

初任理化教師教學內容知識的探討～以酸鹼中和為例

黃平屯¹ 郭重吉² 趙麗玲³ 張惠博⁴

¹台中市立向上國中

²國立彰化師範大學 物理系

³國立彰化師範大學 科學教育研究所

⁴高雄市立空中大學

(投稿日期：民國 102 年 03 月 15 日，修訂日期：102 年 05 月 28 日，接受日期：102 年 05 月 31 日)

摘要：科學教師教學內容知識 (PCK) 的教學實務展現，綜合相關文獻主要包括：教學取向、關於學生理解科學的知識、課程知識、教學表徵和策略知識、和評量知識等面向。但現有文獻中對於上述各面向之間的關聯仍比較缺乏詳加探討。本研究旨在探查一位國中初任科學教師在酸鹼中和教學時，在上述面向展現的 PCK 內涵和各面向的關聯。收集資料有刺激訪談和會議錄音轉譯稿，教學計畫稿、教師心得稿、研究筆記稿、教學影帶轉譯稿；參考紮根理論以 5 個步驟分析資料：(1) 形成概念，(2) 精緻概念，(3) 編碼資料和概念，(4) 分類概念，(5) 統整展現面向的教學要素、類別、概念和資料，以形成研究宣稱；並從資料來源、收集方法、詮釋者觀點作三角校正。研究結果除報導個案教師教學 PCK 在各個面向的教學要素和特色之外，並顯示各面向的相互關聯。最後提出一些對實務和研究的建議。

關鍵詞：初任教師、教學內容知識、酸鹼中和

壹、前言

有關教師教學專業知識的議題，常回溯至 Shulman (1986, 1987) 的研究，Shulman 特別引進教學內容知識的概念 (pedagogical content knowledge, 簡稱 PCK)，且和一些教師必備知識，如學科內容知識、課程知識、

一般教學法知識、對學習者的知識、教育情境的知識、教育目標的知識合併為教師知識基礎。在上述的教師知識基礎中，PCK 是最足以區別學科內容專家和從事教學的教師是有所不同，而且也是「... 教師具備的能力，使她或他能將擁有的內容知識轉化為教學功能強大並且還適應不同能力和背景學生的形

式」(Shulman1987, p.15)。

近數十年來，在科學教育的研究領域中，有關教師 PCK 的研究亦廣受學者重視。例如，Abell (2008)，Berry, Loughran 與 van Driel (2008)，和 Kind (2009) 等人，均針對科學教師 PCK 研究進行回顧。這些回顧性文章，除彙整以往 PCK 相關研究和討論未來發展之外，也有助於釐清學者們對 PCK 內涵和其他相關議題的看法。例如，有關教師 PCK 本質和形成，一個有趣的問題是：既然 PCK 是在教學情境中由其他幾類知識所轉化而成，那麼用理化術語來比喻，究竟 PCK 是這些成份知識的混合物還是化合物？作者詳細檢視學者們對此問題所提出的觀點時，發現部分學者把組成教師 PCK 成份知識和教師 PCK 在教學展現的表現混為一談。

對於有關 PCK 研究未來發展，Abell (2008) 有一項建議：除了關注 PCK 組成知識的類別和數目之外，更要顧及教師 PCK 品質。探查科學教師 PCK 在教學實務的展現，是了解與評估教師 PCK 品質的重要環節，也正是本研究的動機。Park 與 Oliver (2007) 參考相關學者的研究，指出科學教師在科學教學中展現的 PCK，包括：科學教學的取向、知曉學生對科學的理解、對科學課程的知識、對教學策略和科學教學表徵的知識、和對科學學習評量的知識，並提出這些組成份之間交相影響。

基於酸鹼中和是國中理化課程中的重要單元，而且也是教師教學常感到困難的單元，因此在本研究中針對一位初任科學教師的酸鹼中和單元教學，探討其 PCK 在上述各個面向展現的內涵，以及各面向之間交相影響的關係。具體而言，本研究所欲探討的問題如下：

- 一、個案教師 PCK 展現的面向內涵為何？
- 二、個案教師 PCK 展現的面向之間的關係為

何？

貳、文獻探討

針對研究問題，文獻探討的重點有三：一是科學教師 PCK 在教學實務的表現，二是 PCK 展現面向的統整，三是酸鹼中和教學的實徵性研究。

一、科學教師PCK在教學實務表現

Shulman (1986) 認為PCK有2個展現面向：(1) 教學策略和表徵，(2) 學生理解科學的知識。Grossman (1990) 延續Shulman的主張，再增加2個展現面向：(1) 教科學的目的和目標，(2) 科學課程和課程資源的知識。Tamir (1988) 主張PCK有4個展現的面向：(1) 學生，(2) 課程，(3) 教學，(4) 評量的知識和技巧。Magnusson, Krajacik與Borko (1999) 再擴增PCK展現的面向，包括：(1) 科學教學取向，(2) 科學課程知識，(3) 評量科學的知識，(4) 關於學生在特定主題的理解的知識，(5) 教科學的教學策略的知識。在教學和師資培育實務和研究方面的學者對PCK內涵的主張並不一致，本研究採用Magnusson等人 (1999) 的觀點，據此，本研究的PCK展現面向有：教學取向、關於學生理解科學的知識、課程知識、教學表徵和策略的知識、評量的知識。

科學教師 PCK 的實徵研究呈現觀察教師教學實務表現時，關於 PCK 展現面向有不同的理解和能力，本研究將這些不同面向的理解和能力以教學要素 (teaching elements) 稱之，用來描述教師教學實務上清楚和具體的理解和能力。綜合一些文獻對特定主題 PCK 展現面向的教學要素，如表 1。

表 1：科學教師 PCK 展現的面向和教學要素

展現面向	教學要素的種類
教學取向	教學目的和目標 (Samuelowicz & Bain, 2001; Schneider & Plasman, 2011) 、教學信念 (Friedrichsen & Dana, 2005; Lotter, Harwood, & Bonner, 2007) 、教師角色 (Cronin-Jones, 1991) 、科學本質 (Schneider & Plasman, 2011) 、科學的教和學之本質 (Schneider & Plasman, 2011)
關於學生理解科學的知識	學生的學習需求 (Magnusson et al.,1999) 、潛在性學習困難 (Magnusson et al.,1999 ; Cohen & Yarden, 2009) 、先備知識 (Magnusson et al.,1999; Schneider & Plasman, 2011) 、迷思概念 (Magnusson et al.,1999; Schneider & Plasman, 2011) 、學生能力 (Wallace & Kang, 2004) 、科學概念的發展 (Schneider & Plasman, 2011) 、學生如何呈現科學觀念 (Schneider & Plasman, 2011) 、給學生有挑戰性的科學想法 (Schneider & Plasman, 2011)
課程知識	教材知識 (Grossman, 1990; Magnusson et al., 1999) 、和主題有關的縱向和橫向課程的知識 (Grossman, 1990; Schneider & Plasman, 2011) 、課程的長、短期目標 (Magnusson et al., 1999 ; Furio, Vilches, Guisasola, & Romo, 2002) 、課程計畫知識 (Magnusson et al., 1999) 、對科學有用的課程資源 (Schneider & Plasman, 2011)
教學策略和表徵知識	在科學領域的特定主題教學時採用的表徵和教學活動 (Magnusson et al., 1999) 具體表徵, 如模型、圖解、類比、隱喻、電腦動畫、圖表、實例 (Magnusson et al., 1999)
評量的知識	師生互動、全班討論、小組互動、教學時的學生互動 (Ruiz-Primo, & Furtak, 2006) 評量學習的面向、如何評量的方法 (Tamir, 1988) 多元的評量策略、何時和如何使用評量 (Hashweh, 2005)

二、PCK 展現面向的統整

Loughran, Mulhall 與 Berry (2004) 將 PCK 描述為「教師所能掌握和回應關於內容知識、教學知識、學習知識關係的各種方式，這些方式證明教學實務是交織複雜的概念 (p. 370)」。Magnusson 等人 (1999) 提出模型說明 PCK 展現面向的內涵，如圖 1，這模型指出教學取向影響其他面向，卻沒有指出其他面向的關係。

Davis (2003) 以知識統整觀點調查職前科學教師 PCK 的發展，發現職前教師在確認

教學弱項和仔細思考對學習者、表徵、教學策略、評量之後，從得到新的教學理解來統整關於學習者、教學策略和表徵、評量的新知識來發展獨特 PCK。Smith 與 Neale (1989) 描述 PCK 有 3 個展現面向：代表性的學生錯誤、特殊教學策略的知識、內容精緻的知識；他們認為許多這類的教學知識應該是在教科學時同時使用和統整成複雜的教學 (p. 4)。

Hashweh (1985) 探討生物和物理的資深教師在教特定主題時所持有的科學知識以及對教學的影響；結果發現當教師在教專精學科時，可以知道學生先備概念、特定概念的學習困難，且依據學習者的知識採用適當

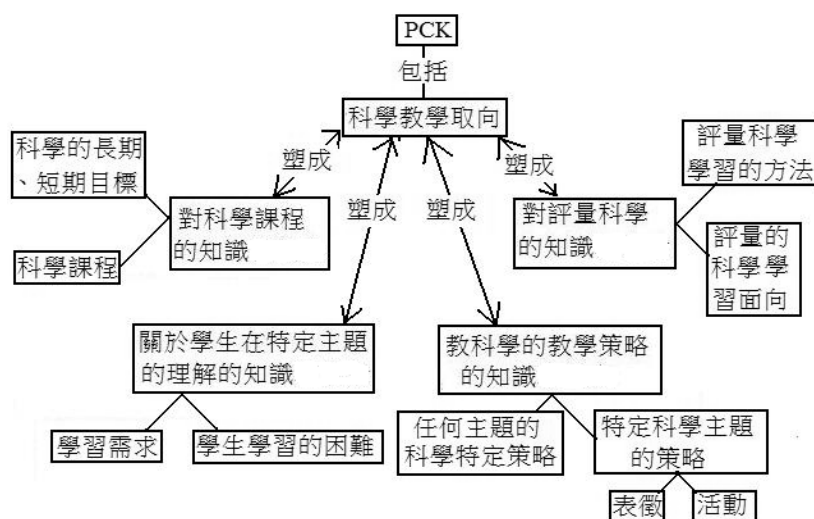


圖 1：Magnusson, Krajcik 與 Borko 的 PCK 模式 (1999, pp.99)

