



药品



# 第三章 溶液和胶体溶液

杜春明

云南省楚雄医药高等专科学校



人民卫生出版社

PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



# 目录



## 第一节 溶液



## 第二节 稀溶液的依数性



## 第三节 胶体溶液



# 学习目标

- ◆ **掌握** 溶液组成标度的表示方法及有关计算、渗透压的基本概念、溶胶和高分子化合物溶液的组成。
- ◆ **熟悉** 溶胶的形成及胶粒带电的原因、溶胶的稳定性和聚沉、高分子化合物溶液和凝胶的基本性质。
- ◆ **了解** 稀溶液依数性的基本内容及其计算。

溶液和胶体溶液——自然界中常见的一类分散体系。

一种或几种物质分散在另一种物质中所形成的体系称为分散体系，简称分散系。

其中被分散的物质称为分散相或分散质，而容纳分散相的连续介质称为分散介质或分散剂。

平常所说的“溶液”也称为“真溶液”，其中被分散的物质为离子或分子，所以属于离子或分子分散系。

溶液可分为气态溶液、液态溶液和固态溶液。通常所说的溶液是指液态溶液，在液态溶液中，水溶液是最常见的。

人体内的血液、细胞内液、细胞外液以及其他的体液都是溶液。



# 第一节

## 溶液





# 一、溶解和水合作用

溶液的形成过程就是溶质溶解于溶剂的过程，它总是伴有**体积、颜色及能量**的变化。

溶质的溶解过程和溶解后的状态与溶质和溶剂的性质有关。

在葡萄糖溶液中，溶质以分子的形式存在，这种溶液不具有导电性，称为**非电解质溶液**。

在NaCl溶解的过程中，溶质以离子的形式离开固相，进入溶液，这种溶液具有导电性，称为**电解质溶液**。





### 一、溶解和水合作用

溶质的阳、阴离子分别吸引水分子中的氧和氢原子，使得每个离子都被水分子包围，形成水合离子，这种现象称为水合作用，也称溶剂化作用或水化作用。

水化膜使离子的稳定性大大提高。

离子离开晶体需要吸收能量，而它们与溶剂分子相互吸引生成水合离子要释放能量，这两种能量的相对大小决定着溶解过程是吸热还是放热。

**相溶相似原理：**“相似”是指溶质与溶剂在结构上相似；“相溶”是指溶质与溶剂彼此互溶。







# 二、溶液的组成标度

溶液的组成标度是指一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量，其表示方法可分为两大类，一类是用溶质和溶剂的相对量表示，另一类是用溶质和溶液的相对量表示。

由于溶质、溶剂或溶液使用的单位不同，浓度的表示方法也不同。

## (一) 物质的量浓度

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

**世界卫生组织提议：**在医学上表示体液中物质的含量时，凡是相对分子质量（或相对原子质量）已知的物质，均应采用物质的量浓度；对于相对分子质量未知的物质，暂时可用质量浓度。







## 二、溶液的组成标度

### (一) 物质的量浓度

例：正常人100ml血清中含100mg葡萄糖，计算血清中葡萄糖的物质的量浓度。

解：根据  $c_B = \frac{n_B}{V} = \frac{m_B}{M_B V}$ ，得

$$\begin{aligned} c_{C_6H_{12}O_6} &= \frac{m_{C_6H_{12}O_6}}{M_{C_6H_{12}O_6} V} = \frac{100\text{mg}/(180\text{g/mol})}{0.10\text{L}} \\ &= 5.6\text{mmol/L} \end{aligned}$$

答：血清中葡萄糖的物质的量浓度是5.6mmol/L。





## 二、溶液的组成标度

### (二) 质量浓度和质量摩尔浓度

$$\rho_B = \frac{m_B}{V}$$

$$b_B = \frac{n_B}{m_A}$$

质量摩尔浓度与体积无关，故不受温度变化的影响，常用于稀溶液依数性的研究。对于较稀的水溶液来说，质量摩尔浓度近似等于其物质的量浓度。

例：《中国药典》规定，生理盐水的规格是0.5L生理盐水中含NaCl 4.5g，则生理盐水的质量浓度是多少？

解：已知  $m_{\text{NaCl}} = 4.5\text{g}$        $V = 0.5\text{L}$

$$\therefore \rho_B = \frac{m_B}{V}$$
$$\rho_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{V} = \frac{4.5\text{g}}{0.5\text{L}} = 9\text{g/L}$$

答：生理盐水的质量浓度是9g/L。





## 二、溶液的组成标度

### (三) 质量分数、体积分数和摩尔分数

$$\omega_B = \frac{m_B}{m}$$

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V}$$

$$X_B = \frac{n_B}{n}$$

均是量纲为1的量。

例：《中国药典》规定，药用乙醇的 $\varphi_{\text{乙醇}} = 0.95$ 。问800ml 药用乙醇中含纯乙醇多少毫升？

解：已知 $\varphi_{\text{乙醇}} = 0.95$        $V = 800\text{ml}$

$$\therefore \rho_B = \frac{m_B}{V}$$

$$\rho_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{V} = \frac{4.5\text{g}}{0.5\text{L}} = 9\text{g/L}$$

答：800ml 药用乙醇中含纯乙醇760ml。





### 三、溶液组成标度之间的换算关系

B的质量浓度 $\rho_B$ 与物质的量浓度 $c_B$ 之间的关系为：

$$c_B = \frac{\rho_B}{M_B}$$

B的质量分数 $\omega_B$ 与物质的量浓度 $c_B$ 之间的系为：

$$c_B = 1000\rho \frac{\omega_B}{M_B}$$





## 第二节

# 稀溶液的依数性





一般地说，溶液的性质既与溶质的本性有关，又与溶质的浓度有关。

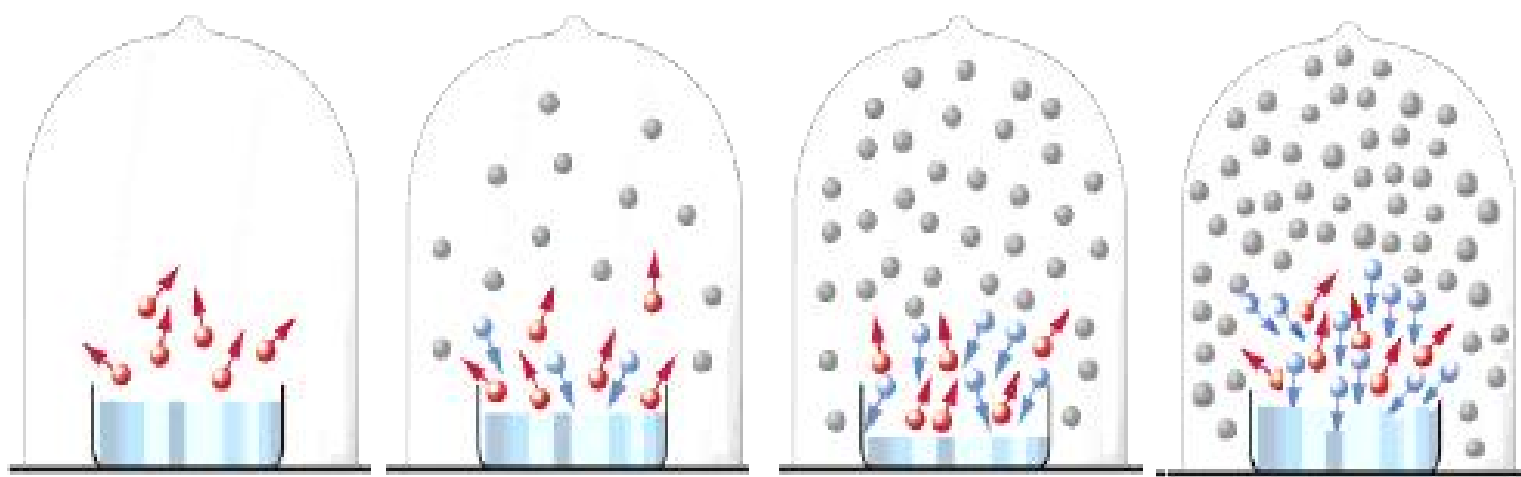
还有一类溶液的性质只与溶质的浓度有关。**溶液的这类性质仅由其中所含溶质分子的数目或溶质质点浓度决定，而与溶质的本性无关，称为稀溶液的依数性。**

