

6. LIQUIDI: PROPRIETA' COLLIGATIVE



UNA **PROPRIETÀ COLLIGATIVA** È UNA PROPRIETÀ DELLE SOLUZIONI CHE DIPENDE SOLO DAL NUMERO DI PARTICELLE DISTINTE (MOLECOLE O IONI) CHE COMPONGONO LA SOLUZIONE, E NON DALLA NATURA DELLE PARTICELLE STESSE

NEL CASO IN CUI IL SOLUTO SIA UN **ELETTROLITA**, BISOGNA CONSIDERARE CHE ESSO SI SCINDE (TOTALMENTE O PARZIALMENTE) IN IONI (PARTICELLE!), E BISOGNA TENERNE CONTO A LIVELLO QUANTITATIVO.

COEFFICIENTE DI VAN'T HOFF (i): CORREZIONE ADIMENSIONALE CHE ESPRIME LA QUANTITÀ DI PARTICELLE CHE EFFETTIVAMENTE SI PRODUCONO DALLA DISSOLUZIONE DEL SOLUTO:

$$i = 1 + \alpha \cdot (\nu - 1)$$

GRADO DI DISSOCIAZIONE

n° MASSIMO DI PARTICELLE
CHE SI POSSONO FORMARE

$$\alpha = \frac{mol_{DISSOCIATE}}{mol_{INIZIALI}}$$

IN PRESENZA DI UN SOLUTO NON VOLATILE, IL NUMERO DI MOLECOLE DI SOLVENTE CHE VAPORIZZANO DIMINUISCE A CAUSA DELLE INTERAZIONI INTERMOLECOLARI SOLUTO-SOLVENTE. PERCIÒ SI STABILISCE L'EQUILIBRIO AD UNA TENSIONE DI VAPORE INFERIORE. VALE LA **LEGGE DI RAOULT**

SOLUTO NON ELETTROLITA

$$\Delta p_{\text{SOLVENTE}} = -x_{\text{SOLUTO}} \cdot p_{\text{SOLVENTE}}^0 \rightarrow \frac{p_{\text{SOLVENTE}}^0 - p_{\text{SOLVENTE}}}{p_{\text{SOLVENTE}}^0} = \frac{\text{mol}_{\text{SOLUTO}}}{\text{mol}_{\text{SOLUTO}} + \text{mol}_{\text{SOLVENTE}}}$$

SOLUTO ELETTROLITA

$$\Delta p_{\text{SOLVENTE}} = -i \cdot x_{\text{SOLUTO}} \cdot p_{\text{SOLVENTE}}^0 \rightarrow \frac{p_{\text{SOLVENTE}}^0 - p_{\text{SOLVENTE}}}{p_{\text{SOLVENTE}}^0} = \frac{i \cdot \text{mol}_{\text{SOLUTO}}}{i \cdot \text{mol}_{\text{SOLUTO}} + \text{mol}_{\text{SOLVENTE}}}$$

ES 6.1] Una soluzione acquosa di $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, di densità 1.05 g cm^{-3} , presenta una tensione di vapore di 230.0 mmHg . Calcolare la molarità della soluzione, sapendo che, alla stessa temperatura, $p^\circ_{\text{H}_2\text{O}} = 233.7 \text{ torr}$.

$$\frac{p^\circ_{\text{SOLVENTE}} - p_{\text{SOLVENTE}}}{p^\circ_{\text{SOLVENTE}}} = \frac{\text{mol}_{\text{SOLUTO}}}{\text{mol}_{\text{SOLUTO}} + \text{mol}_{\text{SOLVENTE}}}$$





ES 6.2] Calcolare la tensione di vapore di una soluzione acquosa al 5.00%w di NaNO_3 (ionizzato al 78.0%), sapendo che alla stessa temperatura la tensione di vapore dell'acqua vale 17.53 mmHg.

