离子膜烧碱虚拟仿真实验在中学化学教学中的应用

于永生1\*，蔡静静1，王静菡1，王莎莎1

(信阳师范大学化学化工学院 河南 信阳 464000)

摘要：实验教学是高中化学教学的重要组成部分，通过实验教学可以激发学生对化学科目的学习兴趣，提高学生的动手操作能力、独立思考能力以及问题解决能力等。但是在真实的教学中，往往受条件限制和传统教学方式的影响而忽视化学实验教学，大多数教师最终更倾向于播放视频来代替实验教学。将现代信息技术与化学教学实验相结合，把具有远程互动性的虚拟仿真实验应用在化学实验教学中能解决目前实验教学遇到的问题。论文以此为切入点，介绍了“离子膜烧碱虚拟仿真实验”的优势，以及如何将其与中学化学知识相结合，提高教学效果。

关键词：虚拟仿真实验；离子膜烧碱；中学化学教学

中国分类号：G4 文献标识码：B

1.引言

随着教育信息化的不断发展，虚拟仿真实验在各级各类学校、各个学科的实验教学中扮演着越来越重要的角色，以其独特的交互性、泛在性的优势推动教育信息化的改革。在规模化教育的前提下，信息技术为教育提供了丰富的手段，有利于实现教育多样化、个性化[1]。

将虚拟仿真实验引入到化学实验教学中，把抽象的文字知识立体化、具象化，营造一个直观、生动形象的化学教学环境。

2.“离子膜烧碱虚拟仿真实验系统”的介绍

2.1研究背景

离子膜烧碱虚拟仿真实验系统是针对在进行离子膜烧碱生产工艺教学时存在教学经费、 教学实训场地、课程安排等客观原因的限制，使得化工、轻工等专业的学生前往化工厂实习

实情境系统的技术，是一种综合集成的技术[2]。建立化工虚拟仿真实验平台，将许多在传统化学实验室不能进行的操作变为现实，使教学实验不再受时间空间限制，建立并完善适合现代学生的信息化数字化教学机制[3]，实现对学生实践能力、创新能力的培养。

**2.2教学流程**

（1）课前预习：学生首先认真预习《离子膜烧碱工厂仿真培训操作手册》和软件上的整个工艺流程说明，并熟悉整个生产过程中的主要原理、设备操作、工艺流程以及安全注意事项等。通过课前预习充分调动学生的学习兴趣和参与度。教师可以把离子膜烧碱生产工艺流程

[基金项目]2023年校级研究生教育改革与质量提升工程校级项目“化学课程与虚拟仿真实验研究”（XYNUYJS2023AL002）; 2022年教育部产学合作协同育人项目“离子膜烧碱和煤制甲醇生产工艺虚拟仿真师资培训”（220604697020857）；

作者简介：于永生（1979—），男，河南通许人，博士，信阳师范大学化学化工学院副院长，副教授，硕士生导师，主要从事化学教学及功能陶瓷材料研究；E-mail：yysh0713@163.com

拆分成与理论相关的膜分离过程、一次盐水精制、二次盐水精制、电解、氯气处理、淡盐水脱氯等多种工序。学生分组查找资料，并采用讨论等方式，实现教师与学生良好互动的教学模式。

（2）课堂学习：运用虚拟仿真技术模拟离子膜烧碱工厂环境和操作过程，使得学生有身临其境的感觉。软件充分以学生为中心，尊重学生的个性化学习，寓知识传授、实践能力培养和综合素质提高于一体。教师采用讲授式、互动式等教学方法进行讲解，集体讲授与个别指导并存，满足因材施教、个性化教学需求。实验过程中学生自主规划学习内容、学习节奏。通过对仿真软件记录的各步操作时间及得分进行分析，学生进行查漏补缺。在整个过程中既培养了学生自主学习能力，同时对知识有更深层次的理解。

（3）实施效果：开设演示实验，给学生建立了基本的概念和模型，有计划地安排标准规程实验，让学生熟悉基本的实验操作和方法，通过逼真的三维实验操作并结合二维动画、图片、文字、视频等多媒体学习资源达到实训的效果。该教学系统的推广与使用不仅为学生提供了安全、形象的学习环境，而且还调动学生学习的积极性，丰富了教学模式，提高了学习效率，达到课程目标要求的授课效果。

