

# 《臺灣化學教育》慶祝十週年專刊： 以科學建模為主題的文章分析

鐘建坪

新北市立錦和高級中學國中部

[hexaphyrins@yahoo.com.tw](mailto:hexaphyrins@yahoo.com.tw)

## ■ 前言

《臺灣化學教育》即將迎來第十年發行的里程碑。由邱美虹、楊水平、周金城三位教授提出創刊構想，認為臺灣需要具有銜接國際與在地化的實務型化學教育領域期刊，讓第一線教師能夠運用。經過多方邀請專欄編輯委員，與籌備共識會議後，由邱美虹教授擔任主編、楊水平教授擔任執行編輯、周金城教授負責網站建置，並與多位教授與中學教師擔任專欄編輯委員的努力之下，《臺灣化學教育》在 2014 年 5 月 4 日發行第一期內容（臺灣化學教育，2024）。這個重要的里程碑標誌著臺灣在化學教育領域的持續發展和成就，為第一線教師提供了豐富與多元的學習機會，同時也嘗試推動化學教學方法和課程的創新。

期刊內容分析是一種深入瞭解期刊內容和發展方向的方法。透過對期刊中發表的文章、研究主題、作者和引用的細緻分析，可以揭櫫期刊在特定領域的關注重點、主題趨勢和未來發展方向（Krippendorff, 2003）。《臺灣化學教育》設定的讀者群主要是中、小學教師，文章屬性偏向實務性為主，因此針對 10 年來所發表的文章進行內容分析，可以協助編輯委員會發現多年來期刊發行的專欄主題有哪些，哪些議題引起了讀者的關注，讓編輯群掌握期刊的定位和發展方向，從而制定更有效的編輯和出版策略。

科學建模 ( modeling ) 是一項重要且值得探討的主題。科學建模透過建立模型來模擬現實世界中的系統或現象，幫助科學家理解和解釋自然規律。這不僅有助於推動科學研究的進展，還能應用於解決現實世界的問題。科學教師應具備相關建模教學的技巧，以協助學生掌握科學建模的歷程，才能學生發展科學模型與培養建模能力。

108 課綱的實施也將科學建模納入不同學習階段的科學學習之中。自然領綱強調學生應該透過實際操作和模型建構，來探究自然現象和科學問題，並提倡學生運用模型來解釋和預

測現象，進而培養學生批判思考和解決問題的能力（國家教育研究院，2018）。

有鑒於此，《臺灣化學教育》發行 10 周年，出版 54 期之際，本文針對第 1 至 54 期的所有文章主題，探討其關於科學模型與建模的文章內容、作者分布，以及讀者瀏覽量等內容，以期發現哪些科學建模內容受到讀者青睞，以供期刊未來發展參酌。

## ■ 科學建模

科學家針對自然現象歷經發現問題、搜集資料、提出研究問題、確認變因關係、擬定研究計畫、著手收集數據、分析數據、找出數據關係、建立科學模型等歷程即為科學建模歷程。科學教育學者期望學生能夠經歷類似科學家建構科學模型的歷程，因此衍生出相關的教學策略即屬於建模教學。

建模教學是科學教育領域中的一個重要主題，旨在幫助學生掌握建模能力，使他們能夠運用科學知識和技能來解決現實世界中的問題。建模教學通常具備幾個關鍵步驟，包括發展模型、精緻模型、遷移模型和重建模型。這些步驟有助於學生理解模型與建模的重要性，並提供了一個結構化的方法來培養他們的科學建模能力（鐘建坪，2021; Chiu & Lin, 2019; Jong et al., 2015; Upmeier zu Belzen et al., 2019）。

首先，發展模型階段。這個階段，學生將學習如何識別和理解問題，並開始建立一個初始模型來描述問題的各個方面（Halloun, 1996）。教師通常會提供一些指導，幫助學生確定問題的關鍵因素，並開始初始建造他們的模型，以確認模型內部物件之間的關聯性（邱美虹，2016a；Chiu & Lin, 2019；Jong et al., 2015）。

接著是精緻模型階段。在此階段，學生透過更多的細節和深度，來精緻初始建構的模型，例如：思考所建構的模型與其他原理是否相牴觸（Jong et al., 2015）。學生藉由學習如何評估和修改他們的模型，以確保所建構模型的準確性和有效性（邱美虹，2016a；Chiu & Lin, 2019；Krell & Krüger, 2015）。

