

# 关于胶体稳定性问题的疑难解析

李梦雪

(华东师范大学教师教育学院, 上海 200062)

**摘要:** 中学化学胶体稳定性的探讨范围仅为难溶盐胶体, 针对难溶盐胶体稳定性问题, 从难溶盐胶体体系中相互作用的角度, 解释难溶盐胶体的稳定与聚沉, 并结合文献探讨难溶盐胶体制备的必需条件。解释或澄清中学化学中对胶体稳定性问题的一些认识误区, 为中学教师的实际教学提供参考和借鉴。

**关键词:** 胶体稳定性; 胶粒相互作用; 胶体聚沉; 胶体制备; 问题探讨

**文章编号:** 1005-6629(2018)1-0092-04

**中图分类号:** G633.8

**文献标识码:** B

胶体稳定性问题是高中化学胶体部分的重要内容。课程标准要求学生从分类的角度认识胶体分散系, 了解胶体这种常见的分散系的本质特点和基本性质<sup>[1]</sup>。而胶体稳定性是胶体分散系的重要性质之一, 对于学生理解胶体分散系和胶体其他性质具有重要作用。学业水平测试也要求学生识记并理解胶体的稳定性<sup>[2]</sup>。随着胶体化学的发展, 人类对胶体稳定性的本质和原因的认识不断完善, 教师理应把握胶体发展现状, 明确胶体稳定性有关内容, 正确引导学生认识胶体及其稳定性, 以免造成学生的一些认识误区, 不利于中学化学与大学化学之间的衔接。通过分析目前“胶体”教学中涉及胶体稳定性的有关问题发现, 很多教师和学生对胶体稳定性的了解并不深入和全面, 尤其在胶体稳定性的探讨范围、胶体稳定存在的原因、稳定胶体制备等问题上存在错误认识。因此, 有必要结合相关文献和专业参考书, 对上述问题作一些解读和澄清, 以期为中学化学教学提供参考。

## 1 胶体稳定性探讨范围的界定

胶体又称胶状分散体, 是一种均匀的混合物, 分散质粒子直径介于粗分散系和溶液之间, 即介观范围的一类分散体系, 是一种高度分散的多相不均匀体系。其种类有很多, 而中学和大学化学中涉及的所谓“胶体”其实只是由难溶无机盐粒子构成的胶体, 其中粒子以介观尺度分散在溶剂中且具有相界面, 这是一种处于热力学不稳定、

动力学稳定的体系。而其他胶体体系即使其中粒子尺寸在介观范围也不在讨论范围内。其他胶体体系主要有: (1) 高分子溶液: 尽管粒子尺度在介观范围, 但那是无相界面的真正的溶液, 处于热力学稳定的体系; (2) 其他热力学稳定的、有相界面的胶体体系, 如加表面活性剂的缔合胶体<sup>[3]</sup>。

这种难溶盐胶体体系, 热力学上由于粒子之间巨大的界能, 具有相互聚结以减小界能, 表现为不稳定; 动力学上粒子发生布朗运动, 表现为稳定, 这两种表现使得胶体具有介稳性的特点, 容易受外界条件的干扰发生聚沉。

## 2 胶体稳定性表现的解释

人教版化学 1 中, 对胶体的稳定性存在如是描述: “同一种胶体微粒带相同的电荷, 相互排斥, 不易聚集, 因此是比较稳定的分散系, 可以长时间保存”<sup>[4]</sup>, 从静电斥力的角度来解释胶体稳定性。然而随着人类对胶体研究的不断深入, 难溶盐胶体稳定性表现可以从体系中的相互作用来解释。

### 2.1 胶体体系中的相互作用与胶体稳定性

无论何种体系, 只要是处于动力学稳定或热力学稳定的, 都可以证明其中粒子之间的相互作用能一定由吸引能和排斥能两部分组成。否则是不可能处于动力学稳定或热力学稳定的。

难溶盐胶体中的粒子实验(电泳实验等)证

明胶体由带电的荷电粒子构成。既然胶体是处于热力学不稳定、而动力学稳定的体系,那么荷电胶粒之间的相互作用能一定由两部分组成,如图1所示:

(1) 静电排斥能( $U_R$  曲线),胶粒间的力程相对短一些。

(2) 范德华吸引能( $U_A$  曲线),胶粒间的力程相对长一些。

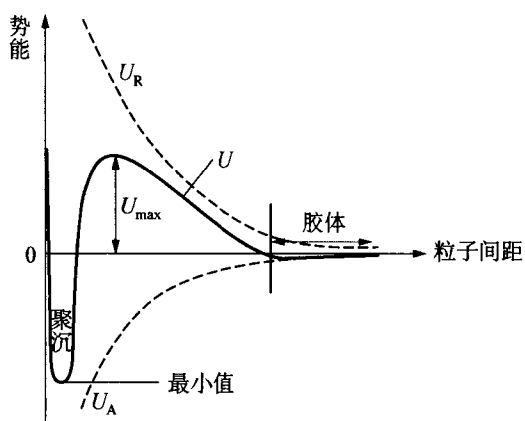


图1 荷电胶粒之间的相互作用能<sup>[5]</sup>

两者合起来的作用就是图1中所示的粗黑实线 $U$ ,即两个荷电胶粒之间的势能。 $U$ 曲线的中间有一个势能垒,势能垒的右边,就是胶体存在的区域。不过因为右边区域的势能不是最低的,所以那个区域是热力学不稳定,而动力学稳定的区域。势能垒左边有一个势能最低的小区域,那里胶粒之间的间距很小,那就说明在这区域里胶粒会聚集,然后在重力作用下就发生聚沉。因为该区域内势能最低,所以那个区域中体系无论在热力学还是动力学意义上都是稳定的。所以,胶粒只有在一定范围的间距内才能形成稳定的胶体,制备时需要保证胶粒的间距不能太小以致相互聚集发生聚沉。

可见,中学教材仅仅从静电斥力一个角度来描述胶粒相互作用是不完全的,教师应该充分了解胶体稳定性的原理,合理处理教材内容,正确引导学生理解胶体的稳定性,注意教学中的规范表述,避免出现科学性错误。

## 2.2 胶体聚沉与胶体稳定性

大学《物理化学》<sup>[6]</sup>也指出“难溶盐胶体在一

定条件下某种性质(如分相浓度、颗粒大小、体系强度和密度等)保持一定程度的不变性”。所以,难溶盐胶体的稳定是有条件的,条件受到干扰,就会使得胶粒聚集而发生聚沉。

实际教学中教师常用“向氢氧化铁胶体中加入硫酸镁产生沉淀”这一实验事实来介绍胶体的聚沉现象,这个事实看起来像一个复分解反应,使得很多学生认为聚沉属于化学变化,这是一个错误的认识<sup>[7]</sup>。根据图1,在发生聚沉的那个小区域,粒子聚集形成沉淀,胶体与沉淀的不同主要体现在粒子间距的不同。那么,聚沉就可以看作是胶体向沉淀转化的条件作用,使得体系由胶体的介稳状态变为沉淀的稳定状态,且这一改变一般来说是不可逆的,如图2所示。显然,聚沉不是什么化学作用造成的。

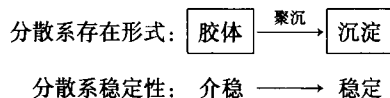


图2 胶体稳定与聚沉关系示意图

聚沉的发生无外乎：或是改变了荷电胶粒的荷电量,或是改变了荷电水化层的厚薄,或是加剧胶粒之间碰撞有利于聚集造成的。使胶体发生聚沉的方法有很多,如加入电解质、加入带有相反电荷的胶体、加热、搅拌等,而上述硫酸镁的加入则是破坏了胶体的稳定性。中学教学中应注意胶体稳定与胶体聚沉的关联,并注意介绍电解质聚沉现象的案例以防止造成学生的迷思概念。

## 3. 稳定胶体的制备

由以上分析看出,一个稳定的难溶盐胶体不仅需要保证粒子尺寸在介观范围内,也需要保证粒子间距在一定范围内,才能保证胶粒不易聚集。通过分析相关的文献和专业参考书发现,稳定难溶盐胶体的形成条件主要有两个:分散相在介质中的溶解度要小以及稳定剂的加入<sup>[8]</sup>。

### 3.1 分散相在介质中的溶解度要小

分散相在介质中有极小的溶解度,使得粒子尺寸在介观范围,是形成难溶盐胶体的必要条件

之一。如氯化钠在乙醇中的溶解度比在水中的溶解度小,故以氯化钠溶液逐滴加入乙醇中,便可获得氯化钠胶体<sup>[9]</sup>。又如,三氯化铁溶于水,水解生成的氢氧化铁不溶于水,故在适当条件下使三氯化铁水解可以使得氢氧化铁有极小的溶解度,制得氢氧化铁胶体。也有很多因素会影响分散相在介质中的溶解度,如温度、pH、反应物浓度等,从而影响形成胶体的稳定性。

