

“揭秘索尔维制碱法和侯氏制碱法”微项目教学*

王金勇¹ 孙 丽²

(1日照实验高级中学 山东日照 276826;2日照市金海岸中学 山东日照 276800)

文章编号:1002-2201(2022)01-0018-03

中图分类号:G632.4

文献标识码:A

一、教学主题内容及教学现状分析

化学学科核心素养是学科育人价值的集中体现,是学生通过学科学习而逐渐形成的正确价值观念、必备品格和关键能力。本节课选自鲁科版化学选择性必修1《化学反应原理》第三章微项目“揭秘索尔维制碱法和侯氏制碱法——化学平衡思想的创造性应用”。通过本章前四节的学习,学生对物质在水溶液中的行为已经有了比较深的认识。本项目中索尔维制碱法和侯氏制碱法都是复杂的体系,其中不仅包含着化学技术,还有对化学平衡思想的创造性应用,是学习溶液中离子平衡(尤其是多平衡共存)的良好素材。本项目还有突出的育人价值,能引领学生了解我国民族工业发展的艰辛历史,体会侯德榜创造性成就背后的历史责任感,体会化学在解决真实社会问题过程中所起到的关键作用,培养学生的社会责任感,养成节约资源、保护环境可持续发展意识等。

本项目包含两个基于真实问题的活动:①解密索尔维制碱法,②解读侯氏制碱法。索尔维法与侯氏制碱法在反应原理方面是相同的,不同之处在于对反应后半段副产物处理以及生产中循环利用的物质。同时,解密索尔维法和创立侯氏制碱法也是侯德榜的两大重要成就。这两个问题都需要学生分析复杂溶液组成,推测溶液中可能存在的反应和平衡以及平衡之间的相互影响,预测作用结果并论证,或者根据需要调控溶液中的相互作用。

二、学情分析

工业制纯碱体系对学生而言既熟悉又陌生。其

中涉及的食盐、氨气、碳酸钙(二氧化碳)等物质,学生是熟悉的,但是这些物质之间的相互作用以及产生的碳酸氢钠析出等结果,对学生而言,又是陌生的。学生之前已经学习了弱电解质的电离、盐类的水解、沉淀溶解平衡、离子反应等基础知识,已经可以基于平衡观念思考问题。但是学生对溶液问题的已有认识方式通常是基于电离和离子反应的。在学习过程中,教师需要引发学生反思,认识自己在认识方式上的局限性,有意识地将平衡观作为自己思考问题的工具。

三、项目教学目标

通过认识制碱工业中复杂的多平衡体系,让学生学会分析溶液中的微粒和平衡,理解平衡之间的相互影响,能根据实际需求选择调控平衡移动的方法。

通过了解工业制碱原理,让学生体会化学原理的巧妙应用,了解我国科学家对制碱工业的巨大贡献。

四、教学实录

[引入]背景材料——纯碱是重要的基础化工原料,其产量和消费量通常作为衡量一个国家工业发展水平的指标。20世纪初的中国,纯碱依赖进口。索尔维制碱法(氨碱法)是当时最主要的制碱方法,索尔维工会对制碱技术严密封锁,导致第一次世界大战期间,纯碱价格暴涨,对我国的国计民生造成了很大影响。1921年我国化学工业实业家范旭东邀请侯德榜回国担任总工程师,探索索尔维法的奥秘。

[教师]为实现民族复兴、人民幸福,侯德榜只知责任所在,拼命为之。让我们跟随侯德榜一起解读索

*2020年度山东省教育科学研究一般课题“基于高中化学学科素养的核心概念教学实践研究”(课题编号:2020JXY294)阶段性研究成果;2021年度日照市教育科学“十四五”规划课题“纵连理论计算、横接实际生活的高中化学实验教学研究”(课题编号:2021YB007)研究成果;2021年度日照市教育科学研究课题“基于高中化学学科核心素养的新教材实验教学实践研究”(课题编号:2021PT112)研究成果。

尔维制碱法。

[PPT]项目活动1:解密索尔维制碱法。

比利时工程师索尔维以食盐、石灰石和氨为原料制得碳酸钠和氯化钙,1867年这种方法被正式命名为索尔维制碱法。索尔维法中的关键反应为 $\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$ 。

[教师]思考1:溶液中的 NaHCO_3 为何能析出?(引发思考,提供资料卡片1、2。)

[PPT]资料卡片1:几种盐的溶解度数据如表1所示。

表1 几种盐的溶解度(20℃,100g H₂O)

盐	NaCl	NH ₄ HCO ₃	NaHCO ₃	NH ₄ Cl	Na ₂ CO ₃	(NH ₄) ₂ CO ₃
溶解度/g	35.9	21.7	9.6	37.2	21.5	100.0

资料卡片2:可溶性物质的溶解也存在限度,当离子浓度过大时,可溶性物质也会析出,这类似于沉淀溶解平衡。

学生回答,教师总结解释碳酸氢钠产生的原因。促使学生从平衡和平衡移动角度认识沉淀与溶解现象,并意识到通过控制条件可以调控平衡移动。

[PPT](1) NaHCO_3 溶解度相对较小,可以析出。

(2) 增大 Na^+ 和 HCO_3^- 的浓度可以使平衡 $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3(\text{s})$ 的 $Q < K$, 平衡右移,生成 NaHCO_3 沉淀。

[教师]引发思考2:如何增大 Na^+ 和 HCO_3^- 的浓度?

