

# 核心素养导向下探究式教学在高中化学教学中的应用

——以人教版必修二“乙醇”为例

毛馨爽<sup>1</sup>, 王文静<sup>2</sup>

<sup>1</sup>黄冈师范学院化学化工学院, 湖北 黄冈

<sup>2</sup>阳新县第一中学, 湖北 黄石

收稿日期: 2024年6月17日; 录用日期: 2024年7月19日; 发布日期: 2024年7月26日

## 摘要

教学的活力在于探究, 探究式教学作为新课程改革的突破口, 是改变传统教育模式, 实现“素养为本”的教学的重要手段。因此, 本文尝试以探究式教学为教学手段, 以培养学生化学学科核心素养为主旨, 简要阐述了探究式教学在高中化学教学中的重要意义, 并以人教版必修二“乙醇”为例, 从酒的“发现史”入手, 带领学生搭建乙醇的分子结构模型, 并将“乙醇与钠”的反应融于乙醇结构的探究过程中, 使学生更直观地认识到“结构决定性质、性质反映用途”这一化学学科基本观念。在实验探究中对“乙醇与钠”的实验和“乙醇的催化氧化”实验做出相应的改进, 增强了可视性、安全性、环保性、便捷性和趣味性, 不仅有助于学生理解实验现象背后的本质原因, 还培养了学生的科学探究能力和创新意识, 使学生收获了超越知识本身的学科素养与价值。

## 关键词

核心素养, 高中化学, 探究式教学

# The Application of Inquiry-Based Teaching under the Guidance of Core Literacy in High School Chemistry Teaching

—Taking “Ethanol” in Compulsory Volume II Published by People’s Education Press as an Example

Xinshuang Mao<sup>1</sup>, Wenjing Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Chemistry and Chemical Engineering, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

## Abstract

The vitality of teaching lies in inquiry. Inquiry teaching, as a breakthrough of new curriculum reform, is an important means to change the traditional education model and realize "literacy-oriented" teaching. Therefore, this paper attempts to take inquiry teaching as a teaching method and to cultivate students' core literacy in chemistry, and briefly expounds the significance of inquiry teaching in senior high school chemistry teaching. Taking "ethanol", a compulsory course in People's Education Press, as an example, starting from the "discovery history" of wine, this paper leads students to build a molecular structure model of ethanol, and integrates the reaction of "ethanol and sodium" into the inquiry process of ethanol structure, so that students can more intuitively understand that "structure determines nature". The experiment of "ethanol and sodium" and the experiment of "catalytic oxidation of ethanol" were improved, which enhanced the visibility, safety, environmental protection, convenience and interest, not only helped students understand the essential reasons behind the experimental phenomena, but also cultivated students' scientific inquiry ability and innovative consciousness, and enabled them to gain disciplinary literacy and value beyond knowledge itself.

## Keywords

Core Literacy, High School Chemistry, Inquiry Teaching

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

新课程改革强调促进学生学习方式的转变, 培养学生的问题意识, 让学生在实践中学会提出问题、探究问题, 进而解决问题。《普通高中化学课程标准(2017 年版)》明确指出: 要倡导真实问题情境的创设, 开展以化学实验为主的多种探究活动, 促进学生学习方式的转变, 培养学生的创新精神和实践能力 [1]。故而探究式教学法越来越受到化学教育界的关注。把科学探究作为一种教学方式融入课堂教学中, 这种观点最早由美国教育家杜威提出, 对此, 他还提出了五步探究教学法(如图 1) [2]。随后, 这种教学方式越来越受到教育家的关注。1964 年, 美国教育家施瓦布正式提出了探究式学习这个词 [3]。随着教育体制的改革, 世界上越来越多的国家将探究式学习纳入教育体制改革当中, 使探究式学习成为现代基础教育中培养学生独立实践能力和创造力的重要手段。笔者认为探究式教学, “探”就是指探索, “究”就是指究其根本。在教学中注重培养学生主动积极地发现问题、探究问题, 找出问题背后的本质原因, 掌握认识和解决问题的一般思路和方法。化学是一门以实验为基础的学科, 新课程改革以来, 学生的科学探究能力和创新能力受到高度重视, 化学实验也逐步从验证性实验向探究性实验迁移。因此, 本文尝试以“乙醇”的教学为例, 通过探究式教学, 将“结构决定性质”的化学学科基本观念根植于学生心中, 让学生深入理解认识有机物的一般思路和方法, 培养学生在生产生活中自觉应用化学知识解决实际问题的能力, 具有较高的育人功能价值。