遷移模型是建模教學的第三階段，在此階段旨在幫助學生將他們的模型應用到不同的情境中。在此過程，學生將學會將他們的科學模應用於解決各種不同的問題，並學會如何適應和調整他們的模型以滿足新的情境要求（邱美虹，2016a；Chiu & Lin, 2019；Halloun, 1996）。

若模型遷移失效，則需要進行修正與重建模型。在此階段，學生將反思他們的建模過程，並透過對模型的重新檢視和修改來改進它（邱美虹，2016a；Chiu & Lin, 2019；Jong et al., 2015；

Upmeier zu Belzen et al., 2019)。這可能涉及到與同伴的合作和討論，以及對模型的進一步研究和評估。通過這個過程，學生不僅可以改進他們的模型，還可以更深入地理解科學模型是可錯且不斷修正與精緻的歷程（張志康、邱美虹，2009；Doloksaribu & Triwiyono, 2021）。

## ■ 建模文章標題

本文作者考量科學建模歷程包含科學模型與其建構歷程，因此文章標題除了納入建模與建模教學之外，亦將以模型進行教學的文章納入計算。以 2024 年 3 月 9 日為計算日，《臺灣化學教育》網站從第 1 期逐步搜尋至第 54 期，若文章區分為上、中、下或上、下，則視為同一篇，瀏覽次數以其平均值計算。表 1 呈現 54 期中出現建模或是模型教學的文章標題、作者，以及網頁呈現的瀏覽次數。

目前文章標題具備模型與建模者共有 20 篇，時間分佈從 2014 年第 2 期至 2021 年第 44 期，其中因為第 11 期專欄主題即設定為科學模型與建模，共收錄 9 篇文章，占比達 45.0%。而近 3 年的 10 期內尚未有以科學模型與建模為主題的文章出版。從楊水平 (2024) 針對《臺灣化學教育》文章標題的關鍵詞分析顯示探究一詞出現的次數約莫是建模一詞的 3.6 倍。顯現相較於建模，作者群仍多以探究作為標題進行撰寫。

表 1：2014 至 2024 期間含有模型與建模之文章標題、作者與瀏覽次數

編號	期數	年份	文章標題	作者	瀏覽次數
1	第 2 期	2014	<a href="#">模型本位之合作學習教學模式</a>	鐘建坪	10,020
2	第 4 期	2014	<a href="#">超越純粹概念知識的教學—強調概念與能力的建模教學</a>	鐘建坪	13,359
3	第 10 期	2015	<a href="#">翻轉教室—多重表徵的模型教學</a>	鍾曉蘭	18,931
4	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：科學素養中的模型認知與建模能力</a>	邱美虹	30,065
5	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：科學模型、科學建模與建模能力</a>	邱美虹	39,432
6	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：臺灣與芬蘭在國中階段原子模型教材之跨國比較</a>	周金城	17,530
7	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：國小教師對普適性科學模</a>	林靜雯	25,232

			<a href="#">型和氣體粒子模型之本質知多少？</a>		
8	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：探討日本東京地區學生之模型本質的認識</a>	宋元惟 邱美虹 鍾曉蘭	16,976
9	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：科學建模文本與其學習成效</a>	鐘建坪	14,422
10	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：科學建模的教學方式</a>	王嘉瑜	29,817
11	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：引導孩子學習與體會釣魚的方法—模型建立與評論的教學設計</a>	洪蓉宜 張欣怡	15,922
12	第 11 期	2016	<a href="#">科學模型與建模：設計建模與多重表徵的模型教學活動以增進高二學生的化學學習—以化學鍵、分子混成軌域、分子形狀與結構為例</a>	鍾曉蘭	17,580
13	第 18 期	2017	<a href="#">再談科學模型與建模—透過科學史認識模型與建模</a>	邱美虹	20,628
14	第 24 期	2018	<a href="#">軟體與平台在中小學化學教學上的應用：質性與量化的視覺化建模工具 - SageModeler 簡介</a>	鐘建坪	8,750
15	第 28 期	2018	<a href="#">科學建模本位的探究教學之教材設計—以化學電池為例</a>	邱美虹 曾茂仁	11,586
16	第 32 期	2019	<a href="#">兩岸化學教育高峰論壇:教師模型、建模內容知識與建模本位教學內容知識之發展</a>	林靜雯	5,481
17	第 32 期	2019	<a href="#">兩岸化學教育高峰論壇:科學建模本位的探究教學對學生化學電池的心智模式改變情形</a>	曾茂仁 邱美虹	4,532
18	第 35 期	2020	<a href="#">哈爾濱兩岸同題異構交流—氯及其反應性的建模教學</a>	鐘建坪	4,956
19	第 40 期	2021	<a href="#">大氣壓力實驗與建模課程</a>	鄭志鵬	8,492
20	第 44 期	2021	<a href="#">高中化學科教材教法專書導讀：第七章 化學建模教學設計—以「原子結構與光譜」為例</a>	劉俊庚	3,552

