

# 開發以會考試題為基礎的探究教學

鐘建坪\*<sup>1</sup>、鍾曉蘭<sup>2</sup>、沈秀君<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 新北市立錦和高中國中部

<sup>2</sup> 新北市立新北高中

<sup>3</sup> 新北市康橋中學林口校區

Email:<sup>1</sup>\*hexaphyrins@yahoo.com.tw

## ■ 前言

探究教學是以學生為中心的教學策略，強調讓學生親身經歷各種科學探究過程來學習。不僅著重學生在學科知識上的進展，還重視其探究能力、問題解決、和科學素養的發展。透過實際操作、觀察、數據分析及推理，期待學生能夠自主發現和解釋自然現象，培養科學思維模式，並促進對科學知識的內化和應用。

108 課綱強調學生的整體發展，目的在提升學生的思考智能與探究能力，使其在未來能夠應對更複雜的問題情境，進而發展出能夠解決實際生活問題的科學素養。這種素養不僅限於對知識的理解，更包含了學生面對問題時，能夠運用所學進行分析、評估並提出解決方案的能力。透過探究學習，學生能逐步發展批判思考與創造力，作為終身學習的基礎。

然而，學生的學習成效需要通過評量加以檢視，以追蹤其在概念掌握和技能運用上的進步。國中教育會考是根據「國民小學及國民中學學生學習評量辦法」設立，目的是為了評估國中畢業生的學力品質。由於考試在教育系統中具有導向作用，會考試題的設計與趨勢對教師的教學內容和策略有舉足輕重的影響。在探究導向的課程中，如果教師結合會考評量試題的精髓，不僅能幫助學生在探究過程掌握概念與技能，還能提升應對評量的能力。

## ■ 會考試題命題依據與結構

會考自然科的命題是依據「十二年國民基本教育課程綱要」中自然科學領域。評量涵蓋「學習表現」與「學習內容」。自然科試題的取材注重生活化，試題除了檢測學生對基本科學知識和概念的掌握，並適當融入環境教育、海洋教育、能源教育與防災教育等相關議題的學習目標，也特別強調學生在閱讀與理解科學資料、解決科學問題，以及規劃與執行科學探究活動方面的能力(國中教育會考，無日期)。

臺師大心測中心針對會考的試題結構說明，提及自然科的試題本結構主要有：具備基本的自然科學知識與概念、科學資料的閱讀與理解、解決科學問題所需的推論與應用能力，以及進行科學探究活動所需的規劃、執行與數據分析能力(臺師大心測中心，2022、2023、2024)。

試題結構顯示會考試題從 111 年至 113 年基本的自然科學知識與概念分別僅佔約 24%、30%、34%，其餘皆與探究能力的運用有關，再再顯示所揭櫫的會考試題特色為重視科學探究能力，以符應自然科學領綱的對學習內容與學習表現的期望。

## ■ 元素符號與其擴增訊息內容

元素符號是用來表示一個化學元素的簡易符號，例如：氫的符號是「H」，而氦的符號是「He」。然而，元素符號在化學式、週期表或核反應方程式，常伴隨著質量數、質子數、電子數等，以擴增該元素的詳細內容資訊。

其中質量數表示的是一個原子的質子數與中子數的總和。質量數寫在元素符號的左上角。例如，碳-12 的符號可以寫作  $^{12}\text{C}$ ，其中「12」代表質量數。質子數表示原子核中質子的數量，它決定了元素的種類，也稱為原子序。質子數寫在元素符號的左下角。例如，碳的質子數是 6，因此可以寫作  ${}_6\text{C}$ 。每種元素的質子數都是唯一的，不同元素即有不同的質子數。

大多數的元素是以得失電子的形式進行分解與化合等反應而存在於自然界。對於質量數為 23 的鈉離子，符號可以寫作  $^{23}_{11}\text{Na}^+$ ，其中「23」代表質量數，「11」表示質子數，而右上角的「+」表示這個鈉原子失去了 1 個電子，形成陽離子。這種符號表達方式能清楚顯示出一個元素的原子核內與原子核外資訊，對於理解原子的結構、化學反應，以及同位素的區別等至關重要。