稀溶液的依数性是**蒸气压下降、沸点升高、凝固点下降和渗透压。**

### 一、蒸气压下降

#### (一) 蒸气压

在一定温度下，当液相的蒸发速率与气相的凝结速率相等时，液相和气相达到平衡，此时蒸气的压力称为该温度下液体的饱和蒸气压，简称蒸气压。



液体蒸气压示意图



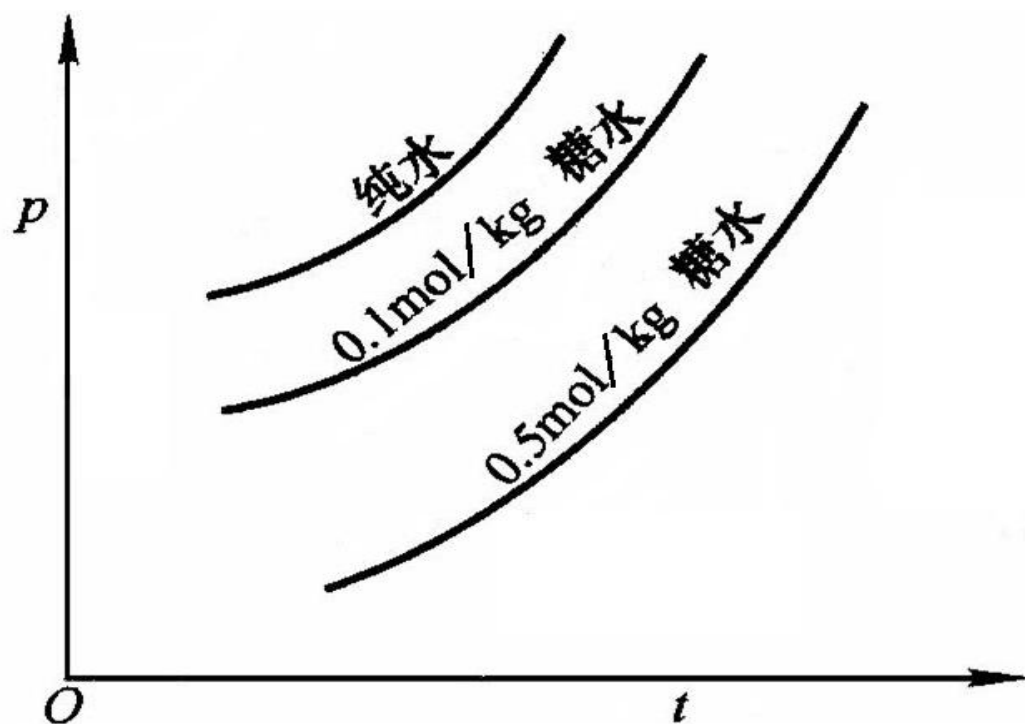


## 一、蒸气压下降

1. 蒸气压与液体的本性有关。不同物质的蒸气压不同。
2. 蒸气压与温度有关。温度不同，同一液体的蒸气压亦不相同。温度升高时，液体的蒸气压增大。
3. 固体物质也具有一定的蒸气压，但一般较小。

### (二) 溶液的蒸气压下降

在一定的温度下，纯水的蒸气压是一个定值。若在纯水中溶入少量难挥发性非电解质（如蔗糖、甘油等）后，则发现在同一温度下，稀溶液的蒸气压总是低于纯水的蒸气压。



**实验结论：**溶液的蒸气压比纯溶剂低，溶液浓度越大，蒸气压下降越多。





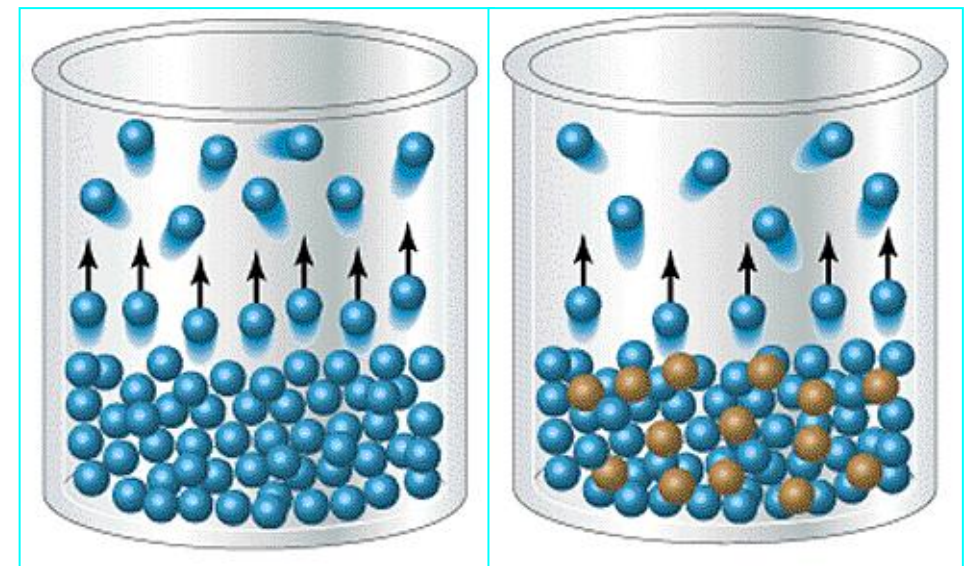


### 一、蒸气压下降

#### 为什么溶液的蒸气压会下降？



难挥发性非电解质稀溶液在一定温度下达到平衡时，液面上方溶剂分子的数目比纯溶剂液面上的少，因此难挥发性非电解质的蒸气压要比纯溶剂的低，这种溶液的蒸气压小于纯溶剂的现象就称为溶液的蒸气压下降。