陈瑞龄、周卫红<sup>[10]</sup>通过水玻璃( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )和盐酸制备硅酸胶体,并研究了硅酸胶体中分散相在介质中的溶解度的影响因素,主要是 pH 和硅酸溶胶的浓度,发现在较稀的水玻璃溶液中加入较大浓度的盐酸来制备硅酸胶体是不可取的,他们经过反复实验,指出用 20~25 mL 的 0.2 mol/L 盐酸加入 25% 的 3 mL 的工业水玻璃中,可以制得稳定的硅酸胶体。说明强酸性的环境下硅酸溶解度大,不易凝聚,水玻璃过多会使得胶体过稀而不易凝聚,总之一切使胶体溶解度增大的条件都不利于制得稳定的胶体。

### 3.2 稳定剂的加入

稳定剂的加入,可以降低体系表面能,使胶粒不会立即聚集,保证了粒子间距的大小。在难溶盐胶体中加入适量的电解质,可以增加体系电荷,防止胶粒聚集,起到稳定剂的作用,这里重点来探讨电解质作为一种稳定剂,它的加入对难溶盐胶体稳定性的影响。

(1) 加入电解质的种类会影响难溶盐胶体稳定性。刘艳玲<sup>[11]</sup>等利用  $\text{FeCl}_3$  饱和溶液与  $\text{CH}_3\text{COONa}$  固体反应制备  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体,丁达尔效应不明显。孙影、许燕红等人<sup>[12]</sup>提出用  $\text{FeCl}_3$  溶液与  $\text{NaOH}$  溶液反应制备  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体,实验效果理想但对试剂剂量要求严格。熊晓丹、孙丹和伍晓春<sup>[13]</sup>将  $\text{MgO}$  用于制备  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体,发现在常温下  $\text{MgO}$  可以促进  $\text{FeCl}_3$  水解形成稳定的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体,实验成功率高且实验现象明显。

(2) 加入电解质的浓度会影响难溶盐胶体稳定性。黎茂坚<sup>[14]</sup>通过不同浓度的  $\text{NaOH}$  溶液与

不同浓度的  $\text{FeCl}_3$  溶液直接反应制备  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体的实验,得出加入适当浓度的  $\text{NaOH}$  溶液可以制得理想的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体,以在 30 mL 蒸馏水和 2~8 滴 10%  $\text{FeCl}_3$  溶液中加入 1~5 滴 10%  $\text{NaOH}$  溶液为宜。

根据以上分析,一个稳定的难溶盐胶体制备需要考虑以上两个条件,教师在设计难溶盐胶体制备的实验中需要考虑这两个条件。这两个条件中,特别需要关注的是加入电解质的量的问题,因为电解质加多了会促进胶粒聚集。而中学教材中并没有提及电解质量的问题,很多教师也认为加入电解质只会引发难溶盐胶体聚沉,没有注意到适量的电解质可以促进和稳定难溶盐胶体的制备。难溶盐胶体中电解质量的要求,其实就是“聚沉值”,没有达到聚沉值时,可以促进胶体制备,超过了聚沉值,则会引发难溶盐胶体明显聚沉。林清枝研究了常见电解质  $\text{NaCl}$ 、 $\text{MgCl}_2$  和  $\text{AlCl}_3$  对带负电荷  $\text{Al}_2\text{S}_3$  胶体的聚沉值,  $\text{KCl}$ 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  对带正电荷的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  胶体的聚沉值,见下表 1 所示<sup>[15]</sup>。

表 1 常见电解质对胶体的聚沉值

胶体	电解质	聚沉值 mmol/L
$\text{Al}_2\text{S}_3$ 胶体 (带负电荷)	$\text{NaCl}$	55
	$\text{MgCl}_2$	0.69
	$\text{AlCl}_3$	0.091
$\text{Al}_2\text{O}_3$ 胶体 (带正电荷)	$\text{KCl}$	46
	$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0.69
	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	0.08

教师在设计加入电解质制备难溶盐胶体的实验中,可以先查阅电解质的聚沉值,在聚沉值的范围内探索加入电解质的用量对难溶盐胶体的制备效果有重要的作用。

## 4 结语

鉴于以上分析,建议在实际的教学中,教师首先要清楚胶体稳定性的探讨范围,理解胶体稳定存在的主要原因,明确胶体制备的两个条件;其次,中学与大学的胶体化学关系密切,教师要掌握

