

一、緒論

本章內容主要針對研究背景和動機、研究目的、研究問題與假說、名詞釋義、研究範圍與限制五個小節進行闡述。

第一節 研究背景和動機

Popper, Kuhn, 與 Lakatos 等學者的科學哲學觀，可發現他們雖然對科學進展過程的哲學觀不盡相同，但有一個重要的共同主張，即科學研究總是從「問題」開始（洪振方與陳宜珮，2000）。由此可知「問題」是發展科學不可或缺的因素，為科學進步重要的關鍵之一。

國際性學生評量計畫（Programme for International Student Assessment, 簡稱 PISA）由經濟合作發展組織（Organisation for Economic Co-Operation and Development, 簡稱 OECD）所舉辦，主要評量全世界國、高中生（約15歲左右的年紀）在數學、閱讀、科學三方面的能力，而 PISA 2006 評量的主要領域為科學素養（Scientific literacy），涵蓋了「形成科學性議題（Identifying scientific issues）」、「解釋科學現象（Explaining phenomena scientifically）」、「科學舉證（Using scientific evidence）」三種科學素養能力（OECD, 2006），其中「形成科學性議題」的項目可評量出學生形成議題的能力，台灣學生在「形成科學性議題能力」上，全世界排名第十七名，明顯比其他兩種能力的排名低，說明我國學生在形成科學性議題方面能力較弱（林煥祥、劉聖忠、林素微、李暉，2008），但「問題」卻在科學領域中扮演著重要的角色，如何提升學生形成科學性議題的能力，成為科學教育領域主要討論的問題。

蘇聯在 1957 年成功發射第一顆人造衛星，造成美國 1960 年代科學教育的改革，重新評估學生的學習內容。過去注重訓練及記憶的教學方式該被如何轉換，才能協助學生有意義的吸收知識呢？1980 年代，科學教育的改革受到建構主義（Constructivism）的影響，在科學教育上日漸受到重視，隨著科學教育改革演進，探究（Inquiry）的概念已成為科學教育的本質（Keys & Bryan, 2001）。探究活動包含了讓學生找出問題、設計研究、收集證據、找出問題的答案，最後溝通研究過程和結果（National Research Council,

1996)，其中實驗問題、實驗器材、實驗步驟、實驗結果，四個項目又依教師開放與學生自主的程度不同，又將探究分為不同層次的教學方式（Staer, Goodrum, & Hacking, 1998），對教學各有不同的影響。因此我國九年一貫國民教育「自然與生活」領域的課程綱要，也強調自然與生活科技之學習應以探究和實作的方式來進行（教育部，2007）。

基於此背景下加上我國在 PISA 測驗中形成科學性議題的能力較弱，但此能力在解決問題、科展製作或學生進行獨立研究時，是非常重要的，卻很少被教師拿來當成評量的項目（林煥祥，2009），因此本研究以國一生物課程，發展形成科學性議題教學法來影響學生形成科學性議題的能力，但生物課程的知識內容多半學生並未學習過，在生活中也較少體驗，需要提供學生相關的概念基礎，因此本研究主要是朝提升學生形成科學性議題能力的方向設計出兩種不同層次鷹架式的網路化形成科學性議題教學法，藉由結合正式課程與修改後的探究教學法，觀察「實驗問題」的項目上，學生自行形成問題的表現，其中重要的是本研究所關注的「問題」，是需要經由科學證據、實驗操弄的科學議題，因此設計出兩組教學法分別為問答鷹架式之形成科學性議題教學法、直接鷹架式之形成科學性議題教學法，探討兩組教學法學生在形成科學性議題能力、科學概念的建構、科學探究能力、解釋科學現象能力的學習的狀況。

第二節 研究目的

由 PISA 2006 的測驗可看出我國學生普遍形成科學性議題的能力較低落，為何我國學生不懂如何形成科學議題呢？一般學校的科學學科「成就」測驗，較著重科學概念的了解與知識的獲得；PISA 的「科學素養」評量，則較注重形成科學議題、解釋科學現象、科學舉證等「能力」。這些能力的評量較少在一般學校的考試中出現，卻是學生進入社會必須具備的能力，加上 PISA 評量的另外一項特色就是「生活化和情境化」（林煥祥，2009），因此學生在缺乏培養的情況下自然表現不是太好。

而我國科學教育也強調以探究教學方式，培養學生的科學素養，但探究教學依學生的自主性又分為很多不同層級的教學方式（Staer, et al., 1998），其中「實驗問題」這項，通常是教師給予學生的，因此學生在「形成科學性議題」能力這部分才會較弱，但在 PISA

2006 的測驗中「解釋科學現象」與「科學舉證」能力有良好的表現 (OECD, 2006)。

因此我國探究教學方式應讓教師更大膽的放出學生自主權，讓學生培養自主學習的方式，並能從情境脈絡中找出相關科學議題。本研究將正式課程架構在教學中，主要是希望課程可與學校科學內容有所銜接，並能減輕教師使用此教學方式的負擔 (Eslinger, White, Frederiksen, & Brobst, 2008) 讓教學配合學校進度，不用再額外挪出課餘的時間。

基於上述，本研究發展出形成科學性議題教學法，主要內容為結合正式課程與修改後的探究教學模式為基礎，並以不同層次的鷹架式課程設計，探討兩組學生學習狀況。問答鷹架式之形成科學性議題教學法，其特別的地方在於除了像直接鷹架式之形成科學性議題教學法一樣有提供學生正式課程所需的觀念外，每個概念結束後會以一個單一選擇題並解釋理由的型式，讓學生在各層概念間做回答問題的動作後接續下一個概念的學習，因此針對直接鷹架式之形成科學性議題、問答鷹架式之形成科學性議題兩種教學法，設計出形成科學性議題的網路教學方式，期望不僅能提升學生形成科學性議題的能力，也能幫助其科學概念的建構，因此本研究的研究目的如下：

- 一、探討不同的教學模式（對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法；實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法）對學生生物科學概念建構的影響。
- 二、探討不同的教學模式（對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法；實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法）對學生形成科學性議題能力的影響。
- 三、探討不同的教學模式（對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法；實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法）對學生科學探究能力的影響。
- 四、探討不同的教學模式（對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法；實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法）對學生解釋科學現象能力的影響。
- 五、探討形成科學性議題、概念建構、與科學推理間的關係。

第三節 研究問題

在網路學習環境下，探討直接鷹架式之形成科學性議題教學法與問答鷹架式之形成科學性議題教學法，在正式生物課程中，對學生形成科學性議題能力的提升狀況，並進一步觀察學生在生物科學概念建構情形。本研究依據研究的目的其研究問題如下：

一、不同的教學模式（對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法；實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法）對學生生物科學概念建構成效有何差異？

1-1 不同的教學模式對學生生物科學概念建構測驗（前、後與追蹤測）達顯著差異。

二、不同的教學模式（對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法；實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法）對學生形成科學性議題能力成效有何差異？

2-1 不同的教學模式對學生單元相依形成科學性議題能力測驗（前、後與追蹤測）達顯著差異。

2-2 不同的教學模式在學生網路上所形成的科學議題的表現。

三、不同的教學模式（對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法；實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法）對學生科學探究能力成效有何差異？

3-1 不同的教學模式在學生網路上所形成的科學探究的表現（假設、變因等）

四、不同的教學模式（對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法；實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法）對學生解釋科學現象能力成效有何差異？

4-1 不同的教學模式在學生網路上所形成的科學解釋的表現。

五、探討形成科學性議題、概念建構、與科學推理間之相關性？

5-1 形成科學性議題、概念建構、與科學推理間有相關性。

第四節 名詞釋義

1. 形成科學性議題能力 (Identifying scientific issues)

科學問題有很多種形式，以科學議題而言重點在於需基於科學證據來做回答。形成科學性議題能力包含在所給予的情境下辨識出可經由科學調查的議題、確定科學的關鍵字 (keywords) 來搜索特定主題的訊息、科學調查中辨識出關鍵特徵 (key features) (OECD, 2006)。

2. 解釋科學現象能力 (Explaining phenomena scientifically)：

學生在情境中應用適當的知識解釋科學現象，包含科學性的描述或解釋現象以及預測變化 (OECD, 2006)。

3. 探究教學

探究教學學生是自主性的學習和吸收知識，並非被動的接收者，完整的探究教學是讓學生找出問題、設計研究、收集證據、找出問題的答案，最後溝通研究過程和結果 (NRC, 1996)。

4. 鷹架式 (scaffold)

本研究所設計的鷹架支援 (Wood, Bruner, & Ross, 1976) 主要在於提供學生生物概念的部分，目標 (Puntambekar & Hübscher, 2005) 是學習學科知識 (如概念、程序)，以垂直鷹架的概念，配合學習者的需求將學習內容加以結構化處理 (Dyson, 1990)。

5. 科學推理 (Scientific reasoning)

建構科學知識過程中，如何運用觀察、分類、操弄具體實物、假設等操控變因的思考判斷過程 (Lawson, 2002)。

6. 鷹架式之形成科學性議題教學法：前段整合 PISA 形成科學性議題能力三條件、結合課程內容，設計步驟一：提供學生特定主題核心概念的建立 (core concepts)，步驟二：提供問題引發學生辨識關鍵特徵 (key features)，步驟三：提供引發學生形成科學性議題的產出。後段延續探究教學模式，設計步驟四：形成變因、假設的部分，步驟五：進入實驗室做實驗的部分，步驟六：實驗結果與結論的部分。

第五節 研究範圍與限制

1. 研究對象為新竹市某國中一年級學生，因是採用便利取樣的方式，若要將結果推論到全國國中生身上應多加考量。
2. 所使用的教材範圍是九十八學年康軒版國一自然與生活科技教材來做課程的設計，因此結果推論於其他不同版本的教材需多加衡量。
3. 本研究所探討的是國中生如何形成一個可以進入實驗室探究的科學議題，因此將科學議題縮小範圍在包含變因可操弄的探究型式的科學議題為主，因此若要將此教學過程套用在形成其他形式的科學議題需再多加斟酌。



第二章 文獻探討

本章內容主要針對形成科學性議題能力、探究教學、鷹架理論、科學推理、網路科學學習五個小節進行文獻的分析與探討。

第一節 形成科學性議題能力

一、PISA 2006

Fensham (2009) 提到最新的課程改革，許多國家對真實世界情境學融入科學教學中有著極大的興趣，此種將真實情境嵌入科學教學和學習中，對學習者才是真實並有意義的學習方式。

學生有準備好去面對未來的挑戰嗎？他們有能力分析、推理和有效的溝通與他人自己的想法嗎？他們可以在生活中找到某種興趣，使其在經濟和社會上成為具生產力成員嗎？經濟合作發展組織 (OECD) 所舉辦的國際性學生評量計畫 (PISA) 主旨就是藉由調查15歲左右的學生某些關鍵的能力，來提供這些問題的答案 (OECD, 2006)。此測驗為一種超越學校學科的測驗，強調轉移衡量學生的方式，從被動存儲知識的能力，到積極利用知識在新情境中 (Fensham, 2009)，也就是評估其對未來生活的準備程度，強調理解科學和科技並運用於生活中，是現在年輕人至關重要能力 (Nentwig, Roennebeck, Schoeps, Rumann, & Carstensen, 2009)。

1997年 OECD 創造了 PISA 去評估學生在閱讀、數學、和科學領域的表現，及其家庭背景狀況和學生對學習環境的意見，每三年舉辦一次，2000年主要領域著重在閱讀，2003年主要在數學素養，2006年主要為科學素養的評估 (Bybee, McCrae, & Laurie, 2009)，台灣則是在2006年加入 PISA 測驗的評比，了解台灣的科學教育與其他國家比較起來的現況和成效，找出國家需要改進或加強的地方 (林煥祥、劉聖忠、林素微、李暉, 2008)。

PISA 2006 所定義的科學素養提到四個相互關聯的特徵，涉及個人的：(1) 科學知識並使用科學知識去發現問題、獲得新知識、解釋科學現象，在科學相關的議題上引出證據為基礎的結論；(2) 了解科學的特點是從人類的知識和探究所得來的；(3) 察覺科

學和科技形塑了我們的物質、智力和文化的環境；(4) 做為有建設性、會反思的公民，並願意去關注、參與科學相關的議題和想法 (Sadler & Zeidler, 2009)。

因此依據其所定義的科學素養內涵，PISA 2006 科學評量的理論架構包含了四個相互關聯的面向「情境 (Context)」、「能力 (Competencies)」、「知識 (Knowledge)」、「態度 (Attitudes)」，來發展科學評量的工作和題目 (OECD, 2006)，如圖 2-1-1 所示：

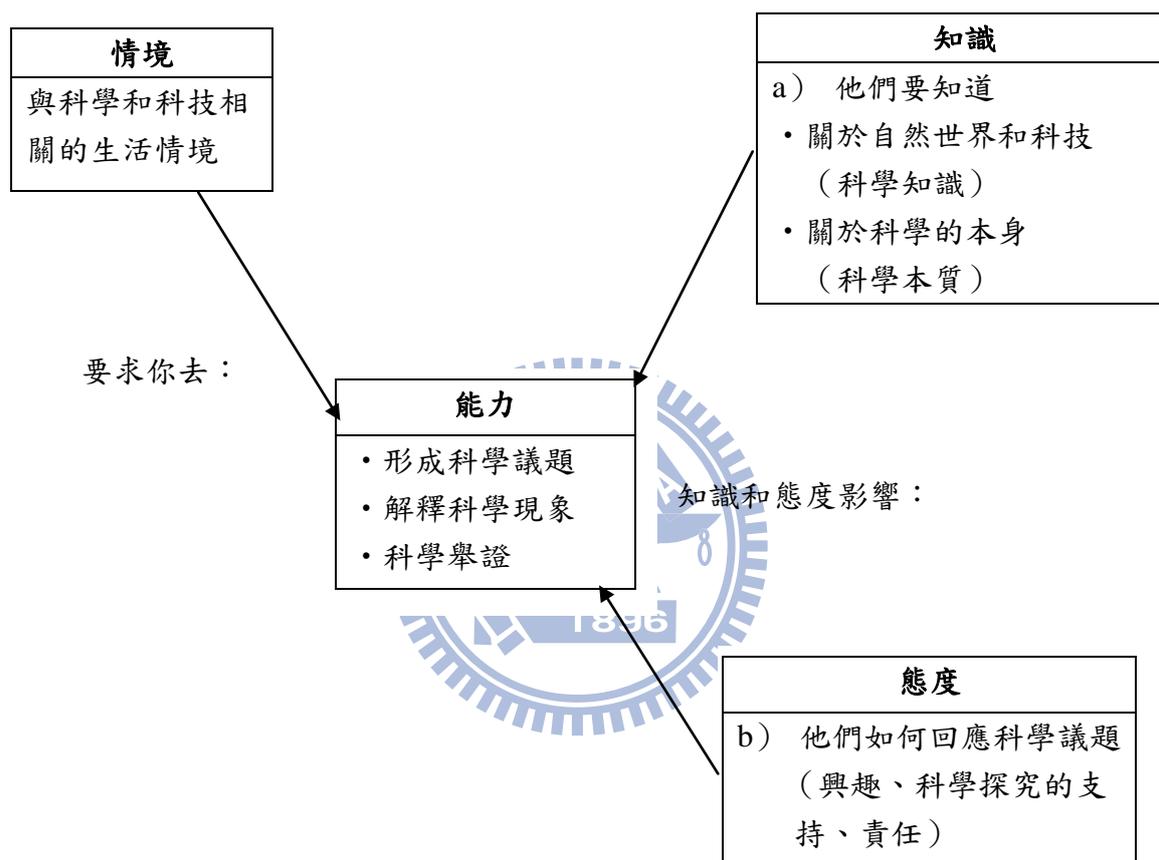


圖 2-1-1 PISA 2006 科學評量理論架構 (Ratcliffe & Millar, 2009)

在情境的部分，PISA 主要取向為評量學生是否能適應未來的生活，因此此部分包含生活相關的多種情境，涉及科學和科技，即「健康」、「自然資源」、「環境」、「災害」、「科學與科技的探索」，這些又情況涉及了三個主要的背景「個人」、「社會」、「全球」的 (OECD, 2006)。

在能力的部分，PISA 2006 的科學題目需要學生去「形成科學性議題」、「解釋科學現象」、「科學舉證」，此三種科學能力素養被選中是因為他們在科學實踐中的重要

性，以及其可連接到關鍵的認知能力，例如歸納/演繹推理、系統思考、關鍵決策、轉換訊息、建構並溝通討論來解釋數據資料等（OECD, 2006）。

PISA 2006 的科學知識素養包含了科學知識（Knowledge of science）、科學本質（Knowledge about science）。「科學知識」主要從物理-化學（Physical systems）、生物（Living systems）、地球與太空（Earth and space systems）、科技系統（Technology systems）領域而來；「科學本質」包含了：(1) 科學探究（科學家如何獲得證據）、(2) 科學解釋（呈現科學探究的結果，科學家如何運用證據）（Bybee, et al., 2009）。

PISA 2006 的科學態度素養包含了四個項目：(1) 對科學探究的支持（Support for scientific enquiry）、(2) 有信心做個科學學習者（Self-belief as science learners）、(3) 對科學有興趣（Interest in science）、(4) 對環境與資源有責任感（Responsibility towards resources and environments）（OECD, 2006）。

二、形成科學性議題能力

PISA 2006 是一個科學素養取向的評量，在科學教育社群是非常重要的主題，科學知識必須被理解和應用在生活中，因此學生需要知道科學探究的過程與解釋的方式理解科學本身是什麼來去解決所遇到的情況（Bybee, Fensham, & Laurie, 2009）。PISA 2006 定義科學素養（scientific literacy）就是能力（competencies），指人在社會活動中，當面臨科學相關議題時，能夠使用科學知識去辨識問題（identify questions）、掌握新知識、解釋科學現象、並得到有事實根據（evidence-based）的結論（OECD, 2006）。

因此 PISA 2006 提出以下三種重要的科學能力素養：(1) 形成科學性議題能力：科學問題有很多種形式，以科學議題而言重點在於需基於科學證據來做回答的科學問題，形成科學性議題能力包含在所給予的情境下辨識出可經由科學調查的議題、確定科學的關鍵字（keywords）來搜索特定主題的訊息、科學調查中辨識出關鍵特徵（key features）；(2) 解釋科學現象能力：在特定的情況下運用科學知識、描述解釋科學現象及預測其變化、確認適當的描述解釋和預測；(3) 科學舉證能力：解釋科學證據並做溝通和結論、確認結論背後的假設、證據和推理論述、將科學應用於社會與科技的發展（OECD,

2006)。

我國在2006年首次加入 PISA 評比，57個國家中台灣學生的科學素養表現裡形成科學性議題的能力素養站全世界的第十七名、解釋科學現象的能力素養站全世界的第三名、科學舉證的能力素養站全世界的第八名（林煥祥等人，2008）。由此可知台灣的學生在形成科學性議題的能力素養方面較弱，偏偏此能力，在解決問題、科展製作或學生進行獨立研究時，是非常重要的，但很少被教師拿來當成評量的項目（林煥祥，2009），而發展情境為基礎的科學教學方式，可以幫助學生參與並發展出他們在科學上的興趣，例如芬蘭的科學教育採用情境教學和學習，即成功的反應在 PISA 2006 的科學能力素養成績表現優異（Lavonen & Laaksonen, 2009；林煥祥，2009），另外 Sadler 與 Zeidler（2009）也提到 PISA 評估結果支持情境融入社會科學性議題（Socioscientific issues, SSI）的教學。因此結合生活化情境設計出提升學生形成科學性議題能力的教學方式是在科學教育上是值得被探討的主題。

PISA 提到形成科學性議題能力中三項重要的條件：1. 情境下辨識出可經由科學調查的議題；2. 確定科學的關鍵字來搜索特定主題的訊息；3. 科學調查中辨識出關鍵特徵。本研究整合 PISA 的條件，設計出：(1) 提供學生特定主題核心概念的建立（core concepts），(2) 提供問題引發學生辨識關鍵特徵，(3) 提供引發學生形成科學性議題的產出。同時結合正式課程內容與探究教學模式希望學生形成可以進入實驗室操作、探究的科學議題為主，學生可以經由觀察、實驗等活動來探究出議題的答案，而研究者在設計教學活動時，會給一些明顯的資訊或情境，讓解題者在隱晦不明的情境中，自己去創造形成科學議題。

第二節 探究教學

一、科學探究

十幾年前，探究（Inquiry）即為教育的領域中關鍵的角色，直到現在依然重要，尤其是在科學教育中特別明顯，探究能力也為國家科學教育標準的一個主題。過去建構主義強調知識是經由個體主動建構出來的結果（Betten, 1989），啟發科學教育學者探討學

習者的學習過程，強調學習者應主動建構有意義的知識，發展出許多以學生為主的教學方式，其中探究不僅是科學家研究世界的方法，也是學生主動學習科學內容和科學本質的方法（Eslinger et al., 2008）。

探究方法的價值在培養學生的學習，因此強調探究導向的科學教學和學習方法，學生可以從中獲得更有效的學習，例如：比起一般教學，學生在探究導向的教室，可以產生更多的解釋了解更多的內容，利用證據支持他們的主張、有效率的互相合作，積極的監控和評估自己的工作（Eslinger et al., 2008）。

美國國家科學教育標準提到，發展科學探究教學是提升全民素養最有效的方法（NRC, 1996）。其中科學教育標準有四大原則，第一項原則為學生學習的過程應是主動的，探究教學即為一種能引起學生主動學習的教學模式（NRC, 1996），而對科學探究活動的解釋如下：科學家研究自然世界所使用的各種方式即為科學探究，並根據研究結果作為證據解釋。科學探究活動包含多面向，包括觀察、發現問題、收集問題相關資訊，設計實驗，根據實驗證據檢視過去的研究成果，利用工具去分析、詮釋、解釋數據，提出可能的答案、解釋與預測，並溝通結果、確認假設，運用批判與邏輯思考，考慮其他可能的解釋（NRC, 1996）。

美國科學促進學會也提出科學探究旨在發展學生科學思考與探究的能力，科學探究的方法主要是強調學生應該從現象的問題開始，主動參與，進而提出假設，再根據假設收集、分析證據，設計研究與進行研究的過程，而非只是知識的學習而已（AAAS, 1989），可看出探究教學在科學教育中的功能與重要性。

我國國民中小學「自然與生活科技」學習領域的教育目標也強調藉由科學探究活動培養科學素養（鄭嘉裕，2005），學習科學知識的同時讓我們了解如何去進行探究活動：學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判，也培養出批判、創造等各種能力。特別是以實驗或實地觀察的方式去進行學習，使我們獲得處理事物、解決問題的能力，也瞭解到探究過程中，細心、耐心與切實的重要性。因此九年一貫國民教育「自然與生活科技」領域課程綱要強調自然與生活科技之學習應以探究和實作的方式來進行（教育部，2007）。

二、科學探究教學

探究教學和傳統教學不同在於，探究教學中學生是自主性的學習和吸收知識，並非被動的接收者；對教師而言，其為促進、協助學生學習的角色，而非灌輸知識者。

探究教學和傳統教學比較，分成三個方面（黃欣玲、郭艷光，2008）教師、學生、學生任務：(1) 教師方面：傳統教學法中做為知識分配者，包含傳遞訊息、個別溝通、指導學生活動、解釋概念間的關係、教師知識固定不變、直接使用教科書；探究教學法中做為輔導與促進者，包含協助學生處理訊息、團體溝通、輔導學生活動、促進學生思考、模式化學習過程、靈活使用教材；(2) 學生方面：傳統教學法中做為被動的接受者，主要在紀錄教師給予的訊息、背下訊息、跟隨教師的方向、視教師為權威；探究教學法中做為自我導向的學習者，主要在處理資訊、詮釋、解釋及假設、設計自身的活動、分享答案；(3) 學生任務方面：傳統教學法中教師規定活動，包含完成工作單、所有學生完成同樣的任務、教師指導工作、缺乏正確的項目；探究教學法中學生直接學習，包含引導自身的學習、每位學生的任務不同、設計並指導自己的任務、強調有意義的推理、閱讀及寫作、解決問題、建立認知結構、解釋複雜的問題。

探究活動中，學生自主權的多寡，會影響探究教學的方式，但探究教學有基本的五個特色（NRC, 2000）：(1) 學習者被科學性的問題吸引、(2) 學習者提出證據回應問題、(3) 學習者從證據中，系統化的闡述出解釋、(4) 學習者將解釋和科學知識之間做連結、(5) 學習者透過溝通來判斷證明他們所提出的解釋。

依照教師（教材、或其他來源）、學習者，兩者在課堂上主導權力的分配，將科學探究教學分很多層次，如表2-2-1所示。

表 2-2-1 課堂探究教學基本特色 (NRC, 2000)

基本特色	變化 (多 ← ————— 學習者自我導向 ————— → 少)		少 ← ————— 教師或教材主導 ————— → 多)	
1. 學習者被科學性的問題吸引	學習者提出問題	學習者在問題間選擇，並提出新問題	學習者澄清教師 (教材、其他來源) 提供的問題	學習者被教師 (教材、其他來源) 提供的問題吸引
2. 學習者提出證據回應問題	學習者決定收集什麼來組成證據	學習者直接收集主要數據	給予學習者數據，要求其分析	給予學習者數據並告訴他們怎麼分析
3. 學習者從證據中，系統化的闡述出解釋	在摘要出證據後，學習者有系統的解释	在從證據中，學習者被引導有系統的解释	給予學習者可能的方法去使用證據，做有系統的解释	學習者提供證據
4. 學習者將解釋和科學知識之間做連結	學習者獨立的檢視其他來源和型式的解釋	學習者直接朝向科學知識來源做連結	給予學習者可能的連結	
5. 學習者透過溝通來判斷證明他們所提出的解釋	學習者形成合理和邏輯的論證來溝通解釋	在指導下，學習者發展溝通	提供學習者各種方式去增強溝通	提供學習者步驟和程序去做溝通

教師角色有管理者 (Manager)、技術員 (Technician)、協助者 (Facilitator) 和授權者 (Empowerer) (Hand, 1996)，探究教學的過程讓教師從過去的管理者，演變成最後的授權者，學生學習自主性因此提高。

探究教學因開放的程度分為很多層級，最早 Schwab (1962) 所倡導的過程探究模式 (Process inquiry model)，是根據學生在科學學習的自主性，並將實驗活動依實驗問題或假設、實驗步驟、實驗結果分三個階層。第 1 層級：教師提供實驗問題或假設、實驗步驟，但沒有提供實驗結果；第 2 層級：教師提供實驗問題或假設，但沒有提供實驗步驟、實驗結果；第 3 層級：教師什麼也不提供，皆由學生自行探索。

