airiti

Employing the DECODE Model to Support In-Service and Pre-Service Teachers in Developing Critical Thinking Curricula

Sheng-Yi Hsiao, Chi-Jung Sui, Ya-Ting Carolyn Yang and Chun-Yen Chang

OVERVIEW

The DECODE model facilitated the transition of in-service and pre-service teachers from a limited understanding of critical thinking to the competency in designing high-quality CT-integrated curricula.

KEY POINTS

- Teachers initially showed low mastery of critical thinking skills and dispositions.
- DECODE model enabled in-service and pre-service teachers to design diverse critical thinking integrated curricula.
- In-service teachers preferred problem-based learning, whereas pre-service teachers favored discussion strategies.

INTRODUCTION

Critical thinking (CT) is crucial in the 21st-century era of information explosion and artificial intelligence. While teachers play a pivotal role in fostering students' CT, research indicates that their understanding of CT often lacks a systematic structure, leading to difficulties in curricular integration, which is a significant gap in current teacher education. This study adopted Facione's (1990, 2015) framework, encompassing two dimensions: cognitive skills and affective dispositions. We used the DECODE (DEmonstration-COllaboration-DEbrief) model, which aligns with Darling-Hammond et al.'s (2017) features of effective teacher professional development, and integrating technological pedagogical and content knowledge (TPACK) theory. This study employed a mixed-methods design. A total of 24 in-service and 30 pre-service teachers participated in this study. Participants completed the critical thinking perspective questionnaire and developed lesson plans following the workshops. Data from both the questionnaires and the lesson plans were analyzed using content analysis. Specifically, this study investigated: (1) teachers' conceptual understanding of CT prior to the workshop; and (2) the extent of CT integration in their curriculum designs and the corresponding pedagogical approaches employed following the workshop (Figure 1).

FINDINGS

(1) Prior to the workshops, both in-service and pre-service teachers lacked a solid grasp of CT. Nevertheless, there was considerable variation among the teachers; a minority with a strong grasp of CT acted as peer scaffolds during the collaboration stage.

airiti

(2) After the DECODE training, both in-service and pre-service teachers were able to develop curricula integrating CT across diverse topics. However, their CT curricula still tended to emphasize cognitive skills over affective dispositions. Furthermore, teachers faced challenges in embedding self-regulation skills in their CT curricula.

(3) Regarding pedagogical choices, most teachers tended to use questioning and answering for fostering basic CT abilities, whereas for cultivating higher-order CT abilities, in-service teachers preferred problem-based learning (PBL) while pre-service teachers favored peer discussion (Figure 2).

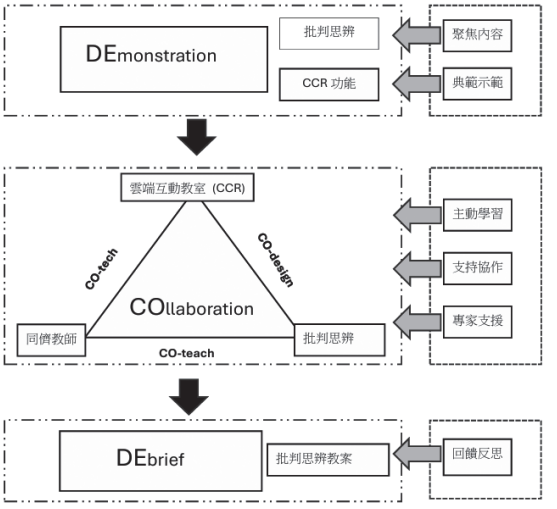
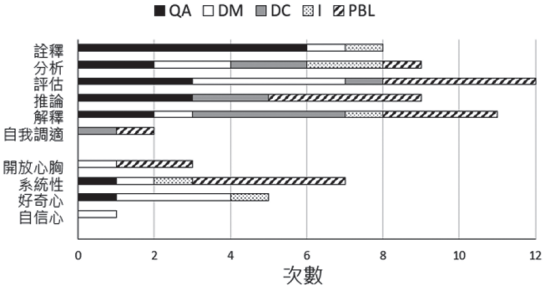


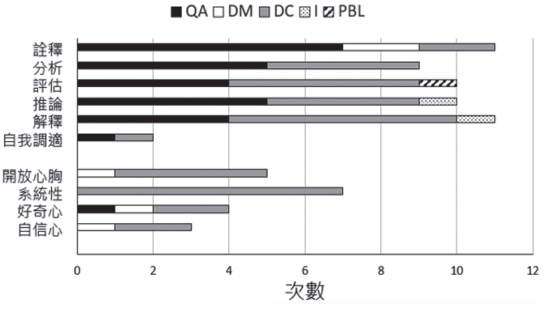
Figure 1. The combination of DECODE model and effective elements of teacher professional development

TAKEAWAYS

This study validates the DECODE model as an effective framework for empowering both in-service and pre-service teachers to design CT-integrated curricula. The research contributes to science education by identifying specific gaps in teacher preparedness: While teachers can successfully incorporate cognitive skills like analysis, they struggle to integrate metacognitive self-regulation and affective dispositions (e.g., curiosity, open-mindedness) into their lesson designs. This implies that future teacher professional development (TPD) must explicitly scaffold these neglected dimensions rather than assuming they will develop naturally. Furthermore, the distinct pedagogical preferences observed—PBL for in-service teachers and discussion strategies for pre-service teachers—suggest the need for differentiated training approaches based on teaching experience.



(a) in-service



(b) pre-service teachers

Figure 2. Stacked bar chart of teaching method analysis frequencies

airiti

科學教育學刊
2026, 第三十四卷第一期, 1-36
DOI:10.6173/CJSE.202603_34(1).0001

Contemporary Journal of Science Education
2026, 34(1), 1-36

以DECODE模式協助在職和職前教師發展批判思辨融入課程

蕭聖益[1]　隋奇融[2]　楊雅婷[3]　張俊彥[1、4、5、6、*]

[1]國立臺灣師範大學　科學教育研究所
[2]臺北市立大學　學習與媒材設計學系
[3]國立成功大學　教育研究所暨師資培育中心
[4]國立臺灣師範大學　地球科學系
[5]印度尼西亞瑪琅國立大學　生物學系
[6]中原大學　教育研究所

摘要

批判思辨(critical thinking, CT)是21世紀資訊爆炸世代中相當關鍵的能力，協助教師發展CT融入課程可以幫助教育現場培養CT關鍵能力。本研究以DECODE (DEmonstration-COllaboration-DEbrief)模式為基礎設計一個教師專業發展工作坊，協助職前與在職教師借助科技工具，開發以CT為核心的課程。CT包含處理資訊能力的認知技巧，例如詮釋、分析、評估、推論、解釋、自我調適，以及影響是否願意使用技巧的情意傾向，例如開放性、系統性、好奇心、自信心。本研究邀請24位在職教師和30位職前教師參與DECODE工作坊設計CT課程，並透過內容分析法整理其對CT的掌握度、課程設計。研究發現：一、在職與職前教師在工作坊前，CT的技巧與傾向都有待加強；二、在職與職前教師經過工作坊後，可以設計出主題多元的CT融入課程；三、教師在自我調適的融入程度較其他五種子技巧低；四、教師在設計傾向時先注重系統性；五、在職教師以問題導向學習為主培養CT，而職前教師以討論法為主。本研究指出未來協助教師培訓CT各面向所需注意的要點，未來可加入真實課程的情境分析，協助CT融入課程進入到第一線學生學習現場。

關鍵詞：在職教師、批判思辨、教師專業發展、職前教師

壹、前言

在21世紀這個充滿挑戰與複雜性的世代，學生需具備強大的批判思辨(critical thinking, CT)，來面對大量來自網際網路或是生成式人工智慧(generative artificial intelligence，簡稱生成式AI)的資訊(Miri et al., 2007)。CT包含對資訊的客觀評估與詳盡判斷，使學生能夠決定資訊是否可信，並採取適當回應(Ennis, 1987, 1996; Facione, 1990, 2015; Halpern, 1998)。CT因此被視為應融入學校教育的核心素養之一(Din, 2020)。

*通訊作者：張俊彥，changcy@ntnu.edu.tw；ORCID：0000-0003-2373-2004
投稿：2025/6/24，修訂：2025/9/9，接受：2025/10/31，線上出版：2026/7/9

airiti

Moore (2011)建議，教師應提供個別化的教學，以促進有品質的CT。在教育領域，美國《K-12科學教育框架》(*A Framework for K–12 Science Education*)指出：「無論是在提出問題、解釋資料，還是在開展研究時，CT都是必需的」(National Research Council, 2012)。在臺灣，《十二年國民基本教育課程綱要》(簡稱108課綱)之自然科學領域亦將CT列為思考智能之一，並根據學生年級劃分不同階段的表現標準：

> 小學低年級(7 ~ 8歲)能夠簡單地區分或分類觀察到的自然現象；小學中年級(9 ~ 10歲)能夠對收集的數據或資訊進行簡單記錄與分類，並基於既有知識思考資料的準確性，辨別他人資訊與事實的差異；小學高年級(11 ~ 12歲)能夠基於已知自然科學概念，對自己收集和分類的數據持合理懷疑態度，並對他人資訊提出見解或解釋；國中(13 ~ 15歲)能夠比較與判斷自己和他人對科學數據解讀的方法與程序的合理性，並提出問題或觀點；高中(16 ~ 18歲)能夠評估不同科學事實解釋的合理性，探究證據、質疑觀點、考慮多種立場，並批判性地評價論證或證據的準確性。(教育部，2018)

教師在培養學生CT方面占據極重要的角色。Yuan與Liao (2023)強調，教師應具備：重視CT的思維傾向、明確理解CT與學科內容的交集，以及設計並執行培養學生CT的教學策略。然而，教師對CT的認知往往缺乏系統結構，導致在課堂中融入CT時面臨困難(Yuan & Liao, 2023)。在某些情況下，教師甚至可能無法掌握學生所需的關鍵CT要素(Choy & Cheah, 2009; Yuan & Liao, 2023)。除了瞭解教師對CT的觀點外，協助教師發展CT融入課程同樣是一大挑戰(Afzal et al., 2023; Yuan, 2023)。

鑑於CT本身的複雜性以及教師背景的多元性，採用包含專家指導與同儕支持的結構化教師專業發展來協助教師設計課程，對教師而言可能具有實質助益(Yuan & Liao, 2023)。根據Darling-Hammond等(2017)的研究，有效的教師專業發展通常具備以下特徵：聚焦內容、主動學習、支持協作、典範示範、專家支援、回饋與反思以及持續性的歷時設計(Darling-Hammond et al., 2017; Hill et al., 2013)。部分教師專業發展還會由講師設計示範課程，將關鍵概念融入，此種做法能為同儕教師提供更具結構、引導性的框架，並促進他們課程開發(Darling-Hammond et al., 2017)。Cheng等(2022)所提出的DECODE (DEmonstration-COllaboration-DEbrief)模式，符合了Darling-Hammond等(2017)所提的有效教師專業發展特徵，提供一個可用於架構教師專業發展的理論框架，並將科技教具融入課程設計。已有研究證實，DECODE模式在現場與線上教師專業發展中具一定成效，可協助教師開發課程(Cheng et al., 2022; Sui et al., 2024; Wahono et al., 2022)。然而，目前尚無研究深入探討DECODE模式如何提升教師的CT等21世紀核心能力。因此，本研究以DECODE模式設計工作坊，探究在職與職前教師對CT的掌握度，並培養其設計CT融入課程單元之能力。

為了探索在職與職前教師對CT的現況掌握度，以及透過DECODE模式幫助在職與職前教師設計CT融入教案，我們提出以下研究問題：

一、在職與職前教師在DECODE工作坊前對CT技巧與傾向的概念掌握度為何？

airiti

二、在參與DECODE工作坊後，在職與職前教師的CT課程融入度與對應教學法。

(一)在職與職前教師的CT課程融入度如何？

(二)在職與職前教師會採用何種教學法來設計CT融入課程？

貳、文獻探討

一、CT的技巧與傾向

CT是一種心理思考過程，協助個人有信心地對資訊全面評估與分析(Rizki & Suprapto, 2024)。CT強調自我修正、自律、自我監控與自我導向的思考(Yuan & Liao, 2023)。Facione (1990)運用德爾菲法(Delphi method)收集物質科學、心理學、哲學、語言學等領域專家對於CT的看法，專家們進行數次討論後取得共識，認為CT包含認知面向的「技巧性」與情意面向的「傾向性」兩大維度。Ennis (1987)主張CT是一種深思熟慮且合乎理性的推理，旨在決定應採信何種資訊或採取何種行動，此推理歷程同時涵蓋認知能力與思維傾向。在當今社會，為了應對生成式AI創造的大量資訊或是社會科學議題等新挑戰，CT的技巧與傾向同等重要。

