
課堂實驗升格為探究導向的實驗活動 ～以比熱單元為例

陳秀溶* 林玠宇 康智凱
彰化縣立彰泰國民中學

壹、緒論

探究式教學立足於建構主義之上，強調學生是學習的主體，且邀請學生當課堂的主角，主動參與課程，過程中培養學生的創造性思維、創新意識和創新能力（鄭旭煦、朱孟楠，2015），且能提升學生之自我效能、主動學習策略（蔡執仲、段曉林，2005）、統整過程技能（鄭麗華，2002）與問題解決等能力（江淑惠，2010）。故從 100 學年度正式實施的九年一貫之自然與生活科技學習領域課程綱要（教育部，2008）即明訂課程目標之一為「培養探索科學的興趣與熱忱，並學習科學與技術的探究方法和基本知能」，至 108 學年度正式上路的十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要（教育部，2018）中強調「使學生具備基本的科學知識、探究與實作能力及科學態度」為課程目標之一。都可看出隨著時代更迭，教育目標會有所轉變，但「探究」在科學教育中佔有不可撼動的地位。雖然「探究」如此重要，但在科學教育的現場卻不見教師經常實施，即使是科學教育最重視的實驗設計仍大多為食譜式

教學或是驗證式教學，推測其原因可能是因為學生在從事科學探究活動時有許多要素是難以掌控的，在這種情形下易使教師選擇單純、易執行(Roth, 2006)的食譜式實驗教學，且探究教學需要花較多的課堂時間，在課程進度有時間壓力下，教師實施探究教學的意願並不高（王真麗，2005）。近年來因課程改革，「探究教學」備受重視，而「比熱」概念與日常生活經驗多有聯結，如：糖炒栗子會用小石子一起拌炒，夏天頂著大太陽去海邊遊玩，沙灘溫度比海水高出許多；且「比熱」概念也與「地理」有所聯結，如：臨海地區溫差較內陸地區小，白天時風由海洋吹向陸地，夜晚時風由陸地吹向海洋；十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要（教育部，2018）在學習內容說明中有明確提及「透過比熱實驗，讓學生能觀察對相同質量的不同物質加熱，各物質的溫度變化情形，以了解比熱對物質溫度變化的影響」。由此可見「比熱」的重要性。故本文將原本即規劃在課程中的「比熱實驗」稍加改變成探究式的實驗，希望能藉此提升第一線教育現場的老師實施探究教學的意願。

*為本文通訊作者

貳、課程設計理念

探究教學方法多元且隨著直接提供給學生的訊息量不同，探究開放的程度亦有所差異，因此 Staer, Goodrum 和 Hacking (1998) 將實驗活動依據不同的開放程度加以分類，如表 1 所示。引導式探究開放程度較小，隨著開放程度增加漸進至開放引導式探究，最終為開放性探究，學生在獲得答案的過程中，從探究的題目、實驗所需器具、實驗操作步驟都自己規劃與摸索。因開放式探究教學和食譜式或驗證式實驗教學中間存在的鴻溝太大，常使得教師無法輕易跨越（顧炳宏、陳瓊森、溫熾純，2011）。故在嘗試探究式教學時，教師可漸進式的增加探究開放程度，使探究式教學更易在教育現場落實。故本課程設計是依據 Staer, Goodrum 和 Hacking 分類中的引導式探究修改八年級課程中的「比熱實驗」。讓學生能藉由探究實驗的實作過程，除能力有所精進外，對比熱概念的學習也有更深一層的體認。

參、實驗修改

「比熱」概念在十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要（教育部，2018）中，學習內容部分是屬於「能量的形式、轉換及流動」主題中的「溫度與熱量」次主題，是描述「不同物質受熱後，其溫度的變化可能不同，比熱就是此特性的量化描述」。以下便針對三個不同版本教科書中「比熱」概念課文描述、實驗設計進行比較，最後將實驗設計稍做修改使其更加