$$\frac{p_{\text{SOLVENTE}}^0 - p_{\text{SOLVENTE}}}{p_{\text{SOLVENTE}}^0} = \frac{i \cdot \text{mol}_{\text{SOLUTO}}}{i \cdot \text{mol}_{\text{SOLUTO}} + \text{mol}_{\text{SOLVENTE}}}$$

$$i = 1 + \alpha \cdot (\nu - 1)$$



UN LIQUIDO ENTRA IN EBOLLIZIONE QUANDO LA SUA TENSIONE DI VAPORE UGUAGLIA LA PRESSIONE ATMOSFERICA. QUANDO AD UN SOLVENTE PURO VIENE AGGIUNTO UN SOLUTO NON VOLATILE, SI È VISTO CHE SI HA UN ABBASSAMENTO DELLA TENSIONE DI VAPORE. CIÒ RENDE NECESSARIA UNA TEMPERATURA DI EBOLLIZIONE PIÙ ELEVATA RISPETTO A QUELLA DEL SOLVENTE PURO

UNA SOLUZIONE BOLLE A UNA TEMPERATURA MAGGIORE DI QUELLA DEL SOLVENTE PURO; L'AUMENTO DEL PUNTO DI EBOLLIZIONE È CHIAMATO **INNALZAMENTO EBULLIOSCOPICO**

SOLUTO NON ELETTROLITA

$$\Delta T_{EB} = K_{EB} \cdot m'$$

SOLUTO ELETTROLITA

$$\Delta T_{EB} = i \cdot K_{EB} \cdot m'$$



ES 6.3] 0.080 mol di CH_2ClCOOH sciolte in 1000 g di acqua sono ionizzate al 13%. Calcolare a che temperatura bolle la soluzione, sapendo che $k_e = 0.512 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$\Delta T_{EB} = i \cdot K_{EB} \cdot m'$$



ES 6.4] Calcolare la massa di KOH che, sciolto in 403 mL di acqua (densità: $0.996 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$), alza la temperatura di ebollizione della soluzione di $0.474 \text{ }^{\circ}\text{C}$, sapendo che $k_e = 0.512 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$\Delta T_{EB} = i \cdot K_{EB} \cdot m'$$

UNA SOLUZIONE CONGELA A UNA TEMPERATURA PIÙ BASSA DI QUELLA DEL SOLVENTE PURO: LA DIMINUZIONE DEL PUNTO (O TEMPERATURA) DI CONGELAMENTO SI CHIAMA **ABBASSAMENTO CRIOSCOPICO**

ANCHE QUESTA PROPRIETÀ È UNA DIRETTA CONSEGUENZA DELL'ABBASSAMENTO DELLA TENSIONE DI VAPORE DELLA SOLUZIONE RISPETTO A QUELLA DEL SOLVENTE PURO; IN SOLUZIONE, LE MOLECOLE DEL SOLUTO INTERFERISCONO CON LE FORZE ATTRATTIVE TRA LE MOLECOLE DEL SOLVENTE ED OSTACOLANO LA SOLIDIFICAZIONE DELLE MOLECOLE DEL SOLVENTE ALLA LORO NORMALE TEMPERATURA DI CONGELAMENTO

SOLUTO NON ELETTROLITA

$$\Delta T_{CR} = K_{CR} \cdot m'$$

SOLUTO ELETTROLITA

$$\Delta T_{CR} = i \cdot K_{CR} \cdot m'$$



ES 6.5] Una soluzione contenente 2.120 g di un composto indissociato in 201.5 mL di acqua (di densità $0.9960 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$) fonde a $-0.2180 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Determinare la formula molecolare del composto, sapendo che la K_{cr} dell'acqua è $1.860 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ e che il composto contiene C (26.71 %), H (2.27 %) e O (71.03 %).

$$\Delta T_{CR} = K_{CR} \cdot m'$$





ES 6.6] Una soluzione acquosa di CH_3COOH 2.20 M (densità: 1.02 g cm^{-3}) congela a -5.00°C . Calcolare il grado di dissociazione del soluto, sapendo che la K_{cr} dell'acqua è $1.860^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$\Delta T_{\text{CR}} = i \cdot K_{\text{CR}} \cdot m'$$



