

“显性 - 反思式”的科学本质教学

——以“稀有气体及其化合物的发现史”为例

彭兰贞¹, 苏日平^{2*}, 周训富¹, 陈俊华³

¹岭南师范学院化学化工学院, 广东 湛江

²湛江第一中学, 广东 湛江

³湛江市第七中学, 广东 湛江

收稿日期: 2026年6月8日; 录用日期: 2026年7月9日; 发布日期: 2026年7月17日

摘 要

科学本质是科学教育的重要目标, “显性 - 反思式”教学是促进学生科学本质理解的最有效途径。通过阐述科学本质的具体内涵, 探讨科学本质教学的有效途径, 并以“稀有气体及其化合物的发现史”教学为例, 设计基于“显性 - 反思式”教学途径的科学本质教学, 为教师开展科学本质导向下的化学教学提供参考和建议。

关键词

科学本质, 显性 - 反思式, 稀有气体, 科学史

“Explicit-Reflective” Teaching on Student’s Nature of Science

—A Case of the “Discovery History of Noble Gases and Their Compounds”

Lanzhen Peng¹, Riping Su^{2*}, Xunfu Zhou¹, Junhua Chen³

¹School of Chemistry and Chemical Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

²Zhanjiang No. 1 High School, Zhanjiang Guangdong

³Zhanjiang No. 7 High School, Zhanjiang Guangdong

Received: June 8, 2026; accepted: July 9, 2026; published: July 17, 2026

*通讯作者。

文章引用: 彭兰贞, 苏日平, 周训富, 陈俊华. “显性-反思式”的科学本质教学[J]. 教育进展, 2026, 16(7): 755-763.
DOI: 10.12677/ae.2026.1671430

Abstract

The nature of science (NOS) is a crucial goal of science education, and the explicit-reflective approach has proven to be the most effective way to promote students' understanding of NOS. This paper first elaborates on the specific connotations of NOS, then discusses effective instructional approaches for teaching NOS. Taking the teaching of "the discovery history of noble gases and their compounds" as an example, a NOS teaching design based on the explicit-reflective approach is developed. This study aims to provide references and suggestions for teachers to implement chemistry instruction oriented by the nature of science.

Keywords

Nature of Science, Explicit-Reflective, Noble Gases, History of Science

Copyright © 2026 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

科学教育界普遍认同, 培养学生全面且正确理解科学本质(Nature of Science, NOS)是科学教育的重要目标[1]。我国科学课程标准特别重视科学本质的重要价值, 如中华人民共和国教育部颁布的《普通高中化学课程标准(2017版 2020修订版)》多次强调:“引导学生理解科学理论发展过程中的争论, 从而增进对科学本质的理解”“发展学生的高级思维能力及其对科学本质的认识”“引导学生认识科学本质, 体会科学事业的特征”等[2]。显然, 指向科学本质的教学是化学课程的目标追求。然而, 我国化学课程标准对科学本质的表述仍停留在目标陈述阶段, 缺乏对科学本质具体内涵的明确阐述, 且对教师有效开展的科学本质教学方式欠缺相关指导[3]。据此, 本研究拟阐述科学本质内涵, 探讨科学本质教学的有效途径, 并以“稀有气体及其化合物的发现史”教学为例, 设计科学本质导向下的化学教学, 以期为教师开展科学本质教学提供有益的参考。

