

發展有效的教學模式及評量工具以引導國小高年級學生學習 科學解釋與論證

摘要

本研究主要發展自原先聚焦於國小中年級學生科學解釋的教學，再進一步延續到高年級學生，欲研發一引導國小高年級學生由科學解釋學習到科學論證的教學模式，以及合宜的評量工具。研究對象為本校共四班的五、六年級學生，以融入自然科課室教學內容為主，由實驗活動為起始，進而引導學生依據實驗紀錄而逐步完成科學解釋及論證之學習單，研究過程中並發展出合宜檢測學生科學解釋之單元概念評量卷。本研究以量化分析理解學生單元概念前後測的差異，並以內容分析學生書寫內容及晤談等質性資料，理解學生參與此教學模式的學習成效，再配合課室影音資料，以歸納出合於學生學習科學論證之模式。本研究結果希望能提供未來在國小融入科學解釋及科學論證教學之參考模式，同時舉辦寒暑假科學活動營，增加學生參與實驗操作及科學讀寫的機會，也安排週三進修，推廣本研究之理念及作法，並提供校內外教師理解科學課室中的讀寫活動，也鼓勵其應用於教學中。

關鍵字：科學解釋、科學論證

一、研究計畫之背景及目的

(一)研究背景

由近年來的大型國際測驗中可以發現科學讀寫及閱讀理解的重要，例如：在 2015 年 TIMSS 的報告中也注重學生運用科學概念的溝通及表達能力，而這幾年的科學教育研究也著重於此面向。因為科學的目的在於解釋現象(Stefani & Tsaparlis, 2009)，而科學教育的主要目標則在培養學生的高層次的科學素質(National Research Council [NRC], 1996)。因此，幫助學生發展科學概念的理解，並以科學知識解釋生活中的現象是相當重要的(Nieswandt & Bellomo, 2009)。學習科學包含了學習者建構及再建構自我解釋，並評估相關性及完整性之動態過程(Kapon, 2017)。而這樣的課程若能融入正式課程當中，則能從平時自然課中培養學生進行科學解釋，讓他們習於運用科學概念解釋日常現象。

身為科學教育者，我們希望學生能夠運用課堂所學的科學概念及模型，作為一個詮釋架構以意義化並解釋自然世界中的現象，並對特定訊息有一定的敏銳度(Kapon, 2017)。因而目前對於學生科學解釋及論證的研究對象年齡層逐漸下降。Songer 和 Gotwals (2012)指出在較新的政策則開始著重於年幼孩子的科學解釋，主要希望學童從小養成運用合適的舉例來說明及解釋現象的習慣，Ryu 和 Sandoval (2012)在研究中探討持續性的科學論證教學，發現長期教學下來，中年級學生建構及評判論證的能力是有提昇的。而研究者於之前計劃中已發展一 DCI 教學模式以協助國小四年級學生進行科學解釋，而此教學模式也在研究中被證實有助於小四學生學習科學解釋(Yang & Wang, 2014；楊秀停、蓋允萍、王國華，2014)，為了進一步訓練學生持續擁有運用此科學解釋的習慣，本次研究轉而著重於高年級學生的科學解釋，並再進一步引導其完成科學論證。

著重於科學解釋及論證的教學確實有其必要性，因為當教師開始著重在科學解釋的教學，他們也會較專注於科學內容及解釋，而非只收集些有趣的活動，同時會要求孩子提供相關證據及說明(Zemba-Saul, McNeill, and Hershberger, 2014)。為了能延續國小中年級到高年級持續性科學讀寫的學習，在國小中年級的學生著重於科學解釋，而在高年級學生方面，則著重在科學論證，以此方式提昇高年級學生科學概念的理解，並學會科學解釋及論證，而過去的科學論證主要從文章內容閱讀中進行科學論證的書寫(靳知勤、楊惟程和段曉林，2010；楊桂瓊、林煥祥和洪瑞兒，2012)，而本研究則是以自然課室中的上課內容為主，主要以實驗活動為起始，依實驗內容或課程中內容再進一步發展出科學解釋，由科學解釋為始，進而逐漸加深，以完成科學證証，讓學生能熟習運用課堂中所學之科學概念，以解釋生活中的現象，養成一個解決問題的思考模式。因此，本研究欲發展一教學模式引導高年級學生由科學解釋開始，以循序漸進方式，由簡而繁地學習到科學論證；並藉此發展合宜之科學解釋評量卷，以檢測學生之學習成效。

(二)研究目的

本研究目的為發展有效引導國小高年級學生由科學解釋到科學論證學習之教學模式及評量工具。待答問題如下：

1. 高年級學生參與教學後，科學解釋之學習結果分析？
2. 學生參與此教學模式之科學解釋品質分析？

二、研究方法、步驟與進度

本研究挑選學校五、六年級共四班學生，實施科學解釋及論證融入一般自然課室教學中，同時教學中，研究者建構一教學模式，能引導學生由科學解釋逐步學習到科學論證，主要以實驗活動為主，再加以發展成科學解釋及論證之寫作單，讓學生由實驗結果提出相關證據以完成科學解釋及論證。過程中收集質性及量化資料，以理解學生學習過程之困難，修正並歸納出合適的教學模式，並發展科學解釋評量工具以分析學生的學習成效。

(一)研究設計與對象

本研究設計以單組之前實驗設計為主，不列控制組，所參與研究之對象皆接受融入科學解釋之教學模式，採取混合式研究方法(mixed-methods approach) (Kang, Thompson & Windschitl, 2014)，主要融合質性及量化的研究方式，除了比較各單元教學前後學生之科學解釋前後評量卷之差異，並分析教學過程中學生科學解釋學習單之寫作品質。

本研究挑選位處偏鄉的國小為對象，本校家長多數務農，多數家長關心孩子的學習，然而經常忙於農事，無法全心指導孩子的課業，但大多尊重並認同學校的活動安排。本研究對象以五、六年級共四班學生為主，配合其課本內容，由實驗活動或閱讀活動中引入科學解釋，並進一步引導學生學習科學論證。五年級二班分別為 20 人，二班學生較活潑，喜愛實驗操作，於上課時都能遵守規矩並勇於發言，但有少數幾位學生較不專心，大約有二到三位學生較無法理解上課的內容，需要身旁的同學提點及協助，但整體上課參與度皆是足夠的。而六年級二班人數則各約為 19 人，此二班學生上課也屬活潑且熱愛實驗操作，上課中能勇於討論及發言，並提出合適的問題，大多數學生理解能力尚可，但其中有一至二位學生程度稍落後，需要多點時間或多些協助，才能完成指定之任務。

(二)教學流程與活動設計

引導學生進行科學解釋前，應先分析該單元的主要概念及關鍵性概念，接著以程序性方式引導學生意義化相關概念，因為學生學習的目標是完整的科學概念，不是名詞或詞語。(Zemba-Saul et al., 2014)。本研究的科學解釋教學於五年級自然課程中挑選二單元進行，分別為太陽及水溶液二單元，而六年級則挑