的類比、舉例、展示、示範等方法讓學生理解概念；當教不熟悉學科時，缺乏這樣的知識而無法有效的教學；所以，Hashweh 認為教學知識是來自於教師統整學習者的知識和科學知識。Park 與 Oliver (2008) 調查經驗科學教師 PCK 展現面向的發展和統整，結果發現教師持續統整新的和已有的教學知識；新知識經由課室經驗和對學習者、專業發展、同儕合作的反思而發展，也和已有的知識相互統整。

Briscoe (1993) 描述一位資深化學教師將評量做為獎勵或處罰，視評量等同測驗；他認為教師改變評量實務是受到教師知道或理解教學、學習和教育本質為何；另外，Duffee 與 Aikenhead (1992) 晤談 6 位 10 年級教師在 STS 課程中的評量，他們發現教師選擇評量方法和評量內容是由其信念和價值來協調；這些顯示評量和科學教學方向的關聯。Clermont, Borko 與 Krajcik (1994) 研究資深和生手教師在化學演示教學的差異，其結果顯示教學策略知識連結學科教材知識和學習者知識。

張世忠、蔡孟芳與陳鶴元 (2012) 根據 Magnusson, Krajcik 與 Borko (1999) 發展的 PCK 模式，設計一套評量 PCK 的工具來評估臺灣國中科學老師的 PCK 樣貌，以及檢驗教師的科學教學導向和 PCK 組成因素之間的關聯；結果發現科學教師的最高平均值是科學課程知識，最低值為評量與科學素養知識；教師最頻繁使用的教學導向是講述方式，採取講述的受試教師在教學策略知識和科學教學導向之間有統計的顯著相關性，且呈現弱且負的相關；研究亦發現評量知識和活動導向式教學有顯著相關性。

綜合上述，PCK 展現面向之間相互影響，這種關係無法以 Magnusson 等人 (1999) 的模式說明完整，而一些文獻雖然顯示知識統整觀點可以解釋展現面向的關連性，但是只有指出部分面向知識的相互影響，沒有澄清所有面向知識如何影響。

三、酸鹼中和教學的實徵性研究

有關酸鹼中和教學的實徵性研究多數探

討學生持有酸鹼中和的另有概念 (陳姍姍, 1993; Schmidt, 1991; Lin, Chiu & Liang, 2004) 和概念改變的教學成效 (Demircioglu, Ayas & Demircioglu, 2005; 游清福, 2007; 李詩閔, 2001)。也有一些學者注意到科學教師在這主題的 PCK。

Furio-Mas, Calatayud, Guisasola 與 Furio-Gomez (2005) 從檢視教科書和晤談老師來調查科學和科學活動如何介紹酸鹼，他們發現教師在教 12 年級學生的酸鹼反應時，沒有強調酸鹼巨觀表徵，且混合使用中和過程的巨觀和微觀模式；而教師也持有酸鹼反應後產生中性產物的另有概念。Drechsler 與 Van Driel (2008) 調查 9 位資深化學教師 PCK，這些教師被晤談關於 (1) 學生理解酸鹼化學的困難，(2) 教學實務的酸鹼模式；晤談時要求教師評論收集資料中的學生回應，包括晤談學生對酸鹼的理解；也請教師以故事描述理想的酸鹼教學。結果顯示所有教師都認為學生的學習困難是因為對酸鹼模式的混亂，卻只有很少人選擇教學強調酸鹼各種模式的差異，大多數認為自己的教學足以使學生區分現象層次和粒子層次。

Tobin 與 Espinet (1989) 調查一位高中教師因為科學知識不足而阻礙其參與創新活動，他們認為教師知道的教材內容看似簡單卻包含多樣的專業知識和技巧，這些是超越大學的選修內容。Boz (2009) 用開放性問卷和半結構晤談來調查 38 位職前化學教師持有的酸鹼概念，結果指出多數教師對酸鹼巨

觀性質是沒有困難的；然而，一些教師在中和概念、區別酸的強度和濃度、酸鹼和生活連結等是有問題；因此，考慮教師的另有概念是很重要的事。

綜合上述，有關酸鹼中和教學的實徵性研究多分佈在學生的迷思概念，少數研究在科學教師 PCK，這些研究多分布在教學策略和表徵、教材知識、迷思概念等主題，缺乏以統整觀點來理解教師如何在教學實務上運用這主題的 PCK。

參、研究方法

一、資料收集

本研究的場域是台中市某一所國中的教師專業成長活動，這個活動由第一作者發起，並經營熱絡的討論氛圍，讓教師充分表達想法和錄影教學；並得以個案研究法探索教師 PCK 面向的內涵和關係。

有 4 位教師參與專業討論，以 D、C、Y、R 替代真實姓名，C 老師、Y 老師是資深教師，D 老師是初任教師，R 是研究者，基本資料如表 2。其中，D 老師是本研究個案教師，教學年資僅有 1 年，兼任副生教組長，幽默有趣，很受學生歡迎，常主動和資深教師討論教學問題；因為就讀某大學物理研究所而留職停薪 1 年，並於本學年復職擔任專任教師。研究者有 21 年教學年資，曾任教資優、升學、常態、體育、技藝等異質性高的班級；也多次指導科展、課程設計競賽得獎。

表 2：參與本研究的教師基本資料

教師	性別	教學年資	學歷	授課科目	職稱	年齡
D	男	1	物理研究所進修	理化、地科	專任教師	27
R	男	21	科學教育研究所	理化、地科	導師	44

討論活動時間是在兩週一次的週五上午第一、二節，從民國 99 年 10 月開始到民國 100 年 6 月，討論內容有教學疑難、實驗設計、教材知識。研究者兼具完全觀察者和參與者即觀察者 (黃瑞琴, 1991)，討論時是參與者，需協助解決教學疑難和分享教學計畫與實驗設計；分析教學錄影時是教師教學的完全觀察者。

收集資料有多元化來源。教學前有教學計畫、教學討論的錄音；教本單元之前，參與教師先寫出教學計畫寄給其他教師，並作為討論資料；討論時教師會說明計畫的觀點和理由，同時接受其他人質問，藉此引導教師寫出、說出教學作為的觀點。教學中有教學錄影；研究者先在教室後面架設攝影機，當 D 老師進入教室後開始攝影，研究者隨即離開現場；這是因為 D 老師不習慣他人觀察，而研究者也需上課。教學後有教師心得和訪談錄音；前者是教師反思，後者是分析影帶後的刺激回憶晤談。另外，研究筆記是研究者在研究歷程紀錄觀察教師觀點、疑難、教學現象的札記。

研究資料分成文字稿和教學影帶分析稿。文字稿來自不同來源，包括刺激訪談和會議錄音，教學計畫、教師心得、研究筆記等的 word 檔。影帶分析稿提供研究者的分析稿、轉譯的 word 檔。影帶分析時，先觀看每節教學，再分割教材知識的教學作為分析單位，並記錄時間，如表 3。分析時，研究者除了寫出「教什麼」、「怎麼教」、「展現 PCK

面向為何」的想法，再從分析結果比較文字稿分析結果來澄清「為何要教」的理由，且從資料不足、模糊部分來形成刺激訪談問題。

二、資料分析

以質性分析策略分析資料，為了減少研究者和資料的交互作用而形成主觀詮釋，在過程中加入 D 老師、指導教授的意見和想法，共分 5 個步驟：

(一) 形成概念

先完整閱讀文件，理解內文脈絡，再逐段、逐句的分析，並在關鍵字句下面畫線，在註解欄中寫出對資料的解釋而形成概念。例如當研究者問為何以離子反應式作解題策略時，D 老師說：「因為這是從離子出發的，溶液真正反應是離子而不是分子，今天寫成化學反應式，很容易讓學生誤認為是分子」，研究者解釋為「以離子反應式關係來計量是因為真正反應粒子是離子」。在這過程中，研究者有解釋的疑慮時，即和指導教授討論，並尋求 D 老師的澄清；例如當發現 D 老師斥責 210 班秩序混亂後，即以講述方式教鹽類，研究者解讀是因為生氣而導致，後來教授建議向 D 老師求證，才發現是他認為鹽類性質是記憶性知識，只需講述介紹和畫重點即可。

(二) 精緻概念

將資料和概念以電子郵件寄給教授和 D 老師閱讀，並提出建議和澄清研究者的問

表 3：教學影帶的分析單位

綱要	細目	資料來源
示範酸鹼中和的實驗	複習常用的指示劑與 pH 值	D-TV-1000411-1-2-00:00-03:00 (第 1 節)
	以乳頭滴管代替滴定管，由滴定過程說明實驗操作技術和指示劑變化。	D-TV-1000411-1-2-03:07-13:59 (第 1 節)

題，之後再回寄研究者修改，以降低研究者主觀性。

(三) 編碼資料和概念

編碼資料是依據資料來源、日期、頁數、行號來註記，格式為：資料來源-日期 (民國/月/日)-頁-行-行，例如會議資料編碼格式為會議記錄 (C) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行。編碼概念的格式為：概念 (C) -會議記錄 (C) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行。資料和概念的編碼格式，整理如表 4。

(四) 分類概念

研究者參考文獻探討的 PCK 面向的教學要素，將概念分類成教學取向、關於學生理解科學的知識、課程知識、教學策略和表徵知識、評量知識，若概念可分類在不同的面向時，則將重複出現在不同的面向中。研究者逐一以每面向的概念群為單位，採用紮根理論觀點從下到上由概念形成類別，再由類別形成教學要素。形成類別時，先將概念彙集在一起，反覆閱讀、比較和分析，不斷