2. 科学本质内涵

开展指向科学本质的教学, 教师首先要理解和内化科学本质的具体内涵。关于“科学本质是什么?”这是一个复杂的哲学思辨问题, 科学哲学界争论不休。正如科学哲学家伊尔泽克(Irzik)和诺拉(Nola)所指出:迄今为止, 鉴于科学的丰富性和复杂性, 哲学家、历史学家、科学社会学家和科学教育理论家为科学下严格定义或给出精确划分标准的所有尝试都失败了[4]。尽管科学教育界对科学本质的内涵界定存在争论, 但对基础教育阶段学生应接受和理解的科学本质观达成了基本共识, 即科学本质的“要素观”(Consensus view of NOS)[5]。科学本质的“要素观”, 主要是著名科学教育家莱德曼(Lederman)和他的学生、合作者做出的重大贡献。他们认为教师应该教给学生那些在科学标准文件中或在科学哲学、历史、社会学和科学教育文献中被广泛接受且是争议最小的科学本质特征要素(NOS aspects), 共包括以下10个要素:实证性、观察与推理、创造性、理论驱动性、暂时性、科学方法的多元性、科学理论、科学定律、科学的社会性、科学的社会文化嵌入性[5], 具体内涵见表1。在教学实践中, 教师应“有目的”地结合教学内容去设计教学, 让学生关注并理解科学本质各个要素。

Table 1. Ten aspects of the consensus view of NOS
表 1. 科学本质“要素观”的 10 个要素

科学本质的 10 个要素	具体内涵
实证性	科学知识是以实证为基础的，科学观点的提出必须基于证据支持，科学主张源于对自然现象的观察、数据收集或实验验证
观察和推理	观察可以通过人类感官或感官的扩展来收集证据，是对现象的描述性陈述。推理是关于感官无法直接接触到的现象的陈述。在某种意义上，科学家创造了对现象的描述和解释
创造性	科学知识的产生涉及人类想象力和创造力，科学家的想象和创造是科学探索的重要成分。在某种意义上说，科学家发明了解释和理论实体
理论驱动性	科学家的信念、先前的知识、经验和期望都会影响科学家研究问题的发现、开展的调查及对观察的解释
暂时性	科学知识并非绝对真理，在一定时限内具有持久性，但科学知识会根据新的证据而修改，或对原有证据的新解释而改变
科学方法的多元性	科学方法有多元性，即有多种科学方法，但不存在普适性的、单一、逐步程序化的科学方法保证全部真理的发展
科学理论	科学理论一般是基于假设或公理和对不可观察实体的主张，是对自然现象的推论性解释，可以生成研究问题和指导未来调查研究
科学定律	科学定律是对可观察现象之间的关系的描述性陈述，通常用数学的方式表达。科学理论和科学定律是知识的不同方面，它们之间不可转换
科学的社会性	科学知识是社会协商的，是人们共同努力的结果。科学知识是经过同行评审后公开发表的，科学家之间构建一个科学共同体，以此减少科学家的主观性，增强科学知识的客观性
科学的社会文化嵌入性	科学是渗透社会与文化的，科学观点受科学家社会历史背景影响，科学与社会、政治、经济、世界观、权利等多因素密切相关

需要补充说明的是，除本研究所依据的“要素观”外，影响较大的还有伊尔泽克和诺拉提出的“家族相似性”(Family resemblance approach)科学本质理论框架，该框架从科学活动、目标与价值、方法论、产品等维度对科学进行系统性刻画。不同理论框架各有其学术价值与适用场景。本研究基于“要素观”设计教学，主要基于以下三点考虑：第一，该框架提炼的是科学哲学、科学史、科学社会学等领域中争议最小、共识度较高的内容，避免了过于复杂的哲学思辨，便于中学生理解和教师操作；第二，10 个要素以清单形式清晰呈现，便于教师将其转化为具体的教学目标和反思性问题(如表 2 所示)；第三，该框架与我国化学课程标准中关于科学本质的目标表述具有较好的兼容性，有助于课程标准在课堂实践中的落地。