$$\Delta p = K b_B$$

在一定温度下，难挥发性非电解质稀溶液的蒸气压下降与溶质的摩尔分数或质量摩尔浓度成正比，与溶质的性质、种类无关。

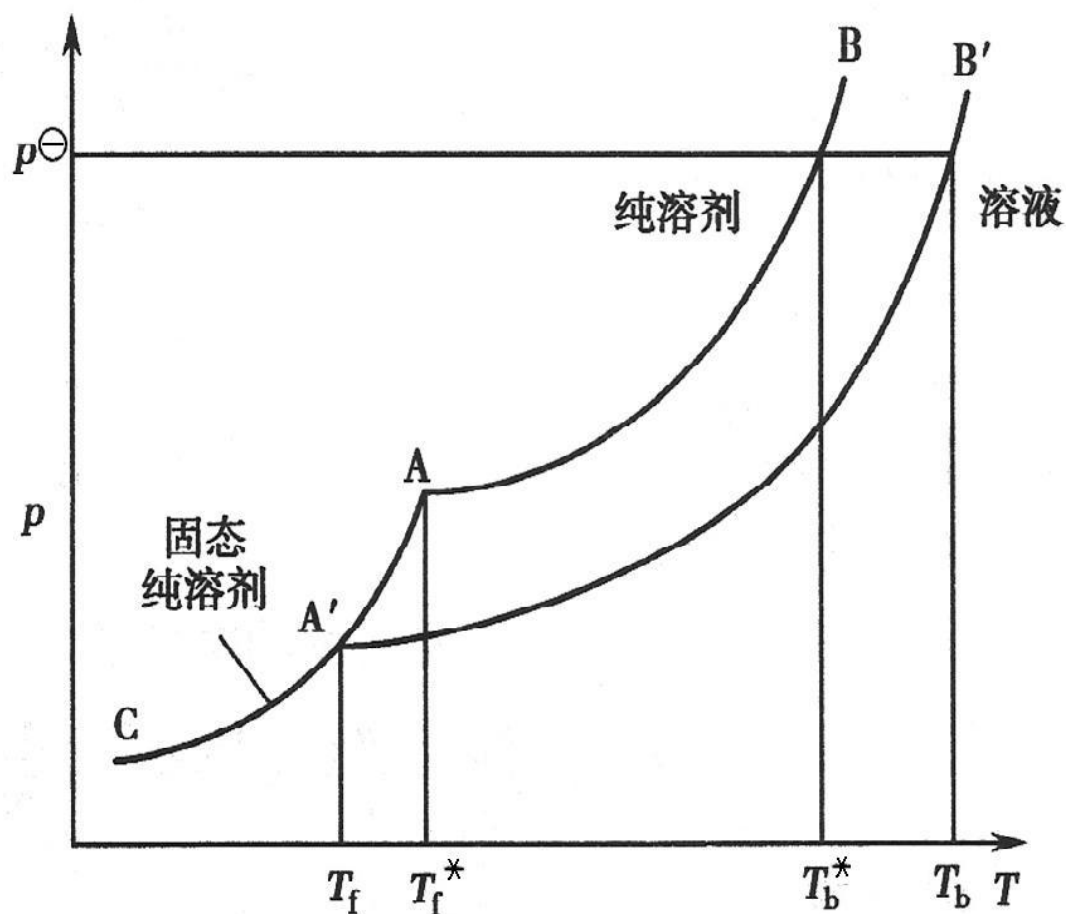




# 二、沸点升高

沸点指液体蒸气压等于外界大气压力时的温度。

液体的沸点与外压有关，外压越大，沸点就越高。液体在101.325kPa下的沸点称为正常沸点。



难挥发性非电解质溶液的沸点升高与溶质的质量摩尔浓度有关并成正比，与溶质的本性无关。

$$\Delta T_b = K_b b_B$$

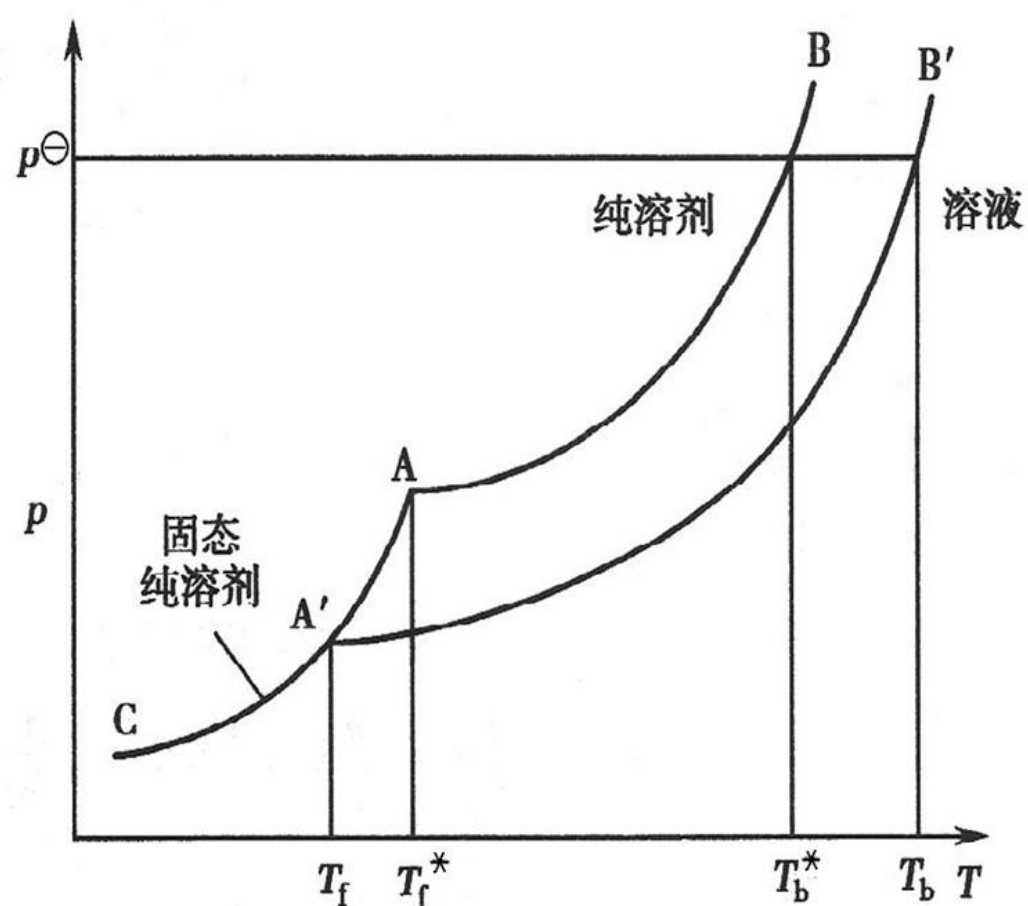




### 三、凝固点下降

凝固点指当物质液相的蒸气压与固相的蒸气压相等，且能平衡共存时的温度。

溶液的凝固点是指溶液中的溶剂开始凝固时的温度。



难挥发性非电解质溶液的凝固点降低与溶质的质量摩尔浓度有关并成正比，与溶质的本性无关。

$$\Delta T_f = K_f b_B$$





### 三、凝固点下降

例：将2.76g甘油溶于200g水中，测得凝固点下降值为0.279K，试求甘油的摩尔质量(水的 $K_f=1.86$ )。

解：设甘油的摩尔质量为 $M$

$$b_B = (2.76/M)/(200 \times 10^{-3}) \text{ mol/kg}$$

$$\because \Delta T_f = K_f b_B$$

$$0.279 = 1.86 \times 2.76 / (M \times 200 \times 10^{-3})$$

$$M = 1.86 \times 2.76 / (200 \times 0.279 \times 10^{-3}) = 92.0 \text{ g/mol}$$





## 四、溶液的渗透压

为什么人们在海水中游泳时会觉得眼球胀痛？

为什么医师在为患者大量输液时，要用 9.0g/L NaCl 溶液（又称生理盐水）或 50g/L 葡萄糖溶液？



### （一）渗透现象和渗透压

#### 扩散

如果我们将一滴蓝色溶液加入一杯纯水中，不一会儿，杯子里的水就会变成蓝色，在这个过程中，蓝色分子由上层进入下层，而水分子由下层进入上层，直到混合均匀、浓度一致，这个过程就叫做扩散。

