

Reazioni chimiche (1)

Reazioni acido-base

Teoria di Brønsted del trasferimento di protoni (ioni H⁺)

Acido: molecola o ione capace di trasferire protoni ad una base

Base: molecola o ione capace di ricevere protoni trasferiti da un acido

Reazione acido-base: trasferimento di uno o più protoni da un acido a una base



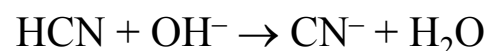
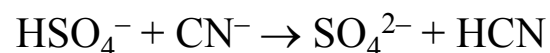
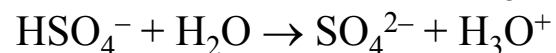
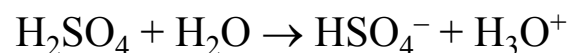
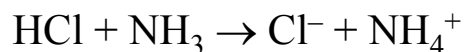
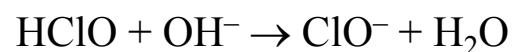
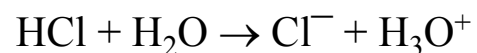
Coppia coniugata acido-base “a/b”

Forza di acidi e basi



Una reazione acido base avviene quando l'acido e la base che reagiscono formano un acido ed una base più deboli.

Reazioni chimiche (2)



FORZA CRESCENTE DEGLI ACIDI

ACIDO
BASE

acido perclorico	HClO ₄	- ClO ₄ ⁻	ione perclorato
ioduro di idrogeno	HI	- I ⁻	ione ioduro
bromuro di idrogeno	HBr	- Br ⁻	ione bromuro
cloruro di idrogeno	HCl	- Cl ⁻	ione cloruro
acido solforico	H ₂ SO ₄	- HSO ₄ ⁻	ione idrogenosolfato
ione ossonio	H ₃ O ⁺	- H ₂ O	acqua
acido nitrico	HNO ₃	- NO ₃ ⁻	ione nitrato
acido solforoso	H ₂ SO ₃	- HSO ₃ ⁻	ione idrogenosolfito
ione idrogenosolfato	HSO ₄ ⁻	- SO ₄ ²⁻	ione solfato
acido fosforico	H ₃ PO ₄	- H ₂ PO ₄ ⁻	ione diidrogenofosfato
acido acetico	CH ₃ COOH	- CH ₃ COO ⁻	ione acetato
ione esaquoalluminio	Al(H ₂ O) ₆ ³⁺	- AlOH(H ₂ O) ₅ ²⁺	ione idrossopenta-aquoalluminio
acido carbonico	H ₂ CO ₃	- HCO ₃ ⁻	ione idrogenocarbonato
solfuro di idrogeno	H ₂ S	- HS ⁻	ione idrogenosolfuro
ione idrogenosolfito	HSO ₃ ⁻	- SO ₃ ²⁻	ione solfito
ione diidrogenofosfato	H ₂ PO ₄ ⁻	- HPO ₄ ²⁻	ione idrogenofosfato
acido ipocloroso	HClO	- ClO ⁻	ione ipoclorito
cianuro di idrogeno	HCN	- CN ⁻	ione cianuro
acido borico	H ₃ BO ₃	- H ₂ BO ₃ ⁻	ione diidrogenoborato
ione ammonio	NH ₄ ⁺	- NH ₃	ammoniaca
ione idrogenocarbonato	HCO ₃ ⁻	- CO ₃ ²⁻	ione carbonato
fenolo (acido fenico)	C ₆ H ₅ OH	- C ₆ H ₅ O ⁻	ione fenossido
ione idrogenofosfato	HPO ₄ ²⁻	- PO ₄ ³⁻	ione fosfato
ione idrogenosolfuro	HS ⁻	- S ²⁻	ione solfuro
acqua	H ₂ O	- OH ⁻	ione idrossido
etanolo (alcool etilico)	C ₂ H ₅ OH	- C ₂ H ₅ O ⁻	ione etossido
ammoniaca	NH ₃	- NH ₂ ⁻	ione ammonuro

FORZA CRESCENTE DELLE BASI

Reazioni chimiche (3)

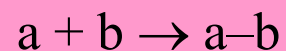
Reazioni acido-base

Teoria di Lewis della condivisione di una coppia elettronica

Acido: molecola o ione capace di accettare una coppia di elettroni (accettore)

Base: molecola o ione capace di fornire una coppia di elettroni (donatore)

Reazione acido-base: formazione di un addotto con un legame covalente fra acido e base



Reazioni chimiche (4)

Reazioni di ossidoriduzione

Ossidanti e riducenti

Ossidante: molecola o ione capace di strappare elettroni ad un riducente

Riducente: molecola o ione capace di fornire elettroni ad un ossidante

Reazione redox: trasferimento di uno o più elettroni da un riducente a un ossidante

Coppie redox



Ossidazione del riducente: uno o più atomi del riducente aumentano il proprio *NO*

Riduzione dell'ossidante: uno o più atomi dell'ossidante riducono il proprio *NO*

Bilanciamento della reazione redox: l'aumento complessivo del *NO* del riducente deve essere uguale alla riduzione complessiva del *NO* dell'ossidante

Forza di ossidanti e riducenti

Reazioni chimiche (5)

Reazioni di ossidoriduzione

Bilanciamento delle reazioni di ossidoriduzione

Quattro passi:

1. Individuazione coppie redox
2. Bilancio degli elettroni (variazioni dei NO)
3. Bilancio delle cariche elettriche
4. Bilancio degli atomi

STATO GASSOSO (0)

Leggi del gas ideale

Pressioni e volumi parziali

Teoria cinetica dei gas

Effusione dei gas

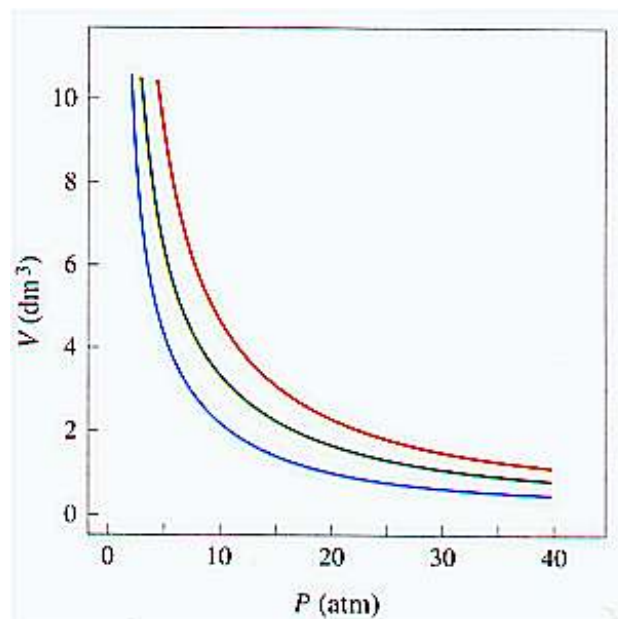
Temperatura ed energia cinetica delle molecole