教科書的設計主要以  ${}_Z^AX$  來呈現元素符號與原子結構內不同粒子的數量標示，其中 X 代表元素符號，Z 表示原子序，A 表示質量數。教材內文多以常見元素(如氫、碳、氧等)為例，介紹元素符號的標示方法，幫助學生建立對原子結構內質量數、質子數、中子數、電子數等的具體認識，以理解這些基本粒子之間的關係。再藉由試題的練習加深學生對元素符號與原子結構各組成部分的理解。而此內容對應自然領綱國民中學教育階段學習內容標示為「Aa-IV-5 元素與化合物有特定的化學符號表示法」，內容陳述讓學生知道元素符號及化合物命名的簡單規則，並以日常生活中常出現的簡單物質為限(國家教育研究院，2018)。

## ■ 含有擴增內容的元素符號會考試題分析

近 10 年會考試題針對擴增內容的元素符號約略每年 1 題，著重判別是否為相同元素、電中性、帶電粒子的質量數、質子數、電子數、中子數的整合概念，同時著墨這些數字在週期表的意義為何。以近 5 年試題為例，圖 1 為 113 年會考試題，其中 A 選項主要測試學生是否能夠知悉週期表中，元素符號相關附註內容的意義。圖 2 為 111 年會考試題，學生需要知悉原子電中性、失去電子帶正電形成陽離子，或獲得電子帶負電形成陰離子時，原子內質子、電子、中子的數量關係。圖 3 為 108 年會考試題，學生需要從原子序與電子數的意義，依據

表格數據判別是否為電中性、是否為相同原子，以及質子數、原子序與電子數的關係。

圖(三)為元素週期表的一部分，無法從圖中知道下列何項資訊？

(A) 氟原子與氬原子的質子數分別為多少  
 (B) 氖原子與氬原子是否有相似的化學性質  
 (C) 氬原子與氬原子在自然界中含量何者比較多  
 (D) 1 莫耳的氯氣( $\text{Cl}_2$ )與 1 莫耳的溴( $\text{Br}_2$ )何者質量比較大

		$^2\text{He}$ 氦 4.003
$^9\text{F}$ 氟 19.00	$^{10}\text{Ne}$ 氖 20.18	
$^{17}\text{Cl}$ 氯 35.45	$^{18}\text{Ar}$ 氬 39.95	
$^{35}\text{Br}$ 溴 79.90	$^{36}\text{Kr}$ 氬 83.80	

圖(三)

(引自 113 會考試題)

圖 1：113 年會考試題舉例

31. 有一個帶電的離子含有 X、Y、Z 三種粒子(質子、電子、中子，未依照順序排列)，且 X、Y、Z 的粒子數目依序為  $N_X$ 、 $N_Y$ 、 $N_Z$ 。已知 X 粒子的質量最小，關於此離子的說明，下列何者最合理？

(A) 若為陽離子，且  $N_Y > N_X = N_Z$ ，則 Z 為質子  
 (B) 若為陽離子，且  $N_Y > N_X = N_Z$ ，則 Z 為電子  
 (C) 若為陰離子，且  $N_X = N_Y > N_Z$ ，則 Z 為質子  
 (D) 若為陰離子，且  $N_X > N_Y = N_Z$ ，則 Z 為電子

(引自 111 會考試題)

圖 2：111 年會考試題舉例

9. 已知甲、乙、丙、丁四種粒子為原子或單原子離子，其單一粒子的原子序與電子數如表(二)所示。關於此四種粒子的敘述，下列何者正確？

(A) 甲、丙均呈電中性  
 (B) 乙、丙是相同的原子  
 (C) 乙、丁的帶電量相同  
 (D) 甲、丁的質子數均大於電子數

粒子	原子序	電子數
甲	8	8
乙	9	10
丙	10	10
丁	12	10

(引自 108 會考試題)

圖 3：108 年會考試題舉例

## ■ 表徵模型之間的轉換

模型通常指對想法、事件或現象的表徵(Gilbert & Boulter, 2000)，其由不同物件間的連結關係所構成(Hestents, 1987；Jong et al., 2015)。科學模型特別針對自然現象，建構不同概念之間的連結關係，以促進我們對自然現象的解釋與預測。學校科學模型的呈現可以是抽象的(Harrison & Treagust, 2000)，例如：密度由物體的質量和體積之間的關係所決定，透過相除的

方式形成物質的密度；學校科學模型的呈現也可以是具體的(Harrison & Treagust, 2000)。例如：將抽象的原子模型以具體的繪圖或保麗龍球呈現，顯示原子內部質子、中子及電子之間的排列方式。