## ■ 建模文章作者

貢獻以建模為主題的 12 位作者發表之文章累計次數呈現於表 2。其中累計 2 篇文章以上之作者依序為邱美虹、鐘建坪、鍾曉蘭、林靜雯與曾茂仁。五位作者，佔發表人次百分比約為 68.0% ( 17/25 )，佔發表篇數約為 75.0% ( 15/20 )，顯示科學建模為主題發表者多集中於特定投稿者，且所有發表科學建模文章的 12 位作者中，只有 2 位未於第 11 期科學模型與建模主題發表文章。在所有發表人次的計算中，大學教授佔發表人次百分比約為 44.0% ( 11/25 )，具科教博士學位的中學教師佔發表人次百分比約為 36.0% ( 9/25 )，細究所有投稿以科學建模為主題的作者，皆具有與科學教育研究相關碩士以上資歷。

科學模型與建模是目前 108 課綱科學學習的主軸以及科學教育重要的研究主題。因此，《臺灣化學教育》除了能吸引讀者的探究實驗為主題的文章之外 ( 邱美虹等，2024 )，亦需擴展科學模型與建模的相關主題。編輯部可以從國內碩博士論文網或相關期刊的資料庫，找尋科學建模相關研究領域的學者或是具有實務經驗之教師，撰稿分享相關的研究與教學內容。

表 2 建模教學為標題發表累計次數

作者	累積發表次數	作者	累積發表次數
邱美虹	5	張欣怡	1
鐘建坪	5	宋元惟	1
鍾曉蘭	3	洪蓉宜	1
林靜雯	2	曾茂仁	2
周金城	1	鄭志鵬	1
王嘉瑜	1	劉俊庚	1

## ■ 建模文章閱讀

表 1 呈現截至 2024 年 3 月 9 日《臺灣化學教育》第 1 期至第 54 期，具有模型與科學建模之文章標題的網頁瀏覽次數。最早於 2014 年即有編號 1 ( 鐘建坪，2014a ) 投稿之建模文章出現，所有建模相關文章瀏覽次數約莫介於 3,000 至 40,000 次之間，其中最多瀏覽次數前 5 篇依序為編號 5 ( 邱美虹，2016a )、編號 4 ( 邱美虹，2016b )、編號 10 ( 王嘉瑜，2016 )、編號 7 ( 林靜雯，2016 )、編號 13 ( 邱美虹，2017 )。最多瀏覽次數主要集中在 2016 年第 11 期科學模型與建模專刊，主要由大學教授負責撰文，介紹模型與建模的理論、模型本質觀調查與相關的建模教學策略。

若將文章具有上、下之別分開計算瀏覽次數，詳細呈現如何進行模型教學的實務教學文章編號 3 的上篇 (鍾曉蘭, 2015) 約有 26,000 次瀏覽，而編號 12 的上篇 (鍾曉蘭, 2016) 約有 22,000 次。而編號 16 (林靜雯, 2019)、編號 17 (曾茂仁、邱美虹, 2019)、編號 18 (鍾建坪, 2020)、編號 19 (鄭志鵬, 2021)、編號 20 (劉俊庚, 2021) 五篇文章瀏覽次數分別為 5,481、4,532、4,956、8,492、3,552 次。末 5 篇文章可能由於發表時間短，累計瀏覽次數不多，但相較之下以實驗為主進行建模的文章〈大氣壓力實驗與建模課程〉(鄭志鵬, 2021) 的瀏覽次數是其他四篇約莫 2 倍之餘。可能因素推測來自現場教師喜愛以實驗為主的文章 (邱美虹等, 2024)。