Gas reali

STATO GASSOSO (0)

Leggi del gas ideale:

Legge di Boyle

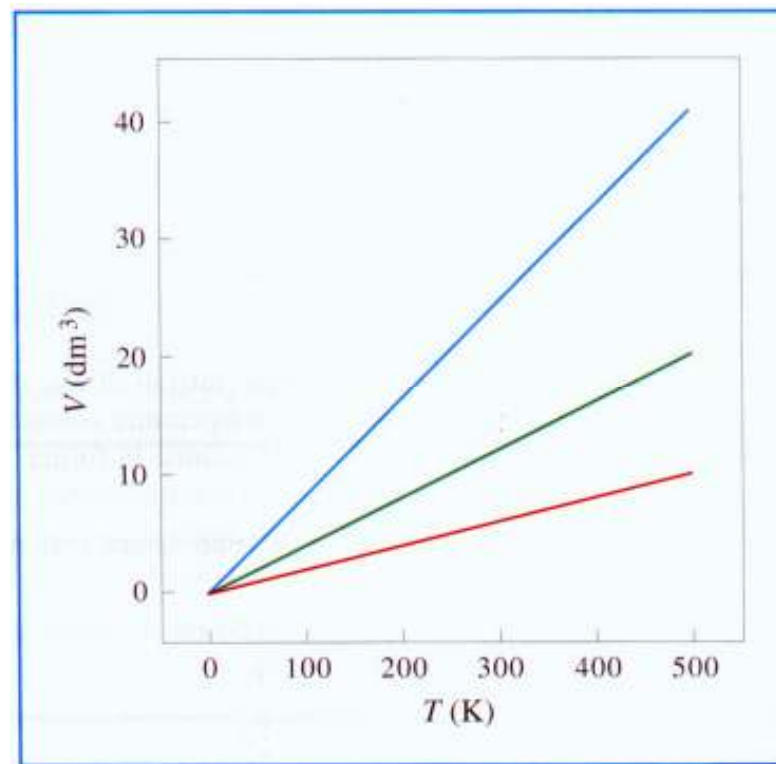


Isotherme per una mole di gas ideale

STATO GASSOSO (0)

Leggi del gas ideale:

Legge di Charles



101 325 Pa

202 650 Pa

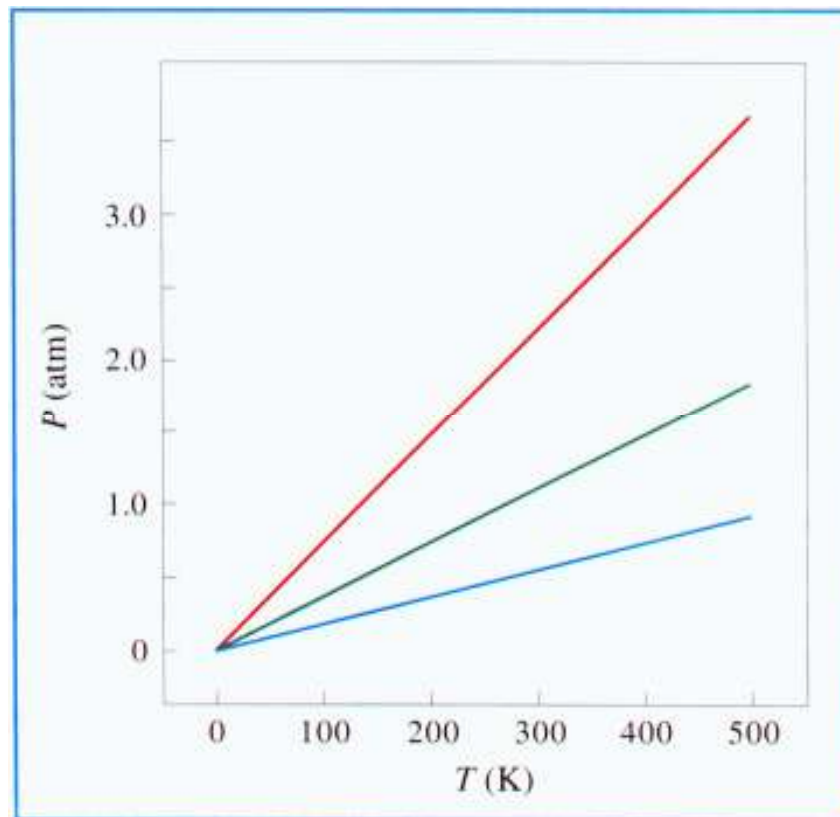
405 300 Pa

Volume di una mole di gas ideale in funzione della temperatura a pressione costante

STATO GASSOSO (0)

Leggi del gas ideale:

Legge di Gay-Lussac



0.0112 m³

0.0224 m³

0.0448 m³

Pressione di una mole di gas ideale in funzione della temperatura a volume costante

STATO GASSOSO (0)

Leggi del gas ideale:

Principio di Avogadro

Volumi uguali di gas differenti, nelle stesse condizioni di pressione e temperatura, contengono lo stesso numero di molecole

Equazione di stato del gas ideale:

$$PV = nRT$$

STATO GASSOSO (0)

Teoria cinetica dei gas

Gas ideale:

- N molecole puntiformi in movimento
- energia cinetica proporzionale alla temperatura: $\langle E_{\text{kin}} \rangle = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \alpha T$
- pressione dovuta agli urti sulle pareti del recipiente

$$PV = \frac{1}{3} N m \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} N \langle E_{\text{kin}} \rangle = \frac{2}{3} N \alpha T = \frac{2}{3} n N_A \alpha T = nRT$$

$$k = \frac{2}{3} \alpha \quad \langle E_{\text{kin}} \rangle = \frac{3}{2} kT \quad R = k N_A \quad k = 1.3806503(24) \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

Effusione dei gas

STATO GASSOSO (0)

Leggi del gas ideale:

Legge di Dalton delle pressioni parziali

Si definisce pressione parziale di una gas in una soluzione gassosa la pressione che questo eserciterebbe se occupasse da solo tutto il volume in cui si trova la miscela.

$$P_i = n_i RT/V$$
$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_k$$
$$P_i = (n_i/n_{tot})P = x_i P$$

STATO GASSOSO (0)

Temperatura ed energia cinetica delle molecole

$$\frac{dN_v}{N} = f_v dv = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2} e^{-mv^2/2kT} v^2 dv$$

È questa la forma più nota della legge di Maxwell-Boltzmann (legge della *distribuzione delle velocità*). Il grafico di f_v , in funzione di v , è riportato in fig. A8.4 (f_v ha le dimensioni del reciproco di una velocità; la frazione di molecole che ha velocità compresa tra v e $v+dv$ è data da $f_v dv$). La funzione f_v ha valore zero per $v = 0$, un massimo per $v = (2kT/m)^{1/2}$ (questo massimo si sposta a velocità mag-