这是溶液和纯水直接接触的情况。





# 四、溶液的渗透压

## 半透膜

半透膜是一种只允许小分子通过，而不允许另外大分子透过的多孔薄膜。

据可透过的物质微粒种类的不同，半透膜可以分为理想半透膜和非理想半透膜。

常见的半透膜有细胞膜、膀胱膜、毛细血管壁、动物肠衣及人造羊皮纸、火棉胶等。

## 渗透现象

用理想半透膜将溶液与纯水隔开，一开始，溶液和纯水的液面一样高，过一段时间，溶液液面比纯水的液面高出一些，再过一段时间，液面还会再升高一些，这说明了什么？

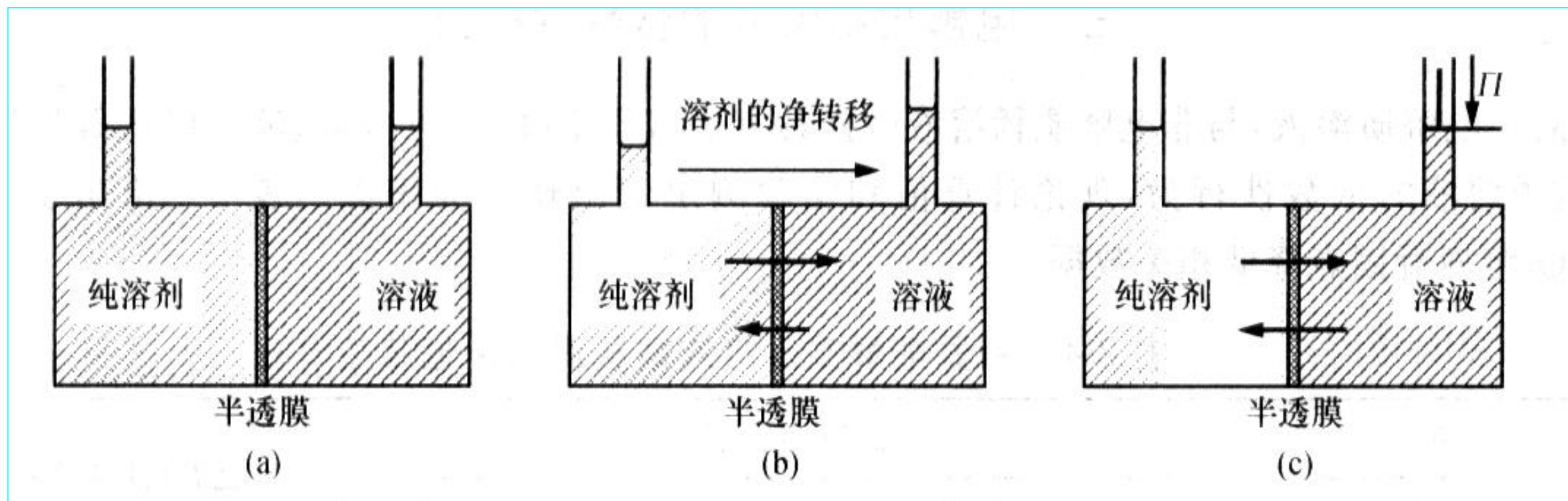
说明了，水通过半透膜由纯溶剂（纯水）进入了溶液。这种溶剂分子通过半透膜向溶液扩散的自发过程叫做渗透现象。







## 四、溶液的渗透压



(a) 渗透发生前

(b) 渗透现象

(c) 渗透压

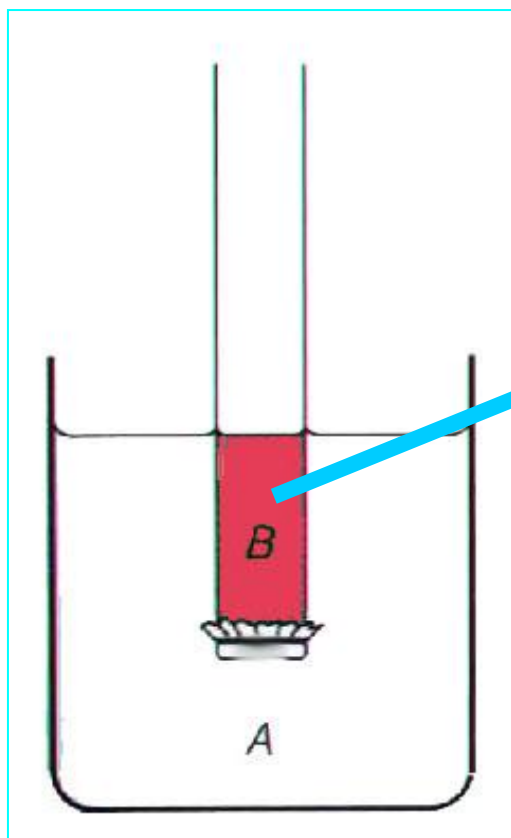




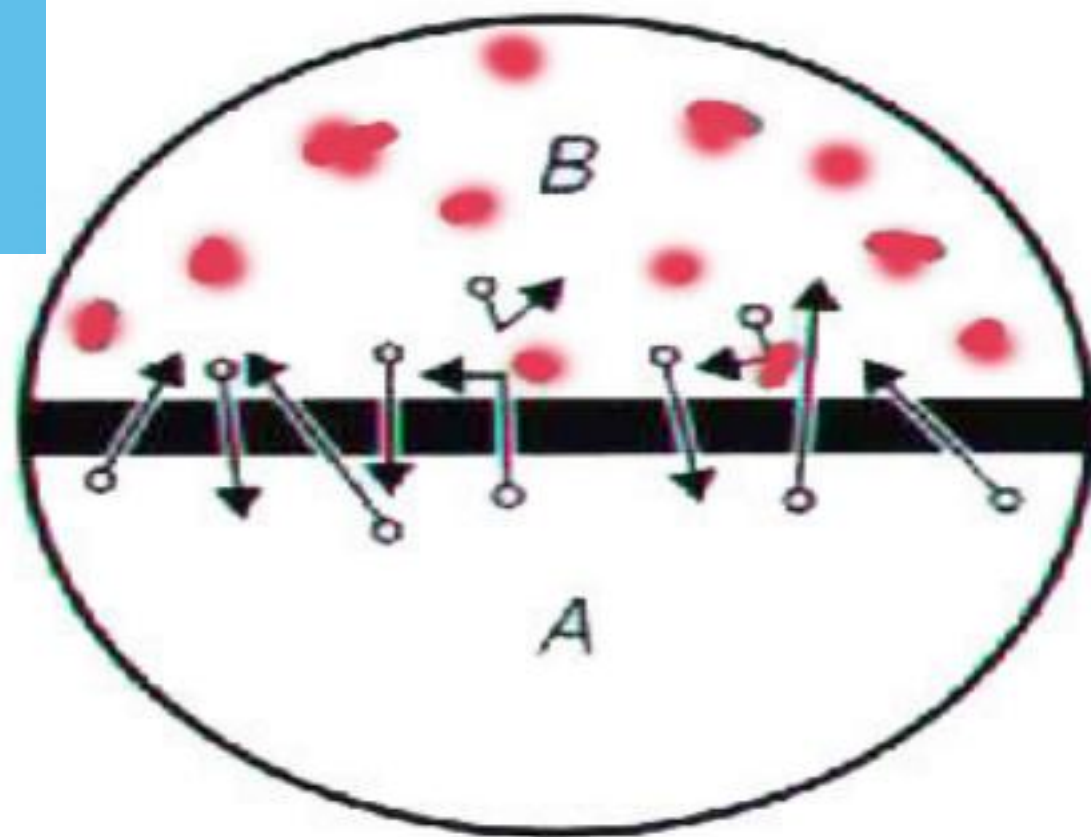


## 四、溶液的渗透压

### 渗透产生的原因



据以上分析可知，由于溶质不能通过半透膜，而水分子可以自由通过，以致水分子由纯水一边进入溶液的速度比相反的过程速度大，即  $V_{\text{扩散}}$  不同，在宏观上表现为溶液一侧液面的升高，产生渗透现象。这就是产生渗透现象的原因。