L'acido acetico è un composto chimico organico conosciuto per conferire all'aceto il suo caratteristico sapore acre e il suo odore pungente. È un composto molto diffuso in natura; gli organismi superiori lo impiegano ampiamente come intermedio di sintesi, ed è anche il prodotto finale della fermentazione acetica in cui l'etanolo viene ossidato dall'Acetobacter in presenza di aria. È un importante reagente chimico e prodotto industriale che viene utilizzato nella produzione del polietilentereftalato (PET), usato principalmente per le bottiglie di plastica per le bibite; dell'acetato di cellulosa, principalmente per le pellicole fotografiche; dell'acetato di polivinile per le colle da legno e in molte fibre sintetiche e tessuti. In casa, diluito in acqua viene spesso usato come smacchiante. Nell'industria alimentare, l'acido acetico è usato come additivo alimentare con la funzione di regolatore di acidità; è classificato sotto il codice E260.



PRESSIONE OSMOTICA

PONENDO IN CONTATTO UN SOLVENTE PURO E UNA SUA SOLUZIONE ATTRAVERSO UNA MEMBRANA CHE CONSENTA IL PASSAGGIO SOLTANTO ALLE MOLECOLE DI SOLVENTE, SI VERIFICA UNO SPOSTAMENTO DI MOLECOLE DAL SOLVENTE ALLA SOLUZIONE (FENOMENO DI **OSMOSI**). IL SOLVENTE TENDE QUINDI GRADUALMENTE A DILUIRE LA SOLUZIONE. IN ESSA, L'ECCESO DI ACQUA PENETRATA CREA UNA PRESSIONE IDROSTATICA (PRESSIONE **OSMOTICA**), CHE TENDE A OPPORSI ALL'ULTERIORE PASSAGGIO DI SOLVENTE. IN QUESTE CONDIZIONI LA DIFFUSIONE DELLE MOLECOLE DEL SOLVENTE È UGUALE NEI DUE SENSI.

SOLUTO NON ELETTROLITA

$$\Pi \cdot V = n \cdot R \cdot T \longrightarrow \Pi = M \cdot R \cdot T$$

SOLUTO ELETTROLITA

$$\Pi \cdot V = i \cdot n \cdot R \cdot T \longrightarrow \Pi = i \cdot M \cdot R \cdot T$$



ES 6.7] Calcolare la temperatura a cui una soluzione acquosa contenente 0.550 g di $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ in 100 mL di soluzione è isotonica con $4.50 \cdot 10^2$ mL di una soluzione di 1.59 g di $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ in acqua a 25 °C.

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



ES 6.8] Calcolare la molarità di una soluzione di glicerolo, isotonica con una soluzione 0.125 M di Na_2SO_4 .

$$\Pi \cdot V = i \cdot n \cdot R \cdot T$$

ES 6.9] Calcolare quante molecole di soluto non elettrolita sono presenti in 0.50 mL di una soluzione avente pressione osmotica di 0.80 atm a 30 °C.

$$9.7 \cdot 10^{18} \text{ molecole}$$

ES 6.10] Un campione di 75.00 g di una sostanza indissociata viene sciolto in 1000 g di H₂O. La soluzione ha una densità di 1.080 g · mL⁻¹ ed una pressione osmotica di 2.550 atm, alla temperatura di 25.00 °C. Calcolare la massa molecolare della sostanza.

$$722.9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ES 6.11] Una soluzione contenente 1.285 g di un soluto non elettrolita in 118 g di solvente ha un abbassamento crioscopico di 0.235 °C. Sapendo che la massa molare del soluto è di 64.04 g mol⁻¹, calcolare la K_{cr}.

$$1.38 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ES 6.12] Calcolare il punto d'ebollizione di una soluzione acquosa (K_{eb} = 0.52 °C · Kg · mol⁻¹, K_{cr} = 1.86 °C · Kg · mol⁻¹) che congela a -2.47 °C.

$$100.69 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ES 6.13] La pressione osmotica del plasma sanguigno è di 7.70 atm a 38.0 °C. Calcolarne il punto di congelamento, approssimando ad $1.00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ la sua densità e ad 1.00 kg il contenuto di H_2O ($K_{\text{cr}} = 1.86 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$) in 1.00 L di plasma.