因此由第 1 層可看出教師以提供了實驗問題和步驟，學生只需要依照固定的程序即可找出結果，因此在探究活動中的開放程度最低；第 3 層則全部皆由學生找出問題和實驗步驟及方法，因此在探究活動中是開放程度最高的教學方式。

接著 Herron (1971) 在 Schwab 所分的層級中，再加上另一個層級，此層級教師提供所有的條件，只需要學生去按照步驟做實驗、檢驗已知的結果即可，稱為第 0 層。Hegarty-Hazel (1986) 更進一步將第 2 層分成 2a 及 2b 兩個層次，Staer, Goodrum, 與 Hacking (1998) 採用 Hegarty-Hazel 所提出的看法，並在分類的項目上進一步增加了「實驗器具」一項，因此探究活動的分層變更加完備，如表 2-2-2 所示。

表 2-2-2 探究活動的層級 (Staer, Goodrum, & Hacking, 1998)

層級	實驗問題	實驗器材	實驗步驟	實驗結果	一般名稱
0	○	○	○	○	確認
1	○	○	○	—	引導性探究
2a	○	○	—	—	開放引導性探究
2b	○	—	—	—	開放引導性探究
3	—	—	—	—	開放性探究
備註	○：表示教師提供 —：表示教師不提供				

Colburn (2000) 再進一步將探究活動分成四類命名：(1) 食譜式探究：實驗問題、器材、步驟及研究的結果皆由教師提供給學生；(2) 結構式探究：實驗問題、器材及步

驟皆由教師提供給學生，但不提供學生實驗的結果；(3) 引導式探究：實驗問題及器材皆由教師提供給學生，而學生必須自行設計實驗方法找出實驗結果；(4) 開放式探究：實驗的問題、器材、步驟和結果教師皆不提供，學生必須自行探究出實驗結果。

完整的探究是讓學生找出問題、設計研究、收集證據、找出問題的答案，最後溝通研究過程和結果 (NRC,1996)，Trowbridge 與 Bybee (1986) 也指出探究是經由確定問題、建立假說、設計實驗步驟、數據收集、溝通討論結果等過程來培養的。黃欣玲與郭艷光 (2008) 提到探究能力的訓練模式 (Inquiry training model) 是由美國教育學家 Suchmann 所提倡的，主要內容是要協助學生不斷的從自然觀察中，確認事實、建立概念、形成假設，以解釋所見現象的學習，也就是要讓學生主動提出事實真相、解釋現象並發展出解決問題的能力。因此，探究訓練教學模式首先就是要製造一個讓學生感到困擾的問題或情境，接著再鼓勵學生提出具體的問題，並協助其分析問題，尋求資料以瞭解問題的本質。探究訓練模式分成如下五個階段：(1) 提示問題階段；(2) 收集資料、求證階段；(3) 收集資料、實驗階段；(4) 建立假設的階段；(5) 分析探究過程 (黃欣玲、郭艷光，2008)。

另外，Lawson (1995) 指出教師不使用探究教學法的常見理由包括：教師認為探究教學會大量消耗時間與精力、教學進度會變慢、普遍學生閱讀困難、不是每次教學都能成功，伴隨著風險、學生的程度不足、不習慣教學方式改變、無法教完教材、課程多篩選困難、改變教學後師生的不適應感、實驗室設備、經費的缺乏。因此強調探究教學時，必須注意到以下因素：教師是否了解探究的本質、特定學科的結構，是否熟練探究式教學的策略。

Gijlers, Saab, Van Joolingen, De Jong, 與 Van Hout-Wolters (2009) 提到探究並不總是成功的，也不一定都導致學習，需要解決學生在探究環境時所遇到的困難。因此在探究學習環境中，需架構出學生應注意的相關概念，協助他們在探究學習過程中的表達思想，設計實驗和測試的預測。Eslinger 等人 (2008) 也談到探究學習在科學教育上也是個重大的挑戰，學生在課程中會覺得他們在學習科學的真相也就是事實，認為實驗或探究活動只是一種引導他們去確認前人答案的手段，而教師也會覺得教科書上的內容已有

一定程度的教學壓力，讓學生有更多的自主權會增加其工作，因此探究過程必須與科學內容並行，基礎的探究不能脫離課程，所以教學時需同時結合科學概念和探究兩者。另外，PISA 2006 形成科學性議題能力的題目，主要知識類別皆為科學本質中的科學探究類型（OECD, 2006），探究教學不僅要求學生使用科學推理和批判思考來發展他們的科學認知，同時必須結合科學過程技能與科學知識（謝甫佩、洪振方，2004）。

基於上述，本研究的形成科學性議題教學法為結合正式課程與探究教學模式的方式進行，並討論了學生科學推理能力對形成科學性議題能力的預測解釋情況，因此會在教學前測驗學生科學推理的能力，另外，為了減輕教師的負擔，會架構正式課程在網路化的學習環境中，探討學生的學習狀況。

第三節 鷹架理論

一、鷹架的內涵

近側發展區（Zone of proximal development, ZPD）是由 Vygotsky 在1978年所提出的概念，表示學習者在「實際發展層次」（Real level of development）和「潛在發展層次」（Potential level of development）之間的距離。實際發展層次指的是學習者能夠獨立解決問題的層次，潛在發展層次則是學習者在他人（教師、較有能力的同儕）的引導或合作下才能解決問題的層次。所以簡單的說「近側發展區」就是學習者自己能力所能達到的程度和經由別人協助後可能到達到程度之間的差距，因此學習者只靠自己的能力，則其發展的程度會是有限的，但是如果受到比自己有能力的人（例如：教師或同儕）協助引導下，學習者則會超越自己程度的發展（Vygotsky, 1978）。因此，張壽全（1999）認為 Vygotsky 近側發展區的理论在教育上的意義，教師應有以下的體認：(1) 教學效果可能發生在近側發展區：傳統教學強調配合學生的認知能力發展，學生的學習仍然被侷促在自己實際發展水平內，而 Vygotsky 的近側發展區的理论正可以改進傳統教學在這方面的缺失。希望教師除了傳授新知外，更應面對新知及多元環境，發展出可以啟發學生的教學策略；(2) 教師適時給予學生輔導：Vygotsky 近側發展區的理念實施教學時，能否適時給予學生必要的協助，成為教學成敗的關鍵。

Vygotsky 也認為學習和發展有著複雜的關係，不如 Piaget 所認為在個體發展之後才有學習，學習有積極促進個體的發展的作用，若受到能力較高者的協助與合作，能增進學習者認知發展的學習 (Vygotsky, 1978)，基於 Vygotsky 的觀點，Wood, Bruner, 與 Ross 在1976年提出「鷹架」的概念，「鷹架」可被定義為由教師、同儕、或其它資源所提供給學生的支援，讓學生能執行無法獨立完成的任務，其支援包含：(1) 概念的（哪些是考慮的）、(2) 後設認知（如何經營學習過程）、(3) 程序的（如何使用工具）、(4) 策略的（哪些策略使用可接近問題）以解決非結構化問題 (Wood, Bruner, & Ross, 1976)。

潘世尊 (2002) 提到把「鷹架」和「建築物」間的關係類推到「教學安排」和「學生成長」間的關係時，教師的教學應該就是所謂的鷹架，學生則是在鷹架的支援之下才能順利完工的建築物。建築物搭設鷹架時，要考量建築物下個階段預計完成的高度再行架設，若一次就搭太高對施工不但沒有幫助，甚至有所妨礙，這樣的觀念類推到教學時，也必先估計學生在不久的未來可能發展出來的能力，然後再提供適當的支持與引導（即鷹架）以推進學生此種能力的發展，因此鷹架搭建的原則為：(1) 機動調降期望學生發展出來的解題能力層次；(2) 由抽象到具體提供解題線索及提示，若不行，最後再用講解及示範的方式；(3) 學生真的需要時才提供協助。

不同的學者對鷹架也有不同的見解，有人認為鷹架代表學習的「橋樑」(Gee, Michael & O'Conner, 1992)，教師扮演支持、導引學生學習的角色，即時協助學習者所需的資訊；也有人認為鷹架是一種教學上的工具 (Doyle, 1986)，減低學習過程中學習者產生困惑的情況、促進其發展；Rogoff (1990) 認為「鷹架」是成人或同儕對學習者提供有意義而且有組織的學習材料。Puntambekar 與 Hübscher (2005) 提出鷹架的目標：(1) 當學生獨立完成任務時有困難時，提供暫時的支援；(2) 幫助學生在鷹架中獲得能力，讓他們可以去執行無法完成的任務。而鷹架可提供教學目標則包含：(1) 學習學科知識（如概念、程序）、(2) 學習有關人的學習（後設認知、自我規律學習）、(3) 學習如何運用電腦學習環境（工具、功能）、(4) 學習如何適應特定的教學內容（參與適應求助的行為） (Azevedo & Hadwin, 2005)。

Day 與 Cordon (1993) 認為鷹架教學指的是學習者在學習的過程中，不同的學習

階段給予不同的引導協助，使學習者最後能獨立學習或達到學習目標的教學方法。Dyson (1990) 認為鷹架包含「垂直」與「水平」兩層次：(1) 垂直鷹架：配合學習者的需求將學習內容加以結構化處理，在教學互動中鼓勵學習者認知的複雜化，培養應用能力；(2) 水平鷹架：強調教師應配合學習者的社會背景和經驗，提供支持與學習的內容而不是孤立的教學支持。Wood, Bruner 與 Ross (1976) 提到六種在學習上鷹架所能提供的支援：(1) 引起學生的參與、(2) 指出所欲學習事物的關鍵特徵、(3) 提供相關課程範例給學生觀摩學習、(4) 減輕學習時的負擔、(5) 進行學習活動方向管理、(6) 掌控學習過程的挫折。

有關鷹架教學法的原則有下列幾項重點 (Greenfield, 1984)：(1) 教學活動中，教師擔任學習者的能力發展「鷹架」；(2) 教師協助學習者的程度，按照學習者的目前程度而調整；(3) 學習者的能力逐漸增加時，教師的協助逐漸減少；(4) 協助多寡與問題困難度成正比；(5) 協助的進度可以隨時校正；(6) 教師協助其將知識內化，使學習者逐漸獨立自主。然而近年來鷹架教學的概念逐漸擴大，只要可以在教學活動中用來輔助學生的工具和學習資源都可以視為一種鷹架 (Kao, Lehman, & Cennamo, 1996) 整個鷹架教學過程設計應注意四項原則：(1) 各階段學習過程應適當劃分，難度應由簡單到困難；(2) 逐漸減少輔助，協助學習者獨立學習；(3) 各學習階段應提供充分的練習機會，上一階段的學習是下一階段的基礎；(4) 每個階段都應對學習者實施學習評量，做為繼續往下一階段學習的依據。

二、鷹架在科學教育上的研究

在一般課室環境下，黃詠仁與王美芬 (2002) 國小自然科合作學習教學策略之行動研究，以 Vygotsky (1987) 認為人類知識的發展是社會互動的過程，學習者在互動的過程裡，由成人的幫助或同儕之間的合作，即形成學習的鷹架，因此將合作學習用於自然科的教學上發現：(1) 合作學習能增進學生的學習動機，有助於學生學科知識的學習；(2) 在合作學習的教學情境下，學生喜歡上自然課，提昇學生的學習態度。

而鷹架理論在網際網路的學習環境下，用於科學學習上的研究也有許多成效顯示，

翁榮源與羅宇詩（2002）鷹架理論在水的化學上的應用研究中，以鷹架式電腦輔助教學法來突破「水的化學」在教學及理解上的困境，讓學習者在日常生活的情況和抽象的科學概念之間搭起橋樑，以「鷹架式教學法」為依循，著重在「輔助的建造」過程。其鷹架式教學的「輔助工具」策略分為三部分：(1) 在經驗及先備知識上建基：使用「概念圖」將新引進的概念明確定義在已知概念上以日常生活的真實情境來呈現相關的應用問題；(2) 在不同的表徵系統（文字、圖片、影片、化學方程式）之間搭建橋樑：使用多媒體的聲光效果，讓文字和視覺表徵系統做連結（化學方程式、圖片）以錄音的效果連貫學習內容具體到抽象概念的建立；(3) 在理解、知覺、動作上做連結：在動畫模擬的過程中讓學習者可以直接操弄、改變實驗的影響因子針對影響因子的變動給予即時、視覺化呈現。研究結果發現其教學在學習水的化學上確實可以發揮輔助學習的效果。

楊振嘉在 2000 年所做的鷹架理論在國小酸鹼化學網站的應用研究中，談到化學是需要經由推理、實驗，以及深入的理解，才能達到學習的境界，所以此研究將不易理解的酸鹼性質理論問題具體化地顯現於網際網路上，透過網路上豐富的多媒體效果並藉由網際網路網網相連的特性運用在網頁中，讓學生以即時、互動的方式學習，以達到良好的學習成效。研究結果發現鷹架式化學網站對學習者進步助益極大，與學習者的先備能力較無顯著關係（龔輝基，2005）。

Bruner(1985)提到成功的學習要有兩個重要的情境：(1) 學習的人必須願意嘗試、(2) 老師必須提供一個鷹架。而在網路學習環境中，缺乏鷹架造成學生控制學習能力差，對主題的概念理解失敗，因此本研究將鷹架架構於網路化的生物課程學習之中，而在國中的生物課程，不像物理和化學現象是可以在日常生活中觀察到的，所以學生在日常生活中對生物方面的體驗和先備知識不足，需要在課堂中提供學生基本的概念。

因此本研究所設計的鷹架支援（Wood, Bruner, & Ross, 1976）主要提供學生生物概念的部分，目標（Puntambekar & Hübscher, 2005）是讓學習學科知識（如概念、程序），以垂直鷹架的概念，配合學習者需求將學習內容結構化處理（Dyson, 1990），運用豐富的多媒體資源（文字、圖形、聲音和影像）架構在網際網路上，並設計不同層次兩組鷹架式（Scaffold）之形成科學性議題教學法，探討兩組學生在各方面學習成效上的差異。

第四節 科學推理

一、科學推理內涵

科學推理為學生由已知或假定的前提來推論結果（可以是個人作業），也就是假設的測定，根據所支持的假設去描述和設計實驗，預測實驗結果，證明怎樣的結果假設A為錯誤？怎樣的結果假設B為錯誤？探討事件的因果關係（Lawson, 2003）。而在現實的教學的情境中，有時無法呈現所有的科學現象，於是就必須藉由間接的認知來達成概念的理解，此間接的認知即稱「推理」（石曉芳，2005）。

演繹推理（Deductive reasoning）和歸納推理（Inductive reasoning）（Chalmer, 1982）是在推理技巧中，很常使用的兩種方法。「演繹推理」依據邏輯命題，以已知的一般原理為基礎，去推論某類事物特殊事例的真偽，可分為兩大類型式（Vosniadou, 1989）：

1. 條件推理（Conditional reasoning）：以若（if）...則（then）的邏輯命題得到結論，例如學生觀察到蠟燭燃燒時需要在開放空間中進行，以廣口瓶蓋住燃燒中的蠟燭會使蠟燭熄滅，學生因而可能做出如果（if）沒有空氣，則（then）蠟燭無法進行燃燒作用的推論。
2. 三段論法（Syllogistic reasoning）：運用兩個邏輯命題經過推理而得出結論，分兩類：(1) 線性演繹法（Linear syllogism）---邏輯命題之間的位階關係相等，例如植物會進行呼吸作用（第一命題），呼吸作用需要氧氣（第二命題），則植物呼吸時也需要氧氣（結論）；(2) 分類演繹法（Categorical syllogism）---邏輯命題之間的位階關係有階層性，例如學生知道氣球內裝入比重大於空氣的氣體會使氣球下沉（主要命題），當看到氧氣裝入氣球後使氣球下沉的現象（次要命題），則可能推論氧氣的比重會大於空氣（結論）。

因為自然界中充滿了太大的變異性，用歸納法可以有效的預測未知事件，且隨著新的觀察事例增加，更可以逐漸修正結論使預測的不確定性大為降低。所以「歸納推理」是藉由觀察眾多個別事物的特質，從其中抽取出一般規律的共通性並概括到同類事物上。歸納法也可分為兩大類型式：(1) 因果推論：依據個別事物性質的觀察或資料做出前提，經由可能的因果推論，尋求其中共通性而推導出結論；(2) 分類推廣：一般的運

用為由下而上 (bottom-up) 以相同的模板、原型、特徵、結構比對模式為前提，或依個人知識架構之下的相關背景由上而下 (top-down) 來進行推廣的歸納。例如：學生可能從觀察鐵、銅、鋁等金屬 (個別事物) 生鏽的現象 (共通性)，而推導出金屬都會生鏽 (結論)，但是在觀察過黃金、鉑等金屬的特性後 (新的事例)，則重新歸納而得到並非所有的金屬都會生鏽 (修正後的結論)。

在推理的過程中，歸納和推理是相輔相成的，演繹需要可靠的歸納基礎才能產生具有信度的結論，而歸納是在一般原理、原則或某種假說、猜想下進行，因此從客觀角度去認識事物，必須兩種方法共同發展 (Michalski, 1989)。

二、科學推理研究

Driver, Leach, Millar, 與 Scott (1996) 從知識論推理層面修正而成的科學推理目標，從學生如何進行科學探索活動 (Science inquiry)、如何看待科學理論的本質和狀態，以及學生「使用理論所作的解釋」和「對證據的描述」之間的關係，將推理歸納為三類：(1) 現象推理 (Phenomenon-based reasoning)：科學理論來自於對現象的描述，常常是情境依賴的；在解釋和描述方面，學生將對現象的描述直接作為證據，和理論解釋之間的說法並沒有區別；在科學探索方面，直接觀察自然現象或設計活動再嘗試操作後，觀察結果和現象；(2) 關係推理 (Relation-based reasoning)：科學理論來自歸納法，於經驗的概括化中浮現，找出可觀察或假定存在的現象中所包含的特性或變數之間的關係；在解釋和描述方面，仍然用對現象的觀察來作為證據描述，以變數之間的關連做為解釋的理論依據，缺乏對潛在科學機制的說明；在科學探索方面，決定現象中可辨識的特性或變因來描述現象的行為，設計實驗、控制變因、計畫觀察的變項，最後探討起始因子和結果之間的關係；(3) 模型推理 (Model-based reasoning)：科學理論無法直接由現象的觀察資料推論得到，而是經由「創意」來產生理論模型，同時存在多個可能的理論模型。理論的存在是暫時性的，可以從「對現象的觀察」和「推理的理論模型」之間的一致性來評估理論的優劣；在解釋和描述方面，認為理論解釋並非來自於觀察，而是以理論系統的科學機制來解釋，例如說明熱氣球上升這類巨觀的現象時，是以假定的實體「氣

體分子」的行為來解釋；在科學探索方面，以證據來評估各種模型的優劣。

其中關係推理中的科學理論，可以用兩種方式達成：(1) 變數間的相關：例如晶體越大、溶解越慢；(2) 線性因果推理：例如熱使空氣上升，空氣上升使熱氣球擴張開來。但是這以上兩者會互相干擾，因為線性因果推理的關係，使得在進行變數相關的推理時，傾向只接受一個原因而忽視其它可能的原因的情形。

過去多半認為小學階段的兒童屬於具體運思期，無法進行抽象的科學推理過程，所以較少進行較抽象的科學推理教學，但 Vosniadou 與 Brewer (1994) 的研究顯示兒童整合概念的過程中已具備了一定的推理能力。因此兒童也具有邏輯推理能力，其思維模式比皮亞傑理論要來的更進一步進入了形式運思期，在科學課程中適當引導，可以使學生有更多的機會練習推理的技巧，幫助其心智的成長。

因此依據 Driver 等人為原始的基模，Tytler 與 Peterson (2003) 整理有關於知識論觀點探討學童推理的分類，對國小學生的科學推理能力提出了四個向度：(1) 探索的本質 (The nature of exploration)、(2) 知識處理過程的深度 (The depth of processing)、(3) 處理競爭知識回應的能力 (Responses to competing knowledge claims)、(4) 處理變數 (Handling variables)。研究結果顯示學童具有不同層次的科學推理能力，且在處理不同的科學任務時，會展現和使用不同的科學推理能力，許多研究都低估了學生的科學推理能力。除此之外還發現兒童的科學推理與其是否從事較高層次的解釋能力之間，有著密不可分的關係。

Keys (1995) 以社會建構論的角度研究學生合作進行科學寫作的情形，從作品內容的模式中，歸類出四種模型包含11項可支持寫作能力的科學推理技巧：1. 評估科學現象的既有模型，包含了：(1) 提出預測 (Posing prediction) ---以個人直覺觀念、先備知識或特定的資料中判斷未來事件可能的結果，在此過程中可以同時考慮多個預測的假設；(2) 評量預測 (Evaluating prediction) ---判斷自己或同儕提出預測的適切性；(3) 解釋-判斷預測 (Explaining-justifying prediction) ---以個人直覺觀念、先備知識或教科書上的資料，說明並判斷所提出的預測。2. 針對科學現象產生新的模型：(4) 評估觀察 (Evaluating observations) ---決定觀察目標的適切性和是否可由此觀察推導出結論；(5)

找出模式和特質 (Identifying patterns and properties) ---以模式 (Pattern) 來表達觀察資料, 將資料整理成為模式, 指出資料中特定目標或符號的共通性; (6) 提出結論 (Drawing conclusions) ---說明科學事件的結果, 並和原先預測的結果互相比較; (7) 形成模型 (Formulating) ---針對科學現象使用所有可能的資料來源 (包括直覺概念、觀察現象、先備知識及和同儕、教師的討論等) 建構並形成模型。3. 擴展模型到新的情境: (8) 推論 (Inferring) ---使用所有可能的來源將情境與科學現象建立連結; (9) 比較/對比 (Comparing/Contrasting) ---運用言語比較兩個物體或現象間的相似或不同之處。4. 支持其他形式的推理: (10) 討論概念意義 (Discussing concept meaning) ---參與討論以建構或澄清科學形式、物體、圖像或現象; (11) 定義出相對訊息 (Identifying relevant information) 從教科書、圖表、圖片或之前的作業中定位或回顧一些特定的訊息。

Hogan 與 Fisherkeller (2000) 將科學推理定義為六種型式: (1) 分析式推理 (Analytical reasoning): 檢查整體的組成以及他們的功能是怎麼結合起來的, 包括分析個體的推理成分, 例如假定、主張及解釋; (2) 類比式推理 (Analogical reasoning): 分析兩件或多件事情之間的相似點, 通常藉著一些相似案例的比較, 了解或找出新奇狀況、想法或問題的重大特徵; (3) 對話式推理 (Dialogical reasoning): 考量不同的觀點或在多元參考架構中思考。對話式推理的另一種形式是辯證式推理 (Dialectical reasoning), 即測試對立觀點的強弱; (4) 推論式推理 (Inferential reasoning): 連結兩個狀況而後得到結論, 因為某事如何而導致此事如何。推論式思考有兩種形式: 歸納思考是由特定的事例 (Instances) 或證據而得到結論及通則; 演繹思考是利用普遍的原理 (General principle) 或前提 (premises) 形成結論或解釋事例; (5) 評價式推理 (Evaluative reasoning): 根據一些外在判準去評斷想法、論點或知識主張的價值或品質; (6) 統整式推理 (Integrative reasoning) 不同的資訊或知識來源組合成一個整體。

學生對於知識的觀點會引導科學推理中的計畫、監控和評估等執行的過程, 對於進行科學推理有極為重要的影響。Hogan, Nastasi 與 Pressley (2000) 藉由學生與老師口語互動的推理過程, 從社會建構論探討學生的概念建構歷程, 針對12個八年級學生進行訪談研究, 並將學生回答的內容依科學推理的層級分為六種: (1) 概述 (Generativity):

學生以直覺的觀察結果或質樸的想法及主張等較低階的思考來說明待解答的現象；(2) 精緻化 (Elaboration)：能以科學的方式敘述待解答的現象，例如加入測量或估計的方式；(3) 辯證 (Justification)：可分為「證據取向」及「推論取向」兩類來判斷待解答的現象。學生的每個想法若能運用越多的證據及推論來確認判斷，得分越高；(4) 解釋 (Explanation)：學生以作用機制來說明待解答的現象，採用的機制越多，得分越高；(5) 邏輯演繹 (Logical coherence)：學生對現象的論述中包含了判斷或解釋，這些論述並不嚴格要求概念的正確性，主要評斷學生所做的判斷及解釋，是否依照原先的前提和假設進行邏輯演繹而得；(6) 綜合 (Synthesis)：評斷學生如何在對現象的論述中，整合相反的觀點，它足以顯現出學生具有辯證思考等高階思考的能力。

一般推理能力的量化分析中，會採用 Lawson (1978, 1987, 1992) 科學推理測驗「Classroom test of scientific reasoning」作為學生科學推理能力的評量工具，因此本研究也採用此測量工具，測量學生在教學前一般的科學推理能力（包括解釋、假設與驗證等科學推理技巧），探討科學推理能力、形成科學性議題能力、概念建構之間的相關性。



第五節 網路科學學習

一、網路化學習環境

科技的蓬勃發展，使得教學不再只有傳統黑板書寫的方式呈現，轉而運用不同的資訊教材配合各領域主題，活潑的呈現教學內容，因此如何將「資訊融入教學」成為了教師必須思考的問題。現今資訊融入教學的方式大致有：(1) 電腦簡報的展示、(2) 電腦輔助軟體、(3) 結合網際網路等 (張國恩，1999)。

數位學習的發展從早期1960年代，將電腦融入在教育中的電腦輔助教學 (Computer-assisted instruction, CAI) 符合行為主義的觀點，到之後朝向以學生為中心的電腦輔助學習 (Computer-assisted learning, CAL)。電腦應用在教育上的角色有下列三種：(1) 電腦當作家教 (Computer as the tutor)：扮演教師的角色指導學生操作電腦進行教學活動的學習；(2) 電腦當作徒弟 (Computer as the tutee)：使用者要知道如何與

電腦溝通、控制各項反應讓電腦協助執行；(3) 電腦當作工具 (Computer as the tool)：協助教師與學生在文書處理、簡報製作、編排等地方使用 (Taylor, 1980)。