符合探究精神。

表 1、實驗活動開放程度分類（引自 Staer, Goodrum 和 Hacking, 1998）

開放程度	問題	實驗器具	操作步驟	答案	名稱
0	√	√	√	√	確認
1	√	√	√		引導式探究
2a	√	√			開放引導式探究
2b	√				開放引導式探究
3					開放性探究

一、三個不同教科書版本「比熱」概念課文介紹

甲版本

（一）藉由實驗切入比熱性質。

課文描述：實驗中分別加熱 50 公克的水與甘油，加熱時間相同時，相同質量的水與甘油，甘油的溫度變化大於水的溫度變化。由此可知，相同質量的不同物質，受熱後的溫度變化不同，應與物質的某一特性有關。

（二）開宗明義描述科學上對比熱的定義。

課文描述：1 公克物質上升或下降 1 °C，所吸收或放出的熱量，稱為該物質的比熱（S）。

(三) 用例子說明比熱計算公式。

課文描述：當物質的質量為 M 公克，溫度上升或下降 $\Delta T^{\circ}\text{C}$ ，所吸收或放出的熱量為 H 卡，則該物質的比熱：

$$S = H / M \times \Delta T$$

(單位為卡／公克· $^{\circ}\text{C}$)

可表示為 $H = M \times S \times \Delta T$ (熱量的變化 = 質量×比熱×溫度的變化量)

乙版本

(一) 藉由實驗切入比熱性質。

課文描述：實驗中分別加熱 100 公克的水與甘油，當加熱時間與質量皆相同時，甘油的溫度上升得比水快，表示甘油的溫度比較容易改變；若要使兩者上升相同的溫度，則甘油所需的加熱時間(即所需熱量)較少。

(二) 直接介紹比熱定義。

課文描述：使 1 公克的物質上升 1°C 所需的熱量，稱為此物質的比熱，單位為卡／公克· $^{\circ}\text{C}$ ，即 $\text{cal} / \text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。已知使 1 公克的水上升 1°C 所需的熱量為 1 卡，因此水的比熱為 1.0 卡／公克· $^{\circ}\text{C}$ 。

(三) 介紹甘油的比熱如何計算而來。

課文描述：依據實驗結果，可先計算出水每分鐘共吸收多少熱量，藉此便能推得 1 公克甘油上升 1°C 需要

0.58 卡的熱量，即甘油的比熱為 0.58 卡／公克· $^{\circ}\text{C}$ 。

(四) 介紹 $H=sm\Delta T$ 公式

課文描述：若物質的比熱為 S 卡／公克· $^{\circ}\text{C}$ 、質量為 m 公克，當其溫度上升或下降 $\Delta T^{\circ}\text{C}$ ，所需要吸收或放出的熱量 H 卡可表示為：
 $H=sm\Delta T$

丙版本

(一) 藉由實驗切入比熱性質。

課文描述：實驗中分別加熱 100 公克的水與甘油，相同質量的水與甘油，要上升相同溫度，甘油所需熱量比水少，這是因為甘油的比熱較小的緣故。

(二) 直接介紹比熱定義。

課文描述：科學家定義使 1 公克的物質上升或下降 1°C 所吸收或放出的熱量，稱為此物質的比熱，故比熱的單位為卡／(公克· $^{\circ}\text{C}$)，即 $\text{cal} / (\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。已知使 1 公克的水上升 1°C 所需的熱量為 1 卡，因此水的比熱為 1.0 卡／公克· $^{\circ}\text{C}$ 。

(三) 用例子介紹比熱公式如何計算而來。

課文描述：若有一物質質量為 M 公克，吸收或放出熱量為 H 卡，物質上升或下降的溫度差為 $\Delta T^{\circ}\text{C}$ ，則該物質的比熱為 $S = H / (M \times \Delta T)$ 進而導出 $H=sm\Delta T$ 公式

