

数智赋能高阶思维培育的初中化学项目式教学——以「探究天气瓶的秘密」为例

Digital Intelligence Empowering Higher-Order Thinking Development in Project-Based

Chemistry Teaching at Junior High School— A Case Study of Exploring the Secret of the Weather Bottle

张碧芬

广州市海珠外国语实验中学附属学校

651692219@qq.com

【摘要】 本项目针对复习课思维提升不足、分层教学乏力等问题，依托「探究天气瓶的秘密」真实项目情境，融合国家中小学智慧教育平台、GAI智能体、数字化实验等技术手段，构建「助教—助学—助评—助研」全场景数智赋能模式，落地「宏观—微观—符号—数据」四重表征教学策略，开展跨学科项目式教学。实践表明，该模式有效提升了学生核心知识准确率、证据推理能力及「定性—定量」观念和教师学科素养与设计单元项目式教学能力，为初中化学复习课的数字化转型与高阶思维培育提供了可复制的实践范式。

【关键词】 数智赋能；高阶思维；项目式教学；初中化学；天气瓶

Abstract: Addressing weak higher order thinking and differentiated instruction in chemistry reviews, this project uses the authentic Weather Bottle inquiry, integrating the National Smart Education Platform, GAI agents, and digital experiments. It builds an all-scenario model (teaching-learning-assessment-research support) and applies the macro-micro-symbolic-data framework in interdisciplinary project-based learning. Practice shows improved student mastery of core knowledge, evidence-based reasoning, and qualitative-quantitative understanding, while enhancing teachers' subject literacy and instructional design capacity. The model offers a replaceable paradigm for digitally transforming junior high chemistry review lessons and fostering higher-order thinking.

Keywords: Digital Intelligence Empowerment, Higher-Order Thinking, Project-Based Teaching, Junior High School Chemistry, Weather Bottle

1. 前言

随着人工智能与数字技术的快速发展，教育领域正步入一个数智赋能的新阶段。国家中小学智慧教育平台、生成式人工智能（GAI）智能体、数字化实验等工具，为课堂教学提供了从资源供给、互动答疑到过程评价的全场景支持，也为破解复习课困境带来了新的可能。然而，技术引入并非简单叠加，其在教学中「何以可用、何以为界、何以可能」，仍需在教学设计与实践中深入探索。

对于初中生而言，发展高阶思维能力，不仅是掌握科学知识的基础，更是培养终身解决问题能力的关键。然而，传统教学往往侧重于事实记忆与程序性操作，留给學生进行探究驱动、认知挑战性任务的余地有限。项目式学习（Project-Based Learning, PBL）已被广泛认为是让学生参与真实探索的有效途径，但若缺乏恰当的技术支持，其潜能难以充分释放。

2. 数智赋能高阶思维培育的理论路径与策略模型

初中化学《溶液》单元复习面临多重困境：一方面，传统复习课多以知识点重复和习题训练为主，学生难以将宏观现象与微观本质有机关联，对溶液核心知识的掌握往往停留在零散、不系统的层面，综合应用能力亟待加强；另一方面，尽管学生对天气瓶等新奇事物兴趣浓厚，却普遍缺乏通过实验数据进行推理、对信息进行批判辨析的能力，且在具备一定数字工具应用基础的情况下，于数据分析与科学论证层面仍显不足，加之个体知识基础与探究能力差异显著，传统教学难以实现精准的分层指导。由此引发两个关键问题——如何依托真实情境搭建探究载体，借助数智技术打通「宏观观察—微观探析—定量论证」的思维通道，引导学生在实践中突破认知难点、实现思维进阶？以及如何利用AI工具与数

字化平，精准诊断学情差异，实现个性化资源推送与多元评价，切实解决分层教学落实不到位的教学难题？

针对上述问题，本研究构建了四条相互支撑的理论路径与策略模型：

(1) 智能体全场景渗透，贯通助学、助教、助评、助研

GAI 智能体深度嵌入教学全流程，通过助教环节分析学情、设计教学并定位薄弱点，助学环节答疑辅学、指导实验并生成导学方案，助评环节智能批改作业并支持分层作业，助研环节助力课堂分析改进并辅助教师复盘检索，同时结合手持技术与个性化指导，最终形成「GAI 智能体+数字化实验」的教学赋能闭环（见图 1）。



