

科研导向下高中探究式教学模式的探索与实践 ——以探究“暖宝宝”的发热原理为例

罗 慧^{1*}, 肖劲松², 刘天宝¹, 闫秀玲^{1#}

¹伊犁师范大学化学与环境科学学院, 新疆 伊宁

²资阳中学, 四川 资阳

收稿日期: 2022年8月7日; 录用日期: 2022年9月5日; 发布日期: 2022年9月14日

摘 要

进入新世纪后, 创新力成为国家发展的源动力、综合国力的核心、国家竞争力的关键, 新时代迫切需要一种可以培养富于开拓性、创造能力人才的新的教学模式。科研导向下的探究式教学强调问题意识, 引导学生主动获取知识, 建构知识系统解决问题, 培养创新人才。本文基于“暖宝宝”的发热原理, 设计了一种新的探究式教学模式, 在真实情境下帮助学生凝练科学问题并提出合理假设, 设计实验证实或证伪, 梳理论据并交流分享, 迁移知识回归课本。依托完整的科研探究路径, 有助于进一步提高和发展学生的探究能力, 以期能对新的教学模式改进提供借鉴意义。

关键词

探究式教学模式, 高中化学, 教学改进

Exploration and Practice of Inquiry Teaching Mode in Senior High School under the Guidance of Scientific Research —Taking the Heating Principle of “Warm Baby” as an Example

Hui Luo^{1*}, Jinsong Xiao², Tianbao Liu¹, Xiuling Yan^{1#}

¹College of Chemistry and Environmental Science, Yili Normal University, Yining Xinjiang

²Ziyang Middle School, Ziyang Sichuan

Received: Aug. 7th, 2022; accepted: Sep. 5th, 2022; published: Sep. 14th, 2022

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 罗慧, 肖劲松, 刘天宝, 闫秀玲. 科研导向下高中探究式教学模式的探索与实践[J]. 教育进展, 2022, 12(9): 3283-3292. DOI: 10.12677/ae.2022.129503

Abstract

After entering the new century, innovation has become the source power of national development, the core of comprehensive national strength and the key of national competitiveness. The new era urgently needs a new teaching mode which can cultivate talents with pioneering and creative ability. Research-oriented inquiry teaching emphasizes problem consciousness, guides students to acquire knowledge actively, constructs knowledge system to solve problems, and cultivates innovative talents. Based on the heating principle of "warm baby", this paper designs a new inquiry-based teaching mode to help students condense scientific problems and put forward reasonable hypotheses in real situations, design experiments to confirm or falsify, comb theoretical data and share, and transfer knowledge back to textbooks. Relying on a complete path of scientific research will help to further improve and develop students' inquiry ability, in order to provide reference for the improvement of the new teaching mode.

Keywords

Inquiry Teaching Mode, High School Chemistry, Teaching Improvement

Copyright © 2022 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

由于经济、科技的迅猛发展,造成中美贸易的竞争愈发激烈,国家的发展迫切需要创新性人才[1],导致当前时代发展迫切需要新的教育模式,虽然历年来传统教育模式为我国培养了大量人才,但是存在许多弊端不容忽视[2] [3] [4],我国的创新性人才总体上还满足不了新时代对人才的新要求[5],在传统教育模式下,学生的学习效率低,学业负担重,教师压力大,学习过程无法监控,教师只能保证“教”,并不能保证“会”,所以学习效果无法保证;教师对学生的学习能力、学习方法、素养发展和创新能力的关注不够;传统教学效率低,学生无法真正学会知识迁移,建构自己的知识系统,所以迫切需要一种新型的教学模式。

1) 探究式教学模式

探究式教学是强调学生在已有经验的基础上,经过有目的自觉的主动活动去获取知识,解决问题,建构自身的经验系统[6] [7],是一种新型的教学模式。化学实验是最容易设计和体现探究性的,因此利用探究性实验开展教学活动,有助于改变学生的学习方式和教师的教学方式。曹强[8]使用问卷调查法、访谈法调查了师生在化学实验教学中遇到的情况,发现大部分中学对化学实验都不够重视,学生操作能力低,缺少创新精神。可见探究式教学模式要在高中化学课堂中真正落实还需进一步改进。