Halpern (1998)強調，CT技巧是有目的、有條理且目標導向的思維方式。在面對資訊時，擁有高層次CT技巧將可以有效處理資訊，有意識、結構化的分析與評估資訊、建構與解釋論點，並反思自己思考過程。美國心理學會(American Psychological Association, APA)透過德爾菲法召集各大領域的專家，確認了六大核心認知技能，包含詮釋、評估、分析、推論、解釋、自我調適。此框架已被多項研究廣泛採用(例如：Hsu et al., 2022; Lin et al., 2017; Şendağ & Odabas, 2009; Zhou et al., 2012)，本研究亦沿用此一框架分析CT技巧，詳細可見第參節研究方法。

CT傾向性是指個人信念或行為習慣的特質，對有效解決問題與做出決策至關重要(Facione, 1990; Fitriani et al., 2018)。具備高品質CT傾向性的人擁有批判性精神(critical spirit)，且傾向於習慣性地運用CT技巧。Ennis (1996)以六項標準評斷CT傾向性：簡明性、完整性、價值性、可理解性、符合日常語意以及下位概念的適切性。根據這些標準，Ennis也發展出三大基本傾向性及其子傾向性：(一)追求準確性；(二)真誠且透明地表達觀點；(三)重視每個想法。Facione (1990, 2015)則彙整專家意見，提出具有良好批判性思維傾向性的人應具備：開放性、自信心、好奇心、系統性、追求真理、分析性以及審慎性，Facione提出的架構被多個研究採用(例如：Arsal, 2017; Aydın Gürler, 2022; Zhou et al., 2012; Zoller et al., 2000)，具有一定的公信力，本研究參考Facione的架構並加以調整，來分析CT傾向，詳細可見第參節研究方法。

綜合以上，研究者認為運用CT來處理資訊可以比喻成運用劍術來面對敵人。有高度CT技巧如同擁有一把鋒利的劍，可以有效攻擊敵軍(處理複雜資訊)。CT傾向則如同用劍的習慣，光有鋒利的劍(技巧)，沒有優良的用劍習慣(傾向)，面對敵軍(複雜資訊)仍然無法有效應對。

二、教師專業發展與DECODE模式

在科學課堂上，教師可扮演鷹架、引導與促進者的角色，必須具備科學思維和CT技巧與傾向，才能有效提升學生的能力。教師專業發展能影響教師在信念、學科知識或教學方法上的轉變(Bautista & Ortega-Ruíz, 2015)，是提升教師知識與教學實踐的關鍵工具(Bautista & Ortega-Ruíz, 2015; Borko, 2004)。Darling-Hammond等(2017)指出，為培

airiti

養21世紀學生的核心能力，需要更為精緻的教學形式，而教師專業發展正可支持教師發展如CT等21世紀技能(Darling-Hammond et al., 2017)。

教師專業發展涵蓋教師參與學習、學習如何學習，以及將所學知識應用於教學實踐，以促進學生成長(Avalos, 2011)。Darling-Hammond等(2017)審閱了35篇嚴謹研究，以識別能影響教學實踐與學生成效的有效教師專業發展特徵，包括：聚焦內容(focused content)、主動學習(active learning)、支持協作(collaboration support)、典範示範(models of effective practice)、專家支援(coaching and expert support)、回饋與反思(feedback and reflection)以及續性的歷時設計(sustained duration)。此一架構已被多項教師專業發展研究廣泛採用(例如：Haug & Mork, 2021; Valverde-Berrocoso et al., 2021)。

鑑於教師專業發展在多面向需求上強調主動學習、協作與反思，Cheng等(2022)所提出的DECODE模式提供了一個與Darling-Hammond等(2017)提出的有效教師專業發展特徵緊密對應的結構化框架。DECODE模式分為三個階段，其設計可對應Darling-Hammond等所提出的有效教師專業發展特徵，分述如下：

(一)講師演示(DEmonstration)：教師示範並講解關鍵概念，此階段對應「聚焦內容」、「典範示範」。

(二)同儕協作(COllaboration)：教師與學員共同參與培訓並協同設計課程，此階段對應「主動學習」、「支持協作」及「專家支援」。

(三)同儕分享與回饋(DEbrief)：學員共同教學並反思所學，之後接受同儕回饋，此階段對應「回饋與反思」(Cheng et al., 2022; Wahono et al., 2022)。

DECODE模式已應用於即時或線上教師培訓(Cheng et al., 2022; Sui et al., 2024; Wahono et al., 2022)。該模式結合科技教學內容知識(technological pedagogical and content knowledge, TPACK)理論設計而成，結合了科技、教法與學科內容，與科技結合的形式，將在第三節進一步說明。DECODE模式結合師生互動、教學流程與科技驅動系統，以促進協作與主動學習，便利資訊與資源分享，並鼓勵創新交流。本研究將採用DECODE模式協助教師設計CT融入課程。

三、教師CT專業發展

過去有研究針對提升在職或職前教師的CT能力進行探討。Wang與Jia (2023)利用文獻計量分析過去20年的研究，發現教師對於CT的知識、表現與信念是主要的研究熱點。Leibovitch等(2025)探討12位在職教師在為期一年的持續性教師專業發展計畫中，如何透過定期反思、回饋，促成教師對CT信念從阻礙性轉向促進性。劉世雄(2022)則透過準實驗研究法，利用師培課程讓職前教師運用CT進行議題討論，結果發現議題內容選擇、混成學習策略的操作、符合認知思考歷程的教學活動，可以協助職前教師CT發展。分析過去文獻可知，雖然有將CT納入教師專業發展或是師資培育的框架中，但通常僅止於探討教師的CT信念轉變、或是培養教師的CT能力，對於如何系統化協助教師發展CT融入課程相關研究仍屬稀少(Yuan & Liao, 2023)。

在職和職前教師的比較部分，Demir (2023)系統性回顧關於在職和職前教師的CT掌握度，發現過去研究沒有達成共識，在職和職前教師的CT掌握度分布從高到低都有。

airiti

不過Demir也發現，在同一個實證性研究中，在職和職前教師通常CT能力差異未達顯著水準，Demir認為可能是過去針對教師CT的研究多為量化研究，使用不同測量工具所導致。有鑑於此，本研究試圖以質性分析補足過去缺口，更細緻分析在職和職前教師CT掌握度，以及CT課程融入度。

DECODE模式可由講師進行CT的講解，幫助教師培養CT，進而透過同儕合作建構課程，最後展示並得到同儕回饋，完善CT融入課程設計，屬於完整的教師專業發展模式，可望填補培養教師CT融入課程之研究缺口。本研究將探索DECODE模式如何幫助在職與職前教師從基礎開始認識CT，再進階到CT融入課程設計。

參、研究方法

一、研究對象

本研究採用混合方法設計，共舉辦三場教師專業發展工作坊，其中一場為24位在職教師，來自臺灣各地，可能為單獨參與或是學校小組參與。剩餘兩場為職前教師共30位，來自同一所師培大學。其他描述性統計資料如表1。

二、研究工具

(一)雲端互動教室(cloud class room, CCR)

本研究在DEmonstration、COllaboration與DEbrief階段都有使用CCR作為科技工具。CCR為以即時回饋系統當作基本架構設計的雲端教室系統，可以免費透過上網裝置輸入

表1：參與者資料描述性統計分析

背景變項	在職教師人數	職前教師人數	百分比(%)
年齡			
20～29歲	3	30	61.11
30～39歲	10		18.52
40～49歲	6		11.11
50～59歲	5		9.26
年資			
5年以下	9	30	72.22
6～10年	2		3.70
11～15年	2		3.70
16年以上	11		20.37
任教學校類型			
國民小學	10		18.52
國民中學	6		11.11
普通高級中學	8		14.81
職前教師		30	55.56
性別			
男	14	19	61.11
女	10	11	38.89
總計	24	30	100.00

airiti

“https://ccr.tw/” 即可使用。CCR介面有學生、老師、訪客模式可供登入。老師可以即時出題並與學生互動，如圖1(a)。學生可進行文字或是照片回答，如圖1(b)。

(二)CT觀點問卷

CT觀點問卷旨在瞭解教師對於CT的掌握度，由講師事先於CCR上架構，並在工作坊之中藉由講師與參與者互動時提供給參與者充分時間完成，共有3題開放式問題，包含：

1.CT_Q1：在今天之前，您上次聽到或使用CT是在何種情境下？

2.CT_Q2：您認為何謂CT (其具備的要素有哪些)？

3.CT_Q3：您認為CT可以如何融入課程？

其中CT_Q1為暖身題，讓參與者可以熟悉CCR問答題介面，並回憶CT之內容。CT_Q2則讓參與者發表對於CT的看法，為避免參與者回答過於發散，在提示語中補充請參與者回應CT的要素有哪些。CT_Q3則與課程設計做結合，探索教師會如何將抽象的CT與專業科目結合，融入在課程中。

(三)CT課程素材(微課程)

工作坊的第一階段為講師DEmonstration，所使用的教學素材以「CT融入、可架設於CCR平臺的科學課程」理念為基礎，由蕭聖益，以及張俊彥與隋奇融兩位科學教育專家共同設計。張俊彥具備20年以上教師專業發展講師經歷，隋奇融則具有豐富的現場教學經驗，能充分掌握在職及職前教師的需求。經過多次討論，研究團隊最終發展出三套微課程。

第一套微課程為科學短影音判讀，參考台灣事實查核中心(2023)網站上，一段網路流傳約一分鐘的假訊息影音「鳳梨加芒果會引發嚴重過敏反應」，設計問題讓參與者回答，如：「從健康保健的立場，鳳梨是否適合和芒果一起吃呢？」參與者在回答同時也訓練CT能力。第二套微課程聚焦在科學新聞



(a)教師出題介面　　(b)學生回答介面

圖1：CCR介面示意圖

airiti

判讀，以2023年7月底有關常溫超導體橫空出世，後來卻無法得到再現性的LK-99為主幹，發展一篇虛擬新聞，讓學生運用CT分析短文，例如評估新聞來源的可信度、找出新聞不合邏輯處。第三套微課程則採用複雜多面向的社會性科學議題，參考江逸傑等(2020)所設計的深澳電廠興建與否主題，讓參與者藉由正反兩方的立場進行CT，例如詮釋雙方的立場、評估證據的可信度、分析合理性、解釋自身的觀點。微課程詳細內容可見附錄。

三、研究與實施流程

研究流程如圖2。本研究所有工作坊均為同一位講師。講師先說明工作坊旨在培養教師的CT，會在工作坊中設計可帶回使用的教案，並讓參與教師簽署知情同意書。

工作坊實施方式參考Cheng等(2022)的DECODE模式，分成DEmonstration、COllaboration與DEbrief三大部分，是結合TPACK的一種教師專業發展模式，在DEmonstration、COllaboration與DEbrief三階段幫助教師將CCR、CT融入教學策略中。講師在DEmonstration階段介紹CCR的即時回饋功能(引入科技知識[technology knowledge, TK])、CCR的出題模式(引入科技教學知識[technology pedagogical knowledge, TPK])、CT微課程展示(引入TPACK)。進展到COllaboration階段時，同儕們將進行協作教學(CO-teach)、協作科技運用(CO-tech)與協作課程設計(CO-design)，均利用CCR進行設計、討論，COllaboration階段講師亦會參與、提供個人化協助，幫助參與者進行更深入的CCR課程設計。在DEbrief階段，報告者將展示CT

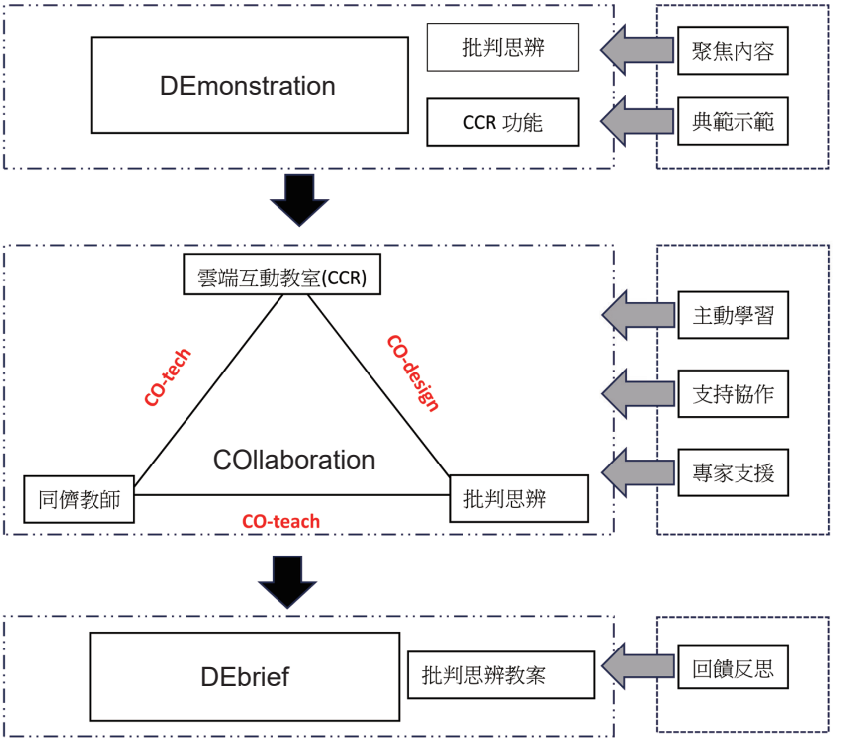


圖2：研究流程圖

airiti

融入教案，充分運用所學到的TPACK知能，包含CT的要素、各種教學法，以及CCR的功能。以下詳述各部分操作流程。

(一)講師演示(demonstration by the lecturer)