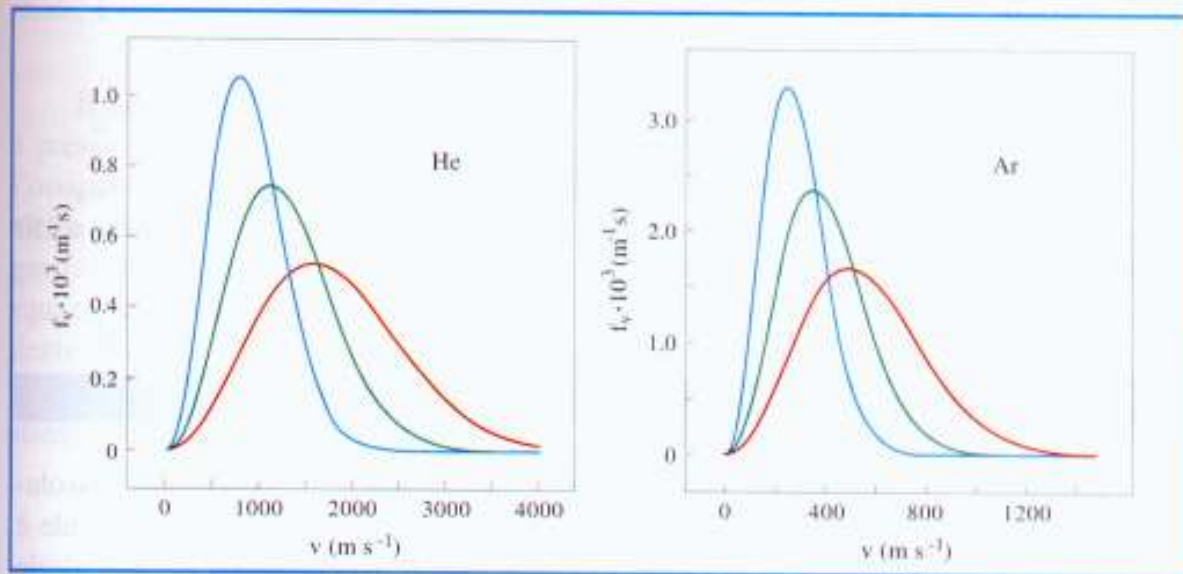


Figura A8.4 - Distribuzione delle velocità a 150 K (linea blu), a 298 K (linea verde) ed a 600 K (linea rossa) delle molecole dei gas He, P.M. = 4,003, (a sinistra) e Ar, P.M. = 39,95, (a destra).

Transizioni di fase

Tensione di vapore

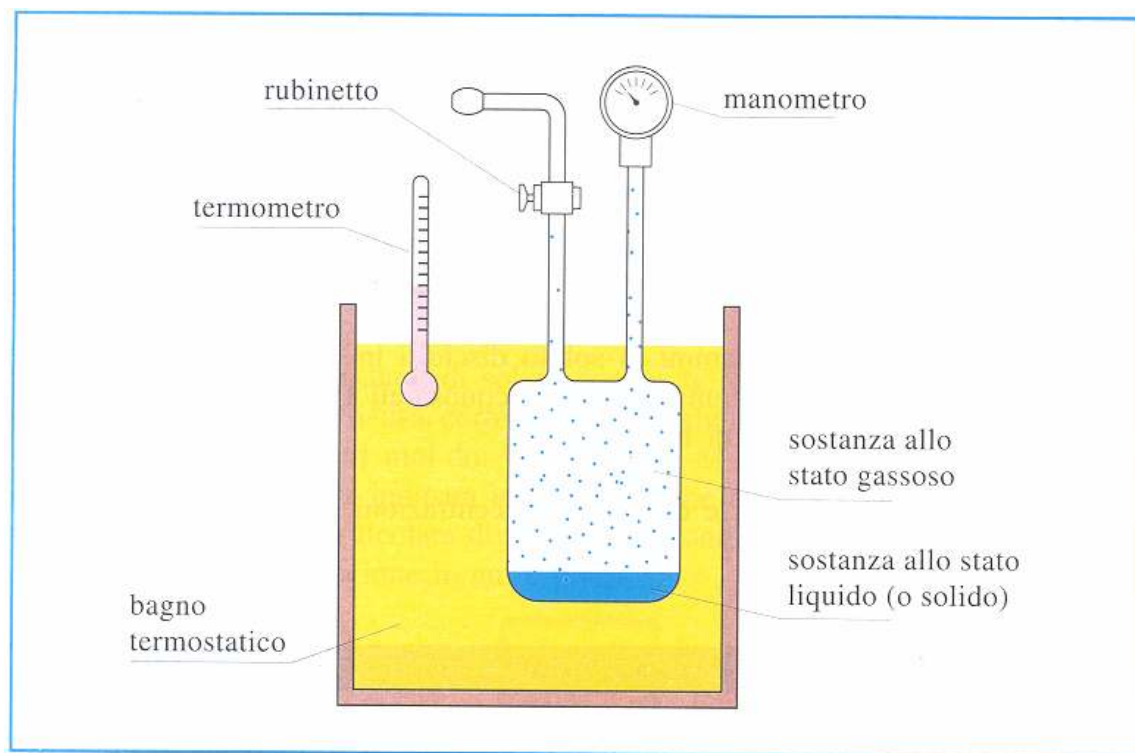


Figura A9.1 - Misura della tensione di vapore di una sostanza.

Un'altra proprietà dei liquidi

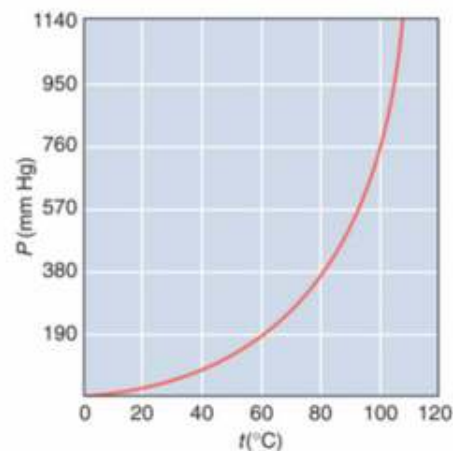
Tensione superficiale



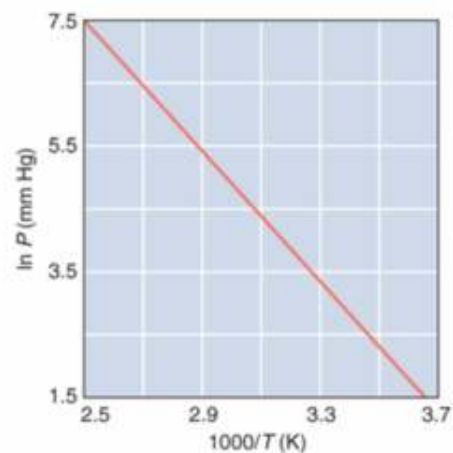
Tensione superficiale. Le goccioline d'acqua sono praticamente sferiche e sono attaccate al bordo della foglia a causa dell'elevata tensione superficiale dell'acqua.

