

数智赋能高中化学教学

——以“电解原理的应用”教学为例

摘要：本文以“电解原理的应用”教学为例，探讨了数智赋能的高中化学教学。针对传统“电解原理的应用”教学存在的过分强调模型化，缺乏动手实验等困境，通过实际工业需要进行分析 and 设计电解装置模型，并亲手利用仿真实验室去验证所设计的实验成功与否，思考解决中间可能遇到的问题，进而让学生理解在实际复杂情况下如何通过改变条件来实现实验目的，激发学生的学科兴趣以及实验设计和动手操作能力。

关键字：数智赋能；仿真实验；电解原理及应用；学科素养

一、教学主题内容及教学现状分析

本课例为沪科版高中化学选择性必修一第四章第四节“电解池”的第二个内容“电解原理的应用”新授课。

传统“电解原理的应用”教学面临一下困境：①过分强调模型，在讲电解原理的应用时，教师往往会构建一个通用模型，如程俊^[1]通过建构模型，让学生去理解并做题，整个过程缺少实验。只是一味的强调模型，笔者认为，对于电解原理的应用，应当配合一些实验，让学生在真实的实验中去体会理论模型与实际应用的差距。②实验形式化，目前大多数课例主要以实验视频代替演示实验甚至学生实验，学生对于电解原理的理解也很多时候停留在机械记忆阶段。对于以上情况，可以利用信息技术让学生通过仿真实验操作观察实验现象，并根据具体情况对实验条件进行优化，实现对抽象知识具象化的认知体验。

二、教学思想

数智赋能是指在信息技术背景下，通过虚拟仿真实验、数字化探究平台、教学智能体等工具，为学生提供沉浸式学习环境^[2]。将抽象的化学原理转化为具象的认知体验。在教学智能体的交互学习模式中，学生通过自主探究和协作学习完成知识建构。

三、教学目标

- 1、借助电解池的基本模型，理解电解原理在氯碱工业、电冶金、电镀等工业的具体应用。
- 2、能用仿真实验室完成实验，实现对各个实验装置以及过程的分析，深度理解电解原理在实际工作中的应用。
- 3、通过学习电解在生产化工产品、金属表面处理和材料加工等方面应用，感悟电解对人类生产生活的重要性，激发对化学的学习兴趣，形成正确的科学观。

四、教学设计思路

本节课聚焦于电解原理的应用，结合前置知识引出电解池的构成要素，带学生结合具体情况分析所需要的实验材料以及装置要求，而学生则通过亲手搭建实验装置去分析实验成功或失败的原因，进而完善实验装置，进行实验现象分析。这样有利于培养学生的学科素养以

及实验的动手能力。具体教学流程如表一所示。

表一“电解原理的应用”教学流程

教学环节	教师支持	学生活动	设计意图
氯碱工业	<ol style="list-style-type: none"> 带领学生回顾电解池的构成要素和放电顺序。 介绍隔膜种类以及用途。 用仿真实验模拟用隔膜法电解饱和食盐水的过程并引导学生进行分析。 	<ol style="list-style-type: none"> 回忆电解池的相关知识。 分析电解饱和食盐水时放电微粒，并书写电极反应式 讨论生成 NaClO 的原因。 	<p>通过电解饱和食盐水真实存在的问题，激发学生的学习兴趣，并通过实验去解决问题，验证关于实验的猜想是否正确。</p>
电冶金	<ol style="list-style-type: none"> 引导学生分析电解饱和食盐水和电解熔融态氯化钠有什么样的区别 介绍电冶金的原理 	<p>根据放电顺序分析并认识解饱和食盐水和电解熔融态氯化钠的区别。</p>	<p>通过对比，使学生深入理解离子在电极材料的放电顺序，从而决定所发生的电极反应，最终决定用途。</p>
电镀	<ol style="list-style-type: none"> 讲解电镀原理和目的 引导学生分析如何设计在铁制品上镀上铜的电镀装置 进行电镀的分析，引导学生总结电镀模型 	<ol style="list-style-type: none"> 根据电解池的构成要素分析如何设计铁制品上镀上铜的电镀装置 进行仿真实验，搭建电镀铜的实验装置，并分析这样搭建的原因 	<p>通过设计并搭建实验装置，深入理解电镀原理，并能构建电镀模型</p>
电解精炼铜	<ol style="list-style-type: none"> 介绍粗铜中含有的物质，引导学生利用电解原理对粗铜进行精炼 讲解电解精炼铜过程所发生的实验现象。 	<ol style="list-style-type: none"> 分析如何利用电解原理对粗铜进行精炼，书写电极反应式 分析阳极溶解的铜与阴极析出的铜质量不相等的原因 	<p>通过分析电解精炼粗铜的装置，理解在实际复杂情况下如何通过改变条件来实现实验目的</p>
小结	<p>引导学生对电解池、电解精炼池和电镀池进行比较</p>	<ol style="list-style-type: none"> 分析三者的区别和相同点 理解通过对电解池中条件进行控制，可以 	<p>强化学生对电解原理的系统理解，通过对原理的应用，激发学生的学科兴趣以及实验设计和</p>