(图 1 GAI 智能体+数字化实验教学赋能闭环模式)

(2) 手持技术联动数智工具，落地「宏观-微观-符号-数据」四重表征

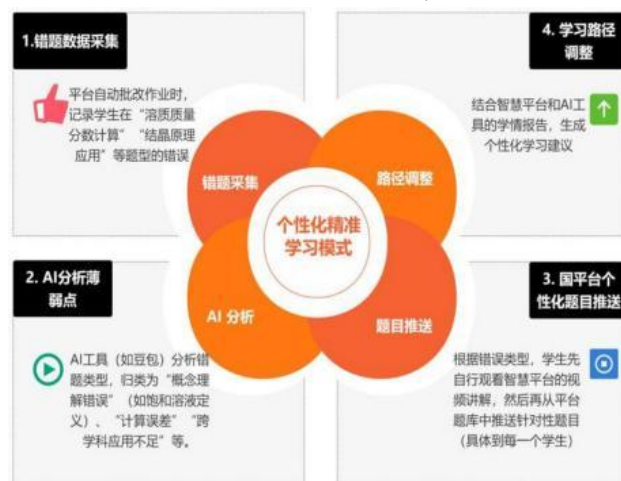
数字式实验工具+可视化软件，让学生通过分析数据认识化学问题的本质，培养了证据推理能力，形成了「宏观-微观」、「定性-定量」的化学观念，提升了解决问题的能力，促进思维由低阶向高阶跃升。

(3) 跨学科项目式教学构建知识网络，攻破教学难点

以「天气瓶」为项目核心，巧妙融合化学、物理、地理等多学科知识，帮助学生构建起跨学科知识网络。

(4) 个性化精准学习模式

通过 AI 赋能的学习评价工具，根据知识理解与建构评价、实验与实践能力评价、思维与素养发展评价、育人价值体现等方面的评价数据进一步优化教学。



(图 2 个性化精准学习模式流程图)

3.基于数智赋能的项目式教学设计与实施——「探究天气瓶的秘密」

在前述理念的指导下，本节以「探究天气瓶的秘密」为载体，围绕溶液核心知识设计跨学科项目式复习课，通过真实问题驱动、数智工具全程支持与四重表征策略，落实高阶思维培养目标。

3.1.教学主题内容分析「溶液」单元概念多、抽象且概念间的逻辑关系强，内容涵盖面广，知识关联度高，包含溶液配制这一学生必做实验及实践活动[2]。在历年中考试题里，「溶液」相关内容着重考查「能利用溶解性的差异进行物质的分离、提纯」这一必备知识，该评价考查属于水平二（中等）难度，但得分率却较低。由此可见，学生对溶液知识的综合解决能力欠佳，在科学思维方面存在明显不足。且学生在初三复习时往往会

陷入琐碎的知识中，缺乏系统性，未将其完整应用于生活实际中。天气瓶历史悠久、变化神奇，根据现阶段学生的认知特点与规律，学生对天气瓶及其制作非常感兴趣；同时天气瓶这种混合体系中蕴含众多与「溶液」有关的核心知识，丰富的育人价值，是学生走进生活、获得知识、发展化学观念、提高学科素养的重要情境素材与重要途径。

3.2.教学创新点 数智工具驱动思维进阶：将国家平台资源的系统性、GAI 智能体的个性化、数字化实验的精准性相结合，构建「课前诊断-课中探究-课后巩固」全流程赋能体系。通过 GAI 智能体分析学情、个性化精准定位并推送试题，借助数字化实验实现「宏-微-符-数据」四重表征，高效突破教学难点。

真实项目促进知识网络构建：以「探究天气瓶的秘密」真实情境为载体，设计「初始-再识-制作验-证」阶梯式任务与问题链，将溶液知识一步步搭建成网络框架，并培养了证据推理能力，实现思维跃迁，促成学科素养的形成。