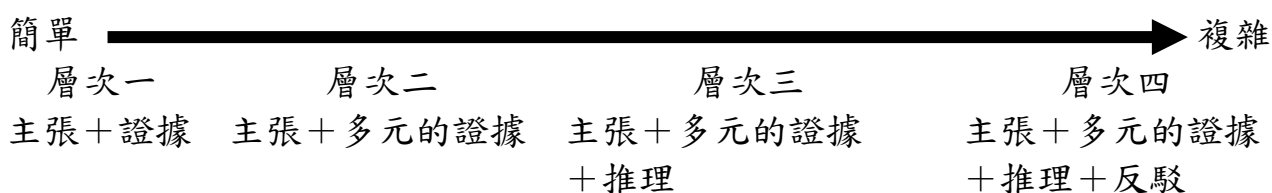
選一個單元：熱對物質影響。於單元教學前，針對該單元內容，研究者先發展該內容相關科學解釋或論證之單元概念前後測評量卷，分別於教學前及教學後施測，以理解整體學生在單元科學概念之科學解釋及論證理解之改變。教學過程中，先以口語解釋為主，由口頭回答描述性寫作的問題，此法不同於中年級的實驗模式是以寫作完成描述性解釋的問題(Yang & Wang, 2014；楊秀停、蓋允萍、王國華，2014)，主要乃因高年級學生的思路較清楚，語文表達較流暢，不需如中年級以文字書寫來強化其表達，反而可縮短此過程，透過觀察活動而以口頭回答即可；接著，教師提及詮釋性解釋的問題，此問題學生需舉例說明得更清楚，教師即可引入科學解釋與論證中主張、證據、推理及反駁等成分，教學活動設計主要以提問方式引導學生思考及回答，並鼓勵學生嘗試進行科學解釋的表達。(如表一)

表一 每單元之教學流程及資料收集對應表

	教學流程說明		資料收集
教學前		理解學生的背景知識	單元內容及科學解釋評量卷前測
教學中	口語解釋 ↓	由觀察為起始，引導學生回答描述性問題，初步由口語解釋開始	課室影音資料
	引入科學解釋的成分 ↓	教師提問詮釋性科學解釋問題，引導學生說明清楚，並引入科學解釋與論證中主張、證據、推理及反駁等成分	
	科學解釋的寫作	由實驗為起始，實驗操作後引導學生完成科學解釋的寫作	科學實驗及解釋寫作單
教學後		分析並檢測學生科學解釋之理解及應用	單元內容及科學解釋評量卷後測 科學閱讀及解釋評量單

本教學模式從科學解釋到科學論證的教學過程，主要以循序漸進的方式將科學解釋的層次由簡單到複雜，主要包含科學解釋中主張、證據及推理等三部分，再加入反駁而形成科學論證。此理念主要修正自 Toulmin 的論證架構圖，再簡化為國小高年級學生可理解之面向，而形成包含主張、證據、推理及反駁等四部分之科學論證。

剛開始先以主張及證據為主，接著強化多元的證據，再加入推理，最後可以再加入進行反駁。反駁是較高層次的思考歷程，合適於國中生及較高年紀的學生(Zemba1-Saul et al., 2014)。如此安排之目的是引導學生從最基本的解釋成分開始學習，理解主張與證據後，並進一步加深到推理及反駁等部分之學習。因而教學流程則由層次一至層次四的順序性引導。



圖一 解釋層級對應圖

而教學後，再以單元內容及科學解釋評量後測卷，以及科學閱讀及解釋評量單施測，以理解學生在科學解釋的表現。

(三)研究工具

1. 各單元之科學概念及解釋評量卷

此單元科學概念及解釋評量卷主要以課本內容之科學概念為主，發展出不同面向之科學解釋陳述句，以四選一之選擇題方式呈現，包含由主張判斷合宜的證據、證據推回主張，或是解讀圖表作推理等不同面向之科學解釋的理解情形，最後，再包含科學閱讀理解之文章及相關問題等。而科學閱讀文本的內容主要取自近期的科學人雜誌的文章中，研究者閱讀後將內容整合並改寫為二到三段，且合於高年級學生閱讀及理解的範疇，以作為科學閱讀之文本。此文本之閱讀理解則包含不同層次之題目，主要依據促進國際閱讀素養研究（Progress in International Reading Literacy Study，簡稱 PIRLS）所分的四個層次，分別為：提取訊息、推論訊息、詮釋整合訊息，及比較評估等。每單元之評量卷題數以十到十五題為主，並於單元教學實施前後進行測驗，而評量卷發展完成，主要考量內容效度及表面效度，先經由專家審視題目內容與目標之合宜性並作修正，再以他校五、六年級學生作預試，除了檢視題目可讀性的表面效度外，在考驗內部一致性的信度後再作題目的調整及修正，而題目修正後之內部分一致性則稍微提升，其中五年級太陽單元的內部一致性為 0.64，水溶液單元的內部一致性為 0.58，而六年級物質與熱單元的內部一致性為 0.54。

2. 各單元之科學解釋及論證學習單

科學解釋及論證的實施，融入課室教學進行，學習單的記錄主要搭配實驗活動，先讓學生操作相關實驗，並記錄下來。接著，由學生的實驗數據及記錄中，研究者發展一個相關問題，讓學生依據實驗結果提出主張，再依據紀錄中所呈現的數據，整理出證據並一一說明，再統整證據所呈現之現象回應主張，並稍作推理，若再能舉出反例以強化主張則更完整。如下圖所呈現以太陽觀測活動為例，先學生紀錄下同一天不同時間，同一物體陽光下的影子長度、方位及太陽方位，觀測完後，依據紀錄結果，回答出太陽下的影子和時間有什麼關係，提出主張後，再列舉紀錄表中的證據，接著完成推理及反例說明，以完成此學習單。

科學解釋及論証學習單

太陽觀測紀錄表				
觀測日期：() 月 () 日			觀測地點：()	
觀測時間				
影子長度				
影子方位 (度)				
太陽方位 (度)				

<問題>請問太陽下的影子和時間有什麼關係？
主張：
證據：
推理：
反例：

圖二 融入課室實驗之科學解釋及論証學習單

(四) 資料收集與分析

本研究所收集之資料包含質性與量化資料，其中量化資料主要有學生前後測之各單元內容及科學解釋評量卷，此評量卷內容以該單元主要概念為主，包含概念間相關之科學解釋及科學論證的題目內容，而題型以四選項之選擇題為主，此評量卷內容考量表面效度及內容效度，預試後評估內部一致信，並經專家審核修正後，分別於各單元教學前後施測。此外，於課程結束後也施測科學閱讀文章為主的科學解釋評量單，此科學閱讀解釋評量單內容包含了勾選題及半開性問題，以檢測學生科學解釋的應用，並考量內容之專家效度及表面效度，作適度修正，以利施測。而質性資料則包含學生於各單元教學中所書寫之科學實驗及解釋寫作單，以及課後晤談及課室教學之影音資料等，其中寫作單部分於實施前，經專家審核後進行修正。

量化資料如單元概念及科學解釋評量單之結果主要以成對樣本 t 檢定來比較每一組在每單元的前後測結果，同時計算效果量 (effect size)，以了解每組在各單元教學後進步的程度差異，此外，也分析不同題型之答對率及前後測進步率等，以理解學生在科學文本及科學解釋不同面向之學習狀況差異。而學生所書寫之科學解釋學習單等質性資料，除了進行描述性統計的量化分析外，特別針對學生書寫內容進行質性內容分析，先進行編碼，再加以類別化，並結合

McNeill (2009)所提出的科學解釋評量準則，以及 Kang 等人(2014)所提出之學生科學解釋品質評量標準，加以修正後作為本研究評量學生科學解釋品質之準則，以理解其概念學習及科學解釋與論證之表現（如表二）。科學解釋評量標準主要面向包含：主張、證據的角色、證據的一致性、推理及反例等五面向，以理解其解釋的深度及證據與主張的合適性。並由多位自然科相關教及研究者進行評分，將初步比對各評分者的評分一致性後，稍加討論，並修正學生評量的分數，讓不同評分者對於同一學生之科學解釋書寫有一致性的看法。而教學過程中的錄影音及晤談影音，皆轉為文字進行分析及編碼，以理解教學過程中學生學習的狀況，此編碼由研究者及相關人員進行，並初步比對其評分一致性，再加以調整，最後呈現出學生參與此教學模式之學習成效及科學解釋與論證之寫作單品質。

