



前言

为深入贯彻《国家教育改革实施方案》《职业教育提质培优行动计划（2020~2023年）》，落实《中等职业学校公共基础课程方案》和《中等职业学校化学课程标准》，进一步建立系统完备、科学规范的中等职业学校化学教材体系，打造优质精品教材，丰富教材资源体系，基于多年中等职业教育教材建设的经验，特别是近十年“十二五”“十三五”规划教材的整体布局，我们组织高职院校教授、中职一线教师、企业专家编写《化学（农林牧渔类）》教材。

本书是中等职业学校化学课程拓展模块（农林牧渔类）国家规划教材。全书分为4个专题，分别是缓冲溶液、胶体和渗透压，滴定分析法，脂类和纤维素，杂环化合物、生物碱和核酸。每个专题有3节内容。各专题内容建立在基础模块之上，专题之间既有联系又相互独立，突出体现化学在农业生产中的应用。基础模块内容可选用中等职业学校公共基础课程国家规划教材《化学（通用类）第二版》（陈艾霞、杨龙主编，化学工业出版社出版）。本教材还可以作为其他专业的参考书，也可以作为职业岗位的培训教材。

本教材主要有以下特色：

1. 落实立德树人，体现课程思政。教材的编写始终坚持贯彻党的教育方针，把立德树人融入文化知识教育和社会实践教育的各个环节。
2. 强化公共基础课在人才培养过程中的公共性、基础性作用，教材内容着力提升学生的文化素养和终身学习能力。

3. 突出职教特色，彰显职业教育类型特征。教材内容突出就业岗位的相关知识，紧扣课程标准，注意理论和实践相结合。

4. 教材按照教学规律和特点顺序展开，注重化学概念、化学原理与情景设计、实践活动及问题解决的有机融合，体现教材的科学性、实用性，具有较好的可教性和可学性。

5. 教材引入很多案例，通过“科学视野”“科学探究”“交流与讨论”等形式拓展学生的探究精神和创新意识。

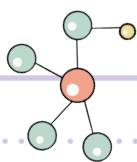
6. 教材按照专题形式编排，突出教材的教学属性。为教师合理设计教学情境，有利于教师创新教学模式，提高教学效率；为学生提供质疑与探索的空间，引导学生积极探索、建构知识，提高学生分析问题和解决问题的能力。

本教材由王炳强（福建生物工程职业技术学院教授）担任主编，丁芳林（湖南生物机电职业技术学院教授）担任副主编。丁芳林、曹小彦（广州广电计量检测股份有限公司研究员级高级工程师）编写专题一，王炳强、黄虹（上海信息技术学校高级讲师）编写专题二，胡瑾（南京科技职业学院副教授）编写专题三，张朝辉（湖南生物机电职业技术学院副教授）编写专题四。教材的编写还得到了万华（中国轻工业长沙工程有限公司高级工程师）等企业、行业专家的指导。

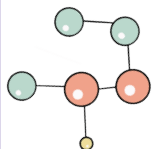
教材在编写过程中参考了有关专著、教材、论文等资料，在此向有关专家、老师、作者致以衷心的感谢。由于时间和水平所限，书中缺陷在所难免，欢迎广大师生提出宝贵意见。

编者

2021 年 5 月



目 录



专题一 缓冲溶液、胶体和渗透压

第一节 缓冲溶液	2
一、缓冲溶液的概念	3
二、缓冲溶液的类型与组成	3
三、缓冲溶液的原理与缓冲能力	4
四、缓冲溶液在生产中的应用	8
实验一 缓冲溶液的配制与性质	12
第二节 胶体	15
一、分散系的概念与分类	15
二、胶团的结构	21
三、溶胶的性质	24
四、溶胶的稳定性和聚沉	26
五、胶体在生产中的应用	29
实验二 胶体的制备与性质	32
第三节 渗透压	35
一、渗透现象	35
二、渗透平衡和渗透压	37
三、渗透压在生产生活中的应用	38

专题二 滴定分析法

第一节 滴定分析概述	46
一、滴定分析法的原理	47
二、滴定分析法的分类	48

三、滴定分析对化学反应的要求	48
四、有效数字及其运算规则（按照国家标准 GB/T 8170—2008）	48
五、分析数据的处理	50
六、原始数据的记录	52
第二节 酸碱滴定法	60
一、酸碱指示剂	61
二、滴定曲线和指示剂的选择	62
三、酸碱标准滴定溶液的配制和标定	66
第三节 技能操作	74
一、分析天平的基本操作	74
二、滴定管的基本操作	82
三、刻度移液管（吸量管）的基本操作	93
四、容量瓶的基本操作	98
实验三 食用白醋中醋酸含量的测定	106

专题三 脂类和纤维素

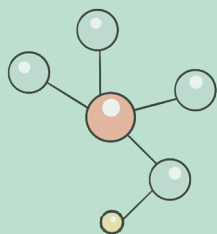
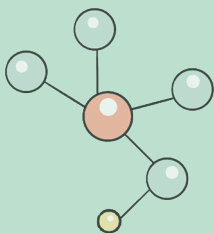
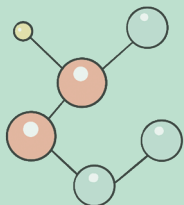
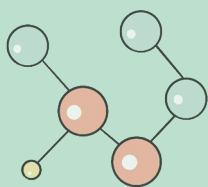
第一节 油脂	116
一、油脂的存在和用途	117
二、油脂的组成与结构	117
三、油脂的性质	120
四、油脂的应用	123
第二节 类脂	129
一、磷脂	129
二、蜡	132
三、甾体化合物	133

第三节 纤维素	142
一、纤维素的性质	143
二、纤维素的结构	143
三、纤维素的功能和应用	144
实验四 肥皂的制备	149

专题四 杂环化合物、生物碱和核酸

第一节 杂环化合物	154
一、杂环化合物的概念	154
二、杂环化合物的分类和命名	155
三、常见杂环化合物的性质及其在农业生产上的应用 ...	156
第二节 生物碱	164
一、生物碱的概念	164
二、生物碱的一般性质	165
三、生物碱的提取方法	165
四、重要的生物碱及其在农业生产上的应用	166
第三节 核酸	173
一、核酸的分类与组成	173
二、核酸的功能	174
三、核酸的应用	176

参考文献	180
------------	-----



专题一



缓冲溶液、胶体和渗透压



第一节 缓冲溶液



教学目标

1. 了解缓冲溶液的概念，熟悉缓冲溶液的组成。
2. 理解缓冲溶液的缓冲作用原理，能够指出常见缓冲对的抗酸成分和抗碱成分。
3. 了解缓冲溶液的缓冲能力和缓冲限度。
4. 了解缓冲溶液在生产中的应用。



问题与思考

1. 人的血液的 pH 范围为 7.35~7.45，食入酸性或碱性物质后血液的 pH 是否会发生显著变化？临床上的酸中毒或碱中毒是怎么回事？
2. 我国渔业水质标准（GB 11607—1989）规定淡水的养殖水体的 pH 范围为 6.5~8.5，维持淡水养殖水体 pH 基本稳定的原因是什么？

演示实验

醋酸—醋酸钠缓冲溶液

取 2 支试管，各加入 3 mL 蒸馏水，再分别加入 2 滴 0.1 mol/L HCl 和 2 滴 0.1 mol/L NaOH，用精密 pH 试纸测定溶液的 pH 分别为_____、_____。

分别取 5 mL 0.1 mol/L CH_3COOH 和 0.1 mol/L CH_3COONa 溶液在大试管中混合，用精密 pH 试纸测定混合溶液的 pH 为_____，然后将混合溶液分成三支试管，再向第 1 支试管中加 2 滴 0.1 mol/L HCl、第 2 支



试管中加 2 滴 0.1 mol/L NaOH、第 3 支试管中加 1 mL 蒸馏水，分别测定三支试管中溶液的 pH 为_____、_____、_____。

实验表明，向蒸馏水中加入 HCl 或 NaOH 时蒸馏水的 pH 变化很大，而向 CH₃COOH-CH₃COONa 混合溶液中加入 HCl 或 NaOH 后混合溶液的 pH 几乎不变。将 CH₃COOH-CH₃COONa 混合溶液适当稀释，其 pH 也基本不变。那么，是什么原因导致上述现象呢？

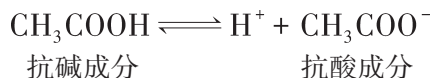
一、缓冲溶液的概念

向蒸馏水中加入少量的强酸或强碱，溶液的 pH 会发生显著变化，但向 CH₃COOH-CH₃COONa 构成的混合溶液中加入少量的强酸、强碱或将其适当稀释，溶液的 pH 几乎不变。这种能够抵抗外来少量的酸、碱或适当稀释，而保持 pH 几乎不变的溶液叫缓冲溶液。缓冲溶液维持 pH 相对稳定的作用称为缓冲作用。