儘管科學學習存在多種科學模型，學生在學習模型時仍面臨諸多挑戰(鍾曉蘭、邱美虹，2012；鐘建坪，2020；Jong et al., 2015; Louca & Zacharia, 2023)。例如：學生在理解符號化的模型時，需學習如何解讀這些符號的使用或特定的表達方式(鍾曉蘭、邱美虹，2012)。此外，某些科學模型具備多種呈現方式，學生必須針對不同的表徵模型理解其特定意義，以便能夠順利進行不同模型之間的轉換(鐘建坪，2020；Jong et al., 2015)。同時，學生往往忽視科學模型的限制，這不僅使他們難以判斷在何種情況下應用某一模型，也使得理解每個模型的優缺點及其適用範圍變得困難(Jong et al., 2015)。

擴增訊息的元素符號能夠提供的訊息包括：特定的元素符號、此種特定元素的質量數、質子數與原子序，並從質量數與質子數的差異獲得中子數。學生學習擴增訊息的元素符號時，常忽略不同表徵模型之間如何進行轉換，以及這些轉換對於理解元素性質和原子結構的重要性。這種忽視可能導致學生在面對複雜的化學概念時，無法靈活運用所學知識，進而影響他們對化學反應、物質性質及元素間相互作用的理解(Johnstone, 1991; Talanquer, 2011)。

為了解決這些挑戰，教育者可以採用多樣化的教學策略，幫助學生建立更全面的科學模型(多樣化策略可見 Carroll & Park, 2024)。例如，透過引導學生進行小組討論，探索不同模型的應用情境，或使用數位工具進行模擬，讓學生直觀感受模型的轉換(Jong, 2016)。或者，結合視覺化教學資源，例如動畫或互動圖表，能夠有效提升學生對抽象概念的理解，並幫助他們掌握模型之間的關聯(Levy, 2013)。

## ■ 元素符號探究教學

此次教學規劃與設計主要基於新北市向下扎根計畫，嘗試提供市內國中教師針對會考試題為基礎的探究教學設計。本教學活動為「從原子結構連結元素符號的標示」，著重學生能夠從原子結構，質子、中子、電子數量的關係，連結  ${}^A_ZX$ ，讓學生自如地轉化不同表徵模型。學生在此之前已經學習完原子的內部結構，知悉電子、質子、中子與質量數的意義與其在原子內的關係。教學時間若不考量離子的形成，則為 1 節課。若考量原子得失電子形成離子，則為 2 節課時程。

教學流程與架構如圖 4 所示，首先為概念引入，包含三個核心元素：引介概念、互動討論與訊息歸納。教師首先回顧原子相關概念，接著師生雙向互動討論，在討論過程中，教師

引導學生進行歸納，建立基礎知識架構。情境遷移則著重在：不同原子、互動討論和歸納小節，教師在此階段提供不同的原子結構，讓學生有機會將剛學習的質子數、中子數、電子數、質量數等概念運用在不同的原子結構中，再透過同儕討論和教師引導，學生能夠觀察並歸納出 ${}^A_ZX$ 與原子結構內不同粒子數量的關係。接著進行數位模擬，此階段聚焦於教師引導和學生練習，在這個階段中，教師善用數位工具或模擬軟體，帶領學生進行實際操作與演練。學生藉由親身體驗，不僅能將抽象概念具象化，更能透過反覆練習培養應用能力。概念評量是學生學習的確認，包含概念確認和教師小節。教師運用多元評量方式，確認學生對概念的掌握程度，並給予適時回饋。最後，教師進行整體性的總結，確保學習目標的達成。

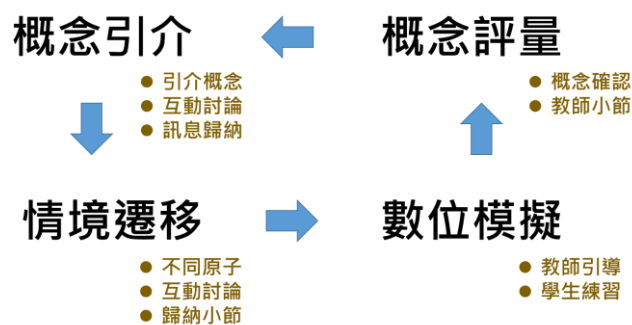


圖 4 教學流程架構

首先，學生在學習此單元之前，學生的準備度已經能夠書寫英文的元素符號，並且知悉原子結構，理解電子、質子、中子以及質量數的關係，但尚未學過如何呈現 ${}^A_ZX$ ，因此，先提供鋰的原子結構(圖 5)，詢問學生原子結構不同粒子分別代表意義為何，讓學生說出鋰原子的質子、中子、電子數量與質量數為多少，並由教師帶入原子序的意義。學生完成圖 6 的粒子數量表格後，思考哪些數值是相同的與鋰的原子結構中的粒子數量關係，並且討論科學家亦習慣在元素符號左上角、左下角增加一些說明，讓學生思考這些說明與鋰原子結構中的數量關係為何(圖 7)。