表 4：資料和概念的編碼格式

代碼	來源	資料格式	概念格式
資料	代碼	實例	實例
會議錄音轉譯	C	會議記錄 (C) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行 C-1000223-1-1-3	概念 (C) -會議記錄 (C) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行 C-C-1000223-1-1-3
晤談轉譯	I	晤談 (I) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行 I-1000223-1-1-3	概念 (C) -晤談 (I) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行 C-I-1000223-1-1-3
教學計畫	TP	教師-教學計畫 (TP) -單元-頁-頁 D 老師的酸鹼中和單元的教學計畫第 1 頁 為 D-TP-acid-1-1	概念 (C) -教師-教學計畫 (TP) -單元-頁-頁 D 老師的酸鹼中和教學計畫第 1 頁為 C-D-TP-acid-1-1
教師心得	TR	教師-心得 (TR) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行 D-TR-1000423-2-13-15	概念 (C) -教師-心得 (TR) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行 C-D-TR-1000423-2-13-15
研究筆記	RN	研究筆記 (RN) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行 C-RN-1000330-1-3-1	概念 (C) -研究筆記 (RN) -日期 (民國/月/日) -頁-行-行 C-RN-1000330-1-3-1
教學影帶轉譯	TV	教師-教學影帶-日期-節-開始時間-終止時間 D-TV-1000411-1-1-03:29-06:59	概念 (C) -教師代碼-教學影帶-日期-節-開始時間-終止時間 C-D-TV-1000411-1-1-03:29-06:59

表 5：編碼、次類別、類別內教學要素的關係「為關係這樣教」想法以理解 PCK

面向	編碼	類別	教學要素
教學取向	C-I-1010826-4-8-9	教師角色是引導者，教師藉由不斷	教師角色是引導者。
	C-I-1010826-7-9-13	詢問問題讓學生統整相關概念。	教師經由詢問問題，引導學生思考
	C-I-1010826-2-31-31	教師和學生角色互調，教師提問讓	和統整相關概念達成酸鹼中和的理
	C-I-1010826-2-33-38	學生思考和答覆，促使學生統整概	解；師生角色互調，教師變成學生
	C-I-1010826-3-1-3	念。	般，一直提問讓學生回答。

調整修正，尋找相似、相同的概念，逐漸形成一些特定概念群；再從特定概念群的屬性形成類別的概念，如表 5 的編碼欄和類別欄。形成類別後，將類別彙集一起，反覆閱讀、比較和分析類別之間的內涵和關連性；若有矛盾時，則與教授討論以修改原資料類別的概念；再從概念屬性的相同、相似、不同的關係，或合併或獨立形成類別群，從類別群的屬性形成教學要素，如表 5 的類別欄和教學要素欄。

(五) 統整展現面向的教學要素、類別、概念和資料以回應研究問題

寫研究結果時，先以每面向的教學要素作為描述各面向知識的架構，例如教學取向以教師角色、教學目的等教學要素為架構，選擇類別概念的關係形成段旨，以概念群內容作為段文，佐以原始資料逐漸開展出每一教學要素的內涵；最後，統整教學要素成 PCK 面向內涵。當完成 PCK 面向內涵後，由教授檢閱內文的合理性，並請 D 老師檢閱內容真實性；再刪改不合理和不合實情的部分。

研究者再以每段教材知識的教學影帶為單位，分析教學作為，寫出教學實務中展現「教什麼」、「怎麼教」、「展現的面向知識為何」的想法，之後，研究者對比教學要素的內涵，從中探索 D 老師教學時的「為何要教

面向之間如何影響，由此探究 PCK 面向內涵和關係以回應研究問題一和問題二。

本研究從紮根理論觀點強調內在、外在效度 (潘淑滿, 2003)。內在效度是收集資料包括刺激訪談和會議錄音，教師教學計畫、教師心得、教學影帶、研究筆記，這些都是個案教師親自說出、寫出和作為，是真實且對應研究問題的有效資料。外在效度是收集詳細和豐厚的資料，能協助真實描述教師 PCK 內涵和想法，而擷取教學影帶的教學作為，逐字轉譯成文字更能支持研究結果的真實性；另外，為了避免研究者的主觀性，分析資料過程不斷和 D 老教師、指導教授討論。如此，從不同方法、不同來源、不同時間的真實、有效資料中產生描述和詮釋，以重現教師的經驗或感受，據此，本研究是從資料的來源、收集方法、詮釋者的多元化觀點作三角校正 (黃瑞琴, 1991)。

肆、研究結果與討論

本節報導個案教師酸鹼中和單元 PCK 展現面向的內涵和面向知識之間的影响。

一、個案教師酸鹼中和單元 PCK 的內涵

關於 D 老師在酸鹼中和單元教學中展現

PCK 面向，將依教學取向、關於學生理解科學的知識、課程知識、教學表徵和策略的知識、評量知識，分述如下：

(一)教學取向

關於 D 老師教學取向的教學要素包括：教學目的和目標、實驗教學觀、科學教學的本質、教師角色、理想的教學圖像。

1.教學目的和目標：培養學生解決問題和思考能力以應付未來生活

他認為科學教學應該培養學生的解決問題能力 (C-I-991217-4-4-7)，當學生遇到問題後，能獨立思考和解決能力以應付未來生活 (C-I-991217-4-11-15)。例如能理解電路原理之後，能應用在家庭電路的連接和安置 (C-I-991217-4-9-11)。因為 D 老師以前就讀私立中學時偏重知識的理解，到大學才發現自己非常缺乏實驗的獨立思考和解決問題能力，所以深覺這些能力很重要 (C-I-991217-3-34-38)。

2.科學教學的本質：學生學習科學的途徑是由巨觀到微觀，盡量以圖像來表徵概念的抽象性；教學要有趣使學生參與

「我不喜歡單調、無趣和枯燥的教學」(RN-1000412-1-15-15)，D 老師認為上課要有趣，學生才會參與 (C-RN-1000412-1-2-6)。另外，他認為學生學習科學的途徑是由巨觀到微觀，因為學生難接受直接學習符號、概念、計算，所以教學時要將概念的抽象性來形象化或具體化，例如教電阻時引入電子漂流碰撞原子產生阻力的微觀圖像，讓學生更能清楚電阻的意義 (C-I-991217-15-3-5)。他從物理專業觀點認為酸鹼中和單元更應該將微觀粒子來圖像化，不要一味的強調計算 (C-I-1010826-11-28-30)，要讓學生理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性 (C-I-1010826-1-37-38)。

3.教師角色：引導者

「我覺得老師最多是引導而已」(I-1010826-4-8-8)，D 老師由詢問引導學生思考和統整相關概念達成酸鹼中和的理解；教學時師生角色互調，教師變成學生般，一直提問讓學生思考和回答 (C-I-1010826-2-33-38)，透過提問來促使學生統整概念 (C-I-1010826-3-7-8)。

4.理想教學圖像：先討論酸鹼中和的生活實例，再探索抽象的理論，再作實驗

D 老師對這單元理想教學圖像是由學生分組討論酸鹼中和的生活實例開始 (C-I-1010826-3-17-22)，教師引導學生統整相關概念，最後學生操作實驗 (C-I-1010826-3-31-31)。其優點是學生由現象導入科學概念，不會直接面對抽象的離子交互作用和複雜的計算 (C-I-1010826-3-32-34)；缺點是教學時間拉長，使課程進度落後。所以，他在教學實務上只能從離子開始，再引入酸鹼中和理論 (C-I-1010826-3-22-23)，因為討論生活例子的時間大約需要多出 2-3 節，對預定 6 節教學時間而言是很難做到 (C-I-1010826-3-27-31)。

5.實驗教學：以實驗證明理論的正確

酸鹼中和單元統整許多概念，包括：離子、解離、反應式的係數平衡、莫耳數、莫耳濃度的概念 (C-I-1010826-7-25-28)，「我覺得作這個實驗時，必須先有準備，作這實驗才有意義」(I-1010826-7-9-9)，就是學生在實驗前需對這些概念或理論有相當程度的認識，再用實驗結果來驗證理論，才會有學習意義。

6.單元學習目標：讓學生理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性。

他基於本單元和莫耳數、化學反應式和本章電解質、解離、酸鹼性質、體積莫耳濃度、離子、指示劑性質的內容有概念的連續

表 7：教學取向的教學要素類別、內容和來源

類別	內容	來源
教學目的和目標	培養解決問題和思考能力以應付未來生活	以前的學習經驗
科學教學的本質	學習科學的途徑是由巨觀到微觀，盡量以圖像來表徵概念的抽象性；教學要有趣使學生參與	物理專業觀點 學生理解科學的途徑
教師角色	引導者	引導學生思考和統整概念
理想教學圖像	學生先討論酸鹼中和的生活實例，再探索抽象的理論，再作實驗	由現象理解科學概念，不會直接面對抽象理論
實驗教學觀	實驗驗證理論的正確	用實驗驗證理論產生學習意義
單元學習目標	能理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性	課程位置是統整概念

性和銜接性，所以希望學生能理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性 (C-I-1010826-2-22-24)，從理解離子式關係來促使學生統整章節概念 (C-I-1010826-1-24-24) 和物質數量的概念 (C-I-1010826-1-17-18)。

綜合上述，D 老師教學取向的五項教學要素，如表 7；這些要素形塑出以學生為中心的建構教學取向。

(二)關於學生理解科學的知識

D 老師在這面向的教學要素有學習策略、學習疑難、學習態度。

1.學習策略

(1) 學生需要自己思考和統整以前學過的相關概念

D 老師認為當學生首次面對原子、離子、電解質、解離等概念時，因為沒有足夠先備知識，他會以教師為主，詳細介紹相關內容。但是，酸鹼中和涉及統整上述學過的概念，所以學生應該自己來統整這些先備概念以理解酸鹼中和(C-I-1010826-2-33-38)。

在教學時，D 老師不斷提問來促使學生思考問題，他將自己當作學生般提出相關問題，讓學生在答覆問題過程思考來統整概念 (C-I-1010826-3-1-3)。

(2) 學習酸鹼中和要從觀察巨觀現象到推理粒子作用

D 老師認為學生學習物質科學的過程應該由巨觀到微觀，從觀察反應現象到推理粒子作用；所以應該從酸鹼反應現象（巨觀）和化學式（符號）來推理離子的交互作用（微觀）(C-I-1010826-1-14-17)。例如先讓學生看見指示劑隨酸鹼度而變色的巨觀現象，讓學生有較多學習的緩衝時間來接受學習內容(C-I-1010826-10-33-38)。