[学生]增大 Na^+ 的浓度:使用精制饱和食盐水;增大 HCO_3^- 的浓度: NH_3 与 CO_2 反应生成 HCO_3^- 。

[教师](提出问题)为增大 HCO_3^- 的浓度,对 NH_3 和 CO_2 通入溶液的顺序有没有要求?小组讨论,汇报结果,教师评价。

[PPT]展示汇总结果:

(1)若先通 CO_2 后通 NH_3 。溶液中存在: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$; $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ (主要); $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$, 后通入 NH_3 ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$), NH_3 的用量不好控制,若过量,则 H_2CO_3 电离平衡右移,最终生成 CO_3^{2-} 。

(2)若先通 NH_3 后通 CO_2 。溶液中存在: $2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{CO}_3^{2-} + 2\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$, 继续通入 CO_2 , 则 $\text{CO}_2 + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$, 平衡右

移, HCO_3^- 浓度增大,达到目的。

另外, NH_3 溶解度大(极易溶于水,与水体积比为700:1), CO_2 溶解度不大(约为1:1),先通 NH_3 有利于吸收更多的 CO_2 获得足量 HCO_3^- 。

小结:索尔维法原理分析,如图1所示。

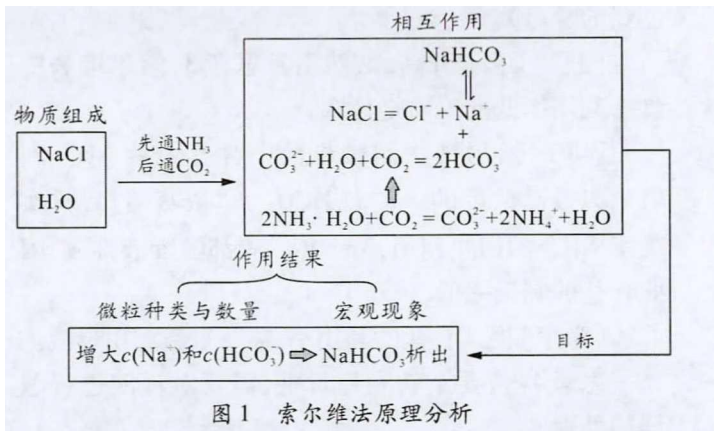


图1 索尔维法原理分析

[教师]总结:我们是按照怎样的思路揭秘索尔维法的?(引发学生对认识模型的构建。)

认识模型展示如图2所示:

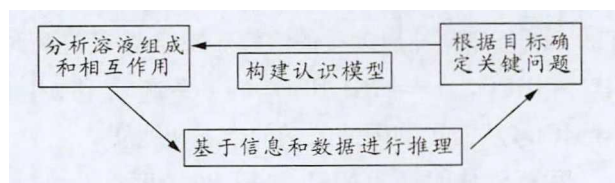


图2 认识模型

实验验证:理论推理、实验验证。

实验步骤:锥形瓶中装有碳酸钙粉末,分液漏斗中装有稀硫酸,试管中装有氨水,并滴有酚酞溶液。用冰水浴降低试管内的温度。打开分液漏斗,观察二氧化碳通入氨水的现象,实验装置如图3所示。

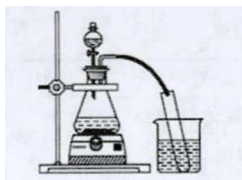


图3 模拟索尔维法的实验装置

实验现象:试管内出现浑浊。分离进行后续实验,证明有碳酸氢钠析出。

[PPT]项目活动2:解读侯氏制碱法。

[材料]范旭东最初将制碱厂设在天津塘沽,塘沽靠海,原料食盐容易获得。1937年,日军攻占天津,制碱厂被迫迁到四川。四川没有廉价的海盐,索尔维法的食盐利用率低,只有72%~74%,使生产成本升高,这也导致中国的纯碱工业又一次陷入困境。

为寻求办法,侯德榜带领团队去德国考察,希望

购买“察安法”专利(一种制碱法,食盐利用率达到90%~95%),但德国人百般阻挠,丧权辱国的条件刺痛了侯德榜的爱国之心,“难道黄头发蓝眼珠的人能搞出来,我们黑头发黑眼珠的人就办不到吗?”于是他决心自行研发。(展开项目学习2 体会侯氏制碱法的创新的学习)。

[教师]成本升高,必然引发思考3:索尔维法中食盐利用率低的原因是什么?