Do 1950 -

ES 6.14] Un campione di 5.00 g di una sostanza indissociata è sciolto in 150 mL di H_2O ($\rho = 0.996 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$). Se l'innalzamento della temperatura di ebollizione è di 0.100 °C e la K_{eb} vale $0.512 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, calcolare la massa molare della sostanza.

1-10m . 8 171

ES 6.15] Il formaggio Camembert contiene i grassi come uniche sostanze solubili in C_6H_6 (benzene). Da un campione di 2.50 g di questo formaggio, contenente il 25.5% di grassi, quest'ultimi sono stati estratti con 30.0 mL di C_6H_6 ($K_{\text{cr}} = 4.88 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\rho = 0.879 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$). La soluzione così ottenuta presenta un abbassamento crioscopico di 0.203 °C. Calcolare la massa molare media dei grassi contenuti nel Camembert.

1-10m . 8 785



ES 6.16] Calcolare la percentuale in peso di $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ (glicerina) che deve contenere una soluzione acquosa anticongelante ($K_{\text{cr}} = 1.86 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$) per auto affinché solidifichi a $-10.0 \text{ }^\circ\text{C}$.

33.1 %

ES 6.17] Determinare la formula molecolare della molecola Se_x , sapendo che una soluzione ottenuta da 0.796 g di Se_x in 90.5 g di C_6H_6 ($K_{\text{cr}} = 4.88 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$) presenta un abbassamento crioscopico di $6.80 \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$.

Se_8

ES 6.18] Calcolare la pressione osmotica di una soluzione contenente, in 475 mL a $27 \text{ }^\circ\text{C}$, 2.00 g di $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ (glicole etilenico) e 2.00 g di urea (CON_2H_4).

3.4 atm

ES 6.19] Stabilire quale delle seguenti soluzioni acquose, a parità di temperatura, ha la maggiore pressione osmotica: bromuro di calcio $2.70 \cdot 10^{-2} \text{ M}$, nitrato di sodio $3.20 \cdot 10^{-2} \text{ M}$, ortofosfato di potassio $1.80 \cdot 10^{-2} \text{ M}$.

Bromuro di calcio

ES 6.20] Calcolare la massa di $C_3H_8O_3$ (glicerina) da sciogliere in H_2O per ottenere 200 mL di una soluzione isotonica con un'altra contenente 5.00 g di $C_{12}H_{22}O_{11}$ (saccarosio) in un volume di 800 mL.

8 93360

ES 6.21] Determinare la formula molecolare di un composto organico contenente il 93.5 % di C e il 6.50 % di H, sapendo che la soluzione ottenuta sciogliendone 0.821 g in 18.2 g di C_6H_6 (benzene, $T_{FUS} = 5.50\text{ }^{\circ}C$, $K_{cr} = 4.88\text{ }^{\circ}C \cdot Kg \cdot mol^{-1}$) solidifica a $4.06\text{ }^{\circ}C$.

$C_{12}H_{10}$

ES 6.22] Una soluzione acquosa ($K_{cr} = 1.86\text{ }^{\circ}C \cdot Kg \cdot mol^{-1}$) 0.10 m congela a $-0.37\text{ }^{\circ}C$. Stabilire se il soluto è un elettrolita o un non elettrolita.

Elettrolita

ES 6.23] Calcolare la molarità di una soluzione acquosa di $CaCl_2$, avente una pressione osmotica di 0.320 atm a $25.0\text{ }^{\circ}C$.

$4.36 \cdot 10^{-3} M$

ES 6.24] Calcolare l'innalzamento ebullioscopico di una soluzione acquosa ($K_{eb} = 0.520 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$), preparata sciogliendo 0.500 mol di $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ in 838 g di H_2O .

0.521

ES 6.25] Calcolare la massa di Na_2SO_4 da aggiungere a 2.00 L di H_2O per ottenere una soluzione che, a $20.0 \text{ } ^\circ\text{C}$, ha una pressione osmotica di 250 torr.

