

“胶体分散体系与大分子溶液”作业点评

1. 290.2K 时在超显微镜下测得藤黄水溶胶中的胶粒每 10s 沿 x 轴的平均位移为 $6 \times 10^{-6}\text{m}$, 溶胶的黏度为 $1.1 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$, 求胶粒的半径。

解 根据爱因斯坦-布朗公式 $\bar{x}^2 = 2Dt = \frac{RT}{L} \cdot \frac{t}{3\pi\eta r}$, 得

$$\begin{aligned} r &= \frac{RT}{L} \frac{t}{3\pi\eta\bar{x}^2} \\ &= \left\{ \frac{8.314 \times 290.2}{6.023 \times 10^{23}} \times \frac{10}{3 \times 3.14 \times 1.1 \times 10^{-3} \times (6 \times 10^{-6})^2} \right\} \text{m} \\ &= 1.07 \times 10^{-7} \text{m} \end{aligned}$$

【点评】由于不同方向、不同速度的介质水分子对藤黄胶体粒子的不断冲击, 使胶粒受到一个不平衡力的作用, 所以胶粒时时刻刻以不同的速度, 向不同的方向作不规则的布朗运动。应注意爱因斯坦-布朗公式是在假设胶体粒子为球形的前提下推导的, 所以只适用于球形胶体粒子的溶胶系统。

2. 水中直径为 $1 \times 10^{-6}\text{m}$ 的石英粒子在电场强度 E 为 $100\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$ 的电场中运动速度为 $3.0 \times 10^{-5}\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 试计算石英-水界面上的 ζ 电势。设介质粘度为 $1 \times 10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$, 介电常数为 $8.89 \times 10^{-9}\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$ ($\text{F}=\text{C} \cdot \text{V}^{-1}$, 电容法拉)。(注: 单位之间的换算 $\text{J}=\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$, $\text{V}=\text{J}/\text{C}$)

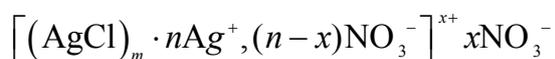
解 根据 Stern 双电层模型, ζ 电势是固体与液体相对运动时滑动面(或切动面)上的电势, 它与电泳(或电渗)速度直接相关, 因此可由电泳或电渗速度求得 ζ 电势。根据较大胶体粒子的电泳速度公式可得

$$\zeta = \frac{\eta v}{\varepsilon E} = \left\{ \frac{1 \times 10^{-3} \times 3.0 \times 10^{-5}}{8.89 \times 10^{-9} \times 100} \right\} \text{V} = 0.034 \text{V}$$

【点评】在一定的电场强度及一定的介质中, 胶体粒子的电泳速度显然还与胶粒自身的大小、形状、所带电荷等有关, 所以很难用一个统一的公式来计算胶体粒子的电泳速度。通常在胶体粒子较大, 质点表面可当作平面处理时, 采用斯莫鲁科夫斯基(Smoluchowski)公式, 即教材中的式(12.10)粗略计算电泳或电渗速度。

3. 将 0.012dm^3 浓度为 $0.020\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的 KCl 溶液和 0.100dm^3 浓度为 $0.0050\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的 AgNO_3 溶液混合以制备溶胶, 写出该溶胶的胶团结构示意图, 并指出该胶体粒子电泳的方向。

解 由 KCl 和 AgNO_3 的物质的量可判断出 AgNO_3 过量, 所以胶核表面应吸附 Ag^+ 。所以胶团结构应为:

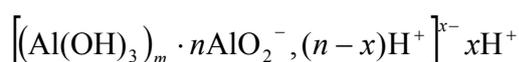


胶粒带正电荷，向负极迁移。

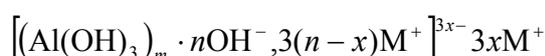
【点评】胶团结构与 Stern 双电层模型结构相同。 m 个沉淀物分子聚集构成胶核，并吸附与自身结构相似的离子而带电，相当于固体表面带电；溶液中的反离子靠静电力在胶核表面形成紧密吸附层，但紧密层中的反离子所带电荷数目少于胶核表面电荷数，所以胶核及紧密层仍带有与胶核表面相同符号的电荷，这就是胶粒；胶粒与溶液中扩散层的反离子共同构成了胶团，扩散层中反离子所带电荷数与胶粒电荷数相等。