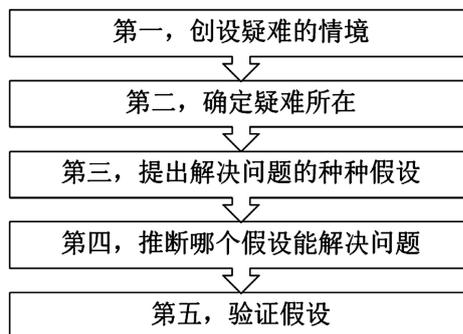


Figure 1. Five step exploration teaching method  
图 1. 五步探究教学法

## 2. 教学主题内容及教学现状分析

“学科核心素养”这一概念标志着我国教育知识观的根本转变：让各门学科课程由结果走向过程，让学生从掌握学科事实转向发展学科核心素养。探究式教学法完美契合了新课程改革关于教学方法应聚焦学生发展核心素养的培养、“从教师主导转向学生主体”、“由抽象知识转向具体情境”、“由知识中心转向素养中心”的总体要求，故而成为当前教学方法改革的趋势之一。“乙醇”选自人教版高中化学必修二第七章第三节第 1 课时，是继烃类化合物——甲烷、乙烯之后，学生接触的第一种烃的含氧衍生物[4]。它是联系“烃”与“烃的衍生物”的重要桥梁，在有机物的相互转化中处于核心地位。学好本节内容可以为学生进一步学习有机化学打下坚实的基础，同时它还是与生产、生活、社会密切联系的典型的烃的衍生物，因此，本节内容是全章乃至整个高中阶段的一大重点。

## 3. 教学设计思想

### 3.1. 围绕“结构决定性质”的思想，引领学生展开探究式学习

“结构决定性质”是高中化学重要的学科思想，物质的结构决定性质，性质决定用途，性质、用途反映了物质的结构。因此对物质表现出的宏观性质，往往需要对其微观结构进行分析。有机物的碳骨架和官能团共同决定着有机物的性质，要学习有机物的性质，就必须先对有机物的微观结构进行剖析。传统教学模式注重对具体事实性知识的识记上，学生获得的只是知识的简单积累，而不能使学生已有的有关有机物结构与性质的知识得到重组和改造，而学生对“结构决定性质”的理解需要经历一个由浅入深、循序渐进的过程，因此，本文以必修阶段“乙醇”为例，在教学中将乙醇的结构、乙醇与钠反应结合起来讲解，围绕“结构决定性质”的思想，展开探究式教学。

### 3.2. 由知识传授转向核心素养培养

注重模型功能——实物模型和思维模型，让学生在模型搭建过程中感受乙醇的空间结构和结构与性质的关系，在讲解过程中注重证据推理和科学探究思维模型的建构，时刻紧密联系结构决定性质的化学观念。注重科学探究与创新意识，实验部分乙醇与钠的反应和乙醇的催化氧化反应，做出相应的改进，增强了可视性、安全性、环保性、便捷性和趣味性。

## 4. 教学创新点

### 4.1. 教学过程围绕结构与性质的关系展开

在教学中将乙醇与钠的反应融于了乙醇结构的探究过程中，在这个探究过程中学生基于两种可能结

构与煤油和水异同, 通过获取与钠反应产生氢气的证据, 再通过乙醇与钠的微观反应机理, 不仅明确了羟基官能团对乙醇化学性质的影响, 还从定量的角度确定了乙醇和钠反应的物质的量之比, 弥补了传统课堂乙醇和钠反应实验中难以定性定量相结合的缺陷。

#### 4.2. 对教材传统实验进行改进

乙醇与钠的反应、乙醇的催化氧化都是本节教学的重点内容, 实验对于学生理解这两个反应具有至关重要的作用。针对教材传统实验存在不足, 进行了实验方案的改进和优化。具体体现在: 将钠与乙醇反应的小试管改为注射器针管(如图 2), 在保证实验安全、操作简单且现象明显[5]。