Transizioni di fase

Tensione di vapore



(a)

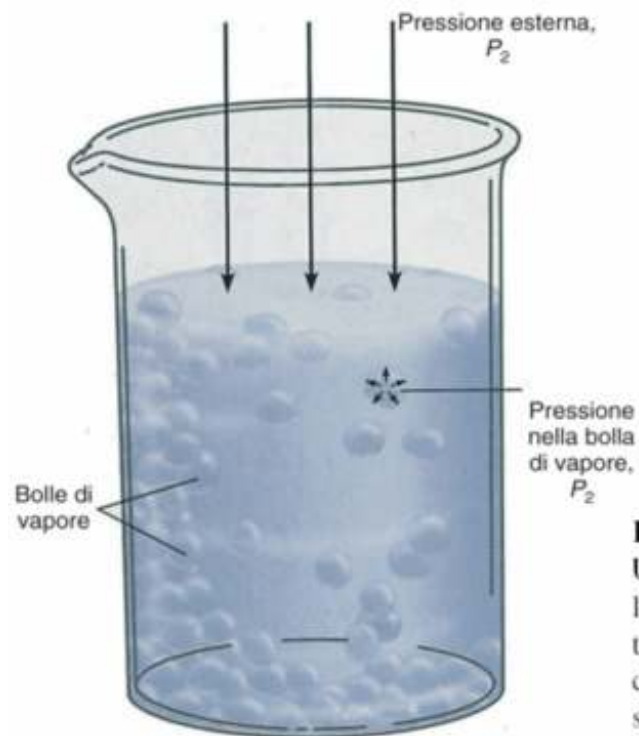


(b)

Tensione di Vapore verso Temperatura. (a) Una rappresentazione grafica della tensione di vapore (P) verso la temperatura t (°C) per l'acqua (o per qualsiasi altro liquido) è una curva con una pendenza continuamente crescente. (b) Un grafico del logaritmo della tensione di vapore verso il reciproco della temperatura assoluta, $1/T$ (K), è una linea retta. (Per avere numeri più grandi abbiamo riportato in grafico $1000 \times 1/T$.)

Transizioni di fase

Tensione di vapore

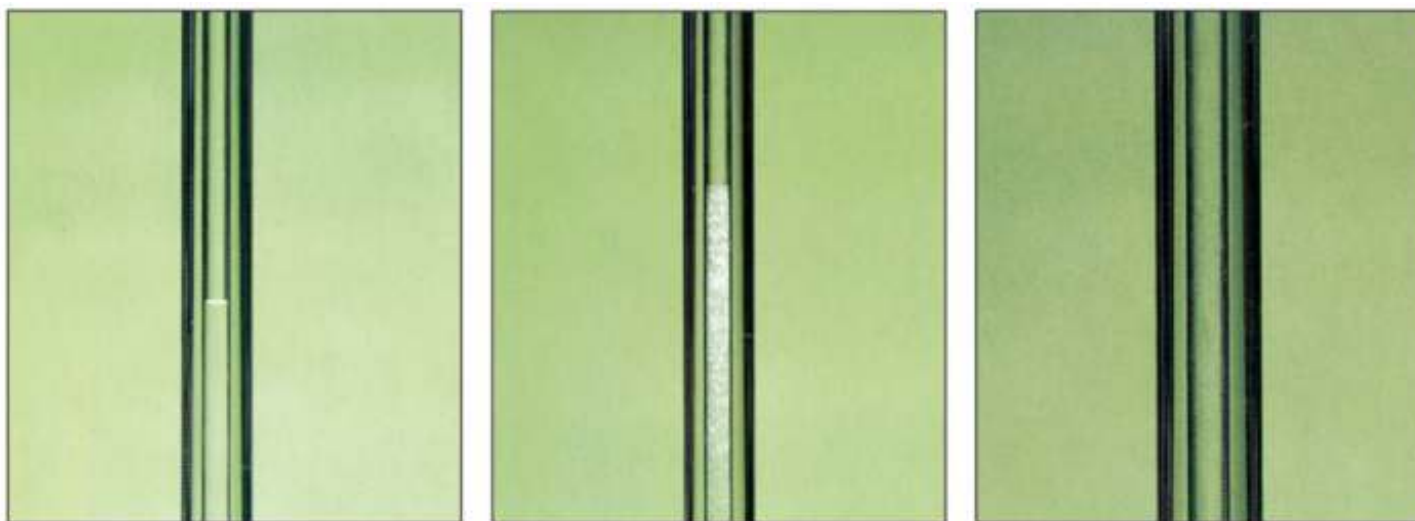


Ebollizione e tensione di vapore.

Un liquido bolle quando raggiunge la temperatura alla quale la tensione di vapore nelle sue bolle di vapore (P_1) supera la pressione sopra il liquido (P_2).

Transizioni di fase

Tensione di vapore



Temperatura critica. (a) Biossido di carbonio liquido viene saldato sotto pressione in un tubo di vetro in cui è stato fatto il vuoto. (b) Quando il tubo viene riscaldato, si formano bolle di vapore nel liquido. (c) Improvvisamente a 31°C , temperatura critica di CO_2 , il menisco (la superficie del liquido nel tubo) scompare. Al di sopra di questa temperatura è presente una sola fase, indipendentemente dalla pressione applicata.