## 四、溶液的渗透压

### 产生渗透的条件

- (1) 必须有半透膜的存在。
- (2) 膜两侧液体存在浓度差。

**有了浓度差才会有水分子向两侧扩散速度的差异。**

### 渗透压

**渗透压的定义：**将纯水与溶液用（理想）半透膜隔开，为阻止渗透现象的发生达到的动态平衡，而施加在溶液液面的压力称为渗透压。





# 四、溶液的渗透压

若在浓溶液一侧施加一个大于渗透压的压力时，浓溶液中的溶剂会向稀溶液流动，此种溶剂的流动方向与原来渗透的方向相反，这一过程称为反渗透。

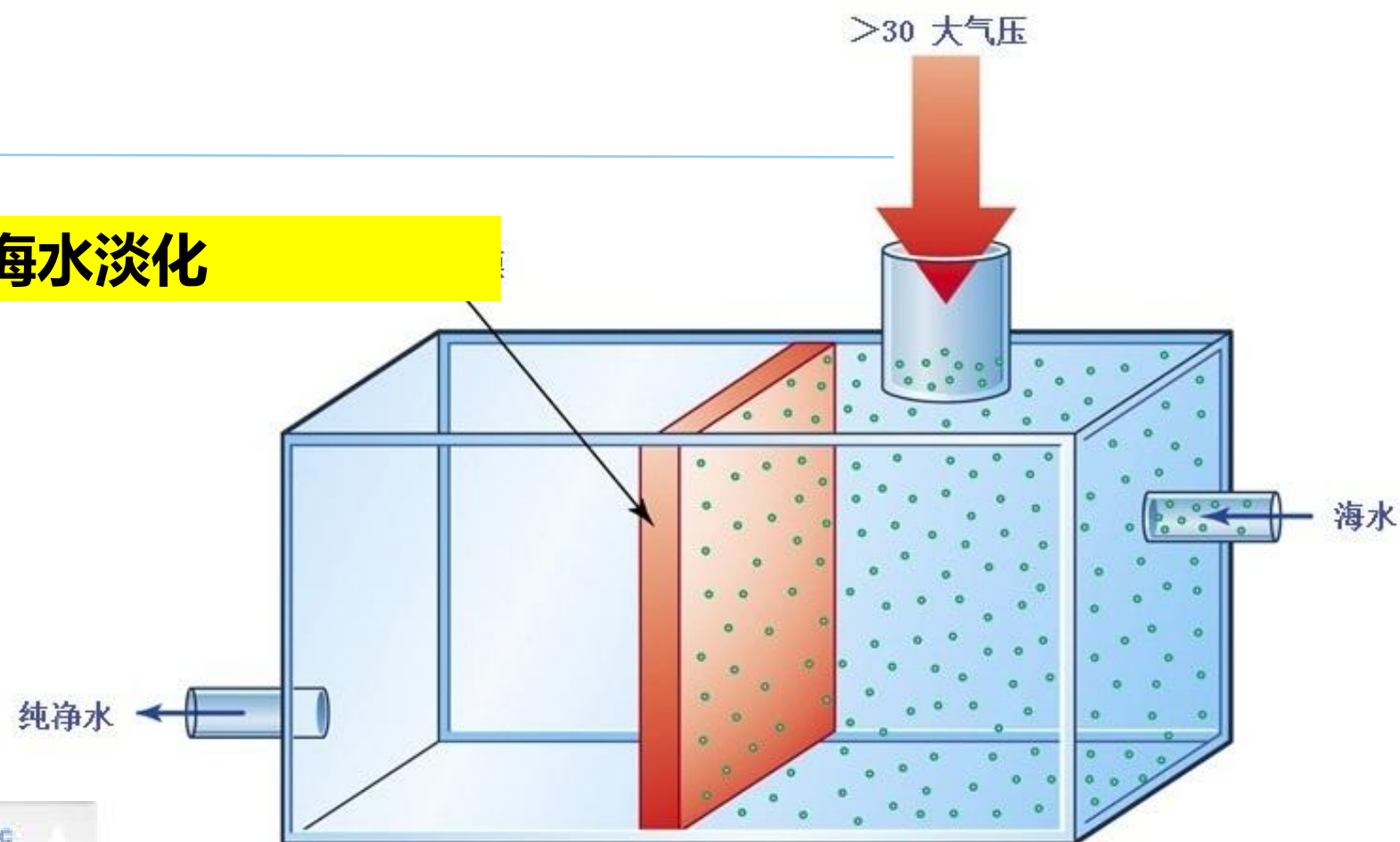
医学上以反渗透法的技术来**洗肾（血液透析）**及**海水淡化**。反渗透膜可以将重金属、农药、细菌、病毒、杂质等彻底分离，整个工作原理均采用物理法，不添加任何杀菌剂和化学物质，所以不会发生化学变相。并且，反渗透膜并不会分离溶解氧，通过此法生产得出的纯水是活水，饮用起来清甜可口。





## 四、溶液的渗透压

### 反向渗透用于海水淡化



### 家用净水装置（利用反向渗透原理）





# 四、溶液的渗透压

## (二) 渗透压与溶液浓度和温度的关系

19世纪末，德国植物学家菲弗尔(W. Pfeffer)在研究植物细胞时就发现了溶液具有渗透压，并首先使用亚铁氰化铜半透膜来测定蔗糖溶液的渗透压。

### 范特荷夫定律

荷兰化学家范特荷夫(Van't Hoff,s)

对于稀溶液来说，渗透压与溶液的浓度、温度的乘积成正比，它们的比例常数就是气体的状态方程式中的常数 $R$ 。这就是著名的范特荷夫定律。





## 四、溶液的渗透压

### (二) 渗透压与溶液浓度和温度的关系

$$\Pi = b_{\text{B}}RT$$

定律适用的范围：难挥发性非电解质稀溶液。

定律的意义：在一定的温度下，难挥发性非电解质稀溶液的渗透压只与单位体积溶液中所含溶质质点的数目成正比，而与溶液的本性无关。

**所以渗透压是稀溶液的重要依数性。**





## 四、溶液的渗透压

### 强电解质溶液的渗透压

其中*i* 值为强电解质1个单位所能电离出的粒子总数，NaCl的*i*=2、CaCl<sub>2</sub> 的*i*=3、Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>的*i*=4 等，依此类推。

范特荷夫定律只适用于难挥发性非电解质稀溶液。那么，强电解质溶液就没有渗透压呢？

实际上并不是没有渗透压，只不过强电解质溶液的渗透压并不能简单地使用范特荷夫方程式进行计算，要进行进一步的校正。

$$\Pi = i b_B RT$$







## 四、溶液的渗透压

### (三) 渗透压在医学上的意义

#### 1. 渗透浓度

能产生渗透压力的物质（分子、离子）统称为渗透活性物质，医学上用渗透浓度表示渗透活性物质的总浓度，单位为mmol/L，符号为 $c_{os}$ ，它表示单位体积溶液中所含渗透活性物质的总质点数。

#### 2. 等渗、低渗、高渗溶液

医学上常将人体的正常血浆作为比较的标准。人体正常血浆的渗透浓度值在280~320mmol/L，其他溶液的浓度与其相比较：

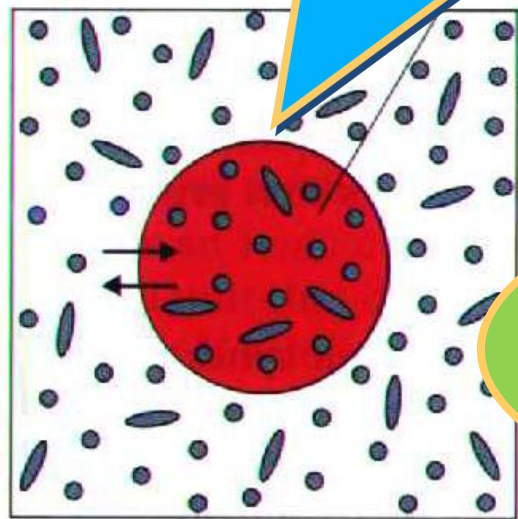
←-----280~320mmol/L-----→  
低渗溶液      等渗溶液      高渗溶液