适度原则,在引导学生正确认识胶体及其稳定性的基础上,合理处理教学的内容与范围,为大学胶体化学的学习提供良好的过渡;最后,随着近年来胶体化学在纳米技术、催化剂研究、营养吸收与释放等领域的广泛应用及迅速发展,教师自身也需要不断拓展视野、更新知识,才能在教学中更好地引领学生认识胶体化学的相关问题。

### 参考文献:

- [1] 林建芬.“胶体”教学问题的分析与改计——基于文献统计和教材比较的视角[J].教育研究与评论·中学教育教学,2016,(11):70~74.
- [2] 徐弘.教学、评价与课程标准的一致性研究——以高中化学必修1“胶体”内容为例[J].化学教学,2015,(2):20~23.
- [3] 王正烈.物理化学(下册)(第四版)[M].北京:高等教育出版社,1979:316~319.
- [4] 宋心琦主编.普通高中课程标准实验教科书·化学

- 1[M].北京:人民教育出版社,2007:20~26.
- [5] 韩德刚等.物理化学[M].北京:高等教育出版社,2001:723.
- [6] 柳闽生,王南平.物理化学(下)[M].南京:南京大学出版社,2014:275~290.
- [7][10] 陈瑞龄,周卫红.硅酸溶胶的制备[J].化学教学,1982,(3):28~29.
- [8] 张小平.胶体界面与吸附教程[M].广州:华南理工大学出版社,2008:4~5.
- [9] 孙影,查玲,许敏.利用SPSS20.0软件探讨氯化钠胶体制备的最佳条件[J].化学教育,2015,(7):57~60.
- [11][12][13] 熊晓丹,孙丹,伍晓春.氧化镁用于制备氢氧化铁胶体的实验设计[J].化学教育,2016,(17):66~68.
- [14] 黎茂坚.氢氧化铁胶体新制法的实验研究[J].化学教育,2009,(9):52~54.
- [15] 林清枝.溶胶的稳定性与聚沉[J].化学教育,1994,(10):33~36.

(上接第70页)

### 4. 燃烧条件实验新设计的优点

(1) 将教科书敞开实验改为封闭实验,防止了污染,消除了白磷燃烧会飞溅的安全隐患。

(2) 将铜片上白磷、红磷并列放置改为分列放置避免白磷会引燃红磷的不足,用大管径容器(细口瓶或大试管)能使白磷周围提供足够多的空气,使白磷燃烧现象明显而持久。

(3) 将热水中的白磷放置于离心管(锥形管)里以固定和聚集白磷,解决白磷液珠分散难以捕捉的问题,燃烧现象明显,持续时间长,并可重复操作演示。

(4) 实验装置一体化设计,组装简单,操作简便,现象明显,常用玻璃仪器,便于观察,并能拿在手上在教室里来回移动演示展示,还可用于学生分组开展燃烧条件实验的探究。

### 参考文献:

- [1] 何凌.“燃烧的条件”的实验改进[J].化学教学,2002,(8):26.

- [2] 熊杰.关于“燃烧的条件探究实验”的几点改进[J].湖南教育,2011,(5):59.
- [3] 张艳琴,史祥利.探究“燃烧的条件”实验改进[J].潍坊教育学院学报,2012,7(4):94.
- [4] 程明银.“探究燃烧条件”的教学反思与创新设计[J].中小学实验与装备,2014,(5):35.
- [5] 胡海铭.“燃烧条件”实验的绿色化改进[J].化学教学,2015,(10):71.
- [6] 李文博.“燃烧与灭火”中几个演示实验的改进[J].中学化学教学参考,2016,(12):63.
- [7] 潘国荣,白显圣.对“燃烧条件演示实验”的评析及创新设计[J].化学教学,2015,(7):63.
- [8] 张仪轩.“燃烧条件”探究实验的创新设计[J].化学教学,2016,(11):77.
- [9] 王克林.利用试管控制白磷在水中燃烧[J].化学教育,2015,(17):69.
- [10] 陈培亮.白磷水下燃烧改进实验类型比较和再改进[J].化学教学,2015,(6):73.
- [11] 陆春华.“燃烧条件”实验的创新设计[J].化学教学,2016,(4):75.