

【附件三】成果報告（此為格式範例，詳情請見[格式說明](#)；請於系統端上傳

PDF 檔）

封面 Cover Page

教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PMS1123680

學門專案分類/Division：數理

計畫年度：☒112 年度一年期 ☐111 年度多年期

執行期間/Funding Period：2023.08.01 – 2024.07.31

(計畫名稱/Title of the Project)

**結合概念圖及 BOPPPS 教學模組於大學化學課程之學習成效研究—
以非化學主修之普通化學課程為例**

(配合課程名稱/Course Name)

普通化學

計畫主持人(Principal Investigator)：楊悠娟

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：(學校名／系所名)

國立東華大學 自然資源與環境學系

成果報告公開日期：☐立即公開 ☒延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2024 年 9 月 20 日

計畫名稱 (Title of the Project)

一、本文 (Content)

1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

本研究課程為非化學主修之普通化學課程，學生背景兼具自然組及社會組。以化學與環境的觀點而言，修讀化學課程有助於培育環境學院學生的科學、技術、環境和社會素養(STES)及未來從事環境保育及環境保護行動的適切性。即使 107-1 學期起本課程變更為選修課程，每年修課人數仍佔大一學生 80% 以上，顯示學生對於化學能力的需求性。然而，受限於先備知識、過去學習經驗及學習態度的差異，學生對於課程內容、教師講解及教學節奏有多元且相反需求，最普遍的問題是學生對於概念、應用及實例的連結性不足，低連結性可能導致學生「同樣的化學觀念，對於有學過的人會因為新的講法而混淆；而沒學過的人卻依然不懂」。教師觀察亦發現：大多數學生無法使用心智圖或概念圖整理概念筆記，多以條列式筆記或不做筆記，對於統整概念架構幫助有限。因應上述困境，申請人自行開發概念圖，選取對學生較困難但重要的主題，根據教科書內容來設計概念圖，費用來源自費或科技部計畫補助。目前已開發、審查及試行概念圖主題共 3 單元(化學基礎不準度、化學平衡、酸鹼反應)，結果顯示：概念圖有助於提升學生認知前、後測的學習成效，部分主題可達到顯著差異，學生同意概念圖有助於理解但不列為使用首選。最普遍的原因是「概念圖練習根本是考驗...就算瞭解脈絡也很難由關鍵字呈現成樹狀。可能是習慣問題吧!」顯示概念圖對於部分學生較陌生且有難度，需要協作指導。申請人擬借重 BOPPPS 的有效教學結構，合理安排課程的分段教學，減少教師講解並增加學生參與式學習的比例，提供小組合作完成概念圖及每人輪流上台分享的機會；鼓勵組內的高成就學生帶領討論，激發中、低成就學生的學習動機，減輕學生完成概念圖的困難，提高使用概念圖的意願，進而增進概念認知的學習成效。本研究目的：

(1) 探討概念圖及 BOPPPS 教學模組於大學普通化學之課程設計。

(2) 比較概念圖學習前後，學生的認知改變。

(3) 比較概念圖與 BOPPPS 結合之學習前後，學生的認知改變。

(4) 分析學生對概念圖的態度。

2. 研究問題 (Research Question)

參考文獻探討，本研究的研究假設如下：

(1) 若學生的先備知識愈不足，其概念及概念架構愈不完整或不正確。

(2) 概念圖可幫助學生直接學習重要概念及概念架構，有效補強先備知識及主題知識的概念架構。

(3) BOPPPS 教學模組可協助教師拆解和分析教學歷程，找出教學盲點。課

堂中可帶動小組合作與同儕討論，鼓勵參與式學習。

(4) 概念圖能協助學生理解概念及補強先備知識，BOPPPS 能帶動合作學習的互助共學機制，結合二者(概念圖 - BOPPPS)可提升學生的學習成效。

根據研究目的及研究假設，對應的研究問題如下：

- (1) 結合概念圖及 BOPPPS 教學模組於大學普通化學課程之設計為何？
- (2) 使用概念圖學習前後，學生的認知概念改變為何？
- (3) 使用概念圖 - BOPPPS 結合之學習前後，學生的認知概念改變為何？
- (4) 學生對使用概念圖學習工具的態度是什麼？

3. 文獻探討 (Literature Review)

(1) 概念圖(Concept map)的定義、內涵及理論

概念圖是概念之間關係的圖形及視覺工具，顯示設計者的概念架構，可做為評估及學習工具，幫助組織及交流想法。概念圖的基本元件包含：節點(Node)、連接線(connecting lines)及連接詞(Linking phrases) (Novak, 1984)。節點即是概念，通常是名詞，形狀為橢圓形、方形或圓形，每概念只能出現一次。連接線連接二概念，形狀為實線或虛線、無箭頭或有箭頭，連接線可單向或交叉連接，串連不同區域的概念。連接線以連接詞來串連二概念，產生一個有意義的命題(proposition)。連接詞通常是動詞或介係詞，例如：「導致」(因果關係)、「由...組成」(部分及整體)、「跟隨」(時間)、「與...不同」(比較)