講師在CCR上建立教室，介紹CCR線上即時回饋系統的基本功能。由講師先擔任CCR中的教師角色，而參與者擔任CCR學生角色，講師示範是非題、選擇題、問答題、試卷、即時互動與分組功能，讓參與者體驗學生的介面操作。於此同時，透過該平臺進行CT觀點問卷，作為參與者在CCR線上平臺上的任務。問卷包含CT_Q1 ~ CT_Q3三個問題，讓參與者分享其觀點。

待參與者熟悉CCR功能後，講師說明CT的重要性和要素，包含CT技巧和傾向，以第一個微課程(科學短影音判讀)和參與者進行互動，增進參與者對於CT的瞭解，並在第二與第三個微課程讓參與者實作，講師會利用CCR即時回饋的特性和參與者互動，並讓參與者互相觀摩彼此回答。透過這樣的設計，不僅強化參與者對CT的掌握，也為CT融入課程提供具體參考。DEmonstration階段進行一小時，接下來進入同儕協作階段。

(二)同儕協作(CO-teach, CO-tech, CO-design)

參與者於CCR平臺上共同參與，並協同設計CT融入課程。包含1. CO-teach：參與者可以用學生身分進入到其他參與者設計的CCR教室，進行模擬師生互動；2. CO-tech：互相教學使用CCR這類的新興科技，學習利用教師的角色功能在CCR上建立課程(包含是非、選擇、問答等題型)；3. CO-design：參與者在此階段會製作CT融入教案、展示報告、CCR實作課程，參與者將分組合作設計課程。

於此同時，講師會利用線下或是CCR線上的方式，與各組參與者互動，協助解決參與者在CT融入CCR課程的相關問題。同儕協作階段實體進行至少一個半小時，講師會和參與者進行互動、提供協助。實體階段結束後，參與者可以線下或是線上和同儕、講師進行討論，以增進教案精緻度。

在同儕協作階段，講師順應在職與職前教師需求，亦提供差異化協助。在職教師因同組組員來自臺灣各地，平常較少聯繫機會，講師提供更多現場討論時間(約一小時)，而職前教師則因在教案設計方面經驗較不足，講師提供簡易的講義(教案模板)，協助職前教師進行課程設計。

(三)參與者展示與回饋(debriefing + feedbacks)

參與者在設計完課程後，會輪流展示簡報、教案、CCR課程，形式可以為報告或是實際的教學演練。展示階段會進行錄音、錄影，以利進一步的分析。每次的演示時，參與者會被詢問以下問題：「請針對這位教師的報告／教學演示，給予一個優點、一個建議。」根據前述各階段所獲得的知識，參與者會在CCR上提供回饋(Cheng et al., 2022)。每組參與者發表與回饋時間約10分鐘。這些回饋會以匿名的方式提供給參與者，進行進一步的課程設計。

Kennedy (2016)指出，結構化的反思與回饋對教師教學成長至關重要。在回饋階段，參與者同時進行同儕評鑑，運用自身的CT與教學知識來評估他人教案。此類同儕回饋有助於促進後設認知、教學理解以及可轉移技能的發展(Topping, 2017)。

(四)最終課程檔案

參與者在展示完課程後有至少一個月的時間根據講師、其他參與者的回饋進行教

airiti

案、簡報的增修，增修完畢後研究者會蒐集最終課程檔案並做進一步的內容分析。本研究會將參與者的CT問卷、課堂教案分享逐字稿、課後回饋進行質性編碼，編碼表請參見附錄一。

四、資料分析

(一)CT觀點問卷

暖身題CT_Q1不納入資料分析。蕭聖益與隋奇融以Facione (2015) CT技巧與傾向的架構，採用內容分析法(content analysis)來針對在職與職前教師的CT_Q2、CT_Q3的回應，進行計次分析轉為量性資料。兩位評分者進行多次溝通後，針對評分差異部分討論並相互修正，直到達到完全一致。在CT技巧部分，共有6種子技巧，分別為詮釋、評估、分析、推論、解釋、自我調適。參與者的回答如果有達到CT子技巧的定義，會被登記1分，每位參與者的回答最少0分(亦即回應沒有符合任何一種子技巧)，最多6分(即完整符合6種子技巧)，表2上半部為6種子技巧的操作型定義。

在CT傾向部分，Facione (2015)架構中共有7種子傾向，為避免小樣本情況下之過度參數化、參數估計不穩、參與者作答負荷過高，經科學教育專家討論後，選擇在短期科學課程中較易被觀察與區辨之4個CT子傾向：開放性、好奇心、自信心、系統性進行

表2：CT子技巧與子傾向操作型定義

向度	操作型定義
技巧(skills)	
詮釋(interpretation)	理解並闡述各種經驗、情境、數據、事件、判斷、規範、信念、規則、程序或標準背後的重要性或意義。
分析(analysis)	能分辨陳述、問題、概念或描述等不同形式的表達，並看出它們之間在傳達信念、判斷、經驗、理由或意見時的邏輯關係。
評估(evaluation)	評估與知覺、經驗或意見相關的陳述可信度，並評估它們之間的相關性。
推論(inference)	能夠找出做出合理結論需要的重點，透過分析資料、想法或別人的說法，來推論出自己的判斷或理論。
解釋(explanation)	解釋自己的結論及其背後的理由，詳述所依據的證據、概念、方法、標準與情境，並提出有說服力的論證。
自我調適(self-regulation)	觀察、瞭解、監控自身能力的狀態，並反思如何改善自己的思維模式。
傾向(dispositions)	
開放性(open-mindedness)	願意在無偏見的前提下考慮新觀點與想法，並依據新證據或視角調整信念。
好奇心(inquisitiveness)	對瞭解更多事物抱有強烈渴望，促使個體提出問題、尋求答案並探索新觀念與可能性。
自信心(self-confidence)	信任自己的思維能力、資訊分析與理性決策能力，堅信自己的認知歷程可靠且能導向合理結論。
系統性(systematicity)	以有序且條理分明的方式處理問題與疑問，透過全面且組織化的資訊與論證分析，以得出合乎理性的結論。

資料來源：“Critical thinking: What it is and why it counts,” by P. A. Facione, 2015, *Insight Assessment*, *1*(1), 1-23; “Effect of Socratic Reflection Prompts via video-based learning system on elementary school students’ critical thinking skills,” by F.-H. Hsu, I.-H. Lin, H.-C. Yeh, & N.-S. Chen, 2022, *Computers & Education*, *183*, Article 104497.

airiti

評比。追求真理被納入好奇心中，代表參與者提及對於新知有強烈渴望、會尋找解答。分析性、審慎性則被納入系統性中，因根據Facione原始定義，三者雖然各有強調面向，但皆屬於CT中「做決策時的有條理、細緻分析與謹慎判斷」之傾向。在評分方面，參與者的回答如果有達到CT子傾向的定義，會被登記1分，每位參與者的回答最少0分(亦即回應沒有符合任何一種子傾向)，最多4分(即回應完整符合4種子傾向，包含開放性、好奇心、自信心、系統性)，表2下半部為4種子傾向的操作型定義。值得注意的是，本研究的傾向推論限於所保留4個子傾向，不外擴至Facione的7種子傾向。

我們也嘗試比較在職和職前教師在CT掌握度的差異。我們使用貝氏獨立樣本*t*檢定進行分析，主因參考Wagenmakers等(2018)的文章，在小樣本數狀況下，貝氏統計納入先驗資訊相對於傳統頻率派估計更穩定，且貝氏統計可提供後驗分布信賴區間，可以直接做機率性陳述，而非單純接受或拒絕虛無假設(Wagenmakers et al., 2018)。後驗分布的推斷通過馬可夫鏈蒙地卡羅(Markov chain Monte Carlo, MCMC)模擬實現，我們使用了R語言中的brms套件，總共執行了4條獨立的MCMC，每條進行4,000次迭代，其中前2,000次為暖身(warm-up)迭代，我們對模型的收斂性進行了診斷，包括檢查各參數的追蹤圖、R-hat統計量(均小於1.01)和有效樣本量(均大於1,000)。為了模型的穩定性與先驗設定的合理性，我們在尺度參數的先驗分布上應用了截斷(truncation)，以確保採樣過程的穩定性和推斷的可靠性。我們在使用截斷法時，將CT技巧的上限訂為6分，下限定為0分，CT傾向的上限訂為4分，下限定為0分。

(二)教案發表與同儕回饋分析

研究者會完整審視每位參與者的教案、簡報、口頭報告、回饋資料，檢視內容是否符合6個子技巧(詮釋、分析、評估、推論、解釋、自我調適)或是4個子傾向(開放性、好奇心、自信心、系統性)，研究者會對每個子項目進行等級評比，計算其融入度，若參與者設計的課程並沒有融入該項目，則評比為0分；若參與者只有粗略提及但未深入使用該技巧或傾向，則評比為1分；若參與者深入、多次將該技巧或傾向與課程內容連結，則評比為2分。每個單項最高為2分，技巧合計最高為12分、傾向合計最高為8分。

此外，研究者亦會詳盡地將課程設計中每個提升CT的教學法進行分類。本研究依據學習者主體性與教師主導度，採二層分類，分別為以教師為中心的師生問答(questioning and answering, QA)、教師展示(demonstration, DM)，還有以學生為中心的探究學習法(inquiry)、同儕討論法(discussion, DC)、問題導向學習法(problem based learning, PBL)。QA可追溯至蘇格拉底式提問法，該方法在提升CT方面占據重要地位(楊雅婷等，2023；Hsu et al., 2022)。DM則經常在一般課堂中採用，根據社會學習論(Bandura, 1977)，DM可作為學生的楷模。探究學習法則以學生建構知識為基礎，從發現問題、設計實驗到得出結論，讓學生建構知識。DC讓學生之間互相交流想法，根據社會建構論(Vygotsky, 1978)，社會互動是學習的關鍵。PBL是讓學生處理複雜、接近真實情境的問題，這過程中學生需進行評估、分析、自我調適等技能。這些教學法在過去均有文獻支持其對於提升學生CT的效果(Abrami et al., 2008; Arsal, 2017; Dabbagh, 2019; Hsu et al., 2022; Loes & Pascarella, 2017)。

airiti

教案CT融入度評分與教學法分類均有兩位評分者從評分架構到評分結果進行多次溝通，針對評分差異部分討論並相互修正，直到達成無異議。

肆、研究結果與討論

一、在職與職前教師在工作坊前對於CT的概念掌握度

研究者以Facione (2015)提出的CT技巧與傾向架構為基礎，透過內容分析法分析CT觀點問卷，將質性資料量化後，其結果如表3所示。

在滿分為6的CT技巧中，合計平均僅1.39。在職教師平均為2.08，其中37.50%的在職教師僅得0分。職前教師的平均為0.83，其中43.33%的職前教師僅得0分。這些結果顯示，不論在職或職前教師，總體而言在工作坊前對於CT技巧的掌握度相當低。另一方面，本次研究有33.33%的在職教師可以提及4種以上的子技巧，職前教師僅有0.00%，這些在職教師有較多現場經驗，可以更明確得知學生所需要的CT技巧，能在問卷中明確指出CT技巧的定義與提升CT技巧的教學方式。舉例而言，一位在職教師指出CT包含「覺察現象、定義問題、創造思考、對話交流、行動實踐、反思回饋」，且可以「從教學編序、課程內容、表現任務、自主學習、學習成果階段融入使用」(在職-12-問卷)，不僅展示對CT技巧的充分理解，也結合從教學編序到協助學生學習成果教學經驗。