接著1989年全球資訊網 (World Wide Web, WWW) 的起源，網路科技的成熟與蓬勃發展，使得數位學習經常利用網際網路來傳遞課程，因此網路化教學 (Web-based instruction) 及網路化學習 (Web-based learning) 成為主流 (易國榮, 2003; 廖姪奴, 2005)。Carvin (1996) 提到網際網路應用在教育上的角色有下列四種：家教 (Tutor)、出版社 (Publishing)、論壇 (Forum)、瀏覽的領航家 (Navigator)，而網路學習比起傳統的教學有下列幾項不同的特質：(1) 破除學習時空藩籬，使學習者不受時間、地點的限制，隨時進入學習環境；(2) 多元化學習資源包含文字、圖形、聲音、影像及動畫等型態，藉由資訊精緻化與組織化等方式來增強使用者的長期記憶；(3) 互動式的學習方式，藉由網路同步與非同步式的溝通工具來人際互動；(4) 個別化學習採用學習者控制的設計，可因應學習者提供個別化的學習路徑、進度、方法、記錄及最適當的教材；(5) 建構主義的學習觀點，鼓勵學習者主動參與學習並達成自我學習目標，並強調學習者主導的「內在控制」；(6) 提供家長參與的機會，瞭解孩童的學習情形並陪孩童一起進行學習活動；(7) 教師角色轉變，由消極講述的教學方式，轉變為學習過程中的輔導者、伙伴和學習資源提供者；(8) 科際整合使學習不受傳統分科設班的限制，可以依據學習目標打破科際間的限制 (林奇賢, 1998)。

開放的網路學習環境的優點，還包括學生可依自己的興趣和方式學習，建立個別化的學習模式，並設計自我評估、檢視、反思等後設認知 (Metacognition) 策略，使學生建構出自己的認知基模 (Anderson, Reder, & Simon, 1997; Slavin, 1990)。另外，發展網路化的課程時，必須注意下列幾點：(1) 了解學生的需求：分析學生的先備知識、電腦操作的能力及其學習環境與文化背景；(2) 確認教學的目標：網路化的課程適合個人導向的學習，學生不僅在學習時間、進度、教學目標和學習成果有更多的選擇或掌握；(3) 選定學科內容的範圍：網路學習具有多樣化、動態、連結、與非線性的特性，老師要慎重審查網站資訊並做適當的連結；(4) 安排學科內容的先後順序和結構：網路課程的安排必需適合學生的先備知識和技能，同時也讓課程保有彈性以適合個別的學生，避免學

生迷失在課程之中；(5) 選定呈現方法和媒體：網際網路混合了文字、圖形、聲音和影像，所以必須慎選資訊呈現的方式，以提升教學的效率及品質；(6) 設計評量活動：網路評量活動可以提升學習成效，建議每週的網路學習課程應該包含：學生閱讀的進度、該回答的問題、線上討論的主題等；(7) 施行形成性的評鑑：實施形成性評鑑，藉此不斷的維護與更新網路課程；(8) 課程的完整性：網路課程必需要有完全的計畫和準備 (Chou, & Tsai, 2002)。

綜合上述可知，在科學教育上透過網際網路的學習環境，可提供豐富的教學資源，整合了文字、圖片、聲音、影片、動畫等多媒體資訊，並擁有獨特的超連結功能，超越時空的限制，並配合個人需求的進行學習的歷程，因此有效利用這些電腦網路教學特點，將電腦視為心智工具 (Mindtools) 或是認知工具 (Cognitive tools) (Jonassen, 1996)，促進學生的認知與後設認知，輔助學生主動學習並建構科學概念。

二、網路化科學教學的應用

網路學習的互動學習方式分為同步和非同步兩種，同步的教學模式主要是超越空間的限制，教師利用網路工具進行視訊會議等過程，而非同步的教學模式主要是超越時間與空間的限制，學生的學習活動不一定是在同一個時間內發生，教學者事先將教學活動放置網路上，學生可依照自己的方便在任何時間或地方，到指定的網路位置進行學習活動，彈性較大 (邱貴發, 1998)，因此本研究的教學設計採用非同步的方式進行教學活動。電腦網路的科學教學大致分為下列幾種類型：

(一) 探究式教學

電腦網路的融入主要協助教師營造合適的探究教學情境與環境，引導學生發現並解決問題，呈現出學生的創造力與探索的歷程，並增加學生發表及互動的機會。在美國加州柏克萊分校於網路上架構的探究式物理學習的虛擬教室 KIE (Knowledge integration environment) 使用電腦及網路來輔助學生進行物理方面的探究學習，透過各項輔助工具軟體支援學習者進行問題解決活動，營造探究學習環境，協助學生蒐集、統整、分析資料來解決問題 (KIE, 2004)。

(二) 網路融入PBL (Problem based learning)

網路的融入使得問題的呈現更多元，運用非結構化問題促進學生的學習興趣及成效，提高學生的學習動機，網路也提供學生搜索資訊的工具，使學生能增進自我學習。Yu, She 與 Lee (2010) 以生物概念為主，運用網路融入問題解決的教學策略，發現有助於提昇學生非結構化問題解決的追蹤測驗成績。

(三) 鷹架學習理論

教師扮演鷹架架設者的角色，輔助學生學習，在學習過程中逐漸將學習責任引導至學生身上，最後希望學生能自我主動學習，建構自我完整的知識。在網路的開放環境中，教師能透過網路的功能更輕易的建設有利於學生的暫時性支架，而學生在網路的環境中更容易有個別化思考，獨立學習的優點。Marcia, Douglas, 與 James (2003) 建立一個以網路為導向的探究科學的學習平台 (The web-based inquiry science environment, WISE)，提供中小學學生網路科學探究活動，學生可以學習、探究、討論、組織資料，並從調查、辯論、評論、設計等研究主題中選擇有興趣的進行探究活動，學生可從家裡連上網路到 WISE 繼續學習任務，教師也可直接在網路上評定學生的作業，或繼續開設新的探究計畫。WISE 輔佐課程的進行使得自然課更生動有趣，並增加學生合作的機會，引起學生的學習動機。

(四) 科學概念建構與改變的學習

許多研究針對科學概念建構與改變結合網路學習進而促進學生科學概念的建構與改變。She (2004) 針對學生難以理解的浮力概念，將多媒體與後設認知策略結合進行網路化學習，結果發現有助於提升學生科學概念的認知和學習成效。

She 與 Fisher (2003) 透過電腦動畫與網路結合進行教學，結果發現在互動式的學習過程中，可使學生建構完整的科學概念，提升學習成效，另外，在學生的科學態度及師生互動關係也有提升，顯示學生對於使用網路來教學的態度是正向的。另有研究以雙重情境學習模式與科學推理為理論基礎，兩者分別針對燃燒和原子概念，設計出網路互

動的學習課程，其結果皆呈現此教學模式不僅促進學生科學的概念的建構，還促進學生的概念改變，同時也提升學生科學推理的能力（She & Lee, 2008；Liao & She, 2009；She & Liao, 2010）。其次有研究顯示網路化科學論證課程優於網路科學非論證課程，且有效提升學生國中化學反應之概念改變和論證能力（Yeh & She, 2010）。

成功的網路學習課程並非簡單的網頁連結和文件上傳，必須將互動性、電子媒體不同型態的影音資訊（例如：動畫、聲音、圖片、影片、文字等）設計到課程內容中，增進學生的使用、興趣、動機和互動性，讓學生在網路化的學習課程中，主動學習建構知識，並進行真實情境問題的解決歷程，對自己的學習負責（Berge, Collins, & Dougherty, 2000）。基於上述呈現電腦網路教學對於科學概念的建構有良好的影響，然而如果將形成科學性議題相關課程放在網路上進行教學，學生的學習效果又會是如何呢？過去還沒有發現這樣的研究，因此本研究將兩種鷹架式之形成科學性議題教學法皆架構的網路互動的教學環境下，期望在網路化的教學過程能提升學生形成科學性議題教學的學習成效。



第三章 研究方法

本研究所發展出形成科學性議題教學法，主要是修改探究教學模式並結合正式課程於網路學習的環境中進行，並以不同層次的鷹架式設計，協助學生在有限的條件下，形成可以進入學校實驗室做實驗的科學議題，並針對學生的學習成效、形成科學性議題能力進行探究，研究採用準實驗設計法之方式進行。

本章內容將分別針對研究對象、研究設計、研究流程、研究工具、教學設計及資料的蒐集與分析等加以敘述與說明。

第一節 研究對象

本研究的研究對象為新竹市某國民中學的國一學生，選取四個班共 138 位學生進行施測，學校的分班方式為常態分班，並利用學校正常上課的時間配合生物科教學的進度進行施測，學生在進行施測前均未學習過本次的課程單元。

第二節 研究設計與架構圖

本研究採用準實驗設計法，以四個班的國中一年級學生為研究對象。教材內容從國一上學期生物課程單元中，選取適合的章節進行教學，共選出三單元。研究的自變相分為兩組教學模式：直接鷹架式之形成科學性議題教學組、問答鷹架式之形成科學性議題教學組，依變相為生物概念測驗、單元相依形成科學性議題能力測驗及單元主題的網路學習歷程紀錄，另外，教學前會收集學生在科學推理測驗前測的成績。本研究的研究架構如圖 3-2-1 所示：

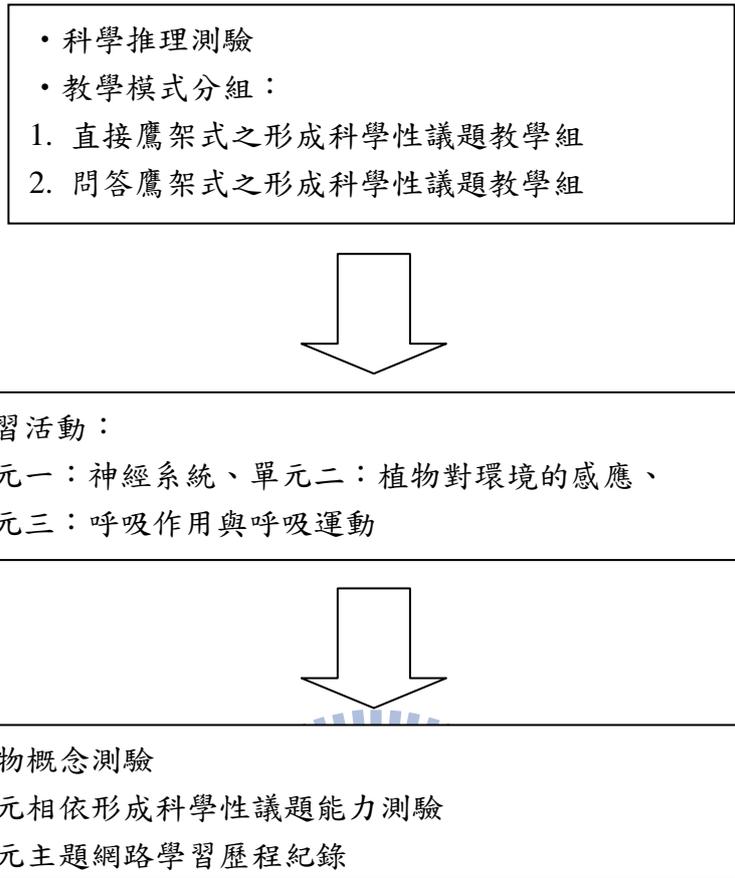


圖 3-2-1 研究設計架構圖

一、自變項：不同的教學模式---直接鷹架式之形成科學性議題教學組、問答鷹架式之形成科學性議題教學組。

四個班級依照學生在九十八學年度第一學期自然與生活科技的一次段考成績的班級平均與測驗的前測為依據，將四個班拆成兩兩為一組，分別為直接鷹架式之形成科學性議題教學組與問答鷹架式之形成科學性議題教學組，分組人數如表 3-2-1 所示：

表 3-2-1 教學模式與實驗人數整理表

教學模式	班別	學生人數
問答鷹架式之形成科學性議題教學組（實驗組）	班級B	36
	班級C	35
直接鷹架式之形成科學性議題教學組（對照組）	班級A	34
	班級D	33

二、依變項：本研究的依變項：「生物概念測驗」、「單元相依形成科學性議題能力測驗」和「單元主題網路學習歷程紀錄」

兩教學組的學生在教學前會收集科學推理測驗前測的部分，接著其於測驗皆分別在教學前（前測）、教學後（後測）與教學完後三個月（追蹤測）進行三項測驗的檢測，探討學生在教學前、後對單元概念的建構、形成科學性議題能力的差異、以及科學推理和形成科學性議題能力之間的相關性。

為了確保問答鷹架式之形成科學性議題教學組與直接鷹架式之形成科學性議題教學組的學生無顯著差異，研究者在研究之前先收集兩組教學組的學生在國中自然與生活科技學業成績、生物概念測驗、單元相依形成科學性議題能力測驗、科學推理測驗前測成績，進行單因子變異數分析（ANOVA）檢定的統計分析，分析結果分別如表 3-2-2、表 3-2-3、表 3-2-4、表 3-2-5、表 3-2-6 所示。

表 3-2-2 問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組學生前測各項成績描述性統計表

項目	問答鷹架式之形成科學性議題教學組			直接鷹架式之形成科學性議題教學組		
	N	M	SD	N	M	SD
自然與生活科技學業成績	71	77.56	17.61	67	77.52	16.16
生物概念測驗	71	7.23	4.02	67	7.36	4.21
單元相依形成科學性議題						
能力測驗	71	14.97	5.59	67	15.05	4.90
科學推理測驗	71	2.72	1.84	67	3.02	1.86

表 3-2-3 問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組學生自然與生活科技學業成績差異檢定摘要表

變異來源	平方和	<i>df</i>	平均平方和	F	<i>p</i>
組間	871.66	1	871.66	2.86	0.093
組內	41816.23	137	305.23		
總和	42687.89	138			

註：N = 138

表 3-2-4 問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組學生生物概念測驗前測成績差異檢定摘要表

變異來源	平方和	<i>df</i>	平均平方和	F	<i>p</i>
組間	0.53	1	0.53	0.03	0.860
組內	2044.94	121	16.90		
總和	2045.46	122			

註：N = 138

表 3-2-5 問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組學生單元相依形成科學性議題能力測驗前測成績差異檢定摘要表

變異來源	平方和	<i>df</i>	平均平方和	F	<i>p</i>
組間	0.20	1	0.20	0.01	0.933
組內	3562.79	128	27.83		
總和	3562.99	129			

註：N = 138

表 3-2-6 問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組學生科學推理測驗前測成績差異檢定摘要表

變異來源	平方和	<i>df</i>	平均平方和	F	<i>p</i>
組間	2.93	1	2.93	0.86	0.356
組內	440.60	129	3.42		
總和	443.53	130			

註：N = 138

在單元主題網路學習歷程紀錄方面，兩教學組皆收集學生在教學過程存於網路上的相關資料，分析學生形成科學性議題能力、科學探究能力及解釋科學現象能力的變化。

第三節 研究流程

研究流程主要分為三階段：研究前準備、形成科學性議題教學、資料分析。

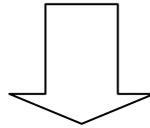
第一階段：研究方向與問題確定後，尋找可協助施測的國中，接著開始進行相關的文獻收集，著手設計單元主題的教案以及單元相依的測驗卷，並將四個班依段考成績和測驗的前測成績分成兩組（一組兩班）。

第二階段：分組進行形成科學性議題的教學，因所有的教學過程（除了實驗）皆在網路上進行，所以課前要先將所有單元主題的教學活動程架構在網路上，並在教學前設計出額外的主題讓學生進行網路學習流程的練習。教學時，透過不同層次鷹架式之形成科學性議題的教學過程，收集學生於網路和測驗卷所記錄的資料在下個階段使用。

第三階段：完整收集學生測驗與網路記錄的資料，開始進行分析與統整出結論，進行研究報告的撰寫。研究流程如圖 3-3-1 所示：

階段一：研究前準備

1. 確定研究方向
2. 形成研究問題
3. 確定施測國中
4. 相關文獻收集
5. 研究設計
6. 教案設計
7. 測驗卷設計
8. 班級分組



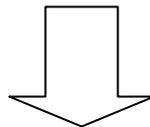
階段二：形成科學性議題教學

(一) 課程前

1. 架構單元主題的教學內容於網路上
2. 介紹形成本次研究之科學議題形式（操作變因、應變變因、假設）
3. 網路學習流程之練習
4. 建立學生帳號、密碼

(二) 正式課程

1. 實際教學
2. 資料收集（除了科學推理測驗在教學前收前測外，另外兩種測驗卷收集前測、後測、追蹤測以及單元主題於網路上的學習記錄）



階段三：資料分析

1. 分析測驗卷與單元主題網路學習歷程的資料
2. 分析出結果並統整結論，撰寫研究報告

圖 3-3-1 研究流程圖

第四節 研究工具

本研究主要運用的工具有「形成科學性議題之數位學習研究網」、「生物概念測驗卷」、「單元相依形成科學性議題能力測驗卷」、「科學推理測驗卷」、「單元主題網路學習歷程紀錄」，五種研究工具於下列詳述之：

一、形成科學性議題學習網

本研究的課程架構建置在「形成科學性議題之數位學習研究網 (Research on identifying scientific issues based digital learning)」的伺服器下，Web Server 使用 Apache Serv，主要程式是使用 PHP 語言所撰寫的，再配合 MySQL 資料庫作為資料儲存系統。網頁內容的動畫及互動模擬道具等功能是以 Flash MX 2004 及 MAYA 程式所製作而成的。

為了配合網路化互動探究課程之概念建構教學，研究者建製了形成科學性議題學習網，此學習網是根據修改後的探究教學理論為基礎融入正式課程，運用不同層次鷹架式及探究過程設計了一系列的概念與探究實驗問題。學習者在學習活動進行時，透過網際網路連線至本學習網，進行一系列的**形成科學性議題學習活動**。

網站課程建製完成後，先尋找一個國一班級的學生進行網路課程的教學測試，測試系統速度、穩定性、課程內容動畫圖片是否正常呈現，並找出相關缺失進行修正，同時針對網站的學習內容，由兩位資深的自然與生活科技教師及一位科學教育專家進行校對並給予建議，確保教學內容的完整性與正確性。形成科學性議題學習網的首頁如圖 3-4-1 所示：



圖 3-4-1 形成科學性議題之數位學習研究網

本研究共有兩種教學法：直接鷹架式之形成科學性議題教學法、問答鷹架式之形成科學性議題教學法，除了當學生需做實驗時，會在實驗室操作，其餘教學內容皆架構在網路上，兩課程皆分為單元核心概念建構、辨識關鍵特徵、形成科學議題、形成變因假設、結果與結論五個部分，每部分頁面運用的方式介紹如下：

(一) 單元核心概念建構的部分

1. 問答鷹架式之形成科學性議題教學法：

幫助學生建立單元核心概念的課程鷹架的部份，會運用多媒體的方式（文字、聲音、圖片、動畫、影片）呈現單元主題的核心概念，每個主題的概念依主題內容的多寡，有不同數量的概念頁面呈現來提供學生所需的訊息，在此部份本教學法與直接鷹架式之形成科學性議題教學法不同的地方在於，每個概念後面皆會承接一個與前頁概念相關的單一選擇題，在學生作答完後評估學生的答案並給予正確的解答，來檢測學生是否了解前頁所提供的訊息，再繼續以同樣的方式學習下個概念，流程如圖 3-4-2 所示。

2. 直接鷹架式之形成科學性議題教學法：

幫助學生建立單元核心概念的課程鷹架的部份，會運用多媒體的方式（文字、聲音、圖片、動畫、影片）呈現單元主題的核心概念，每個主題的概念依主題內容的多寡，有不同數量的概念頁面呈現來提供學生所需的訊息，流程如圖 3-4-3 所示。

The figure illustrates a three-step process in a web-based learning environment:

- Step 1:** A video titled "影片：會活動的植物" (Video: Moving Plants) showing Mimosa pudica. The text explains that when the stem and leaf base are stimulated, water is released from cells, causing them to shrink and the stem to close. A note mentions that grasses also produce thigmotropism.
- Step 2:** A question (Q3) is presented: "含羞草的「觸發運動」，會產生什麼情況？" (What happens with the 'touch response' of Mimosa pudica?). The possible answers are:
 - 葉柄下垂，葉子打開
 - 葉柄下垂，葉子閉合
 - 葉柄上舉，葉子閉合
 - 葉柄上舉，葉子打開The student is asked to provide a reason and submit their answer.
- Step 3:** The system provides feedback. The question is repeated, and the correct answer is highlighted: "葉柄下垂，葉子打開". The student's answer (Q1-A1) is marked as incorrect (錯誤).

圖 3-4-2 問答鷹架式之形成科學性議題教學法「單元核心概念建構」流程

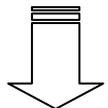
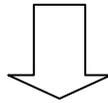


圖 3-4-3 直接鷹架式之形成科學性議題教學法「單元核心概念建構」流程

(二) 辨識關鍵特徵的部分

1. 問答鷹架式之形成科學性議題教學法：

單元核心概念建構的部份結束後進入此部份，主要目的是協助學生在學習一系列的核心概念之後，提供學生問題以引發學生辨識出最核心概念之關鍵特徵，幫助於學生下個階段形成科學議題的部份，為 1 題單一選擇題，在此部份本教學法與直接鷹

架式之形成科學性議題教學法不同的地方在於，學生作答完後除了給予學生此部份的答案，還會將單元核心概念建構部分所有概念題目與答案一起呈現在表格中，流程如圖 3-4-4 所示。

2. 直接鷹架式之形成科學性議題教學法：

單元核心概念建構的部份結束後進入此部份，主要目的是協助學生在學習一系列的核心概念之後，提供學生問題以引發學生辨識出最核心概念之關鍵特徵，幫助學生於下個階段形成科學議題的部份，為 1 題單一選擇題，作答完後會提供學生此部份的答案，流程如圖 3-4-5 所示。

The image shows two screenshots of a web-based learning interface. The top screenshot displays a question about the effect of repeated external stimuli on the response rate of a sensitive grass. The bottom screenshot shows the same question and its correct answers in a table format.

Figure 3-4-4: Question-based scaffolding for scientific issue teaching method 'Identifying Key Features' process

題目	正確解答
Q1：下列哪個現象屬於「膨壓」改變，所造成的植物反應？	觸發運動
Q2：「觸發運動」是利用什麼原理，對環境刺激有所反應？	細胞中的含水量
Q3：含羞草的「觸發運動」，會產生什麼情況？	葉柄下垂，葉子閉合
根據上述你已學的概念，你覺得外力連續刺激的「次數」，會影響含羞草「觸發運動」的反應速率嗎？	會

圖 3-4-4 問答鷹架式之形成科學性議題教學法「辨識關鍵特徵」流程

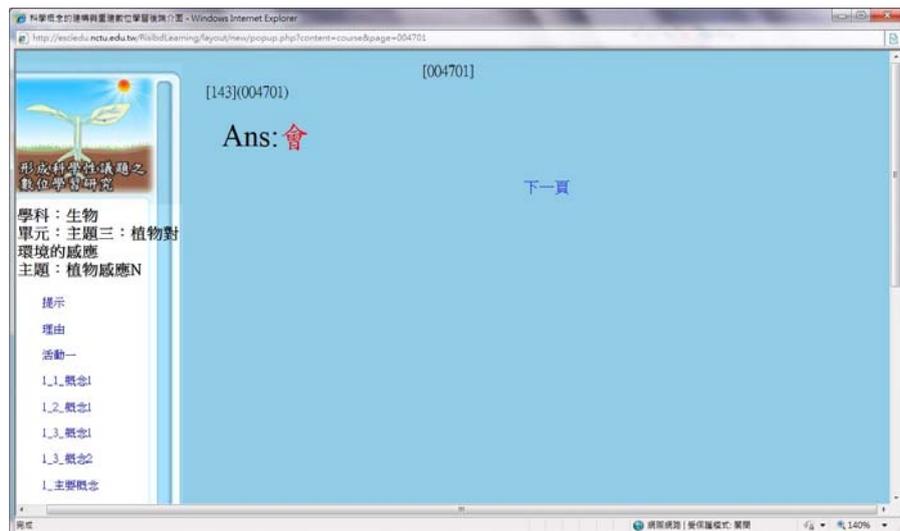
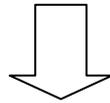


圖 3-4-5 直接鷹架式之形成科學性議題教學法「辨識關鍵特徵」流程

(三) 形成科學議題的部分：

1. 問答鷹架式之形成科學性議題教學法

辨識關鍵特徵的部份結束後進入此部份，會顯示學生在辨識關鍵特徵部份所呈現的題目與學生答案，並提供情境化問題和實驗器材等訊息，與引發學生形成形成一個可進入實驗室操作探究的科學議題的問題，頁面如圖 3-4-6 所示。

2. 直接鷹架式之形成科學性議題教學法

辨識關鍵特徵的部份結束後進入此部份，會顯示學生在辨識關鍵特徵部份所呈現的題目與學生答案，僅提供實驗器材訊息，與引發學生形成一個可進入實驗室操作探究的科學議題的問題，頁面如圖 3-4-7 所示。



圖 3-4-6 問答鷹架式之形成科學性議題教學法「形成科學議題」頁面



圖 3-4-7 直接鷹架式之形成科學性議題教學法「形成科學議題」頁面

(四) 形成變因、假設的部分：

形成科學議題的部份結束後進入此部份，會顯示學生在形成科學議題部份所呈現的頁面訊息與學生所問的議題，兩教學法在此部分的設計相同，主要是讓學生根據其所形成的科學議題、課程所提供的實驗器材，在有限的條件下找出操作變因、應變變因、以及依據兩變因形成一個可以進入實驗室驗證的假設，如圖 3-4-8 所示。