二、缓冲溶液的类型与组成

缓冲溶液通常由能“抵抗酸”和“抵抗碱”两个部分组成。抵抗酸的部分称为抗酸成分，即能与酸反应的成分；抵抗碱的部分称为抗碱成分，即能与碱反应的成分；抗酸成分和抗碱成分合称为缓冲溶液的缓冲对。

缓冲对两个组分通常要求浓度比较大且只相差一个 H⁺，同时两者可以相互转化，如 CH₃COOH - CH₃COONa 缓冲对中 CH₃COOH 和 CH₃COONa 两个组分的浓度都较大，且 CH₃COOH 和 CH₃COO⁻ 通过得失一个 H⁺ 实现两者的相互转化：



根据构成缓冲溶液的盐的类型不同，通常有三种缓冲对：弱酸及其强碱盐、弱碱及其强酸盐、多元酸的两种盐（表 1-1）。

表 1-1 常见的缓冲对

缓冲对的类型	实例	抗酸成分	抗碱成分
弱酸和弱酸强碱盐	CH ₃ COOH - CH ₃ COONa	CH ₃ COONa	CH ₃ COOH
弱碱和弱碱强酸盐	NH ₃ · H ₂ O - NH ₄ Cl	NH ₃ · H ₂ O	NH ₄ Cl
多元酸的两种盐	NaH ₂ PO ₄ - Na ₂ HPO ₄	Na ₂ HPO ₄	NaH ₂ PO ₄



三、缓冲溶液的原理与缓冲能力

1. $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 缓冲溶液的缓冲作用原理

在 $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 缓冲溶液中， CH_3COOH 和 CH_3COONa 要求有较大的浓度，由于 CH_3COONa 是强电解质，在溶液中全部以 CH_3COO^- 和 Na^+ 形式存在，而 CH_3COOH 是弱电解质，主要以 CH_3COOH 分子形式存在，式（1-1）的电离产物 CH_3COO^- 使式（1-2）的电离平衡向生成 CH_3COOH 分子的方向移动，所以在 $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 缓冲溶液中， CH_3COO^- 和 CH_3COOH 分子都能保持较大的浓度。

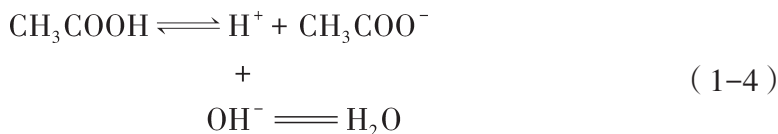


当向 $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 缓冲溶液中加入少量的强酸（ H^+ ）时， H^+ 与 CH_3COO^- 结合成 CH_3COOH ，使 CH_3COOH 的电离平衡向逆反应方向移动，如式（1-2）向左移动；建立新平衡时， CH_3COO^- 的浓度略有减小， CH_3COOH 的浓度略有增加，而 H^+ 浓度几乎不变（溶液 pH 几乎不变）。 CH_3COO^- 抗酸作用的离子反应方程式可以表示为：



可见，式（1-3）是式（1-2）的逆反应， CH_3COO^- 为本缓冲溶液的抗酸成分。事实上，根据盐的水解原理， CH_3COONa 是强碱弱酸盐水解显碱性，能中和少量的酸，也说明 CH_3COO^- 有抗酸性。

当向 $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 缓冲溶液中加入少量的强碱（ OH^- ）时， OH^- 与 CH_3COOH 电离的 H^+ 结合成 H_2O ，使 CH_3COOH 电离平衡向右移动，补充溶液中的 H^+ ；建立新平衡时， CH_3COOH 的浓度略有减小， CH_3COO^- 的浓度略有增加，而 H^+ 浓度几乎不变（溶液 pH 几乎不变）。 CH_3COOH 发生抗碱作用的离子反应方程式可表示为式（1-4）和式（1-5）：



总离子反应方程式可表示为：



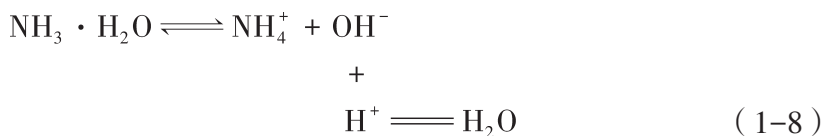
可见, CH_3COOH 为弱酸, 是本缓冲溶液的抗碱成分。

2. $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - \text{NH}_4\text{Cl}$ 缓冲溶液的缓冲作用原理

在 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - \text{NH}_4\text{Cl}$ 缓冲溶液中, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和 NH_4Cl 要求有较大的浓度, 由于 NH_4Cl 是强电解质, 在溶液中全部电离为 NH_4^+ [式 (1-6)], 而 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 是弱电解质, 主要以 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分子形式存在 [式 (1-7)]。式 (1-6) 的电离产物 NH_4^+ 使式 (1-7) 的电离平衡向生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分子的逆反应方向移动, 所以在 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - \text{NH}_4\text{Cl}$ 缓冲溶液中, NH_4^+ 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分子都能保持较大的浓度。



当向 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - \text{NH}_4\text{Cl}$ 缓冲溶液中加入少量的强酸 (H^+) 时, H^+ 与 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 电离的 OH^- 结合生成 H_2O , 使 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离平衡向正反应方向移动, 如式 (1-7) 向右移动; 建立新平衡时, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的浓度略有减小, NH_4^+ 的浓度略有增加, 而 H^+ 浓度几乎不变 (溶液 pH 几乎不变)。 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 发生抗酸作用的离子反应方程式可以表示为式 (1-8) 和式 (1-9)。



总离子反应方程式可表示为:



可见, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 作为弱碱, 是本缓冲溶液的抗酸成分。

当向 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - \text{NH}_4\text{Cl}$ 缓冲溶液中加入少量的强碱 (OH^-) 时, OH^- 与 NH_4^+ 结合生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 使 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的电离平衡向逆反应方向移动, 如式 (1-7) 向左移动; 建立新平衡时, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的浓度略有增加, NH_4^+ 的浓度略有减小, 而溶液的 H^+ 浓度几乎不变 (溶液 pH 几乎不变)。 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 发生抗碱作用的离子反应方程式可表示为式 (1-10)。



可见， NH_4^+ 为本缓冲溶液的抗碱成分。根据盐的水解原理， NH_4Cl 是强酸弱碱盐，水解显酸性，能中和少量的碱，也说明 NH_4^+ 有抗碱性。

3. $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$ 缓冲溶液的缓冲作用原理

在 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$ 缓冲溶液中， NaH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 要求有较大的浓度，由于 NaH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 都是强电解质，在溶液中全部电离为 H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} ，并且这两种成分可以相互转化，存在可逆电离平衡，如式（1-11）。

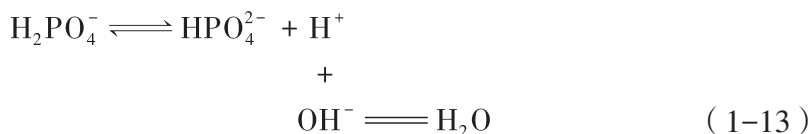


当向 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$ 缓冲溶液中加入少量的强酸（ H^+ ）时，上述电离平衡向逆反应方向移动，如式（1-11）向左移动；建立新平衡时， HPO_4^{2-} 的浓度略有减小， H_2PO_4^- 的浓度略有增加，而溶液的 H^+ 浓度几乎不变（溶液 pH 几乎不变）。 HPO_4^{2-} 发生抗酸作用的离子反应方程式可表示为式（1-12）。



可见， HPO_4^{2-} 为本缓冲溶液的抗酸成分。

当向 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$ 缓冲溶液中加入少量的强碱（ OH^- ）时， OH^- 与 H_2PO_4^- 电离的 H^+ 结合生成 H_2O ，使 H_2PO_4^- 的电离平衡向右移动，如式（1-11）向右移动；建立新平衡时， H_2PO_4^- 的浓度略有减小， HPO_4^{2-} 的浓度略有增加，而溶液的 H^+ 浓度几乎不变（pH 几乎不变）。 H_2PO_4^- 发生抗碱作用的离子反应方程式可表示为式（1-13）和式（1-14）。



总离子反应方程式可表示为：



可见， H_2PO_4^- 为本缓冲溶液的抗碱成分。

从上面的三类缓冲溶液可以看出，抗酸成分往往能与酸作用，通常是碱（ $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）或者是水解后显碱性的盐（ CH_3COONa 、 Na_2HPO_4 ）；抗碱成分则能与碱作用，通常是酸（ CH_3COOH 、 H_2PO_4^- ）或者水解后显酸性的盐（ NH_4Cl ）。所