在滿分為4的CT傾向中，合計平均僅為0.74。在職教師平均為0.58，其中54.17%的在職教師僅得0分。職前教師的平均為0.87，其中33.33%的職前教師僅得0分。這些結果顯示不論在職或職前教師，總體而言在本次工作坊前對於CT傾向掌握度仍相當低。過去研究指出教師的倦怠可能抑制持續批判的動機(Alinejad et al., 2021; Yaghoubi & Habibinejad, 2015)，這現象對於在職教師的影響更為明

表3：在職與職前教師的CT掌握度分數分布統計

面向	身分	*M* (*SD*)	統計	分數						
				0分	1分	2分	3分	4分	5分	6分
技巧 (滿分為6)	在職 (*n* = 24)	2.08 (2.10)	人數	9	3	2	2	5	1	2
			比例	37.50%	12.50%	8.33%	8.33%	20.83%	4.17%	8.33%
	職前 (*n* = 30)	0.83 (0.91)	人數	13	11	4	2	0	0	0
			比例	43.33%	36.67%	13.33%	6.67%	0.00%	0.00%	0.00%
	總計 (*n* = 54)	1.39 (1.66)	人數	22	14	6	4	5	1	2
			比例	40.74%	25.93%	11.11%	7.41%	9.26%	1.85%	3.70%
傾向 (滿分為4)	在職 (*n* = 24)	0.58 (0.72)	人數	13	8	3	0	0	–	–
			比例	54.17%	33.33%	12.50%	0.00%	0.00%	–	–
	職前 (*n* = 30)	0.87 (0.82)	人數	10	16	2	2	0	–	–
			比例	33.33%	53.33%	6.67%	6.67%	0.00%	–	–
	總計 (*n* = 54)	0.74 (0.78)	人數	23	24	5	2	0	–	–
			比例	42.59%	44.44%	9.26%	3.70%	0.00%	–	–

airiti

顯，也導致即便擁有較多教學經驗，在職教師的傾向掌握度分數仍然沒有高於職前教師。

我們以貝氏獨立樣本*t*檢定來比較在職和職前教師的技巧和傾向之間的差異，因為原始資料的95%信賴區間超過分數下限(0分)，我們使用截斷法(truncation)，其結果如表4和圖3。因為個體間差異大，即便在職教師的技巧中位數(median)略高於職前教師、職前教師的傾向中位數略高於在職教師，從貝氏分析來看其方向機率仍然不高(分別僅有53.02%、52.39%)。此結果與Demir (2023)的回顧性分析結果一致。若以整體來觀察，在職和職前教師兩組間的CT掌握度平均差異不大，但在職和職前教師個體內差異大。

細部去看子技巧回應，其結果如表5上半部。可知在職教師最容易提及的內容為詮釋(37.50%)、分析(41.67%)、推論(41.67%)，職前教師則為分析(23.33%)。在本研究中，不論是在職或職前教師，自我調適分數都是最低。自我調適屬於後設認知技能，要求學習者對於思考歷程進行監控、修正，相對於其他5種認知技能難度更高。在職和職前教師對於自我調適較低的掌握度，可能會導致後續教案設計時，自我調適的課程融入度下降，將在後續章節探討。不過須注意的是，本研究受樣本數限制，若要推論至所有在職、職前教師對於自我調適的掌握度均最低，仍需更多實證性研究佐證。

細部去看子傾向回應，其結果如表5下半部。可知在職與職前教師在各子傾向提及比例均未達40%，Yuan與Liao (2023)也認為過去教師僅強調CT技巧，對於CT傾向的重視則相對不足，尤其是在課程設計與實施環節中。

表4：在職教師與職前教師的技巧與傾向貝氏分析

面向	身分	*n*	Median	後驗95% CI	差值	差值95% CI	*Pd* (%)
技巧	在職職前	24	1.17	[0.04, 4.68]			
		30	1.04	[0.04, 4.57]	-0.10	[-3.81, 3.45]	53.02
傾向	在職職前	24	0.54	[0.02, 2.50]			
		30	0.58	[0.02, 2.68]	0.04	[-1.99, 2.12]	52.39

註：Median：後驗分布的中位數；95% CI：分數中位數的95%信賴區間；差值是後驗差分分布的中位數，並非兩組中位數直接相減；*Pd*：Probability of direction，後驗差值分布中，落在與中位數同方向那一側的機率，又稱「方向機率」。

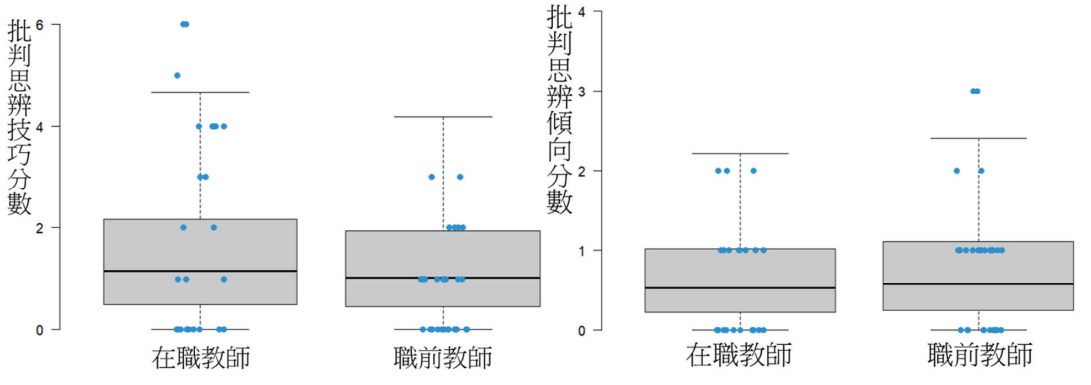


圖3：在職教師與職前教師技巧與傾向的貝氏後驗分布圖

airiti

表5：CT子技巧與子傾向觀點問卷結果

	在職教師(n = 24)		職前教師(n = 30)	
面向	次數	比例(%)	次數	比例(%)
技巧				
詮釋	9	37.50	4	13.33
分析	10	41.67	7	23.33
評估	7	29.17	3	10.00
推論	10	41.67	5	16.67
解釋	8	33.33	4	13.33
自我調適	6	25.00	2	6.67
傾向				
開放性	4	16.67	3	10.00
好奇心	1	4.17	5	16.67
自信心	5	20.83	8	26.67
系統性	4	16.67	10	33.33

註：表中「次數」為各子向度中，至少出現一次的教師人數；「比例」= 該人數 ÷ 該組教師總人數(在職教師n = 24，職前教師n = 30) × 100%。教師的開放式回應可同時符合多個子向度，因此各向度百分比並非互斥，當同一位教師的答案被標記為多個時，總和可能超過100%；反之，若某些回應未被標記為任何向度，則總和會低於100%。

此外，在職教師很少提及好奇心，這可能因(一)在臺灣討論到CT時，往往側重於強調獨立思辨、合理懷疑等，在教育部108課綱中也鮮少在CT這項思考智能提及好奇心的部分；(二) Nadelson等(2019)指出，教師在設計教案時常把注意力集中在知識內容本身，而未充分重視能激發學生好奇心的教學設計要素。

雖然多數教師對於CT的掌握度有限，但仍有部分參與者在質性的描述仍可以表現出對於CT的認識，具體範例如表6。這些參與者有望在COllaboration階段協助其他同儕發展CT融入課程，將在後續文章中補充論述。

二、在職與職前教師的CT課程融入度與對應教學法。

本次在職教師分組後設計10組教案，職前教師則設計11組教案，研究者運用內容分析法將參與者的教案審視其CT技巧、傾向的融入度，以及其融入的教學法，結果詳見附錄二、附錄三。

以主題來看，本次研究者並未限制教案設計的科目，教案主題相當多元，包含溫室氣體、颱風、桌遊融入等，足見CT在各領域的泛用性。過去不少文獻指出CT能力可以應用到多個領域之中(García-Carmona, 2025; Halpern, 1998; Paul & Elder, 2006)，García-Carmona (2025)提出雖然「科學思維」與「CT」在目的與部分認知過程上有所區別，但兩者共享許多核心技能，也因此在多個領域中可以互相適用與補充，也因此即便本次DECODE工作坊在講師DEmonstration階段只提供三個跟科學有關的微課程，參與者在COllaboration階段依然可以團體合作，並將CT融入到多元的主題，甚至跨領域的教案中。

airiti

表6：教師CT觀點問卷回應範例

面向	在職教師	職前教師
技巧	對事實、證據、觀察結果和論據的分析以形成判斷(分析) (在職-01-問卷)。 多文本的閱讀，發現不同立場的的觀點，能透過討論、歸納、成為自己的想法(詮釋、分析、解釋) (在職-11-問卷)。 對於題目與自身都能反思(自我調適) (在職-04-問卷)。 看出事情背後的真實性(評估) (在職-07-問卷)。	1.讀懂題目原意或背後意涵的能力；2.能夠與其他相關議題進行比較或類比的能力；3.可以改變自己觀點角度的反思能力(詮釋、推論、自我調適) (職前-02-問卷)。 獨立思考問題的能力，能分析一件事情的利與弊(分析) (職前-25-問卷)。 能夠依照手邊證據進行有邏輯的論證得到結果(解釋) (職前-30-問卷)。
傾向	幫助更完整的思考—分析事實，提供正反面意見觀點，分析優劣勢(系統性) (在職-16-問卷)。 多元的角度看事情，從不同的角度來探討(開放性) (在職-15-問卷)。	對世界的所有事情抱有疑問、好奇心，會願意主動去找尋答案，就算得到答案也要繼續對這個答案抱有批判的態度，因為每個答案都可能是暫時的，而非永遠正確(開放性、好奇心) (職前-08-問卷)。 學生要有獨立思考的能力，也可以多對同學的提問提出不同的看法(開放性) (職前-07-問卷)。

註：括號內為該敘述符合的子技巧或子傾向。

(一)CT課程融入度

比較在職教師和職前教師的CT融入度(附錄四、附錄五)可發現，在職跟職前教師在技巧方面分別是5.90、5.91分，傾向方面在職教師為1.90分，職前教師則為1.82分。由此結果可以發現，職前教師即便較少教學經驗，但在CT教案的融入度和在職教師相當，與Yuan (2023)的研究一致。推測其原因可能是1.在本次DECODE工作坊中，在職教師在意能夠即時實施在自己的課堂中，從自身的課堂情境開始設計，再將CT融入課程教案中，例如校園空間設置，為在職教師就職學校正在面臨的問題。而職前教師在教案設計時，會專注在如何將CT的子面向融入教案之中，可以將CT當作主軸進行課程設計，例如「批判小卡大挑戰」課程設計一套桌遊，直接融入CT的重要面向讓同學參與。因此在職與職前教師課程設計方向便有所不同。2.DECODE工作坊可以拉近職前教師在設計CT融入教案方面和在職教師的經驗差距，也可能是因為在COllaboration階段，在職教師則分散四處再加上公務繁忙，而職前教師因為在同一間學校進行師資培育，互相熟悉，因此在COllaboration階段職前教師的互助鷹架搭建較為有效率，不過此推測仍待後續研究蒐集問卷、訪談等資料進行驗證。