1.29 g

ES 6.26] L'acqua di mare contiene $35 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ di soluti: supponendo che siano costituiti solo da NaCl , calcolare la pressione minima che bisogna applicare all'acqua di mare per convertirla in acqua dolce, tramite osmosi inversa a $20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

29 atm

ES 6.27] Calcolare la molarità di una soluzione acquosa di Na_2SO_4 , che ha la stessa pressione osmotica, alla stessa temperatura, di una soluzione acquosa di K_3PO_4 $2.00 \cdot 10^{-2} \text{ M}$.

$2.67 \cdot 10^{-2} \text{ M}$

ES 6.28] Calcolare la massa di MgCl_2 che bisogna aggiungere a 100 g di H_2O ($K_{\text{eb}} = 0.510 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$) affinché bolla a $100.380 \text{ }^\circ\text{C}$.

8 98.7

ES 6.29] Ricordando che la densità dell'acqua è unitaria, calcolare la molarità di una soluzione acquosa di NaCl , che congela alla stessa temperatura di una soluzione acquosa di nitrato di calcio $1.0 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

$1.0 \cdot 10^{-3} \text{ M}$

ES 6.30] Una soluzione contiene 0.848 g di un cloruro di un metallo del primo gruppo in 2.00 L di H_2O (densità unitaria, $K_{\text{cr}} = 1.86 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$). Se il punto di fusione è $-3.72 \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$, individuare il metallo alcalino.

Li

ES 6.31] Stabilire quale delle seguenti soluzioni acquose ha il più basso punto di fusione: nitrato di calcio 0.15 m, nitrato di potassio 0.20 m, acido nitrico 0.10 m.

Nitrato di calcio



ES 6.32] I feromoni sono composti secreti dalle femmine di molte specie di insetti per attrarre i maschi. Uno di questi composti contiene l'80.78% di C, il 13.56% di H e il 5.66% di O. Una soluzione contenente 1.00 g di questo feromone in 8.50 g di benzene ($K_{cr} = 5.12 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$) congela a $3.37 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Determinare la formula molecolare del composto, sapendo che il benzene puro congela a $5.50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

$\text{O}^{8\%}\text{H}^{61\%}\text{C}$

ES 6.33] Quanti litri del liquido antigelo (glicole etilenico, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$, $\rho = 1.11 \text{ g mL}^{-1}$) bisogna aggiungere a 6.50 L di acqua ($\rho = 1 \text{ g mL}^{-1}$, $K_{cr} = 1.86 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$) contenuta nel radiatore di un'automobile se la temperatura invernale più fredda in cui sosta è di $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$?

16.8

ES 6.34] Una soluzione fisiologica è una soluzione di cloruro di sodio (0.86 wt%, $\rho = 1.005 \text{ g mL}^{-1}$) in acqua purificata, comunemente per infusioni intravena in ospedale, per sciacquare le lenti a contatto e per riempire le protesi al seno. Calcolare la pressione osmotica di questa soluzione alla temperatura corporea ($37 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

7.5 atm

**ES 6.35] Rispondere ai seguenti quesiti:**

18- Sapendo che la tensione di vapore di una soluzione acquosa ottenuta sciogliendo una certa quantità di NaCl in 18,0 grammi di acqua a 25°C vale 23,65 mmHg e che alla stessa temperatura $P^\circ(\text{H}_2\text{O}) = 23,76 \text{ mmHg}$.
Calcolare a 20°C la pressione osmotica (in atm) della stessa soluzione (densità acqua = 1,00 g/mL)
[]

20- 2.60 grammi di un acido debole monoprotico di P.M. = 94,5 sono sciolti in 60,0 grammi di acqua a 32.0°C.

La tensione di vapore della soluzione rispetto al solvente puro si abbassa di 0,335 mmHg.

Calcolare il grado di dissociazione dell'acido sapendo che alla stessa temperatura $P(\text{H}_2\text{O}) = 35,66 \text{ mmHg}$

11- Viene preparata una soluzione acquosa 0,10 M delle seguenti 5 sostanze:

- 1) BaCl_2
- 2) NaCl
- 3) CuSO_4
- 4) HNO_3
- 5) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

Quale delle 5 soluzioni presenta l'abbassamento crioscopico maggiore?

Risp:

6.2 atm; 0.148; 1