		实现在不同领域的实际应用	动手操作能力
--	--	--------------	--------

五、教学过程

1、氯碱工业

【知识回顾】上一节课学习了电解池的工作原理并构建了电解池的基本模型。电解池的构成要素有哪些呢？

【学生回答】外加直流电源、电极材料、离子导体、电子导体、闭合回路。

【教师】通过电解我们可以使非自发氧化还原反应能够发生，实现从电能向化学能的转化。当对一个电解质溶液通电发生电解过程，离子会做一个定向移动，如果有多种离子在一极放电是存在先后顺序的，请一位同学来回忆一下离子在两极的放电顺序。

【学生回答】阴极放电顺序： $\text{Ag}^+ > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{H}^+(\text{酸}) > \text{Pb}^{2+} > \text{Sn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{H}^+(\text{水}) > \text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$

阳极放电顺序：活性电极 $> \text{S}^{2-} > \text{SO}_3^{2-} > \text{I}^- > \text{Fe}^{2+} > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{OH}^- > \text{族价含氧酸根离子} > \text{F}^-$ 。

【教师】氯碱工业是我们非常熟悉的，它是电解原理在化工生产的一个应用。而氯碱工业的核心原理是电解饱和食盐水，那么饱和食盐水中有哪些微粒？

【学生回答】 Na^+ 、 Cl^- 、 H^+ 、 OH^- 、 H_2O

【教师】在两电极上优先放电的微粒是什么？

【学生回答】 Cl^- 、 H^+ （水）

【学生活动】书写电极反应式

阳极电极反应式： $\text{Cl}^- - 2\text{e}^- = \text{Cl}_2$ ；

阴极电极反应式： $\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ 。

【教师】用电解饱和食盐水的方法可以备氯气、氢气和烧碱，并以它们为原料生产一系列含氯、含钠化工产品的工业称为氯碱工业。

【教师】我们发现在实验室制得 NaOH 纯度不高，往往混有 NaClO 。大家觉得可能的原因是什么？

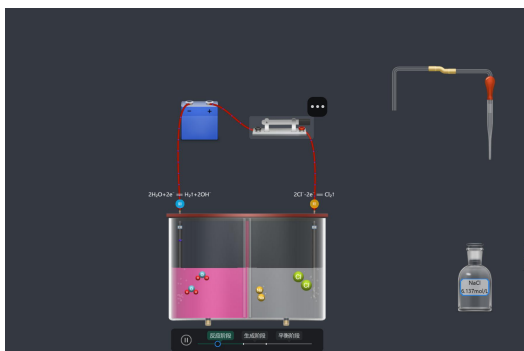
【学生】 Cl^- 在阳极放电过程中产生 Cl_2 ，会和一起迁移来的 OH^- 反应生成 NaClO 。

【教师】在实际生产过程中我们会使用离子交换膜来避免氢氧根的迁移。在其他的电解场景中我们还可能到负离子交换膜、以及质子交换膜，那么顾名思义负离子交换膜只允许负离子通过，质子交换膜只允许氢离子通过。

【教师】在加入正离子交换膜之后，由于阻碍了负离子 OH^- 的移动，那么阴极产生 OH^- 就会不断的积累， Na^+ 就会通过离子交换膜移向阴极，所以阴极随电解的进行， NaOH 的浓度越来越高，最终可以生产出来高浓度的 NaOH ；而阳极随 Cl^- 不断发生氧化反应变成 Cl_2

离开溶液，溶液里边的氯离子越来越少，同时 Na^+ 移向阴极，所以随反应的进行，阳极 NaCl 的浓度越来越低。

【教师活动】用仿真实验来模拟用隔膜法电解饱和食盐水的过程。



2、电冶金

【过渡】当我们把氯化钠溶液换成熔融氯化钠时，那么电解反应能不能发生？电极反应有什么变化？

【学生回答】能，此时阳极放电的还是 Cl^- ，而阴极放电物质由 H^+ （水）变为 Na^+ 。

【教师】这就是我们工业上制备钠单质的原理，也是我们获得较活泼金属的方法，比如说镁、铝呀，工业我们称为电冶金。就是利用电解原理将化合态的金属元素还原为单质。

【教师】为什么冶炼金属钠时电解熔融 NaCl 而不可以是 NaCl 溶液？

【学生回答】冶炼金属钠时用 NaCl 溶液时得不到单质 Na ，因为 $\text{H}^+(\text{水}) > \text{Na}^+$ 。

3、电镀

【教师】除此之外，工业电镀也是利用电解原理的，电镀就是应用电解原理在某些金属表面镀上一薄层其他金属或合金薄层的方法。主要目的是增强金属的抗腐蚀能力，同时也可以增加美观和表面硬度。镀层金属通常是铬、镍、银、黄铜等在空气中或溶液里不易起变化的金属和合金。