2) 科研导向下的探究式教学模式

科研导向下的探究式教学模式强调问题意识,在探究性实验中,学生首先在教师的引导下提出或发现一些化学问题,进而设计实验去探索和解决这些问题,在这个过程中形成自己对化学知识的理解和认识[9]。王磊[10]强调体验知识获得的过程,例如,为了探究水的组成,学生知道采用什么方法、怎样进行实验、最后如何根据实验的结论推断出水的组成才是探究性实验所关注的核心问题,而不是把关注的焦点直接指向实验中是否得到了所需要掌握的知识目标即“水是由氢元素和氧元素组成的”。而目前基

于问题意识的探究式教学模式尚未有直观的案例，因此对探究式教学进行改进是十分迫切的。

综上所述，本文凝练出科研导向下探究式教学模式的步骤和原则，对落实新课标要求的化学教学具有参考意义，给学生提供思考问题的方式和实践机会，从而促进学科知识转化为学科素养。本文基于“暖宝宝”如何发热的问题设计了一个探究式实验的教学案例，选取生活中的情景素材，基于学生的知识储备和探究能力，采用“学生为主，教师为辅”的探究式教学模式实施教学，培养学生的科研思维能力，让学生善于从生产生活实际中发现问题，从微观上角度思考宏观现象，增强学生用所学知识解决问题的意识。

2. 科研导向下探究式教学模式的过程要点

2.1. 围绕教学内容创设生活情境，提出科学问题

高中化学探究式教学过程中合理创设教学情境可以使得学生对化学知识具体应用的情况有所了解，更有利于激发高中生进行化学实验的兴趣，提高教学质量的同时培养了学生知识和实践相结合的能力[11]。2017年教育部颁布的《普通高中化学课程标准》特别指出，在教学设计和教学实施过程中要重视情境的创设，情境教学对培养学生的化学学科核心素养具有关键作用[12]。比如孙彤[13]在以“探秘第三代补铁剂”为例的教学设计中通过创设真实而富有价值的问题情境(老奶奶缺铁该如何帮助她康复?)展开一系列实验探究，将真实问题转化为化学问题，虽然为化学情境教学实践提供了有力的支持，但忽视了教学情境与科学问题的整体关联性，说明与学生相关性和真实性还有待加强。学生往往在面对陌生情境下的问题时无从下手，不能结合自己生活情境本能地建构对这些未知的化学现象或问题的观点、假设和思路。

因此，在真实情境下帮助学生凝练科学问题就显得尤为重要。我选择用“暖宝宝”作为本节课教学的情境素材，暖宝宝作为大家冬天取暖的常用品之一，贴近学生生活又能引起学生兴趣的素材，又与“化学反应与能量变化”、“金属的电化学腐蚀与防护”这两节知识紧密相关，并且设计了三个有梯度的科学问题(见图1)：