(Schwendimann, 2019)。最常見的概念圖類型是由上往下展開的層狀結構，類似樹狀圖。最頂層是核心概念，亦即最主要或一般化的概念；下一層代表較次要或特定化的概念，以此漸次展開；例子通常放在最下層。概念圖中的各概念僅能出現一次，以連接詞及連接線來表示不同概念之間的關係。Novak (2006)建議：每個概念圖設計一個焦點問題(focus question)，代表想法或問題。

概念圖可用於各種環境，例如教育、研究與解決問題。在教育領域，概念圖可幫助學生理解某個學科領域中的複雜概念和關係，組織構建他們對某個主題的思考和寫作。製作概念圖時需考慮舊概念與新概念之間的關係，認識及定義出新的命題，學生可透過概念圖來檢視及幫助自己的學習理解(Novak, 1984; Talbert et al., 2020; Turan-Oluk & Ekmekci, 2018)。概念圖比訪談學生的紀錄更能了解學生的科學知識改變，教師可透過概念圖來探究及評估學生的理解程度(Novak, 1990)。在研究領域，概念圖可幫助研究人員理解和交流研究領域內不同概念之間的關係。在解決問題時，概念圖可識別和探索可能導致問題的不同因素之間的關係，生成和評估潛在的解決方案。綜合言之，對教師/研究人員而言，概念圖的應用包含：課程設計、評估、教學、研究及使用者界面等用途。對學生而言，概念圖可當作嵌入式學習及嵌入式後設認知的工具，思考及探究自己的認知過程，包含：記憶、感知、計算與聯想等項目 (Schwendimann, 2019)

Ausubel, D.P.的認知同化論(assimilation theory for cognitive learning)提出 7

種由下往上的學習層次(由下往上)：機械式學習(rota learning)、提綱挈領(advance organizer)、漸進分化(progressive differentiation)、層級學習(superordinate learning)、統整調和(integrative reconciliation)、包容學習(subsumption)及有意義的學習(meaningful learning)。有意義學習的三個必要條件：(1)教師提供有意義的學習材料來呼應學習者的既有認知結構，引導學生逐次由下(隨機)或往上(統整)來提升學習層次；(2)學習者具有先備知識及其認知架構，能夠導入新的學習材料；(3)學習者選擇高層次的學習，能夠主動嘗試連結舊結構與新材料，建構新認知架構並感受正向的學習態度(情意)(余民寧，1997)。概念圖能幫助學習者經歷上述的學習層次，進而達到有意義的學習。

建構一個新概念圖的基本步驟如下：

- 1.定義主題或焦點問題
- 2.確定與主題或焦點問題相關的基本概念
- 3.由上而下分層概念，從一般化概念到特定化的概念來建構分層組織。各概念的層次關係無標準答案，依照設計者的認知結構而定。
- 4.增加連接線以連結概念
- 5.在連接線上增加連接語，建立各概念之間的關係
- 6.增加交叉連接（若需要）
- 7.審查及修訂概念圖

根據教師引導程度，Ruiz-Primo（2001）提出不同的概念圖類型。填空式概念圖(Fill-in-the-map)是高度指導的概念圖，教師提供概念框架、概念、連接詞等參考資料，學生思考各概念與可能的命題，再填入缺少的概念或連接詞，由練習過程內化成自己的認知結構，最後產出一個完整的概念圖。低度指導的概念圖稱為建構式概念圖(construct-a-map)，教師提供的資訊越少，學生自主建構的程度越高。教師於教學現場，根據教學目的及學生背景來決定使用的概念圖類型。對於先備知識較少的學生而言，高度指導的填空式概念圖幫助最大(Gurlitt & Renkl, 2008)。當學生具備概念圖的基礎素養後，再嘗試自己創造概念圖(scratch)，進入最高層次的有意義的學習(Novak, 2006)。

(2) 概念圖(Concept map)於大學化學課程之相關研究

數項綜合分析(meta-analysis)皆顯示概念圖對學生的知識學習成效的正向影響，無論是科學及非科學領域都受益。Schroeder（2018）針對42年/142項研究/11814樣本數進行綜合分析發現：學生使用概念圖學習可達到中等程度的顯著差異，概念圖學習的效果優於其他教學的比對條件，對於科學相關(STEM)及非科學相關(non-STEM)領域的知識學習都有助益。Schwendimann（2019）對各級學校(幼稚園、小學、中學、高中、大學、研究所)及科學教師之科學課程的概念圖學習進行綜合分析果發現：對於科學的知識學習，概念圖是一個通用工具，兼具教學、學習及評量用途；也是一個強大工具，能夠支持科學知識的整合及理解複雜概念的脈絡。但是概念圖尚未被廣泛使用。建議更多科學教師能投入概念圖設計，實施概念圖教學及協助學生之概念圖學習。Machado 與

