

## 溶液及其性质

- 溶液 (Solution) :是指一种或几种物质分散在另一种物质中所形成的均一、稳定的混合物
  - 水溶液(aqueous solution):由水作为溶剂形成的溶液
  - 非水溶液: 由非水物质作为溶剂所形成的溶液
- 溶剂 (solvent): 是溶液中能溶解其他物质的物质, 一般指水, 溶剂一般占溶液比例较多
- 溶质 (solute): 是溶液中被溶解的物质, 与溶剂不发生反应。注意当溶质溶解于溶剂中时, 它们之间并不形成化学键
- 溶液、溶质和溶剂可以固态、液态或气态
  - 气态溶液: 由其它物质均匀地分散在气体中形成, 溶剂和溶质都是气体, 例如: 空气, 多种气体相互混合而成
  - 固态溶液: 由不组分组成的固体混合物, 例如: 合金
  - 液态溶液最常见类型

气-液型	<ul style="list-style-type: none"><li>● 由气体溶质溶解于液体溶剂中而形成的溶液</li><li>● 例如: 二氧化碳溶于糖水中制成汽水</li></ul>
固-液型	<ul style="list-style-type: none"><li>● 由固体溶质溶解于液体溶剂中而形成的溶液</li><li>● 例如: 食盐溶液</li></ul>
液-液型	<ul style="list-style-type: none"><li>● 由两种液体均匀混合而成的溶液</li><li>● 量少称溶质, 量多称溶剂</li><li>● 例如: 酒精与水的酒精溶液</li></ul>

- 溶液特征
  - 溶液是由两种或多种物质 (溶质和溶剂) 组成的均相混合物
  - 溶质是以分子或离子的形式分散在溶剂中
  - 溶液的组成可以在一定的范围内变化
  - 溶质均匀地分散在整个溶液中, 不随时间的增长而沉淀
  - 不论溶液是否具有焰色, 一般都是透明的
  - 一种溶液中各个部分的化学组成、化学性质和物理性质都是相同的
  - 在大多数情况下, 可以用物理方法将溶质从溶液中分离出来
- 溶解过程

水能溶解离子化合物	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 一般如果离子化合物在水中溶解度较大时，气溶液通常具有极强的导电性</li> <li>• 溶剂粒子（水分子）和溶质粒子（离子化合物中的离子）之间相互作用</li> <li>• 离子：氯化钠溶解 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 水分子是极性的，一端带正电，一端带负电，能吸引带正电的钠离子，和吸引带负电的氯离子</li> <li>○ 电离：固体离子化合物中带电离子相互分离的过程  <math display="block">\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-</math> </li> </ul> </li> </ul>
水能溶解共价化合物 如蔗糖	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溶质粒子与溶剂粒子之间的吸引力大于溶质粒子之间的吸引力</li> <li>• 分子之间简单被水分子分离，分子之间没有电离，是以电中性分子形式存在  <math display="block">\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} (\text{s}) \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} (\text{aq})</math> </li> </ul>
相似相溶	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 极性分子可溶于极性溶液中，非极性分子可溶于非极性溶剂中</li> <li>• 若两种物质的结构没有相似性，它们则相互不溶，如油和水，油是极性很弱的物质，水是极性很强的物质</li> <li>• 将两种油放在一起，它们相互溶解</li> </ul>

### 不饱和溶液、饱和溶液、过饱和溶液

不饱和溶液 (unsaturated solution)	在一定温度下，一定量的溶剂里还能继续溶解某种溶质的溶液
饱和溶液 (saturated solution)	在一定温度下，一定量的溶剂里 <b>不能再</b> 继续溶解某种溶质的溶液
过饱和溶液 (supersaturated solution)	<p>溶液中溶解的溶质比最大值还多，很不稳定，溶液结晶</p> <p>在溶液中加入过量溶质，再加热到高温，然后缓慢冷却溶液</p> <p>固态物质的溶解与结晶同时进行</p> <p>当固态物质溶解在溶剂中时，溶质微粒不断地离开固态物质的表面，扩散到溶液中，此时，已经溶解在溶剂中的溶质微粒同时不断聚集在未溶解的固态物质表面</p> <p style="text-align: center;">溶解</p> <p>为溶解的固态溶质 <math>\leftrightarrow</math> 溶液中的溶质</p> <p style="text-align: center;">结晶</p>

## 溶解度曲线

- 溶解度(solubility): 一定温度下, 一种物质在一定量的溶剂中所能溶解的最大量
- 溶解度曲线(solubility curve): 用纵坐标表示物质的溶解度
- 大多数的物质溶解度随温度升高而增大, 只有少数物质(氢氧化钙)的溶解度随温度升高而减小
- 气体物质温度越高, 溶解度越小, 但气体溶解度还受压强影响, 外界压强越大, 气体溶解度越大