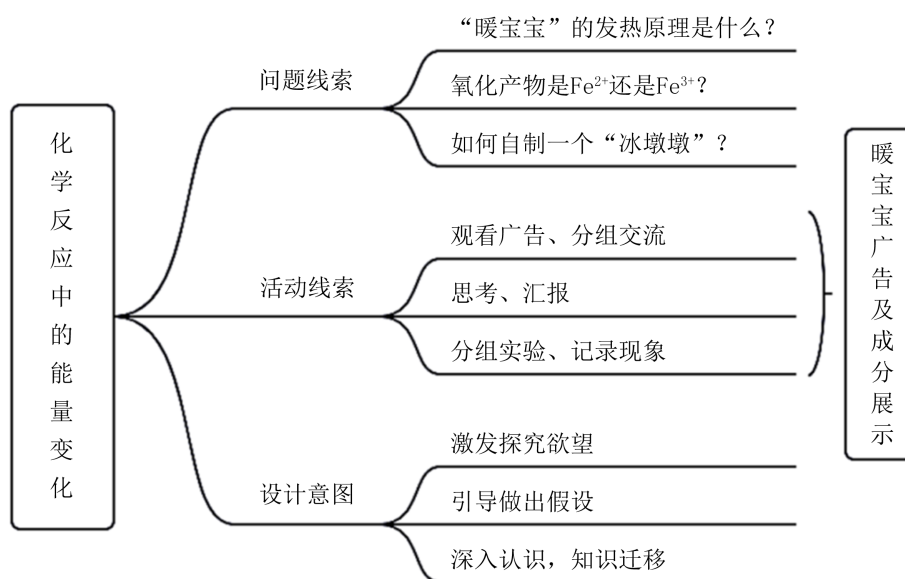


Figure 1. Teaching process design

图1. 教学流程设计

波普尔曾说“科学研究始于问题”[14]，问题对于科学研究的展开与进行，就如同发动机对于汽车一样具有动力作用。本节课围绕化学反应中的能量变化为核心问题，通过感受“暖宝宝”发热的宏观现象，

让同学们对暖宝宝的发热原理产生质疑,明明暖宝宝中的铁粉与空气中的氧气一接触就可以使铁粉被氧化放热,那原料中的碳粉、NaCl、水又有什么作用呢?在观察到使用过后的“暖宝宝”中的红褐色物质时,又思考 Fe 的氧化产物是 Fe^{2+} 还是 Fe^{3+} ? 并针对自己的猜测与假设,设计实验检验证实或证伪,最后迁移到对于吸热反应的应用,提出同学们如何设计实验自制一个简易的“冰墩墩”,在这个过程中学生自然而然地像科学家一样批判性地将观察到的宏观现象与微观结构结合起来推理解释,随着学生不断地质疑与否定,深入认识化学反应中的能量变化,并且学会凝练科学问题,从问题入手构建自己的解决思路。

2.2. 明确教学目标, 基于学生已有知识储备引导学生假设

引导高中生围绕实验提出自己的假设,可以有效地调动学生主动思考,激发学生主动思考,史文杰,李冉,郭玉林等人[15]在进行“金属的防护”教学实践探索时,根据化学课程标准设计了三维教学目标。同时根据明确的教学目标开展了实验教学的初步环节,但在教学过程中教师直接给出了假设,忽略了主体是学生,没有给学生机会独立去设计实验。其实高中生在初中阶段已经有了一定的化学基础,对基本的化学知识并不陌生,比如学生已经在初中学过了“物质的变化和性质”、“常见金属的化学性质”等,因此学生对于相关实验是可以提出适当假设的。