圖 3-4-8 兩教學法之「形成變因、假設」頁面

(五) 結果與結論的部分：

形成假設的部份結束後進入實驗室做實驗，接著回到電腦教室進入此部分，填寫實驗結果與結論的部分，如圖 3-4-9 所示。

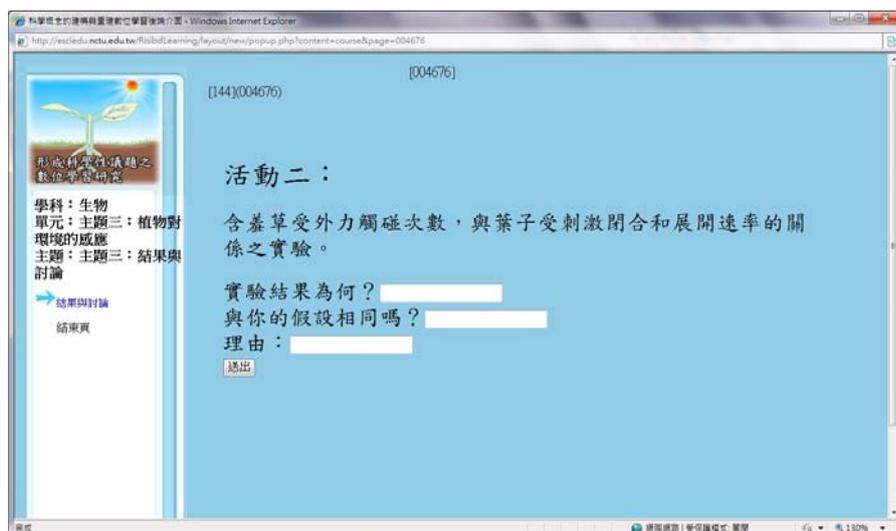


圖 3-4-9 兩教學法之「結果與結論」頁面

二、生物概念測驗卷

本研究將正式課程概念架構在形成科學性議題教學中，有協助學生生物概念建構的部分，因此探討學生在學習完後其生物概念的建構情形。研究者依照三個課程內容，編制單元相依的概念建構測驗卷（詳見附錄一），三個單元分別為「單元一：神經系統」、「單元二：植物對環境的感應」、「單元三：呼吸作用與呼吸運動」，內容採取二階層選擇題紙筆測驗的形式，每個單元個包含 8 題，共計 16 題，整份測驗卷的測驗時間約為 30 分鐘。題目的第一階層，目的在於詢問學生的答案，第二階層根據所選的答案選出適合的理由，因此學生在作答時應先選第一層的答案，再根據第一層所選的答案選擇第二層的理由，試卷內容細目表如表 3-4-1 所示。

測驗卷的編寫過程，經由兩位自然與生活科技教師與一位科學教育專家共同檢驗。題目計分的方式都必須兩階層都對才算一分，只有其中一個對則不給分，因此每個單元皆為 8 分。測驗卷完成後，施測學校進行四個班的前、後、追蹤測，使用 SPSS 12.0 版進行题目的信度檢驗，前、後、追蹤測的信度 Cronbach's α 值依序為 0.76、0.89、0.95，由此可知此份測驗卷信度達理想範圍。

表 3-4-1 生物概念測驗卷內容細目表

生物單元	單元相關概念	題號							
		1	2	3	4	5	6	7	8
單元一 神經系統	神經系統組成的概念	▲							
	意識反應的神經傳導途徑概念		▲			▲			▲
	反射反應的神經傳導途徑概念					▲	▲		▲
	產生感覺疲勞的概念			▲	▲				
	反應時間的概念							▲	
單元二 植物對環境的感應	造成植物反應的概念	▲							
	藉由激素作用植物產生反應的概念		▲						
	環境因素影響植物向性反應的概念				▲				
	藉由細胞中含水量的改變植物產生反應的概念			▲		▲			
	環境因素影響植物膨壓反應的概念							▲	▲
	含羞草觸發運動的概念						▲		
單元三 呼吸作用 與呼吸運動	呼吸系統的概念	▲							
	呼吸運動的概念		▲		▲		▲		
	呼吸作用的概念					▲	▲	▲	▲
	澄清石灰水的概念			▲				▲	

三、單元相依形成科學性議題能力測驗卷

研究者依照課程三單元：「單元一：神經系統」、「單元二：植物對環境的感應」、「單元三：呼吸作用與呼吸運動」，來進行課外內容的搜尋，設計屬於各單元的情境內容，問題包含了與形成科學性議題相關的問題、變因、假設等選項，內容採單一選擇題型式，每個單元各包含 10 題（單元二為 9 題），整份測驗卷（詳見附錄二）測驗時間約

為 30 分鐘。

測驗卷的編寫過程，經由兩位自然與生活科技教師與一位科學教育專家共同檢驗。題目計分的方式為答對一題算一分，因此每個單元皆為 10 分（單元二為 9 分）。測驗卷完成後，施測學校進行四個班的前、後、追蹤測，使用 SPSS 12.0 版進行題目的信度檢驗，前、後、追蹤測的信度 Cronbach's α 值依序為 0.79、0.83、0.88，由此可知此份測驗卷信度達理想範圍。

四、科學推理測驗卷

本研究的形成科學性議題教學法是結合正式課程概念與探究教學模式，涉及到科學推理來發展學生的科學認知，因此探討學生在學習前科學推理能力的狀況並事後與單元相依形成科學性議題能力測驗做相關的分析。本研究依據 Lawson (1978) 所發展的「科學推理測驗 (Classroom test of scientific reasoning)」加以翻譯於 2000 年修訂而成「科學推理測驗國中版」(詳見附錄三)，依科學推理能力的發展，題目主題依序為：(1) 質量守恆 (Conservation of weight)；(2) 置換體積守恆 (Conservation of displaced volume)；(3) 比例思考 (Proportional thinking)；(4) 進階比例 (Advanced proportional thinking)；(5) 辨識並控制變因 (Identification and control of variables)；(6) 辨識並控制變因、機率思考 (Identification and control of variables and probabilistic thinking)；(7) 辨識並控制變因、機率思考 (Identification and control of variables and probabilistic thinking)；(8) 機率思考 (Probabilistic thinking)；(9) 進階機率思考 (Advanced probabilistic thinking)；(10) 關聯性思考，比例和機率 (Correlational thinking includes proportions and probability)；(11) 假設演繹思考 (Hypothetico-deductive thinking)；(12) 假設演繹推理 (Hypothetico-deductive reasoning)。

由三位自然與生活科技領域教師共同將英文試題翻譯成中文，再由兩位科學教育專家翻譯成英文與原試題進行效化檢驗。測驗時間為 20 分鐘，內容採取二階層選擇題紙筆測驗的形式，題目的第一階層，學生回答可能的答案，第二階層學生根據第一層的答案選出推理的根依據為何，題目有 12 題，共計 24 題，題目計分的方式都必須兩階層都對才

算一分，只有其中一個對則不給分，總分為12分。施測學校的四個班皆進行前測，使用 SPSS 12.0版進行題目的信度檢驗，Cronbach's α 值為0.58。

五、單元主題網路學習歷程紀錄

除了量化的資料之外，本研究還採取學生網路歷程學習記錄作為質化的資料輔助量化的結果，分成四個部分：科學議題、變因、假設、科學解釋來看，各部分依照不同的層級評分標準將學生的網路歷程紀錄分出層級，詳細評分標準如下所述：

(一) 兩教學組在形成科學議題的網路紀錄部分：

學生在網路上的形成的科學議題回答記錄，依據 Level 0：「不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題」； Level 1：「能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操作變因或應變變因，可進行探究實驗」； Level 2：「能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變因和應變變因，可進行探究實驗」將之分成三層給予分數。

(二) 兩教學組在變因的網路紀錄部分：

學生在網路上的形成的變因回答記錄， Level 0：「操作變因與應變變因皆不完整」； Level 1：「包含一個完整的操作變因或應變變因」； Level 2：「包含完整的操作變因與應變變因」將之分成三層給予分數。

(三) 兩教學組在假設的網路紀錄部分：

學生在網路上的形成的變因回答記錄， Level 0：「倘若後未接操作變因，或則後未接應變變因」； Level 1：「倘若後接操作變因，且則後接與操作變因相呼應的應變變因」將之分成兩層給予分數。

(四) 兩教學組在假設的科學解釋部分：

學生在網路上的形成的變因回答記錄，Level 0：「無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確」；Level 1、「能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則」；Level 2、「用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋」將之分成三層給予分數。

以上五個面向的質性資料分析，經由層級評分標準編碼，整體而言評分者間信度為 0.93。

第五節 教學設計

本研究使用九十八學年康軒版國一自然與生活科技教材來做課程的設計，在國中一年級上學期進行教學，共包含了三個單元，每個單元共有兩個主題，受試者會照學校進度依序進行「單元一：神經系統」、「單元二：植物對環境的感應」、「單元三：呼吸作用與呼吸運動」，並在正式課程前先以「單元(T)：植物如何獲得養分」做為教學前練習之用，資料不採計。每個單元會用掉一節生物課進電腦教室學習，接著再用一堂生物課做實驗，最後借半節電腦課的時間將實驗結果與結論輸入至電腦中，因此配合學校課程進度，每個單元用掉兩節半的課程時間。

課程內容是由研究者與指導教授，及兩位新竹市資深國中自然與生活科技教師合作編寫設計課程，整合PISA 提到形成科學性議題能力中三項重要的條件：1. 情境下辨識出可經由科學調查的議題；2. 確定科學的關鍵字來搜索特定主題的訊息；3. 科學調查中辨識出關鍵特徵，設計出：(1) 提供學生特定主題核心概念的建立，(2) 提供問題引發學生辨識關鍵特徵，(3) 提供引發學生形成科學性議題的產出，三部分形成科學性議題教學法的教學活動流程，課程設計完成後，由研究者進行網頁的建置，教學過程則由研究者和合作學校的教師一起進行教學。共有兩種教學課程（詳見附錄四），課程內容分六個部分說明如下：

一、單元核心概念建構部分：

(一) 問答鷹架式之形成科學性議題教學法：

運用多媒體（文字、聲音、圖片、動畫、影片）等方式呈現概念後，接著學習者進入到下一頁為回答與上頁概念相關的問題。問題為單一選擇題，並需要學生寫下為何選擇某一選項作為答案的理由。回答完後會呈現答案頁讓學生理解此概念正確答案為何，接著以同樣的方式在進入下個概念的學習。每個單元共有兩個主題，每個主題概念數量不同，因此會依照概念的多寡設計不同數量單元核心概念建構頁面，協助學生一層層鷹架出完整概念（詳見附錄四-1a）。

(二) 直接鷹架式之形成科學性議題教學法：

運用多媒體（文字、聲音、圖片、動畫、影片）等方式呈現概念。每個單元共有兩個主題，每個主題概念數量不同，因此會依照概念的多寡設計不同數量單元核心概念建構頁面，協助學生一層層鷹架出完整概念（詳見附錄四-1b）。

二、辨識關鍵特徵的部分：

(一) 問答鷹架式之形成科學性議題教學法：

單元核心概念建構的部分進行完後接續此部分，設計與單元核心概念建構部分相關的關鍵特徵問題一題，同樣為單一選擇題並需要學生寫理由，接著下頁為答案頁，會提供單元核心概念建構、辨識關鍵特徵兩部分的問題與答案表格，幫助學生理解（詳見附錄四-2a）。

(二) 直接鷹架式之形成科學性議題教學法：

單元核心概念建構的部分進行完後接續此部分，設計與單元核心概念建構部分相關的關鍵特徵問題一題，同樣為單一選擇題並需要學生寫理由，接著下頁為答案頁，提供辨識關鍵特徵部分的答案，幫助學生理解（詳見附錄四-2b）。

三、形成科學議題的部分：情境下辨識出可經由科學調查的議題。

(一) 問答鷹架式之形成科學性議題教學法：

辨識關鍵特徵的部分進行完後接續此部分，課程提供相關情境及實驗器材訊息，協助學生問出科學議題（詳見附錄四-3a）。

(二) 直接鷹架式之形成科學性議題教學法：

辨識關鍵特徵的部分進行完後接續此部分，課程提供相關實驗器材訊息，協助學生問出科學議題（詳見附錄四-3b）。

四、形成變因、假設的部分

形成科學議題的部分進行完後接續此部分，問答鷹架式之形成科學性議題教學法、直接鷹架式之形成科學性議題教學法，在此部分教學設計內容相同，學生根據形成科學議題部分自己所形成的科學議題，找出操作變因、應變變因、形成一個「倘若...，則...」的假設（詳見附錄四-四）。



五、進入實驗室的部分

形成假設的部分進行完後接續此部分，問答鷹架式之形成科學性議題教學法、直接鷹架式之形成科學性議題教學法在此部分教學設計內容相同，每個主題教師提供每組固定的實驗器材，並提供學生形成科學議題、形成假設部分各自的網路歷程紀錄，使學生依照其所形成的科學議題、假設、操作變因、應變變因，來進行實驗的探究，並將結果記錄下來（詳見附錄四-五）。

六、結果與結論的部分（科學解釋的部分）

進入實驗室的部分進行完後接續此部分，問答鷹架式之形成科學性議題教學法、直接鷹架式之形成科學性議題教學法在此部分教學設計內容相同，學生回到電腦教室輸入實驗的結果，檢視結果與其假設是否相同，相同或不相同的原因為何（詳見附錄四-六）。

每個單元皆有兩個主題，因此一~四的流程會進行兩遍後，再進入到五的部分一次做兩個實驗。基本的形成科學性議題教學法改編探究教學模式，以下列六步驟為依據：「形成問題」、「形成假設」、「找出變因」、「設計並進行實驗」、「解釋實驗結果」、「做出結論」，在探究的分類項目上，教師僅提供學生實驗器材，而實驗問題、實驗步驟以及實驗結果皆由學生自行完成。

第六節 資料蒐集與分析

本研究所蒐集的資料，包括「生物概念測驗」、「單元相依形成科學性議題能力測驗」、「科學推理測驗」、「單元主題網路學習歷程紀錄」，前三項測驗的數據資料，是以 SPSS 12.0 套裝軟體進行統計分析，單元主題網路課程學習歷程紀錄的部分，由研究者逐一分析受試者所選擇的答案與內容，彙整分類後再進行統計的分析。

一、生物概念測驗

以「教學法」變項進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)。資料自變項為「教學法」，以生物概念測驗前測成績為共變項，生物概念測驗後測、追蹤測為依變項，比較不同的教學模式 (實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法；對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法) 在後測與追蹤測有何差異。

二、單元相依形成科學性議題能力測驗

以「教學法」變項進行單因子多變量共變數分析。資料自變項為「教學法」，單元相依形成科學性議題能力測驗前測成績為共變項，單元相依形成科學性議題能力測驗後測、追蹤測為依變項，比較不同的教學模式 (實驗組：問答鷹架式之形成科學性議題教學法；對照組：直接鷹架式之形成科學性議題教學法) 在後測與追蹤測有何差異。

三、科學推理測驗

科學推理測驗只測前測的部分，用來之後與單元相依形成科學性議題能力測驗、生物概念測驗做相關與迴歸之間的分析。

四、單元主題網路學習歷程紀錄

單元主題的學習期間，學生於網路化學習的歷程紀錄共分成四個部分：

1. 兩教學組在形成科學議題的網路紀錄：運用科學議題層級評分標準，將質性資料分三層轉為量化的資料，進行單因子重複量數（One-factor repeated measure）分析，觀察各主題間科學議題的差異情形。另外，分析各三層內學生形成的科學議題類型作為質性的解釋資料。
2. 兩教學組在形成變因的網路紀錄：運用變因層級評分標準，將質性資料分三層轉為量化的資料，進行單因子重複量數分析，觀察各主題間變因的差異情形。
3. 兩教學組在形成假設的網路紀錄：運用假設層級評分標準，將質性資料分兩層轉為量化的資料，進行單因子重複量數分析，觀察各主題間假設的差異情形。
4. 兩教學組在形成科學解釋的網路紀錄：運用假設層級評分標準，將質性資料分三層轉為量化的資料，進行單因子重複量數分析，觀察各主題間科學解釋的差異情形。另外，分析各三層內學生形成的科學解釋類型作為質性的解釋資料。
5. 總分：將各主題的科學議題、變因、假設、科學解釋的資料加總，進行單因子重複量數分析，觀察各主題總分的差異情形

第四章 研究結果與討論

本研究運用問答鷹架式之形成科學性議題教學模式，以及直接鷹架式之形成科學性議題教學模式來協助學生提升形成科學性議題的能力，並使用國一自然與生活科技教材來進行教學內容的設計。研究結果主要是分析三個部分，分成三個小節來進行詳細的說明，第一節是分析三項測驗「生物概念測驗」、「單元相依形成科學性議題能力測驗」，將其結果進行量化的統計分析與比較；第二節是將「單元主題網路學習歷程紀錄」的質性資料結果依據與科學教育專家討論出的層級評分方式，轉成量化資料加以統計分析與比較；第三節呈現「單元主題網路學習歷程紀錄」在科學議題、科學解釋兩部分質性資料分類結果探討學生在學習歷程的變化。

第一節 不同教學模式對學生概念建構、形成科學性議題能力教學成效分析

本節分別針對研究問題一：「不同的教學模式對學生生物科學概念建構成效有何差異？」、研究問題二：「不同的教學模式對學生形成科學性議題能力成效有何差異？」、研究問題五：「探討形成科學性議題、概念建構、與科學推理間之相關性？」來進行回答，研究者將國中一年級四個班的學生分成兩組分別進行問答鷹架式之形成科學性議題教學組，以及直接鷹架式之形成科學性議題教學組，並以「生物概念測驗」、「單元相依形成科學性議題能力測驗」的前測、後測、追蹤測進行分析與比較，另外再將「生物概念測驗」、「單元相依形成科學性議題能力測驗」、「科學推理測驗」做相關性的分析比較，來分別回答上述三項研究問題，分析結果如下。

一、教學前後生物概念測驗分析

針對問題一：「不同的教學模式對學生生物科學概念建構成效有何差異？」進行分析與比較，在下列呈現 T 檢定與單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA) 之結果。

(一) 生物概念測驗之 T 檢定分析

將學生生物概念測驗成績依教學分組(問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組)，進行前測、後測、追蹤測的 T 檢定分析，依據數據整理如表 4-1-1 所示：

表 4-1-1 不同教學模式在生物概念測驗之 T 檢定

	前測			後測		追蹤測		t (後-前)	t (追-前)
	N	M	SD	M	SD	M	SD		
問答鷹架式組	71	7.23	4.02	10.82	6.17	12.46	8.03	6.70***	7.36***
直接鷹架式組	67	7.36	4.21	11.32	6.02	14.01	7.45	7.12***	10.72***

註：1. N=138；*** $p<0.001$

2. 問答鷹架式組：問答鷹架式之形成科學性議題教學組；直接鷹架式組：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

依據表 4-1-1 的教學模式分組來看，兩教學組在生物概念測驗在 T 檢定的值，無論是後-前 t 檢定或是追-前 t 檢定皆有達顯著性差異，而直接鷹架式之形成科學性議題教學組 ($t_{後-前} = 7.12$, $t_{追-前} = 10.72$) 的 T 值不僅達顯著性差異，且比問答鷹架式之形成科學性議題教學組 ($t_{後-前} = 6.70$, $t_{追-前} = 7.36$) 的 T 值來的大。

由結果可知，在兩種鷹架式之形成科學性議題教學分組後，學生大部分都能有效的學習且維持其成效，其中直接鷹架式之形成科學性議題教學組在生物概念的學習與維持上優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組。

(二) 生物概念測驗之單因子多變量共變數分析

生物概念測驗在進行單因子多變量共變數分析時，會將教學模式當作單一因子。資料統計分析時，生物概念測驗前測成績當成共變數，教學模式為自變項，生物概念測驗後測與追蹤測成績當成依變項，比較不同教學模式在後測與追蹤測有何差異，依據數據

分析整理如表 4-1-2 所示：

表 4-1-2 不同教學模式分組對生物概念測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	$d1$	$d2$	F	p	η^2
共變量(生物概念測驗前測)	0.41	2	108	77.66 ^{***}	0.000	0.590
教學模式 (問答鷹架式組、直接鷹架式組)	0.97	2	108	1.43	0.244	0.026

註：1. ^{***} $p < 0.001$ ； $d1$ ：假設自由度, $d2$ ：誤差自由度

2. 問答鷹架式組：問答鷹架式之形成科學性議題教學組；直接鷹架式組：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

由表 4-1-2 顯示生物概念測驗後測與追蹤測在不同教學模式分組上(問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組)未達顯著水準(Wilk's $\Lambda = 0.97$, $F = 1.43$, $p = 0.244$)，說明兩教學模式在生物概念測驗上並不會造成顯著的差異。

(三) 生物概念測驗小結

從敘述性統計分析中可以發現兩組教學模式(問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組)學生在進行教學後，生物概念測驗後測與追蹤測成績均達顯著進步，且三月後的追蹤測驗成績明顯高於後測的成績，顯示兩鷹架式形成科學性議題教學組學生對於生物概念皆有維持的效果，其中直接鷹架式之形成科學性議題教學組無論在後測或追蹤測的成績皆優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組，而在推論性統計分析中顯示，自變項「教學模式」對依變項「生物概念測驗」的影響未達顯著差異，顯示結果不支持假設 1-1 「不同的教學模式對學生生物科學概念建構測驗(前、後與追蹤測)達顯著差異」。由上述可知不同層次鷹架式之形成科學性議題教學模式之間對生物概念測驗並無顯著的差異，但直接鷹架式之形成科學性議題教學組的後測與追蹤測成績是優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組的。

二、教學前後單元相依形成科學性議題能力測驗分析

針對問題二：「不同的教學模式對學生形成科學性議題能力成效有何差異？」進行分析與比較，在下列呈現 T 檢定與單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA) 之結果。

(一) 單元相依形成科學性議題能力測驗之 T 檢定分析

將學生單元相依形成科學性議題能力測驗成績依教學分組 (問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組)，進行前測、後測、追蹤測的 T 檢定分析，依據數據整理如表 4-1-3 所示：

表 4-1-3 不同教學模式在單元相依形成科學性議題能力測驗之 T 檢定

	前測			後測		追蹤測		t (後-前)	t (追-前)
	N	M	SD	M	SD	M	SD		
問答鷹架式組	71	14.97	5.59	15.13	5.42	15.45	6.86	0.30(.766)	1.05(.299)
直接鷹架式組	67	15.05	4.90	16.32	5.98	17.16	6.29	1.85(.069)	3.63 ^{***} (.001)

註：1. N=138；^{***}p<0.001

2. 問答鷹架式組：問答鷹架式之形成科學性議題教學組；直接鷹架式組：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

依據表 4-1-3 的教學模式分組來看，單元相依形成科學性議題能力測驗在 T 檢定值，只有直接鷹架式之形成科學性議題教學組 ($t_{後-前} = 1.85$, $t_{追-前} = 3.63$) 的追-前 t 檢定達顯著性差異，且直接鷹架式之形成科學性議題教學組後測和追蹤測的 T 值皆優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組 ($t_{後-前} = 0.30$, $t_{追-前} = 1.05$)。

由結果可知，直接鷹架式之形成科學性議題教學組的學生在單元相依形成科學性議題能力測驗上有較佳的保留效果，且直接鷹架式之形成科學性議題教學組的學生在學習或維持上優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組。

(二) 單元相依形成科學性議題能力測驗之單因子多變量共變數分析

單元相依形成科學性議題能力測驗在進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA) 時，會將教學模式當作單一因子。資料統計分析時，單元相依形成科學性議題能力測驗前測成績當成共變數，教學模式為自變項，單元相依形成科學性議題能力測驗後測與追蹤測成績當成依變項，比較不同教學模式在後測與追蹤測有何差異，依據數據分析整理如表 4-1-4 所示：

表 4-1-4 不同教學模式分組對單元相依形成科學性議題能力測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	$d1$	$d2$	F	p	η^2
共變量(生物概念測驗前測)	0.50	2	115	57.32 ^{***}	0.000	0.499
教學模式 (問答鷹架式組、直接鷹架式組)	0.96	2	115	2.48	0.088	0.041

註：1. ^{***} $p < 0.001$ ； $d1$ ：假設自由度， $d2$ ：誤差自由度

2. 問答鷹架式組：問答鷹架式之形成科學性議題教學組；直接鷹架式組：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

由表 4-1-4 顯示單元相依形成科學性議題能力測驗後測與追蹤測在不同教學模式分組上 (問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組) 未達顯著水準 (Wilk's $\Lambda = 0.96$, $F = 2.48$, $p = 0.088$)，說明兩教學模式在單元相依形成科學性議題能力測驗上並不會造成顯著的差異，但 p 值接近 0.05 所以兩教學模式在單元相依形成科學性議題能力測驗上接近顯著的差異。

(三) 單元相依形成科學性議題能力測驗小結

從敘述性統計分析中可以發現兩組教學模式 (問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組) 學生在進行教學後，只有直接鷹架式之形成科學性議題教學組在三個月後的追蹤測成績上有達顯著，說明直接鷹架式之形成科學性議題教學組在維持學生單元相依形成科學性議題能力測驗的效果佳，且無論後測和追蹤測的成績皆優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組。

在推論性統計分析中顯示，自變項「教學模式」對依變項「單元相依形成科學性議題能力測驗」的影響未達顯著差異，顯示結果不支持假設 2-1 「同的教學模式對學生單元相依形成科學性議題能力測驗（前、後與追蹤測）達顯著差異」，表示兩鷹架式形成科學性議題教學模式對學生在單元相依形成科學性議題能力測驗上並無顯著的差異影響，但接近顯著的差異影響（ p 值接近 0.05），且直接鷹架式之形成科學性議題教學組的後測與追蹤測成績是優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組的。

三、各測驗之間的相關與逐步回歸分析

（一）兩測驗之前、後、追蹤測驗及科學推理前測間的相關（Correlation）分析

研究中所運用到的單元相依形成科學性議題能力測驗、生物概念測驗之前、後測、追蹤測以及科學推理測驗前測，共七個測驗之間的相關係數整理如表 4-1-5 所示。

表 4-1-5 單元相依形成科學性議題能力測驗、生物概念測驗之前測、後測、追蹤測以及科學推理測驗前測的相關係數表

	形議前	形議後	形議追	生概前	生概後	生概追	科推前
形議前	1						
形議後	.64**	1					
形議追	.67**	.68**	1				
生概前	.50**	.52**	.59**	1			
生概後	.54**	.69**	.68**	.72**	1		
生概追	.57**	.70**	.75**	.74**	.81**	1	
科推前	.38**	.42**	.44**	.39**	.41**	.53**	1

註：1.** $p < .01$

2.形議：單元相依形成科學性議題能力測驗，生概：生物概念測驗，科推：科學推理測驗

3.前=前測，後=後測，追=追蹤測

由表 4-1-5 可知，這些測驗相關均達顯著， p 值皆小於 0.01，由此可知這七個測驗屬於中度相關。從三分測驗的相關分析中可知單元相依形成科學性議題能力、生物概念、科學推理前測呈現中度相關；單元相依形成科學性議題能力後測與生物概念後測呈現中度相關；單元相依形成科學性議題能力追蹤測與生物概念追蹤測呈現現中度相關，因此進一步以逐步回歸進行分析。

