) $\Delta T = K_{\text{eb}} \cdot m = 0.512 \times 1.43 \cdot 10^{-5} = 7.3 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$;
- b) $\Delta T = K_{\text{crio}} \cdot m = 1.86 \times 1.43 \cdot 10^{-5} = 2.7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$;
- c) $\Delta P / P = \chi = 2.56 \cdot 10^{-7}$ da cui $\Delta P = 2.56 \cdot 10^{-7} \times 23.8 = 6.093 \cdot 10^{-6} \text{ mmHg}$.
- d) Poiché 1 mole di CaCl_2 in H_2O si dissocia totalmente a dare 1 mole di ioni Ca^{2+} e 2 moli di ioni Cl^- , la molalità della soluzione di CaCl_2 che presenta la stessa pressione osmotica della soluzione del polimero sarà 1/3 di quest'ultima. Per cui tale soluzione avrà concentrazione: $[\text{CaCl}_2] = (1.43 \cdot 10^{-5} / 3) \times 111 = 5.3 \cdot 10^{-4} \text{ g} / 1000 \text{ g di H}_2\text{O}$.