以“暖宝宝”实验为例,结合探究式教学的需求,首先引导了学生对实验方案作出提前的预设方案(见图 2)。

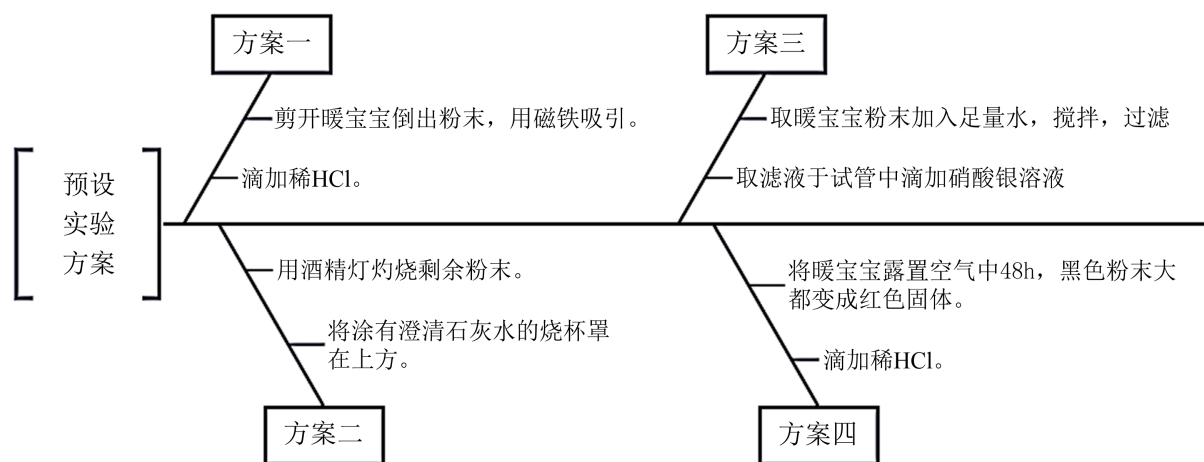


Figure 2. Students' preset experimental scheme

图 2. 学生预设实验方案

接着我们又让学生围绕实验的内容提前假设可能出现的实验现象及结果(见表 1), 这样一方面可以利用好学生的好奇心提升化学教学质量并且让高中生产生实验的兴趣, 另一方面也可以让教师了解学生的化学知识储备和能力, 有利于及时调整教学方法, 保证化学实验教学质量。

Table 1. Student hypothesis experiment result

表 1. 学生假设实验结果

方案	现象及结论
方案一	黑色粉末部分被磁铁吸引, 说明含有铁粉固体部分被溶解, 并产生无色气泡, 说明含有铁粉, 不含氧化铜
方案二	澄清石灰水变浑浊, 说明含有炭粉
方案三	出现白色沉淀, 证明暖宝宝中含有氯化钠
方案四	红褐色固体溶解后由无色变成黄色, 证明生成了氢氧化亚铁

2.3. 科学分组，小组进行合作探究验证假设

重理论轻实验是化学学科传统教学普遍现象，教师执教实验内容时，大多是演示操作，学生看看而已，这样的教学如何提升学生实验能力呢？教师将“做实验”变成了“讲实验”，学生参与权利被剥夺了。杨志龙[16]在以“1-溴丁烷的制备”为例的有机化学实验教学模式探究中虽然让学生进行了分组实验，但没有考虑到一些现实中会影响实验教学效果的因素，比如一些化学药品以及加热环节都是有一定危险性的，为了保证实验的安全性和顺利进行，教师应该提前在明确注意事项后，让学生先讨论整理出实验步骤，做出合理的假设，再让学生进行实验验证或证伪。

例如，在进行“暖宝宝”的制作时，我们先将学生分成不同的小组，然后向学生介绍暖宝宝的成分组成(见图3)，明确各成分的性质，再让学生进行实验验证各组的假设，通过实验确定各成分在暖宝宝中的作用，明确“暖宝宝”的发热原理(见图4)，看到化学反应中伴随的能量变化。