(二) 單元相依形成科學性議題能力測驗、生物概念測驗、科學推理測驗逐步回歸分析

1. 生物概念前測和科學推理前測當作預測變項，進行單元相依形成科學性議題能力前測之逐步回歸分析，分析結果如表 4-1-6 所示。

依據逐步回歸的分析數據顯示，生物概念前測的 Beta 值為 0.42，t 值為 4.96 ($p = 0.000$)，而科學推理前測的 Beta 值為 0.23，t 值為 2.79 ($p = 0.006$)。第一個預測單元相依形成科學性議題能力前測的最佳預測變相為生物概念前測，其獨立可解釋單元相依形成科學性議題能力前測的 25.3% 的變異量，第二被選入的為科學推理前測，其獨立可解釋單元相依形成科學性議題能力前測的 4.6% 的變異量，所以此模式中共有生為物概念前測、科學推理前測兩個預測變量，總共可以解釋單元相依形成科學性議題能力前測 29.9% 的變異量。

2. 生物概念後測當作預測變項，進行單元相依形成科學性議題能力後測之逐步回歸分析，分析結果如表 4-1-6 所示。

依據逐步回歸的分析數據顯示，生物概念後測的 Beta 值為 0.69，t 值為 10.64 ($p = 0.000$)，其獨立可解釋單元相依形成科學性議題能力後測的 47% 的變異量。

3. 生物概念追蹤測當作預測變項，進行單元相依形成科學性議題能力追蹤測之逐步回歸分析，分析結果如表 4-1-6 所示。

依據逐步回歸的分析數據顯示，生物概念追蹤測的 Beta 值為 0.75，t 值為 13.31 ($p = 0.000$)，其獨立可解釋單元相依形成科學性議題能力追蹤測的 57% 的變異量。

表 4-1-6 單元相依形成科學性議題能力前測、後測、追蹤測逐步回歸摘要表

選入變數	標準化係數 (Beta 分配)	解釋變異量	t	p
預測變數：單元相依形成科學性議題能力前測				
生物概念前測	0.42	0.253	4.96***	0.000
科學推理前測	0.23	0.046	2.79**	0.006
R	0.55			
R ²	0.29			

預測變數：單元相依形成科學性議題

能力後測				
生物概念後測	0.69	0.47	10.64***	0.000
R	0.69			
R ²	0.47			
預測變數：單元相依形成科學性議題				
能力追蹤測				
生物概念追蹤測	0.75	0.57	13.31***	0.000
R	0.75			
R ²	0.57			

註：*** $p < .001$ ；** $p < .01$

由表 4-1-6 的迴歸分析中發現，生物概念前測與科學推理前測對單元相依形成科學性議題能力前測有解釋力、生物概念後測對單元相依形成科學性議題能力後測有解釋力、而生物概念追蹤測對單元相依形成科學性議題能力追蹤測有解釋力，因此從各變項的解釋變異量來看，無論是單元相依形成科學性議題能力前測、後測或追蹤測，生物概念測驗的預測預測力都是較佳的。

四、各測驗小結

研究者運用兩測驗來分析兩組不同教學模式(問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組)的學生在生物概念建構、形成科學性議題能力的變化情形。可發現在生物概念測驗與單元相依形成科學性議題能力測驗上，直接鷹架式之形成科學性議題教學組的學習與維持皆優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組，但未達顯著性差異，其中在單元相依形成科學性議題能力測驗上接近顯著差異性。

在相關與回歸方面，單元相依形成科學性議題能力測驗、生物概念測驗之前測、後測、追蹤測以及科學推理測驗前測皆達中度相關，說明科學推理能力對形成科學性議題能力具有相關性 回答研究假設 5-1「形成科學性議題、概念建構、與科學推理間有相關性」，生物概念測驗對單元相依形成科學性議題能力測驗上有較佳的解釋力。

第二節 單元主題網路學習歷程紀錄分析

本節分別針對研究問題二：「不同的教學模式對學生形成科學性議題能力成效有何差異？」、研究問題三：「不同的教學模式對學生科學探究能力成效有何差異？」、研究問題四：「不同的教學模式對學生解釋科學現象能力成效有何差異？」，利用質性資料轉量化的方式，將單元主題網路學習歷程紀錄分成：科學議題、變因、假設、科學解釋、總分(科學議題 + 變因 + 假設 + 科學解釋)五大面向，分別進行層級評分，其結果分析結果如下所示。

一、單元主題網路學習歷程紀錄-科學議題分析

根據問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組在單元主題網路學習歷程紀錄中科學議題所記錄的資料進行層級評分，以「不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題」、「能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操作變因或應變變因，可進行探究實驗」、「能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變因和應變變因，可進行探究實驗」三層作為分層標準，將三單元分成六主題，而科學議題進行分層編碼後，進行單因子重複量數分析。統計分析以兩種不同的教學模式為受試者間因子，科學議題六主題為受試者內因子，分析學生形成科學議題上的差異情形，並將有顯著差異的變項在進行事後比較，其分析如表 4-2-1 所示。

表 4-2-1 不同教學模式分組在科學議題之主題重複量數分析

變異來源-科學議題										
主題	問答鷹架			直接鷹架			主題	教學模式	主題×教學模式	成對比較
	N	M	SD	N	M	SD				
1-1	71	0.77	0.86	67	0.92	0.93				
1-2	71	1.09	0.99	67	1.18	0.97	4.46** (.001)	0.12 (0.733)	2.28* (.050)	1-2>1-1(.018)
2-1	71	1.15	0.97	67	0.98	0.95				
2-2	71	1.18	0.98	67	0.94	0.97				
3-1	71	1.33	0.93	67	1.02	0.95				3-1>1-1(.006)

3-2	71	1.37	0.92	67	1.20	0.98	3-2>1-1(.001)
-----	----	------	------	----	------	------	---------------

註：1.** $p < .01$ ；* $p < .05$

2.問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學組，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

由表 4-2-1 可知，學生在主題 ($F = 4.46, p = 0.001$) 上達顯著差異，教學模式 ($F = 0.12, p = 0.733$) 上並未達顯著差異，而從事後比較可以看出在兩教學組在主題 1-2、3-1、3-2 的層級皆會顯著會大於主題 1-1，同時顯示，主題與教學模式 ($F = 2.28, p = 0.050$) 的交互作用達到顯著差異，因此進行單純主要效果分析，是以針對各主題下兩種教學模式進行一次單因子變異數分析，如表 4-2-2 所示。

表 4-2-2 科學議題在各主題內教學模式的單因子變異數分析摘要表

主題		M	SD	F (p)
1-1	問答鷹架	0.77	0.86	0.89 (.347)
	直接鷹架	0.92	0.93	
1-2	問答鷹架	1.09	0.99	0.23 (.632)
	直接鷹架	1.18	0.97	
2-1	問答鷹架	1.15	0.97	1.08 (.302)
	直接鷹架	0.98	0.95	
2-2	問答鷹架	1.18	0.98	2.14 (.146)
	直接鷹架	0.94	0.97	
3-1	問答鷹架	1.33	0.93	3.85 (.052)
	直接鷹架	1.02	0.95	
3-2	問答鷹架	1.37	0.92	1.05(.307)
	直接鷹架	1.20	0.98	

註：1. $N_{問答鷹架} = 71$ ； $N_{直接鷹架} = 67$

2.問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學法，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學法

同時針對問答鷹架之形成科學性議題教學模式進行重複量數的分析，如表 4-2-3 所示：

表 4-2-3 問答鷹架式之形成科學性議題教學組在科學議題之六主題重複量數分析

主題	問答鷹架			變異來源- 科學議題	事後比較
	N	M	SD	F (p)	
1-1	71	0.77	0.86		
1-2	71	1.09	0.99		
2-1	71	1.15	0.97	6.00***	
2-2	71	1.18	0.98	(.000)	
3-1	71	1.33	0.93		3-1>1-1 (.000)
3-2	71	1.37	0.92		3-2>1-1 (.001)

註：1.*** $p < .001$

2. 問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學組

最後針對直接鷹架之形成科學性議題教學模式進行重複量數的分析，如表 4-2-4 所示：

表 4-2-4 直接鷹架式之形成科學性議題教學組在科學議題之六主題重複量數分析

主題	直接鷹架			變異來源- 科學議題
	N	M	SD	F (p)
1-1	67	0.92	0.93	
1-2	67	1.18	0.97	
2-1	67	0.98	0.95	1.03
2-2	67	0.94	0.97	(0.395)
3-1	67	1.02	0.95	
3-2	67	1.20	0.98	

註：直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

由表 4-2-2 可看出各主題的兩教學模式沒有達顯著差異，表 4-2-3、表 4-2-4 發現問答鷹架式之形成科學性議題教學組在科學議題中達到顯著性差異，事後比較主題 3-1、3-2 的層級分數皆大於主題 1-1，直接鷹架式之形成科學性議題教學組在主題間皆未達顯著性差異。

二、單元主題網路學習歷程紀錄—變因分析

根據問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組在單元主題網路學習歷程紀錄中變因所記錄的資料進行層級評分，以「操作變因與應變變因皆不完整」、「包含一個完整的操作變因或應變變因」、「包含完整的操作變因與應變變因」三層作為分層標準，將三單元分成六主題，接著變因進行分層編碼後，進行單因子重複量數分析。統計分析以兩種不同的教學模式為受試者間因子，變因六主題為受試者內因子，分析學生找出變因上的差異情形，並將有顯著差異的變項在進行事後比較，其分析如表 4-2-5 所示。

表 4-2-5 不同教學模式分組在變因之六主題重複量數分析

主題	問答鷹架		直接鷹架		主題		教學模式		主題×教學模式	成對比較
	N	M	SD	N	M	SD	F(p)	F(p)		
1-1	71	0.94	0.68	67	1.03	0.79				
1-2	71	0.68	0.71	67	1.13	0.81				直接鷹架>問答鷹架(.001)
2-1	71	0.97	0.79	67	1.03	0.74	1.80	10.12**	2.14	
2-2	71	0.75	0.88	67	0.97	0.91	(.119)	(.002)	(.066)	
3-1	71	0.76	0.85	67	1.15	0.83				直接鷹架>問答鷹架(.010)
3-2	71	0.63	0.68	67	1.05	0.82				直接鷹架>問答鷹架(.002)

註：1.** $p < .01$

2. 問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學組，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

由表 4-2-5 可知，而主題 ($F = 1.80, p = 0.119$) 並未達顯著差異，主題與教學模式沒有交互作用未達顯著 ($F = 2.14, p = 0.066$)，僅在教學模式 ($F = 10.12, p = 0.002$) 上達顯著差異，因此進行主要效果分析，即針對教學模式做單因子變異數分析，如表 4-2-6 所示：

表 4-2-6 變因在教學模式的單因子變異數分析摘要表

變因	F	p	事後比較
1-1	0.52	0.474	
1-2	10.78***	0.001	直接鷹架>問答鷹架
2-1	0.20	0.653	
2-2	1.92	0.168	
3-1	6.92**	0.010	直接鷹架>問答鷹架
3-2	9.89**	0.002	直接鷹架>問答鷹架

註：1.*** $p < .001$ ；** $p < .01$

2. $N_{問答鷹架} = 71$ 、 $N_{直接鷹架} = 67$

3. 問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學法，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學法

從事後比較可以看出在教學模式中主題 1-2、3-1、3-2 皆是直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級顯著優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組。

三、單元主題網路學習歷程紀錄—假設分析

根據問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組在單元主題網路學習歷程紀錄中假設所記錄的資料進行層級評分，以「倘若後未接操作變因，或則後未接應變變因」、「倘若後接操作變因，且則後接與操作變因相呼應的應變變因」兩層作為分層標準，將三單元分成六主題，接著假設進行分層編碼後，進行單因子重複量數分析。統計分析以兩種不同的教學模式為受試者間因子，假設六主題為受試者內因子，分析學生形成假設上的差異情形，並將有顯著差異的變項在進行事後比較，其分析如表 4-2-7 所示。

表 4-2-7 不同教學模式分組在假設之六主題重複量數分析

主題	變異來源-假設						主題		成對比較		
	問答鷹架			直接鷹架			主題	教學模 式			
	N	M	SD	N	M	SD	F(p)	F(p)	F(p)	主題	教學模式
1-1	71	0.38	0.49	67	0.67	0.47	5.59**	10.87***	0.41		直接鷹架>問

					(.005)	(.001)	(.819)	
1-2	71	0.23	0.43	67	0.44	0.50		答鷹架(.002) 直接鷹架>問 答鷹架(.022)
2-1	71	0.40	0.49	67	0.54	0.50		
2-2	71	0.41	0.50	67	0.64	0.48	2-1>1- 2(.012)	直接鷹架>問 答鷹架(.009)
3-1	71	0.45	0.50	67	0.57	0.50		
3-2	71	0.34	0.48	67	0.43	0.50		

註：1.*** $p < .001$ ；** $p < .001$

2. 問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學組，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

由表 4-2-7 可知，學生在主題 ($F = 5.59, p = 0.005$) 以及教學模式 ($F = 10.87, p = 0.001$) 上達顯著差異，而主題與教學模式 ($F = 0.41, p = 0.819$) 間交互作用未達到顯著差異，因此分別針對主題和教學模式做主要效果分析，首先針對主題做重複量數的分析如表 4-2-8 所示：

表 4-2-8 假設在主題間的重複量數分析

主題	N	M	SD	變異來源-假設			η^2	事後比較
				F	p			
1-1	138	0.52	0.50					
1-2	138	0.33	0.47					
2-1	138	0.46	0.50	3.57**	0.005	0.039	2-2>1-2(.012)	
2-2	138	0.52	0.50					
3-1	138	0.50	0.50					
3-2	138	0.38	0.49					

註：1.** $p < .01$

接著再針對教學模式做單因子變異數分析如表 4-2-9 所示：

表 4-2-9 假設在教學模式的單因子變異數分析摘要表

假設	F	p	事後比較
1-1	10.33**	0.002	直接鷹架>問答鷹架
1-2	5.51*	0.021	直接鷹架>問答鷹架
2-1	2.70	0.103	
2-2	7.00**	0.009	直接鷹架>問答鷹架
3-1	1.85	0.177	
3-2	1.18	0.280	

註：1.** $p < .01$ ；* $p < .05$ ；2. $N_{問答鷹架} = 71$ 、 $N_{直接鷹架} = 67$

3.問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學法，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學法

分別從事後比較可以看出在兩教學組主題 2-1 顯著優於 1-2，教學模式中主題 1-1、1-2、2-2 皆是直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級顯著優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組。

四、單元主題網路學習歷程紀錄—科學解釋分析

根據問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組在單元主題網路學習歷程紀錄中科學解釋所記錄的資料進行層級評分，以「無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確」、「能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則」、「用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋」三層作為分層標準，將三單元分成六主題，科學解釋進行分層編碼後，進行單因子重複量數（One-factor repeated measure）分析。統計分析以兩種不同的教學模式為受試者間因子，科學解釋六主題為受試者內因子，分析學生形成科學解釋上的差異情形，並將有顯著差異的變項在進行事後比較，其分析如表 4-2-10 所示。

表 4-2-10 不同教學模式分組在科學解釋之六主題重複量數分析

主題	變異來源-科學解釋									成對比較	
	問答鷹架			直接鷹架			主題	教學模 式	主題× 教學模 式	主題	教學模式
	N	M	SD	N	M	SD	F(p)	F(p)	F(p)		
1-1	71	0.32	0.61	67	0.68	0.64					直接鷹架> 問答鷹架 (.001)
1-2	71	0.79	0.62	67	0.91	0.68	8.58***	6.88**	0.98	1-2>1-1(.000)	
2-1	71	0.63	0.74	67	0.82	0.70	(.000)	(.010)	(.423)		
2-2	71	0.78	0.62	67	0.97	0.48				2-2>1-1(.000)	
3-1	71	0.93	0.78	67	0.95	0.71				3-1>1-1(.000)	
3-2	71	0.69	0.73	67	0.87	0.76					

註：1.*** $p < .001$ ；** $p < .01$ ；

2.問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學組，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

由表 4-2-10 可知，學生在主題 ($F = 8.58, p = 0.000$) 以及教學模式 ($F = 6.88, p = 0.010$) 上達顯著差異，主題與教學模式 ($F = 0.98, p = 0.423$) 間交互作用未達到顯著差異，因此分別針對主題和教學模式進行主要效果分析，首先針對主題做重複量數的分析如表 4-2-11 所示：

表 4-2-11 科學解釋在主題間的重複量數分析

主題	變異來源-科學解釋						事後比較
	N	M	SD	F	p	η^2	
1-1	138	0.49	0.65				
1-2	138	0.85	0.64				1-2>1-1(.000)
2-1	138	0.73	0.73	8.84***	0.000	0.070	2-1>1-1(.042)
2-2	138	0.87	0.56				2-2>1-1(.000)
3-1	138	0.94	0.75				3-1>1-1(.000)
3-2	138	0.77	0.74				

註：1.*** $p < .001$

接著再針對教學模式做單因子變異數分析如表 4-2-12 所示：

表4-2-12 科學解釋在教學模式的單因子變異數分析摘要表

科學解釋	F	p	事後比較
1-1	11.06***	0.001	直接鷹架>問答鷹架
1-2	1.07	0.303	
2-1	1.70	0.195	
2-2	3.56	0.061	
3-1	0.04	0.845	
3-2	1.97	0.163	

註：1.*** $p < .001$ ；2. $N_{問答鷹架} = 71$ 、 $N_{直接鷹架} = 67$

3.問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學法，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學法

分別從事後比較可以看出兩教學組在主題 1-2、2-2、3-1 顯著優於 1-1，教學模式中主題 1-1 為直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級顯著優於問答直接鷹架式之形成科學性議題教學組。

五、單元主題網路學習歷程紀錄—總分(科學議題 + 變因 + 假設 + 科學解釋)分析

根據問答鷹架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組在單元主題網路學習歷程紀錄中將各主題所形成的科學議題、變因、假設、科學解釋加總成為總分的項目分數，進行單因子重複量數 (One-factor repeated measure) 分析。統計分析以兩種不同的教學模式為受試者間因子，總分六主題為受試者內因子，分析學生總分上的差異情形，並將有顯著差異的變項在進行事後比較，其分析如表 4-2-13 所示。

表 4-2-13 不同教學模式分組在總分之六主題重複量數分析

主 題	變異來源-總分									成對比較	
	問答鷹架			直接鷹架			主題	教學模 式	主題× 教學模 式	主題	教學模式
	N	M	SD	N	M	SD					
1-1	71	2.49	1.51	67	3.56	1.84	3.61**	4.04*	1.98		直接鷹架>問 答鷹架 (.001)
1-2	71	2.95	1.95	67	3.80	2.09	(.004)	(.048)	(.083)		直接鷹架>問

2-1	71	3.27	2.18	67	3.38	1.92	
2-2	71	3.32	2.22	67	3.70	2.28	2-2>1-1(.048)
3-1	71	3.68	2.25	67	3.80	2.14	3-1>1-1(.002)
3-2	71	3.08	1.87	67	3.64	2.29	

註：1.** $p < .01$ ；* $p < .05$

2. 問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學組，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學組

由表 4-2-13 可知，學生在主題 ($F = 3.61, p = 0.004$) 以及教學模式 ($F = 4.04, p = 0.048$) 上達顯著差異，主題與教學模式 ($F = 1.98, p = 0.083$) 間交互作用未達到顯著差異，所以分別針對主題與教學模式進行主要效果分析，首先，針對主題做重複量數的分析如表 4-2-14 所示：

表 4-2-14 總分在主題間的重複量數分析

主題	N	M	變異來源-總分			η^2	事後比較
			SD	F	p		
1-1	138	3.00	1.75				
1-2	138	3.36	2.05				
2-1	138	3.32	2.05	3.61**	0.004	0.041	
2-2	138	3.50	2.25				
3-1	138	3.73	2.19				3-1>1-1(.002)
3-2	138	3.34	2.09				

註：1.** $p < .01$

接著再針對教學模式做單因子變異數分析如表 4-2-15 所示：

表 4-2-15 總分在教學模式的單因子變異數分析摘要表

總分	F	p	事後比較
1-1	11.35***	0.001	直接鷹架>問答鷹架
1-2	5.03*	0.027	直接鷹架>問答鷹架
2-1	0.09	0.762	
2-2	0.78	0.378	
3-1	0.09	0.763	
3-2	2.20	0.141	

註：1.*** $p < .001$ 、* $p < .05$ ；2. $N_{問答鷹架} = 71$ 、 $N_{直接鷹架} = 67$

3.問答鷹架：問答鷹架式之形成科學性議題教學法，直接鷹架：直接鷹架式之形成科學性議題教學法

分別從事後比較可以看出在兩教學組主題 2-2、3-1 顯著優於 1-1，教學模式中主題 1-1、1-2 皆為直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級顯著優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組。

六、單元主題網路學習歷程紀錄小結

在科學議題的部分，主題和教學模式有交互作用，進一步分析主題中兩教學模式皆未達顯著差異，兩教學模式裡問答鷹架式之形成科學性議題教學組的主題 3-1、3-2 的層級分數皆大於主題 1-1，但在教學模式中沒有達顯著差異，回答研究假設 2-2 「不同的教學模式在學生網路上所形成的科學議題的表現」。

在科學解釋上教學模式達顯著差異，而達顯著差異的主題皆是直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級顯著優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組，回答研究假設 4-1 「不同的教學模式在學生網路上所形成的科學解釋的表現」。

在變因、假設、總分上教學模式達顯著差異，而達顯著差異的主題皆是直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級顯著優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組，回答研究假設 3-1 「不同的教學模式在學生網路上所形成的科學探究的表現(假設、變因等)」。

由上述可知教學模式上變因、假設、科學解釋、總分項目上皆有達顯著差異，各項目達顯著差異的部分教學皆是直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級顯著優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組。另外，主題在科學議題、假設、科學解釋、及總分上皆有達顯著差異，其中在科學議題、科學解釋、總分三項的事後比較可看出 3-1 顯著優於 1-1，表示兩教學模式的學生學到後面的主題時在科學議題、科學解釋、以及整體總分的項目上顯著比一開始學習時要來的好。

第三節 科學議題、科學解釋網路學習歷程紀錄質性分析統計

本節將單元主題網路學習歷程紀錄中已分好層級的科學議題與科學解釋做更進一步的分析，呈現兩教學組在科學議題和科學解釋兩部分的層級分析出哪些問題或哪些解釋類型，並採用次數與百分比率進行統整和分析，主要是針對研究問題二：「不同的教學模對學生形成科學性議題能力成效有何差異？」、研究問題四：「不同的教學模式對學生解釋科學現象能力成效有何差異？」，來做質性資料的分析與比較，其結果如下所示。

一、不同教學模式在科學議題層級上的各類問題之次數與百分比率之敘述統計分析

此部分共有六個主題，每個主題學生所形成的科學議題皆使用「不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題」、「能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操作變因或應變變因，可進行探究實驗」、「能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變因和應變變因，可進行探究實驗」的三層層級評分標準來做分析過後，在從各層中分類出學生的科學議題型態。

(一) 不同教學模式在主題 1-1 的科學議題類型與百分率如表 4-3-1 所示，次數分配如圖 4-3-1 所示：

表 4-3-1 不同教學模式在主題 1-1 的科學議題類型與百分率之描述性統計表

Q 1-1 關鍵特徵：感覺疲勞		問答鷹架		直接鷹架	
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變因和	次數	%	次數	%
level 2	應變變因，可進行探究實驗				
科學 議題	2.1：受器(連續)接受相同(/不同)強度刺激(一段時間後)，會使受器對刺激(/水溫)的感覺降低(/適應/習慣/感覺疲勞)嗎？	1	1.4	4	5.9
	2.2：泡在熱水(/冰/溫)中要多久才會覺得習慣水溫？	0	0.0	3	4.4
	2.3：手在同(/不同)水溫(/溫水/熱水/冰水)中接觸(長時間/過久了)時，會(/是否)覺得疲勞(/適應/習慣/感覺降低)嗎？	7	9.7	5	7.4
	2.4：手會在同樣的水溫下或不同的水溫下(/水溫高低/哪種溫)感到疲累？	1	1.4	4	5.9
	2.5：不同時段(/早/中/晚)，對水溫(/手在溫水、熱水、冰水)產生感覺疲勞有關係嗎？	0	0.0	2	2.9
	2.6：手對水溫產生感覺疲勞和連續接受不同水溫有關嗎？	1	1.4	0	0.0
	2.7：手先放入溫水一段時間，拿出後將手放入冰水更長的時間(/交替在溫水、冰水、熱水中)，手的感覺會如何？	8	11.1	2	2.9
	2.8：手放置每個水溫(/溫水/熱水/冰水)中哪個(/是否)比較容易適應？	0	0.0	4	5.9
		小計	18	25	24
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操作變因或				
level 1	應變變因，可進行探究實驗				
科學 議題	1.1：探討(受器接受)不同激(是否)會影響感覺疲勞產生？	0	0.0	3	4.4
	1.2：人體受器在何種情況下會對水溫產生感覺疲勞(有關)？	14	19.4	6	8.8
	小計	14	19.4	9	13.2
rubric	不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題				
level 0					
科學 議題	• 實驗步驟、結論或假設(直述句-不是問題)	16	22.2	18	26.5
	0.1：手在冰水裡在換熱水裡，會感到疲勞				
	• 與關鍵特徵無關的問題	12	16.7	9	13.2
	0.2：兩隻手碰到溫水冰水熱水的反應(感覺)如何？				
	• 直接問科學知識的問題	1	1.4	1	1.5
	0.3：為什麼人的手碰觸到不同溫度的水會感覺疲勞？				
	• 寫無關的文字符號	4	5.6	1	1.5
	0.4：????????????????				
	小計	33	45.9	29	42.7
	(缺)	7	9.7	6	8.8