3.3.教学目标 (1) 通过认识天气瓶溶液的组成性质，归纳溶液研究的一般过程（定性到定量），发展化学基本观念。

(2) 辨析溶质、溶剂、溶解度等核心概念，构建以「溶液」为核心的知识网络。

(3) 通过电导率实验数据曲线分析宏观现象的微观本质，形成宏微结合的化学观念，培养科学推理能力。

(4) 掌握结晶原理及溶质质量分数溶液的配制操作，体验目标溶液配制流程，增强合作交流能力。

(5) 通过实验实践揭秘天气瓶预测天气的科学性，培养科学分析能力，提升科学辨识素养，养成质疑求真的科学态度。

3.4.教学流程高阶思维培育强调学生在真实情境中开展分析、推理、建模与跨学科整合。

数智赋能教学通过国家智慧教育平台、GAI 智能体、数字化实验等技术手段，贯通“宏观—微观—符号—数据”四重表征，实现课前自学、课中探究与课后延伸的连续学习，帮助学生在项目式学习中完成知识结构化与思维进阶。

基于此理念，本文设计“探究天气瓶的秘密”跨学科项目，将理论构想转化为可落地的教学流程，在 2 个课时内，将核心项目拆解为 4 个环节，设计学习活动过程，以「天气瓶」为线索，串联溶液的形成、溶解度、结晶、溶液的浓度等核心知识，同时整个过程都渗透「宏观现象微观解释」、「定性和定量分析」的化学观念，形成认识物质多样性的一般思路和方法。具体项目任务及教学流程如图 3 所示：



(图 3 项目式教学——探究天气瓶的秘密教学流程图)

3.5.教学过程

3.5.1. 学习准备在课前，本课制定了「前置学习单」，任务设计如下：

1. 通过网络或 AI 工具检索「天气瓶的历史、成分及功能」，记录关键信息并提出疑

问。

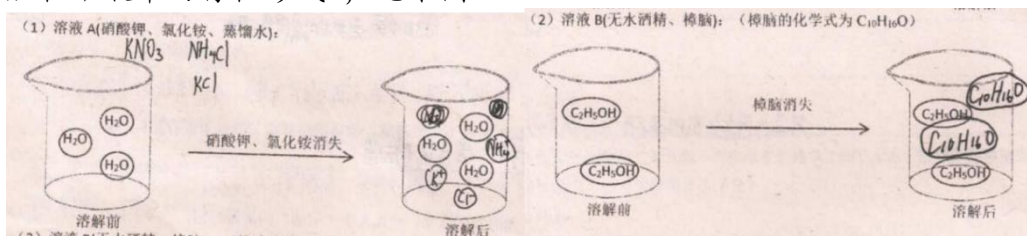
2.根据所查资料绘制「溶液 A」和「溶液 B」的溶解微观示意图。

【设计意图】激活学生已有知识（溶液概念），为课堂学习提供目标导向和情感准备，落实深度教学「自我导向学习」理念。

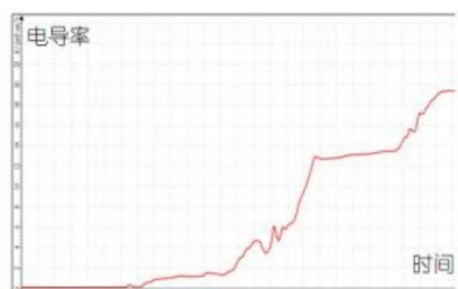
3.5.2.课中建构 环节 1：初识天气瓶

教师以实物与视频引入天气瓶的科学史与功能引，引导学生从成分分析入手归纳溶液组成特征。

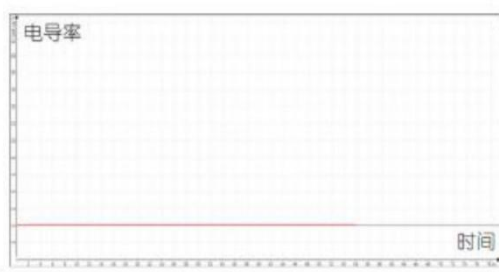
认知障碍：从前置作业得知，学生不能理解溶质溶解的微观过程；部分学生不知道樟脑在溶液中的存在形式，见下图：



针对学生难以理解溶质微观消失的认知障碍，采用国家智慧教育平台「氯化钠溶于水」等微观动画，结合电导率实验曲线分析，使学生从宏观现象进入微观本质的推理，形成「溶液组成」的结构化认知，发展证据推理能力。