[PPT]索尔维法制碱母液中含有大量 NH_4^+ 和 Cl^- ,以及高浓度的 Na^+ 和 HCO_3^- 。“灰蒸”过程只实现了 NH_4^+ 的回收利用, Na^+ 、 Cl^- 等都随废液排放,因此食盐的利用率低。

[学生]提高食盐的利用率:需要重新利用母液。

思考4:若要重新利用母液,需要对母液进行怎样的处理?

[学生]对母液补充 NH_3 、 NaCl 和 CO_2 ,以提高母液中 Na^+ 和 HCO_3^- 的浓度,以便于生成碳酸氢钠。

[教师]新问题——基于平衡思想,母液中高浓度的 Cl^- 会抑制补加食盐的溶解。 NH_4^+ 浓度过高时, $\text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{s})$ 平衡右移,生成 NH_4HCO_3 从而影响碳酸氢钠的产率和纯度。

思考5:如何降低 NH_4^+ 和 Cl^- 的浓度?

提供资料卡片3,氯化铵和氯化钠在不同温度下的溶解度(见表2、图4),发展学生基于信息和数据进行推理的能力。

表2 氯化铵和氯化钠在不同温度下的溶解度(100 g H_2O)

t/°C	0	10	20	30	40	50	60	70
氯化铵溶解度/g	29.4	33.2	37.2	41.4	45.8	55.3	65.6	71.2
氯化钠溶解度/g	35.7	35.8	36.0	36.3	36.6	37.0	37.3	37.8

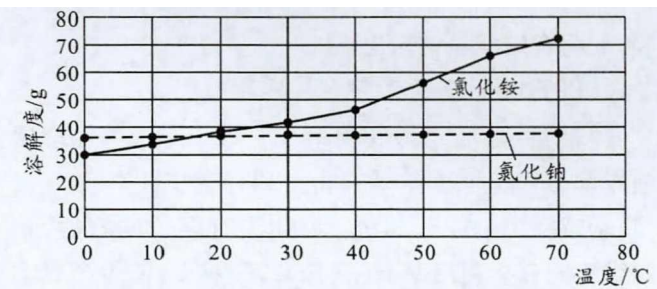


图4 氯化铵和氯化钠在不同温度下的溶解度

通过读表读图,学生自然而然分析出:降温进行

“冷析”,氯化铵沉淀析出(可作化肥)。

[教师]新问题——直接降温冷析如何?(提供几种盐在不同温度下的溶解度,见图5。)

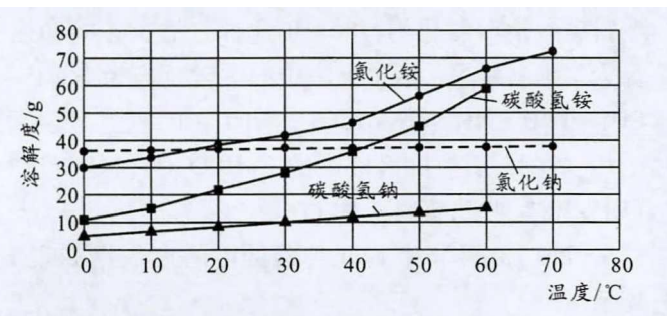


图5 几种盐在不同温度下的溶解度

得出结论:不合适,除 NH_4Cl 析出外, NaHCO_3 、 NH_4HCO_3 也析出。

[教师和学生]新措施——通入氨气,使溶液中的 HCO_3^- 转化为溶解度更大的 CO_3^{2-} ,减少冷析时 NaHCO_3 析出的可能性。另外,吸氨后溶液中的铵根离子浓度进一步提高,再添加 NaCl 进行“盐析”可使 $\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ 平衡右移,氯化铵析出,同时补充母液中的 Na^+ ,有利于 NaHCO_3 的析出。