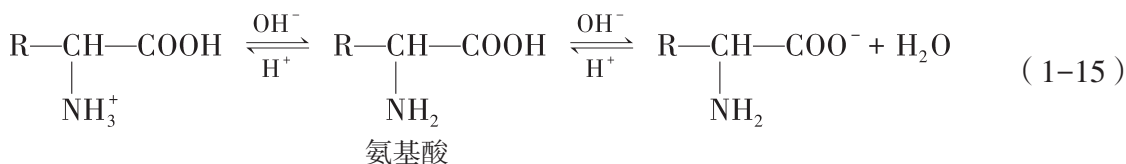


以一种溶液中如果同时含有能与酸作用和能与碱作用的部分，那么这种溶液就能发生缓冲作用，若能与酸作用和能与碱作用的部分的浓度都比较大时，这种溶液就有一定的缓冲能力。

化学上，我们把既能与酸反应又能与碱反应的物质称为两性物质。氨基酸和蛋白质是典型的两性物质，氨基酸分子中的氨基（ $-\text{NH}_2$ ）可以与强酸（ H^+ ）反应生成（ $-\text{NH}_3^+$ ），羧基（ $-\text{COOH}$ ）电离出的 H^+ 可以与强碱（ OH^- ）发生中和反应生成水，如式（1-15）所示。所以当氨基酸溶液浓度较大时，氨基酸溶液就能够抵抗外来少量的酸、碱或稀释，而保持溶液的 H^+ 浓度几乎不变（ pH 几乎不变），因此氨基酸溶液具有缓冲能力，是缓冲溶液。其中氨基酸分子中的氨基是抗酸成分，氨基酸分子中的羧基是抗碱成分，两者构成氨基酸缓冲溶液的缓冲对。与前面介绍的缓冲溶液不同的是，氨基酸缓冲溶液的抗酸成分和抗碱成分在同一个分子中。

蛋白质分子是由氨基酸通过肽键形成的多肽长链，其中有的氨基酸有多个氨基，有的氨基酸有多个羧基，因此蛋白质分子多肽链上存在有游离的氨基（ $-\text{NH}_2$ ）和游离的羧基（ $-\text{COOH}$ ），也与氨基酸一样分别可以与酸、碱反应，表现出缓冲能力，是缓冲溶液，这是生物体内重要的缓冲溶液，能够维持体液细胞的 pH 在一定范围内。

缓冲溶液的缓冲能力是有一定限度的。如果向其中加入大量强酸或强碱，当溶液中的抗酸或抗碱成分消耗殆尽时，它就没有缓冲能力了。缓冲溶液的缓冲能力取决于缓冲对两个组分的浓度及其比值，一般来说，抗酸成分和抗碱成分浓度越大、抗酸成分和抗碱成分两者之比越接近 1，这种缓冲溶液的缓冲能力越强。



交流与讨论

1. 缓冲溶液中如果缓冲对的两个组分浓度相差很大，会出现什么情况？
2. 如何理解“高浓度的强酸、强碱也具有缓冲能力”？



科学探究

设计实验验证缓冲溶液都有一定的缓冲限度。

四、缓冲溶液在生产中的应用

1. 缓冲溶液的配制

配制一定 pH 范围的缓冲溶液，可以通过计算，也可参考有关化学手册。

一般来说，配制 pH 为 4~6 的缓冲溶液，可用 $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 混合溶液；配制 pH 为 6~8 的缓冲溶液，可用 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$ 混合溶液；配制 pH 为 9~11 的缓冲溶液，可用 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - \text{NH}_4\text{Cl}$ 混合溶液。查找相关缓冲溶液配制手册，可以得到所需 pH 的缓冲溶液的配制方法（表 1-2、表 1-3）。

表 1-2 常用缓冲溶液的 pH 范围

缓冲溶液	pH 有效范围
柠檬酸 - 氢氧化钠 - 盐酸	2.2 ~ 6.5
醋酸 - 醋酸钠	3.6 ~ 5.6
磷酸二氢钾 - 磷酸氢二钾	5.9 ~ 8.0
硼酸 - 硼砂	7.2 ~ 9.2
氨水 - 氯化铵	9.2 ~ 11.0

表 1-3 pH 测定标准缓冲溶液的配制

标准缓冲溶液 (pH)	配制方法
4.01	称取在 110 °C 烘干的分析纯邻苯二甲酸氢钾 10.21 g，溶于蒸馏水后，配成 1000 mL 溶液
6.86	称取在 110 °C 烘干的分析纯磷酸二氢钾 3.39 g 和磷酸氢二钠 3.53 g，用蒸馏水溶解后配成 1000 mL 溶液
9.18	称取分析纯硼砂 3.81 g，用蒸馏水溶解后配成 1000 mL 溶液

注：数据来源 GB/T 27501—2011。



2. 缓冲溶液的应用

缓冲溶液在科学实验和农业生产中都有重要意义。

为了在实验室条件下准确地模拟生物体内的天然环境，就必须保持体外生物化学反应过程与体内过程完全相同的 pH，各种生化样品的分离纯化和分析鉴定，也必须选用合适的 pH。因此，在生物化学的研究工作和生物技术的开发工作中，准确恰当地选择和配制各种缓冲溶液，精确地测定溶液的 pH，就是非常重要的基础工作。如植物细胞组织 DNA 提取过程中就要用到缓冲溶液，以保证 DNA 在提取过程中不发生变性。

生物体内细胞的生长、发育、代谢、遗传等活动是在一定的 pH 条件下进行的，而且受到氢离子浓度的严格调控，体内 pH 环境的任何改变都将引起与代谢有关的酸碱电离平衡移动，从而影响生物体内细胞的活性，能够做到这一点是因为生物体内有完善的天然缓冲体系，如蛋白质缓冲溶液、 $\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{HCO}_3^-$ 缓冲溶液。

在土壤中也存在多种缓冲对，如碳酸和碳酸氢盐、磷酸盐类、腐植酸和腐植酸盐等。这些缓冲体系的存在，使土壤具有比较稳定的 pH，以利于土壤微生物的正常活动和作物的正常生长发育。

人体血液中含有 $\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{NaHCO}_3$ 和蛋白质等缓冲对，使血液维持在 pH 为 7.35 ~ 7.45 的正常范围内。如果进入血液的酸、碱超过血液的缓冲能力，就会引起“酸中毒”或“碱中毒”，当 pH 的改变超过 0.5 时，就可能会导致生命危险。

在通常情况下，天然淡水的 pH 变化幅度不大，一般为 6.5 ~ 8.5，主要有 $\text{HCO}_3^- - \text{CO}_3^{2-}$ 和 $\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{HCO}_3^-$ 等缓冲体系，以保证淡水养殖鱼类的生长环境维持在正常的 pH 范围内。



科学视野

嫦娥五号月球探测器圆满完成月球采样返回任务

2020 年 11 月 24 日，嫦娥五号月球探测器搭乘中国长征五号运载火箭飞往月球，开启中国首次地外天体采样返回之旅。12 月 1 日，嫦娥五号成功在月球预选着陆区着陆，并传回着陆影像图，开启持续约两天的月面工作。探测器经受了超过 130℃ 的月面高温考验，克服测控、光照、电源



等方面的条件约束，最终，嫦娥五号依托全新研制的地外天体样品采集机构，通过机械臂表取和钻具钻取两种方式，分别采集月球样品，实现了多点、多样化自动采样。其中，钻具钻取了月面下的月壤样品，机械臂则在末端采样器支持下，在月表开展多种采样。为确保月壤样品在返回地球过程中，保持真空密闭以及不受外界环境影响，探测器在月面对样品进行了密封封装。12月17日凌晨，嫦娥五号探测器的返回器携带月壤返回地球，按照预定方案顺利降落在内蒙古四子王旗着陆场。这是目前为止我国执行的最为复杂的航天任务，这也是人类时隔44年，再度携带月壤回到地球。嫦娥五号任务作为中国复杂度最高、技术跨度最大的航天系统工程，首次实现了中国地外天体采样返回。这是发挥新型举国体制优势攻坚克难取得的又一重大成就，标志着中国航天向前迈出了一大步，将为深化人类对月球成因和太阳系演化历史的科学认知作出贡献。

科学家介绍，月壤主要由橄榄石、辉石、钛铁矿、斜长石等矿物质和胶结质玻璃组成。



交流与讨论

1. 嫦娥五号月球探测器研究团队平均年龄33岁，你对“自古英雄出少年”有何见解？结合实际谈谈自己的人生理想。
2. 查阅资料，了解橄榄石、辉石、钛铁矿、斜长石等由哪些元素组成。
3. 如果给你一份“月壤”样品，你会怎么处理？



科学探究

NaHCO_3 饱和溶液的 pH 约 8.3，设计实验证明它的两性和缓冲作用。



习 题

1. 填空题

(1) 缓冲溶液是指_____，包括_____和_____两个部分，这两个部分合称为缓冲溶液的_____。

(2) 0.1 mol/L NH_4Cl 与 0.1 mol/L $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 等体积混合构成的混合液称为_____，其抗酸成分是_____，抗酸成分发生抗酸作用的离子反应方程式为_____；其抗碱成分是_____，抗碱成分发生抗碱作用的离子反应方程式为_____。