## ■ 建模文章內容

表 3 將表 1 的 20 篇文章類型再區分出評介模型與建模理論為主、以建模教學實務為主、兼具建模理論與教學實務、或是傾向建模研究四大類進行分析。以闡述建模理論為主的文章包括：編號 1 (鍾建坪, 2014a)、編號 4 (邱美虹, 2016a)、編號 5 (邱美虹, 2016b)、編號 9 (鍾建坪, 2016)、編號 10 (王嘉瑜, 2016)、編號 13 (邱美虹, 2017)。理論部分主要介紹模型本質、建模歷程、建模能力與相關建模教學策略，例如：邱美虹 (2016a; 2016b) 在文章中介紹模型的意義與其認知階層，透過學生對模型觀點的層級提升，與建模歷程的認知產生影響，進而發展科學建模的能力。另外，邱美虹 (2017) 藉由酸鹼理論的發展確認建模歷程與細部階段，藉由科學史的發展，讓讀者知悉科學建模的尺度與其建構基礎。

表 3 建模教學為標題發表累計次數、瀏覽次數、平均每篇瀏覽次數

文章內容類型	累積發表次數	瀏覽總次數	平均每篇瀏覽次數
建模理論為主	6	144,384	24,064
建模教學實務為主	5	40,867	8,173
傾向建模研究	5	69,751	13,950
兼具建模理論與實務	4	58,709	14,677

傾向建模教學實務的文章包括：標號 2 (鍾曉蘭, 2015)、標號 12 (鍾曉蘭, 2016)、標號 14 (鍾建坪, 2018)、標號 18 (鍾建坪, 2020)、標號 19 (鄭志鵬, 2021)。教學實務的內容部分有以多重表徵基礎的模型教學、以教學實例介紹建模工具、分享兩岸交流時進行的建模教學，以及透過 Arduino 工具設計測量大氣壓力實驗的建模教學。以鍾曉蘭多重表徵模型教學為例，作者以多重表徵作為理論基礎，詳細說明教學目標、教學過程使用的教材與活動內容，並且提供教學前、後學生的學習表現與對教學的評價，整體而言，學生的學習能有所



改善，並且能夠體會不同教學活動的意涵（鍾曉蘭，2015；2016）。

傾向建模研究的文章包括：編號 6（周金城，2016）、編號 7（林靜雯，2016）、編號 8（宋元惟等，2016）、編號 16（林靜雯，2019）、編號 17（曾茂仁、邱美虹，2019）。建模研究的內容涵蓋學生與教師模型本質觀的認識、教師建模教學內容知識的發展、心智模型的轉變，以及針對不同國家原子結構的教科書的差異比較。以宋元惟等人研究日本東京地區學生之模型本質的認識為例，作者發展問卷調查日本東京中學校、高校、文科大三學生，發現對模型認識的觀點趨於相似，但仍隨著年級上升，有較多的學生模型概念發展至較高的層次（宋元惟等，2016）。

傾向兼具建模理論與實務的文章包括：編號 2（鐘建坪，2014b）、編號 11（洪蓉宜、張欣怡，2016）、編號 15（邱美虹、曾茂仁，2018）、編號 17（曾茂仁、邱美虹，2019）、編號 20（劉俊庚，2021）。這些文章兼具理論與教學的主因在於提供理論架構，並且輔以工具使用等實例教學方式進行說明。以邱美虹與曾茂仁以建模本位的探究進行化學電池的教學為例，作者首先說明建模架構，再陳述化學電池與科學建模架構的關聯，藉由建模歷程的教學，嘗試與探究能力進行整合（邱美虹、曾茂仁，2018）。

表 3 亦呈現四種科學建模文章取向的瀏覽次數與平均每篇之瀏覽次數。傾向建模理論平均每篇瀏覽次數最多，約佔 46.0%（144,384/313,711），傾向建模教學實務則最少，約佔 13.0%（40,867/313,711）。傾向建模理論瀏覽次數最多，推測可能原因在於這些作者群詳細介紹模型與建模理論、建模理論的策略運用等面向，且作者群主要來自相關研究領域的專家學者。而建模教學實務較少的因素，推測可能類型中的部分文章發表時間較短，使得累積瀏覽次數較低，亦可能是該文章內容為介紹建模工具、分享教師交流實施的建模教學，以及專書介紹如何進行原子結構建模教學等，皆需要科學模型與建模相關理論涵養之後，才能熟練相關的工具與教學內容。此現象以《臺灣化學教育》教學資訊工具的文章舉例，若工具簡單、容易上手，則瀏覽次數較多，例如：2018 年第 24 期不同作者介紹 SageModeler（鐘建坪，2018）、Yenka（林禹伶，2018）、Plickers（周金城，2018），作者介紹非常容易上手的形成性評量工具 Plickers，該文章的瀏覽次數，較同期的其他文章出 2 至 3 倍之多。