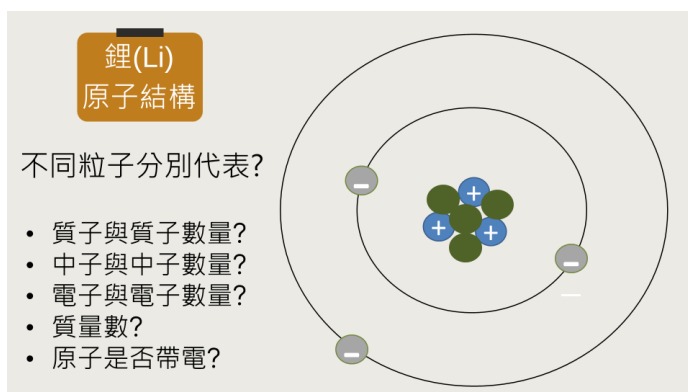


圖 5 鋰原子結構示意圖

請完成表格中鋰原子的質子數、中子數、電子數、質量數

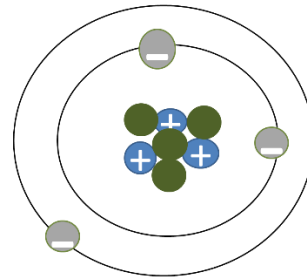
元素	鋰(Li)
質子數	。
中子數	。
電子數	。
質量數	。
原子序	。

那些數值是相同的？

圖 6 鋰原子不同粒子數量



元素	鋰(Li)
質子數	3
中子數	4
電子數	3
質量數	7
原子序	3



那些數值是相對應的？

圖 7 鋰原子結構內粒子的不同表徵方式

接著，舉不同原子的原子結構，讓學生填寫質子數、中子數、電子數、質量數、與原子序的表格，完成之後請學生再次思考原子結構內粒子數量與擴增元素符號之間的關係(圖 8)。藉此，讓學生自行歸納出  ${}^A_ZX$  代表的意義，認知到元素符號左上角為質量數，左下角為原子序、質子數、電子數，以總結擴增訊息的元素符號表示法。

請觀察表格中的數值與左邊符號的關係？

	${}^1_1\text{H}(\text{氫})$	${}^2_1\text{H}(\text{氘})$	${}^3_1\text{H}(\text{氚})$
質子數	1	1	1
中子數	0	1	2
電子數	1	1	1
質量數	1	2	3
原子序	1	1	1

圖 8 氫同位素原子結構內粒子數量的不同表徵方式

再來，藉由數位模擬強化學生對原子結構內粒子數量的不同表徵方式。學生在教師的引導之下，自行操作 PhET 模擬軟體(建立一個原子)，逐一在原子結構中放入不同數量的質子、中子、電子，並觀察擴增元素符號呈現的情形，適當練習之後，讓學生完成原子結構與  ${}^A_ZX$  表示法的練習(圖 9)。藉由模擬的操作互動學習能夠加深學生對原子結構的理解，使抽象概念更加具體。

課堂評量主要提供各種元素的原子結構訊息，要求學生完成相關數據，以確認學生是否能在教學之後，能夠確實建構原子結構與擴增訊息的元素符號表示法(圖 10)。最後，由教師

回顧課堂，並小節原子結構內不同粒子數量與擴增訊息的元素符號( ${}^A_ZX$ )之間的關聯(圖 11)。

元素符號	質子數	中子數	電子數	質量數	擴增訊息的元素符號表示法(電中性)
	6	6	6		
O		8	8		
F				17	

圖 9 學生按照指示操作 PhET 完成表格內容

已知鈉原子的原子序11，中子數12，請完成下表

鈉元素符號	質子數	中子數	電子數	質量數	擴增訊息的元素符號表示法(電中性)