4. 试写出 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶胶的胶团结构表示式。(1) 在酸性介质中；(2) 在碱性介质中。

解 酸性 (HA) 介质中：



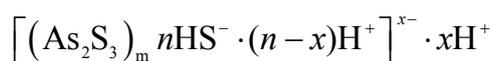
碱性 (MOH) 介质中：



【点评】 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶胶在不同介质中以不同方式电离，在酸性介质中电离出与胶核结构相似的 AlO_2^- ，所以胶核吸附 AlO_2^- 带负电荷，溶液中的反离子是 H^+ ；而在碱性介质中， $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶核选择性吸附 OH^- 而带负电，扩散层则是碱介质中的金属离子。可见胶团结构与介质性质密切相关。

5. 在一定温度下，向四支装有相同体积 As_2S_3 溶胶的试管中，分别加入相同浓度、相同体积的 KCl 、 NaCl 、 ZnCl_2 和 AlCl_3 溶液，则能够使 As_2S_3 溶胶聚沉最快的是哪种电解质？若分别加入同浓度、同体积的 NaCl 、 NaNO_3 、 Na_2CO_3 和 $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ，则又是哪种电解质使 As_2S_3 溶胶聚沉最快？

解 H_2S 在溶液中解离为 H^+ 和 HS^- ，所以 As_2S_3 溶胶的胶团结构为



在同浓度，同体积的 KCl 、 NaCl 、 ZnCl_2 和 AlCl_3 溶液中，使 As_2S_3 溶胶聚沉最快的是阳离子价数最高的 AlCl_3 。

在同浓度，同体积的 NaCl 、 NaNO_3 、 Na_2CO_3 和 $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液中，使 As_2S_3 溶胶聚沉最快的是 Na^+ 浓度最大的 $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 。

【点评】 由于胶粒带负电，所以对 As_2S_3 溶胶起聚沉作用的是电解质中的阳离子，在其他条件相同的情况下，根据舒尔采-哈迪规则，聚沉值与反离子价数的 6 次方成反比，即聚沉能力最强的是反离子价态最高的；当反离子相同时，聚沉能力取决于反离子的浓度，即 Na^+ 浓度最大的 $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 可使 As_2S_3 溶胶聚沉最快。

6. 在三个烧瓶中分别盛有 0.02dm^3 的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶，今分别加入 NaCl 、 Na_2SO_4 和 Na_3PO_4 溶液使其聚沉，至少需加电解质的量为：(1) $1\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的 NaCl 0.021dm^3 ，(2) $0.005\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

的 $\text{Na}_2\text{SO}_4 0.125\text{dm}^3$, (3) $0.0033\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的 $\text{Na}_3\text{PO}_4 7.4 \times 10^{-3}\text{dm}^3$ 。试计算各电解质的聚沉值, 并判断胶粒带什么电荷。

解 各电解质的聚沉值分别为

$$\text{NaCl: } \left\{ \frac{1 \times 0.021}{0.02 + 0.021} \right\} \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 0.512 \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4: \left\{ \frac{0.005 \times 0.125}{0.02 + 0.125} \right\} \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 4.31 \times 10^{-3} \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\text{Na}_3\text{PO}_4: \left\{ \frac{0.0033 \times 7.4 \times 10^{-3}}{0.02 + 7.4 \times 10^{-3}} \right\} \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 8.91 \times 10^{-4} \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

从以上计算结果可以看出, 电解质对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的聚沉值随阴离子价数的增加而显著降低, 故 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶粒带正电。

【点评】 在理解电解质对溶胶的聚沉作用时, 应注意区别聚沉值与聚沉能力, 并掌握二者的关系。聚沉值是使溶胶完全聚沉所需电解质的最低浓度, 聚沉值越小, 聚沉能力越强。