NH_4Cl 溶于水电导率随时间的变化曲线图



樟脑溶于乙醇电导率随时间的变化曲线图

部分学生回答如图：

你获得的信息是：~~氯化铵含离子~~，樟脑不含离子

电导率随时间的变化曲线图
你获得的信息是： NH_4Cl 溶液中离子浓度大，樟脑溶液离子浓度小。

【高阶思维】通过生活现象与化学概念的关联，培养「证据推理能力」的分析能力，将碎片化知识整合为「溶液组成」的结构化认知。

环节 2：再识天气瓶——溶解度与结晶原理

本环节旨在引导学生从数据出发建立变量关系模型。教师呈现樟脑在不同温度下的溶解度数据，学生利用平台工具绘制溶解度曲线，并与电导率实验数据对照，归纳「温度—溶解度—电导率—结晶现象」的逻辑链。此过程促使学生从证据描述进阶至模型认知，深化「结构决定性质」的观念，并理解降温结晶的原理及方法。

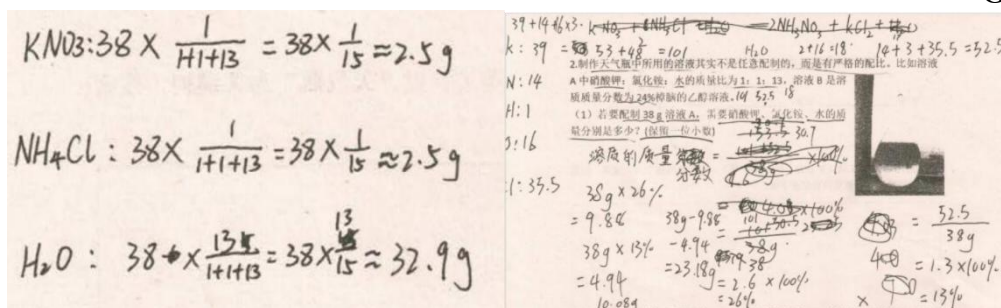
环节 3：制作天气瓶

【师】配制一定溶质质量分数的溶液的步骤有哪些？

(1) 若要配制 38 g 溶液 A，需要 KNO_3 、 NH_4Cl 、水的质量分别是多少？

(2) 用樟脑和乙醇配制 42 g 溶质质量分数为 24% 樟脑的乙醇溶液，需要樟脑的质量多少？需要樟脑的体积为多少？

【生】计算、称量、溶解、混匀；计算课堂反馈：大部分学生思路清晰，但也有部分学生思路非常混乱，见下图：



部分学生讲解思路，实现自评和互评。

【分组实验】分组进行制作「天气瓶」

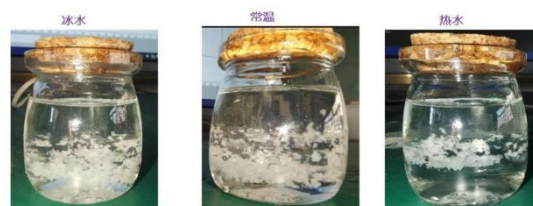
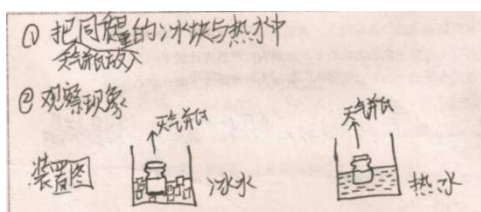
【高阶思维培养】

通过动手制作「天气瓶」，将计算和溶液的配制有机结合，实现知识的迁移应用，培养动手实践的能力；进一步建立从定性到定量的认识混合体系的方法。

环节 4：验证天气瓶 —— 任务 1 温度影响的实证研究

【师】如何才能验证「天气瓶」的效果？如何模拟温度变化验证制作的天气瓶效果？可供选择的试剂：硝酸铵、冰块、热水、生石灰、氢氧化钠固体、氯化钠固体。

【分组实验】（定性观察）设计实验方案（见下图），并按照方案进行分组实验，实验现象如图所示：



【演示实验】（定量分析）测定自制的「天气瓶」溶液在冰水和热水中的电导率变化，引导学生分析曲线，你能得出什么结论？

表 1 学生课堂表现记录表

「天气瓶」溶液在冰水和热水中的电导率曲线图	学生的回答（部分）	思维水平
	你可以获得的信息有： 在热水中的电导率比在冰水中的电导率更大	水平一：「温度升高→电导率增大」
	你可以获得的信息有： 溶液中的离子浓度降低，电导率减小。 温度降低，离子浓度减小，电导率降低。 温度升高，离子浓度增加，电导率增加。	水平二：「温度升高电导率增大→离子浓度增大」
	你可以获得的信息有： 比空气：溶解度随温度增加而增大	水平三：「温度升高电导率增大→离子浓度增大→溶解度增大」