(3) 在 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$ 缓冲对中，抗碱成分是_____，抗酸成分是_____。

2. 是非题（正确的打“√”，错误的打“×”）

- (1) 缓冲溶液中，抗酸成分显碱性，抗碱成分显酸性。 ()
- (2) 缓冲溶液都有一定的缓冲能力。 ()
- (3) 6 mol/L 的 HCl 溶液具有一定的缓冲能力，也可以看作缓冲溶液。 ()
- (4) 两性化合物既显酸性又显碱性。 ()
- (5) 两性化合物是一类特殊的缓冲溶液。 ()
- (6) 向缓冲溶液中加入大量的强酸或强碱，溶液的 pH 都不会发生改变。 ()
- (7) 缓冲溶液就是能抵抗外来酸碱影响，保持溶液 pH 绝对不变的溶液。 ()
- (8) 缓冲溶液的总浓度越大，缓冲容量越大，缓冲溶液的缓冲能力越强。 ()

3. 单项选择题

- (1) 下列溶液可以作为缓冲溶液的是 ()
- A. 0.1 mol/L CH_3COOH + 0.1 mol/L NH_4Cl
 - B. 0.2 mol/L CH_3COOH 25 mL + 0.1 mol/L NaOH 25 mL
 - C. 碳酸 (H_2CO_3) 溶液
 - D. 0.1 mol/L 氨水 ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)



(2) 下列溶液没有缓冲能力的是 ()

- A. 饱和小苏打 (NaHCO_3) 溶液 B. 蛋白质 (鸡蛋清) 溶液
C. 饱和食盐 (NaCl) 溶液 D. 氨基酸溶液

4. 判断下列溶液是否为缓冲溶液?

(1) $0.1 \text{ mol/L CH}_3\text{COOH} + 0.1 \text{ mol/L CH}_3\text{COONa}$

(2) $0.1 \text{ mol/L CH}_3\text{COOH} + 0.1 \text{ mol/L NaOH}$

(3) $0.1 \text{ mol/L CH}_3\text{COOH} + 0.05 \text{ mol/L NaOH}$

(4) $0.05 \text{ mol/L CH}_3\text{COOH} + 0.1 \text{ mol/L NaOH}$

(5) $0.00010 \text{ mol/L CH}_3\text{COOH} + 0.0001 \text{ mol/L CH}_3\text{COONa}$

(6) $0.0125 \text{ mol/L CH}_3\text{COOH} + 0.1875 \text{ mol/L CH}_3\text{COONa}$

学生实验

实验一 缓冲溶液的配制与性质

一、实验目的

1. 学会缓冲溶液的配制方法，试验缓冲溶液的性质。
2. 加深对缓冲溶液缓冲作用的理解。

二、实验原理

在一个溶液中同时存在既能与酸反应又能与碱反应的两个成分，这个溶液就具有缓冲能力，把这种溶液称为缓冲溶液。能与酸反应的成分是抗酸成分，能与碱反应的成分是抗碱成分，两者构成缓冲溶液的缓冲对。 $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 混合溶液就是典型的缓冲溶液。 CH_3COOH 是抗碱成分， CH_3COONa 为抗酸成分，通过实验向 $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 混合溶液中加少量的强酸或强碱，测定溶液 pH 的变化，验证缓冲溶液的缓冲性。

三、仪器和试剂

仪器：试管、试管架、滴管。

试剂： 0.1 mol/L 的 HCl 、 CH_3COOH 、 NaOH 、 CH_3COONa 溶液，蒸馏水，精密 pH 试纸。



四、实验步骤

1. 缓冲溶液的选择和配制

取 3 支试管，分别编号为 1、2、3，按下表所示数值用滴管分别滴加 0.1 mol/L CH_3COOH 、0.1 mol/L CH_3COONa 溶液（1 mL 约 20 滴），摇匀，即配得 $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$ 缓冲溶液。用精密 pH 试纸测定混合溶液的 pH，记入下表中。

试管编号	1	2	3	4	5
0.1 mol/L CH_3COOH	2 mL	2 mL	2 mL		
0.1 mol/L CH_3COONa	2 mL	2 mL	2 mL		
蒸馏水				4 mL	4 mL
pH					
0.1 mol/L HCl	1 滴			1 滴	
0.1 mol/L NaOH		1 滴			1 滴
蒸馏水			2 mL		
pH					
pH 的变化					

2. 缓冲溶液的缓冲作用

- (1) 再取 2 支试管，分别编号为 4、5。
- (2) 在 4、5 号试管中各加入 4 mL 蒸馏水。
- (3) 用 pH 试纸测定蒸馏水的 pH，记入上表中。
- (4) 在 1、4 号试管中，各加入 1 滴 0.1 mol/L HCl 溶液；在 2、5 号试管中，各加入 1 滴 0.1 mol/L NaOH 溶液，测其 pH，记入上表中。
- (5) 在 3 号试管中加 2 mL 蒸馏水，测其 pH，记入上表中。
- (6) 比较 pH 变化情况，记入上表中。

结论：_____。



3. 缓冲溶液的缓冲限度

（1）继续向 1 号试管中加入 0.1 mol/L HCl ，当缓冲溶液改变 1 个 pH 单位时，记录加入 HCl 的体积为_____mL。

（2）继续向 2 号试管中加入 0.1 mol/L NaOH ，当缓冲溶液改变 1 个 pH 单位时，记录加入 NaOH 的体积为_____mL。

结论：_____。



第二节 胶体



教学目标

1. 了解分散系的概念，能够根据分散质粒子大小判断分散系的类型，知道常见的三种分散系及其主要特点。
2. 了解胶团的结构，并能从结构上理解溶胶稳定的原因；明确溶胶与溶液、浊液在组成上的区别及性质上的差异。
3. 了解胶体的重要性质及沉降方法，能够运用胶体的性质区别溶胶与其他分散系。
4. 了解胶体在生产中的应用。



问题与思考

1. 江河入海处通常会形成“三角洲”，“三角洲”产生的原因是什么？
2. 你知道豆浆为什么不沉淀吗？豆腐又是怎么生产的？

一、分散系的概念与分类

（一）分散系的概念

在初中化学中学习过溶液、悬浊液和乳浊液，都是由一种或几种物质的微粒分散到另一种物质中形成的混合物，通常把这种混合物称为分散系。在分散系中，被分散成微粒的物质称为分散质，能容纳分散质的物质（分散分散质的物质）称为分散剂（也称为分散介质）。分散系是由分散质和分散剂组成的混合体系。分散质和分散剂均可以是固体、液体或气体。如食盐分散在水中形成食盐溶液，蔗糖分散在水中形成蔗糖溶液，黏土分散在水中形成泥浆，水滴分散在空气中形成云雾，奶油、蛋白质和乳糖分散在水中形成牛奶等都是分散系。其中食盐、蔗糖、黏土、水滴、奶油、蛋白质和乳糖是分散质，水、空气为分



散剂。

（二）分散系的分类

根据分散质粒子的大小，可把分散系分为三类：溶液、胶体和粗分散系（浊液）（表 1-4）。

表 1-4 分散系的分类和性质

分散系	分散质粒径	性 质
溶液	$< 1 \text{ nm}$	透明而均匀，性质稳定，只要外界条件不变，溶液可长期放置而不变化，能透过滤纸及半渗透膜
胶体	$1 \sim 100 \text{ nm}$	由很多“分子”（生物大分子除外）集合而成，胶体溶液看起来完全均匀且透明，实际上它并不均匀，能透过滤纸，不能透过半渗透膜；其性质比较稳定，在外界条件不变时不易析出沉淀
浊液	$> 100 \text{ nm}$	用肉眼或普通显微镜即可看出分散质的颗粒。这种颗粒是由许多微粒聚集而成，颗粒比较大，因而不透明、不稳定，悬浊液会发生沉降且不能透过滤纸，乳浊液容易分层

1. 分子或离子分散系——溶液

一种或几种物质以分子或离子状态均匀地分散在另一种物质中得到的分散系称为溶液。溶液的微粒直径一般小于 1 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)。在溶液中一般把量少的称为溶质，量多的称为溶剂。水是最常用的溶剂，水溶液也简称溶液，通常不指明溶剂的溶液是指水溶液。为了区别溶液和胶体，有时又把溶液称为真溶液。对溶液来说，溶质就是分散质，溶剂就是分散剂，溶液就是分散系。