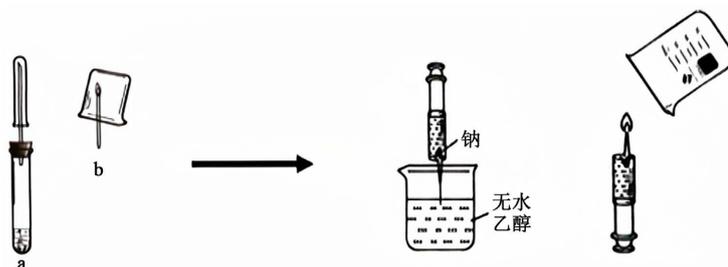


Figure 2. Improvement of ethanol sodium reaction experiment  
图 2. 乙醇与钠反应实验改进

在乙醇的催化氧化实验当中参考浦东化学在线: 周春蕾的双新实验(如图 3), 利用双连球打气, 可以反复的观察铜片由红变黑再变红的现象; 用希夫试剂检验醛基更加安全、环保和迅速, 现象也更加明显; 用电加热器加热, 易于控制热量[6]。

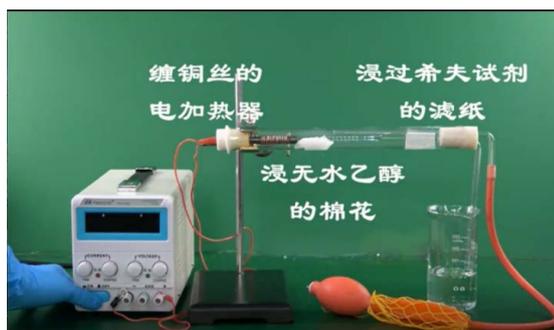


Figure 3. Improvement of catalytic oxidation experiment for ethanol  
图 3. 乙醇的催化氧化实验改进

## 5. 教学目标与评价目标

### 5.1. 教学目标

- ① 通过对乙醇模型的搭建和实验验证, 掌握乙醇的分子结构, 发展模型认知与证据推理素养。
- ② 学生通过对钠与乙醇反应的改进实验和乙醇催化氧化的改进实验, 掌握乙醇的化学性质, 发展科学探究与创新意识素养。
- ③ 通过对乙醇的用途和日常饮酒危害的感知, 养成遵守社会法规的情感, 发展科学精神和社会责任素养。

## 5.2. 评价目标

- ① 通过实验设计与模型搭建, 诊断并发展学生对乙醇结构的掌握。
- ② 通过乙醇与钠的反应、乙醇的催化氧化反应等, 检测学生对乙醇性质的掌握。
- ③ 通过宏观 - 微观 - 符号三重表征乙醇的催化氧化反应, 诊断并发展学生宏观辨识与微观探析的素养水平。

## 6. 教学流程

### 围绕“结构决定性质”的思想, 引领学生展开探究式学习

本探究式教学主要分为 5 个环节展开, 在真实情境中, 通过问题引导学生进行探究式学习(如图 4)。

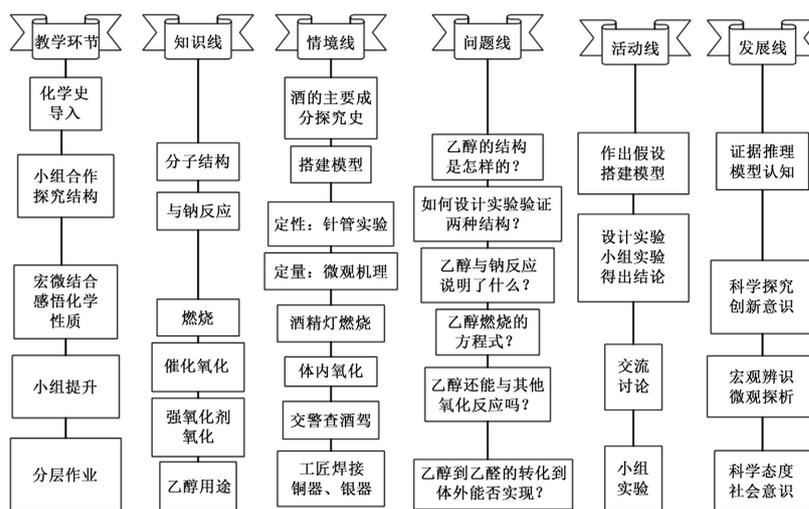


Figure 4. Teaching process

图 4. 教学流程

## 7. 教学过程

【任务 1】小组合作探究乙醇的结构。

【情境引入】我国是世界上最早掌握酿酒技术的国家之一, 早在夏禹时代, 酒就已经出现了, 但是对于酒的主要成分——乙醇的发现, 却经历了漫长的发展历程, 直到 1784 年, 法国化学家拉瓦锡首先测定了乙醇的组成元素为 C、H、O, 到了 1807 年, 瑞士化学家索绪尔才确定了乙醇的分子式为  $C_2H_6O$ 。