若以科技接受模式探討讀者接受文章標題，以至於進一步產生瀏覽與閱讀的行為而言，當讀者在選取文章時往往會受到某些因素的影響而決定閱讀文章的行為（鐘建坪，2012；Davis, 1989）。這些因素可能包括：網路系統的品質、讀者身處的教學環境等外在因素，再認知到刊登的期刊文章對於讀者自身是否具備有用性與易用性，最後進行決定閱讀哪些文章。而此接

收行為模式或許能闡述邱美虹等人 (2024) 的發現結果——讀者喜愛以實驗為主的文章，而科學模型與建模主題可能因為讀者認知到缺少易用性與有用性，造成與實驗為主的閱讀量有所差異的原因。或許編輯部能夠針對讀者有用性與易用性的因素進行問卷調查或行為分析，透過讀者行為的探討以促進文章的閱讀與推廣。

## ■ 結語與啟發

《臺灣化學教育》從草創初期廣邀作者投稿，歷經編輯委員會努力不懈，即將邁入第十年，本文以文章內容分析的方法，針對模型與科學建模為標題的文章進行細部探討。相關結果與啟發如下：

### 一、建模教學作者多集中於具有相關學術背景之大學學者與中學教師

《臺灣化學教育》有 20 篇文章專注於模型與科學建模的主題，佔所有文章總篇數的比例約為 2.6% (20/766)。這些文章的作者主要來自具有相關學術背景的大學教授和擁有科學教育博士學位的中學教師。這反映出建模教學在學術界和實踐中的重要性，以及專業人士對於此領域的關注。

### 二、多數文章著重模型與建模教學的理論，較少著墨如何且詳細地實際運用於課堂教學

20 篇文章中，約有一半比例著重於建模教學的理論內容與相關研究，探討模型與建模的原理與教學策略。這些文章對於科學模型與建模教學的理論基礎進行深入的探討，有助於讀者對相關理論部分的深入理解。然而，相對而言較少篇幅介紹如何詳細且實際地應用建模教學於課堂實踐。這可能是因為建模教學相對複雜，教師實際應用需要考慮到許多因素，包括課程設計理論和特定概念與建模歷程的對應等，因此在文章中對於實際應用的介紹相對較少。期許期刊未來可以多邀請更多建模實務教學的教師撰文，或是透過特刊專題的方式以多篇文章共同呈現，能夠讓讀者一次理解如何將建模相關的理論納入不同學習階段與概念主題。

### 三、建模教學除了教案，可適切安排教學片段，較容易釐清教學內容

《臺灣化學教育》屬於實務性期刊，期待能讓第一線教師實際運用。本文分析結果提醒本刊不僅需要模型與建模理論闡述的文章，亦需要更多關注建模教學的實際應用類型的專文，以提供更多可操作性的教學建議和指導，幫助教師轉化建模教學運用於課堂實踐，例如：Youtube 教學影片搭配教案設計說明，讓教師更能掌握各個階段建模的任務，與教師在歷程中應扮演的角色。



#### 四、多方考量教師讀者群體，提供具體而細緻的模型與建模教學理論知識與教學技能

一位優良的教師需要具備充足的學科內容知識、教學知識與技能，以及將二者融合的學科教學知識 ( Pedagogical Content Knowledge, PCK )。當缺乏學科內容知識與教學知識與技能時，則難以展現優良的學科教學知識 ( Shulman, 1986 )。科學教師施行建模教學不僅需要 PCK 為基礎，更需要模型與科學建模知識，形成科學建模教學知識 ( Modeling Pedagogical Content Knowledge, M-PCK ) ( 楊雅婷，2016 )。

