

基于化学学科理解导向的高三专题复习

——以“电解质溶液”为例

上海市徐汇中学 顾春丽

摘要：高三专题复习课的设计需综合考虑学生的知识理解、思维发展和能力培养。本文以菠菜汁和牛奶同食是否会造成营养流失为情境线索，基于化学学科理解的认知模型，设计“电解质溶液”的专题复习课。从草酸和草酸盐溶液中的离子反应和化学平衡入手，回顾“电解质溶液”的本源性知识。围绕菠菜汁中草酸含量的定量测定，逐步由单一溶液过渡到混合溶液体系，帮助学生构建分析“电解质溶液”的认识视角和认识思路。通过方案设计、演示实验、定量计算等梯度化活动，使学生在问题解决的学习过程中形成系统化、结构化的知识体系，发展学生的化学学科核心素养。

关键词：学科理解 电解质溶液 定量思维

1 问题的提出

《普通高中化学课程标准（2017年版2020年修订）》（以下简称化学新课标）在课程实施建议中首次提出了“化学学科理解”的概念。化学学科理解是指对化学学科知识及其思维方式、方法的一种本源性、结构化的认识。^[1]高三化学复习课的核心旨在巩固学生的必备知识，促进知识之间的关联，形成系统化、结构化的认识思路。与新授课相比，复习课的开放程度较大，教学没有确定的载体，需要教师基于学科理解，构建课堂教学，并综合考虑学生的知识理解、思维发展和能力培养。但当前复习课的教学多着眼于习题讲解与拓展训练，存在复习内容“新授化”、专题构建“零散化”、思维发展“扁平化”等问题，不利于帮助学生形成系统化的认识思路，以及培养学生利用学科知识解决真实问题的能力，降低了学习的有效性。

2 电解质溶液试题的特点

结合化学新课标，分析近三年的上海高考化学试卷，对其中“电解质溶液”考查的题型和知识点进行了初步统计，如下表1所示。与电解质溶液相关的试题，具有问题情境紧贴生活、生产，题型变化多样，考查知识面广等特点。通常包括离子反应的书写，三大平衡的影响因素、规律及应用，涉及定性判断和定量计算，试题的难度较大，题型分步较广，需要重点突破。从2022年到2024年的试题变化可知，试题情境中既包含对学生基础知识扎实掌握的考查，更强调在新情境下迁移应用的综合能力，充分体现了“素养为本”的命题导向。高三化学专题复习课，需要以学科理解为导向，帮助学生打破章节壁垒，重构知识系统。同时，在解决问题的过程中，实现从知识复现到素养落地的跨越。

表1 近三年上海高考卷“电解质溶液”相关题型和知识点

试卷	试题内容	考查知识点	题型
2024年	粗盐精制	离子反应	填空题、选择题
	珊瑚礁的形成与保护	pH调控、电离平衡、沉淀溶解平衡	表述题、计算题

2023 年	酸碱中和滴定	离子反应、电离平衡、质子守恒、水的离子积常数	选择题
	聚合氯化铝	离子反应、pH 调控	填空题、表述题
	氧化还原滴定	水解平衡、沉淀溶解平衡、离子浓度大小比较	填空题、计算题
2022 年	酸碱中和滴定	物料守恒、质子守恒、电离平衡、水解平衡	选择题
	去除水体中的氨氮	离子反应、电荷守恒、物料守恒	填空题、计算题
	氧化还原滴定	离子反应、物料守恒	表述题、计算题

3 电解质溶液的学科理解模型

电解质溶液主题是化学学科的核心内容，在必修和选必模块均有涉及，具有抽象程度较高，逻辑水平要求较高等特点，^[2]需要教师具有较高层次的化学学科理解能力。基于此，在高三复习教学中，积极探索知识的整合路径，针对学生学习过程中可能遇到的困惑，设计富有吸引力的真实情境，将学科内容融入到层次鲜明、系统连贯的驱动式问题中，强化核心知识间的关联，在解决实际问题的过程中帮助学生构建分析电解质溶液中反应和平衡的认识思路。

围绕“电解质溶液”展开教学内容的分析，从学科理解视角，将该主题学科大概念概括为“电解质在水溶液中的行为”，涵盖了微粒观、变化观和平衡观等化学观念，体现了定性和定量的思维方法，具体如图 1 所示。

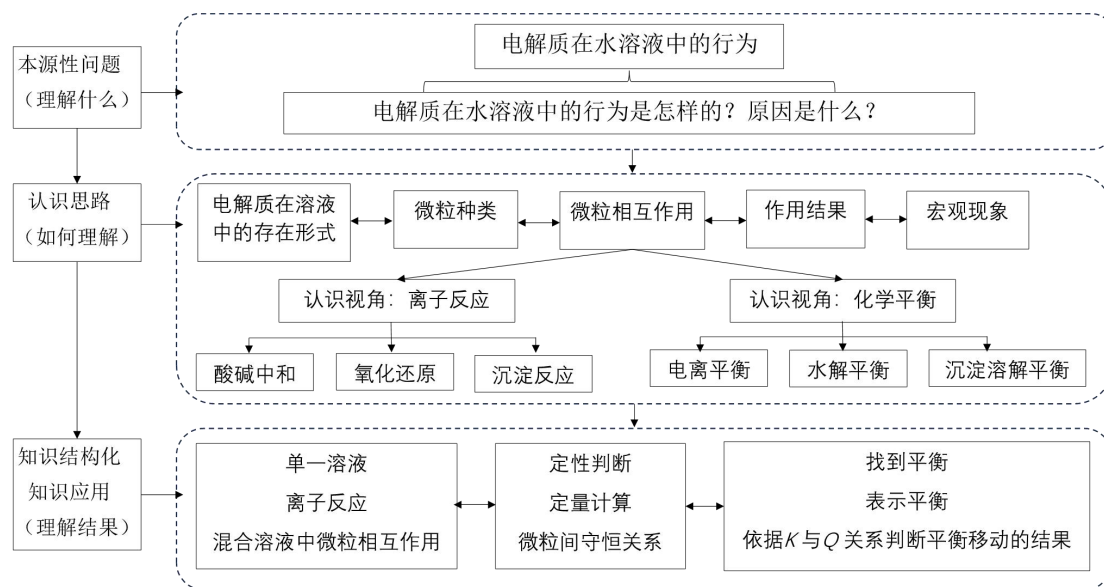


图 1 “电解质溶液”学科理解模型

4 基于学科理解导向的教学设计

笔者以菠菜汁和牛奶同食是否会造成营养流失为情境线索，围绕草酸和草酸盐在水溶液中的行为，逐步由定性到定量、由孤立到系统、由单一到多角度，在解决实际问题的过程中帮助学生构建分析电解质溶液中反应和平衡的认识思路。通过定量实验、定量计算等活动加深学生对电解质溶液的理解，发展学生化

学学科核心素养。

4.1 教学目标

- (1) 能用化学用语正确表示水溶液中的离子反应与平衡。
- (2) 能从电离、离子反应、化学平衡的角度分析电解质溶液，形成分析电解质溶液问题的一般思路。
- (3) 从定量的角度分析电解质溶液中的微粒关系。
- (4) 能运用离子反应、平衡原理，分析和解决生产、生活中有关电解质溶液的实际问题。

4.2 教学流程

“电解质溶液”的内容与人类生活密切相关，本节课的学习活动聚焦于电解质在水溶液中的行为，以生活中常见的草酸和草酸盐作为载体，以牛奶与菠菜汁混合是否会产生草酸钙沉淀作为驱动性问题，引导学生从微粒观和平衡观两个角度认识电解质在水溶液中的行为，促进学生知识的结构化、认知的结构化。具体教学流程如表 2 所示。

表 2 “电解质溶液”复习课教学流程

环节	活动线	知识线	素养线
环节 1: 认识草酸	【设计】 设计实验方案，证明草酸是弱酸。 【实验】 用 pH 计测定草酸溶液 pH。	电离平衡 水解平衡 沉淀溶解平衡	微观探析 平衡思想
环节 2: 草酸含量的 测定	测定 1: 酸碱中和滴定 【讨论】 滴定过程中溶液的酸碱性问题。 【计算】 电离和水解的程度大小。 【分析】 通过模型分析中和滴定过程中的溶液问题。 测定 2: 氧化还原滴定 【计算】 菠菜汁中草酸的浓度。	电离与水解平衡 离子反应 中和滴定 氧化还原滴定	变化观念 证据推理 模型认知
环节 3: 认识草酸盐	【解释】 菠菜汁和牛奶不可同食的原因。 【应用】 草酸和草酸盐在生产生活中的应用。	定量的角度解释有关 电解质溶液的问题	科学态度 社会责任

4.3 主要教学过程

整个教学过程围绕“电解质溶液”的学科理解模型，共设置了三个教学环节。通过富有吸引力的真实问题情境，强化核心知识间的关联，逐步由单一溶液过渡到复杂溶液，将认识视角提升到“微粒——平衡——反应”综合分析的阶段。主要教学过程如下：

环节 1：认识草酸

[引入]日常生活中，我们要关注膳食的合理搭配，某位高三同学的早餐营养均衡，有牛肉夹蛋汉堡、菠菜汁和牛奶。但从化学角度，也有人提出了质疑，认为菠菜中丰富的草酸会与牛奶中的钙离子结合形成草酸钙沉淀而导致营养流失。

[资料]乙二酸俗称草酸，官能团为羧基，从官能团角度看，草酸是二元酸，可能为弱酸。

[方案设计]讨论并设计实验方案证明草酸是弱酸。

[演示实验]用 pH 计测定一定浓度草酸溶液的 pH，证明草酸是弱酸。

[问题]草酸与含钙离子的物质混合是否一定会产生草酸钙沉淀呢？

设计意图：选择草酸和草酸盐作为本节课的研究对象，一是因为草酸和草酸盐在日常生活中较为常见，贴近学生的生活，能够充分调动学生的积极性；二是因为草酸是一种酸性较强的二元弱酸，又可生成难溶性的草酸盐，在认识和学习的过程中，可以将“电解质溶液”中本源性、结构化的知识进行系统的复习。通过实验方案的设计和实验原理的应用，引出电离平衡、水解平衡以及沉淀溶解平衡，引导学生从微粒观、平衡观、变化观，以及定性和定量综合分析等视角构建“电解质溶液”的认知模型，并为下一环节的应用作铺垫。

环节 2：草酸含量的测定

[过渡]通过定量测定的方法来确定溶液中草酸根离子的浓度。

酸碱中和滴定：实验室取 20.00 mL 未知浓度的草酸溶液，用 0.1000 mol/L 氢氧化钠标准溶液进行酸碱中和滴定，当加入氢氧化钠 40.00mL 时恰好完全反应，滴定曲线如图 2 所示。

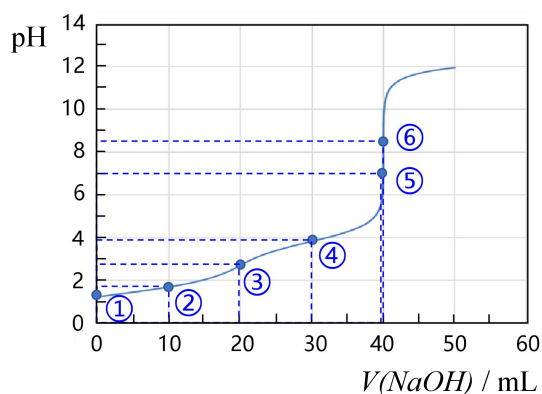


图 2 NaOH 溶液滴定 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液的曲线

[定性讨论]滴定曲线上③的溶液为什么呈酸性？

[定量计算]已知常温下，草酸的电离平衡常数，请通过计算证实滴定曲线上③的溶液呈酸性。

[师生归纳]分析酸碱中和滴定过程中电解质溶液问题的一般思路：根据滴定曲线上的位置，确定酸碱比例关系，写出反应的方程式（反应原理），判断溶液中的溶质组成及含量，根据“电解质溶液”的知识体系判断考查的知识点，从定性和定量角度综合分析并得出结论。分析思路的模型如图 3 所示。

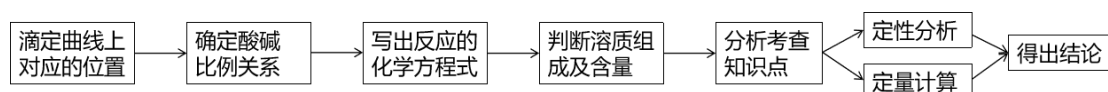


图 3 分析（酸碱滴定过程中）电解质溶液问题的一般思路

[分析应用]根据上述滴定曲线图像，运用分析电解质溶液问题的一般思路，判断图像上各点对应的离子

浓度关系正确的是 () (不定项选择)

- A. ③点, $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] + [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$ B. ④点, $[\text{Na}^+] = 2[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] + 2[\text{HC}_2\text{O}_4^-] + 2[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$
C. ⑤点, $[\text{Na}^+] < 2[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$ D. ⑥点, $[\text{Na}^+] > [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] > [\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$

[过渡]草酸是一种常见的强还原剂,可用酸性高锰酸钾溶液进行氧化还原滴定测定菠菜汁中草酸的含量。

氧化还原滴定:取 300g 新鲜菠菜进行预处理,得到无色溶液(含草酸和草酸根离子),再用 0.5 mol/L 适量的稀硫酸进行浸取,配成 100mL 溶液(主要为草酸)。每次取 25.00 mL,用 0.1000 mol/L 的酸性高锰酸钾溶液滴定。

[定量计算]实验室进行三次平行实验,数据如下表所示,请计算该溶液中草酸的浓度。

实验编号	$V(\text{菠菜汁})/\text{mL}$	$V(\text{KMnO}_4)/\text{mL}$
①	25.00	20.05
②	25.00	24.50
③	25.00	19.95

设计意图:草酸含量的测定环节,先通过对酸碱中和滴定曲线图像的分析,逐步由定性到定量、由孤立到系统、由单一到多角度,将认识视角提升到“微粒——平衡——反应”综合分析的阶段,强化学生定量研究的意识,促进学生的深度学习。滴定曲线上的变化趋势是化学反应过程中的具体数据呈现,将曲线和反应过程有机结合,依据化学反应的计量关系,才能准确分析曲线中各个点所对应溶质成分和微粒间的守恒关系,从而形成电解质溶液中反应和平衡的认识思路。后通过氧化还原滴定,测定菠菜中草酸的含量,锻炼学生综合运用所学知识解决实际问题的能力,从氧化还原反应等角度思考测定原理,学会真实样品中草酸含量的测定方法,并为下一环节作铺垫。

环节 3: 认识草酸盐

[定量计算]将 100 mL 0.0300 mol/L 的氯化钙溶液(模拟牛奶中的钙离子)与 100 mL 0.2000mol/L 的草酸溶液(模拟菠菜汁中的草酸)混合,调节混合液的 pH 为 1(模拟胃液),若此时溶液中 $[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = 0.1000 \text{ mol/L}$,判断是否会产生草酸钙沉淀。(忽略溶液混合引起的体积变化)

已知常温下, $K_{\text{sp}}(\text{CaC}_2\text{O}_4) = 2.3 \times 10^{-9}$, 草酸的电离平衡常数分别为: $K_{\text{a}1} = 5.6 \times 10^{-2}$ 、 $K_{\text{a}2} = 5.4 \times 10^{-5}$ 。

[解释]从定量角度可知,由于溶液中草酸钙的 $Q > K_{\text{sp}}$, 菠菜汁和牛奶直接混合会产生草酸钙沉淀而造成营养流失。但日常生活中,菠菜中有着丰富的维生素和矿物质,存在巨大的营养价值,且草酸易溶于水,可通过水煮、油炒等方式去除其中大部分草酸,降低草酸的摄入量,就可避免钙质的流失。

[应用]草酸和草酸盐在日常生活中的各个领域都有着非常大用途。

设计意图:通过解决菠菜和牛奶同食是否会产生草酸钙沉淀这一驱动性问题,承接前两个环节,强化核心知识间的关联。电解质在水溶液中的行为,受外界条件的影响,运用离子反应、平衡原理,分析和解

决生产、生活中有关电解质溶液的实际问题，帮助学生构建分析电解质溶液的认识视角和认识思路，发展学生化学学科核心素养。

5 教学反思与展望

“电解质溶液”主题作为化学学科的核心内容，既是教学的重点，也是考查的难点。在高三复习阶段，应着眼于帮助学生加强学科理解、构建知识体系，使学生学会从知识的本源入手思考问题，在真实情境中解决问题。

5.1 基于学科理解的教材内容分析

基于学科理解进行教材内容的分析能够深化教师对化学新课标、化学新教材中相关知识、思维方式及方法的理解，并在此基础上构建相应的认知模型。“电解质溶液”学科理解模型的建立，有助于教师在高三复习教学中，把控广度和深度，灵活调整电解质溶液问题的思维容量，构建化学思维课堂。在整节课的学习过程中，设置层层递进的真实问题情境，引导学生从多个角度认识和分析电解质溶液，发展学生的学科能力，开展“素养为本”的教学。

5.2 基于教材内容分析的问题链设计

基于教材内容分析，将“电解质溶液”主题知识转换为层次鲜明、系统连贯的教学问题。设计突出化学学科知识结构化、系统化、综合化特点的问题链。根据学生的学习情况，调整问题链的难度和深度，确保能够贴近学生的最近发展区。问题链围绕知识主题的核心概念、原理和实验应用展开，逐步引导学生深入思考和理解，在回顾和巩固已学内容的同时，帮助学生将零散的、遗忘的知识点联系起来，形成完整的知识体系。问题链的设计以思考为核心，以问题作引领，有利于提高复习效率，促进学生对化学学科知识的深度理解，同时锻炼学生分析问题、解决问题的能力，构建解题的思维模型。

5.3 基于问题解决的定量思维培养

化学新课标中强调定量研究、定量分析、定量实验、定量计算在化学学习中的重要性^[3]。通过掌握这些定量方法，学生能够更深入地分析化学变化，准确理解关键知识点，并提高在实验探究中分析和解决问题的能力。定量实验是培养学生化学定量思维的重要途径，本节课通过酸碱中和滴定和氧化还原滴定两个定量实验，让学生从定量的角度解决问题，形成定量的科学思维，促进对化学问题更深入的思考和理性的分析。同时，从定性和定量两个角度完善电解质溶液的认识视角和认识思路。

参考文献：

- [1] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准（2017年版2020年修订）[S]. 北京：人民教育出版社, 2020:7.
- [2] 赖婷 邢颖誉 刘晓玲. 基于学科理解的高中化学教材研究[J]. 化学教学, 2024（3）：8-21.
- [3] 刘林青 李卓. 培养化学定量思维的实验教学设计的[J]. 化学教学, 2024（10）：48-51.