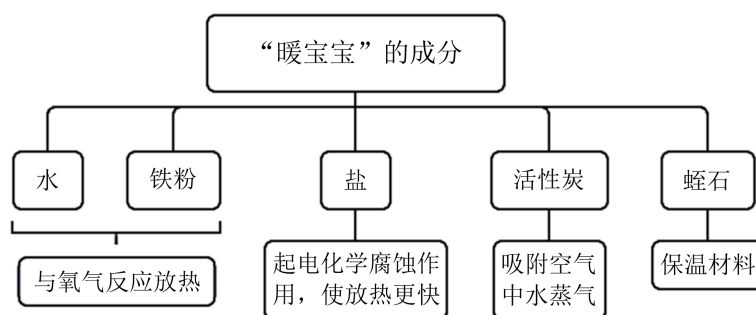


Figure 3. Composition of warm baby

图3. 暖宝宝的成分组成

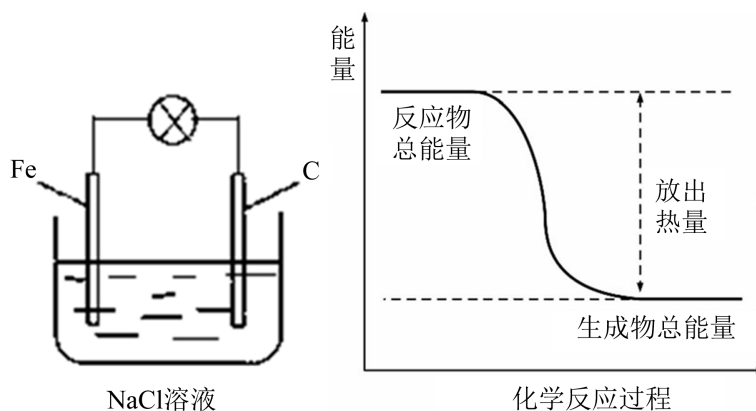


Figure 4. The heating principle of warm baby

图4. 暖宝宝的发热原理

学生通过实验得出暖宝宝的反应原理为铁粉与水 and 空气中的氧气反应放热，利用了原电池加快氧化反应速度，将化学能转变为热能。

另一方面值得注意的是学生发现打开用过的暖宝宝在空气中放置一会儿出现了红褐色物质，这又是什么呢？此时我们就引导学生对使用过后的暖宝宝的成分继续进行实验探究，取使用过后的暖宝宝成分溶解于稀硫酸，进行实验(学生具体操作与结论如表2)。

这里我们发现在第II步实验中，学生误认为酸性 KMnO_4 溶液褪色是由于产物中的 Fe^{2+} 化合物造成的，其实由实验II是不能直接得出原样品中含有 Fe^{2+} 化合物的结论的，因为样品中还含有 NaCl ， Cl^- 也有可

能导致高锰酸钾溶液褪色。经过老师纠正后，学生又修改了实验方案，通过学生不断试错证伪，终于找到了正确的方法验证，最后同学们发现样品溶液中滴加 KSCN 溶液后，溶液变红，向红色溶液中继续滴加氯水后，红色加深，则可以证明样品中既有 Fe^{3+} 又有 Fe^{2+} 。在这个过程中能有效提高学生发现问题并解释归纳总结出解决问题的能力。

Table 2. Inspection of product
表 2. 产物的检验

编号	操作	现象	结论
I	取 2 mL 样品溶液，滴加 KSCN 溶液	溶液变红	说明样品含有 Fe^{3+} 的化合物
II	取 2 mL 样品溶液，逐滴滴加 0.1 mol/L 的酸性 KMnO_4 溶液	酸性 KMnO_4 溶液褪色	样品中含有 Fe^{2+} 化合物
III	取 2 mL 样品溶液，滴加 KSCN 溶液，后逐滴滴加饱和氯水	溶液变红，滴加饱和氯水后，红色加深，最终变成黄色	说明样品中既有 Fe^{3+} 又有 Fe^{2+}

2.4. 交流展示，归纳总结做出解释

在化学实验结束后给予学生展示实验成果的机会，这一是为了让学生可以在实验过程中认真观察实验现象，记住实验结果；另一方面是为了使学生产生主体意识在实验中获得满足感和成就感。例如郭金花[17]在基于深度学习的高三化学教学模式的构建中的深度学习环节让同学们投影展示了自己的思维导图，并评价总结各个小组的成果，但不足之处是没有让学生展示自己的实验成果，没有让学生总结归纳在实验过程中遇到问题自己是怎么解决的。

在“暖宝宝”的实验汇报中，就有学生发现袋口密封对实验有直接的影响，小组代表总结时解释在实验过程中袋口密封无氧气参与反应，暖宝宝就不会发热；有的小组在设计简易“暖宝宝”时，没有加入 NaCl，铁粉的氧化就非常缓慢，在短时间内学生就无法感觉到放热的效果，通过实验，学生发现 NaCl 是形成原电池的重要条件，可以加速铁粉氧化，使化学能转化为热能，并利用蛭石保温，使温度能够持续更长时间。

教师让每个小组派一名代表在结合实验的结果讲述其在实验中观察到的现象以及遇到的问题，并且说明自己和组内其他成员是如何解决问题的。在这个过程中学生学会了与他人合作，交流讨论，提高了学生归纳总结和清楚的表达能力。

2.5. 知识迁移，提高教学效果

化学探究式实验教学，其实实验并不是根本目的，我们的根本目的是为了让学生通过实验的手段来更好地掌握化学知识，所以做好知识的迁移将会事半功倍。黄运瑞，王璐珊等人[18]在以“一氧化碳”为例进行“三疑三探”教学模式的应用时，在探究完 CO 的物理性质之后，再引导学生们结合已学的 CO_2 的化学性质去推测 CO 的化学性质，从而做到了知识点的迁移，但没有将知识迁移运用到真实问题的解决中去。教师在实验结束后设计迁移性问题来帮助学生正确掌握化学知识，从而解决生活中的实际问题，从可以确实有效的提高教学效果。