將模型與科學建模知識納入 Shulman ( 1986 ) PCK 架構，形成圖 1 呈現的 M-PCK 架構。教師施行優良的科學建模教學，需要學科內容知識 ( Content Knowledge, CK )、教學知識 ( Pedagogical Knowledge, PK )，以及模型與科學建模知識 ( Models & Modeling Knowledge, MK )，分別形成學科內關於模型與建模的知識 ( M-CK )、關於如何教導模型與建模的知識 ( P-MK )，以及學科教學知識 ( PCK )，進而整合形成教師對科學模型與建模的科學建模教學知識 ( M-PCK )。

《臺灣化學教育》嘗試引領科學教師進入科學模型與建模領域，或許能夠在學科教學知識 ( PCK ) 的基礎上，搭配自然領綱—建立模型的探究能力，增加模型與建模知識 ( MK )、學科內關於模型與建模知識 ( M-CK )、關於如何教導模型與建模知識 ( P-MK ) 等，同時考量讀者對文章內容的認知有用性與易用性，較易促進科學教師對建模教學的專業成長。

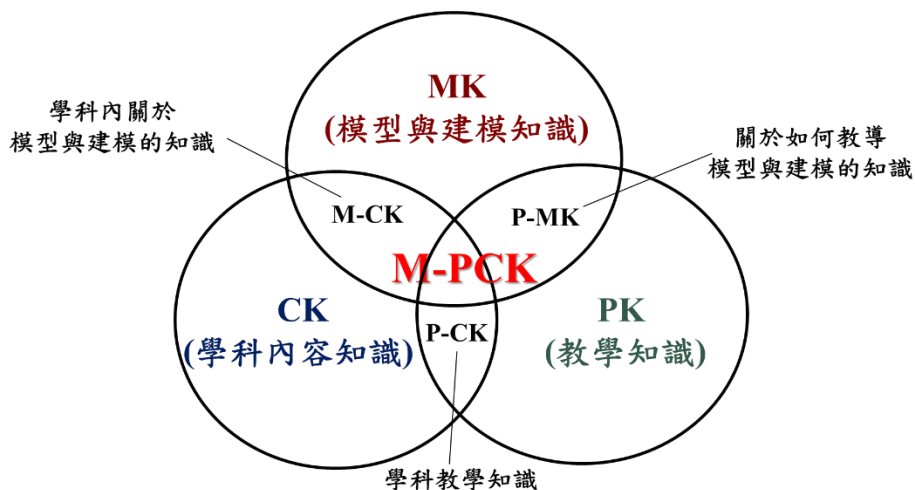


圖 1 科學建模教學知識 ( M-PCK ) 架構

#### ■ 參考文獻

- 王嘉瑜 (2016)。科學模型與建模：科學建模的教學方式。臺灣化學教育，11。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=14261>
- 宋元惟、邱美虹、鍾曉蘭 (2016)。科學模型與建模：探討日本東京地區學生之模型本質的認識。臺灣化學教育，11。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=14430>
- 周金城 (2016)。科學模型與建模：臺灣與芬蘭在國中階段原子模型教材之跨國比較。臺灣化學教育，11。  
<https://chemed.chemistry.org.tw/?p=14376>
- 周金城 (2018)。軟體與平台在中小學化學教學上的應用：Plickers 即時反饋系統在國小臨床教學實務分享—以國小三年級自然與生活科技奇妙的水實驗活動為例。臺灣化學教育，24。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=27129>
- 林禹伶 (2018)。軟體與平台在中小學化學教學上的應用：用 Yenka 軟體輔助教學及實作評量—以五年級上學期南一版第三單元空氣與燃燒為例。臺灣化學教育，24。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=27001>
- 林靜雯 (2016)。科學模型與建模：國小教師對普適性科學模型和氣體粒子模型之本質知多少？。臺灣化學教育，11。  
<https://chemed.chemistry.org.tw/?p=14364>
- 林靜雯 (2019)。兩岸化學教育高峰論壇:教師模型、建模內容知識與建模本位教學內容知識之發展。臺灣化學教育，32。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=34871>
- 邱美虹 (2016a)。科學模型與建模：科學素養中的模型認知與建模能力。臺灣化學教育，11。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=14186>
- 邱美虹 (2016b)。科學模型與建模：科學模型、科學建模與建模能力。臺灣化學教育，11。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=13898>
- 邱美虹、曾茂仁 (2018)。科學建模本位的探究教學之教材設計—以化學電池為例。臺灣化學教育，28。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=31481>
- 邱美虹、楊水平、周金城、鐘建坪、李宜諺、李雪碧 (2024)。《臺灣化學教育》慶祝十週年專刊：讀者群閱讀文章的統計分析。臺灣化學教育，55。
- 洪蓉宜、張欣怡 (2016)。科學模型與建模：引導孩子學習與體會釣魚的方法—模型建立與評論的教學設計。臺灣化學教育，11。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=14269>