由上可看出三個版本課程規劃相同之處，都是以實驗實作要學生體驗並觀察出不同物質有不同的比熱，進而介紹科學上比熱的定義。但不同版本在如何呈現比熱的計算公式，則有所差異，甲與丙版本是利用舉例來介紹比熱公式，進而導出 $H=sm\Delta T$ 公式；而乙版本則是延續實驗的情境脈絡，要學生藉由課本提供的實驗數據計算出甘油的比熱，再後續介紹 $H=sm\Delta T$ 公式。

二、不同教科書版本「比熱」概念實驗設計

針對三個不同教科書版本「比熱」實驗設計比較如表 2 所示。三個版本針對比熱的實驗設計中，相同之處是均有要學生做加熱時間與上升溫度之關係圖；相異之處，則是甲版本與丙版本在一個實驗中涵蓋了兩個實驗目的，一為探討同物質不同質量其加熱時間與上升溫度間的關係，另一個實驗目的則為同質量的不同物質其加熱時間與上升溫度間的關係；相較之下，乙版本的實驗目的較為單純，探究同質量的不同物質其加熱時間與上升溫度間的關係。

表 2、三個不同教科書版本「比熱」實驗設計比較

	甲版本	乙版本	丙版本
實驗目的	探討物質受熱後溫度變化與加熱時間、物質質量及物質種類的關係。	加熱 100g 的水與甘油，比較其溫度上升的差異，了解物質種類與溫度變化的關係。	1. 探討加熱時間、水量與溫度變化間的關係。 2. 利用相同質量的水與甘油，了解加熱一定時間後，物質種類與溫度變化的關係。
實驗設計流程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 測 50g 水的初溫。 2. 點燃酒精燈加熱，每隔一分鐘紀錄溫度，連續五次。 3. 另取 100g 的水重複步驟 1 與 2。 4. 另取 50g 的甘油重複步驟 1 與 2。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 測 100g 水的初溫。 2. 點燃酒精燈加熱，每隔一分鐘紀錄溫度，連續五次。 3. 另取相同初溫的 100g 甘油，重複步驟 2。 4. 繪製 100g 的水與甘 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將鐵架、陶瓷纖維網、酒精燈、溫度計與攪拌器裝置架設好。 2. 測 100g 水的初溫。 3. 點燃酒精燈加熱，每隔一分鐘紀錄溫度，連續五次。 4. 另取 200g 的水，重複

	甲版本	乙版本	丙版本
	5. 以加熱時間為橫座標，溫度變化為縱座標，將紀錄表的資料繪製成關係圖。	油之加熱時間與上升溫度關係圖。	步驟2與3。 5. 另取100g甘油，重複步驟2與3。 6. 繪製100g與200g水之加熱時間與上升溫度關係圖。 7. 繪製100g水與甘油之加熱時間與上升溫度關係圖。
實 驗 提 醒	1. 溫度計不可碰到杯底 2. 實驗過程中，不要調整酒精燈的燈芯長度。	1. 溫度計不可碰到杯底 2. 做圖時，斜直線上方與下方的點數大約相等，且斜直線需通過原點。	1. 溫度計需沒入水中，但不可碰到杯底，架好器材後，不要再調整。 2. 酒精燈開始加熱後，需上下移動攪拌器，使液體受熱均勻。

三、實驗設計稍做修改

三個不同教科書版本雖都將加熱同質量甘油與水的實驗擺放在課文正式介紹比熱概念之前，讓學生知道同質量的不同物質加熱相同時間，上升溫度不同。但三個版本在課文中都是開宗明義直接說明科學上比熱的定義，而乙版本優於其它兩個版本的地方是延續著實驗情境脈絡，介紹如何推算出甘油的比熱。故修正課本實驗，過程中讓學生體驗同質量的水與甘油加

熱相同的時間，兩者上升的溫度有顯著差異，且要學生運用先備知識推算該時段內水吸收的熱量，進而推算出甘油比熱，後續導出 $S = H / (M \times \Delta T)$ 。