## 分配定律

- 萃取(extraction): 利用物质在互不相溶的两种溶剂中溶解度不同, 将物质从一种溶剂转移到另一种溶剂中, 从而实现分离的方法
- 萃取剂: 液体混合物中加入的溶剂
- 萃取后一般要用分液的方法将互不相溶的液体分离 (用分液漏斗)
- 分配定律(partition law): 溶质在两种互不相溶的溶剂中按溶解度之比分配的关系  $k = \frac{s_A}{s_B}$ , A 和 B 分别有不同溶解度  $s_A$  和  $s_B$ , 静止一段时间 AB 会分为两层, 在一定温度下, AB 的浓度之比为常数 K (分配系数 partition coefficient)
- 分配定律只适合用于溶质在两种液体中有相同分子形态的情况, 及溶质在两种液体中不发生缔合(association)或解离(dissociation)

## 溶液的浓度

- 浓度(concentration): 溶质的量与溶剂或溶液的量之间的比值
  - 以溶质与溶液的相对量来表示
  - 以体积溶液中所含溶质的量来表示
  - 单位  $\text{g L}^{-1}$ ,  $\text{mol L}^{-1}$ ,  $\mu\text{L}^{-1}$ ,  $\text{mmol L}^{-1}$
- 质量百分比浓度(mass percentage concentration):
  - 用溶质的质量占全部溶液质量的百分比表示溶液的浓度
  - 用于反应溶质的质量与溶液的质量之间的关系
  - 公式:

$$\text{质量百分比浓度}(\%) = \frac{m_{\text{溶质}}}{m_{\text{溶液}}} \times 100\% = \frac{m_{\text{溶质}}}{m_{\text{溶质}} + m_{\text{溶剂}}} \times 100\%$$
$$\omega_B = \frac{m_B}{m_T} \times 100\%$$

- 体积百分比浓度(volume percentage concentration)
  - 用溶质体积占全部溶液体积的百分比来表示溶液的浓度
- 物质的量浓度 (amount- of- substance concentration)

- 化学除了使用溶质的质量百分比浓度外，还经常用物质的量浓度来表示溶液的组成
- 用每升溶液中所含溶质的物质的量来表示溶液浓度
- 公式：物质的量浓度( $\text{mol L}^{-1}$ ) =  $\frac{\text{溶质的物质的量}(\text{mol})}{\text{溶液的体积}(\text{L})}$  或  $c_B = \frac{n_B}{V}$
- 如何配制一定物质的量浓度的溶液：使用天平称溶质的质量，用容量瓶来控制溶液的最终体积
- 质量摩尔浓度(molality)
  - 每千克溶剂中所含溶质的物质的量来表示溶液浓度，单位  $\text{mol kg}^{-1}$
  - 公式：质量摩尔浓度( $\text{mol kg}^{-1}$ ) =  $\frac{\text{溶质的物质的量}(\text{mol})}{\text{溶剂的质量}(\text{kg})}$  或  $m_B = \frac{n_B}{m_A}$

### 理想溶液(ideal solution)

- 溶质和溶液之间的作用力相等，A 分子被 B 分子包围，所处的环境与它在纯态时完全相同，只是 B 分子的存在，减小了溶液中 A 分子的摩尔分数。
- 特征
  - 组成溶液的各个成分在量上无论按什么比例都能互相溶解
  - 形成溶液时没有热效应（即在溶解时没有吸热或放热现象）
  - 溶液的体积是各组成部分单独存在是的体积总和
  - 在任何组成时，各组成部分的蒸气压与液相中组成的关系必须符合拉乌尔定律
- 真实溶液和理想溶液的分别：
  - 真实：不同分子之间的作用力是不同的，或分子之间存在缔合、解离或化合作用
  - 真实溶液接近于理想溶液的两种情况：
    - 当真实溶液无限稀时，他金额近于理想溶液
    - 由化学成分和物理性质相似的物质所组成的溶液（如苯和甲苯），近于理想溶液

### 稀溶液的依数性(colligative properties)

- 物质溶于水中有物理和化学过程：
  - 物理：溶质分子（或离子）扩散过程，过程需要吸热
  - 化学：溶质分子（或离子）与水分子作用，形成水合分子（或水合离子），过程释放热量
  - 溶解的结果是溶质和溶剂的某些性质发生了一定的变化
  - 导致从溶剂性质过渡到溶液性质发生的原因

- 由溶质的本性决定性质如颜色、导电性、张力都有可能与溶剂的性质不同，造成溶剂性质和溶液性质的不同
- 溶质在溶液中的浓度决定性质，至蒸气压、沸点、凝固点、渗透压不同