進一步檢視6種CT子技巧，可發現「詮釋」、「分析」、「評估」、「推論」與「解釋」較常被教師納入教案，這5種偏向認知的子技巧達1～2分的比例，不論在職或是職前教師均超過50.00%，唯屬於後設認知的「自我調適」則出現頻率較低(職前教師0分達81.82%、在職教師達70.00%)。這可能因為在面對新資訊時，通常先運用解釋等5種子技巧來評估資訊內容、可信度與邏輯(Facione, 2015)，故在教案設計上自然優先聚焦此類子技巧；自我調適作為一種後設認知技能，需持續自我檢視與修正(Facione, 2015)。相較於其他5種子技巧，教師若已專注於傳遞知識概念與前述技巧，往往難以兼顧自我調適的安排。

airiti

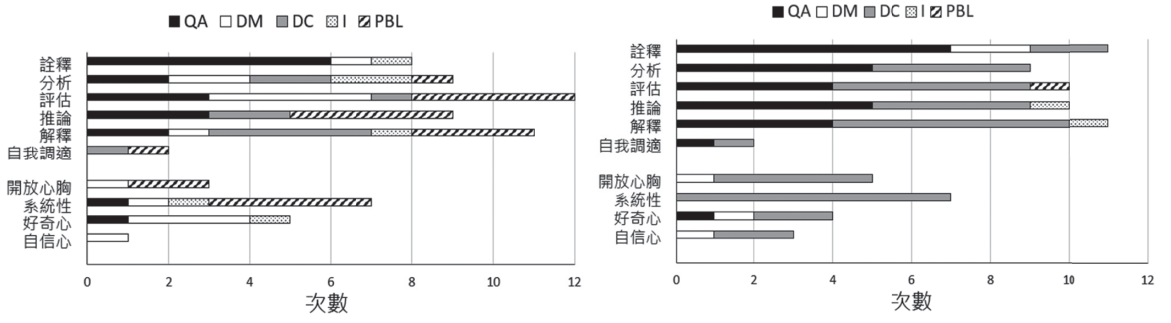
細部觀察CT子傾向融入教案，可以發現在職和職前教師在開放性、好奇心、自信方面，有超過50.00%的教案是完全沒有融入。這顯示在職和職前教師在設計教案時，往往偏重CT的認知面向(即CT技巧)，而忽略開放性、好奇心、自信心這類情意面向。這呼應Tiruneh等(2014)的系統性回顧，大部分教師較重視技巧而非傾向，與可直接對應具體觀察任務的CT技巧不同，傾向屬於心理習慣、情意面向，較難在課堂中評量(Facione, 2000, 2015)。在臺灣，自108課綱後，各學習階段開始推動「自然科學探究與實作」課程，其目標是透過以學生為主的課程設計，運用實作過程，培養學生發現問題、認識問題、解決問題，以及提出結論與表達溝通的能力，主要也是注重在技巧方面的培養，而非CT傾向。Arsal (2017)針對職前教師設計14週的探究式課程，採用類似的探究架構引導學生從發現問題到提出結論，研究結果也說明探究教學並沒有提升職前教師的CT傾向。此外，在好奇心部分，Nadelson等(2019)針對K-12在職教師的研究發現，教師在回答「你如何教學生好奇心？」時，其回應多為籠統的大方向描述，缺乏具體操作步驟或與學科內容的深度結合，顯示他們並未有意識、有架構性地在課程中強調好奇心教學。綜上可知，CT傾向相較於技巧較難融入課程設計(Yuan & Liao, 2023)。但值得樂觀的是，本研究中只有28.57%的教案對於系統性子傾向融入為0分，可見在職與職前教師在設計CT融入課程時，多數教案仍會鼓勵學生以整體系統性的思維來分析、解決問題。

為了幫助教師設計CT融入課程，Abrami等(2008)針對117個對於如何培養學生CT技巧與傾向的實證性研究進行後設分析，認為應該將CT外顯化，CT不應僅被視為教學的副產品，而應作為課程設計中清晰且重要的組成部分，可協助教師將這些抽象構念融入教案。另一方面，Cansoy與Türkoglu (2017)的研究結果，職前教師的CT傾向與教師自我效能與呈現正相關，包含學生參與度效能、教學策略效能、班級經營效能，若能提高教師自我效能，也許能間接提升教師CT，進而融入課程。此外，CT的培養往往需要真實且持續的教學情境，以便教師能立即引導學生。然本研究工作坊的實際情境與時間皆受限，建議可延伸DECODE模式為「DECODER」(R代表真實教學情境[real classroom])，提供教師更多真實設計機會、將CT融入課程外顯化、增進教師自我效能，以利實施培養學生CT的教學教案。

(二)CT課程對應教學法

從在職教師和職前教師所運用的教學法分布次數(圖4)可以發現，QA主要出現在CT技巧，尤其是認知技能，包含詮釋、分析、評估、推論、解釋。因這一類技巧為處理資訊首先需要運用的能力，而教師可以透過CCR的問答功能或是課堂互動功能，搭配適當的設計便可以提升學生的認知技能。此外，推論、解釋也採用不少以學生為中心的PBL、DC，推論或解釋子技巧需要對資訊做進一步的處理，此時將主動權交給學生，可以幫助學生從做中學，培養這類高層次子技巧。進一步分析在職和職前教師以學生為中心教學法的差異發現，在職教師較多使用PBL (在職19，職前1)，職前教師較多使用DC (在職10，職前37)。過去系統性回顧研究(Fang et al., 2021; Masek & Yamin, 2011)指出，PBL基於任務或問題可以協助CT的發展和融入，而在職教師因為較多的現場經驗，更有能力設計真實情境問題或是專題課程，讓學生培養CT。對於職前教師來說，雖然現場經

airiti



(a)在職 (b)職前

圖4：(a)在職與(b)職前教師教學法分析次數堆疊長條圖

驗不足，運用DC提供辯論性問題，可以帶領學生討論，深入融入CT至教案中。

三、綜合討論

本次DECODE工作坊有效引導教師從對CT掌握度甚低，進展至能夠設計CT融入的教案。在DECODE模式的三個階段中，講師、參與者、CT理論、CCR的互動貫穿始終。以下將以DECODE三階段與Darling-Hammond等(2017)的有效教師專業發展的特徵，分別是「聚焦內容」、「主動學習」、「支持協作」、「典範示範」、「專家支援」與「回饋與反思」，進行綜合討論。本研究並未長期追蹤教師的CT融入教案發展與實施情形，因此不討論「持續性的歷時設計」。

於講師DEmonstration階段，CT為聚焦內容，講師從詢問參與者CT的觀點開始，一直到介紹CT的要素、讓參與者參與三個CT微課程，逐步讓參與者深入理解CT的定義。三個微課程同時扮演著典範示範，協助教師明確理解如何將CT融入教案 (Darling-Hammond et al., 2017)。於此同時，借助線上平臺CCR的即時功能，參與者能夠身歷其境地參與並觀摩講師所設計的CT微課程，進一步深化對CT教學策略的體會。

於COllaboration階段中，支持協作與主動學習成為核心，協助教師共同以CCR設計CT課程教案。DECODE模式透過鼓勵參與者共同授課(CO-teach)、共同使用科技(CO-tech)與共同設計(CO-design)，來促進團隊教案開發(Cheng et al., 2022)，分述如下。

部分參與者在CT觀點問卷中就已經展現對於CT的掌握度，他們可以擔任CO-teach的老師，指導其他參與者CT、融入課程，例如某位在職教師在CT問卷中認為CT是：「多文本的閱讀，發現不同立場的的觀點，能透過討論、歸納、成為自己的想法」，並在後續同儕討論時明確鼓勵其他參與者「依據課程主軸及研究專題，鼓勵學生下關鍵字進行搜尋，閱讀不同文本，並進行歸納與分享」(在職-11-問卷)。某位職前教師認為CT是：

> 對世界的所有事情抱有疑問、好奇心，會願意主動去找尋答案，就算得到答案也要繼續對這個答案抱有批判的態度，因為每個答案都可能是暫時的，而非永遠正確。(職前-08-問卷)

並且在後續COllaboration階段與同儕協作「化學與生活」教案，以批判的態度討論奧本海默(Robert Oppenheimer)協助原子彈開發的倫理問題、科學家的社會責任：

airiti

> 今天是做了什麼選擇，才會得到這張圖片，才會得到這個未來，因為其實讓學生他去，就是做完選擇，然後只看到文本與成就世界……我就會想要表達的結論，其實就是化學其實是一把雙面刃，就很取決於你怎麼去使用。就好像剛剛那個例子，就是你有不同的選擇，就是奧本海默，你可以成就這個世界，可以毀滅這個世界。(職前-08-發表逐字稿)

因使用者可以選擇用教師或是學生模式進入CCR，當教師設定課程後，可以和同儕互動，進行CO-tech。此階段發現教師們開始使用CCR其他進階功能，例如某位在職教師提到：「可以透過CCR的分組系統進行異質分組，培養學生與他人互動合作的能力」(在職-20-回饋)。而一位職前教師則表示：

> 教師可以在CCR教室放上照片與論述，並向學生提出問題，因CCR為線上形式，每位學生都有提出觀點與想法的機會，不必擔心害怕面對面回答老師，且反覆的練習能使學生逐漸掌握分析論述及證據評估的技巧。(職前-23-回饋)

甚至有教師對CCR提出改進建議，例如一位在職教師表示：「很希望『下載歷程』能夠包含照片跟圖片。目前只有文字，很可惜」(在職-17-回饋)；一位職前教師則表示：

> CCR單選題分組好像只能特定元素，只能選特定的元素比如兩個、三個、五個，可是不能選相同的都一組。(職前-08-逐字稿)

這些具體的課程設計與建議皆為參與者在進行CO-tech中深入支持協作、主動學習的證據。

教師在小組中為了設計出CT融入教案，CO-design便很自然地發生。舉例而言，其中一組在職教師以任職學校空間規劃為主題，同組教師共同討論校園「分齡分場域配置」的課題，針對廁所、公共空間進行經驗分享，設計一個PBL課程。而一位職前教師則以「批判小卡大挑戰」為題，設計一個桌遊，與同儕共同討論、設計計分機制、CT卡牌內容。CO-design讓參與者之間進行互助與分享，並完善課程架構，相較於單獨設計課程，能夠激發出更有品質的教案。

講師在專家支援中，扮演著關鍵的指導與協調角色。當參與教師在課程設計時對CT理論或CCR平臺操作產生疑惑時，講師可提供參與者適時且個人化的建議，協助參與者克服困難。舉例來說，某位在職教師透過線上方式向教師詢問CCR操作問題：

> 請問學生端跟老師端要怎麼看到G分？我出題目有給積分，學生也回答了，但是沒看到分數。(在職-17-回饋)

而另一位職前教師則詢問CT課程難度的取捨：「這樣的課程設計是否適合國中生？」(職前-21-回饋)。針對這些疑惑，講師可提供TPK(如CCR)或是教學內容知識上的即時解惑，幫助參與者設計CT融入CCR課程。

在回顧反思部分，研究者預期發表者在DEbrief階段可即時獲得同儕的回饋。本研究參與者雖完整經歷DECODE工作坊，不過在同儕給予回饋與反思階段時，因同儕分享時間有限(每組約10分鐘)，這段時間其他參與者若要同時聆聽、體驗報告者的課程設計，又要給出深度回饋，認知負荷過大，導致回饋內容的資訊密度較低，例如「很棒」、「主題很有趣」，這些回饋也較難符應Kennedy (2016)所指「結構化反思」。察看過去文獻，DECODE研究針對回顧與反思階段亦較少報

airiti

導(Cheng et al., 2022; Sui et al., 2024; Wahono et al., 2022)。針對回饋與反思的蒐集資料與分析屬於本研究的限制，不過未來可以加長回饋時間，設計相應問題，針對DECODE模式中的同儕回饋與反思階段進行深入分析，補足此研究盲點。

伍、結論與建議

一、結論

(一)教師在DECODE工作坊前對CT概念掌握度

不論在職教師或是職前教師，在本次工作坊前對於CT的概念掌握度仍然相當不足，且傾向相較於技巧更低。從貝氏分析來看在職與職前教師之間的差異不高。此外，教師個體間的差異很大，有少數教師具備較高層次的掌握度。

細部去看CT的子技巧和子傾向，本次研究教師的詮釋、評估、分析、推論、解釋掌握度較高，自我調適掌握度相對較低；而在職教師好奇心較開放性、系統性、自信心掌握度更低。

(二)在DECODE工作坊後，在職與職前教師的CT課程融入度與對應教學法

經過DECODE模式的工作坊協助後，在職和職前教師均能夠發展出多樣主題的CT融入課程。在職和職前教師設計的CT課程總體融入度相當，傾向相較於技巧融入度較低。在技巧方面，自我調適相對於其他5種子技巧融入度較低。在傾向方面，系統性相較於其他子傾向融入度較高。

本次研究中，以教師為中心的QA教學法較常運用在詮釋、分析、評估、推論、解釋等認知子技巧。在以學生為中心的教學法中，在職教師較多使用PBL，職前教師較多使用DC。

二、研究限制與建議

本研究將提出兩點研究限制與建議：

(一)研究參與者的限制與建議。本研究的在職教師來自臺灣各處，優點是具備多樣性，缺點是若要延長工作坊時間，教師參與度可能會降低。建議之後若要蒐集在職教師資料，可以事先調查在職教師時間，先從兩天一夜或是三天兩夜工作坊開始規劃，以利參與者可以深度互動。至於本研究的職前教師，雖然兩個工作坊的科系不相同，但仍為同一所師培大學的師培教師。如此一來優點是方便取樣，缺點是以研究立場而言，在變因控制方面會對研究結果有些許影響，例如職前教師可以在COllaboration階段更容易在課餘時間討論，本研究在推論職前教師的教案品質時，應多考慮此要素。若未來要進行類似研究，建議以問卷或訪談方式，深入瞭解教師在工作坊之外，與同儕進行討論的時間、頻率與討論內容。

(二)與Darling-Hammond等(2017)提出有效的教師專業發展中七個主要向度之對應的限制與建議。本次DECODE模式具備其中5項，包含1.聚焦內容、2.主動學習、3.支持協作、4.典範示範、5.專家支援。關於6.回饋與反思，因收集參與者回饋時，多數參與者的認知負荷過高導致回饋品質降低，難以讓參與者具備結構化的反思回饋。至於7.持續性的歷時設計，本研究並無進行長時間、密集的培訓、追蹤，也難以達成。未來如果有機會可以進行類似研究，可以1.提供每組參與者

airiti

更多接受回饋的時間，以利促進參與者回饋與反思；2.進行半年以上的追蹤研究，並在Cheng等(2022)提出的DECODE模式再增加R，也就是“Real classroom”，進行實際的課堂演練與回饋，以利促進持續性的歷時設計。

誌謝

特別感謝所有提供建議的專家學者，以及熱情參與本研究的在職與職前教師。您們的支持與投入是本研究不可或缺的力量，讓本研究能夠更臻完善。

參考文獻

台灣事實查核中心(2023)。**【錯誤】網傳「鳳梨加芒果會引發嚴重過敏反應，鳳梨加牛奶會影響消化，鳳梨加蘿蔔會讓甲狀腺腫大」？**https://bit.ly/4pMDNVo

[Taiwan FactCheck Center. (2023). *[False] Online rumor: “Pineapple mixed with mango causes severe allergic reactions, pineapple with milk affects digestion, and pineapple with radish causes goiter”?* https://bit.ly/4pMDNVo]

江逸傑、邱意茵、胡心如、陳育霖、鄭志鵬、賴雲立(2020)。**素養導向系列叢書：國中理化教材教法**。五南。

[Jiang, Y.-J., Chiu, I.-I., Hu, H.-J., Chen, Y.-L., Cheng, C.-P., & Lai, Y.-L. (2020). *Competency-oriented series: Teaching materials and methods for junior high school physics and chemistry*. Wu-Nan.]

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://bit.ly/4pUMI7n

[Ministry of Education. (2018). *Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary, junior high schools and general senior high schools—The domain of natural sciences*. https://bit.ly/4pUMI7n]

楊雅婷、林秋斌、林子斌、林珊如(2023)。**教育部中小學數位學習深耕推動計畫2023年期末報告書**。教育部委託之專題研究成果報告。

[Yang, Y.-T., Lin, C.-P., Lin, T.-B., & Lin, S.-J. (2023). *2023 Final report of the project on deepening digital learning in primary and secondary schools*. Research report commissioned by the Ministry of Education.]

劉世雄(2022)。提升師資生批判思考能力的師培課程設計之研究。**師資培育與教師專業發展期刊，15**(1)，29-56。https://doi.org/10.53106/20713649202204150100 2

[Liu, S.-H. (2022). A study on course design for teacher education to improve preservice teachers’ critical thinking. *Journal of Teacher Education and Professional Development*, *15*(1), 29-56. https://doi.org/10.53106/20713649202204150100 2]

Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Wade, A., Surkes, M. A., Tamim, R., & Zhang,

airiti

D. (2008). Instructional interventions affecting critical thinking skills and dispositions: A stage 1 meta-analysis. *Review of Educational Research*, *78*(4), 1102-1134. https://doi.org/10.3102/0034654308326084

Afzal, A., Kamran, F., & Naseem, A. (2023). The role of teachers in fostering critical thinking skills at the university level. *Qlantic Journal of Social Sciences and Humanities*, *4*(3), 202-214. https://doi.org/10.55737/qjssh.409505257

Alinejad, Z., Nemati, N., & Ghaemi, N. (2021). Critical thinking dispositions of Iranian EFL teachers and their relationship with teacher burnout. *Iranian Journal of English for Academic Purposes*, *10*(4), 18-35.

Arsal, Z. (2017). The impact of inquiry-based learning on the critical thinking dispositions of pre-service science teachers. *International Journal of Science Education*, *39*(10), 1326-1338. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1329564

Avalos, B. (2011). Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years. *Teaching and Teacher Education*, *27*(1), 10-20. https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007

Aydın Gürler, S. (2022). State of prediction of the critical thinking dispositions of primary school teacher candidates through their self-efficacy for STEM practices. *Participatory Educational Research*, *9*(3), 62-81. https://doi.org/10.17275/per.22.54.9.3

Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Prentice Hall.

Bautista, A., & Ortega-Ruíz, R. (2015). Teacher professional development: International perspectives and approaches. *Psychology, Society and Education*, *7*(3), 240-251.

Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. *Educational Researcher*, *33*(8), 3-15. https://doi.org/10.3102/0013189X033008003

Cansoy, R., & Türkoglu, M. E. (2017). Examining the relationship between pre-service teachers' critical thinking disposition, problem solving skills and teacher self-efficacy. *International Education Studies*, *10*(6), 23-35. https://doi.org/10.5539/ies.v10n6p23

Cheng, P.-H., Molina, J., Lin, M.-C., Liu, H.-H., & Chang, C.-Y. (2022). A new TPACK training model for tackling the ongoing challenges of COVID-19. *Applied System Innovation*, *5*(2), Article 32. https://doi.org/10.3390/asi5020032

Choy, S. C., & Cheah, P. K. (2009). Teacher perceptions of critical thinking among students and its influence on higher education. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, *20*(2), 198-206.

Dabbagh, N. (2019). Effects of PBL on critical thinking skills. In M. Moallem, W. Hung, & N. Dabbagh (Eds.), *The Wiley handbook of problem-based learning* (pp. 135-156). https://doi.org/10.1002/9781119173243.ch6

Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional*

airiti

development. Learning Policy Institute. https://doi.org/10.54300/122.311

Demir, U. (2023). A systematic review of research on critical thinking skills of teachers and pre-service teachers. *International Journal of Educational Spectrum*, *5*(2), 281-298. https://doi.org/10.47806/ijesacademic.1220883

Din, M. (2020). Evaluating university students' critical thinking ability as reflected in their critical reading skill: A study at bachelor level in Pakistan. *Thinking Skills and Creativity*, *35*, Article 100627. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100627

Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice* (pp. 9-26). Freeman.

Ennis, R. H. (1996). Critical thinking dispositions: Their nature and assessability. *Informal Logic*, *18*(2). https://doi.org/10.22329/il.v18i2.2378

Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. https://bit.ly/4ncaMCr

Facione, P. A. (2000). The disposition toward critical thinking: Its character, measurement, and relationship to critical thinking skill. *Informal Logic*, *20*(1), 61-84. https://doi.org/10.22329/il.v20i1.2254

Facione, P. A. (2015). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight Assessment*, *1*(1), 1-23.

Fang, J.-W., Chang, S.-C., Hwang, G.-J., & Yang, G. (2021). An online collaborative peer-assessment approach to strengthening pre-service teachers' digital content development competence and higher-order thinking tendency. *Educational Technology Research and Development*, *69*(2), 1155-1181. https://doi.org/10.1007/s11423-021-09990-7

Fitriani, H., Asy'ari, M., Zubaidah, S., & Mahanal, S. (2018). Critical thinking disposition of prospective science teachers at IKIP Mataram, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, *1108*(1), Article 012091. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012091

García-Carmona, A. (2025). Scientific thinking and critical thinking in science education: Two distinct but symbiotically related intellectual processes. *Science & Education*, *34*(1), 227-245. https://doi.org/10.1007/s11191-023-00460-5

Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist*, *53*(4), 449-455. https://doi.org/10.1037/0003-066x.53.4.449

Haug, B. S., & Mork, S. M. (2021). Taking 21st century skills from vision to classroom: What teachers highlight as supportive professional development in the light of new demands from educational reforms. *Teaching and Teacher Education*, *100*, Article 103286. https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103286

Hill, H. C., Beisiegel, M., & Jacob, R. (2013). Professional development research: Consen-

airiti

sus, crossroads, and challenges. *Educational Researcher*, *42*(9), 476-487. https://doi.org/10.3102/0013189X13512674

Hsu, F.-H., Lin, I.-H., Yeh, H.-C., & Chen, N.-S. (2022). Effect of Socratic Reflection Prompts via video-based learning system on elementary school students' critical thinking skills. *Computers & Education*, *183*, Article 104497. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104497

Kennedy, M. M. (2016). How does professional development improve teaching? *Review of Educational Research*, *86*(4), 945-980. https://doi.org/10.3102/0034654315626800

Leibovitch, Y. M., Beencke, A., Ellerton, P. J., Mcbrien, C., Robinson-Taylor, C.-L., & Brown, D. J. (2025). Teachers' (evolving) beliefs about critical thinking education during professional learning: A multi-case study. *Thinking Skills and Creativity*, *56*, Article 101725. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101725

Lin, I.-H., Chew, S. W., & Chen, N.-S. (2017). A vocal assessment approach to measure elementary school students' critical thinking skills. In *IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 419-421). Institute of Electrical and Electronics Engineers. https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.30

Loes, C. N., & Pascarella, E. T. (2017). Collaborative learning and critical thinking: Testing the link. *The Journal of Higher Education*, *88*(5), 726-753. https://doi.org/10.1080/00221546.2017.1291257

Masek, A., & Yamin, S. (2011). The effect of problem based learning on critical thinking ability: A theoretical and empirical review. *International Review of Social Sciences and Humanities*, *2*(1), 215-221.

Miri, B., David, B.-C., & Uri, Z. (2007). Purposely teaching for the promotion of higher-order thinking skills: A case of critical thinking. *Research in Science Education*, *37*(4), 353-369. https://doi.org/10.1007/s11165-006-9029-2

Moore, T. J. (2011). Critical thinking and disciplinary thinking: A continuing debate. *Higher Education Research & Development*, *30*(3), 261-274. https://doi.org/10.1080/07294360.2010.501328

Nadelson, L. S., Nadelson, S. G., Broyles, A., Edgar, J., Einhorn, J., Hatchett, A., Scroggins, T., Skipper, A, Ulrich, C. (2019). Beyond the books: Teacher practices and perceptions of teaching caring and curiosity. *Journal of Curriculum and Teaching*, *8*(3), 84-101. https://doi.org/10.5430/jct.v8n3p84

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165

Paul, R., & Elder, L. (2006). Critical thinking: The nature of critical and creative thought. *Journal of Developmental Education*, *30*(2), 34-35.

airiti

Rizki, I. A., & Suprapto, N. (2024). Project-oriented problem-based learning through SR-STEM to foster students' critical thinking skills in renewable energy material. *Journal of Science Education and Technology*, *33*(4), 526-541. https://doi.org/10.1007/s10956-024-10102-2

Şendağ, S., & Odabas, H. F. (2009). Effects of an online problem based learning course on content knowledge acquisition and critical thinking skills. *Computers & Education*, *53*(1), 132-141. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.01.008

Sui, C.-J., Yen, M.-H., & Chang, C.-Y. (2024). Teachers' perceptions of teaching science with technology-enhanced self-regulated learning strategies through the DECODE Model. *Education and Information Technologies*, *29*(17), 22813-22839. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12715-x

Tiruneh, D. T., Verburgh, A., & Elen, J. (2014). Effectiveness of critical thinking instruction in higher education: A systematic review of intervention studies. *Higher Education Studies*, *4*(1), 9-44. https://doi.org/10.5539/hes.v4n1p1

Topping, K. (2017). Peer assessment: Learning by judging and discussing the work of other learners. *Interdisciplinary Education and Psychology*, *1*(1), Article 7. https://doi.org/10.31532/InterdiscipEducPsychol.1.1.007

Valverde-Berrocoso, J., Fernández-Sánchez, M. R., Revuelta Dominguez, F. I., & Sosa-Díaz, M. J. (2021). The educational integration of digital technologies preCovid-19: Lessons for teacher education. *PLoS One*, *16*(8), Article e0256283. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256283

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4

Wagenmakers, E. J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., Love, J., Selker, R., Gronau, Q. F., Šmíra, M., Epskamp, S., Matzke, D., Rouder, J. N., & Morey, R. D. (2018). Bayesian inference for psychology. Part I: Theoretical advantages and practical ramifications. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(1), 35-57. https://doi.org/10.3758/s13423-017-1343-3

Wahono, B., Hariyadi, S., & Subiantoro, A. W. (2022). The development of an online STEM teacher professional development package with the DECODE model: An innovative teacher's quality maintenance. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *18*(12), Article em2191. https://doi.org/10.29333/ejmste/12647

Wang, D., & Jia, Q. (2023). Twenty years of research development on teachers' critical thinking: Current status and future implications—A bibliometric analysis of research articles collected in WOS. *Thinking Skills and Creativity*, *48*, Article 101252. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101252

Yaghoubi, A., & Habibinejad, P. (2015). Teacher burnout and critical thinking among EFL teachers. *Journal of Educational and Management Studies*, *5*(1), 85-91.

airiti

Yuan, R. (2023). Cultivating CT-oriented teachers in pre-service teacher education: What is there and what is missing? *Teachers and Teaching*, *29*(7-8), 924-945. https://doi.org/10.1080/13540602.2023.2215719

Yuan, R., & Liao, W. (2023). Critical thinking in teacher education: Where do we stand and where can we go? *Teachers and Teaching*, *29*(6), 543-552. https://doi.org/10.1080/13540602.2023.2252688

Zhou, Q., Yan, C., Zhao, S., Liu, L., & Xing, L. (2012). A preliminary investigation into critical thinking of in-service and pre-service middle school chemistry teachers in Shaanxi province of China. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *13*(2), 1-13.

Zoller, U., Ben-Chaim, D., Ron, S. T., Pentimalli, R., Scolastica, S. A., Chiara, M. S., & Borsese, A. (2000). The disposition toward critical thinking of high school and university science students: An interintra Israeli-Italian study. *International Journal of Science Education*, *22*(6), 571-582. https://doi.org/10.1080/095006900289679

airiti

附錄

附錄一：質性資料編碼表

表7：質性資料編碼表

編碼順序	編碼組成	代碼	含義說明
第一段	參與者身分	在職／職前	區分受訪者為「在職教師」或「職前教師」。
第二段	參與者編號	01, 02.....	依據資料收集順序給予之匿名流水號，確保資料可回溯。
第三段	資料來源	問卷／逐字稿／回饋	標示該段文字產出的情境。

附錄二：批判思辨技巧的定義與範例表

表8：批判思辨技巧的定義與範例

技巧	定義	範例
詮釋(interpretation)	理解並闡明資訊背後的重要性或意義	識別所傳達的主要主張
評估(evaluation)	評估陳述或敘述的可信度或是相關性	判斷證據來源是否虛構
分析(analysis)	識別論述、資訊內部的邏輯關係、合理性	辨認計算錯誤
推論(inference)	提出有根據結論所需的必要要素、推斷可能出現的結果	根據內容推理出進一步的結果
解釋(explanation)	解釋個人結論及其背後的理由	運用證據與推理清晰說明觀點
自我調適(self-regulation)	觀察並瞭解自身能力的上下限	自我監控並自我修正思考歷程

資料來源：*Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*, by P. A. Facione, 1990. (https://bit.ly/4tRB3Jn); “Critical thinking: What it is and why it counts,” by P. A. Facione, 2015, *Insight Assessment*, *1*(1), 1-23; “Effect of socratic reflection prompts via video-based learning system on elementary school students’ critical thinking skills,” by F.-H. Hsu, I.-H. Lin, H.-C.Yeh, & N.-S. Chen, 2022, *Computers & Education*, *183*, Article 104497.

airiti

附錄三：三套微課程與設計理念

微課程1：科學短影音判讀

隨著行動載具與網際網路的發展，線上影音的傳播更加便捷，其中時長短於5分鐘的短影音因多樣的行銷策略、強大的AI輔助演算法或影片製作、快速的滿足用戶需求等特性，在2019年由抖音開始竄起，而後YouTube、Facebook等平臺也加入短影音的市場，使全球的短影音數量和傳播速度急速上升。這些快速傳播的短影音不乏科學相關的內容，不過科學本身的嚴謹性經常被忽略，因此有部分偽科學的傳遞也層出不窮。

批判思辨所重視的各種子技巧在面對是非真假的判斷上相當有助益。詮釋(interpretation)的能力能夠協助更精準的讀懂或看懂短影音作者所想要表達的意義，分析(analysis)的能力可以幫助在短影音的畫面、語句、概念、判斷與經驗之間找到因果關係，評估(evaluation)的能力可以幫助讀者對於短影音的來源可性度做評判，並能評估論述之間的相關性之強弱。推論(inference)的能力幫助讀者進一步考慮相關訊息形成推測和假設。解釋(explanation)的能力可以幫助讀者在看完短影音的內容後，以有力的論點形式呈現推理過程。而批判思辨傾向包含開放性、自信心、分析性、系統性、審慎性、追求真理與好奇心，具有高度傾向的個體將會有高機率使用技巧來面對課題。

本微課程由台灣事實查核中心事實查核報告第2550號為素材，內容為部分人士在通訊軟體(例如YouTube、抖音、Facebook等平臺)上分享了一段影片訊息，其中提到鳳梨和芒果都含有易引起過敏的成分，如果一起食用，許多人可能會在一小時內出現嚴重的過敏反應。此外，該訊息還聲稱鳳梨與牛奶一起食用會影響消化，鳳梨與蘿蔔一起食用則會導致甲狀腺腫大。經過事實查核中心認證為錯誤訊息。本課程根據影音的內容，設計試題在CCR上展示，並藉由IRS即時反饋的方式讓在職教師能夠快速瞭解自己與其他同儕對於批判思辨的想法，再藉由深入的討論更深入瞭解批判思辨的技巧，包含對論述解構(distinguishing component parts of an argument)、評估論述的強度和相關性(assessing the strength and relevance of arguments)、評估證據或敘述可信性(evaluating credibility of evidence or statements)、指認假設(recognizing assumptions)、找出不合理／合理的論述(identifying Informal fallacies or sound arguments)，過程中亦提醒教師能夠以自信心、分析性、系統性、審慎性、追求真理與好奇心等傾向來處理這類資訊。短影音影片連結：https://youtu.be/EgBYyjT6BhQ

短影音逐字稿：

顧客：ㄟㄟㄟㄟ，為什麼我吃你的鳳梨，全身都過敏

老闆：你把我家的鳳梨跟什麼東西放在一起吃了。

顧客：呃……你送我的芒果。

老闆：我送妳的芒果？

老闆：鳳梨加芒果，他們兩個都會含有容易過敏的成分在，那更不用說你們現在把兩個東西放在一起吃，那這樣的話，會有很多人他會在一個小時內，引發嚴重的過敏反應。

airiti

然後再來第二個，鳳梨不可以跟牛奶一起吃，鳳梨裡面的果酸，會讓牛奶裡面的蛋白質固化掉，它會影響胃裡面的消化。鳳梨也不可以跟蘿蔔一起吃，因為蘿蔔裡面的酵素酶，會破壞鳳梨裡面的維(生素)C，破壞之後，兩者之間所產生的物質，會讓你的甲狀腺腫大。

節錄問題如下，分別對應批判思辨的重要技巧：

Q1：Distinguishing component parts of an argument，對論述解構。

以下哪個段落是老闆提醒大家的重要主張：

1.鳳梨也不可以跟蘿蔔一起吃。

2.鳳梨加芒果，兩個都含有容易過敏的成分。

3.鳳梨裡面的果酸，會讓牛奶裡面的蛋白質固化掉。

4.蘿蔔裡面的酵素酶，會破壞鳳梨裡面的維生素C。

Q2：Assessing the strength and relevance of arguments，評估論述的強弱和相關性。

從健康保健的立場，鳳梨是否適合和芒果一起吃呢？

假設下列敘述皆為真，請評估對題幹而言，下列論述的強弱與相關性。

1.不適合，兩個都含有容易過敏的成分，一起吃的話有很多人會引發嚴重的過敏反應。

2.適合，兩者都在市場中可以和老闆購買取得。

3.不適合，鳳梨裡面的果酸，會讓牛奶裡面的蛋白質固化掉。

Q3：Evaluating credibility of evidence or statements，評估證據或敘述的可信性(credibility)。

影片可能的來源有以下幾種，請你評估並排列這幾個來源的可信性。

甲：一位中學老師批閱的學生表演藝術科作業。

乙：經事實查核中心確認的衛教宣傳影片。

丙：私人上傳的短影音影片。

Q4：Recognizing assumptions ，辨認假設

「鳳梨不可以跟牛奶一起吃，鳳梨裡面的果酸，會讓牛奶裡面的蛋白質固化掉，它會影響胃裡面的消化。」哪一個敘述符合本段話所隱含的假設？

1.胃可以消化未固化的蛋白質。

2.鳳梨的果酸對牛奶以外的其他飲料沒有影響。

3.所有的水果都含有果酸。

airiti

Q5：Identifying fallacies or sound arguments，找出不合理／合理的論述。

以下敘述為專家表示：蛋白質碰到酸性物質就會固化，例如在豆漿裡加醋，豆漿的蛋白質就會固化，可以做成鹹豆漿；同理，鳳梨、奇異果、草莓、蘋果等含有果酸的水果，跟牛奶打在一起也會讓蛋白質固化，但這僅是蛋白質變性，並不影響人體消化。

請根據上述專家說法，判斷「鳳梨不可以跟牛奶一起吃，鳳梨裡面的果酸，會讓牛奶裡面的蛋白質固化掉，它會影響胃裡面的消化」這個段落中，下列哪個選項屬於合理推論。

1.鳳梨裡面的果酸，會讓牛奶裡面的蛋白質固化掉。

2.固化的蛋白質會影響胃裡面的消化。

3.鳳梨裡面的果酸會影響胃裡面的消化。

在短影音實施前，會先以CCR詢問在職／職前教師對於批判思辨的想法，以及融入課程的方式，接下來簡述批判思辨的一些技巧，並設計相關試題利用CCR及時反饋的功能，做更及時的互動與討論。充分討論後，由講師告知研習人員本素材來源(台灣事實查核中心第2550號)。

微課程2：時事科普短新聞判讀

本微課程以2023年7月底有關超導體的科學新聞為素材主幹，當時韓國團隊在arXiv發表一篇論文“Superconductor $Pb_{10-x}Cu_x(PO_4)_6O$ showing levitation at room temperature and atmospheric pressure and mechanism” (https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.12037)，當時不少科學相關社群討論相關話題，例如泛科學、科學月刊，同時海內外也有不少研究室嘗試再現性研究，甚至不少股票因此大漲。

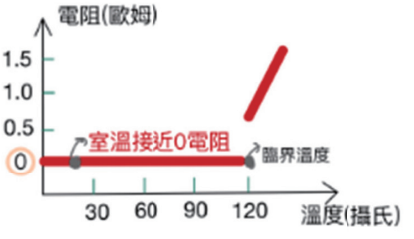
本研究以此為基礎，發展一篇虛擬的新聞，並讓學生運用批判思辨(critical thinking)的技巧分析，其中包含對論述解構、評估論述的強度和相關性、評估證據或敘述可信性、指認假設、找出不合理／合理的論述。

背景介紹：超導體在近代有諸多應用，其低電阻(接近0)，完全反磁性以及麥斯那效應等特性質，可以減低能量損耗，被運用在各大領域，包含超導量子干涉儀，磁浮列車，但由於當前超導體達到零電阻和完全反磁性的臨界溫度(critical temperature)相當低，或是環境的氣體壓力跟常壓相差非常大，導致成本相當高，沒辦法廣泛運用在日常生活。2023年7月22日，有關成功常溫超導體的文章在arXiv上發表，他們將其命名為LK-99。根據論文，其製作常溫常壓超導體的方式相當簡單，轟動相關領域，不過因為要重現該實驗需要一段時間，因此有大量的消息在網路上傳播，包含人類新科技的跨時代革新、永動機的出現等等，股市也有相當程度的反應，例如臺灣相關類股泰銘、第一銅、金益鼎都漲停數日，American Superconductor (AMSC)股票短短幾日內漲幅超過100%，不過事後經過多方的重複實驗操作後，發現沒辦法用同樣的方式重製，相關資訊也快速沉寂。

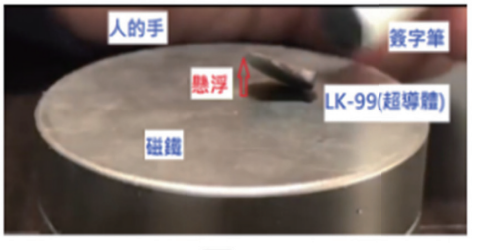
airiti

本研究以此為背景，設計一個科普文章，並讓在職／職前教師運用批判思辨的面向進行分析，來探討教師們在運用批判思辨技巧或傾向時會側重的點，並讓教師培養批判思辨的傾向，而非一開始就接受期刊資訊。以下為節錄的部分內容：

> 一篇名為「第一個常溫常壓超導體」的研究在未經同儕審查的預印本網站arXiv發布，迅速成為焦點。第一作者Sukbae Lee，是量子能源研究中心的重要領導者。在這項研究中，他們對一種鉛磷灰石材料進行了改造，使其在常溫常壓下達到了超導性。他們將此材料命名為LK-99。LK-99的超導特性經由透過多種測試，它們提出的證據如附圖，可發現在室溫下具有零電阻(圖一)和反磁性(圖二)，且呈現銀色。由於製程簡單、超導效果卓越，許多機構仿效本研究做法投入超導體的製作。因美國超導體公司股價一周內暴漲150%，因此人類未來對於能源和科技的使用將畫下全新的一頁。(財經日報 2023/07/31報導)