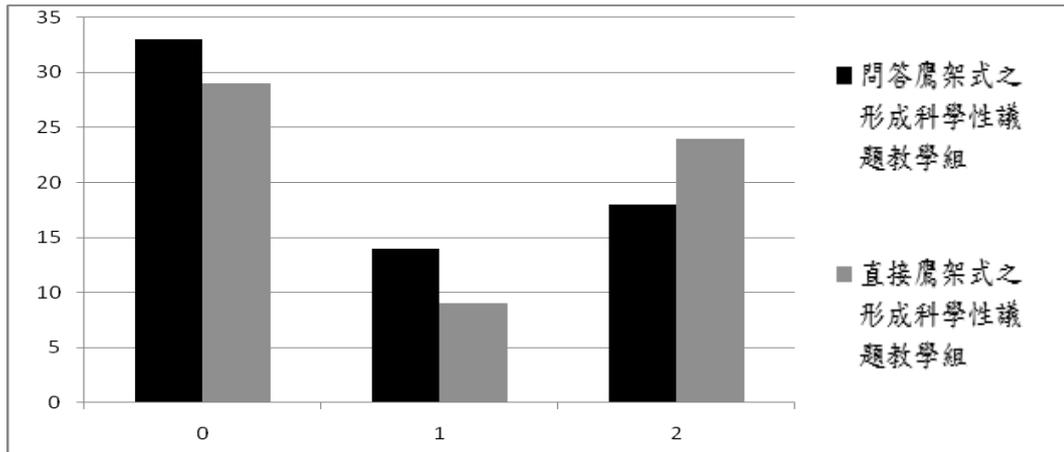


圖 4-3-1 不同教學模式在主題 1-1 科學議題類別次數分配

由表 4-3-1、圖 4-3-1 可看出在主題 1-1 中，在 Level 0 和 Level 1 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組；在 Level 2 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組。在 Level 2 直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別為 2.3 「手在同(/不同)水溫(/溫水/熱水/冰水)中接觸(長時間/過久了)時，會(/是否)覺得疲勞(/適應/習慣/感覺降低)嗎?」，問答鷹架式教學組為 2.7 「手先放入溫水一段時間，拿出後將手放入冰水更長的時間(/交替在溫水、冰水、熱水中)，手的感覺會如何?」。

(二) 不同教學模式在主題 1-2 的科學議題類型與百分率如表 4-3-2 所示，次數分配如圖 4-3-2 所示：

表 4-3-2 不同教學模式在主題 1-2 的科學議題類型與百分率之描述性統計表

Q 1-2 關鍵特徵：傳導途徑、反應時間		問答鷹架		直接鷹架	
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變	次數	%	次數	%
level 2	因和應變變因，可進行探究實驗				
	2.1：探討傳導途徑長短，與(/是否會影響)反應時間的快慢(的關係)？	22	30.6	23	33.8
	2.2：不同部位傳導途徑是否造成反應時間的快慢？	1	1.4	1	1.5
科學	2.3：用腳接尺或用手接尺哪個比較快(/的時間快慢/反應	3	4.2	9	13.2
議題	時間是否相同(不同)/差別)？				
	2.4：用手(/腳)接尺反應時間是否會較快(/慢)？	2	2.8	2	2.9
	2.5：手接尺、腳接尺的反應時間和直尺下落距離(/尺長度相同嗎)？	6	8.3	0	0.0
	小計	34	47.3	35	51.4
level 1	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操作變				
	因或應變變因，可進行探究實驗				
科學	1.1：何原因會使反應較快？	1	1.4	2	2.9
議題	1.2：反應時間相同嗎？	1	1.4	1	1.5
	小計	2	2.8	3	4.4
level 0	不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題				
	• 實驗步驟、結論或假設(直述句-不是問題)	19	26.4	20	29.4
	0.1：離大腦越遠，反應時間越慢				
	• 與關鍵特徵無關的問題	2	2.8	2	2.9
科學	0.2：直尺掉的時候，是用手還是腳接？				
議題	• 直接問科學知識的問題	2	2.8	1	1.5
	0.3：長的神經是否傳輸訊息較慢？				
	• 寫無關的文字符號	5	6.9	1	1.5
	0.4：???????????				
	小計	28	38.9	24	35.3
	(缺)	8	11.1	6	8.8

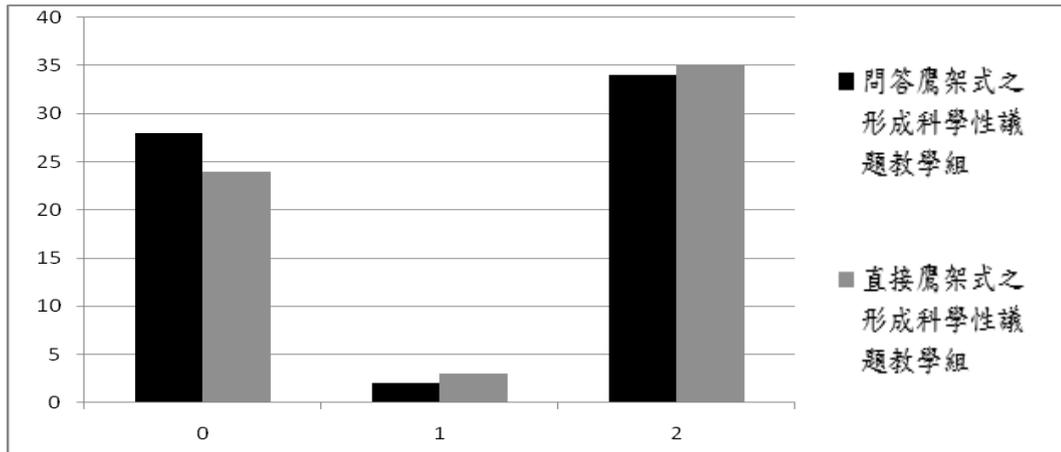


圖 4-3-2 不同教學模式在主題 1-2 科學議題類別次數分配

由表 4-3-2、圖 4-3-2 可看出在主題 1-2 中，在 Level 0 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組；在 Level 1 和 2 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組。在 Level 2 兩教學組所形成最多次數的類別皆為 2.1 「探討傳導途徑長短，與(是否會影響)反應時間的快慢(的關係)?」。

(三) 不同教學模式在主題 2-1 的科學議題類型與百分率如表 4-3-3 所示，次數分配如圖 4-3-3 所示：

表 4-3-3 不同教學模式在主題 2-1 的科學議題類型與百分率之描述性統計表

Q 2-1 關鍵特徵：光線(方向)、莖生長方向		問答鷹架		直接鷹架		
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變	次數	%	次數	%	
level 2 因和應變變因，可進行探究實驗						
科學 議題	2.1：探討光線(來源)與(/是否會影響)莖朝向何處生長有何關係？	15	20.8	20	29.4	
	2.2：植物會不會朝向燈光生長？	5	6.9	3	4.4	
	2.3：植物莖的生長方向會不會被光影響？	8	11.1	0	0.0	
	2.4：燈光 (/明亮度/強度)是否會影響植物生長的方向？	1	1.4	3	4.4	
	2.5：植物的生長方向跟陽光有什麼關係(/莖會繞著太陽動嗎)?	5	6.9	1	1.5	
	2.6：植物在有燈光和暗室，植物往哪邊(/朝向/的生長方向相同)嗎?	5	6.9	2	2.9	
		小計	39	54	29	42.6
level 1 因或應變變因，可進行探究實驗						
科學 議題	1.1：哪些因素可以造成植物的莖生長的方向不同？	0	0.0	1	1.5	
	1.2：(探討)燈光的明暗(/光照)是否對植物有影響？	4	5.6	6	8.8	
		小計	4	5.6	7	10.3
level 0						
rubric 不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題						
科學 議題	• 實驗步驟、結論或假設(直述句-不是問題)	13	18.1	14	20.6	
	0.1：根朝地球引力的方向生長					
	• 與關鍵特徵無關的問題	8	11.1	8	11.8	
	0.2：燈光或暗室裡的植物生長的一樣快嗎？					
	• 直接問科學知識的問題	3	4.2	5	7.4	
	0.3：生長激素怕光嗎？					
	• 寫無關的文字符號	4	5.6	3	4.4	
	0.4：???????????					
		小計	28	39	30	44.2
		(缺)	1	1.4	2	2.9

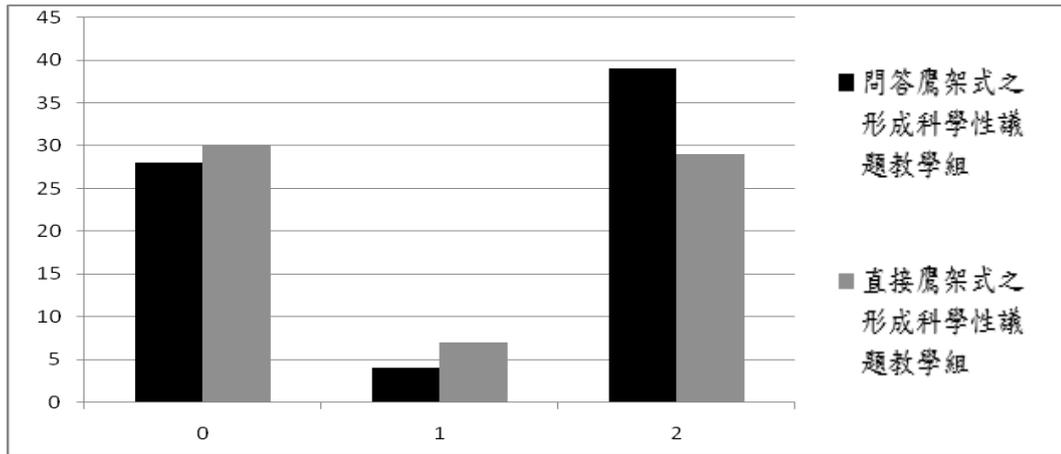


圖 4-3-3 不同教學模式在主題 2-1 科學議題類別次數分配

由表 4-3-3、圖 4-3-3 可看出在主題 2-1 中，在 Level 0 和 1 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組；在 Level 2 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組。在 Level 2 中兩教學組所形成最多次數的類別皆為 2.1「探討光線(來源)與(/是否會影響)莖朝向何處生長有何關係？」。

(四) 不同教學模式在主題 2-2 的科學議題類型與百分率如表 4-3-4 所示，次數分配如圖 4-3-4 所示：

表 4-3-4 不同教學模式在主題 2-2 的科學議題類型與百分率之描述性統計表

Q 2-2 關鍵特徵：含羞草葉子觸發運動速率		問答鷹架		直接鷹架	
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變	次數	%	次數	%
level 2	因和應變變因，可進行探究實驗				
	2.1：含羞草(外力)觸碰次數，與(/會影響)葉子閉合和展開(/觸發運動)速率(/有何關係)嗎？	34	47.2	25	36.8
	2.2：只碰一次或連續碰觸的反應速率結果？	0	0.0	2	2.9
科學	2.3：含羞草每一段時間都碰它，反應速度會變慢嗎？	1	1.4	0	0.0
議題	2.4：含羞草如果接受刺激太多次(/一直碰)，會使它反應變慢嗎？	2	2.8	1	1.5
	2.5：含羞草會不會遇到熱(/風/水)而產生觸發運動？	3	4.2	0	0.0
	2.6：刺激次數會影響膨壓反應嗎？	1	1.4	0	0.0
	小計	41	57	28	41.2
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操作變				
level 1	因或應變變因，可進行探究實驗				
科學	1.1：刺激會影響葉子的速率嗎？	1	1.4	4	5.9
議題	1.2：含羞草的閉合速率會改變嗎？	1	1.4	0	0.0
	小計	2	2.8	4	5.9
rubric	不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題				
level 0					
	• 實驗步驟、結論或假設(直述句-不是問題)	16	22.2	21	30.9
	0.1：含羞草受力的碰觸次數會影響葉子閉合的速率				
	• 與關鍵特徵無關的問題	1	1.4	0	0.0
科學	0.2：含羞草碰觸的次數是多少？				
議題	• 直接問科學知識的問題	5	6.9	0	0.0
	0.3：含羞草為什麼碰它會縮起來？				
	• 寫無關的文字符號	6	8.3	11	16.2
	0.4：????????????				
	小計	28	38.8	32	47.1
	(缺)	1	1.4	4	5.9

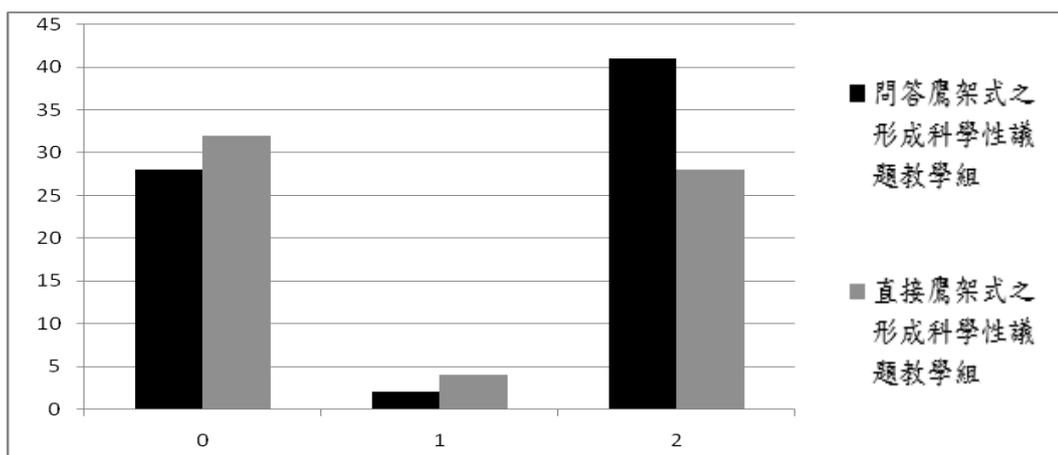


圖 4-3-4 不同教學模式在主題 2-2 科學議題類別次數分配

由表 4-3-4、圖 4-3-4 可看出在主題 2-2 中，在 Level 0 和 1 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組；在 Level 2 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組。在 Level 2 中兩教學組所形成最多次數的類別皆為 2.1「含羞草(外力)觸碰次數，與(/會影響)葉子閉合和展開(/觸發運動)速率(/有何關係)嗎？」。

(五) 不同教學模式在主題 3-1 的科學議題類型與百分率如表 4-3-5 所示，次數分配如圖 4-3-5 所示：

表 4-3-5 不同教學模式在主題 3-1 的科學議題類型與百分率之描述性統計表

Q 3-1 關鍵特徵：呼吸運動頻率		問答鷹架		直接鷹架	
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變	次數	%	次數	%
level 2	因和應變變因，可進行探究實驗				
	2.1：探討運動程度(/快慢/長短)不同時，(會影響)呼吸(運動/頻率/快慢)嗎？	24	33.3	20	29.4
	2.2：運動程度越大(/後)，呼吸頻率是否越快？	6	8.3	1	1.5
	2.3：運動激烈(/後)，是否會影響呼吸的速率？	3	4.2	2	2.9
科學 議題	2.4：同學跳繩(/跑步)和沒有跳繩(/沒有跑步)哪個吐出的二氧化碳較多？	1	1.4	2	2.9
	2.5：如果連續跳繩 2 分鐘，呼吸速率會變快嗎？	3	4.2	0	0.0
	2.6：同學跳繩後，石灰水的反應？	0	0.0	1	1.5
	2.7：運動時間的長短(/激烈/快慢)，會影響人體內的二氧化碳或氧氣量嗎？	10	13.9	3	4.4
	小計	47	65.3	29	42.6
level 1	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操作變因或應變變因，可進行探究實驗				
科學 議題	1.1：如果受到不同刺激血液的二氧化碳是否會改變？	1	1.4	3	4.4
	1.2：人體調節呼吸運動頻率快慢的關係	1	1.4	4	5.9
	小計	2	2.8	7	10.3
level 0	不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題				
	• 實驗步驟、結論或假設(直述句-不是問題)	10	13.9	20	29.4
	0.1：我們吐出二氧化碳，會使石灰水變色				
	• 與關鍵特徵無關的問題	1	1.4	4	5.9
科學 議題	0.2：同學在石灰水裡吹氣會發生什麼事？				
	• 直接問科學知識的問題	6	8.3	2	2.9
	0.3：控制人體呼吸運動頻率快慢的機制為何？				
	• 寫無關的文字符號	6	8.3	2	2.9
	0.4：???????????				
	小計	23	31.9	28	41.1
	(缺)	0	0.0	4	5.9

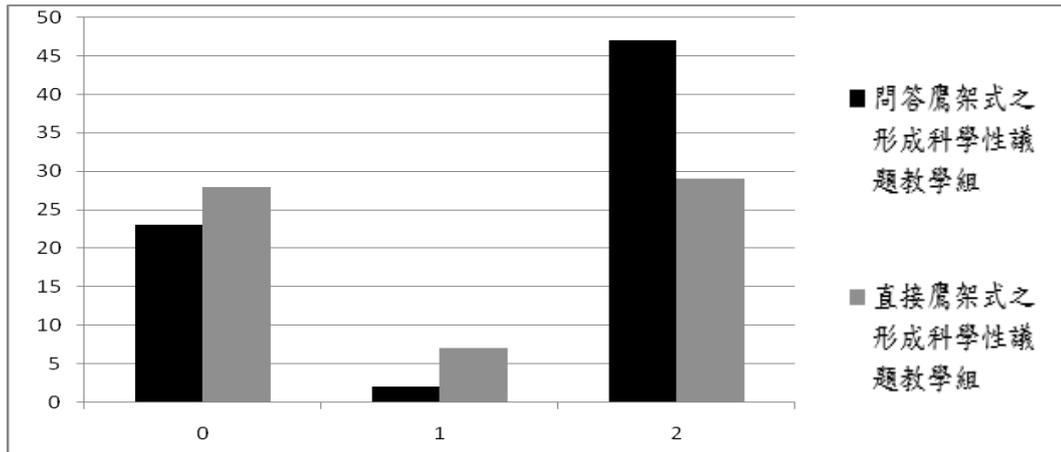


圖 4-3-5 不同教學模式在主題 3-1 科學議題類別次數分配

由表 4-3-5、圖 4-3-5 可看出在主題 3-1 中，問答、直接鷹架式教學組次數最高的皆在 Level 2，在 Level 0 和 1 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組；在 Level 2 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組。在 Level 2 中兩教學組所形成最多次數的類別皆為 2.1「探討運動程度(/快慢/長短)不同時，(會影響)呼吸(運動/頻率/快慢)嗎？」。

(六) 不同教學模式在主題 3-2 的科學議題類型與百分率如表 4-3-6 所示，次數分配如圖 4-3-6 所示：

表 4-3-6 不同教學模式在主題 3-2 的科學議題類型與百分率之描述性統計表

Q 3-2 關鍵特徵：時段、呼吸作用		問答鷹架		直接鷹架	
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，有完整的操作變	次數	%	次數	%
level 2	因和應變變因，可進行探究實驗				
科學 議題	2.1：晚上(/暗箱/白天/照光)會不會進行呼吸作用(/呼的氣體是什麼)？	7	9.7	1	1.5
	2.2：光(/水/無光)會影響植物的呼吸作用嗎？	3	4.2	4	5.9
	2.3：白天和晚上/照光與暗香何時產生(/都行)呼吸作用(/是否影響速率(/頻率)/是否相同/有無影響速率/呼吸頻率快)嗎？	10	13.9	8	11.8
	2.4：(探討發芽的)植物(/綠豆)會在何時進行呼吸作用？	0	0.0	9	13.2
	2.5：放在暗箱或有燈光的地方(/白天或晚上)，發芽的綠豆在哪個地方行呼吸作用石灰水比較混濁(/石灰水有變色)？	1	1.4	2	2.9
	2.6：每天的不同時段與發芽綠豆行呼吸作用的關係？	26	36.1	14	20.6
	小計	47	65.3	38	55.9
rubric	能辨識出關鍵特徵所形成的科學議題，不完整的操作變				
level 1	因或應變變因，可進行探究實驗				
科學 議題	1.1：什麼時候呼吸？	2	2.8	1	1.5
	小計	2	2.8	1	1.5
rubric	不能辨識出關鍵特徵所形成科學議題				
level 0					
科學 議題	• 實驗步驟、結論或假設(直述句-不是問題)				
	0.1：發芽的綠豆會使氧氣用光，產生二氧化碳，使石灰水變混濁	8	11.1	10	14.7
	• 與關鍵特徵無關的問題				
	0.2：植物是在白天還是晚上生長？	5	6.9	2	2.9
	• 直接問科學知識的問題				
0.3：植物進行呼吸作用與發芽有什麼關係？	4	5.6	7	10.3	
• 寫無關的文字符號					
0.4：???????????	4	5.6	5	7.4	
	小計	21	29.2	24	35.3
	(缺)	2	2.8	4	5.9

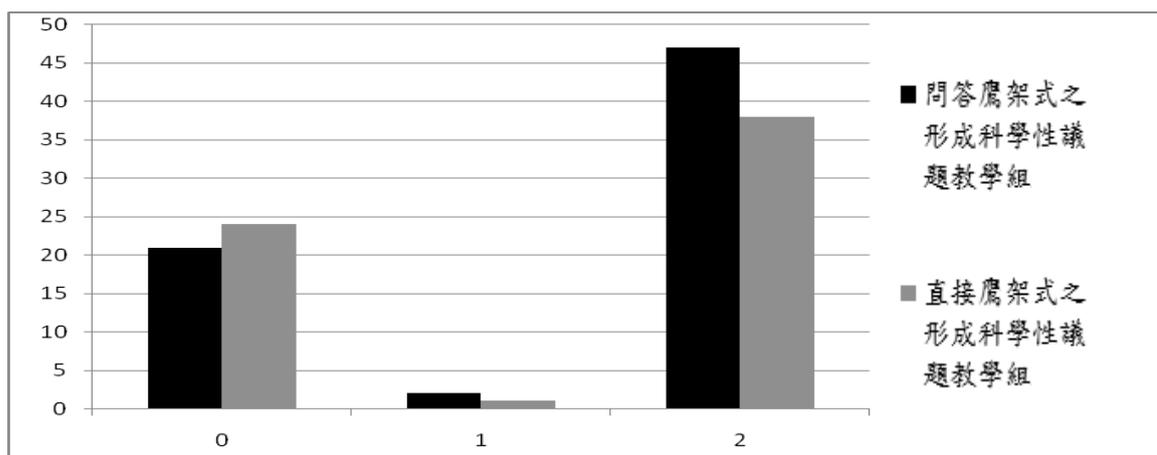


圖 4-3-6 不同教學模式在主題 3-2 科學議題類別次數分配

由表 4-3-6、圖 4-3-6 可看出在主題 3-2 中，在 Level 0 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組；在 Level 1 和 2 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組。在 Level 2 問答、直接鷹架式之形成科學性議題教學組最多次數的類別皆為 2.6「每天的不同時段與發芽綠豆行呼吸作用的關係？」。

(七) 科學議題質性資料類型分析小結

由上述表格與圖形可以發現，Level 2 的部分一開始直接鷹架式教學組較高，到最後一單元變成問答鷹架式教學組較高，另外發現兩教學組學生在學習過程中每主題次數最高的科學議題類型會漸漸相同，Level 0 的次數兩教學組到最後皆有降低的趨勢，Level 2 則皆有升高的趨勢，顯示整體學生的形成科學性議題的能力有所提升。

二、不同教學模式在科學解釋層級上的各類解釋之次數與百分比率之敘述統計分析

此部分共有六個主題，每個主題學生所形成的科學議題皆使用「無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確」、「能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則」、「用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋」的三層層級評分標準來做分析過後，在從各層中分類出學生的科學解釋型態。

(一) 不同教學模式在主題 1-1 的科學解釋類型次數與百分率如表 4-3-7 所示，次數分配如圖 4-3-7 所示：

表 4-3-7 不同教學模式在主題 1-1 的科學解釋類型與百分率之描述性統計表

E1-1 關鍵特徵：感覺疲勞		問答鷹架		直接鷹架	
rubric 用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋		次數	%	次數	%
level 2					
科學	2.1：手在同溫度的水中長時間接觸會覺感覺疲勞	3	4.2	2	2.9
解釋	2.2：因為受器產生感覺疲勞	2	2.8	4	5.9
小計		5	7	6	8.8
level 1					
rubric 能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則					
科學 解釋	1.1：兩手各放在冰水或熱水，再放到溫水時會有不同的反應(/右手習慣熱水的溫度，所以放入 B 盆中覺得冷，而左手習慣了冷水的溫度，所以會感覺熱)	1	1.4	12	17.6
	1.2：接受相同的刺激，(長時間)會使受氣對刺激的感覺變低(/習慣)	2	2.8	10	14.7
	1.3：相同水溫(/冷水/熱水/溫水/相同刺激)會使人體受器產生感覺疲勞(/疲勞)	3	4.2	4	5.9
	1.4：不管哪種水溫(時間比較長)都會疲勞	2	2.8	5	7.4
	1.5：手會疲勞(/漸漸變成一般溫度)	4	5.6	1	1.5
小計		12	16.8	32	47.1
level 0					
rubric 無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確					
科學 解釋	• 寫無關的文字符號	10	13.9	4	5.9
	0.1：因為我反應快 • 與關鍵特徵無關的解釋	19	26.4	9	13.2

0.2：手受不同溫度的刺激不同(/手有不同感覺)					
• 科學概念不正確					
0.3：手的感覺不一樣才會疲勞(接受不同刺激才會使手疲勞)、放入熱水的手會(/可讓神經放鬆)產生疲勞、因為手泡時間少也可以適應	23	31.9	11	16.2	
• 寫成問題或假設					
0.4：手放在溫水中會產生感覺疲勞嗎?	0	0.0	3	4.4	
	小計	52	72.2	27	39.7
	(缺)	3	4.2	3	4.4

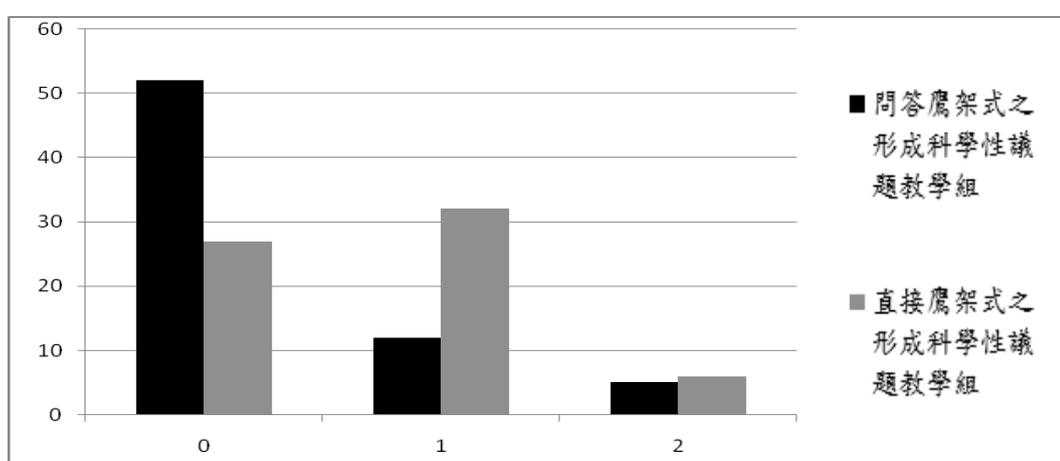


圖 4-3-7 不同教學模式在主題 1-1 科學解釋類別次數分配

由表 4-3-7、圖 4-3-7 可看出在主題 1-1 中，在 Level 0 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組；在 Level 1 和 2 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組。在 Level 2 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別分別為 2.1「手在同溫度的水中長時間接觸會覺感覺疲勞」，2.2「因為受器產生感覺疲勞」，在 Level 1 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別分別為 1.5「手會疲勞(/漸漸變成一般溫度)」、1.1「兩手各放在冰水或熱水，再放到溫水時會有不同的反應(/右手習慣熱水的溫度，所以放入 B 盆中覺得冷，而左手習慣了冷水的溫度，所以會感覺熱)」。