Carvalho (2020)針對 1988-2018 年/60 項研究/大學課程(醫學、教育、商業、工程、及科學領域)之概念圖學習進行綜合分析發現：概念圖能協助大學生發展批判性思考、解決問題及深入理解概念的能力。雖然實施概念圖教學過程中，學生會面臨選擇概念和連接詞的困難、抗拒使用概念圖的心態、使用概念圖軟體及整合概念圖設計的挑戰，但是透過教師適時適性的引導，最終學生能接受並認同概念圖有助於有意義的學習。

配合本研究課程需求，下列為大學化學課程之概念圖相關研究：Novak (1984) 進行化學課程教學，使用溶液、溶質及溶劑的概念圖，對象為 13-16 歲中學生及大學生，結果發現：學生皆有類似的基本概念分類與框架，而大學生可區分更多不同的溶質、溶液及濃度。透過概念圖來檢視學生的個人概念或迷思，有助於教師協助學生來釐清概念，可增進學生對科學認知的理解。

Markow 與 Lonning (1998) 針對 1994 年/32 名非科學主修的大一女性學生/化學原理暨實驗課程進行準實驗研究。每周課程包含 80 分鐘原理授課、50 分鐘複習解惑及 3 小時的實驗操作，總計 4 周。每次實驗，實驗組學生必須構建實驗前及實驗後的概念圖，而控制組學生撰寫論文來解釋實驗。實驗組及控制組學生接受相同的前測和後測，以檢視其理解程度。另抽樣實驗組 5 名學生，訪談其對概念圖的看法。結果發現：接受訪談的實驗組學生給予非常正向的回饋，認同概念圖有助於實驗相關的概念理解。但是比較後測成績，實驗組及控制無顯著差異；實驗組及控制組的前測成績無顯著差異，個別比較實驗組及控制組的前測成績之後，亦無顯著差異。可能原因是：作者忽略了前測對後測的影響；若以相依樣本來分析個別學生的表現，結果可能不同。

Talbert 等人 (2020) 針對 2018 年/238 名大一學生/普通化學課程進行準實驗研究。每周課程包含 80 分鐘的原理授課及 50 分鐘的複習討論，總計 6 主題。對於每主題，在每周的複習討論時段分成 2 組，由不同助教協助，實驗組學生構建概念圖來連結重要概念之間的關係，而控制組學生則撰寫省思日記來描述所學的知識。實驗組及控制組學生接受相同的前測和後測，以檢視其理解程度。結果發現：比較後測成績，實驗組優於控制組，有顯著差異；比較各組的前測及後測，二組的後測皆優於其前測，有顯著差異。以概念圖的評量尺規 (Rubric) 來評分，實驗組的概念圖分數越高時，後測成績也愈高，有顯著差異。但是採用多變量回歸分析來排除學生的學業準備因素(大學入學考試成績、前測成績)之後，實驗組的概念圖分數與後測成績呈現正相關，但未達顯著差異。實驗組的後測分數高於控制組的後測成績，但未達顯著差異。可能原因是：指導實驗組及控制組的助教不同，但未考慮此變因。而實驗組學生使用低度指導的建構式概念圖，學生須立即進入最高層次的有意義的學習，對於學生的難度過高，不易評估其表現差異。若採用高度指導的填寫式概念圖，引導不同學習層級的學生，結果可能不同。

高度指導/低技術及低度指導/高技術的概念圖使用方式，可能影響學生的概念圖學習成效。相關研究整理如下(表 1)：

表 1

概念圖類型與學習成效之研究

作者	研究設計	概念圖類型	結果
Aguiara & Correia (2016)	85 名大一學生/化學課程 - 準實驗設計 - 前測及後測	- 命題：彩色及編號 - 命題：彩色無編號 - 命題：黑白及編號 - 命題：黑白無編號	4 種靜態(Static)概念圖皆可提升學生的後測成績 - 命題：彩色無編號的概念圖之學習成效最顯著
Turan-Oluk & Ekmekci (2018)	148 名大學生 (前導研究) 19 名大二學生/分析化學課程 (正式研究) - 個案研究 - 前測及後測	- 選擇並填寫節點 - 選擇並填寫連接線 - 創造並填寫連接線 - 選擇並填寫節點及連接線	4 種填空式概念圖皆可提升學生的後測成績 - 學生回饋：概念圖可協助釐清迷思概念、檢式主題的完整概念、進行有意義的學習
Wong (2020)	444 名大學生/化學課程 - 單因子受試者間實驗設計 - 前測及後測	- 靜態 Static - 填寫節點 Fill-in-nodes - 填寫連接線 Fill-in-lines	1 種靜態及 2 種填空式概念圖皆可提升學生的後測成績 - 靜態概念圖的學習成效最顯著 - 學生的先備知識是預估學習成效的重要指標

(3) BOPPPS 教學模組(BOPPPS Model)的定義、內涵及理論

BOPPPS 教學模組是一種有效教學結構，將教學內容切割為小單元，再依照起承轉合，分為六階段：暖身/導言 (Bridge-in)、學習目標／表現結果 (Objective/Outcome)、前測 (Pre-assessment)、參與式學習 (Participatory Learning)、後測 (Post-assessment) 及摘要/總結 (Summary)。配合學習者的專注力維持程度，每個小單元約莫 15 分鐘，可作為教師進行課程設計的工具（李紋霞，2012；Lou, Dzan, Lee, & Chung, 2014）。BOPPPS 是加拿大教學技巧工作坊(Instructional Skills Workshop, ISW)中廣泛採用的教學模式，緣起於 1976 年加拿大英屬哥倫比亞大學 (University of British Columbia) 的高等教育改革成果，以達成教學目標及師生互動為核心，透過六階段，提供教師於教學現場的完整架構及支持理論。（曹丹平、印興耀，2016）。BOPPPS 基於學生為中心的教學理念來規劃教學流程，以提高教學的有效性為目標，強調教學目標與學生

學習成果須保持一致，使用清晰明確的教學技巧，提供學生持續反饋和支持。BOPPPS 通常用於教師培訓和專業發展計劃，幫助教育工作者發展及完善教學實踐，並符合學生的學習需求和目標。

一般的教學模式包含 5W：Why (想教給學生的)、Whom (學生身分)、What (教學內容)、How(教學法)、Whether or not (評量方式) 和 how much (達到的教學目標)。有效教學模式具備三層意涵：有效果(教學活動結果吻合預期的學習目標)；有效率(教學成果等同教學投入)；有效益(教學目標吻合社會或個人的教育期望)。若教師想達成有效教學，應兼顧教學歷程「教學目標→教學行為→學習活動→教學評量→教學目標」的循環過程。BOPPPS 能夠協助教師拆解和解析教學歷程、找出教學盲點、改善並提升教學成效之有效工具 (國立宜蘭大學，2020)。

2009 年起李紋霞於台灣引進 ISW 及推展 BOPPPS。BOPPPS 六階段的重點整理(國立宜蘭大學，2020)：

(1) B 導言 (Bridge-in)：吸引學生注意力，專注課程內容，建立相關性，增強學習動機。教學策略：廣泛有趣、建立課程與學習者的相關性，提供學習該主題的理由、重要性、衝突性問題或遷移性。例如：透過有趣的影音，介紹課程主題，或分享故事。

(2) O 學習目標和表現成果 (Objectives/Outcome)：教師闡明課程目標，建立該課堂的學習目標和預期成效，讓學生明確掌握學習方向。教學策略：用學習者的行為來表述，說明認知、技能或情意相關的學習行為。

(3) P1 前測 (Pre-assessment)：教師瞭解學生先備能力，準確掌握學生的知識基礎，協助調整課程的深度、節奏和適應特定的學習者群體，掌握學生的興趣及可扮演支持鷹架的角色。教學策略：開放式問題優先，符合教學目標、前測與後測一致。例如：紙筆測驗 (知識理解)、檢核表、評定量表及實作(技能)、PBL 情境分析、問題解決任務(評估學員的應用分析及綜合能力)。

(4) P2 參與式學習 (Participatory Learning)：透過師生與同儕之間的互動，加溫課程核心知識的合作學習，教師運用教學媒體和資源，活化教學氛圍。教學策略：設計學習者可參與的活動、靈活運用時間、考量排序、列出資源。例如：提出問題或案例、進行反思、演示任務等，要求學習者配對討論及分享。

(5) P3 後測 (Post-assessment)：課堂尾聲前的檢驗和評估，瞭解學生的學習成效，是否達成教學目標。教學策略：符合教學目標或教學結果、針對不同主題單元設計評量方式、審查檢討答案、檢視學習的難點及盲點。例如：紙筆測驗 (知識理解)、檢核表、評定量表及實作(技能)、PBL 情境分析、問題解決任務(評估學員的應用分析及綜合能力)。

(6) S 總結 (Summary)：教師帶領學生總結學習要點，回顧授課內容的學習目標，預告後續課程內容。教學策略：總結要點、扣回教學目標、連接未來學習。例如：回顧學習要點或小組討論過程、認可學習者成果、課後的真實情

境應用、個人聲音（快速圓桌會議）。

王修璇（2019）針對 2018 年/46 名化學主修的大一學生/普通化學二必修課程進行個案研究。製作學思達多媒體影片及圖表學習單，採用 BOPPPS 教學模式，進行異質性分組的同儕互助與共學，使用即時反饋系統分析課堂的學習歷程，結果發現：前測分析顯示學思達教學法能提升學生對化學知識的理解，後測分析顯示課堂的 BOPPPS 教學模式能帶動小組合作與同儕討論，明顯拉近高、中、低不同學習成就者的學習成效。學習滿意度分析顯示課程設計能增進學生學習興趣與促進學習動機。

綜合上述文獻分析，申請人自編填空式概念圖(選擇及填寫節點)，提供連接線及連接詞，並以彩色區分各概念區塊的屬性。提供學生概念清單，學生先思考命題的意義後，再選擇概念並填入適合的位置，完成並內化成自己的概念架構。採用 BOPPPS 的有效教學結構，合理安排課程的分段教學，增加學生參與式學習的比例，鼓勵組內的高成就學生帶領討論，激發中、低成就學生的學習動機，增進概念圖的認知學習成效及正向態度。再搭配歷年已實施且滿意度佳的教學策略：IRS 線上互動軟體(Zuvio、Kahoot)、TA 跟課(協助討論、輔助解題)、多元評量方式(課堂活動、作業、考試、同儕互評、分數撲滿加分)，輔助課程設計及教學，期能達到預設的教學目標。

4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

(1) 教學方法：概念圖教學法、BOPPPS 有效教學模組、教師講授為主，輔以合作學習法、IRS 線上互動軟體教學(Zuvio)。

(2) 概念圖：教師選取對學生較困難但重要的主題，根據指定教科書內容，自行開發概念圖，已開發、審查及試行概念圖主題共 3 單元(不準度、化學平衡、酸鹼反應)。

(3) BOPPPS 教學模組：本研究實施 1 節課 50 分鐘的 BOPPPS 設計(表 2)

表 2

本研究之 BOPPPS 設計

BOPPPS 教學模組	教學方法及功能	教學時間及方式
Bridge-in 導言	- 課程回顧、經驗分享、新聞報導、播放影片或圖片等 - 引起注意力及興趣、認識課程主題、了解課程主題重要性	3 分鐘 - 教師說明、多媒體教學
Objective 學習目標	- 口述、簡報、板書等 - 規劃學生的學習能力和成果、協助學生掌握學習方向	1 分鐘 - 教師說明
Pre-assessment 前測	概念圖測驗、提問、分享、討論等 - 了解學生的能力和態度、調整教學進度或深度	7 分鐘 - 概念圖測驗、Zuvio 測驗
Participatory Learning 參與式學習	- 教師講授並搭配分組討論、競賽遊戲、練習實作、反思小卡等 學生中心的教學、引起學習動機、增加課程參與度、提升學生理解與記憶程度	25 分鐘 - 教師說明、小組合作、討論
Post-assessment 後測	填空式概念圖習作或概念圖測驗、習題、心得、測驗、量表等 - 了解學生的學習成效、評估學生是否達到學習目標	10 分鐘 - 概念圖習作或測驗、習題、Zuvio 測驗、回饋、教師說明
Summary 總結	- 口述、簡報、板書等 - 總結課程內容、協助學生歸納重點、預告後續課程	4 分鐘 - 教師說明

(4) 學習成效評量工具：概念圖問卷合計 4 份(「概念圖認知問卷－化學基礎不準度」、「概念圖認知問卷－化學平衡」、「概念圖認知問卷－酸鹼反應」、「概念圖態度問卷」)，每單元上課前實施前測，期中考或期末考實施後測。

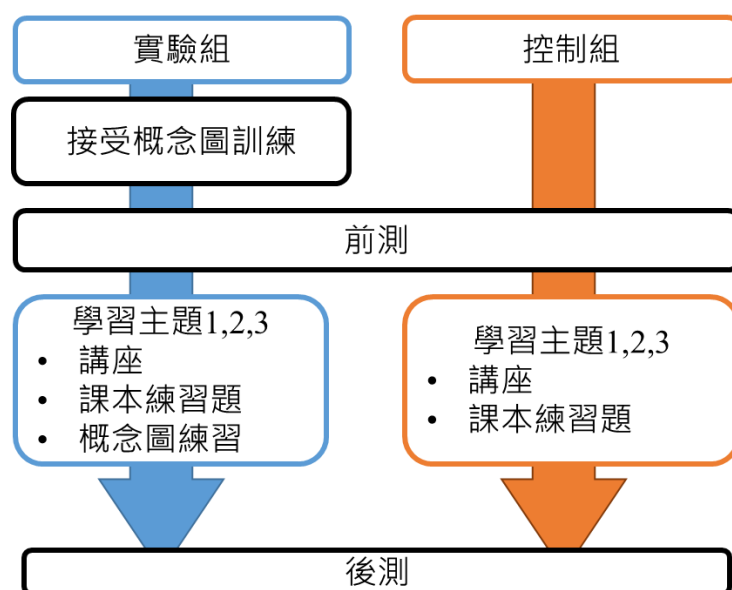
5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

(1) 研究對象：普通化學(大一選修)學生。

(2) 準實驗設計：本研究課程為 2023 實驗組(概念圖&BOPPPS)，並與前期研究 2019-2022 的組別比較(無概念圖/有概念圖)。

(3) 研究流程：本研究 2019-2022 的實驗組與控制組研究流程(圖 1)，2023 實驗組的課堂教學設計採用 BOPPPS，而 2019-2022 無 BOPPPS。

圖 1
本研究之概念圖研究流程



(4) 研究工具：本研究自製概念圖教學主題的「前後測問卷」及「填充節點式概念圖」，信度 $\alpha = .63-.72$ ，效度通過大學專業教師 3 人檢驗 (I-CVIs=1 & S-CVIs=1)。

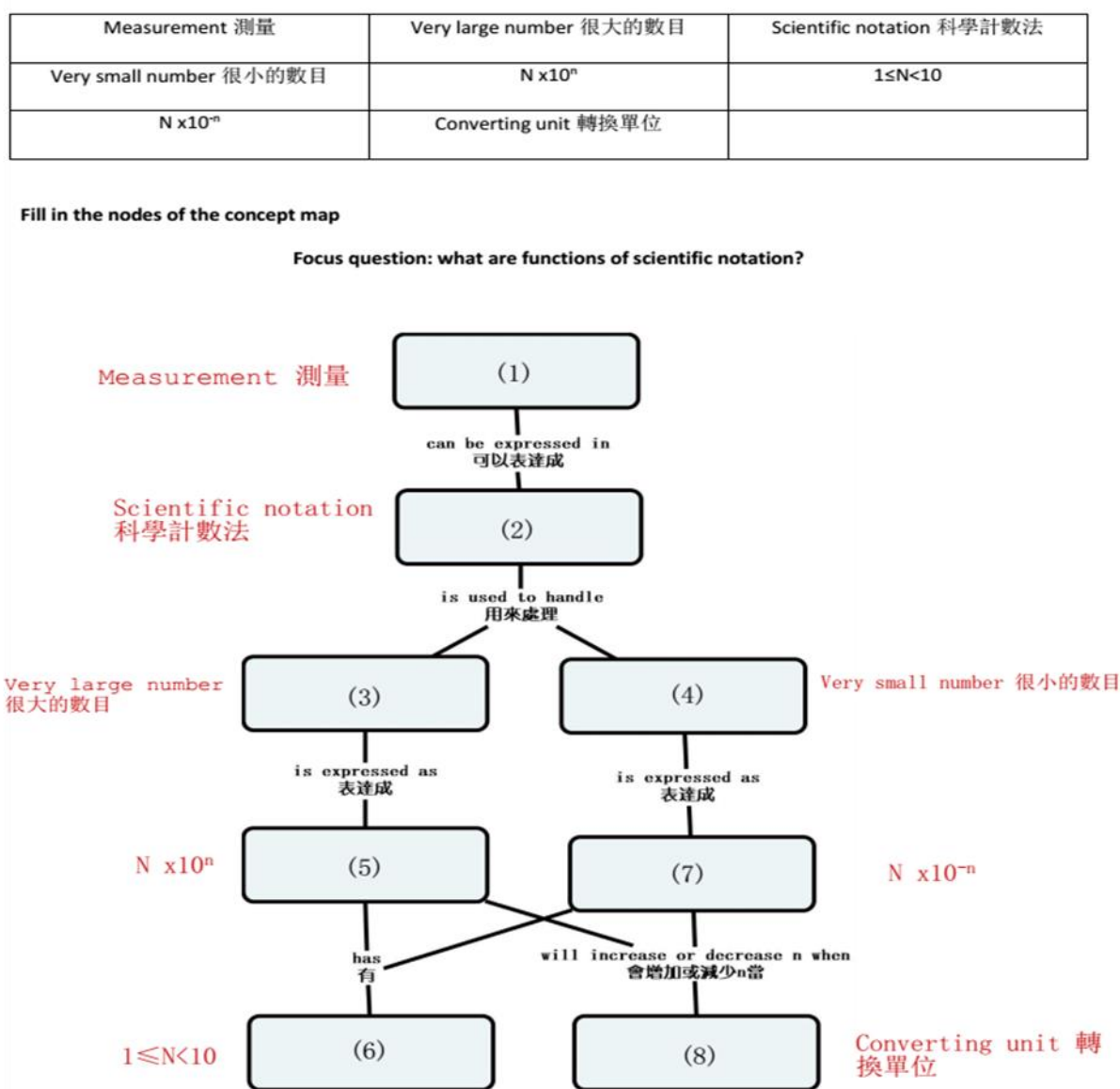
(5) 資料分析：本研究僅分析前、後測皆完整作答的有效問卷。概念圖主題問卷依照有效問卷份數實施不同的分析方法。2019-2022 的有效問卷份數超過 30 份以上，實施相依樣本 t 檢定 (Paired Samples t-test)、共變數分析 (ANCOVA)。2023 修課學生較少，故有效問卷低於 30 人，實施無母數分析。概念圖態度問卷實施敘述性統計。

6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果：概念圖主題 1(不準度)，沒有提示(圖 2)。

圖 2

概念圖主題 1(不準度)範例



比較 2019-2023 的 ANCOVA 後測發現(表 3)：後測皆高於前測，顯示概念圖教學皆有助於學生更好理解主題 1。排除前測影響後，後測平均值約滿分之 55-66%。使用概念圖教學的實驗組(Treatment)平均成績多數高於未使用概念圖教學的控制組(Control)。Treatment 2023 實施 BOPPPS，其概念圖平均值高於未實施 BOPPPS 的 Treatment 2022，且標準差略降低。Treatment 2023 有效問卷 25 人，但基於比較 2019-2022 的目的，仍實施 ANCOVA。ANCOVA 受試者間效應項檢定發現：不同教學方式(概念圖)對學生理解主題 1 有顯著差異，而 Treatment 2019 與 Control 2020 達顯著差異，Treatment 2019 與 Treatment 2022

達顯著差異，Treatment 2021 與 Treatment 2022 達顯著差異，顯示學生對於使用概念圖的後測表現逐漸降低，但後測皆高於前測。

表 3

ANCOVA 後測(主題 1)

Group	平均值	標準差	N
Control 2020	13.92	3.69	37
Treatment 2019	15.95	3.40	38
Treatment 2021	15.66	3.45	38
Treatment 2022	13.20	3.13	40
Treatment 2023 (BOPPPS)	13.92	3.05	25

受限於成果報告篇幅，主題 2 及主題 3 的分析數據省略，但具有與主題 1 相似的趨勢變化。綜合上述分析結果之結論：

- 傳統教學和概念圖教學（填空式）都有助於學生更好理解主題 1, 2, 3。
- 與控制組相比，使用概念圖作為學習工具的學生表現優異，主題 1,2 的效果大小介於中到大之間 (Thanh & Yang, 2024)。
- 根據概念圖後測平均值%，推測學生學習的困難度：主題 3(化學平衡)>主題 1(測量不準度與有效數字)>主題 2(酸鹼反應)，該結果吻合學生的質性回饋意見。
- 根據各主題概念圖後測平均值，學生表現有逐年下降趨勢。但 2023 結合概念圖與 BOPPPS 後，2023 學生於主題 1,2 的表現優於 2022，主題 3 因期末趕課 BOPPPS 未充分實施，可能影響成效。
- 本研究結果吻合 Su(2013)，即在化學正式課堂教學中使用概念圖比傳統教學具有一定的優勢。

(2) 教師教學反思

反思研究問題 1 及問題 4 發現：與傳統教學相比，使用概念圖學習的學生成績顯著提高。結合 BOPPPS 有效教學結構，確實提供學生討論及教師解析的機會，有助於理解概念圖。2023 教師的教學評量成績較 2022 提高 5%。

反思研究問題 2 發現：填空式概念圖(且增加提示)對於低先備知識學生可提升知識概念的學習成效，但近年學生需要更多討論及輔導。

反思研究問題 3 發現：概念圖獲得學生的正向評價，認為概念圖是一種有用的學習工具，可幫助理解主題的關鍵概念。但因為耗時或習慣，對於使用概念圖可能遲疑。

(3) 學生學習回饋

分析 2019-2023 學生對於概念圖的態度(幫助認知、情意、行為)發現：實驗組的學生承認概念圖的有用性，考慮將概念圖用作學習工具，但他們既不喜歡也不討厭概念圖。控制組在主題教學過程皆未使用概念圖，但於學期末完成後測之後，接受概念圖的補救教學。因為學生對於主題的內容知識已有一定了解，所以更願意練習概念圖練習，對於概念圖的情意較高，且同意概念圖的學習支持性。與實驗組相比，控制組的學生對概念圖的感覺更積極。

7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

(1) 未來研究將持續實施結合概念圖及 BOPPPS 的教學方式，引導更多學生或更大班級來學習。

(2) 針對學生困難度高的概念圖，增加更多講解、討論及練習機會。透過訪談，檢視學生的困難點，據以調整概念圖設計。發展更多主題的概念圖，鞏固概念圖的可行性。

(3) 培訓更多助教，協助小組討論及焦點訪談，提供學生更詳細的解釋、更多的實踐和更多的例子，增加學生對概念圖的理解。

二、參考文獻 (References)

1. 中文部份

余民寧 (1997)。有意義的學習：概念圖之研究。台北：商鼎文化。

王修璇 (2019)。學思達融入 BOPPPS 教學模式輔助普通化學學習成效之研究。教學實踐與創新，2(2)，39-74。

余民寧 (1997)。有意義的學習：概念圖之研究。台北：商鼎文化。

李紋霞 (2012)。有效教學結構：BOPPPS 模組。國立臺灣大學教學發展中心電子報。 http://ctld.ntu.edu.tw/_epaper/news_detail.php?f_s_num=96

曹丹平、印興耀 (2016)。加拿大 BOPPPS 教學模式及其對高等教育改革的啟示。實驗室研究與探索，35(2)，196-200。

國立宜蘭大學(主編) (2020)。BOPPPS 有效教學模組。國立宜蘭大學。

2. 英文部份

- Ausubel, D. P., & Ausubel, D. P. (2000). Assimilation theory in meaningful learning and retention processes. *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*, 101-145.
- Gurlitt, J., & Renkl, A. (2008). Are high-coherent concept maps better for prior knowledge activation? Differential effects of concept mapping tasks on high school vs university students. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(5), 407-419.
- Huynh, Q. T., & Yang, Y. C. (2024). Impact of fill-in-the-nodes concept maps on low prior-knowledge students learning chemistry: a study on the learning achievements and attitude toward concept maps. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(1), 360-374.
- Machado, C. T., & Carvalho, A. A. (2020). Concept Mapping : Benefits and Challenges in Higher Education. *The Journal of Continuing Higher Education*, 68(1), 38-53.
- Markow, P. G., & Lonning, R. A. (1998). Usefulness of concept maps in college chemistry laboratories : Students' perceptions and effects on achievement. *Journal of Research in Science Teaching : The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 35(9), 1015-1029.
- Novak, J.D. (1984). Application of advances in learning theory and philosophy of science to the improvement of chemistry teaching. *Journal of chemical Education*, 61(7), 607-612.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping : A useful tool for science education. *Journal of research in science teaching*, 27(10), 937-949.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The theory underlying concept maps and how to construct them. *Florida Institute for Human and Machine Cognition*, 1(1), 1-31.
- Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S. E., Li, M., & Shavelson, R. J. (2001). Comparison of the reliability and validity of scores from two concept-mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching : The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(2), 260-278.

Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps : A meta-analysis.

Schwendimann, B. A. (2019). *Concepts Maps as Versatile Learning, Teaching, and Assessment Tools*. DOI : 10.1007/978-3-319-17727-4_86-1

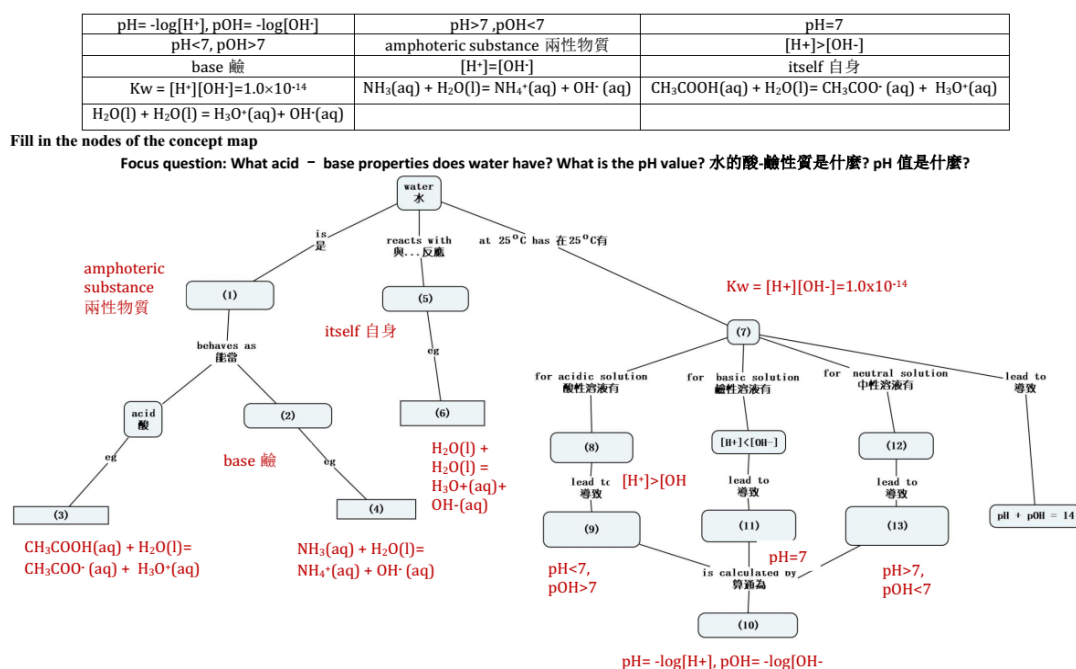
Su K. D., (2013), Using concept maps and animations to support college students' problem-solving ability in molecular chemistry learning, *Chin. J. Sci. Educ.*, 103, 37–60.

Talbert, L. E., Bonner, J., Mortezaei, K., Guregyan, C., Henbest, G., & Eichler, J. F. (2020). Revisiting the use of concept maps in a large enrollment general chemistry course : implementation and assessment. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 37-50.

Turan-Oluk, N., & Ekmekci, G. (2018). The effect of concept maps, as an individual learning tool, on the success of learning the concepts related to gravimetric analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 819-833.

三、附件 (Appendix)

1. 概念圖主題 2 (酸鹼反應)，有提示。範例：



2.1. 概念圖主題 3 (化學平衡)，減少提示。範例：

Remain at equilibrium 保持平衡	Reaction quotient Q_c 反應商 Q_c	Equilibrium constant K_c 平衡常數 K_c
$K_c = \frac{[C]^m[D]^n}{[A]^j[B]^k}$	$Q_c > K_c$	Shift to the right 向右移動
$Q_c < K_c$	Shift to the left 向左移動	$Q_c = K_c$
$Q_c = \frac{[C]_0^l[D]_0^m}{[A]_0^j[B]_0^k}$		

