

化学课上当“医生”——从肾结石的预防学习“沉淀的溶解平衡”

刘丽宁

河北衡水中学

摘要：以肾结石的预防为生活线，通过设置真实的问题情境、创新实验，展开以沉淀溶解平衡为知识主线的课堂教学。让学生带着强烈的兴趣参与研究，体会化学学科价值。

关键词：溶解平衡；真实情境；创新实验

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2023.06.071

一、教材分析与设计思路

（一）教材分析

本节是人民教育出版社普通高中教科书《化学反应原理（选择性必修1）》第三章第四节沉淀溶解平衡，是本章的最后一部分。难溶电解质在水中也会建立一种动态平衡，和化学平衡、电离平衡一样合乎平衡的基本特征、满足平衡的基本变化规律。学生通过“沉淀溶解平衡”的学习，可以更全面的了解水溶液中离子平衡相关的理论，更为透彻地理解在溶液中发生离子反应的原理。

（二）设计思路

本节课理论性较强，如何设计能增强学生主动探究的欲望，让学生带着强烈的兴趣投入学习，是笔者一直思考的问题。本节课，大胆选取肾结石病为载体，将知识镶嵌在真实的生活情境中，激发学生学习的主动性和情不自禁的探究欲望。在模拟结石的生成、溶解过程中，教师提供合适的“台阶”和“路径”，体会探究过程中推理的严密性，对平衡理论的认识和理解得到升华，同时还让学生感悟到化学知识对生活、医疗等方面的指导作用。在课的最后，通过号召对预防肾结石方法的宣传，激发学生强烈的社会责任感。



四线并行、层层递进

（三）教学目标

（1）知识与技能

初步理解沉淀溶解平衡原理，能从宏观、微观、符号三个角度描述沉淀溶解平衡。能初步运用难溶电解质的溶解平衡原理来判断和解释预防肾结石方法的科学性。

（2）过程与方法

通过数据分析，初步认识到溶解平衡体系中，离子间存在一定的关系。进而通过前面几种平衡的学习认识溶解平衡常数。

（3）情感态度与价值观

通过沉淀溶解平衡原理在医疗方面的应用，体验平衡理论对实践的指导作用，体会化学对社会的价值，激发学习化学的热情、增强社会责任感。

4. 教学材料和试剂

教材：人民教育出版社普通高中课程标准实验教科书《化学反应原理（选修）》

实验用品：草酸钙粉末、饱和碳酸钠溶液、饱和草酸钾溶液、蒸馏水、指示钙离子的试剂、注射器、试管若干支

二、教学过程

（一）检测草酸钙沉淀溶解的微量钙离子——建立沉淀溶解平衡

（新闻视频）某地6岁女孩每天把牛奶当水喝，总喊肚子疼。经医生检测为过度喝奶补钙导致肾结石。数据显示，因不良饮食习惯导致结石病发病率逐年增高，且中青年人数居多。

【教师】展示肾结石图片。肾结石的主要成分是什么？大家知道如何预防吗？

【学生】主要是钙盐。多喝水、不吃钙片、菠菜豆腐不能一起吃、多运动……

【教师】投影：肾结石主要成分是草酸钙 CaC_2O_4 ，

还含有磷酸钙、尿酸盐等。当尿里的钙盐浓度过大时，就可能在肾里产生沉淀，也就是结石。本节课，我们就从化学的角度解释上述预防方法是否科学。

多喝水的主要作用是冲刷细小结石，防止再次结晶。请思考草酸钙沉淀能溶解吗？耳听为虚眼见为实，大家需要对溶解得到的离子进行检测才能下结论。因为对草酸根不太熟悉，大家可以对钙离子进行检测（自选试剂）。

【学生】分组实验：取已溶解一段时间后的上层清液，滴加饱和碳酸钠，现象不明显。分析原因，可能是沉淀没有溶解或者溶解太少，即便产生沉淀也难以观察。

【教师】如何才能检测微量的钙离子？人的智慧是无穷的，微量检测是社会各方面经常用到的。（拿起矿泉水瓶）比如矿泉水中的微量钙离子我们就可以检测到。

【学生】好奇。

【教师】两支试管分别装等量的蒸馏水和矿泉水，滴1滴指示剂（铬黑T配置），现象：分别显示蓝色和紫红色。（学生们很兴奋）好，大家可以用这种指示剂再次检测刚才的体系中是否存在微量钙离子。