Transizioni di fase

Tensione di vapore

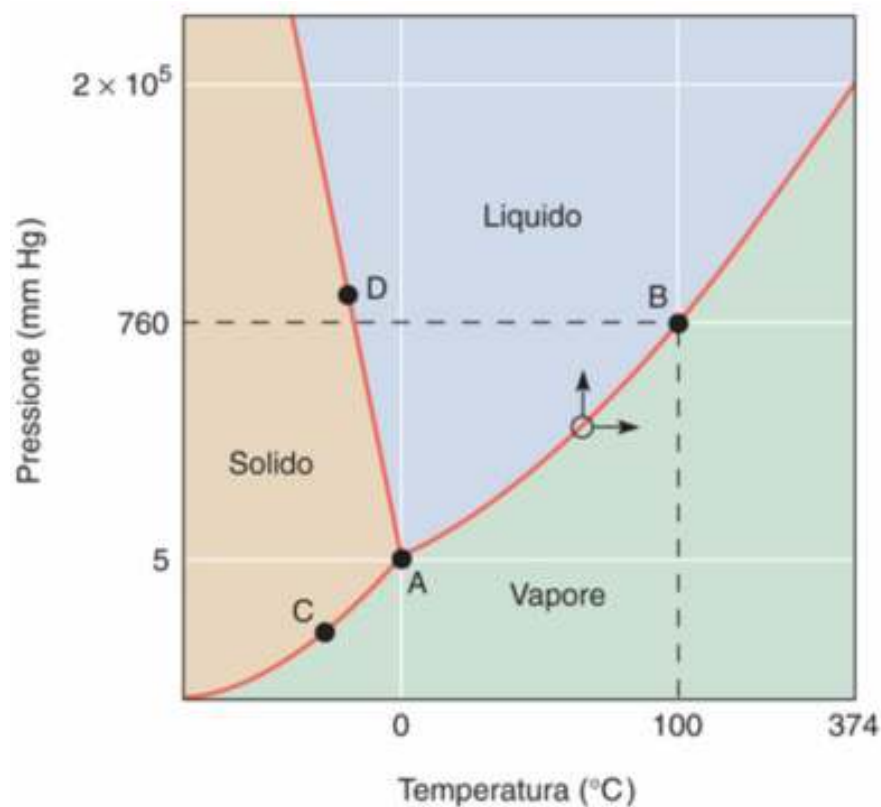


Diagramma delle fasi dell'acqua (non in scala). Le linee rappresentano le temperature e le pressioni alle quali le fasi sono in equilibrio. Il punto triplo è a 0.01°C , 4.56 mm Hg; il punto critico è a 374°C , 1.66×10^{-5} mm Hg (218 atm).

Transizioni di fase

Tensione di vapore

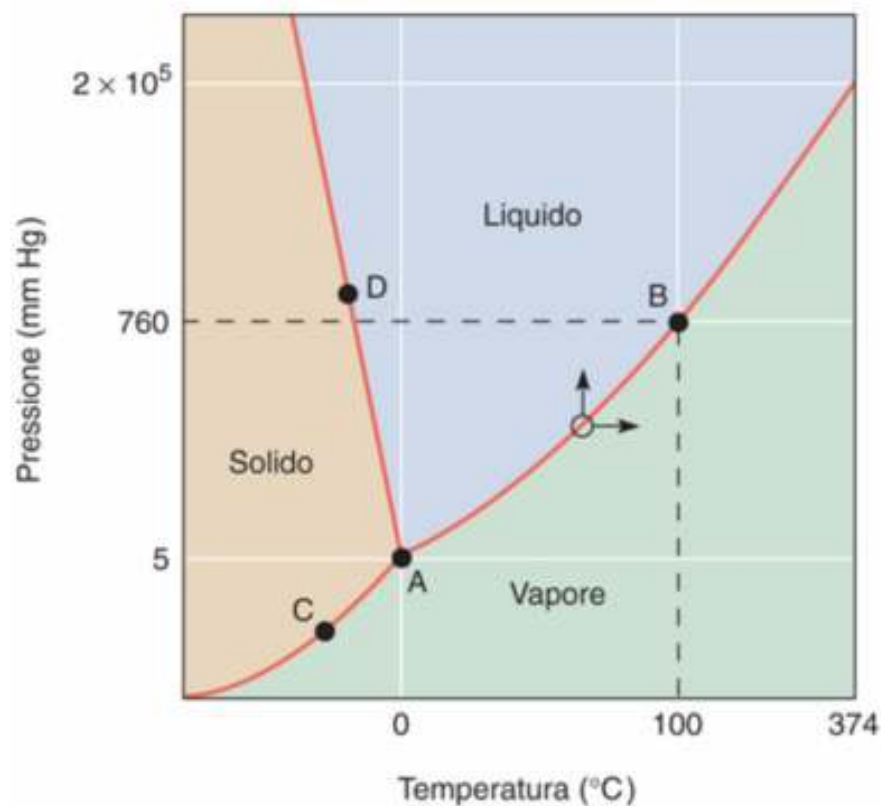


Diagramma delle fasi dell'acqua (non in scala). Le linee rappresentano le temperature e le pressioni alle quali le fasi sono in equilibrio. Il punto triplo è a 0.01°C, 4.56 mm Hg; il punto critico è a 374°C, 1.66×10^{-5} mm Hg (218 atm).

Transizioni di fase

Tensione di vapore

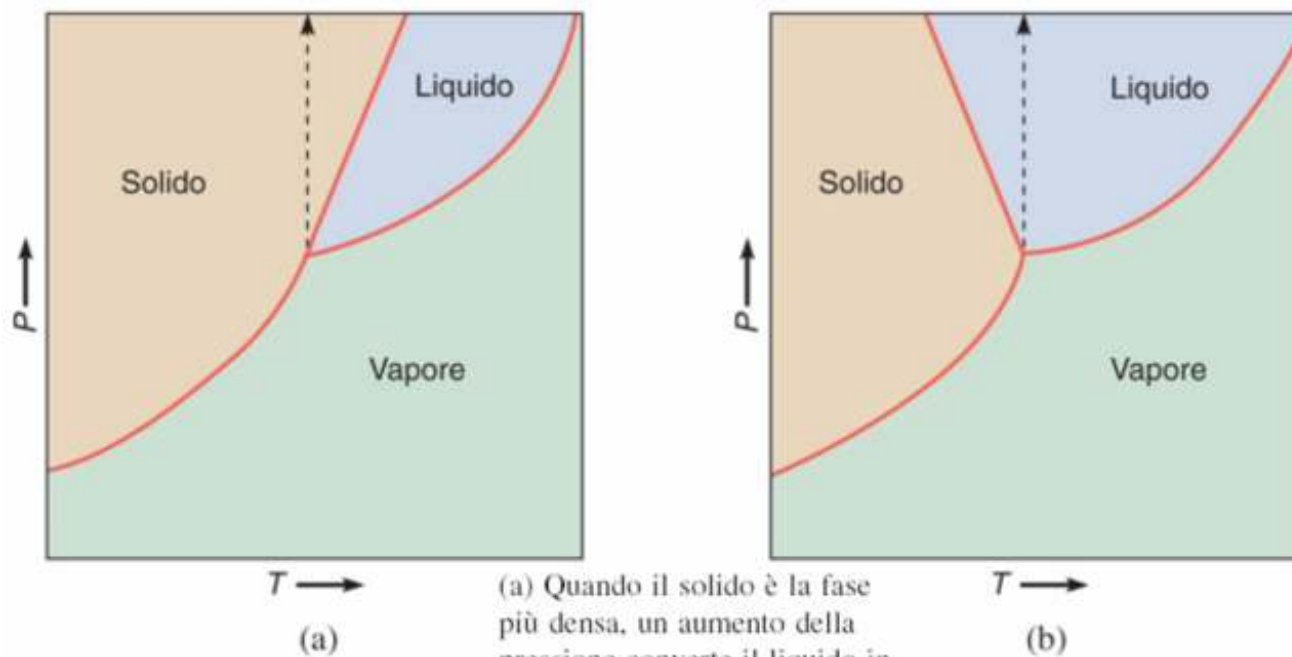


Sublimazione. Lo iodio solido passa direttamente in fase vapore ad ogni temperatura inferiore al suo punto triplo, 114°C . Il vapore condensa a solido su una superficie fredda come quella del pallone superiore riempito di ghiaccio.