【提问】乙醇的结构是什么样的? 呈现乙烷的结构模型(给出模型工具)(如图 5)。

【追问】多出来的氧原子应该在哪个位置?



Figure 5. Model tool and structural model of ethane

图 5. 模型工具和乙烷的结构模型

【布置任务】小组合作, 根据乙烷的结构搭建乙醇的结构模型。

【评价】对学生建立的模型给予积极、及时的评价。学生搭建的模型可能有以下两种(如图 6)。

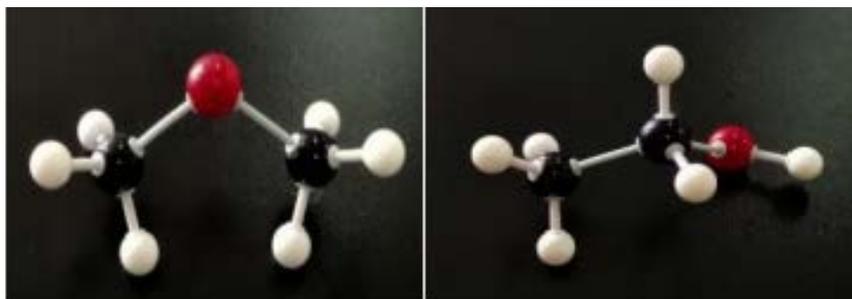


Figure 6. Two possible models that students may construct  
图 6. 学生可能搭建的两种模型

【提出问题】这两种结构哪一种才是正确的?

【学生】回答 1 或 2。

【进一步提问】如何设计实验验证?

【教师提示】金属钠保存在煤油中, 煤油是烷烃的混合物; 而钠能与水反应产生氢气[4]。

【鼓励学生设计实验方案】鼓励学生根据提示, 小组讨论, 设计实验方案。

【学生汇报】可以用乙醇和金属钠反应, 如果能反应且产生氢气, 则证明是结构 2。

【实验探究】改进传统实验, 提供注射器针管代替试管进行实验, 使得气体的检验更加便捷[5]。

【设计意图】对课本传统实验进行改进, 改进后的针管实验能够保证实验的安全性, 并且操作简单、现象明显。通过实验的改进潜移默化地培养学生的创新意识。

【学生实验】(如图 7)。

#### 放入钠粒

- 1. 取下针管活塞, 确保针管内部充分干燥, 将一小粒绿豆大小的钠放入针管内, 装上活塞, 缓慢推动活塞尽可能排出针管内的空气。

#### 吸入乙醇

- 2. 用装有钠粒的注射器针管从烧杯中吸入 10ml 无水乙醇。

#### 检验产物

- 3. 反应完成后将剩余乙醇排入烧杯中, 针管中留下纯净的气体; 针头朝上, 缓慢推动活塞并点燃气体的, 把一只干燥的小烧杯罩在火焰上, 观察是否有水珠生成, 并向其中加入少量澄清石灰水。

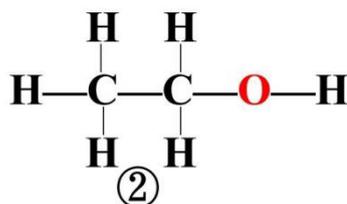
Figure 7. Experimental operation steps  
图 7. 实验操作步骤

【引导学生分析实验现象】(如表 1)。

**Table 1.** Analysis of experimental phenomena**表 1.** 实验现象分析

现象	现象	结论
钠在乙醇中的位置	沉在底部	$\rho_{\text{钠}} > \rho_{\text{乙醇}}$
是否有气泡产生	有	有气体生成
反应时的形状	仍为块状	反应较慢
是否有声音	没有	
气体是否能被点燃	能	
烧杯壁是否有水雾	有	产生的气体是氢气
澄清石灰水是否变浑浊	是	