【学生】分组实验：取草酸钙溶解后的上层清液，滴加1滴指示剂，观察到明显紫红色。并得出结论：草酸钙沉淀可以溶解。

【教师】不溶是相对而言的，溶解是绝对的过程。

设计意图：让学生体会到，难溶不等于不溶，因为溶解的很少，用常规的检测方法可能达不到理想效果时就要寻找新的方法，体会科学研究不是一蹴而就的事情。

【教师】追问：我们知道大量的钙离子和草酸根会生成沉淀。沉淀反应能进行到底吗？

【学生】不能，沉淀后的体系中同时存在沉淀和相应的离子。

【教师】沉淀完全，是相对而言的，当体系中残留离子浓度小于 10^{-5} mol/L时认为沉淀完全。饱和溶液就是固体溶解和沉淀的生成达到平衡状态的溶液，我们称为溶解平衡。请根据学过的化学平衡的建立过程及特征，描述：将 CaC_2O_4 放入水中后，溶解平衡的建立过程及特征。

【学生】当固体溶于水时存在着钙离子和草酸根脱离固体表面进入水中的溶解过程，同时存在着钙离子和草酸根受固体表面离子的吸引，回到固体表面析出沉淀的过程。开始溶解速率大于沉淀速率，表现固体为不

断减少，随着离子浓度增大，沉淀的速率也会增大。当溶解和沉淀达到速率相等时就达到平衡状态。溶解平衡和化学平衡一样，是动态平衡，符合平衡的基本特征：逆、等、动、定、变。书写溶解平衡表达式 $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq})$

（二）模拟结石的生成——定性体验沉淀溶解平衡的移动

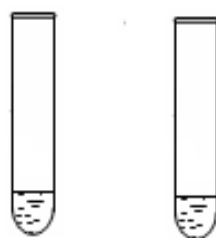
【教师】恩格斯说过平衡和运动是分不开的……一切平衡都是相对的。在结石病人体内就建立了草酸钙的溶解平衡。喝水、过量食用含草酸的食物、过度补钙对该平衡有怎样的影响？请从微观角度解释。

【学生】水可以增加排尿量，同时降低体内钙离子和草酸根离子的浓度，使平衡向溶解的方向移动，减少离子再次结晶的概率；相反，增大钙离子或草酸根的浓度会使平衡向生成沉淀的方向进行，对结石病患者很不利。

【教师】大家的分析很有道理。含草酸的食物有很多如：菠菜、小葱、茶叶等。现在就让我们实验模拟过量食用含草酸食物后在患者体内发生的过程。

【学生】期待的表情！分组操作：取2支试管，分别加2滴管上层清液，再加1滴指示剂来指示钙离子的变化。一支作对照实验，向另一支试管中用注射器（最小刻度为0.02mL）替代胶头滴管滴加饱和草酸钾溶液。改进的目的：一方面为了更接近患者体内的真实微量情况；另一方面，为了更好的控制单一变量，要尽量减小加入草酸钾溶液时，引起溶液体积的改变。由于本身溶液中钙离子的浓度就非常小，当增大草酸根浓度时，钙离子浓度从很小的量，向更小的量转变不易观察。所以，严格控制草酸钾的量，能更加真实细致的体验平衡移动的过程。

对照实验 滴加饱和草酸钾溶液



2ml上层清液



汇报现象：随着草酸根浓度的增大，颜色变化：紫红色——蓝紫色——蓝色，说明钙离子浓度逐渐减少，

向着生成沉淀的方向进行。

【教师】模拟实验，让我们感受了结石的生成，可见任何食物都是过犹不及。追问：是不是因为预防结石就不能补钙或着吃菠菜等食物呢？

【学生】能，只要控制适量就行。

(三) “适量”的标准是什么——认识溶度积常数

【教师】大家都在纠结一个问题：要控制一个什么样的量？请大家继续大胆探索！展示：几组平衡状态体系中离子浓度数据，见表。请根据各平衡点的数据计算平衡时两种离子的关系？

| | $c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ (mol/L) | $c(\text{Ca}^{2+})$ (mol/L) |
|------|----------------------------------------|-----------------------------|
| 平衡 1 | 约 5×10^{-5} | 约 5×10^{-5} |
| 平衡 2 | 约 5×10^{-4} | 约 5×10^{-6} |
| 平衡 3 | 约 2.49×10^{-2} | 1×10^{-7} |