(二) 不同教學模式在主題 1-2 的科學解釋類型次數與百分率如表 4-3-8 所示，次數分配如圖 4-3-8 所示：

表 4-3-8 不同教學模式在主題 1-2 的科學解釋類型與百分率之描述性統計表

E1-2 關鍵特徵：感傳導途徑、反應時間		問答鷹架		直接鷹架	
rubric 用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋		次數	%	次數	%
level 2					
	2.1：傳導途徑越長，使反應越慢。	1	1.4	6	8.8
科學	2.2：傳導距離(長短)會影響反應時間(/大腦做出指令較快)	1	1.4	5	7.4
解釋	2.3：用手接尺的傳導途徑比用腳接尺來的短。	5	6.9	1	1.5
		小計	7	9.7	12
level 1					
rubric 能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則					
	1.1：手的反應時間比腳快(/手的反應快(靈活)/腳的反應慢)	23	31.9	22	32.4
科學	1.2：腳的反應的路徑(/神經)比手長，所以反應慢(/途徑短反應時間快)	1	1.4	4	5.9
解釋	1.3：因為實驗結果為多練習(手發達)反應時間就會變快	1	1.4	2	2.9
	1.4：腳距離腦部較遠，傳達的途徑較長所以花的時間較長	11	15.3	7	10.3
	1.5：手和腳每一次接尺的反應速度都不相同	3	4.2	0	0.0
		小計	39	54.2	35
level 0					
rubric 無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確					
	• 寫無關的文字符號	7	9.7	6	8.8
	0.1：因為我反應快				
	• 與關鍵特徵無關的解釋	9	12.5	5	7.4
科學	0.2：人會去接尺				
解釋	• 科學概念不正確				
	0.3：手或腳的反應時間相同(/直尺落下會造成反射動作/尺越長反應時間越長)	5	6.9	6	8.8
	• 寫成問題或假設	0	0.0	1	1.5
	0.4：用手接尺會反應時間快慢嗎?				
		小計	21	29.1	18
		(缺)	5	6.9	3

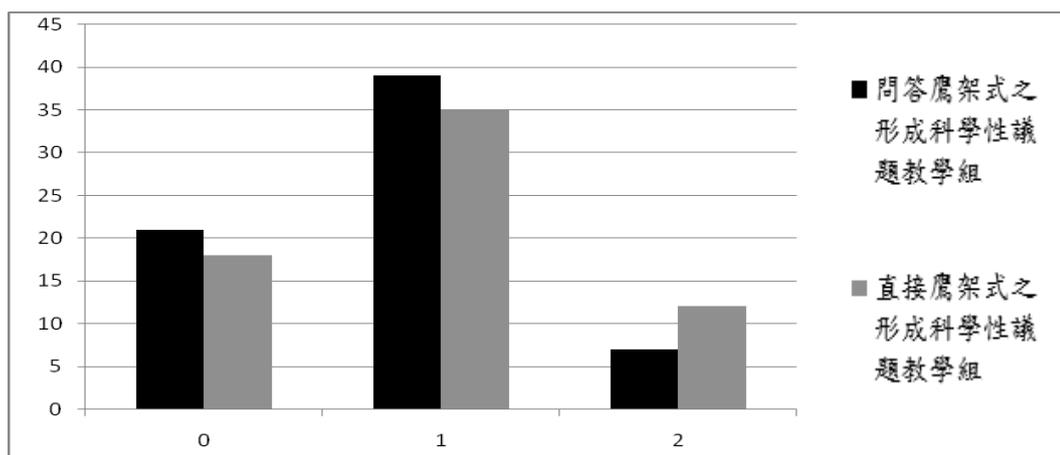


圖 4-3-8 不同教學模式在主題 1-2 科學解釋類別次數分配

由表 4-3-8、圖 4-3-8 可看出在主題 1-2 中，在 Level 0 和 1 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組；在 Level 2 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組。在 Level 2 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別分別為 2.3「用手接尺的傳導途徑比用腳接尺來的短」，2.1「傳導途徑越長，使反應越慢」，在 Level 1 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別皆為 1.1「手的反應時間比腳快(/手的反應快(靈活)/腳的反應慢)」。

(三) 不同教學模式在主題 2-1 的科學解釋類型次數與百分率如表 4-3-9 所示，次數分配如圖 4-3-9 所示：

表 4-3-9 不同教學模式在主題 2-1 的科學解釋類型與百分率之描述性統計表

E2-1 關鍵特徵：光線(方向)、莖生長方向		問答鷹架		直接鷹架	
rubric 用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋		次數	%	次數	%
level 2					
科學 解釋	2.1：植物有向光性	8	11.1	9	13.2
	2.2：植物體內的激素怕光，會到背光面的地方，使得背光面生長較快，因此而向光線照射的地方生長	3	4.2	2	2.9
小計		11	15.3	11	16.1
level 1					
rubric 能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則					
科學 解釋	1.1：莖朝光生長	19	26.4	22	32.4
	1.2：因為植物的激素會跑去沒有燈光的地方所以會往向光面生長	2	2.8	5	7.4
	1.3：植物背光面生長較快，光照射植物的右邊植物會向右邊生長	2	2.8	3	4.4
小計		23	32	30	44.2
level 0					
rubric 無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確					
科學 解釋	• 寫無關的文字符號	14	19.4	11	16.2
	0.1：因為我反應快				
	• 與關鍵特徵無關的解釋				
	0.2：有燈光的植物會比暗室的植物生長快(植物行光合作用植物活較快)	13	18.1	7	10.3
	• 科學概念不正確	5	6.9	6	8.8
0.3：植物的向性怕光(/因為植物有趨光性/背光性)					
• 寫成問題或假設	3	4.2	0	0.0	
0.4：放在光下與莖朝向何處生長的關係？					
小計		35	48.6	24	35.3
(缺)		3	4.2	3	4.4

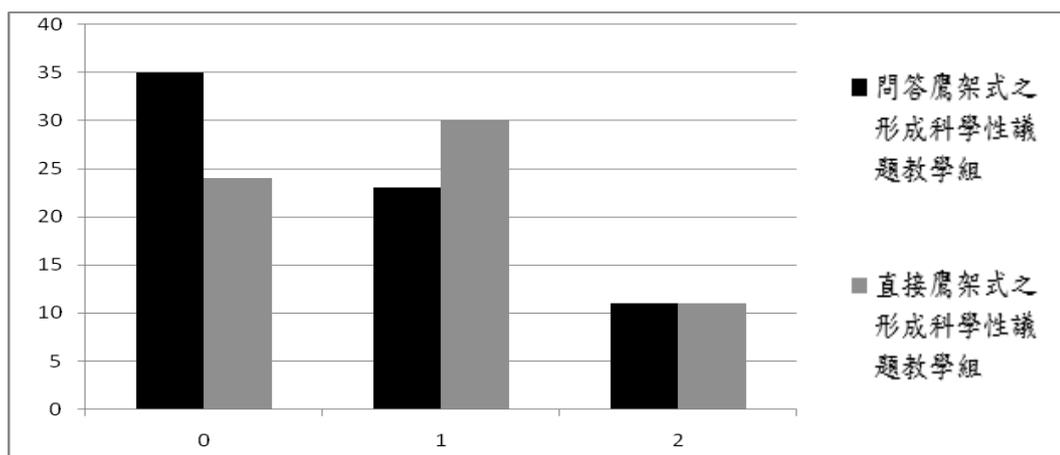


圖 4-3-9 不同教學模式在主題 2-1 科學解釋類別次數分配

由表 4-3-9、圖 4-3-9 可看出在主題 2-1 中，在 Level 0 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組；在 Level 1 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組；在 Level 2 兩教學組次數相同。在 Level 2 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別皆為 2.1「植物有向光性」。在 Level 1 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別皆為 1.1「莖朝光生長」。

(四) 不同教學模式在主題 2-2 的科學解釋類型次數與百分率如表 4-3-10 所示，次數分配如圖 4-3-10 所示：

表 4-3-10 不同教學模式在主題 2-2 的科學解釋類型與百分率之描述性統計表

E2-2 關鍵特徵：含羞草葉子觸發運動速率		問答鷹架		直接鷹架	
rubric 用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋		次數	%	次數	%
level 2					
科學 解釋	2.1：第一次反應時水分已散失，因此第二次的反應就會變慢	5	6.9	6	8.8
	2.2：因為水分會影響閉合展開	2	2.8	0	0.0
小計		7	9.7	6	8.8
level 1					
rubric 能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則					
科學 解釋	1.1：第一次較快，第二次反應較慢	9	12.5	10	14.7
	1.2：觸碰次數會影響葉子開合的速率	4	5.6	4	5.9
	1.3：因為碰觸越多/大(/連續接受刺激)反應越慢	24	33.3	27	39.7
	1.4：因為含羞草接受刺激速率變慢	3	4.2	6	8.8
小計		40	55.6	47	69.1
level 0					
rubric 無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確					
科學 解釋	• 寫無關的文字符號	11	15.3	4	5.9
	0.1：因為我反應快				
	• 與關鍵特徵無關的解釋	8	11.1	3	4.4
	0.2：含羞草接受刺激後會慢慢恢復				
	• 科學概念不正確	0	0.0	1	1.5
	0.3：因為受器累了				
	• 寫成問題或假設	3	4.2	0	0.0
	0.4：含羞草是開的比較慢？				
小計		22	30.6	8	11.8
(缺)		3	4.2	7	10.3

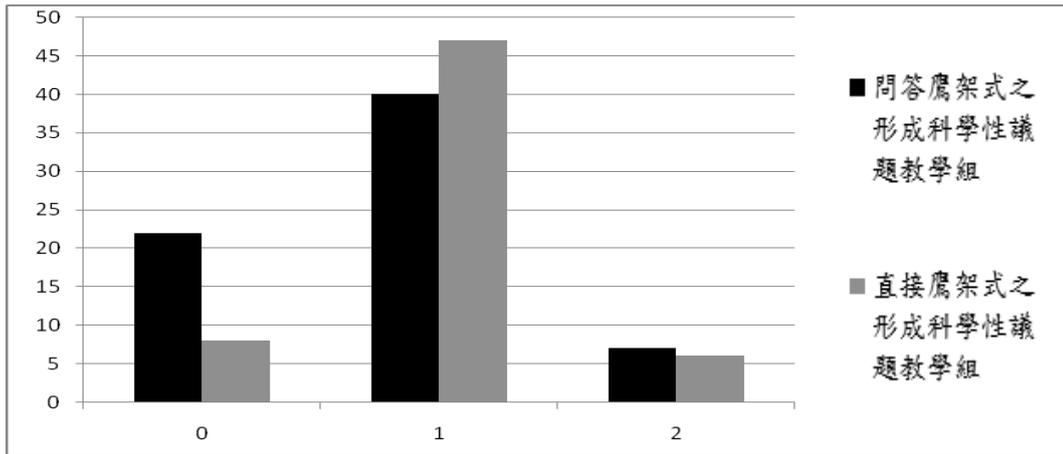


圖 4-3-10 不同教學模式在主題 2-2 科學解釋類別次數分配

由表 4-3-10、圖 4-3-10 可看出在主題 2-2 中，在 Level 0 和 2 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組；在 Level 1 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組。在 Level 2 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別皆為 2.1「第一次反應時水分已散失，因此第二次的反應就會變慢」，在 Level 1 問答、直接鷹架式之形成科學性議題教學組所形成最多次數的類別皆為 1.3「因為碰觸越多/大(/連續接受刺激)反應越慢」。

(五) 不同教學模式在主題 3-1 的科學解釋類型次數與百分率如表 4-3-11 所示，次數分配如圖 4-3-11 所示：

表 4-3-11 不同教學模式在主題 3-1 的科學解釋類型與百分率之描述性統計表

E3-1 關鍵特徵：呼吸運動頻率		問答鷹架		直接鷹架	
rubric 用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋		次數	%	次數	%
level 2					
科學 解釋	2.1：運動後呼吸運動加快，吐出的二氧化碳變多，因此石灰水會較快變混濁	5	6.9	9	13.2
	2.2：運動越激烈，血液中的二氧化碳增加，呼吸加速	14	19.4	6	8.8
小計		19	26.3	15	22
level 1					
rubric 能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則					
科學 解釋	1.1：運動愈激烈(/後)呼吸運動頻率(/心跳)快(/呼吸次數多吐氣次數也多)	18	25.0	21	30.9
	1.2：運動狀態下的同學呼出的氣體較快使石灰水變濁(/運動時間長石灰水反應速率快)	0	0.0	2	2.9
	1.3：運動(程度大小)會影響呼吸的頻率快慢(與體內氣體變化有關)	2	2.8	2	2.9
	1.4：石灰水變得更白而不只是變白(/越混濁)	3	4.2	6	8.8
	1.5：人體調節呼吸運動頻率快慢	5	6.9	2	2.9
小計		28	38.9	33	48.4
level 0					
rubric 無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確					
科學 解釋	• 寫無關的文字符號	14	19.4	10	14.7
	0.1：因為我反應快				
	• 與關鍵特徵無關的解釋	6	8.3	5	7.4
	0.2：因為人呼出的空氣是二氧化碳				
	• 科學概念不正確				
0.3：運動後呼吸作用快(/運動激烈程度不會影響到血液中氣體的濃度)	4	5.6	1	1.5	
• 寫成問題或假設	0	0.0	2	2.9	
0.4：人體調節呼吸運動頻率快慢的關係之實驗？					
小計		24	33.3	18	26.5
(缺)		1	1.4	2	2.9

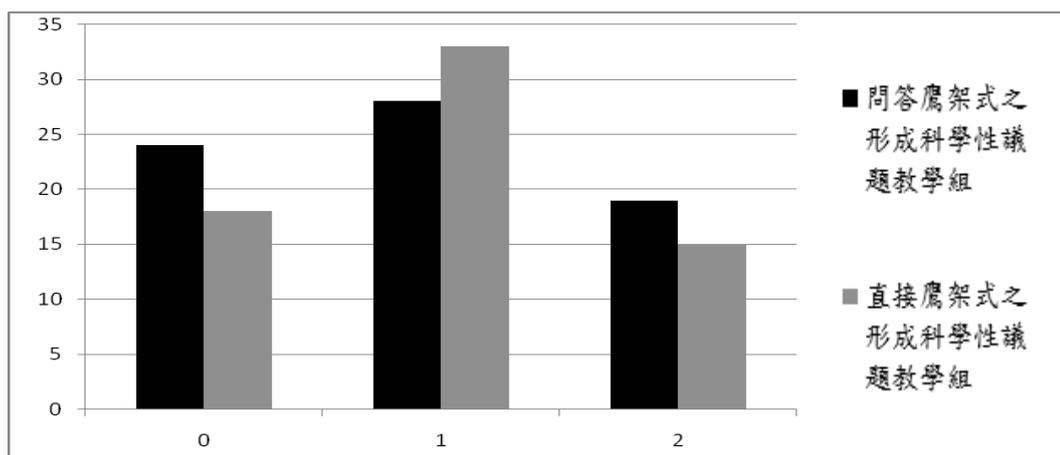


圖 4-3-11 不同教學模式在主題 3-1 科學解釋類別次數分配

由表 4-3-11、圖 4-3-11 可看出在主題 3-1 中，在 Level 0 和 2 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組；在 Level 1 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組。在 Level 2 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別分別為 2.2「運動越激烈，血液中的二氧化碳增加，呼吸加速」、2.1「運動後呼吸運動加快，吐出的二氧化碳變多，因此石灰水會較快變混濁」，在 Level 1 問答、直接鷹架式之形成科學性議題教學組所形成最多次數的類別皆為 1.1「運動愈激烈(後)呼吸運動頻率(/心跳)快(/呼吸次數多吐氣次數也多)」。

(六) 不同教學模式在主題 3-2 的科學解釋類型次數與百分率如表 4-3-12 所示，次數分配如圖 4-3-12 所示：

表 4-3-12 不同教學模式在主題 3-2 的科學解釋類型與百分率之描述性統計表

E3-2 關鍵特徵：時段、呼吸作用		問答鷹架		直接鷹架	
rubric 用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋		次數	%	次數	%
level 2					
科學 解釋	2.1：白天和晚上(/包鋁箔紙和沒包)都會使發芽綠豆行呼吸作用	8	11.1	14	20.6
	2.2：他在發芽需要能量(/氧氣)	3	4.2	0	0.0
小計		11	15.3	14	20.6
rubric 能做出結果的描述或解釋，且科學概念正確或部分正確，但未能使用科學原理原則					
科學 解釋	1.1：(有光/無光)都會呼吸	14	19.4	2	2.9
	1.2：白天和晚上都有二氧化碳	5	6.9	3	4.4
	1.3：白天和晚上都有二氧化碳，白天有光較多(/呼吸作用速率快/頻率多/白天探晚上吐出的二氧化碳不同)	6	8.3	17	25.0
	1.4：放在暗箱裡的種子石灰水反應速率越慢	1	1.4	2	2.9
	1.5：兩盒綠豆都有讓石灰水變混濁	1	1.4	2	2.9
小計		27	37.4	26	38.1
rubric 無法做出結果的描述或解釋，或解釋的科學概念不正確					
level 0					
科學 解釋	• 寫無關的文字符號	13	18.1	8	11.8
	0.1：因為我反應快				
	• 與關鍵特徵無關的解釋				
	0.2：發芽綠豆行呼吸作用時會排放二氧化碳(/石灰水變混濁)	9	12.5	10	14.7
	• 科學概念不正確	6	8.3	1	1.5
0.3：綠豆在無光的狀態下不會影響呼吸作用					
• 寫成問題或假設	5	6.9	3	4.4	
0.4：每天時段與發芽綠豆行呼吸作用的關係之實驗？					
小計		33	45.8	22	32.4
(缺)		1	1.4	5	8.8

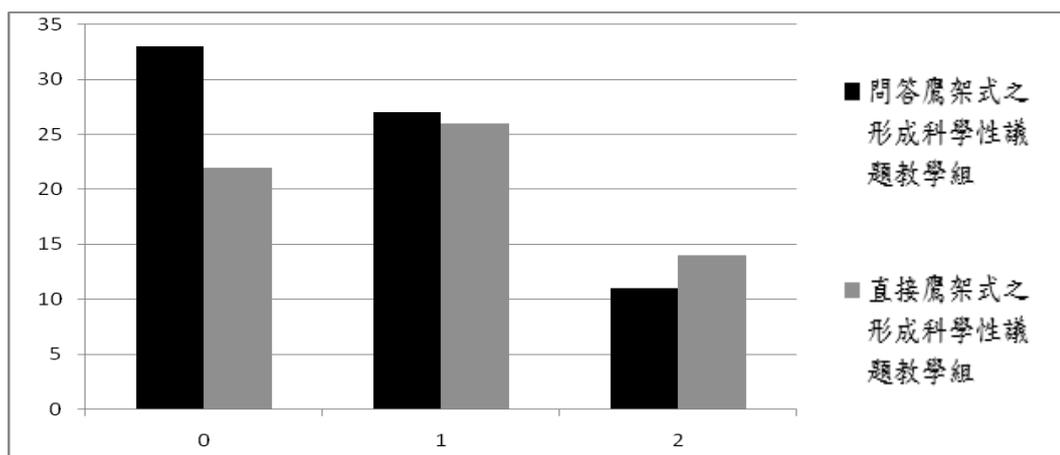


圖 4-3-12 不同教學模式在主題 3-2 科學解釋類別次數分配

由表 4-3-12、圖 4-3-12 可看出在主題 3-2 中，在 Level 0 和 1 問答鷹架式教學組的次數高於直接鷹架式教學組；在 Level 2 直接鷹架式教學組的次數高於問答鷹架式教學組。在 Level 2 問答、直接鷹架式教學組所形成最多次數的類別皆為 2.1「白天和晚上(包鋁箔紙和沒包)都會使發芽綠豆行呼吸作用」，在 Level 1 問答、直接鷹架式之形成科學性議題教學組所形成最多次數的類別分別為 1.1「(有光/無光)都會呼吸」、1.3「白天和晚上都有二氧化碳，白天有光較多(/呼吸作用速率快/頻率多/白天探晚上吐出的二氧化碳不同)」。

(七) 科學解釋質性資料類型分析小結

由上述表格與圖形可以發現，在科學解釋層級裡的分類不像科學議題是在 Level 2 的時候有較多的種類，可能因為 Level 2 是使用科學語彙對結果進行正確科學概念解釋所以種類不多，而是在 Level 1 的部分有較多的種類，因此分析 Level 1 和 2 基本上是直接鷹架式之形成科學性議題教學組的次數高於問答鷹架式之形成科學性議題教學組，另外發現兩教學組學生在學習過程中每主題次數最高的科學議題類型會漸漸相同，Level 0 的次數兩教學組到最後皆有降低的趨勢，Level 2 則皆有升高的趨勢，顯示整體學生在解釋科學現象的能力有所提升。

第五章 結論與建議

本章共分為兩節，第一節主要是針對本研究在「生物概念測驗」、「單元相依形成科學性議題能力測驗」、「單元主題網路學習歷程紀錄」的量化和質化資料結果進行彙整做出結論，第二節就本研究結論對後續相關研究提出建議。

第一節 結論

本節整理第四章研究結果與討論的部分，根據所使用的研究工具依序說明，首先探討不同層次鷹架式之形成科學性議題教學模式對學生在概念建構、形成科學性議題能力之影響，接著探討不同層次鷹架式之形成科學性議題教學模式，對學生在單元主題網路歷程紀錄的影響，將所得到的數據彙整分析成結論，如下所述。

一、不同教學模式對學生在概念建構、形成科學性議題能力之教學成效分析

在生物概念測驗與單元相依形成科學性議題能力測驗的結果分析中，兩測驗無論是後-前 t 檢定或是追-前 t 檢定，直接鷹架式之形成科學性議題教學組的 T 值皆比問答鷹架式之形成科學性議題教學組的 T 值來的大，可知直接鷹架式之形成科學性議題教學組在後測與追蹤測的成績進步幅度大於問答鷹架式之形成科學性議題教學組，且能更有效的維持其學習成效。整體來說，兩組在後-前 t 檢定或是追-前 t 檢定皆達顯著性水準，顯示全體學生在後測與追蹤測的成績表現顯著優於前測成績，因此大部分學生在生物概念上不僅獲得顯著良好的學習效果，且能維持其學習成效，說明本研究將國中生物課程融入形成科學性議題教學模式中的鷹架式課程可以提供學生學習學科知識上的支援 (Puntambekar & Hübscher, 2005)，可以有效協助學生在生物概念上的建構，減輕學習時的負擔 (Wood, Bruner, & Ross, 1976)，且整合 PISA 形成科學性議題能力三項條件設計出運用核心概念、辨識關鍵特徵、引發學生形成科學性議題 (OECD, 2006) 的教學步驟，有助於學生形成科學性議題能力的提升。

生物概念測驗與單元相依形成科學性議題能力測驗在不同教學模式分組上(問答鷹

架式之形成科學性議題教學組、直接鷹架式之形成科學性議題教學組) 未達顯著水準，說明結果不支持假設 1-1 「不同層次鷹架式之形成科學性議題教學模式對學生生物科學概念建構測驗（前、後與追蹤測）達顯著差異」、2-1 「不同層次鷹架式之形成科學性議題教學模式對學生單元相依形成科學性議題能力測驗（前、後與追蹤測）達顯著差異」，但在單元相依形成科學性議題能力測驗的 p 值接近達顯著的水準，可推估直接鷹架式之形成科學性議題教學組在測驗上表現較好的原因，可能是學生在進行學習時，鷹架的給予是直接且連貫式，中途沒有問題穿插干擾，所以在剛開始學生沒有太多知識背景時，可較直接系統性的學習課程，所以在短時間內學習的較好。

不同層次鷹架之形成科學性議題教學法是由探究教學改編而來，而探究與科學推理之間有密切關係，因此分析科學推理前測對單元相依形成科學性議題能力測驗的關係，發現有顯著相關且對單元相依形成科學性議題能力測驗具有預測解釋的能力，說明科學推理能力與在學生形成科學性議題的過程是有關係的支持假設 5-1 「形成科學性議題、概念建構、與科學推理間有相關性」。

二、單元主題網路學習歷程紀錄分析

在科學議題上，重複量數的量化分析中，教學模式並未達顯著差異，但在質性的資料中可顯示問答鷹架式之形成科學性議題教學組在 Level 2 的次數高於直接鷹架式之形成科學性議題教學組。在教學過程中，可發現問答鷹架式之形成科學性議題教學組一直都有緩慢上升的趨勢，且最後問出的議題層次比直接鷹架式之形成科學性議題教學組題高，回答研究假設 2-2 「不同的教學模式在學生網路上所形成的科學議題的表現」，推估可能的原因是因為在教學過程中有問題穿插，問答鷹架式之形成科學性議題教學組的學生在一開始不習慣學完後就被問，因此概念連結沒那麼快，所以學的沒直接鷹架式之形成科學性議題教學組好，但當學生以這種模式學習久了，學生慢慢學會了思考，學著去把概念的前後關連性連結起來，最後問答鷹架式之形成科學性議題教學組的學生在概念上的連繫性會比直接鷹架式之形成科學性議題教學組好，因此學生慢慢地會用推的方式去解決問題，於是問答鷹架式之形成科學性議題教學組在科學議題上的表現會比直

接鷹架式之形成科學性議題教學組的學生好。而在科學議題的種類上，各主題中學生會漸漸一起偏向某一類的議題，且型式會由一開始的類似實驗步驟描述 (<1-1> 2.7：手先放入溫水一段時間，拿出後將手放入冰水更長的時間 (/交替在溫水、冰水、熱水中)，手的感覺會如何?)，轉而注意到操作變因與應變變因之間的關係 (<3-1> 2.1：探討運動程度 (/快慢/長短)不同時，(會影響) 呼吸 (運動/頻率/快慢) 嗎?)。