【得出结论】乙醇结构中存在与水类似的-O-H键，结构 2 是正确的(如图 8)。

**Figure 8.** Structure of ethanol**图 8.** 乙醇的结构

【提问】乙醇与钠反应产生氢气，氢气是结构中的哪个或哪些氢反应而来的呢？

【展示】乙醇与钠反应的微观动画(如图 9)。

**Figure 9.** Microscopic animation of the reaction between ethanol and sodium**图 9.** 乙醇与钠反应的微观动画

【提问】同学们有什么发现呢？

【学生】和钠反应的是氧氢键上的氢。

【评价并展示答案】只有氧氢键上的“H”能与钠反应产生氢气。

【引导】从定量的角度来看呢？

【学生】两分子的乙醇可以制得 1 分子的氢气。

【评价并展示答案】乙醇和氢气的物质的量之比为 2:1

【设计意图】引导学生从多角度收集证据，并学会定性和定量相结合的重要研究方法。

【讲解】由结构可知氧氢相连的结构决定了乙醇的性质。像这样决定有机物性质的原子或原子团叫做有机物的官能团。

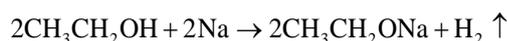
【PPT 呈现结构式】凸显羟基官能团，解读羟字(如图 10)。



Figure 10. Interpretation of hydroxyl characters  
图 10. 羟字解读

【设计意图】在教学中有机地渗透化学文化，引导学生“跳出化学看化学”，学会从文化视角去感受化学的高雅，感知化学之美。

【任务】写出乙醇与钠反应的化学方程式



【知识梳理】总结结构与性质的关系(如图 11)。

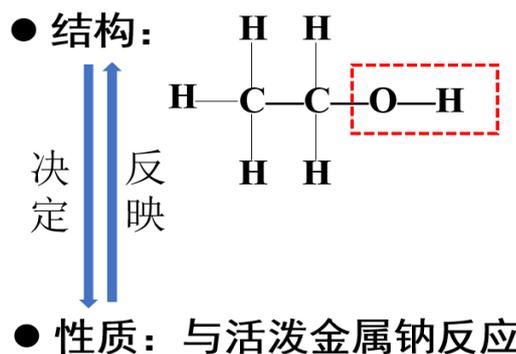


Figure 11. Relationship between structure and properties  
图 11. 结构与性质的关系

【设计意图】通过小组合作搭建模型，这样的设计避免了机械灌输和单纯的知识讲授，不仅让学生体验了科学探究的思路外，并且结合乙醇与钠的反应使学生深刻理解“结构决定性质”的学科观念，发展证据推理与模型认知核心素养。