○ 这些性质的变化与浓度的关系只适用于稀溶液

• 拉乌尔定律 (Raoult)

- 在一定温度下，一种含有非挥发性、非电解质溶质的稀溶液，其蒸气压 ( $p_1$ ) 等于纯溶剂的蒸气压 ( $p_1^\circ$ ) 乘溶液中溶剂的摩尔分数 ( $x_1$ )

$$p_1 = p_1^\circ x_1$$

- 若溶液只有一种溶质，而溶质的摩尔分数为  $x_2$ ,

$$p_1 = p_1^\circ (1 - x_2)$$

$$p_1 = p_1^\circ - p_1^\circ x_2$$

$$p_1^\circ - p_1 = p_1^\circ x_2$$

$\Delta p = p_1^\circ x_2$ ，溶液的蒸气压下降量  $\Delta p$  与溶液中溶质的摩尔分数成正比

$x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$ ,  $n_1$  为溶剂的物质的量,  $n_2$  为溶质的物质的量

在极稀薄溶液中,  $n_2$  很小, 所以  $(n_1 + n_2)$  的值近似于  $n_1$

$$x_2 \approx \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Delta p = p_1^\circ \frac{n_2}{n_1}$$

在一定温度下, 一定量的溶剂中,  $p_1^\circ$  和  $n_1$  都是常数, 所以  $\Delta p \propto n_2$ , 溶液蒸气压的下降量于溶液的质量摩尔浓度成正比

原因: 溶质溶于水后, 溶液的总体积有一部分被溶质占据, 在单位时间内从溶液表面逸出的溶剂分子数比纯溶剂中逸出的溶剂分子数目少, 降低溶液的蒸气压

- 如果溶液是由两种挥发性的物质组成, 据道尔顿分压定律, 溶液的总蒸气压是各成分蒸气分压的总和

$$p_T = p_A + p_B, \text{ 则 } p_A = p_A^\circ x_A; p_B = p_B^\circ x_B, \text{ 因此 } p_T = p_A^\circ x_A + p_B^\circ x_B$$



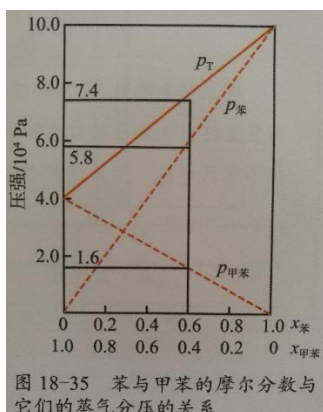


图 18-35 苯与甲苯的摩尔分数与它们的蒸气压的关系

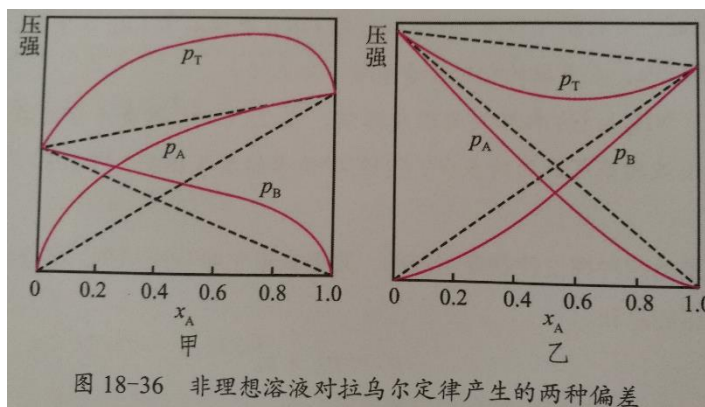


图 18-36 非理想溶液对拉乌尔定律产生的两种偏差

## 溶液的沸点上升

- 沸点是液体的饱和蒸气压等于外界压强时的温度，因此沸点于外部压强有关
  - 当液体受到的压强增大时，沸点升高；压强减小时，沸点降低
  - 据拉乌尔定律，在水中融入少量的非挥发性、非电解质溶质后，溶液的蒸气压下降，若要使溶液的蒸气压等于  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，温度必然高于  $100^\circ\text{C}$
- $\Delta T_b = T_b - T_b^\circ$ ，且  $\Delta T_b$  为沸点上升值， $T_b$  为溶液的沸点， $T_b^\circ$  为纯溶剂的沸点
- 对稀溶液而言（溶液越稀，溶液的蒸气压曲线于水的蒸气压曲线越靠近）， $\Delta T_b$  与  $\Delta p$  成正比，因此  $\Delta T_b$  与溶液的质量摩尔浓度成正比： $\Delta T_b = K_b m$ ， $K_b$  为沸点上升常数， $m$  为溶液的质量摩尔浓度
  - $K_b$  是当容易的质量摩尔浓度为  $1 \text{ mol kg}^{-1}$  时溶液沸点上升的度数，与溶质的性质无关