- 國家教育研究院 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要：自然科學領域。新北市：國家教育研究院。
- 張志康、邱美虹 (2009)。建模能力分析指標的發展與應用 - 以電化學為例。科學教育學刊, 17(4), 319-342。10.6173/CJSE.2009.1704.04
- 曾茂仁、邱美虹 (2019)。兩岸化學教育高峰論壇：科學建模本位的探究教學對學生化學電池的心智模式改變情形。臺灣化學教育, 32。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=34851>
- 楊水平 (2024)。《臺灣化學教育》慶祝十週年專刊：作者群發表文章的量化分析。臺灣化學教育, 55。
- 楊雅婷 (2016)。一位高中化學教師使用建模本位教材的教學歷程之個案研究 - 以電化學概念之教學為例。未出版之碩士論文。臺北：國立臺灣師範大學科學教育研究所。
- 臺灣化學教育 (2024)。《臺灣化學教育》組織與成員/2014 年。臺灣化學教育。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=5210>
- 劉俊庚 (2021)。高中化學科教材教法專書導讀：第七章 化學建模教學設計—以「原子結構與光譜」為例。臺灣化學教育, 44。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=40957>
- 鄭志鵬 (2021)。大氣壓力實驗與建模課程。臺灣化學教育, 40。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=39642>
- 鍾曉蘭 (2015)。翻轉教室—多重表徵的模型教學。臺灣化學教育, 10。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=11297>
- 鍾曉蘭 (2016)。科學模型與建模：設計建模與多重表徵的模型教學活動以增進高二學生的化學學習—以化學鍵、分子混成軌域、分子形狀與結構為例。臺灣化學教育, 11。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=13984>
- 鐘建坪 (2012)。8 與 10 年級學生使用部落格對科技接受行為影響之研究。師說, 228, 4-17。
- 鐘建坪 (2014a)。模型本位合作學習教學策略。臺灣化學教育, 2。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=1960>
- 鐘建坪 (2014b)。超越純粹概念知識的教學—強調概念與能力的建模教學。臺灣化學教育, 4。 <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=3744>

- 鐘建坪 (2016)。科學模型與建模：科學建模文本與其學習成效。臺灣化學教育，11。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=13944>
- 鐘建坪 (2018)。軟體與平台在中小學化學教學上的應用：質性與量化的視覺化建模工具—SageModeler 簡介。臺灣化學教育，24。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=27091>
- 鐘建坪 (2020)。哈爾濱兩岸同題異構交流—氯及其反應性的建模教學。臺灣化學教育，35。  
<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=36147>
- 鐘建坪 (2021)。以科學建模歷程探索臺灣國中教科書中化學平衡概念模型的建構。教科書研究，14(1)，31-56。  
[https://doi.org/10.6481/JTR.202104\\_14\(1\).02](https://doi.org/10.6481/JTR.202104_14(1).02)
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2019). Modeling competence in science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(12). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13, 319-340.
- Doloksaribu, F. E., & Triwiyono, T. (2021). The reconstruction model of science learning based PhET-problem solving. *International Journal on Studies in Education*, 3(1), 37-47.
- Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199611\)33:93.0.CO;2-I](http://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199611)33:93.0.CO;2-I)
- Jong, J. P., Chiu, M. H., & Chung, S. L. (2015). The use of modeling-based text of ideal gas law to improve students' modeling competencies. *Science Education*, 99(5), 986-1018.  
<http://doi.org/10.1002/sce.21164>
- Krell, M., & Krüger, D. (2015). Testing Models: A Key Aspect to Promote Teaching Activities Related to Models and Modelling in Biology Lessons? *Journal of Biological Education*, 50(2), 160-173. <https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1028570>
- Krippendorff, K. (2003). *Content analysis: An introduction to its methodology* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Upmeier zu Belzen, A., van Driel, J., Krüger, D. (2019). Introducing a Framework for Modeling Competence. In: Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D., van Driel, J. (eds) *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education*. Models and Modeling in Science Education, vol 12. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_1)