Transizioni di fase

Tensione di vapore

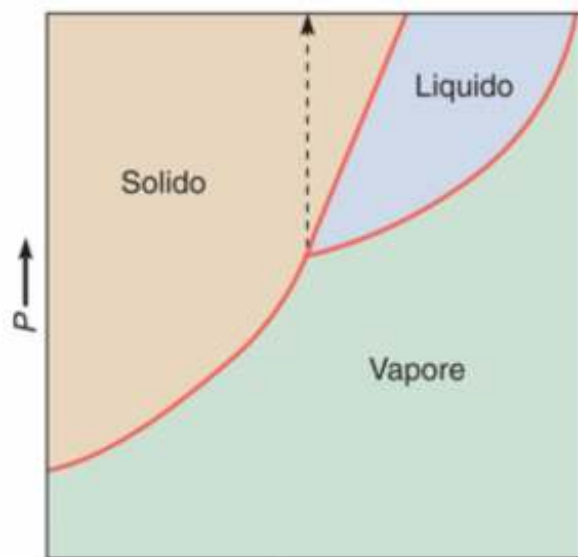
Effetto della pressione sul
punto di fusione di un solido.



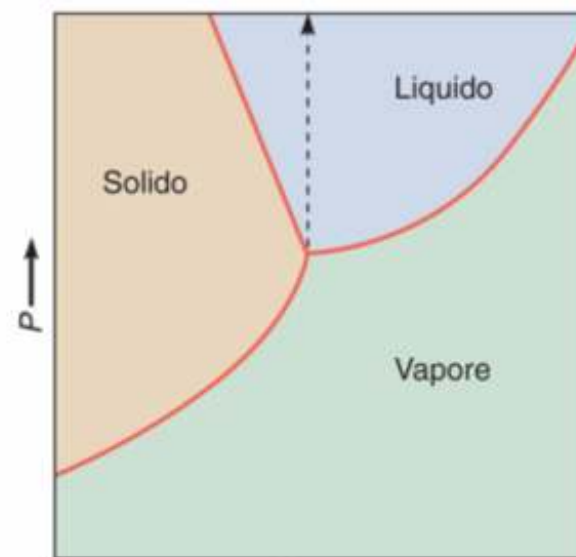
Transizioni di fase

Tensione di vapore

Effetto della pressione sul
punto di fusione di un solido.



(a)



(b)

(a) Quando il solido è la fase più densa, un aumento della pressione converte il liquido in solido; il punto di fusione aumenta. (b) Se il liquido è la fase più densa, un aumento di pressione converte il solido in liquido e il punto di fusione si abbassa.

LE SOLUZIONI (0)

Concentrazione

Tensione di vapore: legge di Raoult

Ebullioscopia e crioscopia

Proprietà colligative delle soluzioni

LE SOLUZIONI (1)

Concentrazione

Concentrazione molare o molarità:

$$C_M = n / V \quad (\text{mol dm}^{-3})$$

Concentrazione molale o molalità:

$$C_m = n / m_0 \quad (\text{mol kg}^{-1})$$

Frazione molare

$$x_i = n_i / n_{tot} \quad \text{adimensionale}$$

LE SOLUZIONI (1)

Concentrazione



(a)



(b)



(c)

Preparazione di un litro di CuSO_4 0.100 M per diluizione. (a) Un pallone volumetrico contenente 50.0 mL di CuSO_4 2.00 M che erano stati accuratamente misurati usando una pipetta. (b) È stata aggiunta acqua fin sotto il segno di livello inciso nel pallone. (c) Infine, si aggiunge con attenzione acqua per portare il livello esattamente al segno sul collo del pallone corrispondente a 1.00 L.

LE SOLUZIONI (2)

Tensione di vapore

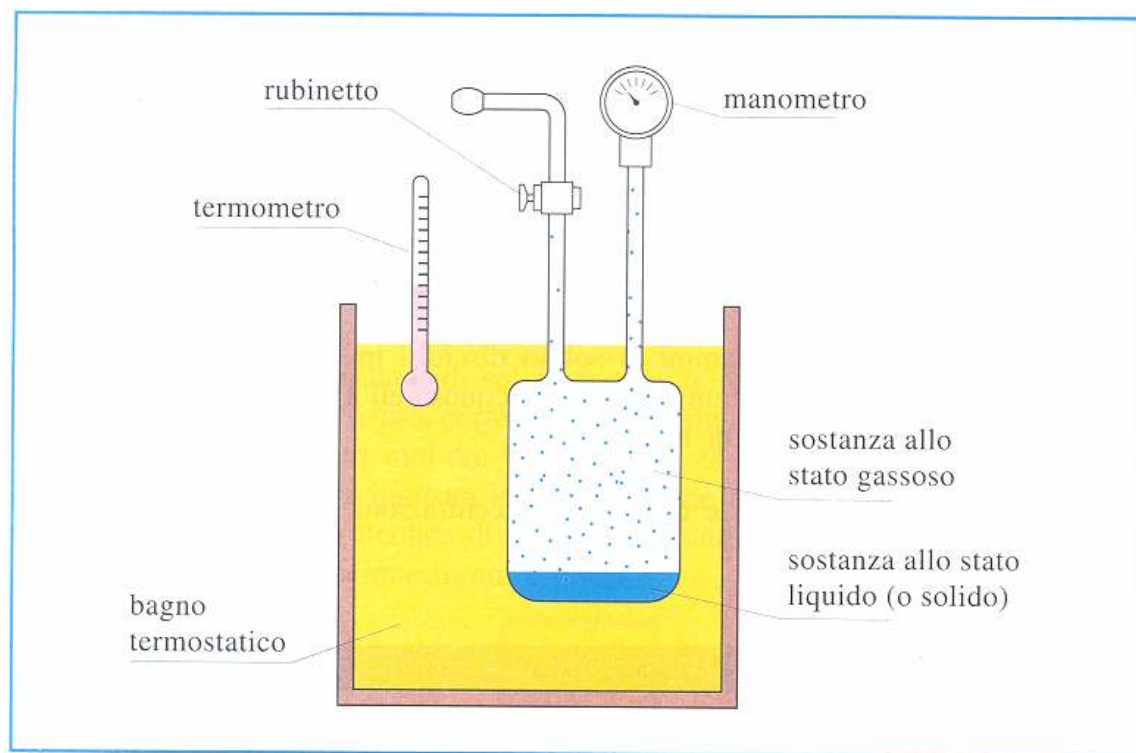


Figura A9.1 - Misura della tensione di vapore di una sostanza.