表二 學生科學解釋品質之評分準則

評量面向		內容層次(分數)			
		0	1	2	3
主張		未提出主張	主張無法完全回答問題	提出正確且完整的主張	
證據	角色	未提供證據	僅描述一個活動及資料作為解釋的證據	呈現二個以上活動中的概念但有所錯誤	呈現觀察或活動中的重點概念為證據以回應主張
	一致性	未提供證據或證據與解釋無關	證據事件與解釋的關係微弱，或部分相關	證據事件與解釋描述有邏輯關係的一致性	
解釋的深度	推理	未呈現推理	重複證據，連結主張	有科學原理連結主張與證據，但是不足以說明	運用合適的科學原理來解釋證據資料，並支持主張
	反例	未呈現反例	反例與推理關係不一致，不足以說明推理正確性	能運用合適的反例強化推理的邏輯正確性	

(五)研究步驟進度

本研究預計於上學期分別於五年級及六年級共四班的自然課室中，在五年級部分，我們挑選了太陽及水溶液二單元進行科學解釋及論證的教學，主要融入實驗活動中，再發展科學解釋及論證的寫作活動，教學實施前先完成相關寫作單及評量單的設計與修正，預計上學期進行教學並收集完相關資料，並於下學期進行資料分析及結果撰寫。

表三 研究進度表

研究進度	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
教案、寫作 單及單元評 量卷設計												
晤談單規劃 及修正												
進行教學												
資料收集												
資料分析												
撰寫研究結 果												
暑期科學活 動營												

三、研究結果與討論

本研究結果將分二部分呈現，首先呈現高年級學生參與此科學解釋及論證教學模式之學習結果，其次分析學生參與科學解釋的寫作品質。

(一)高年級學生參與此科學解釋及論證教學模式之學習結果

資料初步分析主要依學生科學概念及解釋評量單的結果，先作量化分析，經成對樣本 t 檢定結果發現，五年級學生在太陽單元中，前測平均為 8.12，而後測成績為 10.49，顯現出教學前後平均分數差異已達顯著性成長，而在水溶液單元當中也是同樣的，前後測平均差異均達顯著性，而二單元的效果量分別為 0.77 及 1.09，皆顯示出這些科學概念在教學過程後，能有效提高學生的概念理解。

表四 五年級學生在太陽單元成效評量單之成對樣本 t 檢定結果

	平均數	個數	標準差	t 值(顯著性)	效果量 (effect size)
前測	8.12	41	3.07	5.17***	0.77
後測	10.49	41	2.09		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

表五 五年級學生在水溶液單元成效評量單之成對樣本 t 檢定結果

	平均數	個數	標準差	t 值(顯著性)	效果量 (effect size)
前測	7.43	41	1.99	5.27***	1.09
後測	9.61	41	2.21		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

而六年級學生在物質與熱單元中，前測平均為 9.95，後測平均為 12.1，二者差異同樣達顯著性，效果量為 1.07，顯現在教學前後，學生對於該單元的概念理解有明顯的進步。總結由五六級此三單元的評量單上可以知道教學的過程能促進學生的概念理解，同樣也能提升學生科學解釋方面的判斷力。

表六 六年級學生在物質與熱單元成效評量單之成對樣本 t 檢定結果

	平均數	個數	標準差	t 值(顯著性)	效果量 (effect size)
前測	9.95	39	2.00	6.05***	1.07
後測	12.1	39	2.05		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

除此之外，我們比較三個單元，並再進一步分析不同題型面向的答題情形會發現，主張與證據的相互推論是學生最容易學習的部分，判斷主張與證據的相關性，不論是從主張推證據，或是從證據推主張，學生透過教學，能夠很快學會判斷二者的相關性，進步率也較高。而進步率較低的則是有關推理的問題，直接從問題提出主張及推理，通常是學生最不容易學習的部分，即使經過教學後，學生的答對率仍不是很高，進步率也較低，尤其是在五年級的二個單元中，對五年級學生而言，單是文字敘述的判斷作推理確實不易，但若輔以表格呈現，則學生的進步率是高於純文字敘述的推理題型。因為推理需與學生的相關概念結合，才能作良好的判斷。雖說推理對學生而言是不易理解的，但是若配合科學文本的閱讀，則發現學生在推論訊息上比單元概念有更好的表現，學生除了能從科學文本閱讀中直接提取訊息外，也大都能從文章中尋找相關線索以推論訊息。

表七 五年級太陽單元答題分析表

題型面向		題號	前測答 對率	後測答 對率	進步 率
提出主張	判斷合於問題的主張	1	0.24	0.32	25%
主張與證據 相互推論	由主張推論證據	2	0.32	0.61	47.5%
	由證據推論主張	3	0.46	0.76	31.6%
提出主張及 推理	判斷合於問題的主張及 推理	4	0.22	0.22	0%

科學文本閱讀理解	解讀表格並推理	5	0.32	0.44	27.3%
	判斷合於問題的主張及推理	6	0.44	0.51	13.7%
	層次一：提取訊息	7	0.78	0.98	20.4%
	層次一：提取訊息	8	0.63	0.73	13.7%
	層次一：提取訊息	9	0.73	0.95	23.2%
	層次二：推論訊息	10	0.68	0.85	20%
	層次二：推論訊息	11	0.78	0.88	11.4%
	層次二：推論訊息	12	0.59	0.78	24.3%
	層次三：詮釋整合訊息	13	0.61	0.85	28.2%
	層次三：詮釋整合訊息	14	0.59	0.85	30.6%
	層次三：詮釋整合訊息	15	0.73	0.88	17%
	層次四：比較評估	16	0.36	0.78	53.8%

表八 五年級水溶液答題分析表

題型面向		題號	前測答對率	後測答對率	進步率
提出主張	判斷合於問題的主張	4	0.39	0.95	58.9%
主張與證據相互推論	由主張推論證據	1	0.39	0.95	58.9%
	由證據推論主張	3	0.12	0.54	77.8%
	由證據推論主張	6	0.1	0.73	86.3%
提出主張及推理	解讀證據並推理	2	0.27	0.32	15.6%
	解讀問題並推理	5	0.44	0.44	0%
	解讀表格並推理	7	0.15	0.24	37.5%
科學文本閱讀理解	層次一：提取訊息	8	0.93	0.93	0%
	層次一：提取訊息	9	0.98	1	2%
	層次二：推論訊息	10	0.83	0.85	2.4%
	層次二：推論訊息	11	0.8	0.88	8%
	層次三：詮釋整合訊息	12	0.78	0.78	0%
	層次三：詮釋整合訊息	13	0.9	0.9	0%
	層次三：詮釋整合訊息	14	0.37	0.37	0%
	層次三：詮釋整合訊息	15	0.85	0.95	0%

而六年級的學生在評量單上表現與五年級學生相近，同樣是主張與證據相互推理的進步率是較高的，可知經由教學能有效引導學生學習判斷主張與證據的相關性，但在推理的題型中，其中一題進步率高達五成，其他則如同五年級的結果，進步率是較低的。但是如果提供合適的證據，則學生可以由證據進行推理，也發現由證據進行推理的答對率是較高的，但進步率較低，不同於直接解讀問題作推理的題型，此題型得以由教學過程提高其答對率及進步率，此與學生之概念理解

較相關，而題目中提供證據則學生得以有相關資訊進行判斷並推理。

然特別的是科學文本的閱讀上，部分題目後測達對率低於前測答對率，顯然文本之閱讀理解不同於課堂中的科學概念，會因為科學概念的理解程度而影響其推理等科學解釋的判斷，文本中隱含著許多線索，只要答題者能靜心思考，完整地閱讀文章，大都能從線索中進行判斷，因此不分前測或後測，能完成文本閱讀，就能完成答題，因而答對率可能依當時閱讀文本的詳實程度及理解度而定。由此可知，透過科學文本的閱讀，文本中的內容是學生得以判斷推理之依據，如同教師給的提示，有助於學生完成科學解釋。

表九 六年級物質與熱答題分析表

	題型面向	題號	前測答對率	後測答對率	進步率
提出主張	判斷合於問題的主張	8	0.39	0.84	53.6%
主張與證據相互推論	由主張推論證據	1	0.45	0.87	48.3%
	由證據推論主張	5	0.24	0.82	70.7%
	由主張推論證據	6	0.21	0.92	77.2%
提出主張及推理	解讀問題並推理	2	0.58	0.61	4.9%
	解讀問題並推理	3	0.42	0.89	52.8%
	解讀證據並推理	4	0.61	0.66	7.6%
	解讀證據並推理	7	0.82	0.84	2.4%
科學文本閱讀理解	層次一：提取訊息	9	0.95	0.97	2.1%
	層次一：提取訊息	10	1	1	0%
	層次二：推論訊息	11	0.84	0.95	11.5%
	層次二：推論訊息	12	0.95	0.82	-13.7%
	層次三：詮釋整合訊息	13	1	1	0%
	層次三：詮釋整合訊息	14	0.95	0.89	-6.3%
	層次三：詮釋整合訊息	15	0.55	0.47	-14.5%
	層次三：詮釋整合訊息	16	0.85	0.98	13.2%

由以上之結果可知，給予國小高年級學生適度的引導及提示，可以有效提昇學生的科學解釋的理解，並強化其推理。高年級學生在推理的表現遠勝於中年級學生，因而在教學引導過程中，由主張開始到證據，最後再延伸到推理的教學流程是合適的，也是符合學生對於科學解釋理解的難易度，由易而難的學習。

（二）學生參與此教學模式之科學解釋品質分析

針對學生書寫科學解釋評量單的結果分析上，我們主要分為主張、證據的角色、證據的一致性、解釋深度的推理與反例等五個面向進行評分，除了證據的角色及解釋深度中的推理為 0 到 3 分之外，並其餘面向則為 0 到 2 分，以此

理解學生的科學解釋品質。

在五年級的太陽單元當中，學生於科學解釋品質的結果分析上發現，主張面向有 85.3%的學生能達到 2 分，代表大部分學生的主張能有效地回應問題並理解題意，只有少數幾個無法提出合適的主張，而在證據方面，證據的一致性遠比證據的角色來得容易理解，學生大都能判斷證據與主張之相關，因而在證據的一致性方面有 65.9%的學生能舉出與主張相關之證據，但在證據的品質上則不然，能提出二種以上且正確的證據卻只達 19.5%，而多數學生可提出一個證據，或可提出二種但不完全正確之證據。而推理的部分，部分學生無法達到推理的說明，而多數學生則是得以作合適的推理，此結果顯示高年級學生的推理表現確實優於中年級的學生(Yang & Wang, 2014)。但相較於推理，反例的說明對學生而言則顯得困難多了，學生需提出一個假設性的錯誤再加以推翻，以強化原有的主張是正確的，因而只有少數學生（14.6%）能完整地舉出反例來說明，而有 43.9%的學生是無法以反例來說明的，41.5%的學生所提之反例說明不完整，顯見反例的難度對於高年級學生是不易掌控的。

表十 太陽單元科學解釋評分結果

太陽單元 評分	主張(個數/ 百分比)	證據（個數/百分比）		解釋的深度（個數/百分比）	
		角色	一致性	推理	反例
0	2 (4.9%)	6 (14.6%)	6 (14.6%)	7 (17.1%)	18 (43.9%)
1	4 (9.8%)	13 (31.7%)	8 (19.5%)	2 (4.9%)	17 (41.5%)
2	35 (85.3%)	14 (34.2%)	27 (65.9%)	16 (39%)	6 (14.6%)
3		8 (19.5%)		16 (39%)	
平均分數	1.8	1.59	1.51	2	0.71

從整體平均分數來看，主張及推理的平均分數是較高的，以 s50105 學生為例，主張中能以”中午時影子最短”來說明太陽下的影子和時間之關係，符合問題之面向，推理部分也能以不同時間的影子長度變化來強化太陽下的影子和時間是如何相關，但其推理的說明是有誤的，從早到中午影子變短，並非”從早到晚”，況且推理中無適時呈現相關數據以強化論點，故在推理表現的評分上近於 2 分，屬吻合推理之說明但不完整。然在證據的部分是不足的，無法合適地引用評量單上的表格所紀錄之數據加以說明，只是以文字描述其現象，同樣在反例的部分也無法說明反例以強化主張。

而通常在反例上能完整呈現的學生，在整體科學解釋的說明也是較清楚的，例如 s50207 學生，在主張中能說明一整天不同時段的影子長短變化，並在證據中提出記錄表中早上、中午及下午等三個不同時段所測得的影子長度，推理中能以證據所顯示之數字強化原來的主張，證實早上的影子和下午的影子較長，而中午的影子最短。特別是在反例當中的說明，先假設自身主張論點若有誤，則可能出現的結果應該為何，再呈現事實並非假設之結果，所以假設不成立，反之則自

身原有主張是正確的。因此，此學生在主張、證據的角色、證據的一致性、解釋深度的推理與反例等五個面向的評分皆可達到 2-3 分等完整的分數，也可見此學生之相關概念清楚，且能考量相關因素並以正反向推論以強化主張。而反例的說明如同學生的後設認知能力，可藉此來判斷自身對概念的理解程度。

問題：一天中，太陽下的影子和時間之關係為何？				
學生	主張	證據	推理	反例
s50105	中午的影子最短	因為中午的太陽在我們的正上方，所以影子很短。	從早到晚影子越來越短，到中午影子越短。	不知道
s50207	早上的影子和下午的影子較長，中午的影子最短	早上 9:15 影子長度約 8cm，中午 11:00 影子長度約 3.8cm，下午 14:50 影子長度約 12cm	中午影子長度約 3.8cm，早上影子長度約 8cm，下午影子長度約 12cm，所以早上的影子和下午的影子長	如果中午的影子不是最短的，但是下午和上午的影子才是最長的，所以時間越接近中午影子最短。

在水溶液單元當中，先讓學生實驗不同量酸鹼溶液混合，並記錄結果，而於科學解釋問題中則詢問學生”什麼因素會影響酸性溶液加鹼性溶液的混合液性質？”由學生的回應結果分析，將近所有的學生都能提出完整的主張以回應問題，而證據的角色上約有二成的學生能提出二個以上且正確的證據，六成六的學生能夠提出二個以上證據，只是較不完整，在證據的一致性上有八成的學生可以提供與主張相關之證據。然而在推理的表現上，有一半的學生多是重複主張或證據，未作連結，而另外四成六的學生可以連結主張及證據，只是未說明清楚，但沒有學生能運用科學原理完整地連結主張和證據。在反例的表現上有六成的學生能夠提出反例但邏輯關係不完整，約有一成七的學生可以合適地運用反例來強化推理的邏輯正確性。整體看來，除了推理部分，其他面向的表現皆優於太陽單元，不論是主張、證據的角色及一致性，及反例的說明，皆比太陽單元清楚，顯然對五年級學生而言，於太陽單元中書寫過科學解釋的經驗是有助於下一單元科學解釋的理解，然而推理部分，大多說明不完整，因而平均分數較低，未如太陽單元的表現，但有趣的是沒有學生提不出推理，可顯見在習於上個單元的科學解釋表達後，學生能夠較清楚地理解推理的內涵，也能有效的表達，只是說明不夠清楚完整。單看五年級學生在二個單元的科學解釋表現結果可以看出，學生在第二單元中科學解釋上的理解及表達是有所進步的，經驗的累積可以幫助他們對於科學解釋有更深刻的理解。

如同表十一中所呈現的，在第二次水溶液單元中，五年級學生在主張中的表現有明顯的進步，同時更能符合問題提出合適的主張，幾乎是全體學生能夠提出合於問題之主張。證據上的結果如同第一單元，學生在證據一致性的表現上，比證據的角色來得好，有 83%的學生能夠提出與主張相吻合的一致性證據，但只有 21.9%的學生能夠提出二個以上且清楚呈現概念的證據，而多數學生所提之證據可達二個，但仍有些許錯誤。此結果類似於第一單元，只是證據之整體表現是優

於第一單元的，而在解釋中的反例表現仍不如其他面向，同樣是學生較困難的部分，但卻可以看出比起第一單元的進步，然而在解釋中推理的部分卻不如第一單元，多數學生的困難點在於，無法完整地運用科學原理說明主張與證據間的關係連結。以學生 S50114 為例，在主張中能提出合適的說明，並能有合宜且一致性的證據，但在推理的說明中，只說明了酸加鹼的結果，並未說明到等量的情形下才成立的前題，這同樣是多數學生的問題，未適時連結相關科學概念或情境的描述，導致推理的說明不完整，若能說明出在等量的強酸和等量的弱鹼混合，則結果為酸性，而等量的強酸和等量的強鹼混合，則結果為中性，則可顯示出在相同量的情形下，較強的酸或鹼的溶液則會顯現在混合液的酸鹼性質中，如此較能完整呈現出推理。

表十一 水溶液單元科學解釋評分結果

水溶液 評分	主張(個數/ 百分比)	證據(個數/百分比)		解釋的深度(個數/百分比)	
		角色	一致性	推理	反例
0	0 (0%)	1 (2.4%)	1 (2.4%)	0 (0%)	9 (21.9%)
1	1 (2.4%)	4 (9.8%)	6 (14.6%)	22 (53.7%)	25 (61%)
2	40 (97.6%)	27 (65.9%)	34 (83%)	19 (46.3%)	7 (17.1%)
3		9 (21.9%)		0 (0%)	
平均分數	1.98	2.07	1.81	1.46	0.95

問題：什麼因素會影響酸性溶液加鹼性溶液的混合液性質？					
學生	主張	證據	推理	反例	
S50114	酸或鹼的強弱	醋 25ml+石灰水 25ml 為酸性，汽水 25ml+石灰水 25ml 為中性，醋的酸性比較強。	強酸+弱鹼=酸性，強酸+強鹼=中性，酸或鹼的強弱會影響實驗結果。	如果不是因為酸或鹼的強弱，那醋 25ml+石灰水 25ml 就會是中性，但實驗後發現，酸或鹼的強弱會影響實驗的結果。	

整體五年級二個單元的表現中，可以看出學生在第二單元的科學解釋表現確實是優於第一單元，在主張、證據及反例方面，都可發現學生詮釋的內容更符合科學解釋中期待的完整說明，也顯示學生經歷了第一單元的學習，在說明科學解釋的經驗上能夠應用在第二單元當中，因而第二單元的科學解釋說明明顯地比第一單元更完整且清楚。也因此可知在教學過程中，及早引入科學解釋的概念，可以訓練學生運用科學知識合理地解釋現象。

接著探討六年級的科學解釋表現，可以看出整體寫作品質近似於五年級，約有八九成學生能夠提出完整的主張來回應問題，同時證據的說明能符合主張，只是有部分不完整之處，推理的表達合理但往往缺少科學理論的引用，反例中的表現也往往是最困難的部分，整體寫作品質無法看出五六年級的差異，顯然科學解

釋融入在五年級及六年級學生都是合適的，學生理解科學解釋的難易度是相當的，並不會呈現出五年級學生較不易理解，因而高年級的課室中可早些在五年級融入科學解釋的活動，得以收到良好的效益。

表十二 物質與熱單元科學解釋評分結果

物質與熱 評分	主張(個數/ 百分比)	證據(個數/百分比)		解釋的深度(個數/百分比)	
		角色	一致性	推理	反例
0	1 (2.6%)	3 (7.9%)	2 (5.3%)	3 (7.9%)	5 (13.2%)
1	4 (10.5%)	13 (34.2%)	8 (21%)	8 (21%)	25 (65.8%)
2	33 (86.9%)	20 (52.6%)	28 (73.6%)	22 (57.9%)	8 (21%)
3		2 (5.3%)		5 (13.2%)	
平均分數	1.84	1.55	1.68	1.76	1.11

科學解釋融入自然科的活動，可以培養高年級學生學習科學解釋，在整體資料分析後發現，高年級學生能夠學會思考及判斷的習慣，不論是解題時判斷問題及選項的相關性之外，也要能選擇出較合宜的說明，而從學生的科學解釋寫作結果分析可知，高年級學生多能提出完整的主張來回應問題，能提出一致性的證據及推理，只是推理中少了科學理論的描述，反例中呈現出多數學生在邏輯判斷的矛盾性及困難點，也是未來可加強的部分。總觀此融入寫作的科學解釋活動可訓練學生以文字及科學知識合理地表達主張並作推理。

四、結論及建議

依據本研究之結果發現，高年級學生之科學解釋表現確實不同於中年級學生，因而提出以下結論及建議，首先，高年級學生具良好推理能力，可於五年級融入科學解釋活動。其次，反例對高年級學生較困難，建議可將個人解釋調整成團體解釋的活動。最後，建議教師多鼓勵學生於推理中引用科學理論或概念陳述，會讓科學解釋更完整。

(一)高年級學生具良好推理能力，可於五年級融入科學解釋活動

高年級的學生與之前研究之中年級學生的科學解釋表現確實有很大的不同，除了文字組合使用較精熟外，概念理解及邏輯判斷上都有很大的進展，中年級學生在構句上通順度明顯不足，無法用文字表達想法，然而高年級學生則減少了這樣的問題，高年級學生能運用文字及句子清楚表達想法，且在邏輯推理上也有明顯地提升，八成以上皆能清楚地呈現推理以連結主張與證據之關係，不同於中年級學生在推理方面一愁莫展，多數中年級學生無法表達推理，只是重複主張，而高年級學生則無此困難，顯見高年級學生在推理能力上提升了不少，而有趣的是五六年級學生的科學解釋表現，並無推理能力上的落差，若能及早在五年級自然科融入科學解釋的活動，除了難易度合適學生外，也能

訓練學生以文字及科學知識合理地表達主張並作推理，因此建議科學解釋可普遍性地融入五年級的自然科教學中。

(二)反例對高年級學生較困難，可將個人解釋調整成團體解釋的活動

從五六年級的學生科學解釋的寫作中可以發現，在反例的說明上學生確實有困難，因為他必須先提出與主張反向的假設，再證實假設的錯誤，進而支持主張，此需要邏輯關係運作及反駁的思考等，此抽象推理的能力對高年級學生而言不太容易，教學過程中發現若加入討論，可增加學生的理解，因此在反例的面向，若將個人思考邏輯的思辯過程改為同儕間的口語答辯過程，對學生而言，也許是更有利於訓練及澄清其思路的方式。在未來融入高年級科學解釋的活動時，可將此部分轉為同儕間的討論及答辯，讓學生可以反駁他們的疑問及看法，進而強化主張。

(三)多鼓勵學生於推理中引用科學理論或概念陳述

從整體結果可看出高年級學生對於相關議題皆能提出合宜的主張及證據等，也能合適的推理，只是推理中缺少了科學原理及概念的陳述，也許是教師無特別強調導致學生忽略，也可能是學生不容易直覺式連結到科學概念。因此未來相關教學活動，若教師能事先提示學生適時引入相關之科學原理的說明，學生較容易關注此面向，並將情境與相關科學概念連結起來，可讓學生之科學解釋更加完整。

科學解釋之相關活動能提升學生科學概念的理解，因此及早融入國小的自然課室教學中，確實有益學生的學習。

參考文獻：

- Kang, H., Thompson, J., & Windschitl, M. (2014). Creating opportunities for students to show what they know: The role of scaffolding in assessment. *Science Education*, 98(4), 674-704.
- Kapon, S. (2017). Unpacking sensemaking. *Science Education*, 101(1), 165-198.
- McNeill, K. L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, 93, 233-268.
- Nieswandt, M., & Bellomo, K. (2009). Written extended-response questions as classroom assessment tools for meaningful understanding of evolutionary theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 333-356.
- Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 141-165.
- Yang, H. T., & Wang, K.H.** (2014). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research in Science Education*. (SSCI) 44(4), 531-548.
- Zemba-Saul, C., McNeill, K. L., Hershberger, K.(2014). What's your evidence? Engaging K-5 students in constructing explanation in science. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- 楊秀停、蓋允萍、王國華 (2014)。探討 DCI 教學模式對學生學習科學概念及科學解釋的成效。《科學教育研究與發展季刊》，68，1-24。
- 靳知勤、楊惟程、段曉林(2010)。引導式 Toulmin 論證模式對國小學童在科學讀寫表現上的影響。《科學教育學刊》，18(5)，443-467。
- 楊桂瓊、林煥祥、洪瑞兒(2012)。以論證活動探討國小學童論證能力和科學本質之表現。《科學教育學刊》，20(2)，145-170。

太陽單元之教學活動設計

表一 太陽單元之教學活動設計（五年級）

活動	活動內容說明	提問內容
<活動一> 太陽和影子的關係	帶學生實際觀察太陽下影子的方位及長度，並記錄下一天太陽下影子的方位、長度及高度角。	(1)太陽在什麼方位？影子在什麼方位？太陽和影子的方位有什麼關係？(口頭回答) (2)從上午到下午，太陽的方位如何變化？影子如何變化？(口頭回答) (3)請說明太陽下的影子和時間有什麼樣的關係？ (學習單問題書寫)
<活動二> 認識太陽	學生上網查詢太陽的相關資料，並回答學習單之問題。	(學習單問題書寫) (1)請查詢相關資料，畫出春分、夏至、秋分及冬至等四季，太陽與地球位置之關係圖。 (2)請說明夏至是不是因為離太陽最近，才最熱呢？為什麼？ (3)請查詢相關資料，整理出太陽對地球的影響有哪些？至少列出三點 (4)請上中央氣象局網站查詢從這一個星期日出及日落的時間。並說明每天日出及日落時間有何規律？
<活動三> 太陽與四季	觀察一年中記錄的太陽高度角圖表、一年之太陽方位圖表及一年之月均溫圖表，並回答問題。	(小組討論再口頭回答) (1)一年之中太陽的高度角如何變化？氣溫如何變化？二者有何關係？ (2)四季中太陽的日出及日落方位如何變化？請模擬或用手比畫出四季太陽一天運行的軌跡。
<活動四> 太陽與生活	鼓勵學生思索並討論生活中太陽的用處及重要性。	(小組討論再口頭回答) (1)太陽有什麼重要的？如果沒有太陽將會如何？ (2)我們可以如何善用太陽的資源呢？還可以用太陽做些什麼？

觀測太陽單元科學解釋前後測卷

一、選擇題

- () 1. 下面哪一句說明，最能呈現出太陽和影子的關係是如何相關的？ ①被陽光照射的物體會產生影子 ②太陽離地面愈近，影子愈短 ③不同時刻的影子不同 ④太陽照射的高度角愈大，影子愈短。(判斷能回答問題的主張)
- () 2. 哪一個例子能夠清楚說明太陽從早上到中午，照射在物體上的影子由長變短？ ①同一個物體在同一個地方，早上影子的方向是西方，中午影子的方向是南方，不同時刻方向有所不同 ②同一個物體在同一個地方，早上 8 點的影子是 12 公分，早上 10 點的影子長是 8 公分，中午 12 點的影子是 2 公分 ③同一個物體在同一個地方，早上太陽的高度角最小，到中午太陽的高度最大 ④同一個物體在同一個地方，不同時刻下，影子的長短不同。(由主張推論證據)
- () 3. 在同一地點觀察日出，發現夏季時太陽由東偏北升起，冬季時則由東偏南升起，這個例子可以說明什麼論點？ ①每天日出的時刻有所不同 ②在同一季節，每天日出的位置是相同的 ③每天日出時刻，太陽的位置會有所改變 ④一天中太陽由東向西移動。(由證據推論主張)
- () 4. 一天中太陽在天空中位置的變化是因為哪種天文現象所造成？ ①因為太陽會東升西落，所以不同時間看到的太陽位置有所不同 ②因為太陽在不同季節運行的軌跡不同，所以每天看到太陽的位置有所不同 ③因為地球由西向東自轉，所以看到一天中太陽是東升西落 ④因為太陽在一天中，不同時間的位置不同，所以高度角也不相同。(判斷合於問題的主張與推理)
- () 5. 小明記錄了每個月的平均溫度及太陽高度角(如下表)，從下表中可以推論出下列哪些論點？A. 夏季中午，太陽高度角較大。B. 大致而言，高度角愈大，平均氣溫愈高。C. 一年中，由 1 月到 6 月，太陽的高度角由大逐漸變小。D. 一年之中太陽高度角最小為 12 月。①ABC ②ABD ③BCD ④ACD。(解讀表格並推理)

月分	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均氣溫(°C)	16.5	17.3	19.7	23.0	25.8	27.8	28.6	28.2	27.0	24.5	21.3	17.7
中午的平均太陽高度角(度)	45.7	53.7	62.6	76.4	82.7	89.7	87.5	79.9	69.2	57.5	48.0	43.3

- () 6. 你能清楚說明為何在地球上生活，我們能明顯感受到白天和黑夜嗎？①因為白天太陽沒有被擋到，而夜晚太陽則被月亮擋住 ②因為太陽會公轉，有被太陽照到的地方是白天，沒有被太陽照到的地方就是夜晚

③因為地球會公轉，有被太陽照到的地方是白天，沒有被太陽照到的地方就是夜晚④因為地球會自轉，有被太陽照到的地方是白天，沒有被太陽照到的地方就是夜晚。(提出主張及推理)

二、閱讀測驗

某顆繞行太陽的小行星，在成為恐龍末日的禍首之前，偶爾會近距離飛掠地球；結束恐龍時代的太空岩石，極可能是一顆近地物體。美國航太總署(NASA)和其他航太機構正在研議如何調整並改變小行星的方向，但必須在小行星撞擊地球之先找出它們，這些技術才能奏效。因此有了近地物體的搜尋計劃，幸好目前沒有任何已知的毀滅性小行星正朝我們飛來，但太陽系可能還存在數百萬顆尚未發現的較小近地物體，這類的小行星仍可造成區域性的嚴重破壞，例如 2013 年在俄羅斯車里雅賓斯克上空爆炸的那顆直徑 17 公尺隕石，就導致約 3000 萬美元的財產損失，至少 1600 名人員傷亡。

目前美國航太總署(NASA)主要依賴三座地面光學望遠鏡來尋找近地物體，不過這種方式有諸多限制：即使距離我們最近、尺寸最大的近地物體仍然黯淡、難以察覺，而且每晚能夠清楚觀測天空的時段頂多只有幾個小時，目前可用廣角紅外巡天探測衛星(WISE)偵測到近地物體受到太陽加熱所放出的熱輻射來判斷，但這個探測衛星可能在 2017 年就要結束工作，因使用年限已到。目前最好的解決方式可能是建造紅外光太空望遠鏡，利用創新的紅外光偵測器來尋找近地物體，但因所需經費龐大，無足夠的預算下，此計劃仍欠缺大量資金，任務難以執行。(摘錄並改寫自科學人雜誌中文版(No.168，2016 年 2 月號))

1. 下列關於文章的敘述，正確的打○，錯誤的打×

- () (1) 恐龍時代的結束可能是近地物體所造成的。
- () (2) 目前有許多的近地體朝著地球飛來。
- () (3) 所謂近地物體就是宇宙中的小行星。
- () (4) 現在已有足夠的經費來執行尋找近地物體的計劃。
- () (5) 要執行這樣計劃之前，應該先建造紅外光太空望遠鏡，才能利用創新的紅外光偵測器來尋找近地物體。
- () (6) 現在所使用的廣角紅外巡天探測衛星(WISE)可以再使用 10 年左右。

2. 為什麼近地物體不容易被偵測到？請勾選出可能的原因。(由主張推論合宜的證據)

- () (1) 它們不會自己發光，看起來黯淡且難以察覺。
- () (2) 每晚能夠清楚觀測天空的時段頂多只有幾個小時。
- () (3) 美國航太總署(NASA)所使用的望遠鏡太小，所以不夠清楚。

3. 你覺得有必要花龐大的經費執行這項計劃嗎？為什麼？(請從文章中找出合適的證據及理由來支持你的論點)(結合主張及證據之推理)

我覺得 () 花龐大的經費執行這項計劃，因為

()

水溶液單元科學解釋前後測卷

一、選擇題

- () 1. 當白砂糖或食鹽溶解於水後，顆粒慢慢不見了，如何證明它們還在水中？ ①食鹽或白砂糖讓水變得混濁，可知它們仍存在水中 ②杯底沒有破洞，食鹽或白砂糖加入水裡不會再跑到其他地方 ③食鹽或砂糖加入水中後，測量出水位高度及重量都增加了 ④食鹽或白砂糖都讓水變色了。(提出能支持主張的證據)
- () 2. 紫色高麗菜汁加到小蘇打水和氨水中呈現偏藍綠色，若改用紅杏菜葉汁為指示劑，則小蘇打水呈現偏黃色，請問氨水會呈現什麼顏色？ ①偏藍綠色 ②偏黃色 ③偏紅色 ④偏紫色。(解讀證據並推理)
- () 3. 請舉出合適的証據來說明鹽水的酸鹼性？ ①鹽水是鹼性的，因為嘗起來鹹鹹的 ②鹽水是鹼性的，因為用紅色石蕊試紙檢測變為藍色 ③鹽水是中性的，因為用紅色石蕊試紙檢測仍為紅色，不需再用藍色石蕊試紙檢測即能確定為中性 ④鹽水是中性的，因為紫色高麗菜汁檢測呈現原來的紫色。(提出合適證據支持主張以回應問題)
- () 4. 如果想要用紫葡萄皮當作酸鹼指示劑，該如何做才能較快取得花青素水溶液呢？ ①用熱水浸泡紫葡萄皮 ②用鹽水浸泡紫葡萄皮 ③用冷水浸泡紫葡萄皮 ④用酒精浸泡紫葡萄皮。(判斷合於問題的主張)
- () 5. 當我們混合醋和小蘇打水後，發現混合的水溶液會讓紅色石蕊試紙不變色、藍色石蕊試紙變紅色。這時如果想讓紅色和藍色石蕊試紙都不會變色，可以利用下列哪一個方法？ ①再慢慢的加入醋 ②再慢慢的加入小蘇打水 ③加入紫色高麗菜汁 ④再慢慢加入一些熱水。(能解讀問題並推理)
- () 6. 下列關於水溶液的敘述，何者 不正確？ ①中性水溶液都不會導電，例如：糖水及鹽水 ②酸性水溶液通常會導電，例如：醋及檸檬酸 ③鹼性水溶液通常能導電，例如：小蘇打水及氨水 ④能導電的水溶液大部分都能讓紫色高麗菜汁變色，例如：醋及小蘇打水。(能由證據判斷主張的合宜性)
- () 7. 下表是水溶液導電實驗的結果，請依表格判斷正確的敘述。 ①此實驗要探討的是水溶液的顏色與導電性之關係 ②由表格判斷小蘇打水可能為A溶液 ③由表格判斷糖水可能為D溶液 ④由表格判斷氨水可能為B溶液。(解讀表格並推理)

水溶液	石蕊試紙檢測		導電性
	紅色	藍色	
A	不變色	變紅色	會導電
B	變藍色	不變色	會導電
C	不變色	不變色	不導電
D	不變色	不變色	會導電

二、閱讀測驗

摘錄並改寫自科學人雜誌中文版(No. 169, 2016 年 3 月號)



太平洋漁貂是一種體型跟家貓差不多大小的鼬科動物，常出沒於美國加州最偏遠的森林地帶。自 19 世紀起，濫伐林木和大量誘捕造成美國境內漁貂數量下降，目前僅存數千隻。現在這些威脅減少了，但有新的危機出現，就是在大麻田裡非法使用的滅鼠藥。整體生態研究中心的執行長—蓋布瑞爾，在 2011 年研究漁貂的死因，懷疑與加州的大麻田有關，屍體解剖後顯示，漁貂的死因便是滅鼠藥，但並不清楚毒藥來源，於同年的學術研討會中，一位執法人員提到，他們在非法種植大麻的區域中發現滅鼠藥，雖然漁貂並非農民的目標，農民想除掉的是老鼠，但是漁貂的誤闖及誤食，導致全身內出血死亡。

為了進一步確定死因，研究人員在 129 隻漁貂身上裝設無線電頸圈，追蹤了八年，總計有 13 隻死於大麻田裡非法使用的滅鼠藥，這樣的損失，對於已案列入瀕臨絕種法案的動物來說，無疑是雪上加霜，更糟的是，2012 到 2014 年接受檢測的 101 隻漁貂中，有 85% 的漁貂體內檢驗出滅鼠藥殘留，這意味著，他們雖然沒有立即的生命危險，仍可能因慢性毒害而影響到捕獵、繁殖或躲避掠食者的能力，而這樣的結果更是影響了整體環境的生態。

1. 下列關於文章的敘述，正確的打○，錯誤的打×

- () (1) 太平洋漁貂是美國的保育類動物，數量只剩幾十隻而已。
- () (2) 過去濫伐林木和大量誘捕造成美國境內漁貂數量下降，現在則是因為滅鼠藥。
- () (3) 農民放滅鼠藥是為了要毒害漁貂。
- () (4) 漁貂體內檢驗出滅鼠藥殘留，其實對牠沒有立即性的危險，所以沒關係。

2. 為什麼能確定漁貂的死因？

- () (1) 因為發現死亡的漁貂旁有滅鼠藥。
- () (2) 因為將漁貂的屍體解剖，檢測到滅鼠藥的成分。
- () (3) 因為發現死亡的漁貂都是在大麻田裡。

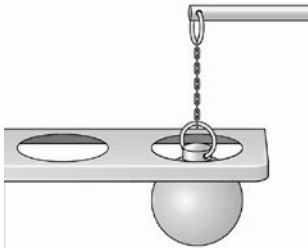
3. 請你幫這篇文章訂一個標題：

()

物質與熱單元科學解釋前後測卷

一、選擇題

- () 1. 物質受熱及冷卻後各有什麼變化？請選出不正確的說明。 ①水受熱後溫度會升高，冷卻後溫度會回復。②蠟燭受熱後狀態會改變，冷卻後狀態會回復。③玻璃受熱後形狀會改變，冷卻後形狀固定。④木炭受熱後狀態會改變，冷卻後狀態會回復。(能判斷合於問題之主張及證據)
- () 2. 在進行「加熱紙杯」實驗時，將裝有水的紙杯，放在燭火上燒，紙杯不會直接起火燃燒，是為什麼？ ①因為溫度沒有達到紙杯的燃點②因為沒有可燃物③因為被水澆熄了④因為沒有助燃物。(能作合理的推理以支持主張)
- () 3. 將輕微凹陷的乒乓球泡入熱水中，觀察其結果。請下列哪一項說明足以合理解釋此現象？ ①乒乓球的體積變大，並恢復原狀②乒乓球變軟，可以用手拉回原狀③乒乓球裡的空氣體積變大，使乒乓球恢復原狀④熱水灌進乒乓球裡讓乒乓球恢復原狀。(能作合理的推理以支持主張)
- () 4. 在進行「固體受熱後的體積變化」實驗時，將可以通過銅環的銅球加熱一段時間後，會無法通過銅環，是什麼原因造成的？ ①因為銅環遇冷，所以體積變小了②因為銅球遇熱，所以體積變小了③因為銅環遇冷，所以體積變大了④因為銅球遇熱，所以體積變大了。(能作合理的推理以支持主張)



- () 5. 在錐形瓶上套氣球，並將錐形瓶放入溫水及冷水中，觀察其變化發現，錐形瓶放入溫水氣球則膨脹，放入冷水氣球則凹陷。請問此實驗主要探討目的為何？ ①環境溫度高低對於氣球體積的影響 ②環境溫度高低對於空氣體積的影響 ③環境溫度高低對於水體積改變的影響 ④環境溫度高低對於氣球形狀的影響。(能由證據判斷主張的合宜性)
- () 6. 下列哪一項證據可以明確觀察到「熱的對流」現象？ ①將鐵棒一端加熱，另一端放奶油，可發現未加熱的一端奶油仍會慢慢融化 ②站在太陽下覺得很熱 ③加熱燒杯中的水，並加入胡椒顆粒，觀察水加熱時的流動 ④用隔熱手套拿熱鐵盤。(判斷合於主張的證據並推理)
- () 7. 為何家裡的冷氣機都裝在高處呢？ ①因為冷空氣向下流動，由對流作用使室溫下降 ②因為冷空氣停留在上空，使室溫下降 ③因為熱空氣會集中在下方，所以冷空氣集中於上方 ④因為冷氣機裝在高處較方便施工。(能作合理的推理以支持主張)
- () 8. 下列哪一例子可以說明「保溫」的原理？ ①保溫瓶內的真空夾層可避免熱輻射 ②保溫桶的空間大可以保持冷飲的低溫 ③夏季衣服顏色較淺可保溫 ④保麗龍的熱傳導較慢，可以較長時間維持冰淇淋的低溫。(判斷合於問題的主張)

二、閱讀測驗

摘錄並改寫自科學人雜誌中文版(No. 169，2016 年 3 月號)



漁貂-俗稱漁貓，是一種獨居性動物

太平洋漁貂是一種體型跟家貓差不多大小的鼬科動物，常出沒於美國加洲最偏遠的森林地帶。自 19 世紀起，濫伐林木和大量誘捕造成美國境內漁貂數量下降，目前僅存數千隻。現在這些威脅減少了，但有新的危機出現，就是在大麻田裡非法使用的滅鼠藥。整體生態研究中心的執行長一蓋布瑞爾，在 2011 年研究漁貂的死因，懷疑與加州的大麻田有關，屍體解剖後顯示，漁貂的死因便是滅鼠藥，但並不清楚毒藥來源，於同年的學術研討會中，一位執法人員提到，他們在非法種植大麻的區域中發現滅鼠藥，雖然漁貂並非農民的目標，農民想除掉的是老鼠，但是漁貂的誤闖及誤食，導致全身內出血死亡。

為了進一步確定死因，研究人員在 129 隻漁貂身上裝設無線電頸圈，追蹤了八年，總計有 13 隻死於大麻田裡非法使用的滅鼠藥，這樣的損失，對於已案列入瀕臨絕種法案的動物來說，無疑是雪上加霜，更糟的是，2012 到 2014 年接受檢測的 101 隻漁貂中，有 85% 的漁貂體內檢驗出滅鼠藥殘留，這意味著，他們雖然沒有立即的生命危險，仍可能因慢性毒害而影響到捕獵、繁殖或躲避掠食者的能力，而這樣的結果更是影響了整體環境的生態。

1. 下列關於文章的敘述，正確的打○，錯誤的打×

- () (1) 太平洋漁貂是美國的保育類動物，數量只剩幾十隻而已。
- () (2) 過去濫伐林木和大量誘捕造成美國境內漁貂數量下降，現在則是因為滅鼠藥。
- () (3) 農民放滅鼠藥是為了要毒害漁貂。
- () (4) 漁貂體內檢驗出滅鼠藥殘留，其實對牠沒有立即性的危險，所以沒關係。

2. 為什麼能確定漁貂的死因？

- () (1) 因為發現死亡的漁貂旁有滅鼠藥。
- () (2) 因為將漁貂的屍體解剖，檢測到滅鼠藥的成分。
- () (3) 因為發現死亡的漁貂都是在大麻田裡。

3. 請你幫這篇文章訂一個標題：

()

附件五

太陽單元科學解釋及論証學習單

太陽觀測紀錄表					
觀測日期：()月()日			觀測地點：()		
觀測時間					
影子長度					
影子方位(度)					
太陽方位(度)					
太陽高度角 (度)					

＜問題＞請問太陽下的影子和時間有什麼關係？
＜回答＞ 主張：
證據：
推理：
反例：

水溶液單元科學解釋及論証學習單

一、請依下表，將酸加鹼溶液的結果記錄下來。

序號	酸性溶液名稱及量	鹼性溶液名稱及量	二溶液混合並加入紫色高麗菜汁後顏色	判斷混合後溶液性質
1	() _____ ml	() _____ ml	偏()色	偏()性
2	() _____ ml	() _____ ml	偏()色	偏()性
3	() _____ ml	() _____ ml	偏()色	偏()性
4	() _____ ml	() _____ ml	偏()色	偏()性
5	() _____ ml	() _____ ml	偏()色	偏()性

二、請依上表之記錄結果回答問題。

<p><問題>根據實際結果，請問什麼因素會影響酸性溶液加鹼性溶液的混合液性質？</p>
<p><回答></p> <p>主張：</p>
<p>證據：</p>
<p>推理：</p>
<p>反例：</p>

物質與熱單元科學解釋及論証學習單

一、請依下表，將保溫裝置實驗之過程及結果記錄下來。

	實驗組(保溫裝置)	對照組(室溫)
器材	100ml 熱水(裝於夾鏈袋)	100ml 熱水(裝於夾鏈袋)
保溫材料說明	保溫材料:	無
實驗前水溫	() 度 C	() 度 C
20 分鐘後水溫	() 度 C	() 度 C
50 分鐘後水溫	() 度 C	() 度 C

二、請依上表之記錄結果回答問題。

<p><問題>根據實際結果，請問什麼的材料及裝置可以達到保溫的效果？</p>
<p><回答> 主張：</p>
<p>證據：</p>
<p>推理：</p>
<p>反例：</p>