2.學習疑難

學習疑難包括學生的迷思概念和學習困難，這些知識的來自於 D 老師以自己求學時的學習困難來假設學生的學習困難 (C-I-1010826-11-32-33) 和教學經驗。

(1) 誤認「原子變離子之後，質子數和中子數、質量數會改變」

「我覺得他們會有錯誤概念，雖然已經教過很多次，他們還是會認為離子是另一種粒子，沒有辦法理解鈉離子跟鈉原子是不一樣的」(C-1000330-4-8-9)，學生無法分辨離子和原子的差異是得失電子，會認為產生新的原子核，誤認原子變離子之後，其質子數和中子數、質量數會改變，原子核發生改變了(C-C-1000330-2-9-10)。

(2) 誤認「鹽就是食鹽，所以呈中性且是白色」

D 老師發現學生學電解質時就常從生活習慣來解釋鹽的字面意義，認為鹽就是食鹽，所以顏色是白色，且呈中性(C-C-1000330-3-4-6)。

(3) 誤認「反應式的係數比=反應物和生成物的質量比」

他在前一章教學中發現學生常誤認反應式係數比等於反應物和生成物的質量比(C-D-TP-acid-2-2)。他透過解題來證明與使用離子模型來解釋原理，讓學生理解係數的意義是粒子數比和莫耳數比。

(4) 誤認「到終點時，酚酞顏色必須深紅色」

學生認為滴定時酚酞顏色需要變成深紅色才算達成終點，其實只變成淺紅色即可(C-I-1010826-5-11-13)；這知識是來自於他過去學習的教師(C-I-1010826-14-22-25)。

(5) 不清楚酸鹼解離的離子種類和數目的關係

D 老師從半年的教學經驗發現學生不清楚酸鹼解離的正負離子種類和數目的關係，而影響酸鹼中和的化學計量的解題能力，例如硫酸解離 H^+ 和 SO_4^{2-} 的粒子數比應為 2:1，但是許多學生會認為是 1:1(C-I-1010826-1-35-38)。

(6) 不會解題酸鹼中和計量

D 老師認為學生對酸鹼中和計量的學習困難有二，一是很難連結化學反應式與離子

反應式的關係，二是不清楚係數與離子數的關係。例如 $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$ 化學反應式和離子反應式 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ 的關係，以及由化學反應式推出解離時離子數目比(C-D-TP-acid-2-2)。前者涉及化學符號之間的關係，後者涉及化學符號和微觀粒子的連結。

3.學習態度

學生學習態度概括學習習慣和自我效能。

(1) 學習習慣：多數學生回家不會主動複習

D 老師覺得多數學生回家不會主動複習所學習內容(C-I-1010826-6-14-15)，所以他每節上課都從複習上一節教學內容開始，以免學生難理解新的教學內容(C-I-1010826-11-11-14)。

(2) 自我效能：數學不好，理化也會學不好

「我遇到很多學生會認為：我的數學就是差，所以理化也一定差，」(I-1010826-4-1-1)，所以，他考慮學生的數學能力，將酸鹼中和計算放在後面教學，不想讓學生因為數學不好而放棄理化(C-I-1010826-3-35-37)。

由上可知，關於學生理解科學的知識有學習策略、學習疑難、學習態度的教學要素，並涵蓋一些細項和對應的緣由，如表 8。

(三) 課程知識

課程知識的教學要素有課程位置、教學目標和教材知識。

1.課程位置

酸鹼中和位於理化課本第 4 冊第 3 章的第 4 節。D 老師認為和第 1 章莫耳數、化學反應式和本章電解質、解離、酸鹼性質、體積莫耳濃度、離子、指示劑性質的內容有概念的連續性和銜接性(C-I-1010826-1-6-7)；而且這單元的離子反應式是第 6 冊電化學的電池正負極反應的先

表 8：關於學生理解科學的知識的教學要素類別的內容和緣由

類別	內容	緣由
學習策略	學生需要自己思考和統整以前學過的相關概念 學習酸鹼中和要從觀察巨觀現象到推理粒子作用	酸鹼中和統整許多先備知識 學習科學由巨觀到微觀，從觀察反應現象到推理粒子作用
學習疑難	誤認「原子變離子之後，質子數和中子數、質量數會改變」 誤認「鹽就是食鹽，所以呈中性且是白色」 誤認「反應式的係數比＝反應物和生成物的質量比」 誤認「到終點時，酚酞顏色必須深紅色」 不清楚酸鹼在解離後的離子種類和數目的關係 不會解題酸鹼中和計量	教學經驗 教學經驗 教學經驗 過去的學習經驗 教學經驗 教學經驗
學習	學習習慣：多數學生回家不會主動複習	教學經驗

備知識 (C-I-1010826-2-11-18)。

2.教學目標

有 4 個教學目標 (D-TP-acid-1-1)。(1) 認識酸鹼中和與離子反應式。就是從電解質聯想到化學式和解離的粒子關係。(2) 了解酸鹼中和的巨觀與微觀關係，探討指示劑變色性質。(3) 利用反應式係數、已知濃度、體積，去推測未知濃度。(4) 了解鹽類定義與認識生活常見鹽類。

這些目標內涵呈現 D 老師期望學生理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性 (C-I-1010826-2-22-24)，以統整電解質解離、離子、酸鹼性質、體積莫耳濃度、指示劑性質，以及莫耳數、化學反應式以及原子、離子。教學重點是從理解離子式關係使學生統整章節概念 (C-I-1010826-1-24-24) 和物質數量概念 (C-I-1010826-1-17-18)；由此可知，課程位置指引教學目標內涵。

3.教材知識

D 老師共用 6 節課完成教學，其教材知識有 7 項，由內容可知是由教學目標衍生而出。

(1)從離子出發，探討酸鹼物質、化學式和解離後的粒子關係。

D 老師在第 1 節課探索電解質、化學式和組成離子的關係 (C-D-TV-1000411-1-1-03:53-28:34)，「因為這是從離子出發的，水溶液真正反應是離子，而不是分子 (註：應該是純物質粒子)」(I-1010826-8-24-25)，所以他認為學生要理解酸鹼中和的物質變化，必須從離子觀點來理解微觀粒子交互作用的本質。這是他在上學期教 3 年級學生後，發現學生不清楚酸鹼解離的離子種類和數目關係，而影響酸鹼中和計量的解題能力，例如硫酸解離 H^+ 和 SO_4^{2-} 的粒子數比應為 2:1，但是許多學生會認為是 1:1 (C-I-1010826-1-35-38)。

(2)酸鹼中和時，指示劑隨酸鹼度而變色

D 老師示範指示劑與酸鹼度的實驗 (C-D-TV-1000411-1-2-00:00-03:00) 以及酸鹼中和實驗 (C-D-TV-1000411-1-2-03:07-13:59)。他認為學生難懂酸鹼中和，所以先避開介紹理論，讓學生觀察指示劑變色性質和判斷終點的準則。一方面避免學生直接面對抽象理論，讓學習有緩衝時間，一方面也可以讓學生認識實驗技能。

(3)酸鹼中和通式：酸 + 鹼 → 鹽類 + 水 + 熱，參與反應粒子是 H^+ 和 OH^- ，所以應該以離子反應式 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ 來表示粒子交互作用。

D 老師在第 2 節課以 $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ 推出酸鹼中和的通式：酸 + 鹼 → 鹽類 + 水，用離子模型逐步引導出酸鹼中和時的離子反應式 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ (C-D-TV-1000412-1-1-10:35-20:53)。他強調推導離子反應式的重要，是因為以前經驗就發現學生計量酸鹼中和時，將以化學反應式和離子反應式的解題方法混亂而無法解出；他認為學生不清楚如何寫出酸鹼的解離反應式，而透過推導離子反應式就會清楚這些概念 (C-I-1010826-1-35-36)。

(4)酚酞變色就是終點，也是酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數 (註：此關係應在當量點時才會成立)。

D 老師結合酸鹼物質、化學式和解離後的粒子關係、指示劑變色和酸鹼度的性質、離子反應式 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ 交互作用的概念，解釋參與酸鹼中和反應的粒子是 H^+ 和 OH^- ，而且酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數的關係 (C-D-TV-1000414-1-1-03:10-15:23)。因為他想要以此關係作為解題策略，引導學生思考離子個數和莫耳數的換算邏輯 (C-D-TV-1000414-1-1-22:45-23:45)。

(5)以酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數的關係作為酸鹼中和的解題策略。

D 老師運用「酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數」關係作為解題策略 (C-D-TV-1000414-1-1-24:53-30:09)。他認為這單元核心概念是離子交互作用，必須引導學生從離子觀點看酸鹼中和，所以要用離子反應式解題；若用化學反應式，則只會知道產生鹽類和水的反應結果，學生沒有辦法感受到離子交互作用 (C-I-1010826-10-3-8)。

(6)使用滴定管的技巧和判斷終點的準則很重要，決定實驗結果的準確性。

D 老師在第 1 節課 (C-D-TV-1000411-1-2-00:00-13:59)、第 4 節 (C-D-TV-1000414-2-1-03:25-12:31)、第 6 節實驗課 (C-D-TV-1000419-1-1-00:16-15:47) 重複強調使用滴定管技巧、控制滴漏速率技巧與判定終點的準則，以示範操作和練習方式讓學生應用在實驗。因為他重視實驗結果的準確性 (C-C-1000330-4-20-32)。

(7)鹽類通式、常見鹽類的性質、判斷鹽類酸鹼性的通則和常見的迷思概念。

他在第 4 節課教鹽類，包括：1.通式；2.常見鹽類；3.判斷鹽類酸鹼性的通則 (C-D-TV-1000414-2-1-15:25-30:10)。因為他認為學生須認識這些生活中鹽類的用途 (C-D-TP-acid-1-1)。

由上可知，D 老師的課程位置是統整莫耳數、化學反應式、解離、酸鹼性質、體積莫耳濃度、指示劑性質、原子、離子等概念，由此課程位置衍生 4 個教學目標，再由目標衍生 7 項教材知識。這些教材知識的實施理由如表 9。

(四) 教學策略和表徵的知識

本研究以 D 老師教學時採用的表徵和教學活動作為其教學策略和表徵的知識 (Magnusson et al., 1999)。

表 9：教材知識和實施理由

教材知識	實施理由
從離子出發，探討酸鹼物質、化學式和解離後的粒子關係	1.理解酸鹼中和反應，須從離子觀點理解粒子交互作用 2.不清楚酸鹼解離的離子種類和數目關係，影響解題能力
指示劑隨酸鹼度而變色	酸鹼中和理論難懂，避免介紹理論，先觀察指示劑變色性質
酸鹼中和通式是酸 + 鹼 → 鹽類 + 水	推導離子反應式的過程，可理解酸鹼如何解離和反應，提升
$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ 來表示粒子的交互作用	+ 熱，參與反應粒子是 H^+ 和 OH^- ，應以解題能力
酚酞變色就是終點，也是酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數	以此關係作為解題策略，引導思考離子個數和莫耳數之間的換算邏輯
(註：此關係應在當量點時才會成立)	
以酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數的關係作為解題策略	1.從離子觀點看待酸鹼中和現象，所以用離子反應式解題。 2.連結化學計量與莫耳濃度的計算，複習濃度、體積、分子數、離子數概念，訓練組織推理能力。
使用滴定管的技巧和判斷終點準則很重要，決定實驗結果的準確性	以實驗準確性印證理論，所以實驗技能很重要
鹽類通式、常見鹽類的性質、判斷鹽類酸鹼性的通則和常見的迷思概念	須認識生活中鹽類的用途

1.使用模型和圖形來提問和引導思考

D 老師在第 1 節課 (C-D-TV-1000411-1-1-03:29-22:40)、第 2 節課 (C-D-TV-1000412-1-1-10:35-20:53)、第 3 節課 (C-D-TV-1000414-1-1-09:50-25:02) 都運用畫圖形和組合模型來引導學生思考幾個主題，包括：(1) 原子和離子的差異，(2) 電解質粒子、化學式、命名的關係，(3) 電解質粒子解離後的離子種類和數目的關係，(4) 酸鹼中和時，酸鹼解離的離子如何交互作用。例如他在第 3 節畫滴定管和燒杯的圖形說明酸鹼滴定目的、原理和終點判斷，再以模型說明參與離子的種類和數目的消長，在燒杯圖內貼 8 個 NaOH 模型，逐次加入 HCl 模型，不斷將燒杯中 H^+ 和 OH^- 結合成水分子，說明參與離子的數目消長關係，如圖 2。

D 老師認為學生難理解化學符號的抽象意義，所以需將符號圖像化，以圖形和模型來解釋 (C-I-1010826-11-23-24)，科學教學應該盡量以圖像來表徵概念的抽象性，讓微觀世界更具體呈現 (C-I-1010826-11-28-30)。

2.示範實驗

D 老師在第 1 節課 (C-D-TV-1000411-1-2-00:00-13:59)、第 4 節課 (C-D-TV-1000414-2-1-03:25-12:31) 都使用示範實驗來呈現指示劑與酸鹼度關係、酸鹼中和反應現象、示範拆開和組裝滴定管。他示範實驗的目的是引導學生觀察化學現象和技能，避免先探討較難懂酸鹼中和的理論。

3.實作練習

在第 4 節課，當 D 老師介紹滴定管和示範操作方法後，他讓學生操作練習如何操作滴定管 (C-D-TV-1000419-1-1-00:16-15:47)，

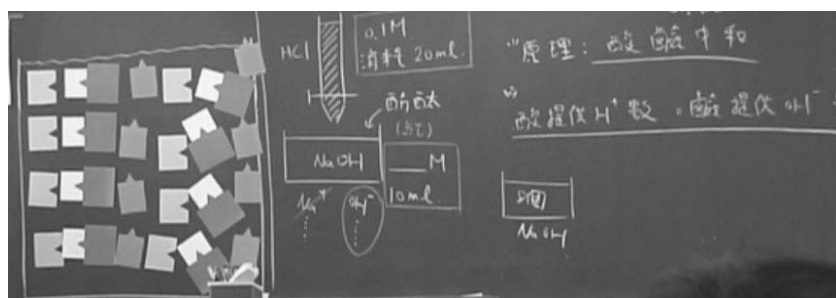


圖 2：以模型說明滴定时各種離子數目的消長關係



圖 3：以酸提供 H⁺ 數 = 鹼提供 OH⁻ 數的關係解一元酸、鹼的中和題目

使學生能應用在酸鹼中和實驗。因為實驗結果的準確性是他印證本單元理論的最佳證據，所以這些實驗技能很重要。

4. 以圖解和實例來解釋如何解題

在第 3 節，D 老師以圖解和實例來解釋如何解題以及結構化解題步驟 (C-D-TV-1000414-1-1-24:53-30:09)，如圖 3，並讓學生練習不同的題型 (C-D-TV-1000414-1-2-00:00-14:30)。因為他知道這是學生學習困難之處，涉及化學符號和微觀粒子的連結，所以教學時他以一些二元酸、一元鹼的酸鹼中和題目來練習和說明 (C-I-1010826-9-1-3)，例如用 H₂SO₄ + Ca(OH)₂。

5. 講述重點

在第 4 節，D 老師教鹽類的內容時多以講述教學，多直接帶學生看課本圖片、內容，

並勾畫重點 (C-D-TV-1000414-2-1-15:25-24:01) 和套入通式判斷鹽類酸鹼性 (C-D-TV-1000414-2-1-24:05-30:10)。這是因為他認為這些知識屬於記憶性知識，不需要特別講解，只需要介紹和畫重點即可。

由上可知，D 老師的教學策略和表徵多以模型、圖形、示範實驗、實例為焦點，穿插以解釋、提問、學生上台實作、解題來組合成教學活動，其展現和原因如表 10。

(五) 評量知識

D 老師在評量知識的教學要素有形成性評量和診斷性評量。

1. 形成性評量

(1) 師生互動，教師引導提問讓學生回答

D 老師在第 1 節以提問和引導讓學生區分原子和離子的差異

表 10：教學策略和表徵的展現和原因

展現	原因
使用模型和圖形解釋粒子性質和交互作用	學生難理解化學符號的意義，需將符號圖像化，以圖形和模型來解釋
示範指示劑變色與酸鹼度關係、酸鹼中和、操作滴定管	先避開讓學生直接面對抽象的酸鹼中和理論
實作練習滴定管的操作	實驗結果的準確性
以圖解和實例來解釋如何解題	學生學習困難
講述鹽類知識的重點	記憶性知識，不需要特別講解

(C-D-TV-1000411-1-1-03:29-06:59) 和指示劑變色的性質和意義 (C-D-TV-1000411-1-2-01:01-02:07)。

D：這兩瓶是今天早上泡的，一個是鹽酸，一個是氫氧化鈉，你怎麼區別？有幾種方法可以知道？

S1：用喝的(全班大笑)。

D：還有呢？

S2：加指示劑。

D：加甚麼指示劑？

S2：加酚紅。

S3：我要加酚酞。

D：加了酚紅之後呢？

S2：會變不一樣顏色。

D：還有其他方法嗎？

S4：用廣用試紙，紅橙黃是酸性的，藍紫是鹼性的。

D：我想知道哪一個是鹽酸和氫氧化鈉，怎麼辦？

S4：用試紙試會變成紅色的就是鹽酸。

(D-TV-1000411-1-2-01:01-02:07)

(2) 學生討論，完成模型實作
在第 2 節課，D 老師想知道學生是否理解由

化學反應式推導出離子反應式，他在黑板上寫下 $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ，指定 2 位男生上台合作先完成化學反應式，再以離子模型來組合出參與反應的粒子，在學生成功後，全班給予掌聲 (C-D-TV-1000412-1-2-00:00-02:29)。

(3) 學生實作題目之後，師生再互動探討
在第 3 節課，他先示範解題後，將鹽酸改成硫酸和硝酸，其他條件不變，要求學生算算看 (C-D-TV-1000414-1-2-00:54-02:10)，之後，師生互動探討差異的原因 (C-D-TV-1000414-1-2-02:16-02:37)。

D：答案有一樣嗎？

S1：當然不一樣。

D：why? 硫酸和硝酸差在哪裡？

S2：硫酸是 H two，硝酸是一個 H。

D：所以這是我們講的一元酸和二元酸。當你做酸鹼中和題目時候，第一步要先看題目給的是什麼酸鹼。
(D-TV-1000414-1-2-02:16-02:37)

2. 診斷性評量：紙筆測驗

D 老師在教完本單元的第 4 天，用紙筆測驗進行診斷性評量，他以結果判斷全班學習狀況 (C-I-1010826-12-13-14)，「我從小考的對錯情形來判斷，用小卷，收回來，我會一張

表 11：評量的時機、方式和原因

型式	作為	原因
形成性評量	師生互動，教師引導提問讓學生回答	讓學生有參與感
	學生討論，完成模型實作	讓學生有參與感
	學生實作題目之後，師生再互動探討	讓學生有參與感
診斷性評量	紙筆測驗	判斷全班的理解

張的看，抓一些題目起來，看看錯的比例如何，再修正複習時要講的重點」(I-1010826-12-17-18)。D 老師認為只有教到某段落之後，實施評量才能從結果來判斷全班理解的狀況 (C-I-1010826-12-27-28)。

D 老師的評量型式、作為和目的，整理如表 11；雖然呈現多元化評量，但是他認為只有紙筆測驗可以診斷全班理解狀況；而提問或上台實作目的是讓學生有參與感 (C-I-1010826-12-31-34)，主要都是概念性或簡單化的問題，盡量避免計算題或較難的題目，因為二年級學生的理解程度不足，上台實作常常不會作，變成浪費時間 (C-I-1010826-13-11-16)。

綜合上述，D 老師在本單元教學展現的 PCK 面向類別和內涵，如表 12。由展現面向的內涵可勾勒出 D 老師的教學圖像：以學生為中心的建構教學取向，重視學生學習疑難和學習態度，豐富的課程知識，以模型、圖形、示範、提問等表徵串成教學活動，並在師生互動、學生討論和實作過程評量學生理解和提升參與學習。另外，在本研究中，發現 PCK 展現面向的一些教學要素是過去文獻沒有發現的：(1) 教學取向中的實驗教學觀，(2) 關於學生學習科學的知識中的學習態度，包括學生不會主動複習和學生誤認數學不好會導致科學也學不好的想法。

二、個案教師酸鹼中和單元 PCK 展現面向之間的關係

本節從每段教材知識的教學作為和其他資料交叉比較以理解教學理由，由此分析其 PCK 展現面向和教學要素，並澄清面向之間的關係。結果發現教學中展現 PCK 面向的關係共有三種，分述如下：

(一) 展現完整 PCK 面向，且密切連結

D 老師在「從離子出發，探討酸鹼物質、化學式和解離後的粒子關係」、「酸鹼中和時，指示劑隨酸鹼度而變色」、「酸鹼中和通式：酸 + 鹼 → 鹽類 + 水 + 熱，參與反應粒子是 H^+ 和 OH^- ，所以應該以離子反應式 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ 來表示粒子交互作用」、「以酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數的關係作為酸鹼中和的解題策略」、「使用滴定管的技巧和判斷終點的準則很重要，決定實驗結果的準確性」教材知識的教學，都展現五個 PCK 面向，且各面向之間連結緊密。

以「從離子出發，探討酸鹼物質、化學式和解離後的粒子關係」教材知識為例說明展現 PCK 面向的關係。D 老師以提問複習原子、離子、電解質，讓學生理解三者關係 (C-D-TV-1000411-1-1-03:53-28:34)，先畫拉塞福原子模型，透過提問，引導學生區分原子和離子的差異 (D-TV-1000411-1-1-03:29-

表 12：D 老師 PCK 展現面向的教學要素類別、內涵和緣由

教學要素	類別	內涵	緣由
展現面向			
教學取向	教學目的和目標	培養解決問題和思考能力以應付未來生活	以前的學習經驗
	科學教學的本質	教學要有趣使學生參與，以圖像表徵概念的抽象性，讓微觀世界更具體	物理專業觀點 學生理解科學的途徑
	教師角色	引導者	引導學生思考和統整概念
	理想教學圖像	先討論酸鹼中和和生活實例，再探索抽象理論，再作實驗	學生由現象理解概念，不會直接面對抽象理論
	實驗教學	以實驗證明理論的正確	用實驗驗證理論產生學習意義
	單元學習目標	理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性	課程位置是統整概念
關於學生理解科學的知識	學習策略	學生需要自己思考和統整已學過相關概念	酸鹼中和統整許多先備知識
		學習酸鹼中和要從觀察巨觀現象到推理粒子作用	學習科學過程由巨觀到微觀，從觀察反應現象到推理粒子作用
	學習疑難	誤認「原子變離子之後，質子數和中子數、質量數會改變」	教學經驗
		誤認「鹽就是食鹽，呈中性且是白色」	教學經驗
		誤認「反應式係數比 = 反應物和生成物的質量比」	教學經驗
		誤認「終點時，酚酞顏色必須深紅色」	過去的學習經驗
		不清楚酸鹼解離的離子種類和數目的關係	教學經驗
		不會解題酸鹼中和計量	N
	學習態度	學習習慣：多數學生不會主動複習	教學經驗
		自我效能：數學不好，理化也學不好	教學經驗
課程知識	課程位置	橫向和電解質解離、離子、酸鹼性質、體積莫耳濃度、指示劑有關，縱向和莫耳數、化學反應式、原子、離子有關，也是電化學電	教科書的課程內容

教學目標	認識酸鹼中和與離子反應式	課程位置
	了解酸鹼中和的巨觀與微觀關係，探討指示劑變色性質。	課程位置
	以反應式係數、已知濃度、體積，推測未知濃度，就是酸鹼中和計算能力	課程位置
	了解鹽類定義與認識生活常見鹽類	課程位置
教材知識	從離子出發，探討酸鹼物質、化學式和解離的粒子關係	1.理解酸鹼中和的物質變化，須從離子觀點理解微觀粒子交互作用 2.不清楚酸鹼解離的離子種類和數目關係，影響解題能力
	酸鹼中和時，指示劑隨酸鹼度而變色	酸鹼中和理論難懂，避免介紹理論，先觀察指示劑變色性質
	酸鹼中和通式：酸 + 鹼 → 鹽類 + 水 + 熱，參與反應粒子是 H^+ 和 OH^- ，應該以離子反應式 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ 來表示粒子交互作用	推導離子反應式的過程，可理解酸鹼如何解離和反應，提升解題能力
	酚酞變色就是終點，也是酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數 (註：此關係應在當量點時才會成立)	以此關係作為解題策略，引導思考離子個數和莫耳數的換算邏輯
	酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數的關係作為酸鹼中和的解題策略	1.引導從離子觀點看酸鹼反應現象，所以用離子反應式解題。 2.連結化學計量與莫耳濃度的計算，複習濃度、體積、分子數、離子數概念，訓練組織推理能力
	使用滴定管的技巧和判斷終點的準則很重要，決定實驗結果的準確性	以實驗準確性印證理論，所以實驗技能很重要
	鹽類通式、常見鹽類的性質、判斷鹽類酸鹼性的通則和常見的迷思概念	學生須認識生活中鹽類的用途

教學策略和表徵知識	使用模型和圖形	用離子模型組合電解質粒子和引導出離子反應式，並用模型和圖形說明滴定时參與離子的數目消長關係	學生難理解化學式的抽象意義，所以需將符號圖像化，以圖形和模型來解釋
	示範實驗	示範指示劑與酸鹼度的實驗、示範酸鹼中和的實驗、示範操作滴定管	避免學生面對抽象的酸鹼中和理論
	實作練習	學生練習操作滴定管	實驗結果的準確性
	圖解和實例	以實例圖解如何解出酸鹼中和題目	學生的學習困難
評量的知識	講述	帶學生看課本圖片、內容，並勾畫重點	記憶性知識，不需要特別講解
	形成性	師生互動，教師引導提問讓學生回答 學生討論，完成模型實作	讓學生有參與感 讓學生有參與感
		學生實作題目之後，師生再互動探討	讓學生有參與感
	診斷性	紙筆測驗	判斷全班的理解

06:59)；再寫出電解質名稱和相關的離子，並貼上對應模型；之後，請學生排出電解質粒子的組合模型(C-D-TV-1000411-1-1-19:50-21:38)；他再使用組合模型推理電解質化學式(C-D-TV-1000411-1-1-19:53-22:40)；接著再提問什麼是電解質，D 老師整理學生回應後，以組合模型說明電解質如何解離和解離出離子種類和數目關係(C-D-TV-1000411-1-1-22:51-26:04)。

上述的教學內容包含原子、離子、電解質的關係、電解質的化學式和解離出離子種類和數目關係，這些內容和單元學習目標「能理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性」、教學疑難的「不清楚酸鹼解離後的離子種類和數目的關係」和「誤認原子變離子之後，質子數和中子數、質量數會改變」有關聯。由此可知，單元學習目標和教學疑難影響教材知識的選擇；也就是教

學取向和關於學生學習科學的知識影響課程知識。除此，由表 12 可知單元學習目標是受到課程位置的影響，而單元學習目標也影響教材知識；所以教學取向和課程知識相互影響。另外，教學疑難「不清楚酸鹼解離的離子種類和數目的關係」和單元學習目標有關聯，可推論單元學習目標影響 D 老師關注這教學疑難；所以，教學取向影響關於學生學習科學的知識。

爲了呈現酸鹼物質的巨觀、微觀、符號的關係，因此他使用模型和圖形讓學生「看見」這關係，所以教材知識和教學疑難影響教學策略和表徵。另外，以模型和圖形展示，並以提問來引導思考；這是基於科學教學的目的和目標「培養學生遇到問題後能獨立思考和解決能力」和科學教學本質「以圖像來表徵概念的抽象性，讓微觀世界更具體」以及「引導者」角色以引導學生思考和統整相關概念達成酸鹼中和的理解。由上述可知，

教學取向、課程知識、關於學生學習科學的知識影響教學策略和表徵。

他畫原子模型提問學生，從回答來判斷是否理解原子和離子差異(D-TV-1000411-1-1-03:29-06:59)，並要學生用離子模型組合電解質粒子以判斷是否理解巨觀、符號和微觀的關係(C-D-TV-1000411-1-1-18:35-21:25)。由此可知，評量內容聚焦教材知識「酸鹼物質、化學式和解離後的粒子關係」和教學疑難「不清楚酸鹼解離的離子種類和數目的關係」；評量方式融入使用模型和圖形的教學策略和表徵中；且營造師生互動有趣，學生參與的氛圍，顯然受到教學取向「教學要有趣使學生參與」的影響。所以，課程知識、關於學生學習科學的知識、教學策略和表徵，以及教學取向影響評量知識。

具體而言，其 PCK 面向的關係如下：(1) 各面向之間存有多重因果的影響，除了教學取向和課程知識之間有相互影響的關係，其他都是單向影響，例如課程知識被教學取向

和關於學生學習科學的知識所影響；(2) 教學取向影響所有其他面向，其學習目標被課程知識的課程位置所影響；(3) 關於學生學習科學的知識受教學取向的影響，也影響課程、教學策略和表徵、評量知識；(4) 教學策略和表徵知識受教學取向、關於學生學習科學的知識、課程知識所影響，也影響評量知識；(5) 形成性評量受到所有其他面向知識的影響，形成其評量焦點、方式和目的。圖 4 表示其教學展現完整 PCK 面向，且密切連結；其中，實線和虛線單箭頭指出單向影響關係，虛線表示平面下存有連結關係；線段連結該面向的教學要素。

(二) PCK 面向不完整，且連結密切

在「酚酞變色就是終點，也是酸提供 H^+ 數 = 鹼提供 OH^- 數」(註：此關係應在當量點時才會成立) 教材知識的教學，D 老師結合酸鹼物質、化學式和解離粒子關係、指示劑變色性質、離子反應式 $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ 的粒子交互作用觀點，和終點時酸提供 H^+ 數與鹼提供 OH^- 數的關係。這些教學內容關

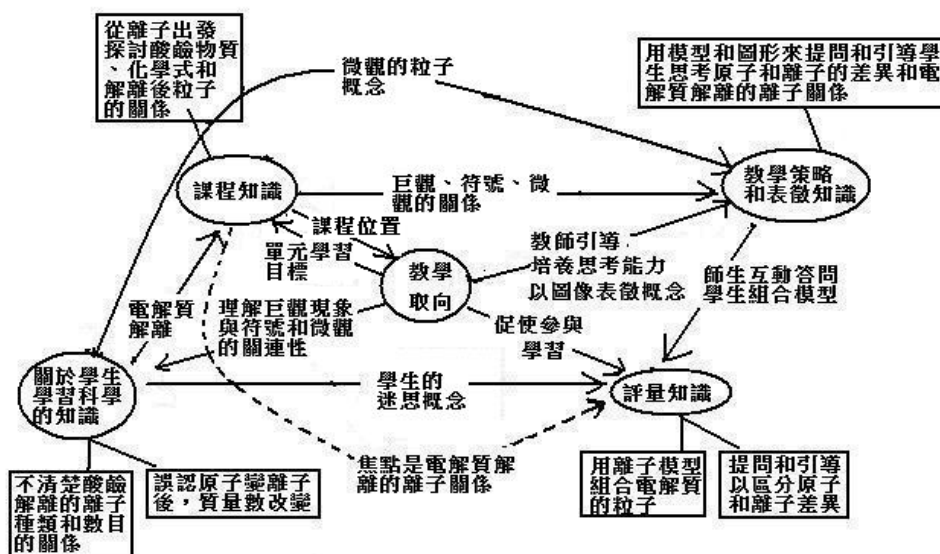


圖 4：展現完整 PCK 面向且關係密切連結

聯著單元學習目標「能理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性」和教學疑難「不清楚酸鹼解離的離子種類和數目的關係」；由此可知，教學取向和關於學生學習科學的知識影響課程知識。除此，由表 12 可知課程位置影響單元學習目標；而單元學習目標也影響教材知識，因此教學取向和課程知識相互影響。另外，上述教學疑難和單元學習目標也有關聯，可推論單元學習目標影響 D 老師關注這教學疑難；所以，教學取向影響關於學生學習科學的知識。

為了解釋在終點時酸鹼解離的粒子交互作用關係，這關係涉及上述教材知識和教學疑難，他畫滴定管和燒杯圖形來說明酸鹼中和的滴定目的、原理和終點判斷 (C-D-TV-1000414-1-1-09:50-11:50)，以模型說明中和時參與離子的數目消長 (C-D-TV-1000414-1-1-11:42-25:02)。由此可知，為了解釋教材知識和教學疑難的粒子交互作用關係，又基於教學取向的科學教學本質「盡量以圖像來表徵概念的抽象性，讓微

觀世界更具體」，使他選擇以模型和圖形來解釋。所以，課程知識、關於學生學習科學的知識和教學取向影響教學策略和表徵。另外，教學過程沒有展現出評量知識的教學要素，因為教學內容涉及計算，難度較大，而 D 老師認為形成性評量適用在概念性或簡單化的問題，所以沒有展現評量實務。

具體而言，其 PCK 面向的關係如下：(1) 各面向之間存有多重因果的影響，除了教學取向和課程知識之間有相互影響的關係，其他都是單向影響；(2) 教學取向影響所有其他面向，其單元學習目標被課程知識的課程位置所影響；(3) 關於學生學習科學的知識受教學取向的影響，也影響課程、教學策略和表徵的知識；(4) 教學策略和表徵知識受其他展現面向知識的影響。圖 5 表示其教學展現 PCK 面向不完整，但是展現面向之間連結緊密；其中的實線和虛線的單箭頭指出單向影響關係，虛線表示平面下存有連結關係；線段連結該面向內涵的教學要素。

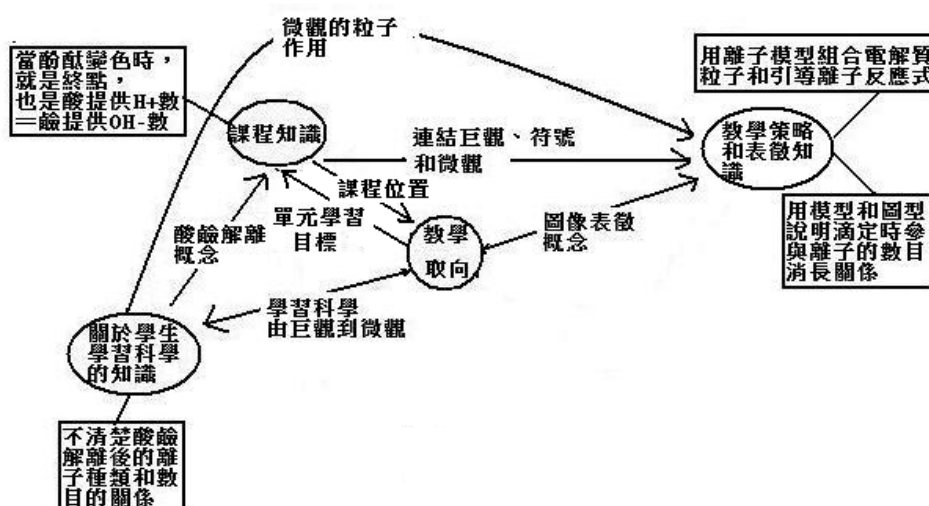


圖 5：展現不完整的 PCK 面向且關係連結密切

(三) PCK 面向完整，且連結疏離

D 老師的「鹽類通式、常見鹽類的性質、判斷鹽類酸鹼性的通則和常見的迷思概念」教材知識內涵有兩部分：常見鹽類的化學式、性質、生活應用，和鹽類顏色和水溶液酸鹼性；兩者涉及單元學習目標「能理解化學反應的巨觀現象與化學反應式和微觀離子的關連性」，且和教學疑難「誤認鹽就是食鹽，所以呈中性且是白色」有關。由此可知，教學取向和關於學生學習科學的知識影響課程知識。另外，除此，由表 12 可知單元學習目標受到課程位置的影響，而單元學習目標也影響教材知識；所以教學取向和課程知識相互影響。

為了讓學生能認識常見鹽類的化學式、性質、生活應用，和鹽類顏色和水溶液酸鹼性，他多以講述介紹，帶學生看課本圖片和解釋內容，畫重點，例如碳酸鈉和碳酸氫鈉的性質比較 (C-D-TV-1000414-2-1-15:25-24:01)，套入通式判斷鹽類酸鹼性 (C-D-TV-1000414-2-1-24:05-30:10)，有部分以引導問答讓學生回憶和比較鹽類顏色 (C-D-TV-1000414-2-2-03:24-06:05)。D 老師

認為這些知識屬於記憶性知識，不需要講解，只要介紹和畫重點即可 (C-I-1010826-1-27-34)；此類教學策略和表徵和教學取向並沒有關聯，但是受上述教學疑難和記憶性教材知識特性的影響，所以，關於學生學習科學的知識和課程知識影響教學策略和表徵。

他以問答方式讓學生回憶和比較鹽類顏色，並從回應中判斷學生是否確認鹽類不一定是白色 (C-D-TV-1000414-2-2-03:24-06:05)，並營造學生參與的情境 (C-I-1010826-12-31-34)。由此可知，教學疑難「誤認鹽就是食鹽，所以呈中性且是白色」影響評量內容；互動問答的教學策略和表徵影響評量方式；而師生互動降低講述教學的沉悶氛圍，顯然受到教學取向「教學要有趣使學生參與」影響。

具體而言，其 PCK 面向的關係如下：(1) 各面向之間存有多重因果的影響，除了教學取向和課程知識之間相互影響，其他都是單向影響；(2) 教學取向影響課程知識和評量知識，其學習目標被課程知識的課程位置所影響，不影響教學策略和表徵知識；(3) 關於學生學習科學的知識影響課程、教學策略

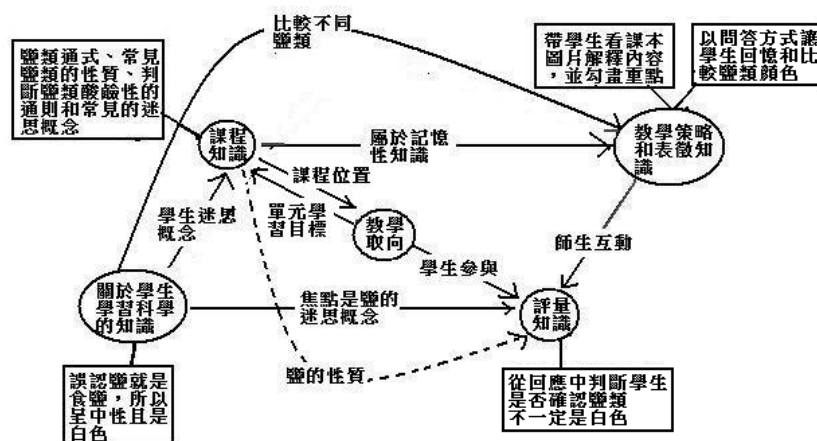


圖 6：展現完整 PCK 面向，關係卻是連結疏離

和表徵和評量的知識，卻不受教學取向的影響；(4) 教學策略和表徵知識受課程知識和關於學生學習科學的知識的影響，也影響評量知識，卻不受教學取向的影響；(5) 評量知識受到所有其他面向知識影響。圖 6 表示其教學展現完整 PCK 面向卻連結疏離的關係；其中實線和虛線的單箭頭指出單向影響關係，虛線表示平面下存有連結關係；線段連結該面向的教學要素。此結果對照 D 老師採取講述和畫重點的教學，呈現出這是其 PCK 薄弱的地方。

伍、結論和建議

本文以酸鹼中和單元的教學為例，探討個案教師教學展現的 PCK，希望有助於瞭解科學教師 PCK 面向的內涵和關係。底下綜述本研究的結論和建議。

一、結論

針對個案教師在酸鹼中和教學展現 PCK 面向的教學要素和關係，本研究的結論如下：

(一) 教學中 PCK 展現各面向內涵有多元化教學要素，整體展現出以學生為中心的建構教學取向；其面向的完整性和內涵呈現變動性，且面向之間多呈現因果關係的單向影響。

個案教師的教學隨著不同教材，統整的教學取向、關於學生學習科學的知識、課程知識、教學策略和表徵知識、評量知識的內涵也有差異，所展現 PCK 面向的完整程度和內涵呈現變動性；整體呈現出以學生為中心的建構教學取向，各面向內涵具有多元化教學要素。

另外，其 PCK 展現的各面向教學要素決定面向之間的連結關係，整體展現的面向關係如圖 7，顯示除了教學取向和課程知識呈現相互影響之外，其他連結多以因果關係的單向影響；此結果不同於 Park 與 Oliver (2008) 研究顯示資深教師教學中 PCK 面向是相互影響的觀點。

(二) 形成性評量實務和課程、教學、學習緊密結合，且受到所有其他面向知識的影響而呈現緊張關係

個案教師實施形成性評量的形式融入教學活動，其內容聚焦在教材知識和教學疑難，其目的受到教學取向影響；甚至，基於教材知識的難度，個案教師沒有展現形成性評量，例如終點時以酸提供 H^+ 數與鹼提供 OH^- 數的計量關係的學習難度很大，因此沒有使用形成性評量。一些文獻顯示評量和科學教學取向有關聯性(張世忠等人, 2012 ; Duffee & Aikenhead, 1992; Briscoe, 1993) ，本研究顯示個案教師的評量實務和課程、教

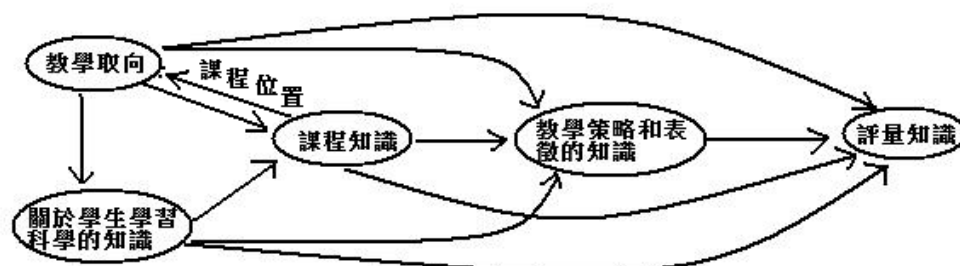


圖 7：教學中的 PCK 面向的影響關係

學、學習緊密結合，相互倚賴而呈現緊張關係。

(三) 關於學生學習科學的知識深厚的影響 PCK 面向知識的統整

個案教師的關於學生學習科學的知識內涵有學習策略、學生學習疑難和學習態度；其中，學生學習疑難和學習態度影響 PCK 統整的層次僅次於教學取向，前者包括迷思概念和學習困難，後者包括學習習慣和自我效能；這些教學要素持續影響其他面向教學要素包括教材知識的選擇、教學表徵的運用、評量的焦點。此發現呼應 Hashweh (1985) 和 Clermont 等人 (1994) 研究結果指出當教師知道學生疑難時，會提出對應的教學作為。

二、建議

依據上述結論，本研究對科學師資培育、教師教學和專業成長活動提出一些建議：

(一) 研究發現關於學生學習科學的知識深厚的影響個案教師 PCK 面向知識的統整，教材知識的性質影響 PCK 面向內涵和連結關係；因此建議師資培育和在職教師專業成長活動考慮由理解關於學生學習科學的知識和教材知識開始，漸次探索對應的教學策略和表徵以及評量，以期提升教師教學知能。

(二) 本研究的個案為物理學科背景的初任教師，後續應可針對物理學科背景的資深教師或化學學科背景的初任、資深教師進行類似研究，以澄清 PCK 的面向的內涵以及這些面向之間的關聯。

致謝

本研究感謝國科會經費補助。更特別感謝參與本研究的個案老師和其他兩位資深老師。

參考文獻

1. 李詩閔(2001)：以微量實驗裝置的教學活動探討學生對酸鹼概念的學習情況。國立臺灣師範大學化學研究所碩士論文(未出版)。
2. 張世忠、蔡孟芳、陳鶴元 (2012)：國中科學教師的學科教學知識與科學教學導向之探討。科學教育學刊，20(5)，413-433。
3. 陳姍姍(1993)：研究者國國三學生酸鹼概念之研究。台灣師範大學化學研究所碩士論文(未出版)。
4. 游清福(2007)：POE教學策略探究國小學童酸鹼概念改變之研究-以台北縣偏遠濱海地區為例。臺北市立教育大學自然科學教育學系碩士論文(未出版)。
5. 黃瑞琴(1991)：質的教育研究方法。台北：心理。
6. 潘淑滿 (2003)：質性研究理論與應用。台北：心理。
7. Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
8. Berry, A., Loughrana, J., & Driel, J. H. V. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1271-1279.
9. Boz, Y. (2009). Turkish Prospective Chemistry Teachers' Alternative Conceptions about Acids and Bases. *School Science and Mathematics*, 109(4), 12-22.
10. Briscoe, C. (1993). Using cognitive referents in making sense of teaching: A chemistry teacher's struggle to change

- assessment practices. *Journal of Research in Science Teaching* 30(8), 971-987
11. Clermont, C. P., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1994). Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 419-441.
 12. Cohen, R. & Yarden, A. (2009). Experienced junior-high-school teachers' PCK in light of a curriculum change: "The cell is to be studied longitudinally." *Research in Science Education*, 39, 131-155.
 13. Cronin-Jones, L. L. (1991). Science teacher beliefs and their influence on curriculum implementation: Two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 235-250.
 14. Davis, E. A. (2003). Knowledge integration in science teaching: Analysing teachers' knowledge development. *Research in Science Education*, 34, 21-53.
 15. Demircioglu, G., Ayas, A., & Demircioglu, H. (2005). Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases. *Chemistry Education: Research and Practice*, 6, 36-51.
 16. Drechsler, M. & Van Driel, J. (2008). Experienced Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Teaching Acid-base Chemistry. *Research in Science*, 38, 611-631.
 17. Duffee, L. & Aikenhead, G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76(5), 493-506
 18. Friedrichsen, P. M. & Dana, T. M. (2005). Substantive-level theory of highly regarded secondary biology teachers' science teaching orientations. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 218-244.
 19. Furio, C., Vilches, A., Guisasola, J. & Romo, V. (2002). Spanish teachers' views of the goals of science education in secondary education. *Research in Science and Technological Education*, 20, 936-960.
 20. Furio-Mas, C., Calatayud, L. M., Guisasola, J. & Furio-Gomez, C. (2005). How are the concepts and theories of acid base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers. *International Journal of Science Education*, 27, 1337-1358.
 21. Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: The Teachers College Press.
 22. Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11, 273-292.
 23. Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education : potential and perspectives for progress. *Studies in science education*, 45 (2), 169-204.
 24. Lin, J. W., Chiu, M. H., & Liang, J. C. (2004). *Exploring mental models and causes of students' misconceptions in acids and bases*. Paper presented at the NARST 2004, Vancouver, Canada.

25. Loughran, J. J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 370-391.
26. Lotter, C., Harwood, W. S., & Bonner, J. J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 1318-1347.
27. Magnusson, S., Krajacik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of PCK for science teaching (pp. 95-127). In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (eds.), *Examining PCK: The construct and its implications for science education*. Boston: Kluwer Academic Press.
28. Park, S. & Oliver, S. J. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284.
29. Ruiz-Primo, M. A. & Furtak, E. M. (2006). Informal formative assessment and scientific inquiry: Exploring teachers' practices and student learning. *Educational Assessment*, 11, 205-235.
30. Samuelowicz, K. & Bain, J. D. (2001). Revisiting academics' beliefs about teaching and learning. *Higher Education*, 41, 299-325.
31. Schneider, R. M. & Plasman, K. (2011). Science Teacher Learning Progressions: A Review of Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Development. *Review of Educational Research*, 81(4), 530-565.
32. Schmidt, H. J. (1991). A label as a hidden persuader: Chemists' neutralization concept. *International Journal of Science Education*, 13(4), 459-471.
33. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
34. Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
35. Smith, D. C. & Neale, D. C. (1989). The Construction of Subject Matter Knowledge in Primary Science Teaching. *Teaching & Teacher Education*, 5(1), 1-20.
36. Tamir, P. (1988). The relationship between cognitive preferences, student background and achievement in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(3), 201-216.
37. Tobin, K. G. & Espinet, M. (1989). Impediments to change: Applications of coaching in high school science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), 105-120.
38. Wallace, C. S. & Kang, N. H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 936-960.

A Study on the Pedagogical Content Knowledge of a Novice Physical Science Teacher: Using the Acid-base Neutralization as an Example

Ping-Tun Huang¹ Chorng-Jee Guo² Li-Ling Chao³ Huey-Por Chang⁴

¹Taichung Municipal Siang Shang Junior High School

²National Changhua University of Education

³National Changhua University of Education

⁴The Open University of Kaohsiung

Abstract

A review of literature indicated that science teacher's pedagogical content knowledge (PCK) can be demonstrated in teaching practice along many dimensions, including knowledge of: teaching orientations, students' understanding of scientific knowledge, curriculum, instructional representations and strategies, and assessment. However, the interrelationships between these dimensions have not been thoroughly explored yet. Focusing on the teaching of a unit on acid-base neutralization, this study aimed to explore the contents of a teacher's PCK as it unfolded in teaching practice along the dimensions mentioned above. Interrelationships among contents in these dimensions were also investigated. Case study method was adopted in this study, with a range of data collected from transcripts of stimulated interviews and sound recordings of meetings, drafts of teaching plans, teacher's journal, researcher field notes, and transcripts of classroom videos. Analysis of data went through a series of steps, starting from analysis of collected data, to formation of concepts, categories, instructional elements, and finally to the formulation of research claims. The findings were triangulated by taking into account different data sources, data collection methods, and the perspectives of researchers. Research results included the instructional elements of the case teacher's PCK along different dimensions, their characteristics, and their interrelationships. Finally, this study made a number of recommendations for practice and research.

Key words: Novice teacher, Pedagogical content knowledge, Acid-base neutralization