3. 科学本质教学的有效途径

培养学生科学本质的教学途径主要有两种：“隐涵式”教学(Implicit approach)和“显性－反思式”教学(Explicit-reflective approach) [6]。“隐涵式”教学假设学生通过科学探究活动潜移默化地领悟科学本质的内涵，教师既不明确指出教学内容所隐含的科学本质要素，也不会对科学本质的内涵进行解释说明。在此教学途径中，教师往往仅是将培养学生的科学本质观作为情感性目标，即参与科学活动的“副产品” [7]。虽然早期的研究表明，“隐涵式”教学可以提高学生的科学本质观，但新近的研究表明，这种积极的影响并不显著[8]。相反，“显性－反思式”教学要求教师有意识地设计出明确反映科学本质观的教学，针对性地提出相应的讨论问题，促使学生反思和提炼其中所蕴含的科学本质要素及其内涵，甚至进行解

释说明，将提升学生的科学本质观视为课堂教学的认知性目标[6]。实证研究表明，“显性－反思式”比“隐涵式”更有效地加强学生对科学本质的理解[7]。科学教育界正经历从“隐涵式”教学到“显性－反思式”教学的实质转变[3]。据此，本文基于“显性－反思式”的最有效教学途径，以“稀有气体及其化合物的发现史”教学为例，设计科学本质导向下的化学教学。

4. 基于“显性－反思式”的“稀有气体及其化合物的发现史”教学设计

Table 2. Teaching procedure based on the explicit-reflective approach
表 2. 基于“显性－反思式”的教学流程

科学史料	问题讨论	科学本质教学目标
氯的发现	卡文迪许、瑞利都发现了除去空气中已知成分后残留少量的未知气体(相同证据)，为什么两个人的重视程度、结局会不一样？为什么瑞利和拉姆齐对相同的观察结果提出的是不同的推测呢	理论驱动性
	什么是观察？什么是推理	观察和推理
	为什么科学家要公开发表或报道研究成果？研究成果需要同行评审吗	科学的社会性
	瑞利和拉姆齐是如何确定了新元素的发现	实证性
氦的发现	科学家往往在科学研究中求助他人，共同证实猜想，这是为什么呢	科学的社会性
	鉴于当时的化学界秉持着“只有拿到实物才算发现”的固有观念，科学界对杨森和洛克耶发现“太阳元素”一事不置可否，说明科学知识的产生受什么影响	科学的社会文化嵌入性
	拉姆齐在多次光谱实验鉴定后才证明地球上也存在氦元素，说明了什么	实证性
	从认为只存在于太阳上的元素到存在于地球上的元素，你有什么看法呢	暂时性
氟、氩、氙的发现	拉姆齐提出元素周期性存在另一个族的过程中，有运用到创造力和想象力吗？你如何理解创造力及想象力在科学探索中的作用	创造性、推理
	拉姆齐相信元素周期律的预测作用，并受到“氩存在于空气中”的启发，从空气中发现氩、氟、氙。这给你带来了什么启示	科学理论、理论驱动性
	拉姆齐的发现对元素周期律进行了补充，说明科学理论会发生改变吗	暂时性
	零族元素的提出涉及观察、实验、对比分析、逻辑推理、归纳演绎等科学方法，这给你带来了什么启示	科学方法的多元性
氩、气奥的发现	多名科学家都发现了“射气”，为什么没有像拉姆齐一样发现氩元素？科学知识的发现与科学家的兴趣有关吗	理论驱动性
	钍射气、镭射气、锕射气等“射气”最后被确认为新稀有气体－氩，随后气奥的发现使零族元素的全部成员被确认，这说明了科学的发展具有什么样的特点	暂时性
稀有气体化合物的发现	为什么鲍林否定了个人的预言，承认了八隅体是最稳定的结构	实证性
	稀有气体化合物的发现打破了稀有气体无法形成化合物的固有观念，说明科学理论会发生改变吗？在什么情况下会改变	暂时性

稀有气体及其化合物的发现史体现了科学家漫长的探索历程，充满了科学家的探索智慧，蕴含着丰富的科学本质教育素材。人教版高中教材专门设置“科学史话”栏目详细介绍了稀有气体及其化合物的发现史，并在最后特意引导读者思考“读了这段科学史话，你有什么感想？”由此可见，该科学史体现了科学本质教学的重要价值，本文将以科学本质的内涵为理论指导，深度挖掘其蕴含的科学本质各个要

素, 基于“显性 - 反思式”有效途径设计该节教学。也就是说, 教师应充分挖掘该科学史内含的科学本质要素并合理组织呈现, 设计对应的反思性问题并组织学生讨论, 引导学生认识并理解科学本质内涵, 具体教学流程见表 2。

1. 氩的发现

“氩的发现”的科学本质教学目标强调科学的理论驱动性、观察和推理、社会性和实证性。教师应结合“氩的发现”科学史实(见图 1), 提出反思性问题, 引导学生认识和理解该科学史所体现的科学本质要素。如“卡文迪许、瑞利都发现了除去空气中已知成分后残留少量的未知气体(相同证据), 为什么两个人的重视程度、结局会不一样?”“为什么瑞利和拉姆齐对相同的观察结果提出的是不同的推测呢?”“什么是观察? 什么是推理?”等一系列的问题讨论促使学生认识到科学家已有的知识、经验和观念影响着他们的科学探索历程和结果, 即科学的理论驱动性本质, 同时让学生理解科学知识的产生涉及科学家的创造、观察和推理; “为什么科学家要公开发表或报道研究成果? 研究成果需要同行评审吗?”学生讨论这两个问题, 可以理解科学知识是社会协商的, 是人们共同努力的结果, 即科学的社会性; “瑞利和拉姆齐是如何确定了新元素的发现?”这样的提问促使学生思考并认识到科学知识是以实证为基础的, 科学观点的提出是基于证据支持的。

氩的发现

在地球上, 科学家最先发现的稀有气体是氩。早在 1785 年, 英国科学家卡文迪许(Cavendish)在研究氮气时, 把空气中的已知成分氮气、氧气、二氧化碳等除尽后, 仍残留少量气体。卡文迪许报道了这个实验现象, 但在当时并没有引起其他化学家们的注意, 他本人也没有进一步研究。如此, 卡文迪许就错过了发现新元素的机会。1892 年, 英国物理学家瑞利(Rayleigh)在研究氮气的密度时发现从氨气分解得到的氮气和从空气中分离出来的氮气的密度在相同条件下相差 0.0064g/l, 这微小的差别引起了瑞利的重视。瑞利仿照氧气和其同素异形体臭氧, 提出了氮气也具有一种同素异形体, 分子式为 N_3 , 并把这个研究结果和推测发表在《自然》杂志上。英国化学家拉姆齐(Ramsay)在阅读文章后受到启发, 提出另一种假设: 从氨气分解得到的氮气是纯净的, 而空气中分离出的氮气可能含有一种比氮气密度更大的气体, 因而测得的密度存在差异。为了探明这些剩余气体到底是什么, 瑞利和拉姆齐决定合作。他们参考卡文迪许分离空气组成气体的方法, 多次将空气中的氮气和氧气等除去后用光谱分析鉴定剩余气体, 发现其光谱不属于任何已知元素的谱图, 终于在 1894 年验证了假设, 发现了新的元素 - 氩(Ar, 意为“懒惰”)。

Figure 1. Reading material 1

图 1. 资料卡片 1

2. 氦的发现

基于“氦的发现”科学史(见图 2), 通过学生的问题讨论及教师的总结, 促使学生认识和理解科学的社会性、科学的社会文化嵌入性、实证性、暂时性等科学本质教学目标。如“科学家往往在科学研究中求助他人, 共同证实猜想, 这是为什么呢?”让学生知道科学家之间构建一个科学共同体, 以此减少科学家的主观性, 增强科学知识的客观性; “鉴于当时的化学界秉持着‘只有拿到实物才算发现’的固有观念, 科学界对杨森和洛克耶发现‘太阳元素’一事不置可否, 说明科学知识的产生受什么影响?”引导学生讨论并认识到科学观点受当时的社会历史背景影响, 即科学的社会文化嵌入性; “拉姆齐在多次

光谱实验鉴定后才证明地球上也存在氦元素，说明了什么？”帮助学生理解科学本质的实证性；“从认为只存在于太阳上的元素到也存在于地球上的元素，你有什么看法呢？”促使学生认识到科学知识会根据新的证据而被修改。

氦的发现

1894年科学家宣布氦的发现后，紧接着在1895年宣布了地球上氦的存在。氦的发现有些凑巧，1868年，法国天文学家杨森(Janssen)在观察日全食时，在太阳光谱上看到了一条黄色谱线。起初他认为这只是钠的发射线，但仔细对比之后发现，这条黄色谱线与钠的发射线似乎有些差异，便寄给了当时专门研究太阳光谱的天文学家—英国的洛克耶(Lockyer)。后来经过二人反复对比，他们一致认为这是一个地球上不存在，只存在于太阳上的元素—氦(Helium，意为“太阳”)。不过，当时的化学界秉持着“只有拿到实物才算发现”的固有观念。对于只有通过光谱发现的物质，而无法将这种物质分离出来，不算是真正发现新元素。所以对于杨森和洛克耶发现“太阳元素”一事，科学界不置可否。此后的20多年里，人们一直认为，氦只存在于太阳上，而不存在于地球上。1895年，英国科学家拉姆齐在研究钍铀矿时发现了一种神秘气体，怀疑是氦，便求助于著名的光谱学家克鲁克斯(Crookes)。两人在多次光谱实验鉴定后，证明这就是27年前在太阳光谱上出现的新元素，进而确定了地球上也存在第二个稀有气体元素—氦。不久人们又发现氦存在于空气中。

Figure 2. Reading material 2

图 2. 资料卡片 2

3. 氦、氖、氩的发现

氦、氖、氩的发现

1898年的短短两个月内，拉姆齐和他人合作在液态空气中相继发现了三种新的稀有气体元素，分别命名为氦(Krypton，意为“隐藏”)、氖(Neon，意为“新的”)、氩(Xenon，意为“陌生”)。鉴于氦和氩的性质非常相似，且它们与周期系中已被发现的其它元素在性质上差异巨大，即它们在元素周期表中找不到所属位置。拉姆齐坚信元素周期律的预测作用并大胆推测氦和氩可能是另一族元素，并且可能有一个和氦、氩性质相近的家族。果然，1898年的几个实验证实了他的猜想。在验证猜想过程中，拉姆齐和特拉弗斯受到“氩存在于空气中”的启发，于大量液态空气蒸发后的残余物中，用光谱分析首先发现了比氩重的氦。随后他们又收集了蒸发时最先逸出的气体，用光谱分析发现了比氩轻的氖。他们在制得氦和氖后，再次把氦反复地分次液化、挥发，又从其中发现了一种质量比氩更重的新气体—氩。氦、氖、氩、氦、氩被科学家单独划为元素周期表的新的一列—零族元素。由此可见，元素周期律在发现新元素过程中起到重大作用。

Figure 3. Reading material 3

图 3. 资料卡片 3

“氦、氩、氙的发现”科学史(见图3)可重点培养创造性、推理、理论驱动性、科学理论、暂时性、科学方法多元性等科学本质教学目标。如“拉姆齐提出元素周期律性存在另一个族的过程中,有运用到创造力和想象力吗?你如何理解创造力及想象力在科学探索中的作用?”通过问题讨论引导学生认识科学知识的产生涉及人类想象力、创造力和推理力;“拉姆齐相信元素周期律的预测作用,并受到‘氩存在于空气中’的启发,从空气中发现氦、氩、氙。这给你带来了什么启示?”使学生意识到科学家的信念、知识、经验和期望会影响科学家的探索历程,同时增进学生理解科学理论能生成研究问题及指导未来调查研究;“拉姆齐的发现对元素周期律进行了补充,说明科学理论会发生改变吗?”让学生感悟暂时性科学本质观;“零族元素的提出涉及观察、实验、对比分析、逻辑推理、归纳演绎等科学方法,这给你带来了什么启示?”引导学生认识到科学方法的多元性,即科学家运用各种各样的方法解决科学问题。

4. 氦、气奥的发现

“氦、气奥的发现”科学史(见图4)重点强调理论驱动性、暂时性等科学本质教学目标。如“多名科学家都发现了‘射气’,为什么没有像拉姆齐一样发现氦元素?科学知识的发现与科学家的兴趣有关吗?”引导学生讨论并思考理论驱动性科学本质;“钍射气、镭射气、锕射气等‘射气’最后被确认为新稀有气体-氦,随后气奥的发现使零族元素的全部成员被确认,这说明了科学的发展具有什么样的特点?”促使学生认识并理解科学知识会根据新的证据而修改,科学理论并非永恒不变。

氦、气奥的发现

氦、气奥是科学家发现的两种放射性稀有气体元素。1899年,英国物理学家欧文斯(Owens)和卢瑟福(Rutherford)在研究钍的放射性时意外地发现了一种“钍射气”。1900年,德国科学家道恩(Dorn)在研究镭的放射性时发现“镭射气”。1903年,德国人吉赛尔(Giesel)在锕的化合物中发现“锕射气”。当时的拉姆齐,已经是五种稀有气体的发现者了,他自然会对这些新的“射气”表现出浓厚的兴趣,由此从之前研究稀有气体转移到对放射化学的研究当中。拉姆齐和另一位科学家索迪(Soddy)从矿物中获得“射气”,分析其光谱,测定了这种气体的密度和性质,最终发现这种“射气”和之前发现的五种稀有元素性质相似,于是便发现了新稀有气体元素-氦(Radon,意为“发光”)。2006年10月,联合核研究所与美国劳伦斯利福摩尔国家实验室的科学家成功地以钙原子轰击铀,通过人工合成方法得到了气奥(Oganesson,意为科学家名字“奥加涅相”),它是零族的第七种元素。至此,零族元素的全部“成员”已被确认。

Figure 4. Reading material 4

图4. 资料卡片4

5. 稀有气体化合物的发现

“稀有气体化合物的发现”(见图5)的科学本质教学目标强调实证性、暂时性。如“为什么鲍林否定了个人的预言,承认了八隅体是最稳定的结构?”引导学生认识到科学理论的提出需要证据支持;“稀有气体化合物的发现打破了稀有气体无法形成化合物的固有观念,说明科学理论会发生改变吗?在什么情况下会改变?”使学生意识到科学知识并非绝对真理,在一定时限内具有持久性,但科学知识会根据新的证据而修改。

稀有气体化合物的发现

人们很长时间里没有发现稀有气体的化合物，且稀有气体单质都是单原子气体，因而它们的化学性质被认为是惰性的，故被称为惰性气体。二十世纪初形成了一种理论观念，即任何原子，只要最外层电子数达到8，就形成具有稳定状态的稀有气体稳定结构(八隅体规则)。随后，这个观念统治了化学界近半个世纪，人们普遍认为惰性气体无法形成化合物。虽然著名化学家鲍林(Pauling)通过对离子半径的计算，曾预测存在稀有气体化合物，却一直没有办法制得。到了1961年，鲍林也否定了个人的预言，承认了八隅体是最稳定的结构。然而，历史的发展颇具戏剧性，就在鲍林否定其预言的第2年，加拿大化学家巴特列特(Bartlett)首次合成了氙和氟的化合物，标志着稀有气体无法形成化合物的固有观念被打破，“惰性气体”也随之更名为“稀有气体”。此后，科学家们又接连合成了一系列稀有气体化合物，并对其性质、结构和化学键本质等进行了广泛深入的研究，从而大大拓宽了稀有气体化学的研究领域。

Figure 5. Reading material 5

图 5. 资料卡片 5

5. 讨论与建议

旨在促进教师更好地实施增进学生认识和理解科学本质的教学实践，从以下三个方面进行讨论并提出建议：教师应充分理解科学本质内涵、教师应采用“显性-反思式”有效教学途径、教师应挖掘应用科学史情境素材。

1. 教师应充分理解科学本质内涵

实施科学本质教学的前提是教师要充分理解科学本质内涵。只有教师充分理解科学本质内涵，才有可能直接、全面、有效地将其转化到课堂实践中。如前所述，中国的课程标准强调科学本质教学的目标追求，却没有明示科学本质的具体内涵，这种“隐性”的表述方式可能会导致教师很难关注科学本质及实施科学本质教学。为突破此类困境，教师应寻求价值自觉，主动查阅国内外科学本质的内涵阐述及科学本质教学的相关文献，深刻理解科学本质内涵，为未来的科学本质教学指明方向。

2. 教师应采用“显性-反思式”教学途径

“显性-反思式”是实施科学本质教学的最有效路径选择。“显性-反思式”教学可以为学生提供更多讨论科学本质相关问题的机会，能有效地将学生的注意力导向科学本质，进而达成科学本质教学目标。“显性-反思式”教学通常可以具体化为教师的“提问、总结”和学生的“讨论、反思”。在教学实践中，教师应结合教学内容，提出与科学本质密切相关的问题，引导学生围绕相应的科学本质要素进行讨论和反思，以此促进学生不断修正和完善科学本质观。

3. 教师应挖掘应用科学史情境素材

科学史在科学本质教学中发挥着关键作用。科学史如科学发明典故、科学家故事、科学偶然发现史和科学知识的演变历程等都是理解科学本质的实体化资源，借助科学史实去认识和理解科学本质，不至于空洞。几乎科学本质的每个要素都能在科学史中找到佐证，以科学史为载体，可以实施科学本质导向下的化学教学。因此，教师应开展重要科学史实的考证和梳理，丰富教学情境素材，从而促进科学史与课堂教学的深度融合，满足发展学生科学本质观的需要。事实上，科学史就如同丰富的“矿产”资源，本文应用的稀有气体及其化合物的发现史只是“九牛一毛”，教师还可以持续不断地挖掘素材并应用于实际教学。

基金项目

本文系岭南师范学院 2024 年赋能基础教育高质量发展筑峰计划专项资金项目“基于科学史教学的理论与实践研究”；2025 年岭南师范学院赋能基础教育高质量发展帮扶工作项目资助(JCJYBF06)。

参考文献

- [1] Su, R., Jiang, Z. and Wei, B. (2023) Representations of Nature of Science in Science Textbooks: A Systematic Review. *Science & Education*, **34**, 585-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00475-y>
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017 版 2020 修订版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2022: 1-88.
- [3] 李鹏源, 刘瑞, 赵亚杰, 石凯丽. “显性-反思性”的科学本质教学——以“原子结构”发展史为例[J]. 化学教育(中英文), 2020, 41(1): 36-40.
- [4] Irzik, G. and Nola, R. (2010) A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, **20**, 591-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- [5] Abd-El-Khalick, F., Waters, M. and Le, A.P. (2008) Representations of Nature of Science in High School Chemistry Textbooks over the Past Four Decades. *Journal of Research in Science Teaching*, **45**, 835-855. <https://doi.org/10.1002/tea.20226>
- [6] Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N.G. (2000) Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, **22**, 665-701. <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>
- [7] Khishfe, R. and Abd-El-Khalick, F. (2002) Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, **39**, 551-578. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- [8] Zhuang, H., Xiao, Y., Liu, Q., Yu, B., Xiong, J. and Bao, L. (2021) Comparison of Nature of Science Representations in Five Chinese High School Physics Textbooks. *International Journal of Science Education*, **43**, 1779-1798. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1933647>