Tensione di vapore: legge di Raoult

LE SOLUZIONI (2)

Tensione di vapore: legge di Raoult

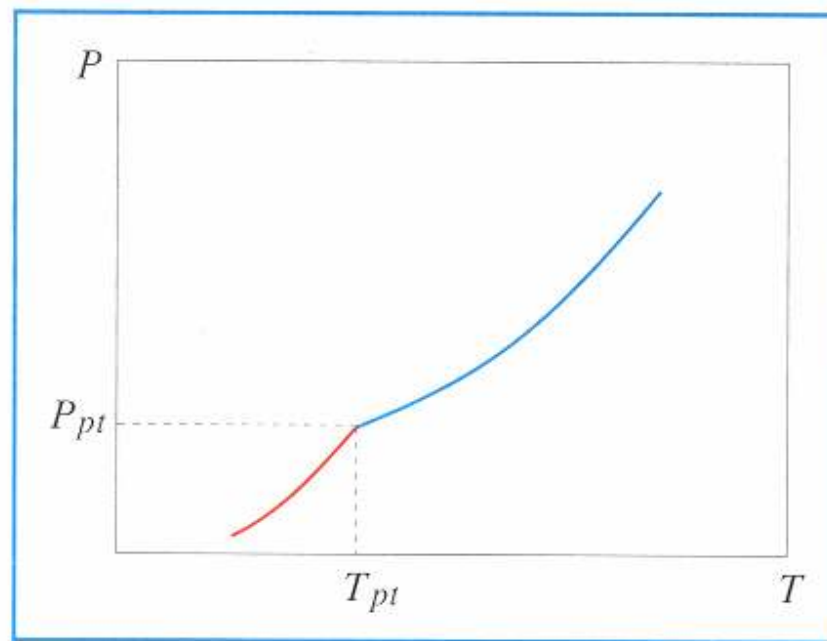


Figura A9.2 - Tensione di vapore di una sostanza in funzione della temperatura (la linea rossa è relativa alla sostanza solida, quella blu alla sostanza liquida).

LE SOLUZIONI (3)

Tensione di vapore: legge di Raoult

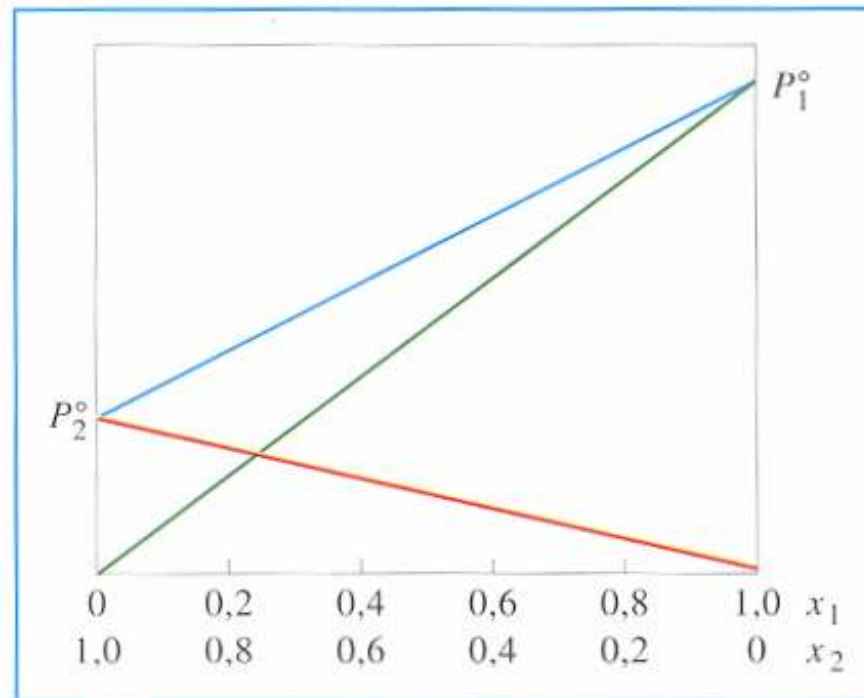


Figura A9.3 - Tensione di vapore di una soluzione ideale (linea blu) di due sostanze liquide in funzione della frazione molare dei componenti. Le linee colorate in rosso e in verde indicano la pressione parziale, nel vapore, dei due componenti la soluzione.

LE SOLUZIONI (4)

Tensione di vapore: legge di Raoult

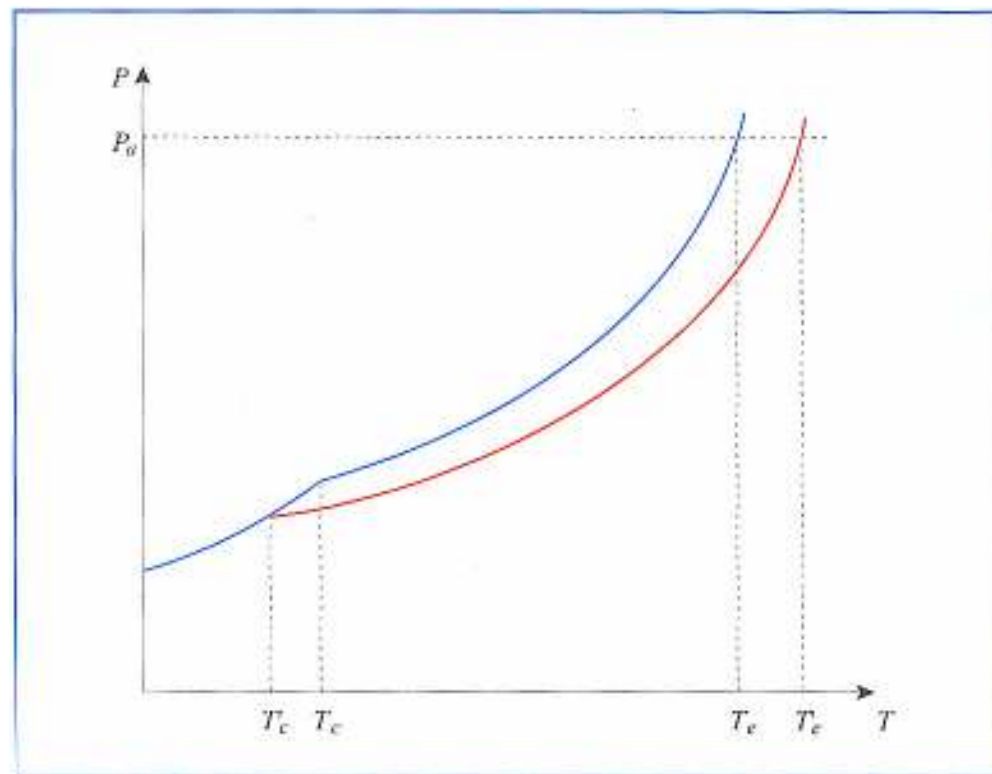


Figura A9.4 - Tensione di vapore del solvente puro (linea blu) e di una soluzione (linea rossa). P_a è il valore della pressione atmosferica.