溶液除具有均一、透明、稳定、分散质粒子能透过滤纸及半渗透膜等性质外，还具有以下性质：

（1）蒸气压下降 在一定温度下，如果将纯水置于真空容器中，水分子表面一部分能量较高的分子会克服其他分子对它的束缚而逸出，成为水蒸气分子，这个过程叫蒸发或汽化；进入空气中的水蒸气分子在不断地运动过程中，撞入液面重新回到液体水中，这个过程称为凝聚。刚开始时，空间没有水蒸气分子，蒸发速度较快，随着蒸发的进行，液面上方的水蒸气分子增多，凝聚速度会逐渐加大。一段时间后，当蒸发速度和凝聚速度相等时，液体水和它的蒸气处于动态平衡状态，则在单位时间内，由液面蒸发的水分子数和气相返回液面的水分子数相等，此时在空间中的气体分子数保持不变，称为饱和蒸气，饱和蒸气产生



的压力称为饱和蒸气压，简称蒸气压，单位为 Pa 或 kPa。

在相同的温度下，不同的液体蒸气压不同，蒸气压越大的液体越容易蒸发，见表 1-5。通常把常温下蒸气压较高的物质称为易挥发性物质，如乙醚；蒸气压较低的物质称为难挥发性物质，如水。

表 1-5 几种液体的蒸气压 (20 ℃)

物质	水	乙醇	苯	乙醚
蒸气压 / kPa	2.34	5.85	9.96	57.74

纯液体的蒸气压除了与液体的本性有关外，还与温度有关。由于蒸发是吸热过程，因此同一液体的蒸气压随着温度的升高而增加。如水的蒸气压随着温度的升高而增加（表 1-6）。

表 1-6 水在不同温度下的蒸气压

温度 / ℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
蒸气压 / kPa	0.61	1.23	2.34	4.25	7.38	12.34	19.93	31.18	47.37	70.12	101.32

实验证明，在一定温度下，稀溶液的蒸气压总是低于纯溶剂的蒸气压，这种现象称为溶液的蒸气压下降。产生这种现象的原因是溶液中的溶质分子或离子与若干个溶剂水分子结合，形成溶剂化分子或溶剂化离子（水合离子），束缚了一些能量较高的溶剂分子，同时又占据了一部分溶液的表面。因此，在单位时间内从溶液逸出液面的溶剂分子数比从纯溶剂逸出的溶剂分子数相应减少，溶液的蒸气压比纯溶剂的蒸气压低。显然，溶液浓度越大，蒸气压下降越多。

（2）沸点上升 当液体蒸发所产生的蒸气压等于 1 个标准大气压（101.325 kPa）时的温度称为该液体的沸点。处于沸点温度下的液体汽化在其表面和内部同时发生，称为液体的沸腾。由于溶液的蒸气压下降，溶液的蒸气压总是比纯溶剂的蒸气压小，所以溶液必须比纯溶剂的温度更高，才能沸腾。由表 1-6 可知，纯水的蒸气压达到 101.32 kPa 时的温度是 100 ℃，所以纯水的沸点是 100 ℃。如果在纯水中加入蔗糖构成蔗糖溶液，那么蔗糖溶液的沸点就要超过 100 ℃，才能使溶剂水产生的蒸气压达到 101.32 kPa，达到沸腾状态，因此，溶液的沸点总比纯溶剂的沸点高，叫作溶液的沸点上升。

在高原地区由于空气稀薄，气压较低，水会在低于 100 ℃下沸腾，因此在



高原地区用普通锅不容易煮熟食物；我们在喝油脂含量比较多的汤时会感到特别烫，是因为汤是含盐的水溶液，其沸点要高于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，而表面的油脂又起到了保温作用，因此喝起来会感到特别烫。

演示实验

在小烧杯中加 50 mL 蒸馏水，加热到沸腾，用温度计测定其温度为_____。保持沸腾状态，向蒸馏水中加入 $1\sim 2\text{ g}$ 食盐，观察食盐溶液是否处于沸腾状态。继续加热至食盐溶液沸腾，记录再次沸腾时的温度为_____。

实验发现，在沸腾的水中加入食盐后，沸腾现象消失，继续加热到再次沸腾时，温度计读数高于纯水沸腾时的温度。



科学视野

诺贝尔生物学或医学奖获得者——屠呦呦



图 1-1 科学家屠呦呦

屠呦呦（图 1-1）1930 年出生于浙江省宁波市，她自幼耳闻目睹中药治病的奇特疗效，立志探索它的奥秘。1951 年，屠呦呦考入北京大学医学院药系，选择了生药学专业。在专业课程中，她对植物化学、本草学和植物分类学最感兴趣，大学毕业后分配到中国中医研究院工作。研究院建院之初，条件艰苦，设备简陋，在连基本通风设施都没有的工作环境中，屠呦呦经常和各种化学溶剂打交道，一度患上中毒性肝炎，但她心无旁骛，埋头从事中药研究。

疟疾是一种严重危害人类生命健康的世界性流行病。20 世纪 60 年代初，全球疟疾疫情难以控制，大量科研人员加入这项研究，却未找到理想的抗疟新药，防治疟疾成为各国医药界亟待攻克的难题。我国从 1964 年



重新开始对抗疟新药的研究，从中草药中寻求突破是整个工作的主流，但是，通过对数千种中草药的筛选，却没有任何重要发现。在国内外都处于困境的情况下，1969年，屠呦呦出任该项目的科研组长。她从整理历代医籍着手，四处走访老中医，搜集建院以来的有关群众来信，编写了以中药为主的《抗疟单验方集》。虽然筛选的大量样品对抗疟均无好的苗头，但她并不气馁。经过对200多种中药的380多个提取物进行筛选，最后将焦点锁定在青蒿上（图1-2）。然而大量试验发现，青蒿的抗疟效果并不理想。她又系统查阅文献，特别注意在历代用药经验中药物提取的方法。当她再一次转向古老中国智慧时，东晋名医葛洪《肘后备急方》中称，“青蒿一握，以水二升渍，绞取汁，尽服之”可治“久疟”。琢磨这段记载，她认为很有可能在高温的条件下，青蒿的有效成分被破坏了。于是她改用乙醇冷浸法，所得青蒿提取物对鼠疟的效价显著提高；接着，用低沸点溶剂提取，效价更高，而且趋于稳定。终于，在经历了近200次失败后，青蒿素诞生了，这剂新药对疟原虫的抑制率达到100%。鉴于屠呦呦对抗疟的贡献，2015年10月5日，屠呦呦获得诺贝尔生理学或医学奖。



图1-2 青蒿



交流与讨论

1. 在科学家屠呦呦身上有哪些优秀品格值得我们学习？
2. 屠呦呦的最后成功，利用了“沸点”的相关理论知识，对你有何启迪？
3. 在你的家乡有什么中草药吗？它的功效是什么？请与大家分享一下。

（3）凝固点降低 与液体相似，固体也可以蒸发，也有一定的蒸气压。在一定的压强下，物质的固态和液态蒸气压相等时的温度，也就是物质的固态和



液态共存时的温度称为物质的凝固点。我们知道冰水共存时的温度是 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，这时水和冰的蒸气压相等，均为 0.6105 kPa ，水的凝固点为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。如果在纯冰、水混合体系中加入不挥发的溶质，溶液的蒸气压会下降，此时固体物质冰的蒸气压不变，则该温度下溶液的蒸气压必定低于冰的蒸气压，只有降低温度，冰的蒸气压下降才会使两者的蒸气压再次相等，否则冰就会融化，因此溶液的凝固点下降。

溶液的凝固点下降可以解释植物的抗寒性，当环境温度降低时，植物细胞中的长链有机物如多糖会水解生成大量可溶性小分子糖类，使得细胞液浓度增大，细胞液浓度越大，凝固点下降越多，因此细胞在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 不会结冰，保护了细胞组织，表现出一定的抗寒性；同时由于小分子糖类的增多，甜度增大，这也是冬天的萝卜、白菜往往在霜冻后口感更好的原因。

2. 粗分散系——浊液

浊液的分散质微粒直径一般大于 100 nm 。根据分散质状态不同，可把浊液分为两类：固体颗粒分散在液体中的浊液称为悬浊液，如泥水；液体的小液滴分散在液体中的浊液称为乳浊液，如乐果乳油配成的药液。

浊液在农业上应用很广，常把一些不溶于水的药剂制成悬浊液或乳浊液使用。为了增强浊液的稳定性，常加入一定的助剂。

能使乳浊液稳定的助剂称为乳化剂，如肥皂、洗衣粉等。在植物保护上把含有乳化剂的原药液称为乳油，如 40% 乐果乳油；把由乳油分散在水中形成的乳浊液称为乳剂，如由乐果乳油加水配成的药液称为乐果乳剂。

能使悬浊液稳定的助剂称为湿润剂，如皂角、茶枯粉等。在植物保护上把含有湿润剂的粉剂称为可湿性粉剂，如 25% 除草醚可湿性粉剂、 50% 多菌灵可湿性粉剂等；植物叶片和昆虫表面上常有蜡质，药液喷上去时，由于不能润湿而成为球形滚落。为了使药液有良好的润湿性，能铺展在植物叶片和昆虫表面上，以充分发挥药效，常需要在农药中加入润湿剂。