此實驗之目的是「了解物質種類（比熱）與溫度變化的關係」，而學生先備能力是七年級時在營養章節曾介紹過「水吸收熱量（卡）=水質量（公克）×上升溫度（℃）」，實驗修改後步驟與預計學生達成的學習表現如表3所示。

表 3、實驗修改後步驟與預計學生達成的學習表現。

實驗設計步驟	108課綱學習表現
1. 首先要學生測量50公克水與50公克甘油的初溫。記錄在學習單1上。	pe-IV-2能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。並能進行客觀的觀察與詳實記錄。
2. 將鐵架、鐵環、陶瓷纖維網、酒精燈、溫度計與攪拌器裝置好，加熱50公克水。點燃酒精燈後開始計時，每隔一分鐘記錄溫度計讀數，共記錄5分鐘。【溫度計不可碰觸杯底，攪拌器開始加熱需上下移動擾動液體】	
3. 另取50公克的甘油，重覆步驟2。	
4. 完成記錄一與記錄二的表格，並在黑板上記錄自己組別每分鐘水與甘油的上升溫度。	
5. 請畫出50公克的水與甘油加熱時間與上升溫度之關係圖。	pa-IV-1能製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。
6. 請將全班50公克的水與甘油加熱時間與上升溫度的數據抄在學習單1上，完成記錄四與記錄五。	pa-IV-2能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從獲得的資訊或數據，形成解釋、發現新知。
7. 請學生先完成個人學習單1的問題討論與小試身手，之後再與同組同學討論，最後請小組的組長抽籤決定小組發表題目。小組進行學習單1題目發表時，別組可針對不足之處補充或發問。	tr-IV-1能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯， tc-IV-1並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。
8. 回家功課：請同學完成學習單2。	pc-IV-2能利用口語、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型形式表達成果。
	tr-IV-1能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。

肆、教學建議

實驗過程中，因甘油黏稠，對流性差，若無攪拌則會發生圖 1 的狀況，學生加熱同質量的水與甘油，相同的加熱時間，理論上水的比熱大約為 $1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ ，甘油比熱小約 $0.58 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ ，故甘油上升溫度應較水高出許多，但若未攪拌，則實驗所測到的溫度上升幅度與水相差無幾，甚至會出現上升幅度比水小的狀況，如圖 1 所示。

學習單 1 中的紀錄三，學生所畫出的圖形在 3-5 分鐘約可看出成正比關係，但在加熱初期的 1-2 分鐘，每分鐘的溫度變化量明顯較小，教師不用急著說明這是因為加熱初期三腳架、陶瓷纖維網、燒杯、溫度計與空氣...等都會吸收熱量，這些都是造成實驗誤差的來源，讓學生思考一下其中的緣由，請學生將所想到的可能原因寫在學習單 1 實驗問題討論二中，之後進行全班發表討論。

圖表可呈現出眾多的數據並表示變量間的複雜關係，一直以來被視為是科學教育中的基本工具 (Kilic, Sezen, & Sari, 2012)，但實驗過程中發現學生做關係圖能

力偏弱，推測其背後原因應與學生的認知發展有關，雖說八年級學生理應已進入 Bruner(1973) 所謂的「符號表徵 (symbolic representation)」已能用符號來代表知識和經驗，運用語言與邏輯推理，不再侷限於動作表徵與影像表徵。但每位學生的認知發展階段並不相同，且國中學生仍以動作表徵能力發展最佳，其次為影像表徵，符號表徵能力最弱(林清山、陳李綢, 1987)。故並非所有的學生對於符號表徵都得心應手，故教師可配合學生認知結構，放慢腳步，讓同組的同學合作討論，使每位同學都能從實作中，獲得較深刻的技能與概念學習。