## 溶液的凝固点下降

- 凝固点是在一定压强下，物质的固相蒸气压与液相蒸气压相等的温度，是物质的固相和液相共存时的温度
- $\Delta T_f = T_f^\circ - T_f$ ，且  $\Delta T_f$  为凝固点下降数， $T_f$  为溶液的凝固点， $T_f^\circ$  为纯溶剂的凝固点
- 对稀溶液而言， $\Delta T_f$  与  $\Delta p$  成正比，因此  $\Delta T_f$  与溶液的质量摩尔浓度成正比： $\Delta T_f = K_f m$ ， $K_f$  为凝固点下降常数， $m$  为溶液的质量摩尔浓度
- $K_f$  是当容易的质量摩尔浓度为  $1 \text{ mol kg}^{-1}$  时溶液凝固点下降的度数，与溶质的性质无关
- 在溶液中，溶质的浓度越大，即溶液中溶质粒子所占据的比例越大，溶液的凝固点就下降得越多
- 离子化合物溶液的凝固点降低程度比共价化合物明显，因为离子化合物离出离子，产生更多的溶质粒子

1. 从海水中提取食盐的方法主要是“盐田法”。盐田一般分成两部分：蒸发和结晶池。先将海水引入蒸发池，经日晒蒸发水分得到食盐的饱和溶液，再倒入结晶池，继续日晒蒸发，就会逐渐析出食盐。
  - a. 某温度下，在蒸发池中取一定量的海水，加 3g 氯化钠或蒸发 8g 水，均可使海水变为食盐的饱和溶液，求该温度下氯化钠的溶解度
  - b. 假设温度不变，蒸发饱和食盐水中的 60g 水，由多少克氯化钠析出？



SJUEC.COM

2. 实验室中，某硝酸钾晶体中混有少量杂质的氯化钠。为了提纯硝酸钾，将该样品配制成热的硝酸钾饱和溶液。那么将 100g 该饱和溶液的温度由 80°C 降至 20°C，理论上可析出多少克硝酸钾晶体？

3. 将 25.1g 30°C 时的硝酸钡饱和溶液与足量的硫酸钠溶液反应，可以得到 2.33g 干燥的硫酸钡沉淀。计算 30°C 时硝酸钡的溶解度

4. 在 1L 水中溶有 100g 有机物 X，利用下列方法提取 X 时，由多少克 X 溶于乙醚层中？（分配系数  $k = \frac{S_{H_2O}}{S_{乙醚}} = \frac{1}{2}$ ）

a. 用 1L 乙醚萃取一次

b. 用 1L 乙醚分成等量的两次萃取

5. 8g 氢氧化钠溶于 50g 水中，求所得溶液的质量百分比浓度



6. 将 50g 98%的硫酸稀释成 20%的溶液，需要加入多少克的水？

7. 为了配制与人体血液盐度相同的溶液，需要每升溶液中含 8.190g 氯化钠。人体血液中氯化钠的物质的量浓度是多少？



8. 将 20g 氢氧化钠溶于水中配成 250mL 的溶液，计算所得溶液的物质的量浓度

9. 实验室为确定一瓶氢氧化钠溶液的浓度，用  $100 \text{ mol L}^{-1}$  的稀盐酸中和 25mL 该碱，当酸与碱恰好完全反应时，消耗稀盐酸 24.5mL。求该氢氧化钠溶液的物质的量浓度。

10. 计算 40% 的硫酸的质量摩尔浓度

11. 已知在 25°C 时，纯水的蒸气压为 3.17kPa. 计算浓度为 0.1mol kg<sup>-1</sup> 的蔗糖溶液在 25°C 时蒸气压的下降值

S  
SJUEC.COM

12. 已知纯水在 50°C 时的蒸气压为 12.3kPa。将 19.1g CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 溶解在 100g 50°C 的水中，测得溶液蒸气压下降值为 0.667kPa。假设形成的溶液为理想溶液，求 CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 的相对分子质量

13. 在 200g 水中溶解 10g 葡萄糖，求此溶液在  $1.01 \times 10^5 Pa$  时的沸点上升值

14. 将 10g 某物质溶解在 100g 水中，所形成溶液的沸点为  $100.98^\circ C$ 。计算该物质的相对分子质量

S  
SJUEC.COM

15. 将 15g 某种物质溶解在 150g 水中，形成的溶液的凝固点下降了  $1.2^\circ C$ ，求该物质的相对分子质量