3. 胶体分散系

胶体分散系中，分散质粒子直径为 $1\sim 100\text{ nm}$ ，它包括溶胶和高分子化合物溶液两类。溶胶的分散质粒子是由许多固体“小分子”组成的聚集体，这种难溶于分散剂的固体分散质高度分散在液体分散剂中，所形成的分散系称为溶胶。溶胶是非均相、不稳定体系，分散质粒子能透过滤纸，不能透过半渗透

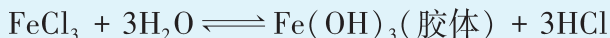


膜，如氢氧化铁溶胶。若淀粉、蛋白质、核酸等高分子有机物的粒子直径在 $1 \sim 100 \text{ nm}$ 时，它们分散在水中就形成高分子溶液，其性质与溶胶相似，是均相、稳定体系，分散质粒子能透过滤纸，但不能透过半渗透膜。

演示实验

氢氧化铁胶体的制备

在小烧杯中加入 30 mL 蒸馏水，加热到沸腾，往沸水中逐滴加入饱和 FeCl_3 溶液 2 mL ，始终保持溶液沸腾状态。观察得到红褐色的氢氧化铁胶体。

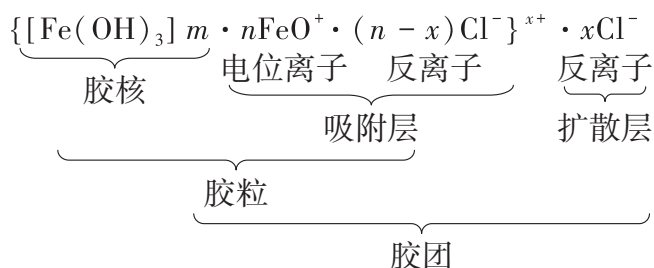


科学探究

氢氧化铁沉淀和氢氧化铁胶体有什么不同？在 FeCl_3 溶液中滴加 NaOH ，观察反应现象，并写出反应方程式。

二、胶团的结构

胶体溶液的分散质是胶体粒子，简称胶粒，其直径范围为 $1 \sim 100 \text{ nm}$ ，比溶液中的分散质粒径大，比浊液中的分散质粒径小。实验表明， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体是由许多 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 微粒聚集在一起，构成胶体的核心，称为胶核。胶核有较大的表面积，有较强的吸附能力，在溶液中优先吸附与胶核自身组成、结构相似的离子——电位离子。 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体中的电位离子是 FeO^+ ，这样胶核表面就带了正电荷，因此具有吸引带相反电荷离子的能力， Cl^- 就被吸引在胶核的周围， Cl^- 就是 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体中的反离子。反离子又分成两部分，一部分是结合紧密、不易电离的反离子——吸附层反离子；另一部分是容易电离的、比较自由的反离子——扩散层反离子。胶核和吸附层构成胶粒， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶粒带正电（与电位离子所带电荷一致），胶粒与扩散层反离子构成胶团，胶团是电中性的。 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶团结构如图 1-3。



注： m 为氢氧化铁的微粒数， n 为电位离子数目， x 为扩散层反离子数目； $n-x$ 为吸附层中反离子数目

图 1-3 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶团结构

演示实验

在试管中加入 0.001 mol/L 的 KI 10 mL，逐滴滴加 0.001 mol/L AgNO_3 ，边滴边摇动试管，滴至 10 滴后停止加入，观察试管中混合物的颜色和状态。

演示实验得到浅黄色的 AgI 胶体：



实验中许多 AgI 微粒聚集在一起构成胶体的核心——胶核，由于 KI 过量，胶核优先吸附与其组成有关的离子 I^- ， I^- 为电位离子，这样胶核的表面就带上了负电荷，从而可以通过静电吸引带相反电荷的离子 K^+ （阳离子中只有 K^+ 浓度比较大）。 K^+ 为反离子，其中有一部分吸引得比较紧的、不容易电离的 K^+ 与胶核吸附的 I^- 构成吸附层，胶核与吸附层构成了带负电荷的胶粒，还有一部分可以电离的 K^+ 反离子即扩散层反离子，构成了电中性的胶团，如图 1-4。

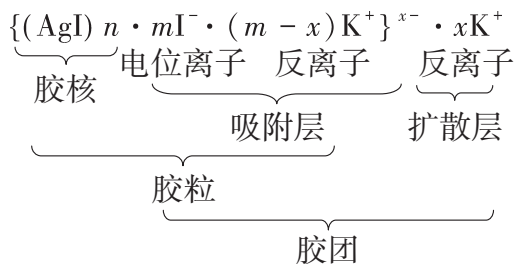


图 1-4 AgI 胶团的结构



溶胶由胶团和分散剂组成，胶团的结构如图 1-5：

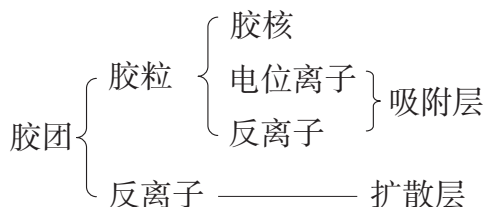


图 1-5 胶团的结构

科学探究

1. 制取 AgI 胶体的实验中，如果将 KI 和 AgNO_3 的浓度分别变成 0.01 mol/L 、 0.1 mol/L ，会不会得到 AgI 胶体呢？通过实验说明。
2. 在试管中加入 0.001 mol/L 的 AgNO_3 10 mL ，逐滴滴加 0.001 mol/L KI ，边滴边摇动试管，滴至 10 滴后停止加入，观察试管中混合物的颜色和状态，并说明这种胶体带何种电荷。

科学视野

纳米技术和纳米材料

纳米是长度单位，即为毫微米， $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ 。纳米材料是指在三维空间中至少有一维处于纳米尺寸（ $1 \sim 100 \text{ nm}$ ）的材料，相当于 $10 \sim 100$ 个原子紧密排列在一起的尺度。

纳米材料科学的兴起，来自诺贝尔物理学奖获得者物理学家理查德·费曼（Richard Feynman）（1918—1988 年）1959 年所作的预言：“如果有一天可以按照人的意志来安排一个个原子，将会产生怎样的奇迹？”到了 1982 年，费曼的预言变成了现实。国际商用机器公司研制成了扫描隧道显微镜（STM），它不仅使人类观察到了原子，而且能够利用仪器的针尖来操纵原子。德国科学家宾尼（G.Binnig）等利用扫描隧道显微镜在镍板上将硅原子组成了“IBM”的字样。1990 年 7 月，第一届国际纳米科学技术会议在美国巴尔的摩举办，标志着纳米科学技术的正式诞生，人类正在悄悄地进入一个崭新的科技时代——纳米科技时代。目前世界各国对纳



米材料的研究主要包括制备、微观结构、宏观物性和应用 4 个方面。

在医药方面，用纳米粒子包裹的智能药在人体内的传输更为方便，可主动搜索并攻击癌细胞或修补损伤组织，而且能发挥控制药物释放、减少副作用、提高药效并定向治疗的功效；使用纳米技术的新型诊断仪器，只需检测少量的血液就能通过其中的蛋白质和 DNA 诊断出各种疾病。纳米粒子的尺寸小，可以在血管中自由流动，因此可以用来检查和治疗身体各部位的病变。人类要从根本上消灭一些难治疗的疾病，只有通过基因控制，而基因控制的实现，必须以纳米技术作为支撑和依靠。纳米技术可以在微小尺度里重新排列遗传密码，基因芯片制作就是典型的纳米科技和基因生物学结合的产物。人类可以利用基因芯片迅速查出自己基因密码中的错误，并迅速利用纳米技术进行修正，使各种遗传性疾病或缺陷得以绝迹。

在日常生活的应用上，抹布、瓷砖、化纤制品、纺织品、冰箱、洗衣机、餐具中添加纳米微粒，可以除味杀菌。化纤布料加入少量的金属纳米微粒就可以避免因摩擦而引起的静电现象；食品制造采用纳米技术，可以帮助我们提高肠胃吸收能力；使用纳米微粒的灯泡，可以提高发光效率；纳米管元件组装的计算机将替代现今的“巨型”计算机。

三、溶胶的性质

从溶胶的结构可以看出，溶胶微粒比真溶液的溶质微粒大，比浊液的微粒小，因此在性质上有不同于溶液或浊液的特殊性。

1. 丁达尔现象

当一束光线透过溶胶，从垂直入射光方向可以观察到溶胶中出现一条光亮的“通路”，这种现象由英国物理学家丁达尔（John Tyndall）于 1869 年首先发现，称为丁达尔现象或丁达尔效应（图 1-6）。这条光亮的“通路”是由于胶体粒子对光线的散射作用产生的。丁达尔效应是区分胶体和溶液的一种常用物理方法。