【教师】从乙醇和水的结构的角度思考为什么钠与水反应比乙醇和钠反应更剧烈？

【学生】说明羟基上的 H 原子比水分子中 H 原子的活泼性小。

【任务 2】联系生活实际，探究乙醇的化学性质

【创设情境】酒精灯、乙醇汽油

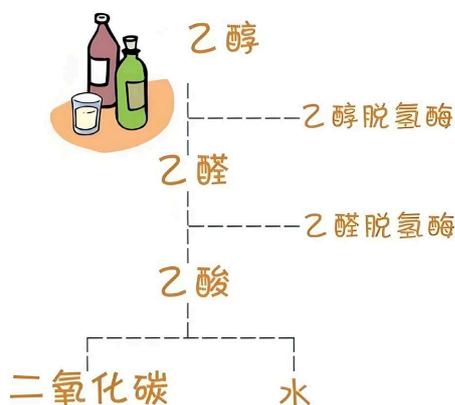
【任务】书写乙醇燃烧的化学方程式。



【讲解】这个反应中乙醇作还原剂，发生了氧化反应，乙醇所有的键都断开了

【过渡】乙醇还可以发生哪些程度较为缓和的氧化反应？

【PPT 呈现图片】乙醇在人体内的转化(如图 12)。

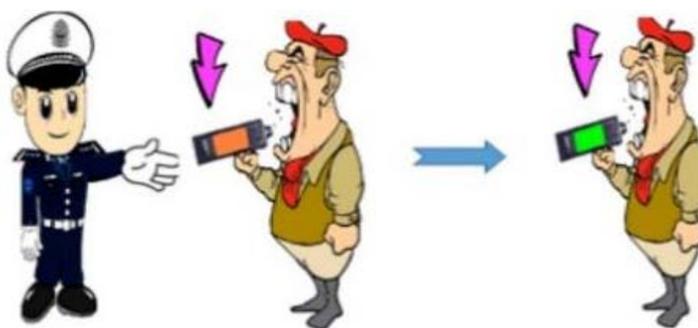


**Figure 12.** Conversion of ethanol in the human body  
**图 12.** 乙醇在人体内的转化

**【温馨提示】** 过量饮酒, 会加重肝负担, 血液中较高浓度的乙醇和乙醛, 也会对人体产生毒害作用。

**【讲述】** 饮酒后的人易产生视觉障碍, 反应迟钝, 操作判断能力降低, 易疲劳等, 所以酒后严禁驾车。

**【创设情境】** 查酒驾(如图 13)。



**Figure 13.** Check for drunk driving  
**图 13.** 查酒驾

**【讲解】** 交警检查司机是否饮酒也正是利用了乙醇的还原性。

**【总结】** 乙醇也能被一些强氧化剂氧化。

**【设计意图】** 可以让学生认识到饮酒的利弊, 进行情感教育, 培养学生的科学态度和社会责任感。

**【过渡】** 乙醇到乙醛的转化能否在体外进行?

**【创设情境】** 工匠焊接铜器和银器时, 表面一层发黑的氧化膜可以用乙醇擦拭除去。

**【学生】** 乙醇把氧化了的金属还原回去了。

**【提出问题】** 思考其中涉及的化学原理并实验进行探究。

**【学生 1】** 向试管中加入少量乙醇, 将氧化后的铜丝插入乙醇溶液中, 看铜丝是否会由黑色变成红色。

**【介绍】** 希夫试剂它能跟醛作用显紫色, 与酮作用不显色。这一显色反应非常灵敏, 可用于鉴别醛类化合物。

**【实验步骤】** (如表 2)。

**Table 2.** Innovative experiment on catalytic oxidation of ethanol

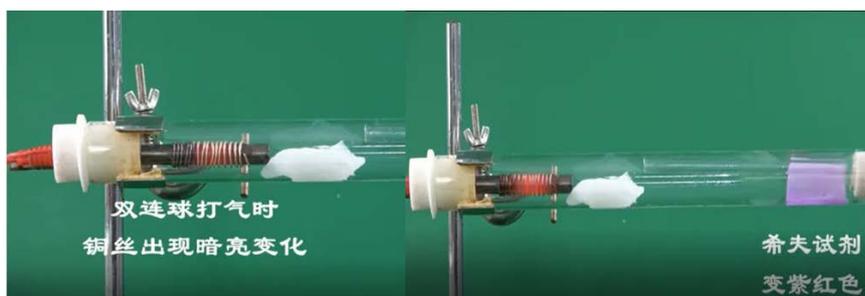
**表 2.** 乙醇的催化氧化创新实验

实验步骤	实验现象	实验结论
1. 如图14所示, 组装仪器 2. 在一大玻璃管内放入浸有无水乙醇的的棉球和浸有希夫试剂的滤纸, 放置位置如图玻璃管的一端塞入一根绕有粗铜丝的低压加热器, 另一端用玻璃管接入双连球, 并将尾气通入一盛水烧杯。 3. 接通电源, 待铜丝发热后, 用双连球轻轻向装置中鼓入空气。 4. 切断电源, 停止实验。	双连球打气时, 铜丝出现暗亮交替, 玻璃管壁出现水汽, 浸有希夫试剂的滤纸变成紫红色(如图15)	铜被氧化为氧化铜 乙醇还原氧化铜且有醛类物质生成
参考来源[6]	<a href="https://mp.weixin.qq.com/s/NYJsH5TtUO0nWo_M--kqw">https://mp.weixin.qq.com/s/NYJsH5TtUO0nWo_M--kqw</a>	



**Figure 14.** Instrument assembly

**图 14.** 仪器组装



**Figure 15.** Experimental phenomena

**图 15.** 实验现象

【设计意图】乙醇的催化氧化属于学生必做实验, 对实验装置进行改进增强了可视性、安全性、环保性、便捷性和趣味性。避免了传统实验需要重复多次且实验现象并不明显的弊端。

【提示】注意观察铜丝颜色的变化、滤纸颜色的变化、玻璃管内壁是否有水汽。

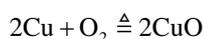
【提问】观察到什么实验现象?