LE SOLUZIONI (5)

Tensione di vapore: legge di Raoult

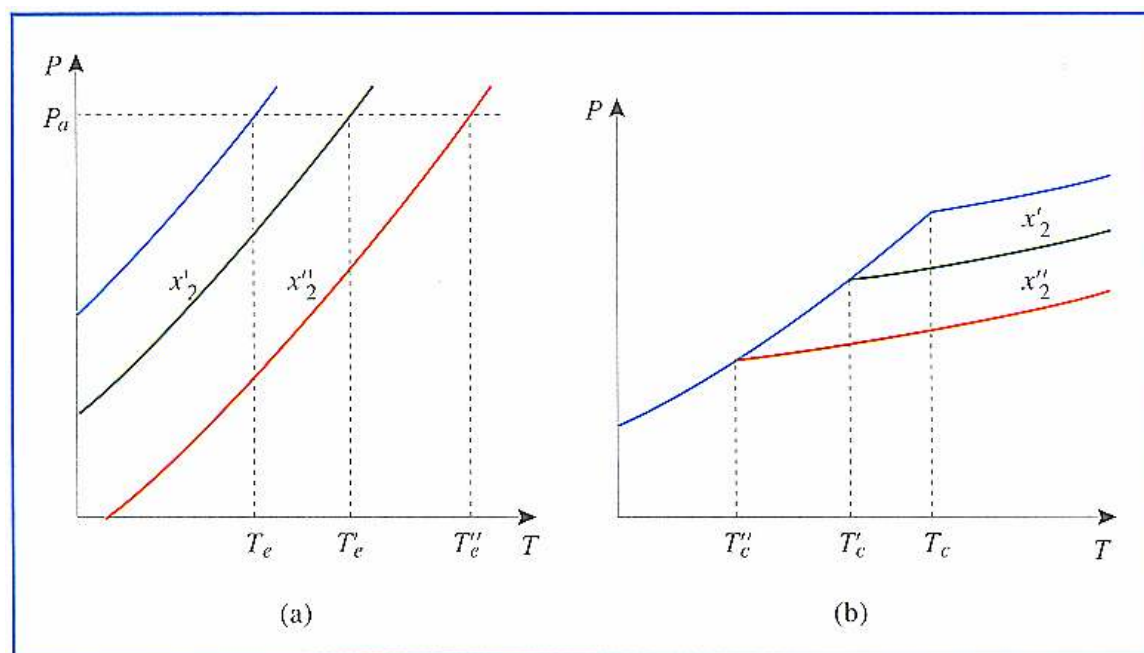


Figura A9.5 - Tensione di vapore del solvente e di due soluzioni di differente concentrazione ($x_2'' > x_2'$) in corrispondenza della temperatura di ebollizione (a) e di congelamento (b). All'aumentare della concentrazione aumenta la temperatura di ebollizione e diminuisce la temperatura di inizio di congelamento.

LE SOLUZIONI (6)

Tensione di vapore: legge di Raoult

$$\Delta T_c = K_c C_m \qquad \Delta T_e = K_e C_m \qquad \Delta p = K_t C_m$$

Tabella A9.1 - Costanti crioscopiche ed ebullioscopiche molali e temperature di fusione e di ebollizione di alcuni solventi.

Solvente	K_c	T_f (°C)	K_e	T_e (°C)
Acqua (H ₂ O)	1,86	0,00	0,512	100,0
Benzene (C ₆ H ₆)	5,12	5,51	2,530	80,1
Nitrobenzene (C ₆ H ₅ NO ₂)	6,89	5,70	5,240	210,9
Disolfuro di carbonio (CS ₂)			2,340	46,2
Tetraclorometano (CCl ₄)			5,030	76,5
Triclorometano (CHCl ₃)			3,630	61,7

LE SOLUZIONI (7)

Pressione osmotica

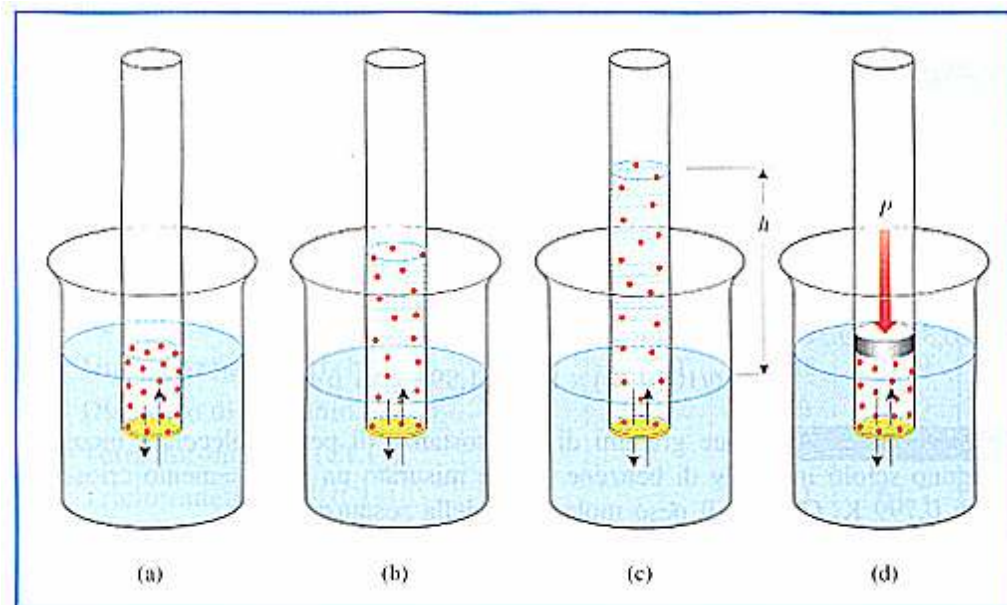


Figura A9.6 - La soluzione, contenuta nel tubo, è separata dal solvente tramite una membrana semipermeabile. Il flusso del solvente attraverso la membrana è uguale nei due sensi quando la differenza tra la pressione idrostatica, esercitata sulle due facce della membrana dalla soluzione e dal solvente, è uguale alla pressione osmotica della soluzione all'interno del tubo.

$$\pi = C_M R T$$