在光的传播过程中，光线照射到粒子时，如果粒子直径大于入射光波长很多倍，则发生光的反射；如果粒子直径小于入射光波长，则发生光的散射，这



时观察到的是光波环绕微粒而向其四周放射的光，称为散射光或乳光。丁达尔效应就是光的散射现象或称乳光现象。胶体粒子介于溶液中溶质粒子和浊液粒子之间，其直径在 $1 \sim 100 \text{ nm}$ 之间，小于可见光波长 ($400 \sim 760 \text{ nm}$)，因此，当可见光透过胶体时会产生明显的散射作用。而对于真溶液，虽然分子或离子更小，但因散射光的强度随散射粒子体积的减小而明显减弱，因此，真溶液对光的散射作用很微弱。此外，散射光的强度还随分散体系中粒子浓度增大而增强。

注意：当有光线通过悬浊液时也会出现光路，但是由于悬浊液中的颗粒对光线的阻碍过大，使得产生的光路很短。

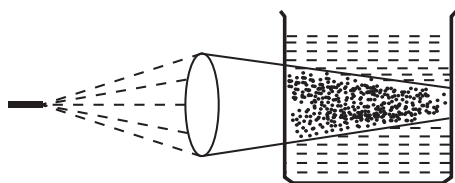


图 1-6 丁达尔现象

科学视野

气溶胶的应用

胶体按分散剂的类型不同分为液溶胶、固溶胶和气溶胶三种类型。气溶胶是以固体小颗粒或液体小质点为分散质和小分子气体如 O_2 、 CO_2 、 H_2 等为分散剂所形成的溶胶，即固体或液体在气体介质中悬浮、分散所形成的气体分散体系。气溶胶也具有丁达尔现象（图 1-7）。



图 1-7 气溶胶的丁达尔现象



在农业生产等方面，气溶胶也有广泛的应用。如用气溶胶的喷雾干燥方法生产奶粉；用喷雾器将农药变成液滴气溶胶喷洒，可以提高农药的分散度和使用效率，减少农药毒害对人体的不利影响；人工降雨也是利用了气溶胶凝结的原理：雨是由于空气中的水蒸气遇冷凝结变成小水滴落向地面形成的，这是水蒸气液化的过程，但是空气中的水蒸气是长期存在的，在什么情况下水蒸气才能变成降水呢？除了要有大量的水蒸气存在且周围温度较低外，还需一个重要的条件，就是“凝结核”，因为只有空中的小水滴逐渐凝聚在一起，达到一定质量时，才会受地球引力落向地面形成降水，高炮人工降雨就是将含有碘化银的炮弹打入高空中的积雨云，碘化银高度分散，成为云中水滴的凝结核，水滴在其周围迅速凝聚达到一定体积后降落，形成降水。

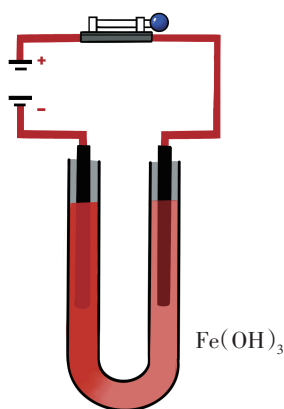


图 1-8 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体电泳示意图

2. 电泳

在 U 形管中装入红褐色 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体，两边通过惰性电极连接直流电源，如图 1-8 所示，一段时间后会发现左边（阴极）颜色加深， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体浓度增大；右边（阳极）颜色变浅， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体浓度变小，说明在外加电场的作用下， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体粒子带正电、向阴极聚集。这种在外加电场的作用下，胶体粒子在分散剂里向阴极或阳极做定向移动的现象称为

电泳，通过电泳可以判断溶胶粒子所带的电性。通过对蛋白质的电泳可以判别蛋白质的亲缘性，如果两种作物来源的蛋白质在同样的制备条件、同一电场作用下电泳移动的距离相等，则可以判定为同一种蛋白质，根据遗传规律可以确定这两种作物具有亲缘性。

四、溶胶的稳定性和聚沉

1. 溶胶的稳定性

纯化后的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体在密闭的情况下可以存放数年而不沉淀，说明 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体是相当稳定的。胶体溶液稳定的原因有三个方面：

（1）布朗运动。胶体粒子分散度大，自身存在热运动和扩散作用，在超显微镜下观察到溶胶中代表溶胶粒子的发光点在不断地做无规则运动，这种现象



称为布朗运动（图 1-9）。溶胶的这种无序运动使胶粒能够克服重力阻止了胶粒的下沉，使溶胶有一定的稳定性。

（2）胶粒带电。同一种溶胶的胶粒带有同种电荷，当两个胶粒间的距离缩短到它们的扩散层部分重叠时，包围着胶核的吸附层的静电作用会阻碍粒子充分接近，阻止胶核的聚集，使胶核不能合并长大，保持了溶胶的稳定。

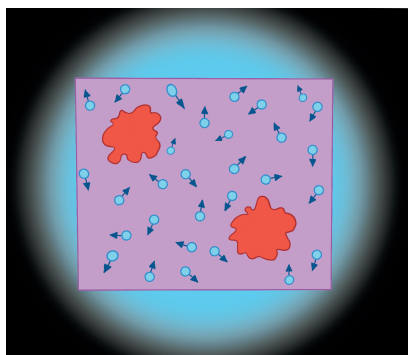


图 1-9 布朗运动

（3）溶剂化作用。吸附层中的离子都是水合离子，胶核表面相当于包裹了一层水化膜，即使胶体粒子偶尔撞在一起，由于水化膜的阻隔，胶核也不能直接接触抱团、聚集、长大而沉降，因此胶体具有一定的稳定性。

演示实验

在试管中加入 4~5 mL $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体，逐滴滴加饱和 MgSO_4 溶液，振荡试管，观察发生的变化。

实验表明， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体在 MgSO_4 的作用下出现了混浊，开始产生沉淀。

2. 溶胶的聚沉

溶胶的稳定性是暂时的、有条件的、相对的。从溶胶的稳定性来看，只要破坏了溶胶稳定的因素，溶胶粒子就会聚结变大，当粒径大于 100 nm 后，就会从分散剂中沉降而分离，这个过程称为溶胶的聚沉。

使溶胶聚沉的方法主要有：

（1）加入强电解质。往溶胶中加入少量的强电解质后就会使溶胶出现明显的聚沉现象。这是由于加入电解质后，离子浓度增大，反离子浓度也增大，被电位离子吸引进入吸附层的反离子数目就会增多，从而使胶粒的带电量减少，胶粒间的排斥力减小；同时加入强电解质离子有很强的水合能力，它可以夺取胶粒表面吸附层水合离子上的水，使其失去部分水膜的保护，因而溶胶在碰撞



过程中能够相互结合成大颗粒而聚沉。电解质对溶胶的聚沉作用不仅与电解质的性质、浓度有关，还与胶粒所带电荷的电性有关。

（2）加热。加热能加快胶粒的运动速度，从而增加胶粒相互碰撞的机会，同时也降低了胶核对电位离子的吸附能力，减少胶核所带的电荷，即减弱了溶胶稳定的主要因素，使胶体发生聚沉。

（3）混合两种带相反电荷的胶体。两种带相反电荷的胶体粒子相遇时会相互吸引，彼此抵消所带电荷，从而发生聚集变大而沉降。用明矾净水就是利用这一原理。



科学视野

江河入海处为何常形成三角洲？

三角洲是河口地区的冲积平原，是河流入海时所挟带的泥沙沉积而成的。世界上每年约有 160 亿立方米的泥沙被河流搬入海中，这些混在河水里的泥沙从上游流到下游时，由于河床逐渐扩大，在河流注入大海时，水流分散，流速骤然减慢，再加上潮水不时涌入有阻滞河水的作用，特别是海水中溶有许多电离性强的氯化钠，它产生出的大量离子，能使那些悬浮在水中的泥沙也沉淀下来，泥沙就在入海口越积越多，最后露出水面，这时，河流只得绕过沙堆从两边流过去，由于沙堆的迎水面直接受到河流的冲击，不断受到流水的侵蚀，往往形成尖端状，而背方水面却比较宽大，使沙堆形成一个三角形，人们就将它们命名为三角洲。



交流与讨论

珠江三角洲与长江三角洲

珠江三角洲位于我国广东省中南部，明清时期称为广州府，是广府文化的核心地带和兴盛之地，范围包括广州、佛山、肇庆、深圳、东莞、惠州、珠海、中山、江门等九个城市。珠江三角洲是我国改革开放的先行地区，是我国重要



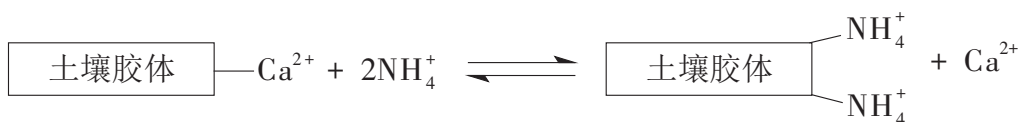
的经济中心区域，在全国经济社会发展和改革开放大局中具有突出的带动作用 and 举足轻重的战略地位。