例如，在进行“化学反应原理与能量”的教学时，学生完成“暖宝宝”的自制实验之后，学生也只是知道我们可以通过化学反应放热来制作“暖宝宝”、“自热火锅”、“自热米饭”等，但是对于相似原理化学反应吸热在生活中的应用并不了解，为此，我们就紧接着提出问题：冬天我们可以利用化学反应放热制作暖宝宝来取暖，那么眼看夏天已经来临，同学们可以用同样的原理靠化学反应吸热制作“冰墩墩”（如图 5）来降温吗？以此引导学生思考，既做到了知识点的迁移，又体现了“化学从生活中来，到生活中去”核心思想。



Figure 5. Application of endothermic reaction
图 5. 吸热反应的应用

3. 科研导向下的探究式教学的优劣

3.1. 探究式教学的优点

1) 充分体现了“问题意识”的培养

科研导向下的探究式教学模式充分体现了问题意识和验证意识，比如，在学习“化学反应与能量变化”这节内容时，教师结合化学教材内容，引导学生提出一些具备挑战性、趣味性的化学问题，让学生熟悉化学反应和能量变化间的关联性。通过播放“暖宝宝”的广告或让学生观察“暖宝宝”的成分信息，学生发现：“暖宝宝的成分中含有铁粉、蛭石、活性炭、水、无机盐”，接着不由自主地提出问题：“这些成分有什么作用呢？”自然而然会想到初中学过的物质的性质决定用途，反过来用途就能反映性质，进而从各成分的性质入手探究它们能否发生化学反应，以达到放热的作用。这样不仅能够激发学生的问题意识，提升学生的问题解决能力，还能让学生形成良好的思维习惯。

2) 有助于养成“终身学习”的良好习惯

“授之以鱼不如授之以渔”，各学科在新课改后都更注重发展学生的核心素养，教师不仅只是传授知识的“教书匠”，更多的是培养学生良好的学习方式和习惯，对学生而言就是要学会学习，才能具备终身学习的能力，而科研导向下的探究式教学模式充分地教师的教学方式、学生的学习方式以及教学内容有机地融合在了一起，以科研为导向，注重培养学生学习能力和创新能力，在科研导向下的探究式教学课堂中，教师更多的担任着引路人的角色，如何正确引导学生像科学家一样自主钻研是值得教师关注和仍需提升的地方。例如，在学习“化学反应与能量变化”一节时笔者选取了贴近学生生活的情景素材“暖宝宝”作为贯穿整堂课始终的背景，让学生带着疑问先进行自学查询相关资料：暖宝宝的成分有哪些？各成分分别有何作用？探究是 O_2 还是 H^+ 做氧化剂，Fe 的氧化产物是 Fe^{2+} 还是 Fe^{3+} ？其中发生了怎样的能量变化？并引导学生基于已有的知识储备大胆做出假设，进一步分组交流讨论，小组达成共识进行实验验证假设，然后对现象与结果进行归纳总结，这样一节课，学生在参与讨论的过程中就建立了自主学习的理念，学生反应很热烈，印象也很深刻，掌握了一定的学习策略，从而发展成为终身学习的良好习惯，这是素质教育努力的方向也是新课标理念的最高要求。

3) 充分体现化学的应用性

化学是一门具有很强的探究性的学科，也是以实验为基础的一门学科，化学的应用性体现在通过对化合物以及元素的研究，将其应用到日常生产生活中去。比如笔者让学生运用化学反应放热的原理自制一个简易的“暖宝宝”到利用化学反应吸热自制一个“冰墩墩”的过程，就是让学生将所学化学知识运用到解决生活中的实际问题中去，帮助学生建立应用化学的理念，让学生充分感受到化学的魅力，同时