圖 10 課堂小節評量試題

質量數 = 質子數 + 中子數      中子數 = 質量數 - 質子數

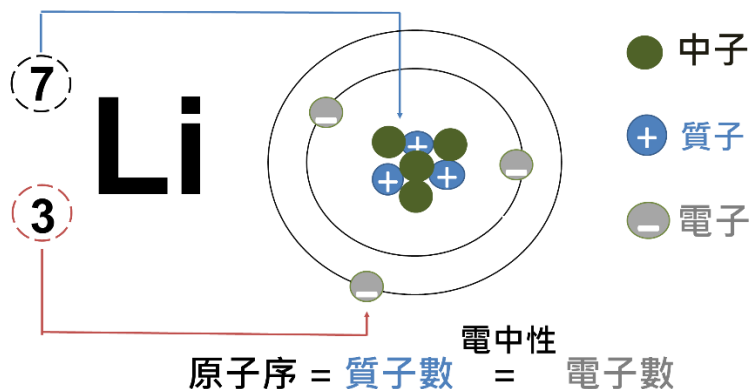


圖 10 原子結構內不同粒子數量與擴增訊息的元素符號( ${}^A_ZX$ )之間的關聯

考量原子得失電子會形成陽離子或陰離子，再次讓學生從原子結構的粒子數量，寫出原子與離子的粒子數量。如圖 11 所示，先讓學生判別氟原子與氟離子的差異，接著依照表格複習寫出氟原子的粒子數量，接著讓學生自行完成氟離子的粒子數量，並由教師引導在具有電荷情況下如何書寫擴增元素符號的表示法。

	氟原子	氟離子
質子數	9	
質量數	19	
中子數		
電子數		
質子數-電子數	0	
所帶電荷	0	
表示法	${}^{19}_9F$	

備註:離子時要在右上角標示出所帶電荷。

圖 11 氟原子與氟離子的原子結構與粒子數量關係 (原子結構修改自 PhET)

接著，再次讓學生進行 PhET 模擬。學生從教師提供的不同粒子數目，推算出質子數、

中子數與得失電子情形，獲得特定元素的原子結構，並能完成帶電荷的擴增元素符號。例如：學生從提供的表格質子數量為 3，質量數為 7，電子數量為 2，推算出中子數量為 4，透過模擬操作獲得鋰離子的原子結構，以及擴增訊息的元素符號(圖 12)。

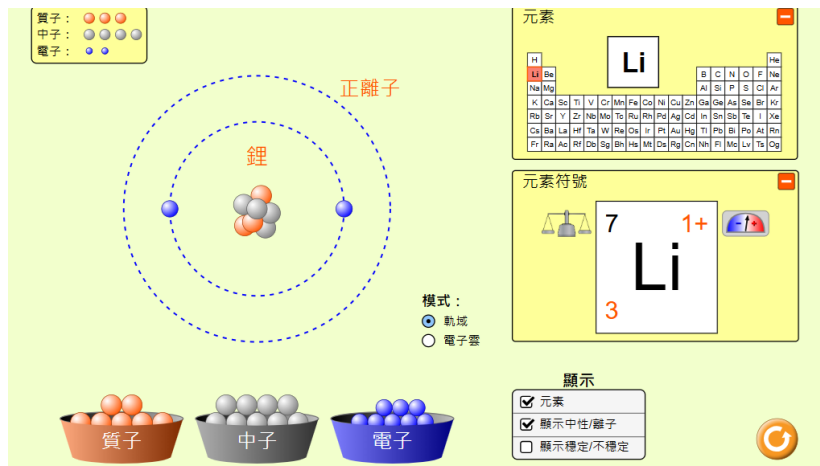


圖 12 PhET 模擬操作(引自[Build An Atom 建立一個原子](#))

當電中性的原子結構與離子形式介紹完畢後，教師可以利用 PhET 的遊戲選項作為形成性評量，此遊戲中有從原子結構判別特定元素、不同粒子數量形成的電荷數、擴增元素符號的呈現訊息、綜合評量等四部分，每個部份皆有 5 星，2 次答題機會，一次即對獲得 1 顆星，先答錯而後答對增加半顆星，若 2 次皆答錯，則增加 0 顆星。此時教師可以藉由差異化評量要求不同學習成就學生的答對率，例如：高成就者需要完成 20 顆星，中成就者需要完成 19 顆星，而低成就者按照指示能夠完成 18 顆星(圖 13)。藉由差異化評量達到不同學習成就學生的概念完整度要求。