【学生】双连球打气时, 铜丝出现暗亮交替, 玻璃管壁出现水汽, 浸有希夫试剂的滤纸变成紫红色

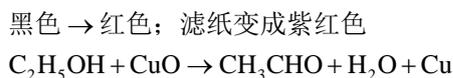
【实验现象及解释】引导学生解释实验现象

【学生】铜被氧化为氧化铜。

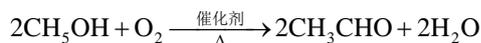
红色 → 黑色



【学生】乙醇还原氧化铜且有醛类物质生成。



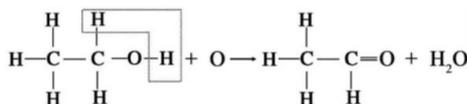
【布置任务】书写总化学反应方程式



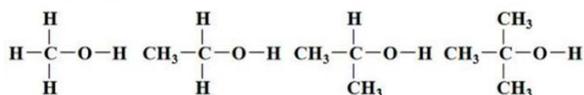
【提问】铜片的作用是什么？乙醇发生了什么反应？

【学生】催化剂

【讲解】断键机理：在以上的这个反应中，乙醇断裂了两个化学键：羟基上的 O-H 键断裂，与羟基直接相连的碳上的 C-H 键断裂。掉下来的两个 H 原子和氧气中的氧原子结合生成 H<sub>2</sub>O，乙醇分子上剩余的 O 的孤对电子、C 的孤对电子对接在一起，形成一个共价键。这个共价键就是碳氧双键中(C=O)的第二个键[6]。



【学以致用】写出下列物质催化氧化的化学方程式



【评价及讲解】根据学生的反馈对应讲解醇的催化氧化反应原理和规律

依据乙醇催化氧化的断键原理，醇能被催化氧化的结构特点——与羟基相连接的碳原子即 α 碳原子上有氢原子[6]。

① 和-OH 相连的 α 碳有 2 个 H 原子，能催化氧化形成醛基(-CHO)，进一步催化氧化能形成羧基(-COOH)

② 和-OH 相连的 α 碳有 1 个 H 原子，能催化氧化形成酮羰基( $\text{R}^1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}^2$ )。

③ 和-OH 相连的碳没有 H 原子，则不能发生催化氧化反应。

【设计意图】从反应现象到分析结构及断键位置最后写出化学方程式，宏观、微观、符号三重表征使学生建构起对乙醇催化氧化反应的认识。

【小结】

让学生围绕乙醇的结构，从乙醇与钠反应、燃烧、催化氧化等化学性质的断键位置入手，对本节内容进行梳理总结，具体如下所示(如图 16)

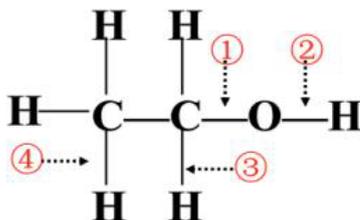


Figure 16. Key breakage position

图 16. 断键位置

【课后作业】小组分工合作课后查阅资料, 完成分组作业。

【基础性作业】

1. 利用生活中的常见物品(如: 西红柿、牙签)搭建乙烷、乙烯、乙醇的分子模型, 进一步感受结构与性质的关系。

【发展性作业】

2. 了解乙醇在工业、医药中的应用。

3. 了解我国的酿酒工艺, 比较不同类型酒的不同酿制方法, 并关注酿酒科技前沿。

4. 调查市场上的假酒成分, 了解假酒对人体的危害、检验假酒成分的方法及假酒中毒后的抢救方法。

【设计意图】利用生活物品搭建模型, 使作业具有生活性和趣味性, 同时对常规教学进行延伸, 引导学生进行深度学习, 进一步了解我国的酿酒工艺和调查市场假酒的成分, 有助于学生增强文化自信和社会责任感。

【板书设计】(如图 17)