还能在自我探究的过程中锻炼学生的实践能力，从而培养学生的创新意识和应用能力。

4) 有助于养成科研思维

在探究教学实践中，有的学生即使经历了探究实验的过程，但仍然无法理解学科知识，仅仅只是单纯的记忆实验现象和课本上的知识，不能形成真正的科研思维。化学是对社会生活、实践活动中经验的总结，又服务于现实生活。科研导向下的探究式教学模式坚持以问题为导向的教学理念，驱动学生围绕生活中常见的问题利用所学的化学知识进行探究。以日常生活中常见的素材作为切入点，如：“暖宝宝”的发热原理是什么？“自热米饭”如何发热的？“致命的咸蛋”到“难溶电解质的平衡”、如何制作“摔炮”等；更容易参与到知识探究中，并在探究中找到规律，实现了科研思维的发展，最终达到探究式教学目的。

3.2. 探究式教学的壁垒

1) 受传统教育影响与应试教学理念束缚

探究式教学是课程改革以来素质教育新兴的一种教学模式，这种教学模式在国内的发展时间还不长，由于与传统教育理念有很大的冲突，在实施过程中受到重重阻碍。传统的教学评价以学生的成绩为主，在这种教学理念下，化学课堂常常演变为考试的训练场，三天一大考两天一小考，仍然难以摆脱“题海战术”的影响，存在极强的功利性，难以真正提升化学课堂教学质量。

尽管新课程改革已经实施了很长一段时间，素质教育也得到了一定的推广。但在调查中发现，部分化学教师的教学仍然指向考试，以提升学生的化学成绩为最终目标，例如在学习“化学反应与能量变化”这一主题时，很多教师由于只是把一些概念如吸热反应、放热反应、热能等简单介绍，让学生记住即可，没有更深入得去把理论与生活结合在一起，导致学生一直处于一知半解的状态，只是为了应付考试死记硬背，无法挣脱应试教学理念的束缚，探究式教学实施困难。

2) 客观条件影响与教师自身观念滞后

由于我国大多数中学都没有专门的化学实验室，严重缺乏化学实验药品和仪器，很多实验难以开展，师生的教学活动只能限制于传统课堂，所以教师大多借助多媒体播放化学实验，学生根本无法真正参与实验流程，体验探究过程，长此以来，学生就只会按照流程死记硬背实验过程和化学现象，比如在学习“化学反应与能量变化”这节内容时，很多学校无法让学生亲自动手实验直观感受到化学反应中的能量变化，学生就很容易搞不清楚化学能、热能、电能是如何互相转换的，并且容易混淆吸热反应、放热反应、原电池、电解池等相关概念，如此容易弱化学生对探索未知的积极性，极大限制了探究式教学工作的开展。

就目前情况而言，教师的教学水平参差不齐，部分教师探究式教学理念不够深厚，将探究式学习等同于合作学习，并且形式大于实际，出现了滥用合作学习的情况，甚至有部分教师并不重视探究式教学的应用，认为时间紧教学任务重，没有必要花过多时间在探究上，这直接阻碍着探究式教学的发展。

3) 学生在教学中存在的问题

在传统教育理念下长大的学生缺乏归纳总结构建自己的知识系统的好习惯，导致学生在教学中表现不积极，课后也缺乏反思和总结。就如何制备 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的问题来说，高三的学生能够想到各种各样的方法，但总是不全面，有的细节现象也总会描述错误，记忆混淆，学生在课后反馈：“我现在最头疼的就是边学边忘”，一边一些基本概念还没掌握，一边又要开始学习琐碎的元素化合物及各种性质，最后只能事倍功半。

化学是一门以实验为基础的学科，脱离了实验，很多化学概念对于学生来说就会变得很抽象、难以理解。但是很多学校由于各方面因素的影响无法顺利开展实验，学生的实验操作能力没有得到锻炼，缺

乏实验常识,在教学中表现不积极,参与程度不高,学生对这种探究式教学就产生了很强的抵触心理,应试教育的弊端将学生的探索意识、问题意识逐渐磨灭掉了,这很大程度上影响了探究式教学的效果。