圖 13 學生實際操作 PhET 情形

## ■ 結語

## 一、從會考試題開發探究教學活動是可行的方向

本文以會考試題為基礎開發探究教學活動，不僅期望能夠幫助學生掌握考試重點，更重要的是培養學生的科學探究能力。藉由分析近年會考試題發現，試題結構已從傳統的知識概念理解轉向更重視科學探究能力的評量，包括科學資料的閱讀理解、問題解決的推論應用，以及規劃執行與資料分析等能力。這種趨勢與 108 課綱強調培養學生科學素養的目標高度一致。本文以擴增訊息的元素符號為例，設計出讓學生從原子結構連結到元素符號標示的探究活動，藉由概念引入、情境遷移、數位模擬到概念評量等步驟，引導學生主動建構科學概念模型。期望能夠協助教師在備課時更有方向性，同時達到提升學生應考能力與科學素養的雙重目標。

## 二、於探究教學中可多強調多元表徵模型轉換的重要性

在科學學習中，學生常需面對不同形式的表徵模型，因此如何協助學生在不同表徵模型之間建立連結是教學的重要課題。本文以元素符號的標示教學為例，展示如何藉由探究活動幫助學生理解並轉換不同形式的表徵。教學設計從具體的原子結構圖像出發，透過引導學生觀察與討論，逐步建立起原子內部粒子數量與元素符號擴增訊息之間的關聯。特別是運用 PhET 模擬軟體，讓學生能動態操作不同粒子以形成特定的原子結構，得以即時觀察不同表徵模型之間的對應關係。藉由熟悉不同表徵模型的意義，協助學生理解擴增訊息元素符號的意涵。同時，藉由差異化的形成性評量設計，讓不同程度的學生都能獲得適當的學習挑戰與成就感。著重表徵模型轉換的探究教學策略，不僅適用於原子概念的學習，也可應用在其他抽象的化學概念教學(Johnstone, 1991)，幫助學生建立更完整的科學認知結構。

### ■ 參考文獻

- 國中教育會考(無日期)。考試內容-自然科。<https://cap.rcpet.edu.tw/test4-6.html>
- 國家教育研究院(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。新北市：國家教育研究院。<https://reurl.cc/LILW1a>
- 臺師大心測中心(2022)。111 年國中教育會考試題說明。  
[https://cap.rcpet.edu.tw/exam/111/111P\\_Description.pdf](https://cap.rcpet.edu.tw/exam/111/111P_Description.pdf)
- 臺師大心測中心(2023)。112 年國中教育會考試題說明。  
[https://cap.rcpet.edu.tw/exam/112/112P\\_Description.pdf](https://cap.rcpet.edu.tw/exam/112/112P_Description.pdf)
- 臺師大心測中心(2024)。113 年國中教育會考試題說明。  
[https://cap.rcpet.edu.tw/exam/113/113P\\_Description.pdf](https://cap.rcpet.edu.tw/exam/113/113P_Description.pdf)
- 鍾曉蘭、邱美虹(2012)。高二學生在理想氣體多重表徵教學前後心智模式的改變。**教育科學研究期刊**，57(4)，73-101。

- 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。  
<https://531.9e9.myftpupload.com/?p=36147>
- Carroll, G. & Park, S. (2024). Towards expansive model-based teaching: A systematic synthesis of modelling pedagogies in science education literature. *Studies in Science Education*.  
<https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2417157>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440–454. <https://doi.org/10.1119/1.15129>
- Johnstone, A. H. (1991), Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Jong, J. P., Chung, S. L., & Chiu, M. H. (2015). The use of modeling-based text to improve students' modeling competencies. *Science Education*, 99(5), 986–1018.  
<https://doi.org/10.1002/sce.21164>
- Jong, J. P. (2016). The effect of a blended collaborative learning environment in a Small Private Online Course (SPOC): A comparison with a lecture course. *Journal of Baltic Science Education*, 15, 194–203. <https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.194>
- Justi, R., & Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: Some challenges in the case of 'the atom'. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993–1009.  
<https://doi.org/10.1080/095006900416875>
- Levy, D. (2013). How dynamic visualization technology can support molecular reasoning. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 702–717. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9424-6>
- Louca, L. T. & Zacharia, Z. C. (2023). Examining models constructed by kindergarten children. *Journal of Research of Science Teaching*, 60(10), 2361–2394. <https://doi.org/10.1002/tea.21862>
- Louca, L.T., & Zacharia, Z. C. (2024). How the affordances of different modeling tools impact kindergartener-constructed models and modeling reasoning. *Science Education*  
<https://doi.org/10.1002/sce.21909>
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.  
<https://doi.org/10.1080/09500690903386435>