圖一



圖二

改自https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.12037

研習人員在15分鐘的時間內閱讀短文，並在CCR上回答，運用批判思辨來審視上段報導的內容，提供約30字以上的回應。

微課程3： 社會性科學議題思辨

在科技迅速發展的當下，「社會性科學議題」(socioscientific issues, SSI)不斷的出現。SSI是指隨著科學和技術的進步，社會上會出現一些具有不確定性、引起爭議、相對性或開放性的

airiti

問題。這些問題之所以難以解決，是因為科學界與公眾對何為重要問題的看法不同，而且這些爭議往往無法通過傳統的實驗方法來重現或解決。此外，由於每個人的知識背景和價值觀的不同，對於這些問題難以有一個簡單且明確的答案或結論。而在這拉扯的過程當中，批判思辨扮演重要的角色，具有批判思辨傾向的人會在面對資訊、問題時，先讓自己反思其背後的來源、論述的合理性、前後文邏輯的判斷。江逸傑等(2020)以深澳電廠興建與否，設計一套課程，其中包含贊成派與反對派人士的論點，雖然都是基於正確的邏輯，但卻推論出截然不同的結果。本研究參考江逸傑等的課程，將其簡化為數道問題，讓職前／在職教師在CCR上進行回答，本微課程結合批判性傾向與技巧，探討興建電廠之社會科學議題。需先具批判思辨傾向中的開放性來接受雙方說法，並以審慎性和分析性、系統性來支持與反對雙方的論證，兩者皆具合理邏輯卻導向截然不同結論。

鞍華電廠在岸邊的興建案通過環境評估，引起各方熱議。執政黨立委小敏日前指出，鞍華電廠的新型燃煤機組是汙染極低的新型抗汙機組，小敏提供的數據如附表。根據表中底色標記數值，新型燃煤機組相比現有的燃煤機組減少80%空汙，他宣稱鞍華電廠新機組承諾的排放值皆低於現行的燃煤電廠，且接近天然氣的排放標準。

		硫氧化物 (ppm)	氮氧化物 (ppm)	粒狀物 (ppm)
燃煤排放標準	既有電廠	100	120	40
	新設電廠	50	60	20
燃氣排放標準	既有電廠	10	80	20
	新設電廠	10	20	20
鞍華電廠(煤)	承諾值	20	30	15

環境工程學系小華所提出的數據如附表，鞍華電廠使用的新型抗汙機組雖然相較舊有機組空汙影響較小，但與燃氣機組相比，正在運行中的新型抗汙機組生產一度電所造成的汙染量相當大，根據底色標記數值，硫氧化物汙染量高出20.0倍、氮氧化物汙染量高出12.5倍、粒狀物高出4.0倍，因此燃煤新型抗汙技術相對於燃氣仍未能有效降低汙染。

airiti

		硫氧化物 (g/度)	氮氧化物 (g/度)	粒狀物 (g/度)
燃煤廠(舊)	甲燃煤廠	80	100	32
燃煤廠(新)	乙燃煤廠	40	40	10
	丙燃煤廠	32	50	16
燃氣廠	丁燃氣電廠(舊)	10	40	10
	戊燃氣電廠(新)	5	4	5
	己燃氣電廠(新)	2	10	4

小敏提出汙染降低80%，小華則說汙染倍數達20倍。小敏和小華計算方式，相關敘述哪項正確？

他們數據計算的方式合理嗎？是否有其他的計算方式呢？

請你站在他們的立場，為何他們會如此提出數據呢？請提供約20字以上的理由。

批判思辨包含對論述解構、評估證據強弱和相關性、評估證據或敘述可信性、指認假設、找出不合理／合理論述，您認為上述課程可以訓練學生的何種審辯思考(批判思辨)能力？

附錄四：在職與職前教師批判思辨教案融入度分數分布一覽表

身分	分數	面向											
		詮釋	分析	評估	推論	解釋	自我調適	技巧	開放性	系統性	好奇心	自信心	傾向
在職(n = 10)	2	0.00%	20.00%	50.00%	30.00%	50.00%	20.00%		0.00%	20.00%	0.00%	0.00%	
	1	80.00%	40.00%	40.00%	50.00%	30.00%	10.00%		30.00%	60.00%	50.00%	10.00%	
	0	20.00%	40.00%	10.00%	20.00%	20.00%	70.00%		70.00%	20.00%	50.00%	90.00%	
	平均	0.80	0.80	1.40	1.10	1.30	0.50	5.90	0.30	1.00	0.50	0.10	1.90
職前(n = 11)	2	27.27%	27.27%	18.18%	27.27%	36.36%	9.09%		9.09%	9.09%	0.00%	0.00%	
	1	63.64%	54.55%	81.82%	45.45%	45.45%	9.09%		27.27%	54.55%	36.36%	27.27%	
	0	9.09%	18.18%	0.00%	27.27%	18.18%	81.82%		63.64%	36.36%	63.64%	72.73%	
	平均	1.18	1.09	1.18	1.00	1.18	0.27	5.91	0.45	0.73	0.36	0.27	1.82
總計	2	14.29%	23.81%	33.33%	28.57%	42.86%	14.29%		4.76%	14.29%	0.00%	0.00%	
	1	71.43%	47.62%	61.90%	47.62%	38.10%	9.52%		28.57%	57.14%	42.86%	19.05%	
	0	14.29%	28.57%	4.76%	23.81%	19.05%	76.19%		66.67%	28.57%	57.14%	80.95%	
	平均	1.05	1.00	1.35	1.10	1.30	0.40	5.90	0.40	0.90	0.45	0.20	1.86

附錄五：在職與職前教師批判思辨教案融入度與教學法一覽表

身分	主題	分項	面向												CT融入總分
			詮釋	分析	評估	推論	解釋	自我調適	技巧	開放性	系統性	好奇心	自信心	傾向	
在職	我們和「假」的距離	融入度	1	2	2	0	0	0	5	0	1	0	0	1	6.5
		教學法	QA	DM、PBL	DM、PBL						PBL				
	美，的樣子	融入度	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2.5
		教學法	QA										DM		
	光合作用的發現——LIS【你吃牛、牛吃草、草吃……草到底吃什麼？！】	融入度	1	0	1	1	1	0	4	0	1	1	0	2	7.0
		教學法	QA		DM	QA	QA				QA	QA			
	誰來採草莓ACTION	融入度	0	1	1	2	2	2	8	1	2	1	0	4	14.0
		教學法		DC	PBL	PBL	DC	PBL		PBL	PBL	DM			
	臺灣夏天「雷颱」賽！以閩南語俗諺「一雷破九颱」為例	融入度	1	2	2	1	2	1	9	1	1	1	0	3	13.5
		教學法	QA	DM、QA、DC	DM	DC	QA、I	Notes		DM	DM	DM			
	真真假假，假假真真，從媒體學科學素養	融入度	1	1	1	1	2	0	6	0	1	0	0	1	7.5
		教學法	QA	QA	QA	QA	DM				I				
	昨日樹與明日蜂	融入度	1	1	2	1	2	2	9	0	1	0	0	1	10.5
		教學法	QA	I	DC、DM	PBL	DC、PBL	DC			PBL				
	剩食減量真樂活	融入度	0	0	2	2	2	0	6	0	0	1	0	1	7.5
		教學法			QA	DC	DC、PBL					DM			
	改善生命之泉的蚊蟲問題	融入度	1	0	2	2	1	0	6	1	2	0	0	3	10.5
		教學法	I		QA、PBL	QA、PBL	PBL			PBL	PBL				

附錄五：在職與職前教師批判思辨教案融入度與教學法一覽表(續)

身分	主題	分項	面向												CT融入總分
			詮釋	分析	評估	推論	解釋	自我調適	技巧	開放性	系統性	好奇心	自信心	傾向	
	友善環境，生活更美好	融入度	1	1	1	1	1	0	5	0	1	1	0	2	8.0
		教學法	DM	I	PBL	PBL	DC				PBL	I			
職前	全能的溫室氣體	融入度	2	1	2	2	1	0	8	0	1	1	0	2	11.0
		教學法	QA	DE	DE	QA	QA				DC	QA			
	廚餘去哪裡？	融入度	2	2	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5.0
		教學法	QA	QA	PBL										
	靠篩？靠賽！？	融入度	1	2	2	1	1	0	7	0	2	0	0	2	10.0
		教學法	QA	QA、DC	QA	QA	DC				DC				
	身為地球人，我們要接地氣	融入度	1	1	1	0	2	0	5	0	1	0	0	1	6.5
		教學法	QA	QA	QA		QA、DC				DC				
	餵食流浪動物是對的嗎？	融入度	1	1	1	1	0	1	5	0	0	0	0	0	5.0
		教學法	QA	QA	QA	QA		QA							
	守護臺灣大作戰	融入度	0	0	1	2	1	0	4	0	1	0	0	1	5.5
		教學法			DC	QA、DC	QA				DC				
	杜達：「可以給我一張波蘭的單程機票嗎?」	融入度	1	1	1	1	1	0	5	1	0	0	0	1	6.5
		教學法	DM	QA	QA	QA	QA			DM、DC					
	大家來找碴！	融入度	1	1	1	2	2	0	7	0	0	1	1	2	10.0
		教學法	DM	DC	DC	DC、I	DC、I					DM	DM		
	批判小卡大挑戰	融入度	1	2	1	1	1	2	8	2	1	1	0	4	14.0
		教學法	DC	DC	DC	DC	DC	DC		DC	DC	DC			

附錄五：在職與職前教師批判思辨教案融入度與教學法一覽表(續)

身分	主題	分項	面向												CT融入總分
			詮釋	分析	評估	推論	解釋	自我調適	技巧	開放性	系統性	好奇心	自信心	傾向	
	化學與社會	融入度	2	0	1	0	2	0	5	1	1	1	1	4	11.0
		教學法	DC、QA		DC		DC			DC	DC	DC	DC		
	大「談」藻礁	融入度	1	1	1	1	2	0	6	1	1	0	1	3	10.5
		教學法	QA	DC	DC	DC	DC			DC	DC		DC		

註：1. 教學法符號代表意義分為：(1) QA = 師生問答；(2) DM = 教師展示；(3) PBL = 問題導向學習；(4) DC = 同儕討論法；(5) I = 探究學習。
2. CT融入總分 = 批判思辨融入總分，計算方式為「技巧分數 + 傾向分數 × 1.5」，以確保技巧與傾向兩面向權重相同。

airiti

科學教育學刊
2026, 第三十四卷第一期, 1-36
DOI:10.6173/CJSE.202603_34(1).0001

Contemporary Journal of Science Education
2026, 34(1), 1-36

Employing the DECODE Model to Support In-Service and Pre-Service Teachers in Developing Critical Thinking Curricula

Sheng-Yi Hsiao[1], Chi-Jung Sui[2], Ya-Ting Carolyn Yang[3] and Chun-Yen Chang[1,4,5,6,*]

[1]Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University
[2]Department of Learning and Materials Design, University of Taipei
[3]Institute of Education & Center of Teacher Education, National Cheng Kung University
[4]Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University
[5]Department of Biology, Universitas Negeri Malang, Indonesia
[6]Graduate School of Education, Chung Yuan Christian University

Abstract

Critical thinking (CT) is widely recognized as a key skill in the information explosion era of the 21st century. Helping teachers integrate CT into their curricula can foster students' ability to think critically. This study designed a professional development program (teacher professional development, TPD) based on the DECODE (demonstration-collaboration-debrief) model to support both pre-service and in-service teachers in designing CT-integrated curricula. CT comprises not only cognitive skills for processing information—interpretation, analysis, evaluation, inference, explanation, and self-regulation, but also affective dispositions that influence the willingness to apply these skills, including open-mindedness, systematicity, inquisitiveness, and self-confidence. Twenty-four in-service teachers and thirty pre-service teachers were invited to participate in DECODE workshops, during which they developed curricula emphasizing CT. Through content analysis, the participants' understandings of CT, curriculum designs, and peer feedback were examined. Findings indicate that: (1) both in-service and pre-service teachers initially demonstrated room for improvement in both CT skills and dispositions; (2) after the workshop, participants from both groups were able to design curricula integrating CT across a range of themes; (3) among the six cognitive skills, self-regulation was incorporated to a lesser extent than the others; (4) when planning affective dispositions, teachers prioritized systematicity; and (5) in-service teachers favored problem- or project-based learning (PBL), whereas pre-service teachers predominantly employed discussion methods to cultivate students' CT. The study highlights key considerations for future teacher training in each dimension of CT and suggests incorporating authentic classroom scenarios to facilitate the integration of CT into real-world student learning.

Key words: In-Service Teachers, Critical Thinking, Teacher Professional Development, Pre-Service Teachers

* Corresponding author: Chun-Yen Chang, changcy@ntnu.edu.tw; ORCID: 0000-0003-2373-2004
Received: 2025/6/24, Revised: 2025/9/9, Accepted: 2025/10/31, Available Online: 2026/7/9