【教师】如果想在铁制品上镀上铜，该如何设计我们的电镀装置？

【学生讨论】讨论在铁制品上。

想一想

- 1.该电解装置有哪些构成要素呢？
- 2.如何选择离子导体和电极材料，以及依据是什么？

【学生回答】外加直流电源、电极材料、离子导体、电子导体、闭合回路。本实验阴极材料选的是铁，因为想在铁上镀铜，所以阴极是 Cu^{2+} 得电子变成铜单质，所以阴极材料选择铁，而离子导体选择能提供 Cu^{2+} 的离子导体

【学生活动】利用学伴机上的仿真实验室验证自己的镀铜装置能不能成功，并在自适应平台提交自己的装置图。



【教师】请分享为什么这么搭建，并书写其电极反应式。

【学生回答】根据分析阴极材料是铁，离子导体是选的是硫酸铜溶液，我觉得可溶性含铜离子的盐溶液应该都可以，阳极材料我选择的是铜。



阳极电极反应式： $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ ；

阴极电极反应式： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$ 。

【教师】一般把待镀的金属称为镀件，像本实验的铁制品。而要镀上的那层金属称为镀层金属。结合刚刚的铁制品上电镀铜的实验，请同学们想一想：如果我想在某个镀件上镀一层金属，那么我们该如何选择电极材料、电解质溶液呢？

【学生回答】镀件做阴极，镀层金属做阳极，电解质溶液选含镀层金属离子的水溶液。

4、电解精炼铜

【教师】参照电镀的原理，我们还可以通过电解实现精炼铜，以铜精矿为原料熔炼的粗铜，一般含铜量 98%~99%，粗铜中含有锌、镍、铁、银、金、铂等微量杂质，这些杂质会影响铜的导电性，如何利用电解原理对铜进行精炼？

【学生回答】选择粗铜为阳极，精铜为阴极，含铜离子的溶液做电解质溶液。

【教师】在电解精炼铜时，一般选择粗铜为阳极，精铜为阴极，含铜离子的溶液做电解质溶液。阳极的粗铜为活性电极，先放电，其中比铜活泼的金属：锌、镍、铁等失去电子，生成正离子进入溶液；不如铜活泼的金属：银、金、铂等不反应，沉积在阳极底部，形成“阳极泥”。

【学生活动】书写阴、阳两极的电极反应式

阳极为粗铜（含 Zn、Fe、Ni、Ag、Pt、Au 等）发生的电极反应式为：
 $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ ； $\text{Fe} - 2\text{e}^- = \text{Fe}^{2+}$ ； $\text{Ni} - 2\text{e}^- = \text{Ni}^{2+}$ ； $\text{Cu} - 2\text{e}^- = \text{Cu}^{2+}$ 。

阴极电极反应式为： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$

【教师】请同学们思考：阳极溶解的铜与阴极析出的铜质量是否相等？

【学生回答】阳极溶解铜的质量 < 阴极析出铜的质量

【教师】为什么会出现这样的现象呢？

【学生回答】由于阳极溶解的不仅仅是铜，还有比铜的活泼锌镍铁等金属，而这些金属溶解过程中的电子转移，也会使阴极的铜离子析出，因此，阳极溶解铜的质量 < 阴极析出铜的质量

【教师】在电解一段时间溶液中铜离子的浓度也会降低，因此电解一段时间，需要补充溶液的铜离子。

【归纳】电解池、电解精炼池、电镀池的比较

【小结】本节课，我们一起学习了电解原理在很多工业生产中的应用，在实际应用中，根据电解时的工作原理，通过对电解池中对电解质溶液、电极材料、电解构造，使其在化工产品生产、金属表面处理、材料加工等有诸多应用。

六、教学效果与反思

本课例借助仿真实验，突破传统实验室实验设备和数量的限制，让所有学生都能亲自设计实验，通过亲自做实验去验证实验设想是否合理，在此过程中与同学之间进行讨论与优化，帮助学生们对电解原理有了系统性认识，理解在实际复杂情况下如何通过改变条件来实现实验目的，有助于激发学生的学科兴趣以及实验设计和动手操作能力。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部.义务教育化学课程标准(2022年版)[M].北京:北京师范大学出版社,2022.

[2] 项维松.“数智赋能高中化学教学的理论建构与实践路径研究”[J].化学教育(中英文),2025(21):41-43.