探究教學時，有時會出現與預期或與理論不符合的狀況，這時老師可與學生一起討論為何會出現這種情形，讓學生在過程中學到與體認到理想狀況與現實狀況的差距，且實驗時器材靈敏度的限制、人為誤差或疏失...等眾多原因，學生在此過程中也是有所收穫與成長，所以老師應放開心胸讓學生在安全的環境中逐步探究，建構出屬於他們的知識架構。

50 公克的水. 初溫 (23) 度		1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分
末溫(度)		30	43	61	72	81			
上升溫度(度)		7	20	38	49	58			

50 公克的甘油. 初溫 (23) 度		1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分
末溫(度)		24	38	55	71	88			
上升溫度(度)		1	15	32	48	65			

圖 1、拍攝學生加熱 50 公克水與甘油未攪拌時之加熱時間與上升溫度紀錄表

參考文獻

- 王真麗 (2005)。生活課程：理論與實務。高等教育文化事業有限公司，臺北市。
- 江淑惠 (2010)。七年級學生在科學社團探究式實驗活動之問題解決表現 (未出版之碩士論文)。中原大學，桃園市。
- 林清山、陳李綢 (1987)。科學學習材料具體化程度對中小學生認知學習的成效研究。教育心理學報，20，17-36。
- 教育部 (2008)。97 年度國民中小學九年一貫課程綱要。臺北市：作者。
- 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要自然科學領域。臺北市：作者。
- 鄭麗華 (2002)。以探究式實驗活動提升國二學生參與實驗活動及過程技能之行動研究 (未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化縣。
- 鄭旭煦、朱孟楠 (2015)。探索創新創業教育深化實驗教學改革。元華文創出版社，臺北市。
- 蔡執仲、段曉林 (2005)。探究式實驗教學對國二學生理化學學習動機之影響。科學教育學刊，13 (3)，289-315。
- 顧炳宏、陳瓊森、溫熾純 (2011)。從學生的表現與觀點探討引導發現式教學作為發展探究教學之折衷方案角色的成效-以密度概念為例。科學教育學刊，19 (3)，257-282。
- Bruner, J. S. (1973). *The relevance of education*. New York: Norton.
- Kilic, D., Sezen, N., & Sari, M. (2012). A study of pre-service science teacher's graphing skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 2937-2941.
- Roth, W. M. (2006). *Learning science: A singular plural perspective*. Rotterdam, The Netherlands: Sense.
- Staer, H., Goodrum, D., & Hacking, M. (1998). High school laboratory work in Western Australia: Openness to inquiry. *Research in Science Education*, 28(2), 219-228.

學習單 1

記錄一：自己組別 50 公克水加熱時間與溫度變化一覽表。

水的初溫 _____ °C

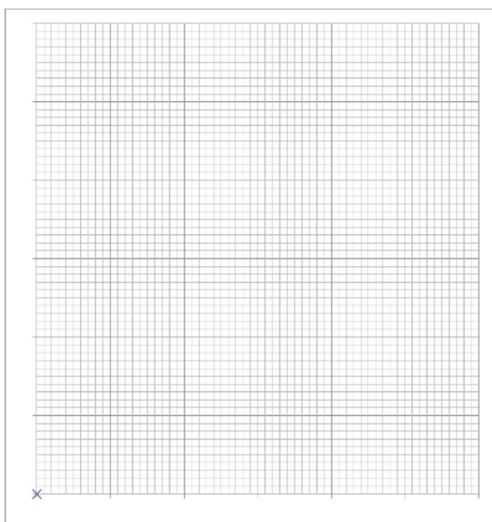
加熱時間	1分鐘	2分鐘	3分鐘	4分鐘	5分鐘
水的溫度 (°C)					
上升溫度 (°C)					

記錄二：自己組別 50 公克甘油加熱時間與溫度變化一覽表。

甘油的初溫 _____ °C

加熱時間	1分鐘	2分鐘	3分鐘	4分鐘	5分鐘
水的溫度 (°C)					
上升溫度 (°C)					

記錄三：請以加熱時間為橫座標，上升溫度為縱座標，畫出自己組別 50 公克的水與甘油加熱時間與上升溫度之關係圖。



記錄四：全班組別加熱 50 公克水之時間與溫度變化一覽表。

加熱時間	3分鐘	4分鐘	5分鐘
第一組上升溫度 (°C)			
第二組上升溫度 (°C)			
第三組上升溫度 (°C)			
第四組上升溫度 (°C)			
第五組上升溫度 (°C)			
上升溫度平均 (°C)			
酒精燈提供給水的熱量 (卡)			

- (1) 請你算出第三分鐘時，要使1公克的水溫度上升1°C需要熱量_____卡
- (2) 請你算出第四分鐘時，要使1公克的水溫度上升1°C需要熱量_____卡
- (3) 請你算出第五分鐘時，要使1公克的水溫度上升1°C需要熱量_____卡
- (4) 請問你溫度不同的水，要使1公克的水溫度上升1°C所需要的熱量是否有顯著差異？

記錄五：全班組別 50 公克甘油加熱時間與溫度變化一覽表。

加熱時間	3分鐘	4分鐘	5分鐘
第一組上升溫度(°C)			
第二組上升溫度(°C)			
第三組上升溫度(°C)			
第四組上升溫度(°C)			
第五組上升溫度(°C)			
上升溫度平均(°C)			
酒精燈提供給甘油的熱量(卡)【抄記錄四之表格最後一列數據】			

- (1) 請你算出第三分鐘時，要使1公克的甘油溫度上升1°C需要熱量_____卡
- (2) 請你算出第四分鐘時，要使1公克的甘油溫度上升1°C需要熱量_____卡
- (3) 請你算出第五分鐘時，要使1公克的甘油溫度上升1°C需要熱量_____卡
- (4) 請問你溫度不同的甘油，要使1公克的甘油溫度上升1°C所需要的熱量是否有顯著差異？_____

實驗問題討論：

一、測量液體溫度，溫度計為何不可碰觸杯底？

二、由記錄三所畫出的圖，可看出同一種液體的加熱時間跟上升溫度間有成_____比的趨勢。但第一分鐘與第二分鐘的上升溫度數據偏低，請你推論可能原因為何？

三、在記錄四與記錄五中，為何不用自己組別數據直接計算，而要紀錄全班數據再進行推算？_____

四、在記錄四與記錄五中，計算水與甘油的比熱過程中，理論上同一狀態、同一物質其比熱應為定值，但為何由實際測量出來的數據會有些微落差，請你推論其原因為何？

小試身手：記錄五中使1公克的甘油溫度上升1°C所需要的熱量，即是甘油的比熱。

請問若有一物質質量為M公克，吸收熱量H卡，其溫度上升 $\Delta T^{\circ}\text{C}$ ，
則該物質的比熱可表示為_____【請用M、H與 ΔT 表示】

學習單 2

一、假設酒精燈一分鐘提供600卡的熱量。不考慮熱量散失的情況下。

- (1) 用此酒精燈加熱初溫 25°C 質量100公克的水，加熱2分鐘，則水溫上升？ $^{\circ}\text{C}$ (水的比熱為 $1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)
- (2) 用此酒精燈加熱初溫 25°C 質量100公克的甘油，加熱2分鐘，則甘油溫度上升？ $^{\circ}\text{C}$ (甘油的比熱為 $0.6\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)
- (3) 由上面兩小題的答案可推論出相同質量的物質，以同一熱源加熱相同的時間，則比熱較大者其溫度變化較_____(大或小)。

二、市面上賣糖炒栗子，為何用小石頭與栗子一起拌炒？

三、請你試著說明為何白天風由海面吹向陸地（吹海風）？

四、請你試著說明晚上為何風由陸地吹向海面（吹陸風）？

五、當你夏季白天時到海邊遊玩，可明顯感覺到沙灘與海水溫度差異很大。請你試著說明其原因為何？