【学生】乘积是定值，约为 2.5×10^{-9} 。

【教师】像电离、水解平衡一样，沉淀溶解平衡也有平衡常数，符号为 K_{sp} ，是一个与温度有关的常数。因为固体不列入平衡常数，对于某溶解平衡： $M_m A_n(s) \rightleftharpoons m M^{n+}(aq) + n A^{m-}(aq)$ ， $K_{sp} = [c(M^{n+})]^m \cdot [c(A^{m-})]^n$ 。草酸钙的平衡常数表示为 $K_{sp} = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ 。

通过比较体系中有关离子浓度幂的乘积 Q_c 与 K_{sp} 的大小可以判断沉淀是否生成或溶解。

$Q_c = K_{sp}$ ，溶液饱和，沉淀与溶解达到平衡状态

$Q_c > K_{sp}$ ，溶液过饱和，析出沉淀

$Q_c < K_{sp}$ ，溶液不饱和，沉淀溶解

其实，通过食物补钙，就可以达到每天所需的钙量。多吃含钙的食物对身体有利，但钙离子浓度过大会与体内的草酸根，磷酸根等离子达到其 k_{sp} ，量变引起质变，产生沉淀。中国人讲究中庸之道，不能太极端，要把握一个度，今天化学知识让我们对这个“度”有了更清晰的认识——那就是溶度积常数。

结语：今天我们以草酸钙为例：发现了溶解平衡，定性体验了平衡的移动过程，初步感知到了平衡常数的存在。沉淀溶解平衡在生产科研等很多领域都有重要应用，希望同学们课下继续研究。这节课让我们体会到：化学对医疗有很强的指导作用，让我们可以理性认识疾病，预防疾病。同时，也呼吁大家课后可以积极宣传——合理饮食预防结石的方法。

三、教学感悟

1. 沉淀溶解平衡比较抽象，是学生学习的难点。一

些实验素材虽能很好的说明问题，但也让人感觉“遥远”、“干瘪”。本节课中，学生完全就像是医生一样解决看很艰深奥的问题，体验了以化学为基础学科的职业角色，认识了化学学科价值和魅力。

2. 把课堂变活，需要教师要善于发现生活中的化学物质和情境素材，大胆地将这些素材稍作改进运用到自己的教学中，既让学生学习知识，又让学生增长见闻，更符合新课改的理念和要求。当然，对具体素材而言，教师要兼顾素材的社会性、学科性和教学性。在运用素材的过程中，也要尽力发挥素材的价值，将素材作为教学的推动系统与学科本体内容有机融合，展现学科思想和方法。

参考文献

[1] 刘玉兴. 基于核心素养理念探究高中化学课程教学的创新思路——沉淀的溶解平衡[J]. 新课程, 2020(7): 66-67.

[2] 胡珺晶. 化学课上“讲故事”——“沉淀的溶解平衡原理”教学实录[J]. 化学教与学, 2015(9): 48-51.

[3] 文艳佳, 宋颖娟. 项目化教学在中学化学教学中的应用——以沉淀溶解平衡为例[J]. 教育界, 2019(40): 84-85.

[4] 童建军. 有关“溶液中的离子平衡”考点的分析[J]. 广东教育(高中版), 2012(10): 65-67.

[5] 王玲, 邢东阳, 曾仲献, 等. 基于“证据推理”建构沉淀溶解平衡的深度认识路径——从2021年广东学业水平选择性考试(化学)17题说起[J]. 化学教与学, 2022(7): 73-76.

[6] 陶文亚. 基于核心素养的高中化学“问题式学习”的教学探索——以“沉淀溶解平衡原理的应用”为例[J]. 文理导航(中旬), 2018(12): 61-63.

[7] 曾凤英, 潘祥泰. 基于数字化实验的沉淀溶解平衡实验的创新设计[J]. 化学教与学, 2014(8): 91-93.

[8] 马清惠. 用化学解释生活问题构建素养为本的课堂——“沉淀溶解平衡”教学设计[J]. 中学化学教学参考, 2023(8): 18-20.

[9] 沈金龙, 李娜. 基于问题解决的单元整体教学设计——以“沉淀溶解平衡”为例[J]. 化学教与学, 2023(12): 50-54, 59.

作者简介：刘丽宁，女，1983年9月，毕业院校：河北师范大学，汉族，河北省保定市，本科，职称：中学一级教师，研究方向：化学教育。