3.“离子膜烧碱虚拟仿真实验”的优势

3.1沉浸式的感官体验

离子膜烧碱虚拟仿真技术呈现出具有三维立体感的化学工艺流程，有着明显的视觉冲击效果，它最大的亮点在于能够带给实验者身临其境的沉浸式体验[4]。调动学生的视觉、触觉、感觉等多种感官参与，可极大提高学生的注意力，最大限度地激发学习化学知识的兴趣[5]。另外，学生化身化学实验员在三维立体的工厂中参与生产流程，学习相关知识，寓教于乐，增强学生的沉浸感和专注度。虚拟仿真实验以场景化的教学模式激发学生学习兴趣的同时，让学生了解所学知识在生活生产中的应用，做到理论与实际相结合。

3.2知行合一的学习体验

离子膜烧碱虚拟仿真实验系统以任务驱动的方式让学生通过鼠标和键盘控制化学实验员来完成各项生产任务，打破了传统的教学模式，使学生能够体验离子膜烧碱生产工艺的过程，提高学生的参与度，给学生亲临其境的体验感。通过数字化手段进行整体的自主互动学习，提高学生的综合素质，增加实验教学的交互感[6]。利用智能屏幕与分层教学等民主化、开放式的教学方式，实现教师与学生默契配合的教学模式。

4.“离子膜烧碱虚拟仿真实验”在中学化学教学中的应用

离子膜烧碱虚拟仿真实验工序的核心是二次盐水精制和电解部分[7]。其中盐水精制、电解工序和氯气的处理与中学化学教学中的粗盐提纯和电解饱和食盐水等知识密切相关。因此，将离子膜烧碱虚拟仿真实验引入中学化学教学，能够让学生更深入地理解这些内容，更客观的认识化学这门学科而不是浮于纸面知识，体验科学探究的过程，有效落实学生化学学科素养的培养。同时使学生对化学及其所涉及的领域有更加清晰的认识，也对学生将来大学专业的选择有帮助。

4.1盐水精制与中学化学中的粗盐提纯

离子膜烧碱的主要原料是饱和食盐水，而无论是海盐、湖盐、岩盐或者卤水中的哪一种原料，都含有Mg2+、Ca2+、SO42-等无机杂质，以及细菌、藻类残体、腐蚀酸等天然有机物和机械杂质[8]，如果不除去这些杂质将会造成离子膜损伤，破环电解槽的正常运行，降低电流效率，对离子膜的性能及寿命造成不可逆转的影响。因此，化盐后的盐水必须进行精制操作才能满足离子膜电解槽的运行要求。

4.1.1盐水精制原理

一次盐水精制就是除掉粗盐水中的 Mg2+、Ca2+、SO42-等对电解有害的杂质。加入过量的NaOH、Na2CO3使Mg2+、Ca2+形成沉淀而除去，加入盐酸中和过量NaOH和Na2CO3。盐水一次精制是盐水的预处理工段，主要目的是为了控制悬浮物(SS)与各杂质离子的含量在要求的范围内，为盐水二次精制做准备[9]。

Mg2++2NaOH=Mg(OH)2↓+2Na2+

Ca2++Na2CO3=CaCO3↓+2Na2+

NaOH + HCl=NaCl+ H2O

 Na2CO3+2HCl =2NaCl+H2O+CO2↑

从离子膜砂滤器出来的过滤盐水，先加酸进行中和，使盐水中的钙镁等金属阳离子处于离子状态，接着将过滤盐水进入螯合树脂塔进行二次盐水精制,经过树脂塔后除去盐水中微量的Mg2+、Ca2+等阳离子[10]。部分工艺在盐水进入螯合树脂塔进行二次精制之前设置α-纤维素预涂碳素管过滤器，进一步降低食盐水中的悬浮物的含量，然后进入螯合树脂塔，如图1所示。最后将二次精制盐水送入电解工序进行电解[11]。

  图1盐水精制工艺流程

4.1.2粗盐提纯

粗盐提纯是中考中出现频率非常高的题型，分别在2022年、2020年和2019年等连续多年在中考题中出现。离子膜烧碱中盐水精制工序是中学化学中粗盐提纯的具体化、工业化，将离子膜烧碱虚拟仿真实验引入中学化学教学，有助于学生更好地理解粗盐提纯相关知识。在中学化学中，除去粗盐中的可溶性杂质往往遵循三个基本原则“不增、不减、易分离”：不引进新的杂质，不减少被提纯物质的量，形成的物质容易分离。除杂的方法主要有反应生成气体、沉淀而出去，杂质受热分解而出去，反应生成主要成分，结晶。

一次盐水精制中除去Mg2+、Ca2+、SO42-正是运用了此方法。盐水精制工艺流程是中学化学教学中粗盐提纯的具体化、生产化。在除杂中，先加入过量的BaCl2除去溶液中的SO42-，再加入过量的Na2CO3除去Ca2+和Ba2+,然后加入过量的NaOH除去溶液中的Mg2+，过滤分离之后向滤液中加入足量的HCl中和溶液中过量的NaOH，最后蒸发结晶得到NaCl晶体，如图2所示。将离子膜烧碱、虚拟仿真实验引入中学化学教学，让学生用鼠标和键盘在虚拟空间身临其境地体验盐水精制地过程，可以让学生对粗盐提纯有更加深入地了解，让学生更好的体验化学学科的奇妙。