你知道长江三角洲有哪些城市吗？它们在我国的社会经济发展中处于怎样的地位？

五、胶体在生产中的应用

1. 明矾净水 水浑浊的主要原因是水中含有带负电荷的硅酸胶体及悬浮杂质，加入明矾后，明矾电离的 Al^{3+} 水解生成带正电荷的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体，一方面两种带相反电荷的胶体相遇使各自所带电荷相互抵消，斥力减小，从而发生聚集而沉降；另一方面 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体具有较大的表面积，将水中的悬浮杂质吸附在表面形成大颗粒而沉降，使水变清。

2. 土壤中胶体的保肥性 土壤中含有大量的带负电胶体粒子，它们具有很大的表面积，因此土壤有吸引周围液体中阳离子的能力，当可溶性铵肥施入土壤后，会使土壤溶液中 NH_4^+ 浓度增大，土壤胶体原来吸附的阳离子就会被 NH_4^+ 交换。以吸附 Ca^{2+} 的土壤胶体为例，其吸附过程如下所示：



通过土壤胶体的吸附，使 NH_4^+ 不致因没有被作物及时吸收而损失，土壤胶体的存在对铵态氮肥起到保肥作用。



科学视野

胶体化学的发展

胶体一词首先是由英国科学家格雷厄姆 (Thomas Graham) 在 1861 年提出来的。他在比较水中不同物质的扩散速度时，发现一些物质如糖、无机盐、尿素等容易扩散，另一些物质如 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、明胶等扩散得很慢，当水分蒸发后，前一类物质析出晶体，后一类物质则得到胶状物，因此他把后一类物质称为胶体。多年后俄国科学家维伊曼经过 200 多次试验证实这样的分类并不合适，因为许多晶体物质在适当的介质中也能



得到具有胶体特征的体系，所以，应当把胶体看成在一定分散范围内物质存在的一种状态，而不是某一类物质固有的特性。直到 1903 年，德国科学家齐格蒙第（Richard Zsigmondy）和西登托夫（Henry Siedentopf）发明了超显微镜，肯定了胶体系统的多相性，从而明确了胶体化学是界面化学的这一根本问题。1907 年，德国化学家奥斯特瓦尔德（Friedrich Wilhelm Ostwald）创办了第一个胶体化学杂志《胶体化学和工业杂志》，因而世人将 1907 年视为胶体化学正式成为一门独立学科的起点。近百年来，随着科学技术的发展，胶体化学这一门学科也逐渐趋于成熟，对于胶体化学的研究实现了从宏观到微观的飞跃。



问题与思考

通过查阅资料，与同学们交流：美国两次（20 世纪 20 年代和 50 年代）都留不住的科学家——傅鹰的主要贡献有哪些？是什么力量促使他放弃在美国的优越条件回到祖国？



习 题

一、填空题

1. 溶胶分散质的直径在_____范围。
2. 溶胶稳定的原因主要有_____,_____和_____。
3. 在试管中加入 0.001 mol/L 的 AgNO_3 10 mL，逐滴滴加 0.001 mol/L KI，边滴边振动试管，滴至 10 滴后停止滴加，写出 AgI 胶体的结构：_____
_____, 这种胶粒带_____电。
4. 使胶体聚沉的主要方法有_____,_____和_____。
5. 按分散质微粒直径的大小不同将分散系分为_____,_____
和_____。



二、单项选择题

1. 胶体和其他分散系的本质区别是 ()。
A. 分散质粒子的大小
B. 是不是一种稳定的体系
C. 会不会产生丁达尔效应
D. 粒子有没有带电荷
2. 以水为分散剂的分散系, 按稳定性由弱到强顺序排列正确的是 ()。
A. 溶液、胶体、浊液 B. 胶体、浊液、溶液
C. 浊液、胶体、溶液 D. 浊液、溶液、胶体
3. 对 AgI 胶体描述正确的是 ()。
A. AgI 胶粒只能带正电荷
B. AgI 胶粒只能带负电荷
C. AgI 胶粒既可能带正电荷, 也可能带负电荷
D. AgI 胶团既可能带正电荷, 也可能带负电荷
4. 下列分散系中, 分散质粒子直径最大的是 ()。
A. 葡萄糖溶液 B. 石灰乳
C. FeCl_3 溶液 D. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体
5. 某种胶体在电泳时, 它的粒子向阴极移动, 向该胶体中分别加入下列物质: ①蔗糖溶液, ② MgSO_4 溶液, ③ HCl 溶液, ④ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 不会发生聚沉的是 ()。
A. ①③ B. ①④
C. ②③ D. ③④
6. 下列关于胶体的说法正确的是 ()。
A. 胶体外观不均匀
B. 胶体不能通过滤纸
C. 胶粒做不停的、无秩序的运动
D. 胶体不稳定, 静置后容易产生沉淀
7. 胶体能产生丁达尔现象的原因是胶粒使光线发生了 ()。
A. 反射 B. 散射
C. 透射 D. 折射



8. 下列分散系最稳定的是（ ）。
- A. 悬浊液 B. 乳浊液
- C. 胶体 D. 溶液
9. 下列分散系不能发生丁达尔现象的是（ ）。
- A. 豆浆 B. 牛奶
- C. 蔗糖溶液 D. 烟、云、雾
10. 下列应用或事实与胶体的性质无关的是（ ）。
- A. 用明矾净化饮用水
- B. 用石膏或盐卤点制豆腐
- C. 向 FeCl_3 溶液中滴加 NaOH 溶液出现红褐色沉淀
- D. 清晨的阳光穿过茂密的林木枝叶所产生的美丽景象（美丽的光线）

三、是非题（正确的请打“√”，错误的打“×”）

1. 通常说胶体带电是指胶团带电。（ ）
2. 胶体的分散质能通过滤纸孔。（ ）
3. 实验室可用丁达尔效应鉴别溶胶与溶液。（ ）
4. 胶体的布朗运动就是一种无规则的无序运动。（ ）

学生实验

实验二 胶体的制备与性质

一、实验目的

1. 掌握 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的制备方法。
2. 观察溶胶的光学性质丁达尔现象。
3. 进一步认识溶胶的稳定性及不同电解质对溶胶的聚沉作用。

二、实验原理

溶胶的制备方法分为两大类，一是把较大的物质颗粒变为胶体大小质点的分散法，二是把物质的分子或离子聚集成胶体大小质点的凝聚法。本实验中 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的制备采用化学反应凝聚法，即通过化学反应使生成物呈过饱和状态，然后粒子再结合为溶胶。



溶胶是一个多相系统，胶粒（分散质）大小在 $1 \sim 100 \text{ nm}$ 之间，粒子大小处于溶液和浊液之间，具有丁达尔现象，溶液和浊液没有此现象，可用丁达尔现象鉴别胶体和溶液。

溶胶在通常情况下是稳定的，但如果向胶体中加入一定量的强电解质或加热，消除胶体稳定的因素，溶胶就会聚集长大而凝聚，产生沉淀。

三、仪器和药品

1. 仪器

250 mL 烧杯，酒精灯，铁架台，石棉网，激光笔，暗箱。

2. 药品

饱和 FeCl_3 溶液， 0.2 mol/L KCl 溶液， 0.2 mol/L K_2SO_4 溶液。

四、实验步骤

1. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的制备

将盛有 30 mL 蒸馏水的小烧杯在酒精灯上加热至沸腾，往沸水中逐滴加入饱和 FeCl_3 溶液 2 mL，保持溶液沸腾状态 2~3 分钟。观察小烧杯中颜色的变化。

得到 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体的颜色是_____，比饱和 FeCl_3 溶液颜色_____。

写出发生反应的化学方程式_____。

2. 胶体和溶液的鉴别——丁达尔现象

将上述制备的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶放入暗箱中，将激光笔的光线通过暗箱侧面的小孔射向装有 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的小烧杯，从暗箱的上方垂直向下观察小烧杯中出现的现象_____。

用饱和 FeCl_3 溶液代替 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶做上述实验，现象是_____。

比较光在通过胶体和溶液后产生的现象，分析此现象产生的原因：_____。

3. 溶胶的聚沉

(1) 加入强电解质 取 2 支干净试管，各注入 5 mL $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶



胶，然后在不断摇动下，分别逐滴滴加强电解质 0.2 mol/L KCl 溶液和 $0.2 \text{ mol/L K}_2\text{SO}_4$ 溶液，观察产生混浊时所加强电解质的滴数。

试管	1	2
步骤 1	5 mL $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶	5 mL $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶
步骤 2	出现混浊时 KCl 的滴数：_____	出现混浊时 K_2SO_4 的滴数：_____
结论		

(2) 加热 在干净试管中注入 5 mL $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶，在酒精灯上加热（注意：用试管夹夹住试管 2/3 高度的位置，且试管口不能对着人），观察出现的现象：_____。