小结:展示侯氏制碱法的创新,引导学生分享喜悦,总结见图6。

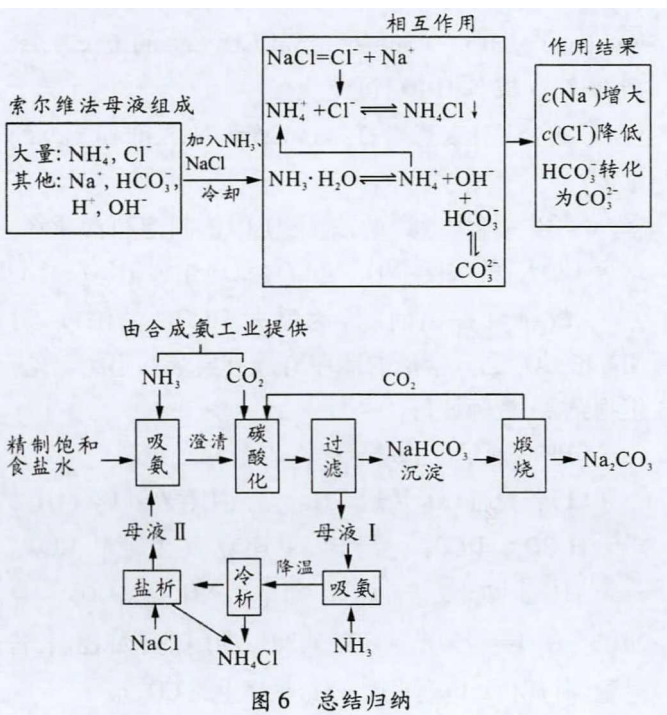


图6 总结归纳

[PPT]项目成果展示:

(1)回顾本项目的学习,归纳总结当遇到复杂的真实溶液问题时应采取的分析思路。



前科学概念在“溶液的形成”教学中的实践

李林业

(界首市砖集中心学校 安徽 界首 236512)

文章编号:1002-2201(2022)01-0021-02

中图分类号:G632.4

文献标识码:B

在素质教育改革的大背景下,教育回归知识概念本身,在教学中充分利用科学概念与前科学概念的差异化对比,有利于实现教学目标,保障课堂教学的整体效果。前科学概念是个人进行专业学习前,基于生活经验产生的一种模糊认识,不能正确反应事物的内在本质。在初中化学教学中,教师通过学生课堂表现和课后反思,捕捉学生脑海中的前学科概念,发挥教师自身的引导作用,加深学生对化学知识内在本质的理解,帮助学生完成相应的学习目标,促进学生化学学科核心素养的发展^[1]。故此,笔者以“溶液的形成”教学为例,分析捕捉课堂中前科学概念的策略方法,以期弥补学生学习的不足。

一、课后反思与前科学概念的捕捉

初次授课中由于教学任务、课堂时间的限制,同时学生前科学概念受个人经历的影响并不相同,因此,课堂上往往无法准确捕捉学生个体的前科学概念,而课后反思可以提供一个有效的获取途径。课后反思主要针对教师完成相应教学活动后的深入思考,

(2)总结通过本项目的学习形成的对溶液中的离子平衡和平衡移动的新认识。

[作业]品读《科学家随笔:跨越元素世界》,感受侯德榜勇于担当、实践创新的精神,并向同学们介绍我国化学工业科学家侯德榜对化学工业作出的巨大贡献。

五、教学反思与感悟

中学历史中,常常需要记忆的一个知识点就是“侯氏制碱法”,当时笔者自己都感觉很奇怪,一个制碱的方法就那么重要?通过准备素材、备课、上课、实验,笔者学到了很多,也收获了很多。工业制碱是化学工业的重要领域,生产的纯碱堪称“化工之母”。

除去课后反思外,还涉及作业批阅、考试试卷分析等内容。通过课后反思,教师可以了解学生的作业完成情况、考试情况,进一步掌握学生存在的不足,并有效捕捉学生的前科学概念,了解学生存在的错误观念、不良学习习惯等。教师根据自身所捕捉的学生课堂中前科学概念的情况,促使教师深入思考自身的教学行为、教学方式、教材内容等,并帮助教师展开微观的层面考量,思考课堂中失去捕捉和转化前科学概念的教学现象,激活教师捕捉前科学概念的源动力,保障课堂教学的整体效果。

例如,以“溶液的形成”教学为例,教师在批改学生作业时,发现大多数学生存在“溶液判别正确率不高”“溶液概念理解不准确”等问题,教师通过课后反思可以发现,大多数学生普遍对化学概念的理解存在认知偏差,教师通过捕捉前科学概念,从学生的错误问题入手,了解到学生并没有将化学概念彻底掌握,还存在许多前科学概念,以至于影响学习效果。为此,教师从学生的错误观念入手,为学生精心策划“溶

笔者和学生课前一起读了侯德榜著的《跨越元素世界》,了解了当时我国民族工业发展的艰辛历程,体会了侯德榜创造性成就背后的历史责任感,真正体会了化学在解决真实社会问题过程中所起到的关键作用。在学习过程中,和学生一起感受到了揭秘索尔维制碱法后的喜悦,获万国博览会金奖的自豪,创造性提出侯氏制碱法后的骄傲,中华民族的伟大!

在授课过程中,学生思路开阔,感情丰富,很受感动。唯一遗憾的是模拟索尔维制碱法的实验耗时太长,不太方便课堂展示,接下来会对实验进行改进创新。