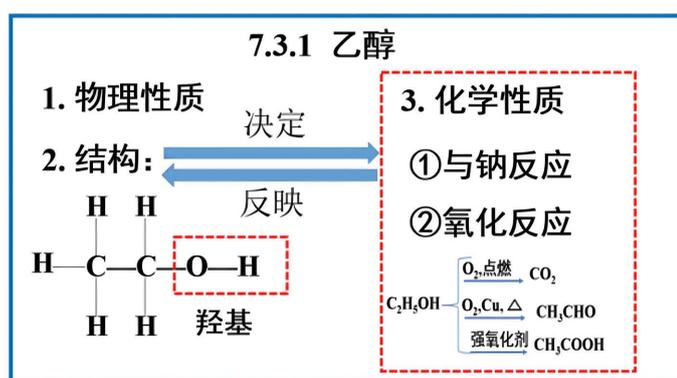


Figure 17. Board writing design

图 17. 板书设计

## 8. 教学效果与反思

### 8.1. 教学效果

本教学以发展学生化学学科核心素养为核心, 以酒的发现史为情境导入, 进而提出探究性任务——探究乙醇的分子结构。学生对乙醇的结构模型进行搭建, 并设计实验方案进行验证, 不仅从微观和宏观相结合的视角了解了乙醇的化学性质, 还亲身经历了科学探究的过程, 体会到了学习有机物的基本方法, 进一步明确了有机物的化学性质与结构和官能团之间的关系[7]。在乙醇与钠的化学反应方程式的书写中也没有因循守旧, 而是通过乙醇与钠反应的微观动画, 让学生体会到定性分析与定量分析相结合的思想。在乙醇的催化氧化教学中也一改教材中的传统实验, 而是对实验进行改进, 使实验现象更加明显, 实验过程更加安全、环保和迅速。在这部分内容的教学中, 学生可以反复观察到铜片由红变黑再变红的现象, 不仅有助于学生理解实验现象背后的本质原因, 还培养了学生的科学探究精神与创新意识。总体来说, 学生在整个课堂中都在真实情境中发现问题、提出问题、探究问题进而解决问题, 收获了超越知识本身的学科思维与价值。

### 8.2. 教学反思

本课时教学的一大重难点是对乙醇的催化氧化教学难度和深度的把控, 本课时安排在必修二阶段学

习, 既衔接了初中阶段对乙醇的初步认识, 又为后续学习烃的衍生物和选择性必修二中对有机物结构的探究做好铺垫, 因此, 本节课从“学科观念”的层面, 引导学生从结构的视角分析有机物的性质, 感悟结构与性质的关系, 构建有机物性质预测的思维模型, 感受“结构决定性质、性质反映结构”的化学学科基本内涵, 对于, 化学反应中有机物的断键机理上涉及较少, 在难度的把控上进行了精心安排。本节课设计的问题不仅有探究价值, 而且还贴合学生实际, 在探究过程中进行恰当的引导和启发, 使学生在知识学习的同时, 能够掌握学习有机物的思维方法和感受科学探究的本质精神。

综上, 在探究式教学过程中有几点值得注意的问题, 首先, 一定要做好充分的课前准备, 包括实验药品和仪器的准备和分发以及学生小组成员的划分; 其次, 设计的探究点一定要有价值, 难度应适中, 要符合学生的实际情况; 第三, 要鼓励学生小组合作, 相互交流, 拓宽思路; 最后, 在探究过程中要重视科学态度的培养。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版, 2020年修订) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 2-5.
- [2] 约翰·杜威. 民主主义与教育[M]. 武汉: 长江文艺出版社, 2018: 137.
- [3] 陈琦, 刘儒德. 当代教育心理学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2019: 46.
- [4] 王晶, 郑长龙. 普通高中教科书: 人教版化学必修2 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2019: 77-79.
- [5] 张晓敏. 促进深度学习的高中化学元素化合物教学策略及其应用研究[D]: [硕士学位论文]. 烟台: 鲁东大学, 2019.
- [6] 周春蕾. 乙醇的催化氧化[EB/OL]. 双新实验. [https://mp.weixin.qq.com/s/NYJsH5TtUO0nWo\\_M--kqw](https://mp.weixin.qq.com/s/NYJsH5TtUO0nWo_M--kqw), 2023-06-06.
- [7] 蒋倩, 王凯. 基于大概念理念的高中化学教学设计研究——以“乙醇的结构”为例[J]. 中学教学参考, 2022(20): 57-59.