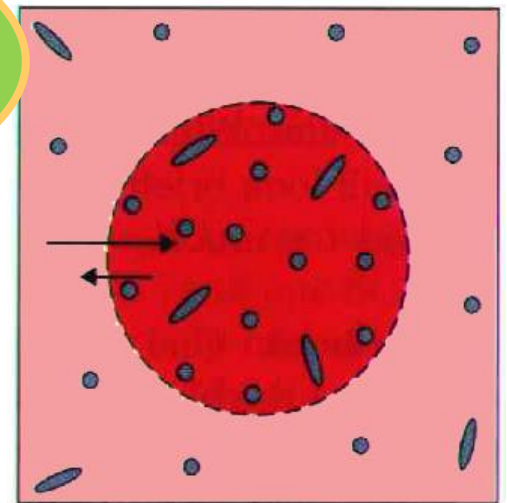
## 第二节 稀溶液的依数性

红细胞的形态没有什么改变，因为生理盐水与红细胞内液的渗透压力相等，细胞内外液处于渗透平衡状态



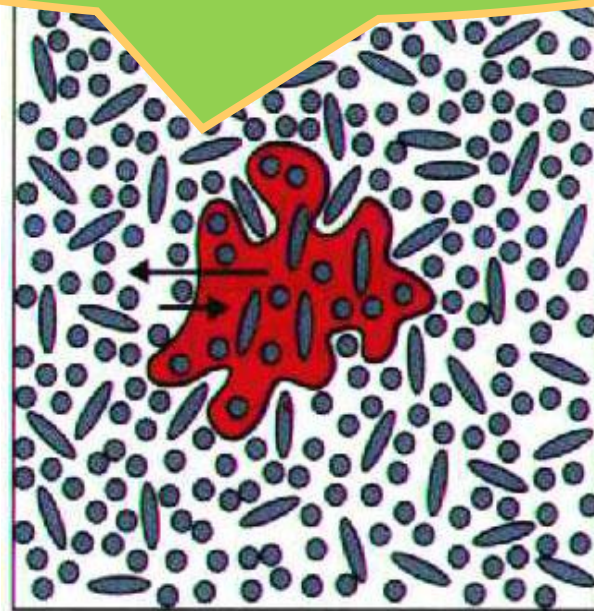
A 在生理盐水中

红细胞逐渐胀大，最后破裂，释放出红细胞内的血红蛋白使溶液染成红色，即溶血。这是因为红细胞内液的渗透压力高于浓NaCl溶液，细胞外的水向细胞内渗透引起



C 在较稀的NaCl溶液中

红细胞逐渐皱缩，皱缩的红细胞互相聚结成团。这是因为红细胞内液的渗透压力低于浓NaCl溶液，红细胞内的水向外渗透引起



B 在较浓的NaCl溶液中





## 第二节 稀溶液的依数性

例：配制1.0%尿素溶液500ml，测得该尿素溶液的冰点为272.69K，需加入多少克葡萄糖才能使其等渗？

解：已知水的 $K_f = 1.86$ ，1.0%尿素溶液的

$$\Delta T_f = 273 - 272.69 = 0.31\text{K}$$

生理等渗溶液的 $\Delta T_f = 0.52\text{K}$

1.0%尿素溶液与生理等渗溶液的冰点下降值差

$$0.52 - 0.31 = 0.21\text{K}$$

根据  $\Delta T_f = K_f \cdot b_B$

得

$$b_B = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{0.21}{1.86} \approx 0.11\text{mol/kg}$$

对于稀溶液  $b_B \approx c$

即  $c_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 0.11\text{mol/L}$

500ml溶液中含葡萄糖为

$$m = 0.50\text{L} \times 0.11\text{mol/L} \times 180\text{g/mol} \approx 9.9\text{g}$$

故1.0%尿素溶液500ml中应加入9.9g葡萄糖才能调节为生理等渗溶液。





## 四、溶液的渗透压

### (三) 渗透压在医学上的意义

#### 3. 晶体渗透压和胶体渗透压

■ 晶体渗透压 ( $\pi_{\text{晶体}}$ ) : 由小的低分子物质产生的渗透压。

**主要用于维持细胞内外的渗透平衡。**

■ 胶体渗透压 ( $\pi_{\text{胶体}}$ ) : 由大的高分子物质产生的渗透压。

**主要用于维持毛细血管内外的渗透平衡。**





## 第三节

# 胶体溶液





胶体分散系在自然界中普遍存在，与人类的生活及环境密切相关，并且在医学上也有其重要的意义。例如构成机体组织的蛋白质、核酸、糖原等都是胶体物质；血液、细胞液、淋巴液等具有胶体的性质。