图2 粗盐提纯流程图

4.2电解饱和食盐水在中学化学教学中的应用

4.2.1电解的原理

电解槽的阴极和阳极室被阳离子交换膜分开。此交换膜是一种耐腐蚀的阳离子交换膜，膜体中有活性基团，可以排斥外界溶液中的某些离子。阳极室是精制的饱和食盐水，阴极室是纯水。在电解开始时，通常在阴极室的水中加入一定量的NaOH溶液，以增加溶液的导电性，而不增加新的杂质。H2O在阴极表面放电产生H2，Na+通过离子膜进入阴极室并与OH-结合产生NaOH，Cl-在阳极表面放电产生Cl2，电解后的淡盐水加入食盐后重新使用，如图3所示。

阳极（放电顺序：Cl- >OH-）: 2Cl--2e -=Cl2↑(氧化反应)

阴极（放电顺序：H+>Na+）: 2H++2e-=H2↑（还原反应）



图3 离子膜电解槽电解反应的基本原理示意图

4.2.2电解的应用

电解饱和食盐水是高中化学人教版选修四第四章第三节电解池中的重要内容，涉及电化学和氧化还原反应两大板块知识。将离子膜烧碱虚拟仿真实验与中学化学课程中电解饱和食盐水的内容相结合，这种教学方式弥补了由于其实验操作复杂，教学课时紧张，缺少实验设备等客观条件限制而产生的不足[12]，传统的课堂教学中教师只是机械地按照自己的节奏讲解课本知识，学生也只是被动地接受[13]，学习深度不够，没有达到理解和认知的高阶思维[14]。而通过离子膜烧碱运用虚拟仿真系统，将该系统作为教学工具引入线上教学中，针对性的学习电解饱和食盐水的内容，理论与实践结合，更能提高学生学习兴趣、学习效率以及教师的教学质量。

4.3氯气的处理在中学化学教学中的应用

氯气是黄绿色并且有毒的气体，易对我们的身体以及环境造成影响。从电解槽出来的氯气温度较高，并且伴有大量的水蒸气及盐雾等杂质。氯气是酸性，所以从电解槽出来的氯气必须要进行干燥，可以用酸性或者中性干燥剂来干燥，但不能选择碱性干燥剂比如碱石灰，因为氯气溶于水发生反应生成的次氯酸可以与碱反应。浓硫酸是具有较高脱水效率的酸性干燥剂，所以工业上常采用浓硫酸干燥氯气。

5.“离子膜烧碱虚拟仿真实验系统”引入中学化学教学的作用

5.1帮助学生理解、建构知识

中学化学课程的教学内容较为丰富，知识点繁琐零碎，且模块与模块之前相对分离，使得学生学习起来得难度较大[15]。许多抽象的理论知识，需要借助于实验教学促进学生理解。但是国内的实验教学资源分布不均匀，部分学校实验设备不完善，并且有些实验对于初学者来说具有一定的操作风险，所以教师多采用视频、语言描述等方式进行讲解。这种授课方式往往课堂氛围较为沉闷，学生参与度不高[16]。因此，结合信息技术，将离子膜烧碱虚拟仿真实验系统引入中学化学教学辅助学生学习，让每个学生动手操作虚拟实验，产生人机交互的逼真感[17]，从而更好理解和应用。

5.2提高学生学习化学的兴趣

在日常化学教学中，教师运用视频、图片、情景动画等方式调动学生学习兴趣。但是，学生往往只是沉迷于视频、图片而忽略了知识本身，本末倒置，效果通常不能持续一整节课。离子膜烧碱虚拟仿真实验系统给学生提供了一个新颖、有趣、场景化的教学模式，让学生化身为学习的主人，最大限度提升学生的课堂参与感，融入课堂教学，将抽象的化学知识具体化、形象化，极大地提高了学生学习的积极性。突破传统教与学的界限，通过数字化手段将知识整合，增强实验的互动性，增添学习的趣味性[18]。让学生对化学领域有更加深入的了解，对学生大学专业的选择有帮助。

5.3促进教师进行教学设计时充分考虑学生的主体地位

在传统的化学教学课堂中，教师经常忽略学生的主体地位，多从自身角度出发设计教学过程，课堂中以教师讲解、学生听讲为主，不利于学生掌握知识[19]。“离子膜烧碱虚拟仿真实验系统”注重学生动手操作，强化实践教学，极大地发挥学生的自主性，以学生为中心，让学生身临其境的体验离子膜烧碱的生产流程，能够进一步增加学生学习的新鲜感和好奇心，教师在借助该系统设计和实施教学活动时能够更有效落实学生的主体地位。

6.结语

本文将“离子膜烧碱虚拟仿真实验”应用于中学化学课堂教学，打破了传统实验的局限性，为学生提供了一个生动有趣、高度开放性的沉浸式实验探究场景，让学生身临其境的体验了离子膜烧碱的生产工艺流程，使学生对粗盐提纯、电解饱和食盐水等相关知识有了更加清晰的认识。此教学模式能培养学生对化学的兴趣和专业发展欲望，满足了不同程度学生的学习需求，亦能有效促进了学生对抽象内容的理解，达到较好的教学效果。

参考文献：

1. 任昌山.加快推进2.0,打造教育信息化升级版——《教育信息化2.0行动计划》解读之二[J].电化教育研究, 2018,39(06): 29-31+89.
2. 单美贤,李艺.虚拟实验原理与教学应用[M].北京: 教育科学出版社, 2005: 12-14.
3. 王玮. 3D虚拟仿真实验在服装设计专业教学中的应用研究[J].轻纺工业与技术, 2022, 51(03): 139-141.
4. 谢莉莉,易立文.“地下岩溶地貌观测虚拟仿真实验系统”在中学地理教学中的应用[J].中学地理教学参考, 2022(16): 14-17.
5. 陈丽芬,杨发福.虚拟仿真技术在中学化学教学中的应用[J].中学化学, 2022(04): 1-4.
6. 贾雪苓.虚拟现实技术及其在教学中的传播实践研究[D].成都:成都理工大学，2017.
7. 荆胜南,王洪元,张继,等.WebField ECS-100控制系统在离子膜法烧碱装置上的应用[J].中国仪器仪表, 2009(S1):163-167.
8. 樊新花.氯碱盐泥生产硫酸钙晶须的研究[D].石河子: 石河子大学, 2018.
9. 聂巨亮.离子膜电解工艺[J].河北化工, 2010,33(06): 53-54.
10. 杜元鹏,王宏飞.离子膜电解螯合树脂塔运行及维护[J].中国氯碱, 2022(07): 5-8.
11. 吴广军.氯碱工业盐水精制工艺优化[D].济南: 山东大学, 2017.
12. 童妍心,李贵安.虚拟仿真技术在中学物理教学中的应用[J].科学咨询(科技·管理), 2021(08): 255-256.
13. 朱丽镕,羊波.仿真实验在中学物理实验教学中的应用[J].中国教育技术装备, 2013(15): 129-131.
14. 胡原,吕鑫,李兵.虚拟仿真实验在高中生物学实验教学中的应用探究[J].实验科学与技术, 2019,17(04): 99-102.
15. 胡久华,刘洋.基于课程标准设计核心素养导向的单元教学[J].课程·教材·教法, 2021, 41(09): 101-107.
16. 王卫国,胡今鸿,刘宏.国外高校虚拟仿真实验教学现状与发展[J].实验室研究与探索, 2015,34(05): 214-219.
17. 荣梓任.虚拟现实技术在教育领域中的应用[J].企业技术开发, 2015,34(29): 58-59
18. 宋心琦.化学实验教学改革建议之一[J].化学教学, 2012,(04): 3-5.
19. 宁转霞.中学地理教学中Google Earth的应用研究初探[D].南京: 南京师范大学, 2011.

**Application of virtual simulation experiment of ionic membrane caustic soda in middle school chemistry teaching**

Yu Yong-sheng 1\*, CAI Jing-jing 1, WANG Jing-han1, WANG Sha-sha 1

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Xinyang Normal University, Xinyang, Henan 464000, China)

Abstract: Experimental teaching is an important part of chemistry teaching in senior high school. It can stimulate students' interest in chemistry and improve their hands-on ability, independent thinking ability and problem-solving ability. However, in the real teaching, chemical experiment teaching is often ignored due to the constraints and the influence of traditional teaching methods, and most teachers are more inclined to play video instead of experiment teaching. Combining modern information technology with chemistry teaching experiment, the application of virtual simulation experiment with remote interaction in chemistry experiment teaching can solve the problems encountered in current experiment teaching. Taking this as the starting point, this paper introduces the advantages of "virtual simulation experiment of ionic membrane caustic soda" and how to combine it with chemistry knowledge in middle school to improve teaching effect.

Keywords: Virtual simulation experiment; ionic membrane caustic soda; secondary school chemistry teaching