【高阶思维培养】通过由定性到定量的分析方法，能够体现学生的思维层次，达成知识的深度理解，发展了高阶思维，进一步发展证据推理能力。

环节 4：验证天气瓶——任务 2 饱和与不饱和溶液

【师】1.天气瓶析出晶体时，天气瓶中的溶液是樟脑的饱和溶液还是不饱和溶液？你的判断依据是什么？

2.调节温度可以使天气瓶中的晶体消失或析出。饱和与不饱和溶液之间的转化方法有哪些？

3.下列图片展示了商家提供的天气瓶中晶体形状与不同天气现象之间的对应关系，请你通过今天的学习分析一下这个说法有科学依据吗？

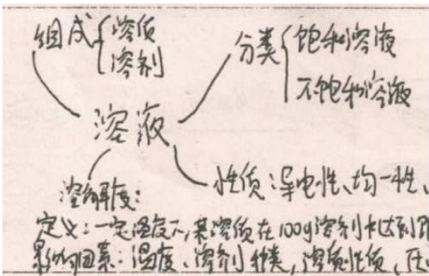
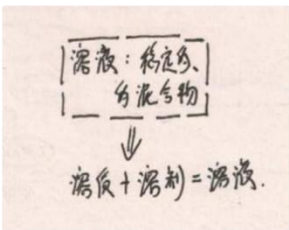
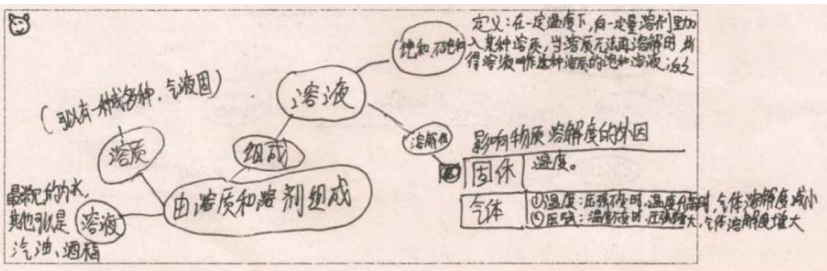
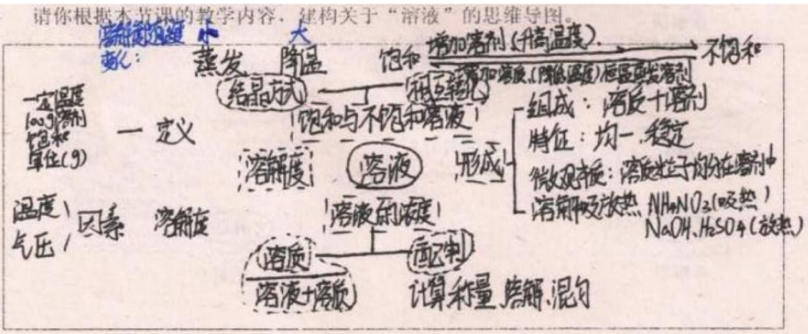
【生】判断天气瓶结晶时的状态，回顾饱和与不饱和溶液间的相互转化，并进行科学辨伪。

【高阶思维培养】借助逻辑推理，对伪科学说法进行科学反驳，培养批判性思维和科学论证能力。

环节 5：总结反思——形成知识网络

学生课后绘制「溶液」知识网络图，从课前单一知识点提升至课后结构化认知，体现知识网络的建构与思维进阶。以下是课前和课后进行前测和后测的对比：

表 2 「溶液」知识网络图（课后记录）

学生答题情况	思维水
前测 	 知识点单一，没有形成知识网络
后测 	有一定逻辑，实现知识结构化
	

2.5.3.拓展学习：项目驱动长期科学探究课后布置「天气瓶结晶—天气变化」的长期记录任务，学生通过观察结晶情况，验证「天气瓶能否预测天气」的假设，将课堂中的定量分析方法延伸至真实问题解决，实现「知识迁移—科学辨识」的素养进阶。



图（4 学生作品图）

4.实践成效与分析

为检验实践成效，采用前测—后测对比、课堂观察记录、数字化实验数据分析、CSMS 课堂大数据分析等方法，配合具体技术手段进行多维度评估。

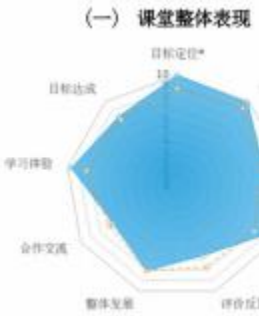
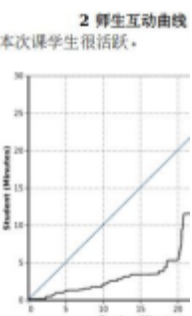
知识掌握与思维水平：课前、课后分别进行核心知识测试和「溶液」知识网络图绘制，通过国家智慧教育平台作业功能采集正确率数据，并由教师评定网络图的逻辑结构水平（单一知识点→初步形成结构→跨概念联结）。

课堂互动与思维层次：全程录像并导入 CSMS 课堂大数据分析系统，自动生成课堂整体表现、学生互动、四何问题分布、FIAS 互动指标，实现课堂参与与思维水平的客观量化。

科学探究与跨学科能力：在「验证天气瓶」环节使用电导率传感器与朗威数字化实验软件采集数据，结合任务表现记录表评定学生回答的思维水平；新增模型反思任务，依据「三维九项」素养指标评分。

结果显示：学生核心知识准确率显著提升，知识网络由零散走向结构化；CSMS 分析表明课堂知识结构清晰、学生参与度高；实验与模型反思中高水平思维表现比例增加，体现证据推理与跨学科整合能力的发展。课堂评价报告（CSMS）显示（见表 1），本项目在深度教学模式下，能够有效地培育高阶思维。

表3 课堂教学大数据分析报告（CSMS）

课堂整体表现	学生互动情况	课堂四何分布	弗兰德斯(FIAS)互动分析
(一) 课堂整体表现  课堂教学活动结构的九个分析领域中，目标定位、课堂艺术、学习体验方面表现良好。	2 师生互动曲线 本次课学生很活跃。  学生很活跃。	 四何运用均衡；课堂知识结构清晰；有效推动学习发生。	知识点单一，没有形成知识网络  在课堂参与方面，学生参与互动或练习正常学习体验方面，学生能充分展示自己的意见，各种类型的学生得到思维满足。

5.教学反思与展望

本教学实践通过数智技术与项目式学习的有机融合，为初中化学复习课提供了「知识—思维—素养」三位一体的实施范式。未来需在精准化分层教学方面优化 AI 推送资源的时机与类型，在跨学科深度融合上拓展至真实问题建模与多因素分析；持续完善「三维九项」素养评价体系，开展多校循证研究；通过基础版与进阶版资源包及区域共享平台建设，推动模式在多样化办学条件下的推广应用，实现高阶思维培养在课堂每个环节的落地。

参考文献

- 方昊成, 范标. (2021). 基于化学学科核心素养考查溶液单元知识 —— 一道源于"天气瓶的制作的"原创题编制. 实验教学与仪器, 38(12), 15-16+21.
- 郭元祥. (2023). 深度教学：促进学生素养发育的教学变革. 福建教育出版社.
- 廖若琳. (2024). 新课标背景下初中化学大单元教学设计与实施 —— 以"溶液"为例. *中国知网*, (117), 117-120.
- 饶慧伶, 陈娜洁, 许倩云. (2024). 「实验-实践」相整合的初中化学微项目式教学 —— 以"溶液"单元复习为例. 化学教与学, (10), 73-76+19.
- 吴其特. (2022). 基于深度学习的化学项目式学习设计与实践 —— 以"自制天气瓶"为例. 中小学教学研究, (02), 14-20.