**胶体分散系包括溶胶和高分子溶液。**

## 一、溶胶的性质和结构

溶胶分散相的粒子由许多分子聚集而成，高度分散在不相溶的介质中。

**溶胶不是一类特殊的物质，而是任何物质都可以存在的一种特殊状态。**



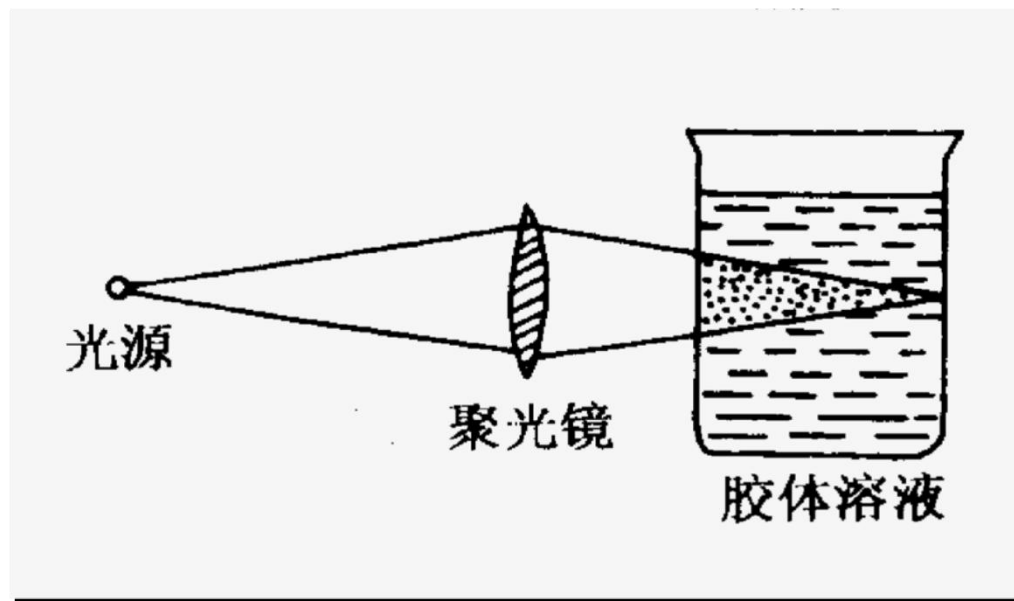




## 一、溶胶的性质和结构

### (一) 溶胶的性质

#### 1. 溶胶的光学性质——丁铎尔现象



在暗室中让一束聚焦的光通过溶胶，在与光束垂直的方向可以看到一个圆锥形光柱。这一现象是英国物理学家丁铎尔在1869年首先发现的，故称为丁铎尔现象。



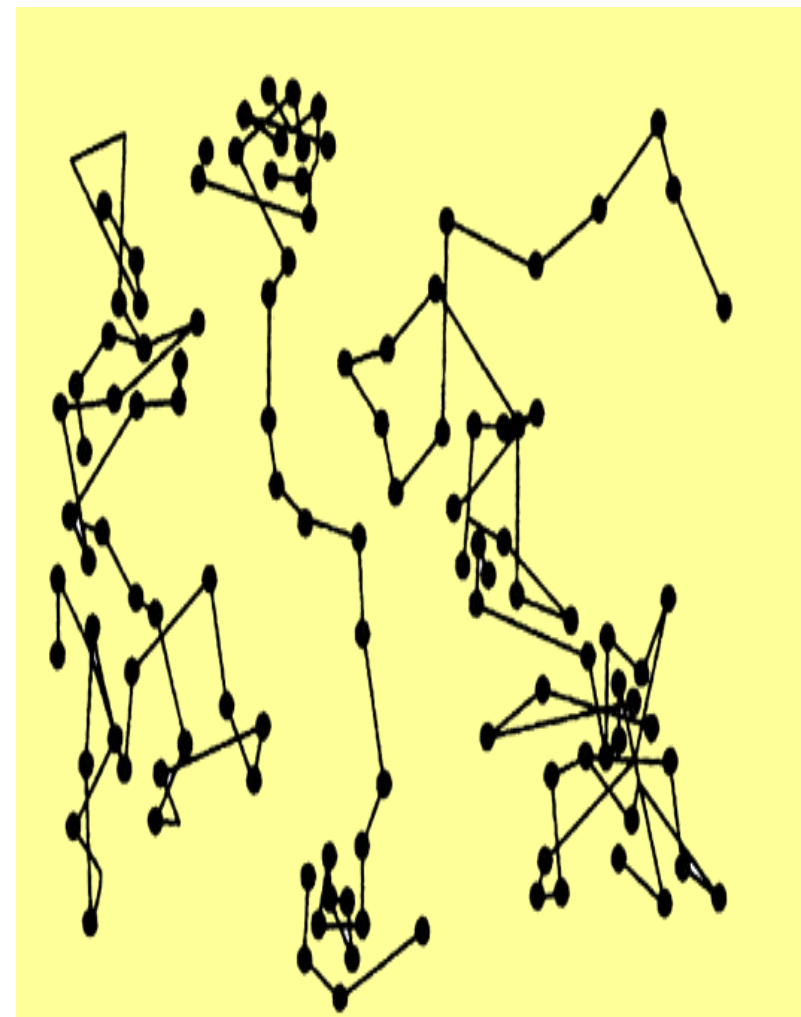


## 一、溶胶的性质和结构

### (一) 溶胶的性质

#### 2. 溶胶的力学性质——布朗运动

1827年，英国植物学家布朗用显微镜观察悬浮在水中的花粉时，发现花粉微粒在不停地做不规则运动。后来人们发现其他粒子如胶粒也在不停地进行着不规则运动，并且粒子越小，温度越高，运动也就越快。粒子的这种不规则运动称为布朗运动。



胶粒的布朗运动是由于胶粒受到处于不停运动的分散介质分子撞击，其合力不为0而引起的。并不需要外加能量，是分子固有的热运动的表现。



## 一、溶胶的性质和结构

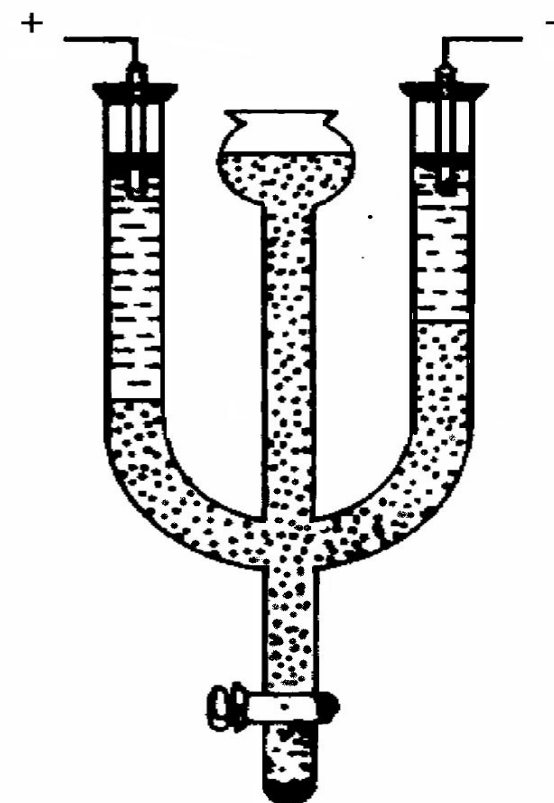
### (一) 溶胶的性质

#### 3. 溶胶的电学性质——电泳和电渗

溶胶的电学性质研究较多、应用较广的电动现象是电泳和电渗。这两种电学性质都是由外加电势差引起的固相和液相之间的相对移动，说明胶粒带电。

##### (1) 电泳

将两个电极插入溶胶中，通直流电后，可以观察到溶胶的胶粒向某一电极方向移动。这种在外加电场作用下，分散相粒子在分散介质中做定向移动的现象称为电泳。



电泳装置





## 一、溶胶的性质和结构

### (一) 溶胶的性质

#### 3. 溶胶的电学性质——电泳和电渗

##### (2) 电渗

若设法使胶粒不运动，通直流电后，可以观察到介质通过多孔隔膜向带相反电荷的电极移动。这种在外加电场作用下，胶粒固定不动而液体介质通过多孔性物质定向移动的现象称为电渗。



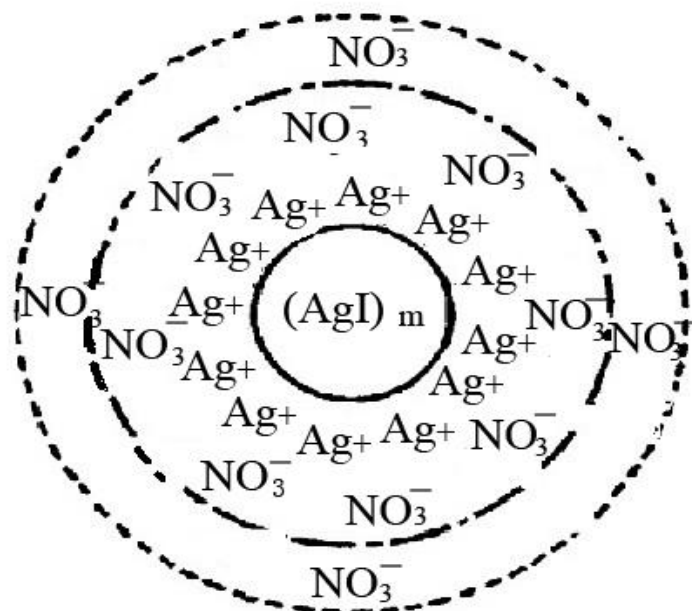


## 一、溶胶的性质和结构

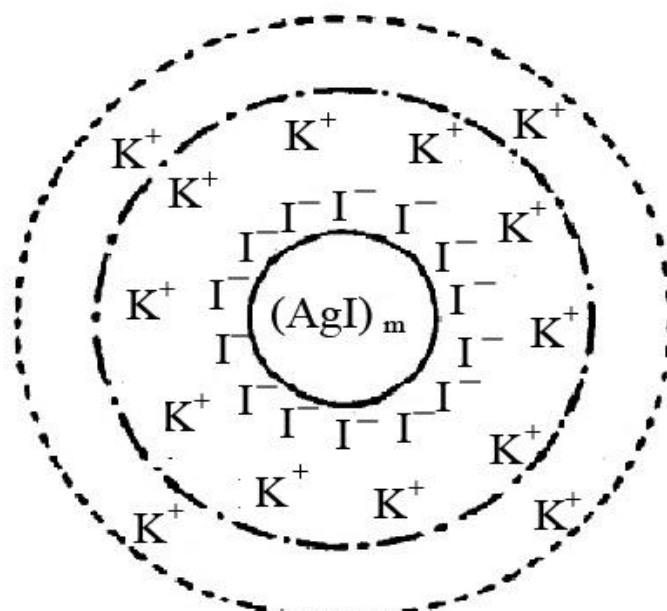
### (二) 胶团的结构

#### 1. 胶团的结构

制备 AgI 溶胶时,  $\text{AgNO}_3 + \text{KI} = \text{AgI} + \text{KNO}_3$

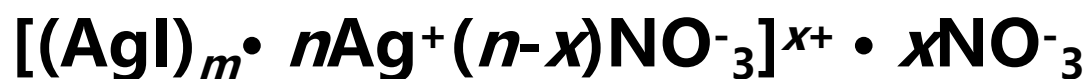


a



b

若  $\text{AgNO}_3$  过量:



胶核

吸附层

扩散层

胶粒

胶团



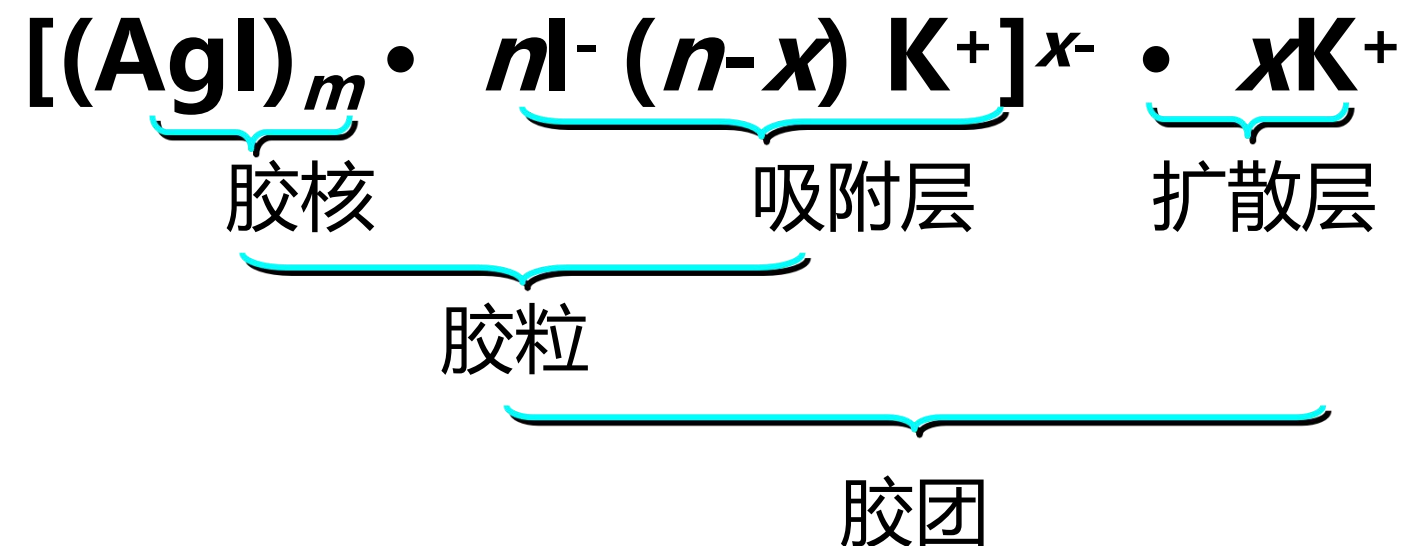


## 一、溶胶的性质和结构

### (二) 胶团的结构

#### 1. 胶团的结构

若 KI 过量:



为什么胶粒带电?





## 一、溶胶的性质和结构

### (二) 胶团的结构

#### 2. 胶粒带电的原因

**(1) 胶核的选择性吸附：**胶核的比表面很大，很容易吸附溶液中的离子。实验表明，与胶粒具有相同组成的离子优先被吸附。

**(2) 胶粒表面分子的解离：**胶粒与溶液中的分散介质接触时，表面分子发生解离，有一种离子进入溶液，而使胶粒带电。





## 二、溶胶的稳定性和聚沉

### (一) 溶胶相对稳定的原因

1. 胶粒带电 同一溶胶中胶粒带有相同符号的电荷，由于胶粒之间相互排斥而不易聚集。并且带电越多，斥力越大，胶粒越稳定。胶粒带电是溶胶具有相对稳定性的主要原因。

2. 胶粒表面水化膜的保护作用 形成胶团的吸附层和扩散层的离子都是水化的（如果是非水溶剂则是溶剂化的），胶粒表面就好像包了一层水化膜，使胶粒彼此隔开不易聚集。







## 二、溶胶的稳定性和聚沉

### (二) 溶胶的聚沉

**溶胶的稳定性是相对的、有条件的。**当溶胶的稳定因素受到破坏时，胶粒就会互相碰撞聚集成较大的颗粒而沉降，最后产生沉淀。这种分散相粒子聚集变大从介质中沉淀出来的过程称为聚沉。使溶胶聚沉的方法很多。

#### 1. 加入电解质

制备溶胶时，有极少量的电解质存在，能起到稳定溶胶的作用。但溶胶对电解质是十分敏感的，只要电解质稍微过量，就会引起溶胶聚沉。





## 二、溶胶的稳定性和聚沉

### (二) 溶胶的聚沉

#### 2. 加入带相反电荷的溶胶

将两种电性相反的溶胶适量混合，也能发生相互聚沉作用。

#### 3. 加热

很多溶胶在加热时可发生聚沉。因为升高温度，胶粒的运动速率加快，碰撞机会增加，同时降低了它对反离子的吸附作用，从而降低了胶粒所带的电荷和水化程度，使粒子在碰撞时聚沉。





## 三、高分子化合物溶液和凝胶

### (一) 高分子化合物溶液

#### 1. 高分子化合物

高分子化合物又称大分子化合物，一般是指相对分子质量在1万以上的物质。高分子化合物包括天然的和合成的，它们一般都是由大量原子组成的碳链化合物。

#### 2. 高分子溶液的特征

当将高分子化合物放入溶剂中时，溶剂分子能进入卷曲成团的高分子化合物分子链空隙中而使其高度溶剂化，可形成稳定的高分子溶液。





## 三、高分子化合物溶液和凝胶

### (一) 高分子化合物溶液

#### 3. 高分子溶液对溶胶的保护作用

在一定量的溶胶中加入足量的高分子溶液，可显著提高溶胶的稳定性，当外界因素干扰时也不易发生聚沉，这种现象称为高分子溶液对溶胶的保护作用。





## 三、高分子化合物溶液和凝胶

### (二) 凝胶

#### 1. 凝胶的形成

大多数高分子溶液在一定条件下，黏度逐渐变小，最后失去流动性，形成具有一定形态的半固体物质的过程称为胶凝，所形成的这种半固体物质称为凝胶。

#### 2. 凝胶的性质

**(1) 溶胀：**将干燥的弹性凝胶放入合适的溶剂中，能自动吸收溶剂而使体积增大的过程称为溶胀。

**(2) 离浆：**将凝胶放置一段时间，一部分液体会自动从凝胶中分离出来，使凝胶的体积逐渐缩小，这种现象称为离浆或脱液收缩。



## 小结

- **溶液**
  - 1.溶解和水合作用
  - 2.溶液的组成标度
- **稀溶液的依数性**
  - 1.稀溶液的依数性
  - 2.等渗溶液、低渗溶液、高渗溶液
- **胶体溶液**
  - 1. 溶胶的性质。
  - 2. 溶胶稳定的原因及溶胶的聚沉
  - 3. 高分子化合物溶液的特性



药品

### 第三章 溶液和胶体溶液

# THANKS

谢谢观看



人民卫生出版社

PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE