

PBE 為本的探究式教學對偏鄉國中學生學習動機與 成效之效益——以溫度與熱為例

翁上峯^{1,2*}

¹ 國立彰化師範大學
物理學系博士生

² 雲林縣立虎尾國民中學教師

林建隆

國立彰化師範大學
物理學系教授

摘要

本研究旨在探討實施地方本位教育 (Place-Based Education, PBE) 為本的探究式溫度與熱教學模組後，對偏鄉國中學生學習動機與成效之影響，採準實驗研究法，樣本為中部某臨海偏鄉國中八年級全部學生共 24 人，實驗組實施 PBE 為本的探究式教學，對照組則實施一般探究式教學。研究結果發現：量化部分，實驗組之整體學習動機、科學學習價值和學習環境誘因分量表顯著優於控制組。而實驗組之整體學習成效、溫度與溫度計和熱量命題概念亦顯著優於控制組。且實驗組學習動機與成效呈顯著正相關。質性部分，PBE 為本的探究式教學，善用學生常見的生活實例、社區魚塢情境和臨海生活經驗，能提供學生一個學習適應的橋梁，促進學生對於溫度與熱概念的理解，整體提升偏鄉學生溫度與熱單元的學習動機與成效。

關鍵詞：PBE 為本的探究式教學、地方本位教育、溫度與熱、學習成效、學習動機

* 通訊作者：翁上峯，Email: shangfeng1207@gmail.com

來稿日期：2024 年 8 月 31 日；修稿日期：2024 年 10 月 14 日；採用日期：2025 年 1 月 7 日

本文為碩士論文改寫

The Effectiveness on PBE-Based Inquiry Instruction for Learning Motivation and Achievement of Rural Junior High Students—By Teaching the Unit of Temperature and Heat

Shang-Feng Weng^{1,2*}

¹PhD Student, Department of Physics,
National Changhua University of Education

²Teacher, Huwei Junior High School,
Yunlin County

Jang-Long Lin

Professor, Department of Physics,
National Changhua University of Education

Abstract

This study aims to explore the effectiveness on the learning motivation and achievement of rural junior high school students after teachers implement a PBE-based (Place-Based Education-based) inquiry temperature and heat teaching module. This study adopts a quasi-experimental research method. The sample is all eighth-grade students in a coastal rural junior high school in central Taiwan. The experimental group implemented PBE-based inquiry teaching, while the control group implemented general inquiry teaching. The research results found that: in the quantitative part, the experimental group significantly outperformed the control group in overall learning motivation, scientific learning value, and learning environment incentive scales for the temperature and heat unit. The overall learning effectiveness, temperature and thermometer, and heat proposition concepts of the experimental group were also significantly better than the control group. And the learning motivation and learning achievement of the experimental group showed a significant positive correlation. In the qualitative part, The PBE-based inquiry teaching module, making good use of common life examples, fish pond situations in the community, and coastal life experiences, can provide students with a bridge for learning adaptation, promote students' understanding of the concepts

* Corresponding author: Shang-Feng Weng, E-mail: shangfeng1207@gmail.com

Manuscript received: August 31 2024; Modified: October 14, 2024; Accepted: January 7, 2025

This article is a revised version of a master's thesis

of temperature and heat, and overall significantly improve the learning motivation and achievement of the temperature and heat unit for rural students.

Keywords: PBE-Based Inquiry Instruction, Place-Based Education, Temperature and Heat, Learning Achievement, Learning Motivation

壹、緒論

一、研究背景與動機

聯合國於2015年提出「2030永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，強調每位學生皆應享有公平與優質的中小學教育，並取得一定的學習成效(United Nations, 2015)。但偏鄉學校的教育資源卻不如市區學校(吳清山, 2017; 黃昭勳, 2019)，讓偏鄉學生擁有較為不利的學習環境，導致其學習動機與成效低於市區學生(Burton & Johnson, 2010)。因此多位學者透過不同教學策略來提升偏鄉學生學習動機與成效，如：跨領域課程、社團課程與競賽活動等(王裕宏等人, 2020; 胡淑華、蔡孟蓉, 2019; Nguyen et al., 2023)。但教學應善用學生的生活經驗，促使學生使用自身經驗來進行有意義的建構(Hagenah & Thompson, 2021)，且須將科學與地方文化結合，否則學生將不易進入學習的世界(游雪雲等人, 2022)。而地方本位教育(Place-Based Education, PBE)強調學習內容應引入學生的日常生活經驗，並以在地文化資源為教材(洪如玉, 2013)，因此本研究嘗試將PBE與科學課堂進行結合。

近年來，《十二年國民基本教育課程綱要》(簡稱108課綱)強調素養導向學習，科學教育的方式不局限於講述教學法。課堂中逐漸重視探究的精神與方法，引導學生在探究過程中習得學科核心知識，培養科學論證、合作溝通與探究實作能力(教育部, 2018)。且探究式教學有助於提升學生學習動機與科學興趣(Areepattamannil et al., 2020)，也對學生學習成效有正向影響(Feyzioglu, 2019)。其中5E探究學習環模式是科學課堂中常見的教學策略，能有效引導學生進行科學學習(Goldston et al., 2013)。張英琦等人(2017)指出善用5E探究學習環模式和概念改變策略，能引導學生克服原有概念，促進學生產生概念改變。但過往的探究式教學多聚焦於知識與能力的培養，較少著墨於學生的情意態度(賴志忠、段曉林, 2020)。然而當今十二年國民教育強調知識、能力與態度的整合，方能培養學生面對生活情境不可或缺的核心素養(教育部, 2014)。而Semken與Freeman(2008)研究指出，將PBE融入科學教育後，學生的學習成效不亞於傳統的教學方式，還有助於提升學生的地方感。因此將PBE與探究式教學進行結合，應可進一步提升偏鄉學生的學習動機與成效。其中本研究場域鄰近偏鄉海邊日夜溫差大，學生對溫度與熱的感受較深，但學生的日常對話與冷熱感受，卻可能使學生產生另有概念。葉川榮(2022)發現偏鄉學生學業表現低落的原因，可能來自於教師無法在偏鄉學生文化不利的情況下，重視和瞭解偏鄉生活環境所存在之差異，導致偏鄉學生較難取得學習上的優勢，易造成學生學習上的無力感與興趣低落。而PBE使用學生日常經驗與生活情境，來設計學生課堂學習之教材，有助於提升學生學習動機(吳清山, 2018)，也能夠提供學生學習適應

的橋梁 (Ambrosino & Rivera, 2022)，使偏鄉學生不受限於先備知識，皆能有效建構系統化知識，進而提升偏鄉學生學習成效 (洪萱芳等人, 2019)。故本研究深入瞭解偏鄉學生的日常經驗、生活情境與地方文化，並參照影響偏鄉學生學習動機與成效之因素，設計PBE為本的探究式教學，將偏鄉學生對於地方的獨特情懷作為5E探究的起點，引導學生進行兼具知識、能力與態度的素養導向探究學習，並以國中溫度與熱單元為例，將學生生活經驗與科學概念進行連結，克服學生的另有概念，提升偏鄉學生的學習動機與成效。

二、研究目的與待答問題

本研究目的旨在探討教師實施PBE為本的探究式溫度與熱單元教學模組後，對偏鄉國中學生學習動機與成效之影響。基於上述研究目的，本研究提出的具體待答問題如下：

- (一) PBE為本的探究式教學在偏鄉國中溫度與熱單元，實驗組學習動機是否顯著優於實施一般探究式教學的控制組？其影響為何？
- (二) PBE為本的探究式教學在偏鄉國中溫度與熱單元，實驗組學習成效是否顯著優於實施一般探究式教學的控制組？其影響為何？

貳、文獻探討

一、學習動機

學習動機是學生進行自主學習的起因，也是維持學習活動的動力，能驅使學生完成學習目標的內在心理歷程 (張春興, 2007)。Ames (1990) 定義學習動機為學生進行自我承諾，將會長時間專注於學習的投入過程。葉炳煙 (2013) 認為學習動機是學生在學習過程中自發投入、維持學習的原動力。Hoy (2010) 指出學習動機不只包含學生對於學習的企圖心，還包含學生在認知層面上的努力。Li與Shieh (2016) 進一步指出學習動機起源於對目標的追求，且對學習後的學習成效有正向影響。因此學習動機為影響學生學習成效的重要因素，故教師於課堂中應善用教學策略以提升學生學習動機。其中探究式教學被指出有助於提升學生學習動機與科學興趣 (Areepattamannil et al., 2020)，也對學生學習成效有正向影響 (Feyzioglu, 2019)。

學習動機可依照行為背後的原因分為內在動機與外在動機，其中內在動機起源於學習帶來的樂趣，因此具有內在動機的學生會較傾向於精熟目標，將學習目標聚焦於如何提升自身能力；而外在動機則是起源於行為所帶來的獎賞，因此具有外在動機的學生較傾向於表現目標 (Performance Goal, PG)，將學習目標聚焦於如何獲得他人的讚賞與肯定 (葉玉珠等人, 2010; Deci & Ryan, 1985)。Pintrich等人 (1993) 則指出科學學習價值 (Science

Learning Value, SLV) 和自我效能感 (Self-Efficacy, SE) 在學生進行科學學習時扮演重要的角色。Pintrich與Schunk (1996) 進一步發現教學能引起學習動機時，學生會利用主動學習策略 (Active Learning Strategy, ALS)，找出新知識與舊有經驗的關聯性，而學習環境、課堂安排和師生互動亦會影響學生學習動機 (Brophy, 1998)。故本研究採用Tuan等人 (2005) 參照上述動機理論所發展的科學學習動機問卷，包含六個主要向度：

- (一) SE：學生相信自己具有能在科學課堂中表現良好的能力。
- (二) ALS：學生能積極使用各種策略，依據個人理解建構新知識。
- (三) SLV：學生體驗探究活動、激發自身思考、獲得解決問題的能力，發現科學與日常生活的關聯性。
- (四) PG：學生在科學課堂中與同儕競爭，以獲取教師關注為學習目標。
- (五) 成就目標 (Achievement Goal, AG)：學生在科學課堂中，以增進自身能力為學習目標。
- (六) 學習環境誘因 (Learning Environment Stimulation, LES)：在科學學習過程中，學習環境會影響學生科學學習動機。

Linnenbrink與Pintrich (2002) 研究中發現學生的動機並非固定不變，而是會受到情境脈絡與學科領域所影響，且學生所處的地方文化與個人特質皆可能影響學生的學習動機與成效。而吳清山 (2018) 發現PBE使用學生日常經驗與生活情境，來設計學生課堂學習之教材，有助於提升學生學習動機。Cetin-Dindar (2015) 亦指出當學生在課堂中有機會將科學與現實生活連結時，學生對於科學的學習動機便會提升。黃淑賢等人 (2019) 則發現學生透過在地文化真實情境學習，有助於降低學生間的學習差距，個別學生更能發揮高於平日水準之課程表現，提升課堂學習成效。因此教師在課堂教學中應善用學生的生活經驗，促使學生使用自身經驗來進行意義建構，若學生的生活經驗僅作為引起學習動機的誘餌時，將導致學生無法持續進行知識的建構 (Hagenah & Thompson, 2021)。且游小旻與張文華 (2022) 指出各領域教師期望使用探究式教學，來提升學生的學習動機和學科知識認知，並促進學生產生學習遷移，來解決或改善日常生活問題。故本研究實施以PBE為本的探究式教學，引導學生善用日常經驗、生活情境與地方文化進行知識的建構，以期提升學生學習動機與成效。

二、PBE

PBE之精神起源於Theobald (1997)，他指出教師教學應以地方與社區為核心，以學生日常生活環境去設計教材，且學校不應獨立於社區，須將社區議題融入於課堂之中，學習是以學

生為主體，由學生自行決定學習的方向與步驟，Smith（2002）首次提出PBE一詞，強調學習應根基於在地自然現象與日常生活經驗，並指出PBE具有五項元素：（一）以學生的生活經驗為起點，去設計發展課程；（二）學生為知識的創造者，而非他人知識的消費者；（三）學生對於地方的獨特情懷，是創造知識的基石；（四）教師並非知識的傳授者，而是扮演學生學習知識的引導者、協助者；（五）學校與社區彼此相互參與，成為學習的合作夥伴。Sobel（2004）則提到PBE是一種以在地社區環境為起點的教學過程。Somerville（2010）也指出PBE以個體環境與生活經驗為教學起點，提供課程架構讓學生能跨越傳統學科的框架去學習。吳清山（2018）進一步指出PBE是將地方社區及周遭環境作為課程與教學設計的出發點，並強化學校與社區間的連結。學習必須以學生所在的「地方」為起點，從真實的生活經驗開始，引導學生探索周遭環境的知識內容，而不是讓學生透過抽象概念性知識進行學習（Dewey, 1938）。當學生有更多機會將科學與現實世界的問題進行連結時，他們就會更有動力學習科學；科學教育應將科學與現實生活進一步連結，以激勵學生學習科學（Cetin-Dindar, 2015）。有鑑於此，將真實生活經驗為起點的PBE精神融入科學教育是有其必要性，另美國下一代科學標準（Next Generation Science Standards, NGSS）與本國教育部公布108課綱之自然科學領域綱要，均強調探究式教學之重要性，故本研究將PBE與探究式教學進行結合，可為一條教學創新的嘗試方向。而PBE包含二種教學資源：一般性的教學資源為每個地區常見的事物，而特殊性的教學資源則為該地區特有的事物。在課堂中使用一般性的PBE教學資源，如：調查當地自然環境和校園中動植物、自製pH值感測器測量當地水質，或使用特殊性的PBE教學資源，如：當地特有種生物之活動行為，能促使學生認識在地生活環境，發現生活中既有的科學概念，提升學生的學習興趣，亦可協助學生建構系統化知識，提高知識理解程度，同時提升學生自信心、學習動機與成效，並能增進學生科學素養（洪萱芳等人，2019；Ambrosino & Rivera, 2022; Ma et al., 2022; Seroy et al., 2020）。因此將PBE與探究式教學結合可作為一種教學創新的方式。然而當今國內外結合PBE與探究式教學的科學教育研究較聚焦於生物、化學、地球科學領域，對於物理領域著墨較少，且國內研究對象多以偏鄉國小學生為主，有鑑於此，本研究探討以PBE為本的探究式教學模組，對偏鄉國中學生溫度與熱單元學習動機與成效之影響。

三、探究式教學

探究式教學是一種科學的思考方式，教師在學習情境中引導學生發現問題、認清問題所在、提出可能的假設、擬定可行的解決策略、選擇最佳方案，最後驗證假設獲得結論的一種歷程取向教學法（林建隆、徐順益，2007）。探究式教學注重學生思考歷程，讓學生成為學習過程的主角，在過程中主動建立自己的概念體系，而教師只是從旁協助、提供鷹架的引導者（Schwab & Brandwein, 1962）。Atkin與Karplus（1962）提出三段式學習環，引導學生經

過探索、概念發展與概念應用三個階段進行學習。後續學習環模式結合了建構主義的特性。Trowbridge與Bybee（1990）進而提出5E探究學習環模式，依序包含參與（engagement）、探索（exploration）、解釋（explanation）、精緻化（elaboration）及評鑑（evaluation）。Barry（2014）進一步提出6E教學模式，將工程實作的理念融入科學教學中，其步驟依序為：參與、探索、解釋、工程、豐富化與評鑑。其中Bybee等人（2006）提出5E探究學習環模式具有明確的實施步驟，各教學階段也條列了詳盡的實施規範，提供了一條能依循的系統化教學途徑，包含：

- （一）參與：教師透過提出問題或是演示活動，來引起學生好奇心，引導學生回想過去的學習經驗，教師再透過活動連結過去與現在的學習經驗，引出當前活動所探討的主題方向。
- （二）探索：學生透過先備經驗進行探索活動，教師則在活動中確認學生當前的概念，幫助學生使用先備知識產生新想法，並引導學生進行探索活動，促進學生產生概念改變。
- （三）解釋：學生將參與階段的思考歷程與探索階段的探索結果進行整合，並解釋他們對知識概念的理解。教師藉此澄清學生的概念，並加深學生對於概念的理解。
- （四）精緻化：教師給予學生挑戰機會，讓學生將解釋階段建構出來的概念應用於新情境中，透過新經驗讓學生擴充概念，發展出更深更廣的知識理解。
- （五）評鑑：評量學生是否理解課程的核心概念，並提供學生應用所學新概念的機會，使學生能瞭解自身進步情形，教師也能依照評量結果進行教學內容的修改。

此五個階段具有循環性，結束一輪教學後，可根據先前經驗進行修正來進行下一輪的教學，各階段皆有獨特的功能性。因此5E探究學習環模式具備課堂教學的實用性，常為教師實施探究教學之選擇。但過往的探究教學多聚焦於知識與能力的培養，較少著墨於學生的情意態度，然而當今十二年國民教育強調知識、能力與態度的整合，方能培養學生面對生活情境不可或缺的核心素養。有鑑於此，研究者結合Smith（2002）所提之PBE五項元素和Bybee等人（2006）所提出5E探究學習環模式，將PBE的地方情感融入5E探究學習環模式，發展PBE為本的探究式教學，引導學生同時進行知識、能力與態度的學習。以學生生活經驗、社區環境、地方文化為模組設計的起點，引導學生進行5E探究式學習。在參與階段，以學生熟悉的在地情境勾起學生的地方情懷，提升學生的學習興趣；在探索階段，引導學生探討社區中的生活議題，鼓勵學生自由思考、發表個人想法；在解釋階段，教師歸納延伸學生的答案，協助學生學習正確的科學定義與概念；在精緻化階段，引導學生應用學習內容於現實生活，並與地方文化、社區環境相關的生活實例連結；在評鑑階段，引導學生應用所學概念解決真實生活問題，開放式評量學生的概念理解程度，如表1所示。本研究後續探討此策略對偏鄉國中生在溫度與熱單元學習動機與成效之影響。

表1

PBE為本的探究式教學設計原則

PBE五項元素	5E探究學習環模式	PBE為本的探究式教學
1. 以學生的生活經驗為起點，去設計發展課程。	參與階段	以學生熟悉的在地情境勾起學生的地方情懷，提升學生的學習興趣。
2. 學生為知識的創造者，而非他人知識的消費者。	探索階段	引導學生探討社區中的生活議題，鼓勵學生自由思考、發表個人想法。
3. 學生對於地方的獨特情懷，是創造知識的基石。	解釋階段	教師歸納延伸學生的答案，協助學生學習正式的科學定義與概念。
4. 教師並非知識的傳授者，而是扮演學生學習知識的引導者、協助者。	精緻化階段	引導學生應用學習內容於現實生活，並與地方文化、社區環境相關的生活實例連結。
5. 學校與社區彼此相互參與，成為學習的合作夥伴。	評鑑階段	引導學生應用所學概念解決真實生活問題，開放式評鑑學生的概念理解程度。

四、溫度與熱

溫度與熱是自然科學的基礎概念，同時也是與日常生活相關聯的概念（蔡錕承、張欣怡，2011）。溫度與熱的現象在生活中隨處可見，但學生在學習此單元時仍遭遇許多的困難（Erickson, 1979）。學生在日常生活中的冷熱感受、日常對話內容皆有可能造成學生對溫度與熱單元的另有概念（Liu, 2011; Wisner & Amin, 2001）。Wong等人（2016）回顧過往的20篇實徵性研究，整理出學生在溫度與熱單元常見的另有概念：（一）熱量會存在物體中；（二）熱量是一種物質或是心理狀態；（三）熱量會像液體般流動；（四）熱量來自於燙的物體，而非來自於有溫度差的兩物體；（五）熱傳遞的條件為二物體直接接觸，或需要介質協助。有25-55%的學生難以將熱學概念與日常生活經驗進行連結（Chu et al., 2012）。隨著學生年級提升，認為科學思維與日常思維不一致的學生人數隨之變多（Adadan & Yavuzkaya, 2018）。研究發現師生互動與同儕合作有助於學生建立溫度與熱單元的概念，且科學實驗與探究教學能協助學生進一步的理解概念（鄭志鵬，2012；Hitt & Townsend, 2015; Isik & Alpaslan, 2018; Tanahoung et al., 2009）。目前國內外研究較聚焦於在溫度與熱單元進行探究實驗，鮮少將PBE和溫度與熱單元進行結合。故本研究實施以PBE為本的探究式教學模組，分析學生日常生活中常見的另有概念，設計溫度與熱單元教材，引導學生使用生活經驗進行探究學習，克服學生的另有概念，讓學生學習正確的溫度與熱單元概念，探討此教學模組對偏鄉國中生溫度與熱單元學習動機與成效之影響。

參、研究方法

一、研究設計

本研究採準實驗研究設計，以不同教學策略為自變項，研究樣本取自研究者服務之中部沿海某偏鄉國中的八年級學生，社區環境遍布魚塭與農田，學校班級均採取常態編班，實驗組及對照組各有一個班級，學生數各為11人及13人。實驗組由研究者任教，實施PBE為本的探究式溫度與熱單元教學模組；對照組為原班任教的自然科教師，實施現行教科書中的一般探究式教學。在教學前，實驗組與對照組學生皆先完成科學學習動機量表（Students' Motivation toward Science Learning, SMTSL）與溫度與熱成就測驗前測，兩組學生均使用4節課進行溫度與熱研究範圍學習，並於教師教學後1週內，進行SMTSL與溫度與熱成就測驗後測。後續將前後測的量表分數與測驗資料進行深入分析及比較，並輔以質性資料分析，藉由實驗組與控制組的比較，探討PBE為本的探究式教學在溫度與熱單元，對偏鄉國中學生學習動機與成效之影響。本研究之準實驗設計模式如表2所示。

二、教學情境

本研究對象為中部某所臨近海邊之偏鄉國中，全校學生約70人，原先社區環境皆以農田為主，家長以種植稻米、地瓜和蒜頭為主，學生常於夏季協助翻曬農作物，社區維持傳統的農村生活氛圍，而後遭遇地層下陷和颱風海水倒灌，較為鄰近海邊的區域出現許多濕地，部分家長改以魚塭進行水產養殖，如：虱目魚、烏魚，學生常於課餘時間協助家業，課堂學習意願較低、學業表現較差，約有五成的畢業生在國中教育會考取得待加強的自然科成績。本研究選取八年級兩個班級學生作為研究樣本，共24人，隨機選取一班作為實驗組，另一班為控制組，且兩班自然科學領域段考成績平均相近，學生資料如表3所示。

實驗組與控制組教師皆為中部某國立大學物理學系畢業，實驗組教師於大學時期每年前往教學場域見習、觀摩控制組教師之課堂教學，且藉由教育實踐計畫與控制組教師共備，熟悉

表2
準實驗研究設計模式

組別	動機量表 前測	成就測驗 前測	實驗處理	動機量表 後測	成就測驗 後測
實驗組	M ₁	O ₁	X ₁	M ₂	O ₂
控制組	M ₁	O ₁	X ₂	M ₂	O ₂

註：M₁、M₂為實驗處理前後實驗組與控制組之動機量表前測、後測成績；X₁、X₂分別為PBE為本的探究式教學、現行教科書中的一般探究式教學；O₁、O₂為實驗處理前後實驗組與控制組之成就測驗前測、後測成績。

表3
實驗組與控制組學生資料表

組別／班別	男生（人）	女生（人）	總人數
實驗組一八年忠班	5	6	11
控制組一八年孝班	4	9	13
總樣本	9	15	24

108課綱的教育理念，兩組教師皆實施以學生為本的探究式教學。其中實驗組教師熟悉PBE為本的探究式教學理論，熟悉在地特色以設計教學模組，教師基本資料如表4所示。

三、教學設計

當前國中自然科學領域教學時，皆依照108課綱所規劃之學習內容和學習表現進行課程規劃，強調探究教學的精神與方法（教育部，2018）。故本研究實驗組實施PBE為本的探究式教學，控制組則依教育部審定之翰林版教科書所規劃的探究提問、探討活動進行探究式教學，依照課本提供之探究提問、探討活動進行教學，包含：觸覺與視覺之冷熱錯覺、自製溫度計、冷熱咖啡熱量流動關係等。而實驗組的教學設計先行繪製溫度與熱單元概念圖與整理科學命題陳述，確立本研究教學範圍，透過PBE調查問卷瞭解研究場域中與熱學相關的知識，再以Smith（2002）所提出之PBE結合Bybee等人（2006）發展之5E探究學習環模式作為教材設計之理論基礎，發展PBE為本的探究式溫度與熱單元教學模組，詳述如下。

（一）「溫度與熱」單元概念圖與命題

1. 溫度與熱單元概念圖

研究者參照108課綱自然科學領域第四學習階段的學習內容，主題為：「能量的形式、轉換及流動」，次主題為：「溫度與熱量」，繪製溫度與熱單元概念圖。在編製過程與指導教授討論和修改，並請多位物理專家及資深理化老師進行專家審查。本研究之溫度與熱單元概念圖

表4
實驗組與控制組教師基本資料

項目	教學教師基本資料	
組別	實驗組	控制組
班別	八年忠班	八年孝班
性別	男	女
場域年資	5.5年	7年
教學策略	PBE為本的探究式教學	現行教科書之探究式教學

如圖1所示。

2. 溫度與熱單元科學命題陳述

研究者參照108課綱自然科學領域學習內容，並比對溫度與熱單元概念圖概念之間的關係，建立科學命題陳述，於每週與指導教授共同討論，並請一位資深理化老師進行審查，本研究之溫度與熱單元科學命題陳述如表5所示。

圖1
溫度與熱單元概念圖

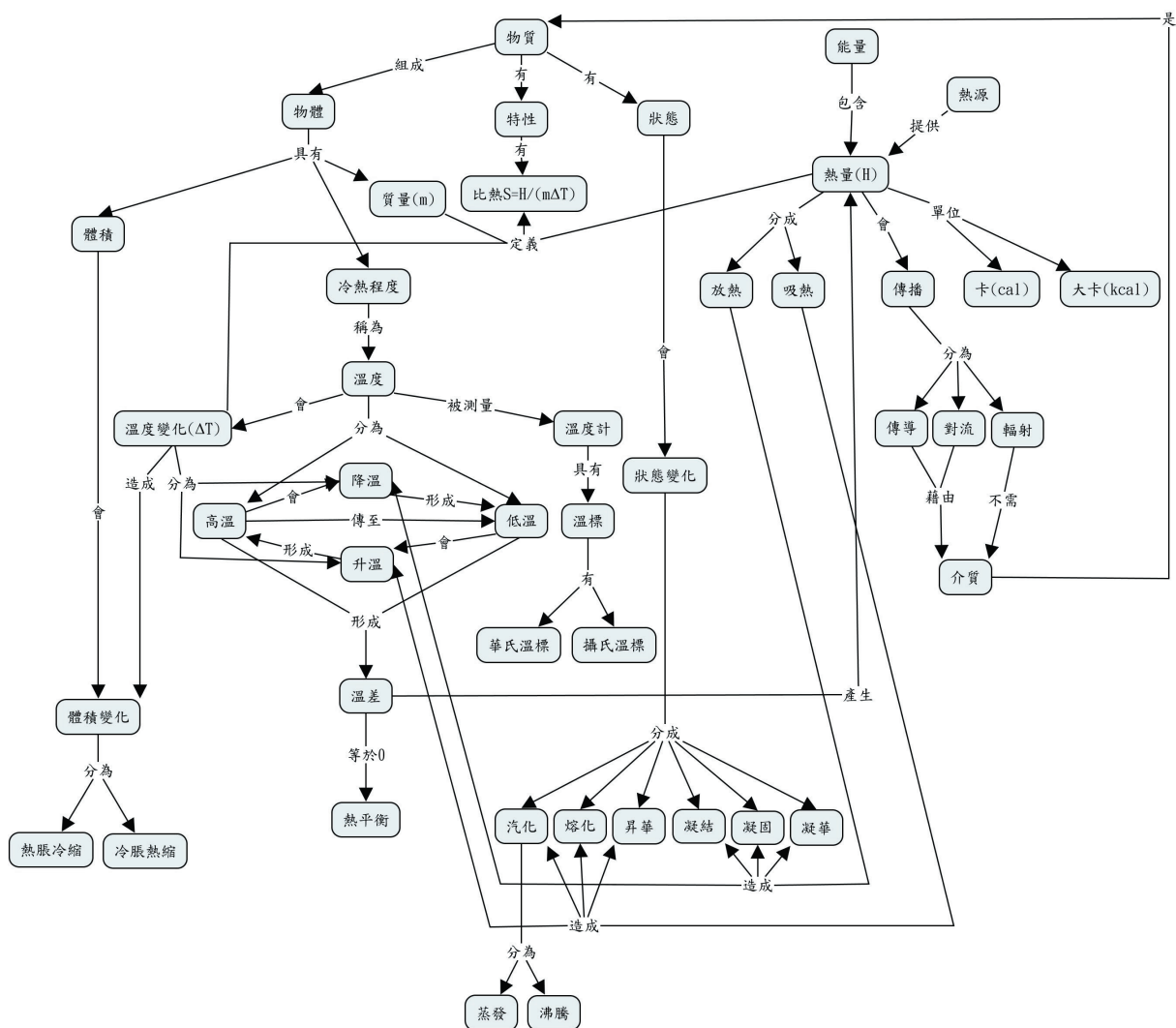


表5
溫度與熱單元科學命題陳述

命題類別	命題陳述
溫度與溫度計	1. 物質組成物體，而物體的冷熱程度稱為溫度。 2. 物體的冷熱程度可分為高溫及低溫，其中高溫可降溫形成低溫，低溫可升溫形成高溫。 3. 溫度計可測量到量化的溫度數值，並可用溫標來表示溫度高低，常見的溫標有攝氏溫標及華氏溫標。
熱量	4. 高溫物體與低溫物體接觸時，會形成溫差，此時由高溫處傳至低溫處的能量稱為熱量。 5. 熱量為一種能量，可由高溫的熱源提供。 6. 1公克的水溫度升高1°C所需的熱量，定義為1卡，1,000卡又稱為一大卡，皆為熱量的單位。 7. 兩物體溫度相同時，即達到熱平衡。
比熱	8. 比熱是一種物質的特性，定義為1公克的物質溫度上升1°C所需的熱量。 9. 比熱的關係式為：比熱 = $\frac{\text{熱量}}{\text{質量} \times \text{溫差}}$ 。

(二) PBE為本的探究式溫度與熱單元教學模組

1. PBE調查問卷

本研究依照Smith (2002) 所提出之PBE五項元素，分別以日常生活、在地特色、社區環境為主軸，自行設計PBE調查問卷，共有3個開放式問題。此份問卷完成後，經1位教授與1名資深教師審查具專家效度。問卷對象為研究場域中學習過溫度與熱單元的國三學生，填答人數共31人。以瞭解研究對象在日常生活中與溫度與熱的相關事務、研究場域與溫度與熱相關的地方文化與社區設施，提供為教學設計之參考。

2. PBE為本的探究式溫度與熱單元教學模組

本研究以Smith (2002) 所提之PBE五項元素和Bybee等人 (2006) 所提出5E探究學習環模式為教學設計之理論基礎，參照研究者自行發展之PBE為本的探究式教學設計原則，如表1所示，發展PBE為本的探究式溫度與熱單元教學模組，以學生的臨海生活經驗、社區魚塢環境、在地文化為模組設計的起點，引導學生進行5E探究式學習。在參與階段，以學生熟悉的魚塢情境，引起學生的學習興趣；在探索階段，引導學生共同討論真實的社區議題，如：在寒流來襲時如何保護社區魚塢所養殖的的虱目魚不會凍傷；在解釋階段，教師歸納延伸學生的答案，協助學生學習正確的溫度與熱概念；在精緻化階段，引導學生將所學概念與現實生活進行連結，如：引導學生運用所學的熱量的概念，澄清食物並不具有熱量；在評鑑階段，引導學生應用所學概念解決真實生活問題，評鑑學生溫度與熱概念的理解程度，如：運用比熱概念解釋日夜溫差變化的差異，評鑑學生的概念理解程度。PBE為本的探究式熱量概念教學部分教學活動如表6所示。

表6
PBE為本的探究式熱量概念教學部分教學活動

步驟	PBE為本的5E 探究教學步驟	教師活動	學生活動
1	參與 (社區環境)	1. 引導學生複習溫度概念： (1) 物體的冷熱程度稱為溫度； (2) 測量溫度的工具稱為溫度計。 2. 詢問在7°C的寒冷冬天裡，魚塢的溫度會如何變化？ 3. 追問學生，為何魚塢的溫度會下降呢？ 4. 說明魚塢因為熱量散失，導致溫度下降，而水溫低於10°C時，魚塢內生物便會凍傷。	1. 回憶溫度概念 2. 回答教師提出的問題 3. 繼續回答教師問題 4. 對學習產生興趣
2	探索 (社區環境)	5. 詢問學生，該如何避免魚塢熱量流失溫度下降，減少魚群凍傷的機會呢？ 6. 引導學生回憶魚塢環境進行思考。	5. 小組進行討論 6. 運用情境記憶回答問題
3	解釋 (社區環境)	7. 歸納補充學生的答案，發現魚塢內裝有加熱器，可提升魚塢水溫。 8. 介紹高溫的魚塢加熱器可提供熱量，使溫度較低的魚塢水溫提高，避免魚塢內生物凍傷。 9. 講解熱源的概念，並講解高溫的魚塢加熱器，可提供熱量，使低溫的魚塢水溫升高，避免魚塢內生物凍傷。	7. 小組進行討論，並上臺發表討論結果 8. 認識魚塢加熱器 9. 認真聆聽熱源的概念
4	精緻化 (生活經驗)	10. 引導學生思考高溫的熱源有多少熱量，酒精燈具有很多熱量嗎？ 11. 澄清物體內部沒有熱量，熱量只存在於高溫傳遞到低溫的過程，而食品包裝上所寫的熱量指的是食物被人體消化後所產生的能量。	10. 口頭發表答案 11. 釐清本單元中常見的另有概念
5	評鑑 (生活經驗)	12. 詢問炙熱的太陽每天傳遞很多熱量到地球，提供人類生存所需的能量，所以太陽具有很多熱量？ 13. 使用聲音來類比熱量，喉嚨沒有聲音、耳朵沒有聲音，聲音只存在於傳遞的過程，而高溫的物體沒有熱量、低溫的物體沒有熱量，熱量只存在於高溫傳遞到低溫的過程。	12. 口頭發表答案 13. 統整課堂所學概念

四、研究工具

(一) SMTSL

本研究採用Tuan等人(2005)發展的SMTSL，此問卷共35題，採用Likert五等量表，探討學習動機的六個向度，包含：SE 7題、ALS 8題、SLV 5題、PG 4題、AG 5題、LES 6題。原研究之施測對象為中部地區之七年級至九年級的1,407位學生，與本研究對象背景相同，其Cronbach's α 係數值為 .91，各向度之Cronbach's α 係數值介於 .70-.87之間。本研究正式施測Cronbach's α 值為 .93。

(二) 溫度與熱成就測驗

本成就測驗依據溫度與熱單元科學命題陳述進行設計，如表7所示，並依照試題認知階層進行分類，列出本成就測驗的雙向細目表，如表8所示，以此建構本測驗之內容效度，此份試題完成後經1位物理系教授與2位資深理化教師進行審查具專家效度。本工具考量場域施測時間因素，共計選擇題14題，皆為4個選項的單選題，且前後測間隔1個月，能降低記憶效應之干擾。本研究正式施測Cronbach's α 值為 .81，各試題難度介於0.33–0.75之間，鑑別度介於0.33–1.00之間，皆符合試題之選擇標準。

表7
溫度與熱單元科學命題陳述與成就測驗試題對照表

命題類別	命題陳述	題號
溫度與溫度計	物質組成物體，而物體的冷熱程度稱為溫度。	1、2
	物體的冷熱程度可分為高溫及低溫，其中高溫可降溫形成低溫，低溫可升溫形成高溫。	2
	溫度計可測量到量化的溫度數值，並可用溫標來表示溫度高低，常見的溫標有攝氏溫標及華氏溫標。	1、3
熱量	高溫物體與低溫物體接觸時，會形成溫差，此時由高溫處傳至低溫處的能量稱為熱量。	4、7、8、11
	熱量為一種能量，可由高溫的熱源提供。	9
	1公克的水溫度升高1°C所需的熱量，定義為1卡，1,000卡又稱為一大卡，皆為熱量的單位。	6、9
	兩物體溫度相同時，即達到熱平衡。	5、7、8、11
比熱	比熱是一種物質的特性，定義為1公克的物質溫度上升1°C所需的熱量。	10、12、13、14
	比熱的關係式為：比熱 = $\frac{\text{熱量}}{\text{質量} \times \text{溫差}}$ 。	10、12、13、14

表8
溫度與熱雙向細目表

命題類別	認知歷程層面				合計
	記憶	理解	應用	分析	
溫度與溫度計	1、2	3			3
熱量	4、5	7、8、9	6、11		7
比熱	10	12	13	14	4
整份測驗總題數	5	5	3	1	14

(三) 半結構式晤談大綱

以SMTSL及溫度與熱成就測驗為基準，進行半結構式晤談，以動機量表分數最高或進步最多、成就測驗前後測達顯著差異的題目進行詢問，並根據學生的回答做進一步延伸晤談。

五、資料蒐集與分析

(一) 量化資料蒐集與分析

在實施溫度與熱單元教學前後，分別進行SMTSL和溫度與熱成就測驗的前、後測，以SPSS.20進行描述性統計，再以前測為共變項進行共變數分析，瞭解實驗組與控制組學生的學習動機與成效之改變情形。

1. SMTSL：共35題單選題，每題有5個選項，採用Likert五等量表統計。
2. 溫度與熱成就測驗：共14題單選題，每題有4個選項。答對標示為1，答錯標示為0。

(二) 質性資料蒐集

在PBE為本的探究式教學過程中，研究者分別蒐集課堂錄影、學生學習單、教師反思日誌與觀課紀錄表。於結束教學後二週內，由研究者與實驗組全部學生進行一對一半結構式晤談，並錄音留下晤談紀錄：

1. 課堂錄影：教室架設攝影機，記錄教師教學內容、學生學習狀態、師生間互動歷程，共4部影片。
2. 學生學習單：學生以個人為單位，填寫溫度與熱各章節的學習單，共11份。
3. 教師反思日誌：研究者針對學生學習情形、本教學策略實際施行之優點與困難處進行個人反思，共4篇。
4. 觀課紀錄表：觀察教師教學歷程、學生學習情形和師生互動過程，並佐附具體事實描述，共6份。
5. 半結構式晤談紀錄：以動機量表和成就測驗題目進行詢問，並根據學生的回答延伸晤談，共11段音檔。

(三) 質性資料編碼與分析

1. 資料編碼

研究者研讀所有質性資料，將課堂錄影、學生學習單、教師反思日誌、觀課紀錄表與半結構式晤談紀錄進行分類與編碼。質性資料編碼方式如表9所示。

2. 質性資料分析

本研究將質性資料轉錄成原案，再依照開放性編碼的方式進行分析，不斷來回細讀與分析，將資料依據現有的動機向度、命題概念類別進行檢視和分類，並不斷與新資料作比較，歸納形成研究發現的主張，以回答本研究待答問題，本研究的編碼分析範例如表10所示。

最後以「資料來源」和「人員」的三角校正進行分析。「資料來源」的三角校正利用不同的資料來源蒐集資料，提供不同的分析層次，如：課堂錄影能觀察課堂互動細節、反思日誌能呈現教學者內心感受與想法，晤談紀錄能呈現學生的內在思考歷程，確認資料的一致性，並提升本研究主張的完整性。「人員」的三角校正則透過不同的人員蒐集資料，如：研究者、學生、觀課教師，提供不同的觀察視角，降低研究者的主觀性，進而確認資料的一致性，並提供

表9
質性資料編碼方式

資料來源	編碼代號	編碼意義
課堂錄影	錄-221207	2022年12月7日教室錄影錄音資料
學生學習單	單-22120703	2022年12月7日3號學生學習單
教師反思日誌	師-221221	2022年12月21日教師反思日誌
觀課紀錄表	觀-22121405	2022年12月14日5號教師觀課紀錄表
半結構式晤談紀錄	晤-23011807	2023年1月18日7號學生晤談紀錄

表10
熱量概念編碼範例

類別	次類別	實例
熱量	有溫差的兩物體接觸時，熱量會由高溫處傳至低溫處。	T：煮熟土窯內的地瓜所需的熱量從哪來？ S3：高溫的土壤會把熱量，傳給低溫的地瓜。
	熱量為一種能量，可由高溫的熱源提供。	教師說明高溫的魚塢加熱器可提供熱量，使溫度較低的魚塢水溫提高，避免魚塢內生物凍傷。
	兩物體溫度相同時，即達到熱平衡。	T：你認為我們課堂中哪部分內容，讓你學到科學概念呢？ S05：冷熱豆米漿的實驗。 T：這個實驗如何讓你學到什麼呢？ S05：發現高溫的米漿跟低溫的豆漿混在一起，溫度會一致。

深入探討不同面向的可能性。本研究將所取得的質性資料包含課堂錄影、學生學習單、教師反思日誌、觀課紀錄表與半結構式晤談紀錄，進行交叉檢核，再與量化資料進行相互驗證，進行質性資料分析的三角校正，本研究進行開放性編碼後，建立初步的編碼準則，再由兩位物理教育專家獨立進行編碼，評分者一致性考驗為 .91。資料來源的三角校正範例，如表11所示。

肆、研究結果

一、PBE為本的探究式教學之實驗組學生學習動機顯著優於控制組

(一) 量化資料分析

1. 實驗組與控制組動機量表前測獨立樣本t檢定

本研究以動機量表前測進行獨立樣本t檢定，瞭解實驗組與控制組學生在溫度與熱單元教學前學習動機差異情形。結果顯示，兩組學生在溫度與熱單元教學前學習動機沒有顯著差異 ($t = 1.338, p > .05$)，如表12所示。

再以動機量表前測各向度進行獨立樣本t檢定，結果顯示兩組學生在教學前，SE、ALS、SLV、PG、AG和LES各學習動機向度均沒有顯著差異 ($p > .05$)，如表13所示。

2. 實驗組與控制組動機量表後測共變數分析

溫度與熱單元教學後，以教學策略為自變項，且兩組學生在溫度與熱單元教學前學習動

表11
資料來源的三角校正範例

教學反思日誌	課堂錄影	半結構式晤談紀錄
在課堂的一開始使用魚塢養殖的社區實例，發現很多學生都有協助家裡魚塢工作的經驗，成功引起學生的共鳴，提升學習動機，讓他們覺得學習課堂內容是有意義的。	T：請問在魚塢養殖中，適合烏魚生存的溫度是幾°C？ S07：大概25°C吧。 T：其實呀，烏魚適合生存的水溫12-32°C，而適合發育的水溫為20-28°C。 S07：難怪，我們家冬天比較少進行養殖。	T：你認為我們課堂中哪部分內容，讓你覺得學習理化很重要呢？ S12：魚塢那個啊。就魚可以活著的水溫。 T：所以這個活動對你有什麼幫助呢？ S12：可以讓魚塢養殖的魚不會死掉。

表12
實驗組與控制組動機量表前測獨立樣本t檢定

項目	實驗組 (N = 11)		控制組 (N = 13)		t值	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差	平均數	標準差		
動機量表前測	3.62	.55	3.37	.33	1.338	.195

機沒有顯著差異，以及組間的迴歸係數同質性檢定 ($F = 0.171, p > .05$)、變異數同質性檢定 ($F = 2.767, p > .05$) 亦無顯著差異，故可將動機量表前測作為共變數、動機量表後測為依變項進行共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其學習動機顯著優於以現行教科書進行探究式教學的控制組 ($F = 5.492, p < .05$)，如表14所示。

實驗組與控制組的動機量表後測平均數與標準差，如表15所示。可發現實驗組各向度後測平均皆高於控制組。

3. 實驗組與控制組動機量表後測各向度共變數分析

本研究的兩組學生在溫度與熱單元教學前，學習動機各向度均沒有顯著差異，故將動機量表各向度前測作為共變數、動機量表各向度後測為依變項，依照動機量表六個向度各自進行後測共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其SLV、LES向度顯著優於控制組，分述如下。

表13
實驗組與控制組動機量表前測分向度獨立樣本t檢定

量表向度	實驗組 (N = 11)		控制組 (N = 13)		t值	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差	平均數	標準差		
SE	3.40	.67	2.92	.43	2.023	.055
ALS	3.85	.69	3.48	.55	1.405	.174
SLV	3.82	.68	3.45	.49	1.487	.151
PG	3.05	.82	2.94	.57	0.345	.734
AG	3.67	.70	3.78	.69	-0.378	.709
LES	3.76	.59	3.63	.54	0.539	.595

表14
實驗組與控制組動機量表後測共變數分析

來源	型III平方和	df	平均平方和	F	顯著性
校正後的模式	3.124 ^a	2	1.562	15.604	.000
截距	0.759	1	0.759	7.582	.012
前測總分	1.794	1	1.794	17.926	.000
教學策略	0.550	1	0.550	5.492*	.029
誤差	2.102	21	0.100		
總數	305.914	24			
校正後的總數	5.226	23			

註：^a $R^2 = .598$ (調過後的 $R^2 = .559$)；* $p < .05$ 。

表15
實驗組與控制組動機量表後測平均數與標準差

量表向度	實驗組 (N = 11)		控制組 (N = 13)	
	平均數	標準差	平均數	標準差
SE	3.51	.56	3.08	.41
ALS	3.97	.54	3.39	.60
SLV	4.20	.54	3.46	.54
PG	3.16	.91	3.10	.53
AG	3.84	.71	3.51	.54
LES	3.95	.64	3.40	.54
總量表	3.79	.47	3.32	.33

(1) SLV

本向度主要瞭解學生是否擁有正向的SLV，包含探究解決問題的能力、發現科學與日常生活的關聯性。在溫度與熱單元教學後共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其SLV顯著優於控制組 ($F = 7.831, p < .05$)，如表16所示。

(2) LES

本向度主要瞭解學生是否擁有正向的科學學習環境，包含教室環境、教學設計、師生互動。在溫度與熱單元教學後共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其LES顯著優於控制組 ($F = 4.689, p < .05$)，如表17所示。

綜上所述，經溫度與熱單元教學後，採PBE為本的探究式教學之實驗組，其整體學習動機顯著優於控制組，且SLV和LES分量表亦顯著優於控制組。與洪萱芳等人 (2016) 研究觀點相符，將學生日常經驗融入教學模組設計，對於偏鄉學生的學習動機有正向影響。

表16
實驗組與控制組SLV向度後測共變數分析

來源	型III平方和	df	平均平方和	F	顯著性
校正後的模式	6.598 ^a	2	3.299	19.023	.000
截距	1.384	1	1.384	7.981	.010
前測總分	3.349	1	3.349	19.310	.000
教學策略	1.358	1	1.358	7.831*	.011
誤差	3.642	21	0.173		
總數	356.800	24			
校正後的總數	10.240	23			

註：^a $R^2 = .644$ (調過後的 $R^2 = .610$)；* $p < .05$ 。

表17
實驗組與控制組LES向度後測共變數分析

來源	型Ⅲ平方和	df	平均平方和	F	顯著性
校正後的模式	3.929 ^a	2	1.965	6.561	.006
截距	1.644	1	1.644	5.492	.029
前測總分	2.083	1	2.083	6.958	.015
教學策略	1.404	1	1.404	4.689*	.042
誤差	6.288	21	0.299		
總數	330.176	24			
校正後的總數	10.217	23			

註：^a $R^2 = .385$ （調過後的 $R^2 = .326$ ）；* $p < .05$ 。

（二）質性資料分析主張

此部分將質性資料進行分析，包含課堂錄影、學生學習單、教師反思日誌、觀課紀錄表與半結構式晤談紀錄，不斷來回細讀，依據現有的動機向度進行檢視和分類，並不斷與新資料作比較，歸納形成研究發現的主張，探討PBE為本的探究式教學對偏鄉國中學生學習動機之影響。

1. 在PBE為本的探究式教學中融入社區常見的魚塢情境，介紹烏魚適合的生存溫度和成長溫度，使學生理解學習溫度與熱概念對當地魚塢養殖的重要性

T：你認為我們課堂中哪部分內容，讓你覺得學習理化很重要呢？

S12：魚塢那個部分，有提到可以讓魚可以活著的水溫。（晤-23011812）

T：請問在魚塢養殖中，適合烏魚生存的溫度是幾度呢？

S07：大概25°C吧。

T：烏魚適合生存的水溫12–32°C，而適合發育的水溫為20–28°C。

S07：難怪，我們家冬天比較少進行養殖。（錄-221207）

在課堂的一開始使用魚塢養殖的社區實例，發現很多學生都有協助家裡魚塢工作的經驗，成功引起學生的共鳴，提升學習動機，讓他們覺得學習課堂內容是有意義的。（師-221207）

2. 在課堂中進行社區水餃店加熱水的探究實驗，探討煮沸不同水量的20°C常溫水至100°C所需的時間差異，滿足學生日常生活中的好奇心

T：今天如果OO開了一家水餃店，使用相同熱源煮沸1公升的常溫水需要5分鐘，那煮沸2公升的常溫水需要多少時間呢？

S07：還是5分鐘啊。

S02：才不是咧，是10分鐘。

T：那我們一起做實驗尋找這個問題的答案吧。（錄-221214）

T：在理化課堂中，哪些課堂活動可以引起你的好奇心呢？

S08：加熱水的那個實驗，我之前一直以為時間會一樣。

T：所以你現在知道熱源相同，加熱時間跟質量的關係嗎？

S08：對，水越多，加熱要越久。（晤-23011808）

學習單問題：

小翔使用瓦斯爐大火加熱1公升的20°C常溫水，使其煮沸至100°C需要5分鐘，若使用相同的瓦斯爐大火加熱2公升的20°C常溫水，使其煮沸至100°C需要幾分鐘呢？

S11（實驗前）：一樣5分鐘啊。

S11（實驗後）：水×2，時間×2，所以是10分鐘。（單-221214）

3. 在進行熱平衡的概念教學時，善用學生常見的熱米漿和冰豆漿進行混合觀察混合後的溫度，以生活實例作為提升學習的誘因

T：今天有50°C剛煮好的米漿，跟冰在冰箱10°C的豆漿，請問若將相同質量的豆漿跟米漿進行混和，豆米漿的最終溫度會是幾°C呢？

S03：應該會一樣，都是30°C。（錄-221221）

學生上學途中都會順路買早餐，而且部分學生有乳糖不耐症，對於米漿跟豆漿的接觸機會比較多，在課堂使用這個例子時，學生的反應比較熱烈，也比較容易將熱平衡的概念跟生活結合。（師-221221）

T：課堂中哪部分內容，讓你覺得理化內容很有趣呢？

S03：豆漿在混合的時候，溫度會變化！

T：你有發現課堂中的內容有何不同嗎？

S03：都是生活中的東西！（晤-23011803）

綜上所述，PBE為本的探究式教學以學生生活經驗作為學習的起點，善用偏鄉學生熟悉的臨海生活實例和在地魚塢情境，提升學生在溫度與熱單元的LES；在課堂中親自操作豆米漿混

合的探究實驗，將熱平衡概念與日常生活進行連結，促進學生理解溫度與熱概念的重要性，提升學生的SLV。上述質性分析結果，在LES和SLV向度與量化結果相符，PBE為本的探究式教學能善用學生對地方的獨特情懷，提升學生的LES，並引導學生發現生活中蘊藏的溫度與熱概念，促進學生的SLV。本研究結果與Ma等人（2022）研究相同，在教學模組中結合學校附近的生活環境，讓學生主動探討當地社區議題，讓學生更加認識在地生活環境，也提升學生參與科學學習的意願。

二、PBE為本的探究式教學之實驗組學生學習成效顯著優於控制組

（一）量化資料分析

1. 實驗組與控制組成就測驗前測獨立樣本*t*檢定

本研究以成就測驗前測進行獨立樣本*t*檢定，瞭解實驗組與控制組學生在溫度與熱單元教學前學習成效差異情形。結果顯示，兩組學生在溫度與熱單元教學前學習成效沒有顯著差異（ $t = 1.109, p > .05$ ），如表18所示。

再以成就測驗前測各命題類別進行獨立樣本*t*檢定，結果顯示兩組學生在教學前，溫度與溫度計、熱量、比熱各命題類別均沒有顯著差異（ $p > .05$ ），如表19所示。

表18
實驗組與控制組成就測驗前測獨立樣本*t*檢定

項目	實驗組 ($N = 11$)		控制組 ($N = 13$)		<i>t</i> 值	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差	平均數	標準差		
成就測驗前測總分	4.82	1.40	4.08	1.69	1.109	.279

註：成就測驗共14題單選題，答對1題計1分，滿分14分。

表19
實驗組與控制組成就測驗前測各命題類別獨立樣本*t*檢定

命題類別	實驗組 ($N = 11$)		控制組 ($N = 13$)		<i>t</i> 值	顯著性 (雙尾)
	平均數	標準差	平均數	標準差		
溫度與溫度計	1.18	0.75	1.38	0.77	-0.651	.522
熱量	2.45	1.37	1.69	0.85	1.664	.110
比熱	1.18	0.75	1.00	0.91	0.526	.604

註：溫度與溫度計3題、熱量7題、比熱4題，各題皆為1分。

2. 實驗組與控制組成就測驗後測共變數分析

溫度與熱單元教學後，以教學策略為自變項，且兩組學生在溫度與熱單元教學前學習成效沒有顯著差異，以及組間的迴歸係數同質性檢定 ($F = 3.659, p > .05$)、變異數同質性檢定 ($F = 1.387, p > .05$) 亦無顯著差異，故可將成就測驗前測作為共變數、成就測驗後測為依變項進行共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其學習成效顯著優於以現行教科書進行探究式教學的控制組 ($F = 16.107, p < .05$)，如表20所示。

實驗組與控制組的成就測驗原始後測總分平均與標準差，如表21所示。可發現實驗組後測原始總分高於控制組。

3. 實驗組與控制組成就測驗後測各命題類別共變數分析

本研究的兩組學生在溫度與熱單元教學前，各命題類別之學習成效均沒有顯著差異，故將成就測驗各命題類別前測作為共變數、成就測驗各命題類別後測為依變項，以下依照本研究的三個命題類別各自進行後測共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其溫度與溫度計和熱量命題類別顯著優於控制組。

(1) 溫度與溫度計

本命題類別主要陳述物體的冷熱程度稱為溫度，且溫度計可測量到量化的溫度數值。在溫

表20
實驗組與控制組成就測驗後測共變數分析

來源	型Ⅲ平方和	df	平均平方和	F	顯著性
校正後的模式	187.377 ^a	2	93.688	19.983	.000
截距	41.073	1	41.073	8.761	.007
前測總分	68.774	1	68.774	14.669	.001
教學策略	75.516	1	75.516	16.107 ^{***}	.001
誤差	98.457	21	4.688		
總數	2054.000	24			
校正後的總數	285.833	23			

註：^a $R^2 = .656$ (調過後的 $R^2 = .623$)；^{***} $p \leq .001$ 。

表21
實驗組與控制組成就測驗後測總分平均數與標準差

項目	實驗組 (N = 11)		控制組 (N = 13)	
	平均數	標準差	平均數	標準差
成就測驗後測總分	11.00	1.21	6.54	3.41

度與熱單元教學後共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其溫度與溫度計之學習成效顯著優於控制組（ $F = 7.349$ ， $p < .05$ ），如表22所示。

(2) 熱量

本命題類別主要陳述高溫物體與低溫物體接觸時，由高溫處傳至低溫處的能量稱為熱量，其單位為卡，且兩物體溫度相同時，即達到熱平衡。在溫度與熱單元教學後共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其熱量學習成效顯著優於控制組（ $F = 13.653$ ， $p < .05$ ），如表23所示。

4. 實驗組之後測學習動機與學習成效相關分析

在溫度與熱單元教學後，以實驗組後測的學習動機與學習成效進行相關分析。結果顯示，實驗組學習動機與學習成效達顯著的正相關（Spearman係數 = .691， $p < .05$ ），如表24所示。

表22
實驗組與控制組溫度與溫度計學習成效後測共變數分析

來源	型Ⅲ平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	顯著性
校正後的模式	6.004 ^a	2	3.002	4.730	.020
截距	10.591	1	10.591	16.686	.001
前測總分	2.084	1	2.084	3.283	.084
教學策略	4.665	1	4.665	7.349*	.013
誤差	13.329	21	0.635		
總數	100.000	24			
校正後的總數	19.333	23			

註：^a $R^2 = .311$ （調過後的 $R^2 = .245$ ）；* $p < .05$ 。

表23
實驗組與控制組熱量學習成效後測共變數分析

來源	型Ⅲ平方和	<i>df</i>	平均平方和	<i>F</i>	顯著性
校正後的模式	52.357 ^a	2	26.179	8.943	.002
截距	83.236	1	83.236	28.433	.000
前測總分	1.447	1	1.447	0.494	.490
教學策略	39.969	1	39.969	13.653***	.001
誤差	61.476	21	2.927		
總數	582.000	24			
校正後的總數	113.833	23			

註：^a $R^2 = .460$ （調過後的 $R^2 = .409$ ）；*** $p \leq .001$ 。

表24
實驗組後測學習動機與學習成效相關分析

Spearman係數	學習動機		
	相關係數	顯著性（雙尾）	個數
學習成效	.691	.018	11

綜上所述，經溫度與熱單元教學後，採PBE為本的探究式教學之實驗組，其整體學習成效顯著優於控制組，且溫度與溫度計和熱量概念之學習成效亦顯著優於控制組，雖比熱學習成效未達統計上的顯著差異，但實驗組整體學習動機與學習成效呈顯著的正相關。符合尤儷儒與郭丁熒（2021）之研究結果，偏鄉學校國中生的學習動機與學習成就有顯著正相關，因此只要提升學習動機，便可增進其學習成效。

（二）質性資料分析主張

此部分將質性資料進行分析，包含課堂錄影、學生學習單、教師反思日誌、觀課紀錄表與半結構式晤談紀錄，不斷來回細讀，依據現有的命題概念類別進行檢視和分類，並不斷與新資料作比較，歸納形成研究發現的主張，探討PBE為本的探究式教學對偏鄉國中學生學習成效之影響。

1. 學生能透過親身感官體驗理解物體的冷熱程度即是溫度

在PBE為本的探究式教學中，鼓勵學生發表如何在生活中判斷出哪一杯是冰豆漿或熱豆漿，讓學生經由充分地分享跟討論，發現物體的冷熱程度即為溫度，且冷跟熱不會獨立存在。

學習單問題：

今天自己一人前往早餐店，看到店員預先做好很多大杯的豆漿，但因為每杯都有封膜，無法從外表判斷哪杯是冰豆漿、哪杯是熱豆漿，請問你該如何正確挑選出熱豆漿呢？

S10：用手摸看看冷熱。（單-221207）

T：如果今天OO不能很喝很燙的飲料，該如何描述他想喝到的冷熱程度？

S11：說冰豆漿或是熱豆漿就可以啦。

T：那有沒有更具體的描述方式呢？

S07：微冰、少冰、正常冰。

T：其實呀，物體的冷熱程度就是溫度，冷跟熱只是溫度的不同而已。（錄-221207）

學生在課堂中常使用這東西很熱或摸起來冰冰的日常口語來回答問題，容易產生冷度或熱度

的另有概念，教師需要強調冷跟熱只是物體溫度的不同，並引導學生習慣使用精確的科學用語。（師-221207）

2. 學生能操作溫度計正確測量物體客觀的溫度數值

教師引導學生親自操作不同高低溫度的感覺疲勞實驗，讓學生發現每個人對冷熱的主觀感受不同，無法正確推斷當下室溫，所以需要透過溫度計測量物體客觀量化的溫度數值。

T：你認為我們課堂中哪部分內容，讓你學到科學概念呢？

S07：冷熱那個，一邊左手是冷、另一邊右手是熱。

T：這個實驗如何讓你學到什麼呢？

S07：手的感覺會騙人！

T：那如何知道正確的水溫呢？

S07：利用溫度計。（晤-23011807）

T：請小組同學同時將左手置於熱水、右手置於冷水，最後同時將兩隻手放入常溫水中，結束後發表自己左右手的冷熱感受。

S11：左手冷、右手熱。

T：我們的左右手放在同一盆水中，水溫是一樣的。

S12：那我的手怎麼感覺不一樣？

T：這其實是感覺疲勞的呈現，每個人的冷熱感受是主觀的，需要透過科學儀器才能客觀地測量溫度。（錄-221207）

每位學生的冷熱感受不同，在相同室溫時，有學生覺得冷、有學生覺得熱，但學生常主觀地利用自身冷熱感受去推斷當下的室溫，因此需要讓學生學習使用溫度計，瞭解科學精神客觀性的重要。（師-221207）

3. 學生能將熱源概念應用於社區魚塭情境，維護養殖的魚群不會凍傷

在PBE為本的探究式教學中，教師善用學生的在地記憶，讓學生發現社區中的魚塭加熱器可提供熱量，提升魚塭的水溫，使養殖的魚群不會凍傷，協助學生將熱源的概念應用於真實社區環境。

T：寒流來襲，口湖的溫度急降至 10°C 以下，該如何避免魚塭熱量流失溫度下降，減少魚群凍傷的機會呢？

S12：我家是用擋風網加上擋風牆，魚的存活率比較高。

T：如果寒流持續很久，魚塭的水溫會持續下降，那該怎麼辦？

S12：用那個加熱器，可以讓水溫溫的。

T：對，高溫的魚塭加熱器可以提供熱量使魚塭的水溫升高，這是熱源的一種。（錄-221214）

T：你認為我們課堂中哪部分內容，讓你學到科學概念呢？

S08：魚塭那個加熱器、熱源，把魚塭的溫度升高。

T：你覺得學會熱源的概念有什麼幫助嗎？

S08：這個對養魚的很重要，社區中很多人養魚。（晤-23011808）

授課教師利用在地新聞，引導學生思考在該如何在寒流來時，維持魚塭的魚避免凍傷，多方肯定和鼓勵學生，提升學生學習興趣，並適時歸納與引導學生學習熱源概念。（觀-22122105）

4. 學生能理解熱量是高溫物體傳遞至低溫的過程中產生的能量

教師在課堂中引導學生思考赤熱的太陽是否具有很多熱量，並利用聲音傳遞到耳朵的例子類比熱量概念，讓學生理解熱量是高溫物體傳遞至低溫的過程中產生的能量，澄清學生常有的熱質說另有概念。

T：太陽每天東升西落，陽光提供人類生存所需的能量，所以太陽具有很多熱量？

S12：對啊，陽光都曬到我皮膚發紅了。

T：那請問你講話的時候，喉嚨跟耳朵裡面有沒有聲音？

S12：當然也有啊。

T：那你耳朵裡面不就一直藏了很多聲音？

S12：應該沒有吧。

T：所以呀，喉嚨跟耳朵都沒有聲音、聲音只存在傳遞的過程中，而熱源跟物體有相同的道理，內部皆不具有熱量，熱量只存在傳遞的過程中。（錄-221214）

T：你認為我們課堂中哪部分內容，讓你印象最深刻？

S12：那個應該是熱量。

T：是什麼原因讓你覺得？

S12：之前都覺得食物裡面有很多熱量，但這裡學的不一樣。

T：那你有弄懂國一跟國二學的熱量差別在哪嗎？

S12：一個是生物代謝的能量，這個是將熱量傳給低溫的物體。（晤-23011812）

在進行熱量概念教學時，學生常常說洋芋片的熱量有多少，跟這個章節所提的熱量概念混淆，產生熱質說的另有概念，教師需要特別強調生物課跟理化課所提的熱量概念不同，並利用聲音的傳遞進行類比，學生才比較容易理解這個單元所提的熱量概念。（師-221214）

5. 學生能利用不同溫度的豆米漿混合之生活實例理解熱平衡概念

教師在課堂中以生活中常見的豆米漿，引導學生進行探究實驗，讓學生觀察到高溫的米漿跟低溫的豆漿均勻混合後溫度會一致，且混合後的溫度會介於高溫跟低溫之間，成功習得熱平衡的概念。

T：今天有 50°C 剛煮好的米漿，跟冰在冰箱 10°C 的豆漿，請問若將相同質量的豆漿跟米漿進行混和，豆米漿的溫度會是幾 $^{\circ}\text{C}$ 呢？

S10：大概 $20-30^{\circ}\text{C}$ 吧。

T：那我們實際操作實驗觀察結果吧。

（實驗操作後）

S10：混合後大約 28.1°C 。

T：不同溫度的物體在接觸後，熱量會自高溫處流向低溫處，最後兩物體溫度會相同，且不再改變，這就是熱平衡的概念。（錄-221221）

學習單問題：今天OO買了一杯剛煮好的 50°C 米漿，又買了一杯放在冰箱裡的 10°C 豆漿，可是OO今天想喝豆米漿，於是將二杯一樣質量的豆漿跟米漿混合，請問混合後的豆米漿溫度會是幾 $^{\circ}\text{C}$ 呢？（假設過程中熱量皆無散失）

S05： $50^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} = 60^{\circ}\text{C}$ ， $60^{\circ}\text{C} \div 2 = 30^{\circ}\text{C}$ （單-221221）

T：你認為我們課堂中哪部分內容，讓你學到科學概念呢？

S05：冷熱豆米漿的實驗。

T：這個實驗如何讓你學到什麼呢？

S05：發現高溫的米漿跟低溫的豆漿混在一起，溫度會一致。

T：那混合後的溫度會如何變化？

S05：介於中間不會超出去！

T：所以這是什麼概念呢？

S05：熱平衡！（晤-23011805）

綜上所述，PBE為本的探究式教學以學生在地情境為教學模組設計的起點，善用偏鄉學生的生活實例、魚塢情境和臨海文化，能引導學生發現日常生活中蘊藏的溫度與溫度計概念，透

過生活實例跟魚塭情境習得熱量跟熱平衡概念，並運用比熱概念解釋生活中的自然現象，讓學生進一步認識其日常生活的地方環境，建立一條學習適應的橋梁，讓學生易於理解溫度與熱概念，並澄清學生常有的另有概念，建構正確的溫度與熱概念，將所學與現實生活進行連結，整體提升偏鄉學生在溫度與熱單元的學習成效。與洪萱芳等人（2019）和Ambrosino與Rivera（2022）研究結果一致，以地方為背景的教學框架，能提供學生一個學習適應的橋梁，有助於提升學習成效。上述質性分析結果，在溫度與溫度計、熱量命題概念與量化結果相符，PBE為本的探究式教學能有效提升實驗組學生的概念理解程度。

伍、結論與建議

一、結論

根據本研究之待答問題，本節分別探討PBE為本的探究式教學之實驗組的學習動機與學習成效是否優於控制組及其影響。

（一）PBE為本的探究式教學能提供LES、促進SLV，提升學生學習動機

本研究以教學策略為自變項，SMTSL前測分數為共變數、後測分數為依變項進行單因子共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其整體學習動機顯著優於控制組，且SLV和LES分量表亦顯著優於控制組。

在課堂中引導學生探討社區中的生活議題，能提供學生在溫度與熱單元的LES；在課堂中進行結合真實情境的探究實驗，將溫度與熱概念與地方文化、社區環境的實例進行連結，引導學生主動探討當地社區議題，讓學生更加認識在地生活環境，促進學生參與科學學習的意願，提升學生的SLV。且PBE為本的探究式教學以偏鄉學生生活經驗作為學習的起點，將學生日常經驗融入教學模組設計，善用學生熟悉的生活實例和在地情境，可引起學生的學習動機，對於偏鄉學生的學習動機有正向影響。

（二）PBE為本的探究式教學提供學習適應的橋梁，協助學生建構概念，提升學生學習成效

本研究以教學策略為自變項，溫度與熱成就測驗前測分數為共變數、後測分數為依變項進行單因子共變數分析，結果顯示採PBE為本的探究式教學之實驗組，其整體學習成效顯著優於控制組，且溫度與溫度計和熱量概念之學習成效亦顯著優於控制組。同時實驗組學習動機與學習成效呈顯著的正相關，因此只要提升學習動機，便可增進其學習成效。

在PBE為本的探究式教學中，以地方背景為教學框架，善用學生常見的生活實例、社區中

的魚塭情境和臨海生活經驗，提供學習適應的橋梁，協助學生建構溫度與熱的概念，釐清常見的另有概念，並有以下發現：1. 學生能透過親身感官體驗理解物體的冷熱程度即是溫度，並能操作溫度計正確測量物體客觀的溫度數值；2. 學生能將熱源概念應用於社區魚塭情境，維護養殖的魚群不會凍傷，亦能理解熱量是高溫物體傳遞至低溫的過程中產生的能量，也能利用不同溫度的豆米漿混合之生活實例解釋熱平衡概念。

經PBE為本的探究式溫度與熱單元教學模組後，能引導學生發現日常生活中蘊藏的溫度與溫度計概念，透過生活實例跟魚塭情境習得熱量跟熱平衡概念，並運用概念解釋生活中的自然現象，讓學生進一步認識其日常生活的地方環境，同時促進學生對於溫度與熱概念的理解，提升學生在溫度與熱單元的學習成效。

二、建議

依據本研究之研究結果，提出本研究的未來研究方向建議：

（一）提升PBE為本的探究式教學之探究開放層次

本研究實施的PBE為本的探究式教學，考量學生探究能力之起點行為，以引導式探究為主，由教師提供探究問題，引導學生在課堂進行探究思考提出科學推論，而當今108課綱之長期實施，逐漸提升學生的探究能力，建議未來研究者可讓學生嘗試開放式探究，引導學生在日常生活、社區環境中發現問題，並主動進行科學思考、設計實驗，並實地探究解決真實問題，期待可提升ALS面向之學習動機。

（二）PBE為本的探究式教學結合學習扶助科技化評量

本研究對象為鄰海偏鄉學生，其學科先備知識較為薄弱，在本研究過程中，即發現學生較不熟悉正比與反比的數學概念，導致學生無法正確解讀操控變因與應變變因之間的關係，使學生在比熱概念之學習成效較差。而臨海偏鄉學校多為國中教育會考成績待提升的學校，其每位學生皆須參加學習扶助科技化評量，建議未來研究者可參照科技化評量結果，瞭解學生之基本學力情形，提前規劃學科先備知識之學習扶助，期待可進一步提升PBE為本的探究式教學之學習成效。

參考文獻

- 王裕宏、劉佳儒、張美珍（2020）。輔導偏鄉國中學生學習飛行科學知識之成效分析：以培訓參與競賽活動為策略。《科學教育學刊》，**28**（4），327-351。https://doi.org/10.6173/CJSE.202012_28(4).0002
- [Wang, Y. H., Liou, J. R., & Chang, M. C. (2020). Analyzing the outcomes of guided learning of aviation science among rural junior high school students: Based on the strategy of training for competition participation. *Chinese Journal of Science Education*, 28(4), 327-351. https://doi.org/10.6173/CJSE.202012_28(4).0002]
- 尤儷儒、郭丁癸（2021）。臺南市偏鄉學校國中生的學習動機對其社經地位與學業成就之中介效果。《課程與教學》，**24**（3），55-82。https://doi.org/10.6384/CIQ.202107_24(3).0003
- [Yu, L. J., & Guo, D. Y. (2021). The mediating effect of learning motivation on socio-economic status and academic achievement for junior-high-school students in Tainan rural districts. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 24(3), 55-82. https://doi.org/10.6384/CIQ.202107_24(3).0003]
- 吳清山（2017）。幫偏鄉學校找出路 為偏鄉學童謀幸福。《師友月刊》，**605**，0-5。https://doi.org/10.6437/EM.201711_(605).0001
- [Wu, C. S. (2017). Finding a way out for rural schools and seeking well-being for rural students. *The Educator Monthly*, 605, 0-5. https://doi.org/10.6437/EM.201711_(605).0001]
- 吳清山（2018）。地方本位教育。《教育脈動》，**14**，56。
- [Wu, C. S. (2018). Place-based education. *Pulse of Education*, 14, 56.]
- 林建隆、徐順益（2007）。國中自然與生活科技教師發展5E探究式光學單元教學模組之研究。《物理教育學刊》，**8**（1），1-16。https://doi.org/10.6212/CPE.2007.0801.01
- [Lin, J. L., & Hsu, S. Y. (2007). A case study of a junior high teacher using 5E scientific inquiry fused cooperative strategies for developing a optic unit. *Chinese Physics Education*, 8(1), 1-16. https://doi.org/10.6212/CPE.2007.0801.01]
- 洪如玉（2013）。地方教育學探究：Sobel、Theobald與Smith的觀點評析。《課程與教學》，**16**（1），115-138。https://doi.org/10.6384/CIQ.201301_16(1).0005
- [Hung, R. (2013). An exploration of place pedagogy: A critical analysis of the views of Sobel, Theobald and Smith. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 16(1), 115-138. https://doi.org/10.6384/CIQ.201301_16(1).0005]
- 洪萱芳、林英杰、顏瓊芬（2019）。偏鄉學生面臨科學探究式專題導向教學法之學習挑戰。《科學教育學刊》，**27**（2），121-145。https://doi.org/10.6173/CJSE.201906_27(2).0003
- [Hung, H. F., Lin, Y. C., & Yen, C. F. (2019). Challenges in adopting place-based science-inquiry

- project-based learning pedagogy in rural schools. *Chinese Journal of Science Education*, 27(2), 121-145. [https://doi.org/10.6173/CJSE.201906_27\(2\).0003](https://doi.org/10.6173/CJSE.201906_27(2).0003)]
- 洪萱芳、顏瓊芬、張好萍、洪韶君（2016）。以偏鄉國小為場域之地方本位環境教育課程省思。《科學教育學刊》，24（3），299-331。 <https://doi.org/10.6173/CJSE.2016.2403.04>
- [Hung, H. F., Yen, C. F., Chang, Y. P., & Hung, S. C. (2016). An examination of a place-based environmental education curriculum in a rural school context. *Chinese Journal of Science Education*, 24(3), 299-331. <https://doi.org/10.6173/CJSE.2016.2403.04>]
- 胡淑華、蔡孟蓉（2019）。國中機器人STEAM跨領域課程發展研究：以彰化縣二水國中培龍計畫為例。《數位學習科技期刊》，11（4），51-75。 <https://doi.org/10.3966/2071260X2019101104003>
- [Hu, S. H., & Tsai, M. J. (2019). Development and effects of an interdisciplinary robotics STEAM curriculum: A case study of a rural junior high school in Taiwan. *International Journal on Digital Learning Technology*, 11(4), 51-75. <https://doi.org/10.3966/2071260X2019101104003>]
- 張英琦、林建隆、鄭孟斐、張誌原（2017）。多面向概念改變架構融入5E探究式教學策略對概念改變成效的探討——以轉動與力矩單元為例。《師資培育與教師專業發展期刊》，10（3），87-117。 <https://doi.org/10.3966/207136492017121003004>
- [Chang, Y. C., Lin, J. L., Cheng, M. F., & Chang, J. Y. (2019). The effect of combining 5E inquiry instructional strategy with a multidimensional framework for conceptual change on students' learning in rotational motion and torque concepts. *Journal of Teacher Education and Professional Development*, 10(3), 87-117. <https://doi.org/10.3966/207136492017121003004>]
- 張春興（2007）。《教育心理學——三化取向的理論與實踐（重修二版）》。東華書局。
- [Chang, C. H. (2007). *Educational psychology—Theories and practices of the three-dimensional approach* (2nd ed.). Tung Hwa Book.]
- 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要——總綱。 <https://cirn.moe.edu.tw/Upload/Website/11/WebContent/35922/RFile/35922/96145.pdf>
- [Ministry of Education. (2014). *Curriculum guidelines of 12-year basic education—General guidelines*. <https://cirn.moe.edu.tw/Upload/Website/11/WebContent/35922/RFile/35922/96145.pdf>]
- 教育部（2018）。十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校：自然科學領域。 <https://cirn.moe.edu.tw/Upload/file/27888/82352.pdf>
- [Ministry of Education. (2018). *Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary school, junior high and general senior high schools: The domain of natural science*. <https://cirn.moe.edu.tw/Upload/file/27888/82352.pdf>]

moe.edu.tw/Upload/file/27888/82352.pdf]

- 游小旻、張文華（2022）。不同學習領域教師對探究與探究教學的看法與教學實務。師資培育與教師專業發展期刊，**15**（1），91-127。https://doi.org/10.53106/207136492022041501004
- [Yu, H. M., & Chang, W. H. (2022). The views and practices of teachers in different learning areas about inquiry and inquiry-based instruction. *Journal of Teacher Education and Professional Development*, 15(1), 91-127. https://doi.org/10.53106/207136492022041501004]
- 游雪雲、高慧蓮、王國華（2022）。應用SDGs 4在國小科學教育之探究。師友雙月刊，**632**，98-102。https://doi.org/10.53106/266336712022050632018
- [Yu, S. Y., Kao, H. L., & Wang, K. H. (2022). Exploration of applying SDGs 4 in science education in elementary schools. *The Educator Bimonthly*, 632, 98-102. https://doi.org/10.53106/266336712022050632018]
- 黃昭勳（2019）。從「教育機會均等」觀點檢視偏鄉教育發展現況。臺灣教育評論月刊，**8**（4），127-134。
- [Huang, C. H. (2019). Examining the current development of rural education from the perspective of “equal educational opportunity.” *Taiwan Educational Review Monthly*, 8(4), 127-134.]
- 黃淑賢、陳炯憲、施如齡（2019）。運用數位說故事於偏鄉國小在地文化課程之行動研究。數位學習科技期刊，**11**（1），51-75。https://doi.org/10.3966/2071260X2019011101003
- [Huang, S. H., Chen, C. H., & Shih, J. L. (2019). An action research of a mobile-based digital storytelling in a rural elementary school. *International Journal on Digital Learning Technology*, 11(1), 51-75. https://doi.org/10.3966/2071260X2019011101003]
- 葉川榮（2022）。以國外經驗思考我國原住民族實驗教育師資培育模式之挑戰。臺灣教育評論月刊，**11**（2），24-28。
- [Yeh, C. R. (2022). Reflections on the challenges faced by the training model for indigenous experimental education in Taiwan based on foreign experience. *Taiwan Educational Review Monthly*, 11(2), 24-28.]
- 葉玉珠、高源令、修慧蘭、陳世芬、曾慧敏、王珮玲、陳惠萍（2010）。教育心理學（第二版）。心理出版社。
- [Yeh, Y. C., Kao, Y. L., Xiu, H. L., Chen, S. F., Zeng, H. M., Wang, P. L., & Chen, H. P. (2010). *Educational psychology* (2nd ed.). Psychology Publishing.]
- 葉炳煙（2013）。學習動機定義與相關理論之研究。屏東教大體育，**16**，285-293。
- [Yeh, P. Y. (2013). A study on the definition and related theories of learning motivation. *NPTTC Physical Education*, 16, 285-293.]

- 蔡錕承、張欣怡（2011）。結合實物與虛擬實驗促進八年級學生「溫度與熱」知識整合、實驗能力與學習策略之研究。《科學教育學刊》，**19**（5），435-459。https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1905.03
- [Tsai, K. C., & Chang, H. Y. (2011). Combining hands-on and virtual experiments to promote eighth-grade students' knowledge integration, experimental ability and learning strategies. *Chinese Journal of Science Education*, *19*(5), 435-459. https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1905.03]
- 鄭志鵬（2012）。具有區分性教學特性的科學探究課程設計——以熱學為例。《中等教育》，**63**（1），108-119。https://doi.org/10.6249/SE.2012.63.1.07
- [Cheng, C. P. (2012). Differentiation for excellence—An example of thermal physics. *Secondary Education*, *63*(1), 108-119. https://doi.org/10.6249/SE.2012.63.1.07]
- 賴志忠、段曉林（2020）。以ARCS動機模式融入引導式探究教學提升九年級生學習動機之行動研究。《科學教育學刊》，**28**（1），25-48。https://doi.org/10.6173/CJSE.202003_28(1).0002
- [Lai, C. C., & Tuan, H. L. (2020). The infusing of ARCS strategy into guided inquiry-based instruction to enhance ninth graders' science learning motivation—An action research approach. *Chinese Journal of Science Education*, *28*(1), 25-48. https://doi.org/10.6173/CJSE.202003_28(1).0002]
- Adadan, E., & Yavuzkaya, M. N. (2018). Examining the progression and consistency of thermal concepts: A cross-age study. *International Journal of Science Education*, *40*(4), 371-396. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1423711
- Ambrosino, C. M., & Rivera, M. A. J. (2022). Using ethological techniques and place-based pedagogy to develop science literacy in Hawai'i's high school students. *Journal of Biological Education*, *56*(1), 3-13. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1739118
- Ames, C. A. (1990). Motivation: What teachers need to know? *Teachers College Record*, *91*(3), 409-421. https://psycnet.apa.org/doi/10.1177/016146819009100306
- Areepattamannil, S., Cairns, D., & Dickson, M. (2020). Teacher-directed versus inquiry-based science instruction: Investigating links to adolescent students' science dispositions across 66 countries. *Journal of Science Teacher Education*, *31*(6), 675-704. https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1753309
- Atkin, J. M., & Karplus, R. (1962). Discovery of invention? *The Science Teacher*, *29*(5), 45, 47, 49, 51.
- Barry, N. (2014). The ITEEA 6E learning ByDesign™ model: Maximizing informed design and inquiry in the integrative STEM classroom. *Technology and Engineering Teacher*, *73*(6), 14-19.

- Brophy, J. (1998). *Motivating students to learn*. McGraw Hill.
- Burton, M., & Johnson, A. S. (2010). “Where else would we teach?”: Portraits of two teachers in the rural south. *Journal of Teacher Education*, 61(4), 376-386. <https://doi.org/10.1177/0022487110372362>
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. https://bscs.org/wp-content/uploads/2022/01/bscs_5e_full_report-1.pdf
- Cetin-Dindar, A. (2015). Student motivation in constructivist learning environment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(2), 233-247. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1399a>
- Chu, H. E., Treagust, D. F., Yeo, S., & Zadnik, M. (2012). Evaluation of students’ understanding of thermal concepts in everyday contexts. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1509-1534. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.657714>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale: Self-determination in personality. *Journal of Research in Personality*, 19(2), 109-134. [https://doi.org/10.1016/0092-6566\(85\)90023-6](https://doi.org/10.1016/0092-6566(85)90023-6)
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Simon & Schuster.
- Erickson, G. L. (1979). Children’s conceptions of heat and temperature. *Science education*, 63(2), 221-230. <https://doi.org/10.1002/sce.3730630210>
- Feyzioğlu, B. (2019). The role of inquiry-based self-efficacy, achievement goal orientation, and learning strategies on secondary-school students’ inquiry skills. *Research in Science & Technological Education*, 37(3), 366-392. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1579187>
- Goldston, M. J., Dantzler, J., Day, J., & Webb, B. (2013). A psychometric approach to the development of a 5E lesson plan scoring instrument for inquiry-based teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 527-551. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9327-7>
- Hagenah, S., & Thompson, J. (2021). Teachers’ attempts to respond to students’ lived experiences. *Journal of Science Teacher Education*, 32(5), 537-557. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1869887>
- Hitt, A. M., & Townsend, J. S. (2015). The heat is on! Using particle models to change students’ conceptions of heat and temperature. *Science Activities*, 52(2), 45-52. <https://doi.org/10.1080/00368121.2015.1049580>
- Hoy, W. A. (2010). *Educational psychology* (11th ed.). Pearson.

- Isik, H., & Alpaslan, M. M. (2018). Planning a lab lesson on the law of thermal conduction with learning by preparing to teach design. *Science Activities*, 55(3-4), 149-155. <https://doi.org/10.1080/00368121.2018.1564729>
- Li, J. Y., & Shieh, C. J. (2016). A study on the effects of multiple goal orientation on learning motivation and learning behaviors. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(1), 161-172. <https://psycnet.apa.org/doi/10.12973/eurasia.2016.1221a>
- Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. A. (2002). Motivation as an enabler for academic success. *School Psychology Review*, 31(3), 313-327. <https://doi.org/10.1080/02796015.2002.12086158>
- Liu, S. C. (2011). What is the thing we call heat? A study on diverse representations of the basic thermal concepts in and for school science. In M. M. H. Cheng & W. W. M. So (Eds.), *Science education in international contexts* (pp. 17-28). Sense. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-427-0_2
- Ma, A., van der Flier-Keller, E., Zandvliet, D., & Cameron, K. (2022). Merging earth science into an environmental education course for K-12 teachers: Is it successful? *Journal of Geoscience Education*, 70(2), 223-237. <https://doi.org/10.1080/10899995.2021.2009624>
- Nguyen, H. B. N., Hong, J. C., Chen, M. L., Ye, J. N., & Tsai, C. R. (2023). Relationship between students' hands-on making self-efficacy, perceived value, cooperative attitude and competition preparedness in joining an iSTEAM contest. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 251-270. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1895100>
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199. <https://doi.org/10.3102/00346543063002167>
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education: Theory, research and applications*. Merrill.
- Schwab, J. J., & Brandwein, P. F. (1962). *Teaching of science: The teaching of science as enquiry*. Harvard University Press.
- Semken, S., & Freeman, C. B. (2008). Sense of place in the practice and assessment of place-based science teaching. *Science Education*, 92(6), 1042-1057. <https://doi.org/10.1002/sce.20279>
- Seroy, S. K., Zulmuthi, H., & Grünbaum, D. (2020). Connecting chemistry concepts with environmental context using student-built pH sensors. *Journal of Geoscience Education*, 68(4), 334-344. <https://doi.org/10.1080/10899995.2019.1702868>
- Smith, G. A. (2002). Place-based education: Learning to be where we are. *Phi Delta Kappan*, 83(8),

584-594. <https://doi.org/10.1177/003172170208300806>

Sobel, D. (2004). *Place-based education: Connecting classrooms & communities*. Orion Society.

Somerville, M. J. (2010). A place pedagogy for ‘global contemporaneity.’ *Educational Philosophy and Theory*, 42(3), 326-344. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2008.00423.x>

Tanahoung, C., Chitaree, R., Soankwan, C., Sharma, M. D., & Johnston, I. D. (2009). The effect of interactive lecture demonstrations on students’ understanding of heat and temperature: A study from Thailand. *Research in Science & Technological Education*, 27(1), 61-74. <https://doi.org/10.1080/02635140802658909>

Theobald, P. (1997). *Teaching the commons: Place, pride and the renewal of community*. Westview Press.

Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1990). *Becoming a secondary school science teacher*. Merrill.

Tuan, H. L., Chin, C. C., & Shieh, S. H. (2005). The development of a questionnaire to measure students’ motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, 27(6), 639-654. <https://doi.org/10.1080/0950069042000323737>

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://docs.un.org/en/A/RES/70/1>

Wiser, M., & Amin, T. (2001). “Is heat hot?” Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 331-355. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00036-0](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00036-0)

Wong, C. L., Chu, H. E., & Yap, K. C. (2016). Are alternative conceptions dependent on researchers’ methodology and definition? A review of empirical studies related to concepts of heat. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(3), 499-526. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9577-2>