4. 总结与展望

我国作为一个发展中国家一直坚持教育改革,与时俱进,面对经济社会发展的新变化,科学技术的不断进步,对创新人才的需求,我们需要不断更新教育思想和理念,促进人才培养模式的转变。因此,在此背景下,本文开展一项有关“暖宝宝”发热原理的探究式实验教学,来提高学生的实验技能,培养学生的科研探究能力,让学生自主发现问题,思考问题,进而主动探索解决问题,在这个过程中培养学生的问题意识和终身学习的习惯是非常有意义的。本文就化学反应与能量变化进行了科研导向下探究式教学的初步探索,在后续学习金属的电化学腐蚀还可以接着使用“暖宝宝”这一情境素材,这样在探究过程中,学生的思维过程是连贯的,情感上的体验也具有整体性,未来还可以以此为一种教学策略,进行其他科研导向下的探究式教学。

基金项目

应用化学专业教育与创新教育融合实践研究(2017JG115); 2022 年度自治区高校本科教育教学研究和改革项目(XJGXPTJG202253)。

参考文献

- [1] 李高峰, 刘恩山. 美国《国家科学教育标准》倡导的科学探究[J]. 教育科学, 2009, 25(5): 87-91.
- [2] 王祖浩, 吴星, 等. 化学新课程中的科学探究[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [3] 曹振鹏. 核心素养视角的高中化学课堂探究活动设计探讨[J]. 现代交际, 2019(19): 184-185.
- [4] [美]国家研究理事会. 科学探究与国家科学教育标准[M]. 罗星凯, 等, 译. 北京: 科学普及出版社, 2004: 6, 19-21, 28-30.
- [5] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2017.
- [6] Rushton, T.G., *et al.* (2011) Chemistry Teachers' Emerging Expertise in Inquiry Teaching: The Effect of a Professional Development Model on Beliefs and Practice. *Journal of Science Teacher Education*, **22**, 23-52. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9224-x>
- [7] Peleg, R., *et al.* (2017) Teachers' Views on Implementing Storytelling as a Way to Motivate Inquiry Learning in High-School Chemistry Teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, **18**, 304-309. <https://doi.org/10.1039/C6RP00215C>
- [8] 曹强. 中学化学探究式教学的问题与对策[J]. 科技展望, 2017, 27(1): 205. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-8289.2017.01.190>
- [9] 郑长龙. 化学课程与教学论[M]. 长春: 东北师范大学出版社, 2017: 94-123.
- [10] 王磊. 中学化学实验及教学研究[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2009: 172-188.
- [11] Bachhawat, A.K., Pandit, S.B., Banerjee, I., Anand, S., Sarkar, R., Mrigwani, A. and Mishra, S.K. (2020) An Inquiry-Based Approach in Large Undergraduate Labs: Learning, by Doing It the “Wrong” Way. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, **48**, 227-235. <https://doi.org/10.1002/bmb.21331>
- [12] 郑长龙. 关于科学探究教学若干问题的思考[J]. 化学教育, 2006(8): 6-12.
- [13] 孙彤, 朱燕. 基于真实问题情境开展实验探究的教学设计与实施——以“探秘第三代补铁剂”为例[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(1): 128.
- [14] 柳珏玺. 基于波普尔证伪主义思想视角的科学发展模式研究[J]. 散文百家(理论), 2021(3): 167-168.
- [15] 史文杰, 李冉, 郭玉林, 田巧云. 提升化学学科核心素养的高中化学教学——以“金属的防护”为例[J]. 化学教育(中英文), 2022, 43(5): 34-39.
- [16] 杨志龙. 有机化学实验教学模式探究——以“1-溴丁烷的制备”为例[J]. 化学教育(中英文), 2018, 39(6): 27-30. <https://doi.org/10.13884/j.1003-3807hxjy.2017040111>

- [17] 郭金花. 基于深度学习的高三化学教学模式的构建与实践[J]. 化学教学, 2020(12): 23-29.
- [18] 黄运瑞, 王璐珊. “三疑三探”教学模式在初中化学教学中的应用——以“一氧化碳”一单元为例[J]. 山东化工, 2020, 49(22): 178-179. <https://doi.org/10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2020.22.076>