在變因、假設、總分上，教學模式達顯著差異，都是直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級顯著優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組，回答研究假設 3-1 「不同的教學模式在學生網路上所形成的科學探究的表現 (假設、變因等)」，可推估直接鷹架式之形成科學性議題教學組因學習科學概念時較有系統、無干擾，所以在思考其所形成的議題時，可以有更多的資訊來找出議題中的變因。

在科學解釋上，教學模式中達顯著差異為直接鷹架式之形成科學性議題教學組的層級優於問答鷹架式之形成科學性議題教學組。搭配科學解釋層級上的各類解釋的分析，在科學解釋層級裡的分類不像科學議題是在 Level 2 的時候有較多的種類，而是在 Level 1 的部分有較多的種類，且在 Level 1、Level 2 幾乎都是直接鷹架式之形成科學性議題教學組比起問答鷹架式之形成科學性議題教學組的次數來的高，回答研究假設 4-1 「不同的教學模式在學生網路上所形成的科學解釋的表現」，可再次推估直接鷹架式之形成科學性議題教學組的學生因在科學內容學習時不受到問題的干擾所以學習的較好，而解釋科學現象的能力是需要運用科學知識來描述、預測或解釋科學現象及變化 (OECD, 2006)，因此在解釋科學現象的能力上也會較佳，

第二節 建議

以下針對不同層次鷹架式之形成科學性議題網路課程在本研究中的發現，提出以下的建議，希望能給後續研究者做參考。

一、不同層次鷹架式之形成科學性議題網路課程在教學與教材上的建議：

在國中生物科的教學上，若要學生能形成可以進行探究實驗的議題，需要提供學生

充足的知識以及什麼是探究實驗的基本概念，因此研究者提出一些在研究過程中所發現的問題供作日後參考：

(一) 教材內容的設計：

生物科的知識內容特性比較偏向記憶性的知識，因此在製作教學媒體時，為了有效的促進學生形成科學性議題能力，對於單元主題的核心概念的學習，需對學生的先備知識有所了解，使用接近學生年齡的字詞解釋科學概念，而所製作的動畫要以簡單活潑為主，減少只有平凡單調的文字呈現方式，讓學生可以在情境中辨識出關鍵特徵。

(二) 網路的吸引力：

因為教材是在網路上呈現，所以學生在進行課程時需連上網路，學生的心情會被網路上其它豐富的資訊所影響，容易為了想要瀏覽網路資訊，而快速的做完形成科學性議題課程，那麼教學成效就會打折扣，因此建議在進行形成科學性議題教學時，需要控制學生的網路使用，或者將形成科學性議題課程製作成不需網路的條件下便能在電腦上進行教學，如此學生的學習效果會更加提升。

(三) 電腦的使用：

在電腦的使用上，每位學生的程度不同，因此打字的速度也不同，如果一起上課會使課程無法照進度進行，或是犧牲掉一些學生的權益，因此在網路化的教學前，教師需先訓練學生的電腦能力，使學生基本的打字速度維持同樣的水平，如此教學才不會因為學生電腦能力的差異而有所影響。

(四) 形成科性議題的關鍵項目訓練：

要提升學生形成科學性議題的能力，需要先讓學生明白形成一個可以進行探究的實驗的問題需要哪些條件，也就是什麼是操作變因、什麼是應變變因、什麼是假設的預先教學，然後讓學生了解怎樣的議題可以產生出這些變因和假設，並接著

培養學生考慮實驗的可行性進而修正自己所形成的科學議題。

(五) 學生自主學習：

因為是在網路學習環境，所以可讓學生控制自己的速度與學習的次數，讓學生能配合自己的程度進行科學的學習，但是學生自主學習不代表不需要老師在課堂上，教師在網路學習環境是扮演重要的角色，使學生在學習時有不懂的地方可以立即跟教師討論，加深互動性與學習成效。

(六) 學習時的回饋：

網路化的課程設計，除了教學內容活潑引起學生興趣外，能提供一些課程相關問題讓學生思考，並在學生完成作答時給予及時的鼓勵頁面，可以增加學生的成就感與學習動機。

(七) 問題的設計：

問答形成科學性議題的問題形式可以做些修改，例如：加入非選擇題的問題讓學生思考，或是在學生回答完選擇題時，若概念錯誤可讓學生重頭再看一次課程資訊、再做一次題目，直到學生真正理解答對為止，另外，問題的安排可在學生學習完一個特定類別的概念後再進行，如此才不會干擾學生學習某一特定概念的連貫性。



二、對未來研究的建議

根據本研究過程所發現的問題，提出幾點建議，希望能給與日後相關的研究人員進行研究時的參考：

(一) 科學推理的融入設計：

本研究發現在科學推理前測與主題相關形成科學性議題能力測驗上有相關性，表示科學推理能力與形成科學性議題能力有密切關係，因此建議未來研究者可著重

在科學推理融入形成科學性議題的教學方式，期望提升科學推理能力有助於學生形成科學性議題能力。

(二) 探究實驗的環境：

本研究的探究實驗是改編學校課程內容的實驗，所以器材以及學生可以形成的議題有所侷限，因此建議未來的研究者可以設計出提供學生豐富資源的探究環境，期望多元的探究過程對於學生形成科學性議題的能力上有所幫助。

(三) 學生互助合作：

本以研究的鷹架部分是以科學概念為主，學生之間的互動不多，因此建議未來的研究者在設計鷹架的過程可以朝學生團體合作的方向，期望在團體合作的過程中，對學生形成科學議題的層級以及形成的議題種類皆有所提升。

(四) 擴展至其他自然科目：

本研究的形成科學性議題教學模式所使用的課程內容是生物領域的知識，在其它課程還未有研究出現，因此建議未來研究者運用此教學模式在不同領域的自然科目上，期望在不同領域的自然科目上也能同樣提升學生的形成科學性議題的能力。

(五) 將教學時間延長：

在本研究中直接鷹架式之形成科學性議題教學組的表現無論在測驗卷、或是質性資料上的表現都比問答鷹架式之形成科學性議題教學組好，但其中科學議題質性資料顯示問答鷹架式之形成科學性議題教學組所形成的議題層級漸漸比直接鷹架式之形成科學性議題教學組好，所以雖然短時間內直接鷹架式之形成科學性議題教學組的表現較好，但如果將教學時間延長，問答鷹架式之形成科學性議題教學組的表現是可以期待的，因此建議未來的研究方向可朝此方面進行。



參考文獻

一、中文部分

- 石曉芳 (2005)。科學推理結合雙重情境學習模式課程對國中生遺傳概念重建與推理能力提昇之影響。國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班碩士論文。國立交通大學博碩士論文全文檢索系統，GT009273519。
- 林奇賢 (1998)。網路學習環境的設計與應用。《資訊與教育雜誌》，67，34-49。
- 林煥祥 (2009)。科學素養的評量。《科學發展》，438，66-69。
- 林煥祥、劉聖忠、林素微、李暉 (2008)。臺灣參加 PISA 2006 成果報告。行政院國家科學委員會專題研究成果報告 (NSC 95-2522-S-026-002) (未出版)。
- 易國榮 (2003) 網路化雙重情境學習模式對國小學生的真菌概念改變之研究。國立交通大學理學院網路學習碩士在職專班碩士論文。國立交通大學博碩士論文全文檢索系統，GT009173508。
- 邱貴發 (1998)。網路世界中的學習。《教育研究資訊》，6(1)，20-27。
- 洪振方、陳宜珮 (2000)。促進學生形成問題與探討問題之行動研究。《科學與教育學報》，4，253-276。
- 翁榮源、羅宇詩 (2002)。鷹架理論在水的化學上的應用研究。2006 年 6 月 4 日，取自：<http://own.chemistry.pu.edu.tw/%A4%F4%A7%EB%B7d.doc>。
- 張國恩 (1999)。資訊融入各科教學之內涵與實施。《訊與教育》，72，2-9。
- 張壽全 (1999)。《初等教育學理基礎》。台北：元照出版公司。
- 教育部 (2007)。《國民教育九年一貫課程綱要》。台北：教育部。
- 黃欣玲、郭艷光 (2008)。5E 探究式教學對國中生電學學習情境及學習成就之研究。國立彰化師範大學物理學系碩士論文 (未出版)。
- 黃詠仁、王美芬 (2002)。國小自然科合作學習教學策略之行動研究。《科學教育研究與發展季刊》，28，1-20。
- 廖媯姁 (2005)。運用『科學推理』於網路互動學習--促進國中生原子概念之建構與推

理。國立交通大學教育研究所碩士論文。國立交通大學博碩士論文全文檢索系統，GT009248534。

潘世尊（2002）。教學上的鷹架要怎麼搭。《國立屏東師範學院學報》，16，263-294。

鄭嘉裕（2005）。科學探究教學模組設計、教學與精緻化之行動研究--以國小中年級「植物的認識與種植」為例。國立屏東師範學院數理教育研究所碩士論文（未出版）。

謝甫佩、洪振方（2004）。國小學生科學探究活動的課程設計及實施成果之個案研究。

《師大學報：科學教育類》，49(2)，61-86。

龔輝基（2005）。應用鷹架理論於國小自然與生活科技課程學習成效之研究。國立高雄師範大學工業科技教育研究所碩士論文（未出版）。

二、英文部分

American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.

Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H. A. (1997). Situative versus cognitive perspectives: Form versus substance. *Educational Researcher*, 26(1), 18-21.

Azevedo, R., & Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition: Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33, 367-379.

Berge, Z. L., Collins, M., & Dougherty, K. (2000). Design guidelines for web-based courses. In B. Abbey (Ed.), *Instructional and cognitive impacts of web-based education* (pp. 32-40). Hershey, PA: Idea Group Publishing.

Betten, A. (1989). What is constructivism and why they all talking about it? *ERIC Document Reproduction Service NO. ED 325 402*.

Bruner, J. S. (1985). Vygotsky: A historical and conceptual perspective. In J. V. Wertsch (Ed.), *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives* (pp. 21-34). Cambridge: Cambridge University Press.

- Bybee, R., Fensham, P. J., & Laurie, R. (2009). Scientific literacy and contexts in PISA 2006 science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 862-864.
- Bybee, R., McCrae, B., & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 865-883.
- Carvin, A. (1996). *EdWeb: Exploring technology and school reform* (<http://edweb.dnidr.org:92/web.effects.html>).
- Chalmers, A. F. (1982). *What is this thing called science?* St. Lucia, Queensland: University of Queensland press.
- Chou, C., & Tsai, C. C. (2002). Developing web-based curricula: Issues and challenges. *Journal of Curriculum Studies*, 34,(6), 623-636.
- Colburn, A., & Bianchini, J. A. (2000). Teaching the nature of science through inquiry to prospective elementary teacher: A tale of researchers. *Journal of Research in Science teaching*, 37(2), 177-209.
- Day, J. D., & Cordon, L. A. (1993). Static and dynamic measures of ability: An experimental comparison. *Journal of Educational Psychology*, 85, 75-82.
- Doyle, W. (1986). Classroom organization and management. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*. New York: Macmillan.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Dyson, A. H. (1990). Weaving possibilities: Rethinking metaphors for early literacy development. *The Reading Teacher*, 44, 202-213.
- Eslinger, E., White, B., Frederiksen, J., & Brobst, J. (2008). Supporting inquiry processes with an interactive learning environment: Inquiry Island. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 610-617.
- Fensham, P. J., (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896.

- Gee, J. P., Michaels, S., & O'Conner, M. C. (1992). Discourse analysis. In M. D. Lecompte, W. L. Millroy, & J. Preissle (Ed.), *The handbook of qualitative research in education* (pp. 227-291). New York: Academic Paress.
- Gijlers, H., Saab, N., Van Joolingen, W. R., De Jong, T., & Van Hout-Wolters, B. H. A. M. (2009). Interaction between tool and talk: How instruction and tools support consensus building in collaborative inquiry-learning environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25, 252–267.
- Greenfield, P. M. (1984). A theory of the teacher in the learning activities of everyday life .In B. Rogoff and Lave (Eds.), *Everyday congition: Its development In social contex*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Hand, B. (1996). Diagnosis of teachers' knowledge bases and teaching roles when implementing constructivist teaching/learning approaches. In D. F. Treagust, R. Duit, & B. J. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 212–220). New York, NY: Teachers College Press, Columbia University.
- Hedarty-Hazel, E. (1986). *Lab work SET: Research information for teachers, No. 1*. Canberra: The Australian Council for Educational Research.
- Herron, M. D. (1971). The nature of science enquiry. *School Review*, 79(2), 171-212.
- Hogan, K., & Fisherkeller, J. (2000). Dialogue as data: Assessing students' scientific reasoning with interactive protocols. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding: A human constructivist view*. San Diego, : Academic.
- Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (2000). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and instruction*, 17, 379-432.
- Jonasson, D. H. (1996). Learning from, learning about, and learning with computing: A rationale for mindtools. *In computers in the classroom: Mindtools for critical thinking*

(pp.1-22). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Kao, M. T., Lehman, J.D. & Cennamo, K. S. (1996). *Scaffolding in hypermedia assisted instruction: An example of integration*. Paper presented at the 1996 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology, Indianapolis, IN.

Keys, C. W. (1995). An interpretive study of student' use of scientific reasoning during a collaborative report writing intervention in ninth grade general science. *Science Education*, 79(4), 415-435.

Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-base science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 631-645.

KIE (2004). Knowledge Integration Environment. Retrieved June 8, 2004, from <http://kie.berkeley.edu/KIE/curriculum/curriculum.html>

Lavonen, J., & Laaksonen, S. (2009). Context of teaching and learning school science in finland: Reflections on PISA 2006 results. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 922-944.

Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(1), 11-24.

Lawson, A. E. (1987). *Classroom test of scientific reasoning*. Unpublished manuscript, Arizona State University, Tempe, Arizona.

Lawson, A. E. (1992). What do tests of "formal" reasoning actually measure? *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 965-983.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

Lawson, A. E. (2002). The learning cycle. In Fuller, R. G. (Ed.), *A love of discovery: Science education-The second career of Robert Karplus*. New York: Kluwer Academic Publishers.

- Lawson, A. E. (2003). *The neurological basis of learning, development and discovery*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Liao, Y. W., & She, H. C. (2009). Enhancing eight grade students' scientific conceptual change and scientific reasoning through a web-based learning program. *Educational Technology & Society*, 12(4), 228-240.
- Marcia, C. L., Douglas, C., & James, D. S. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education*, 87, 517-538.
- Michalski, R. S. (1989). Concept meaning, matching and cohesiveness. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 122-145). Cambridge: Cambridge University Press.
- National Research Council. (1996). *The National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry in the National Science Education Standards. Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning* (pp. 13-37). Washington, DC: National Academy Press.
- Nentwig, P., Roennebeck, S., Schoeps, K., Rumann, S., & Carstensen, C. (2009). Performance and levels of contextualization in a selection of OECD countries in PISA 2006. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 897-908.
- OECD. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- Puntambekar, S., & Hübscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist*, 40, 1-12.
- Ratcliffe, M., & Millar, R. (2009). Teaching for understanding of science in context: Evidence from the pilot trials of the twenty first century science courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 945-959.

- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. New York: Cambridge University Press.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921.
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brand (Ed.), *The teaching of science*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- She, H. C. (2004). Facilitating students' learning of difficult science concepts through integrating a metacognitive approach into a web-based multimedia science learning program. Accepted by the International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE), Kawai, Hawaii.
- She, H. C., & Fisher, D. L. (2003). Web-base e-learning environments in Taiwan: The impact of the online science flash program on students' learning. In M. S. Khine, & D. L. Fisher (Eds.), *Technology-rich learning environment: A future perspective* (pp. 343-368). Singapore: World Scientific.
- She, H. C., & Lee, C. Q. (2008). SCCR digital learning system for scientific conceptual change and scientific reasoning. *Computers & Education*, 51, 724-742.
- She, H. C., & Liao, Y. W. (2010). Bridging scientific reasoning and conceptual change through adaptive web-based learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), 99-119.
- Slavin, R. E. (1990). Synthesis of research on cooperative learning. *Educational leadership*, 48(2), 71-82.
- 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.
- Taylor, R. D., (ED.). (1980). *The computer in the school: Tutor, tool, tutee*. New York: Columbia teachers' College.

- Trowbridge, L. W., & Bybee, R. W. (1986). *Becoming a secondary school science teacher* (5th ed.). Columbus, OH: Merrill.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2003). Tracing young children's scientific reasoning. *Research in Science Education*, 33, 433-465.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: a developmental perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony 121 (Eds.), *Similarity and Analogical Reasoning* (pp. 413-437). New York: Cambridge University Press.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher mental processes*. (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.) Cambridge, MA: Harvard University Press.
- WISE (2004). The Web-based Inquiry Science Environment. Retrieved June 10, 2004, from <http://wise.berkeley.edu/welcome.php>
- Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem-solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89-100.
- Yeh, K. H. & She, H. C. (2010). On-line synchronous scientific argumentation learning: Nurturing students' argumentation ability and conceptual change in science context. *Computers and Education*, 55(2), 586-602.
- Yu, W. F., She, H. C., & Lee, Y. M. (2010). The effects of a web-based/non web-based problem solving instruction and high/low achievement on students' problem solving ability and biology achievement. *Innovations in Education and Teaching International (IETI)*. (SSCI).

生物概念測驗卷



這個能力測驗，主要是測驗你在單元中所學的概念。在每一題中，選一個最佳的答案，並在答案紙作答。

『請同學注意別在題目本上作答或書寫記號喔!!』

在測驗開始之前，請勿翻開此測驗本！

單元一 神經系統概念

() 1-1 關於「神經系統」的敘述下列何者正確？

- (A) 意識反應時，接收與傳遞訊息的神經元都是同一條
- (B) 腦、脊髓屬於「周圍神經」
- (C) 唾腺是動器的一種
- (D) 腦神經、脊神經屬於「中樞神經」

() 1-2 你的理由是：

- (A) 意識反應傳遞訊息的神經元都是「運動神經元」
- (B) 「周圍神經」負責整合併做出命令，腦、脊髓皆包含在內
- (C) 動器包含了肌肉或腺體，所以唾腺是動器
- (D) 「中樞神經」負責傳遞身體各部位訊息，腦神經、脊神經皆包含在內

() 2-1 「看到蚊子，用手拍打」此反應的神經傳導路徑為何？

- (甲) 脊髓 (乙) 運動神經元 (丙) 眼睛 (丁) 大腦 (戊) 手部肌肉
- (己) 感覺神經元
- (A) 丙己丁甲乙戊
- (B) 丙己甲乙戊
- (C) 丙乙甲丁甲己戊
- (D) 丙己甲丁甲乙戊

() 2-2 你的理由是：

- (A) 眼睛接受刺激後→感覺神經元→大腦→脊髓→運動神經元→手部肌肉反應
- (B) 眼睛接受刺激後→感覺神經元→脊髓→運動神經元→手部肌肉反應
- (C) 眼睛接受刺激後→運動神經元→脊髓→大腦→脊髓→感覺神經元→手部肌肉反應
- (D) 眼睛接受刺激後→感覺神經元→脊髓→大腦→脊髓→運動神經元→手部肌肉反應

- () 3-1 室溫 25°C 的情況下，手在什麼會產生感覺疲勞？
- (A) 一直在 10°C 和 40°C 的水中交換放
 - (B) 一直放在 10°C 的冷水中
 - (C) 一下放在 10°C 的冷水，一下拿起，反覆做同樣的動作
 - (D) 以上皆可
- () 3-2 你的理由是：
- (A) 受器連續接受不同強度的刺激，就會產生感覺疲勞
 - (B) 受器連續接受相同強度的刺激，就會產生感覺疲勞
 - (C) 受器一下接受刺激，一下沒有接受刺激，就會產生感覺疲勞
 - (D) 只要放在與室溫差異大的水溫中，就會產生感覺疲勞
- () 4-1 有關「感覺疲勞」的敘述何者錯誤？
- (A) 長時間一直處在相同強度的刺激下，就會產生感覺疲勞
 - (B) 手一直放在 10°C 的冷水中，會覺得越來越冷
 - (C) 在有臭味的房間待久了，會覺得臭味不像一開始那麼臭
 - (D) 腳一直踩到鞋子裡的尖銳物，過一段時間會覺得尖銳物沒那麼刺人
- () 4-2 你的理由是：
- (A) 長時間一直反覆在不同強度的刺激間轉換，才會產生感覺疲勞
 - (B) 手一直放在 10°C 的冷水中，應該會感覺沒有一開始那麼冷
 - (C) 在臭味的地方待久了，敏感的人還是會覺得跟剛開始一樣臭
 - (D) 腳踩尖物久了，敏感的人還是會覺得很刺
- () 5-1 關於「反射作用」與「意識反應」的反應時間有差別嗎？
- (A) 反射作用的反應時間比意識反應長
 - (B) 反射作用的反應時間跟意識反應差不多
 - (C) 反射作用的反應時間比意識反應短
 - (D) 不一定
- () 5-2 你的理由是：

- (A)反射作用會由脊髓跟大腦一起做出反應命令，所以反應時間比意識反應長。
- (B)反射作用不經過大腦，但脊髓做出命令的時間比較長，所以反應時間跟意識反應差不多。
- (C)反射作用不經過大腦，所以反應時間比意識反應短。
- (D)看人不同而不同，經由練習意識反應的反應時間可以比反射快。

() 6-1 關於「反射」的神經傳導途徑，下列敘述何者正確？

- (A)「打噴嚏」的神經傳導路徑為：受器→感覺神經元→脊髓→運動神經元→動器；「腳踩尖物，瞬間縮回」的神經傳導路徑為：受器→感覺神經元→腦幹→運動神經元→動器。
- (B)「打噴嚏」和「腳踩尖物，瞬間縮回」的神經傳導路徑皆為：受器→感覺神經元→腦幹→運動神經元→動器。
- (C)「打噴嚏」和「腳踩尖物，瞬間縮回」的神經傳導路徑皆為：受器→感覺神經元→脊髓→運動神經元→動器。
- (D)「打噴嚏」的神經傳導路徑為：受器→感覺神經元→腦幹→運動神經元→動器；「腳踩尖物，瞬間縮回」的神經傳導路徑為：受器→感覺神經元→脊髓→運動神經元→動器。

() 6-2 你的理由是：

- (A)頸部以上的反射為脊髓所控制，頸部以下為腦幹所控制
- (B)所有的反射皆為腦幹控制
- (C)所有的反射皆為脊髓控制
- (D)頸部以上的反射為腦幹所控制，頸部以下為脊髓所控制

() 7-1 如何測量接尺反應的反應時間？

- (A)測量眼睛看到尺落下，想到要去接尺所經過的時間。
- (B)測量眼睛看到尺落下的一剎那所經過的時間
- (C)測量決定要去接尺，到接住尺所經過的時間

(D)測量眼睛看到尺落下一直到用手去接住尺所經過的時間

() 7-2 你的理由是：

(A)眼睛接受到刺激→感覺神經元→大腦，意識到東西掉下，並做出接尺命令所需的時間。

(B)眼睛接受到刺激→感覺神經元→大腦，意識到東西掉下，所需的時間

(C)大腦做出命令→脊髓→運動神經元→手做出接尺反應所需的時間

(D)眼睛接受到刺激→感覺神經元→大腦→脊髓→運動神經元→手做出接尺反應所需的時間

() 8-1 甲：「手摸燙鍋子，立刻收回」和乙：「手濕濕的，立刻拿毛巾擦」的神經傳導途徑有何差別？

(A)甲反應不會經過大腦，乙反應則會

(B)甲反應會經過大腦，乙反應則不會

(C)甲反應會經過脊髓，乙反應則不會

(D)甲反應不會經過脊髓，乙反應則會

() 8-2 你的理由是：

(A)甲：受器→感覺神經元→脊髓→運動神經元→動器

乙：受器→感覺神經元→脊髓→大腦→脊髓→運動神經元→動器

(B)甲：受器→感覺神經元→脊髓→大腦→脊髓→運動神經元→動器

乙：受器→感覺神經元→脊髓→運動神經元→動器

(C)甲：受器→感覺神經元→脊髓→運動神經元→動器

乙：受器→感覺神經元→大腦→運動神經元→動器

(D)甲：受器→感覺神經元→大腦→運動神經元→動器

乙：受器→感覺神經元→脊髓→運動神經元→動器

單元二 植物的感應概念

() 1-1 植物接受環境刺激時，體內會產生下列何種改變造成植物反應？

- (A) 激素
- (B) 水分
- (C) 激素、水分
- (D) 以上皆非

() 1-2 你的理由是：

- (A) 植物因體內激素的作用，會產生向觸性等現象。
- (B) 植物因體內細胞水分含量改變，會產生捕蟲運動等現象。
- (C) 植物因體內激素作用或細胞水分含量的改變，會產生捕蟲、向觸性等反應現象。
- (D) 植物不具有神經系統，所以不會對環境刺激產生反應。

() 2-1 下列哪一個因素是造成莖和根對地球引力產生「向性」反應的主要原因？

- (A) 氣體
- (B) 激素
- (C) 養分
- (D) 水分

() 2-2 你的理由是：

- (A) 氣體濃度越大，對莖會產生刺激作用，使其向上生長較快；反之，對根會產生抑制作用，使其向上生長較慢，向下生長較快。
- (B) 激素濃度越大，對莖會產生刺激作用，使其向上生長較快；反之，對根會產生抑制作用，使其向上生長較慢，向下生長較快。
- (C) 養分濃度越大，對莖會產生刺激作用，使其向上生長較快；反之，對根會產生抑制作用，使其向上生長較慢，向下生長較快。
- (D) 水分濃度越大，對莖會產生刺激作用，使其向上生長較快；反之，對根會產生抑制作用，使其向上生長較慢，向下生長較快。

() 3-1 下列何者不屬於「膨壓」的反應？

- (A)捕蟲反應
- (B)向觸反應
- (C)睡眠反應
- (D)觸發反應

() 3-2 你的理由是：

- (A)捕蟲反應是因體內細胞養分流失所造成的向性反應
- (B)向觸反應是因體內激素分佈不均所造成的向性反應
- (C)睡眠反應是因體內氣體分佈不均所造成的向性反應
- (D)觸發反應是因體內細胞水分流失所造成的向性反應

() 4-1 下列何者為向日葵的向性反應？

- (A)莖背離潮溼的方向生長
- (B)莖朝向潮溼的方向生長
- (C)莖背離陽光的方向生長
- (D)莖朝向陽光的方向生長



() 4-2 你的理由是：

- (A)莖的兩側水分含量不同的影響，向濕面的莖內水分多所以生長快。
- (B)莖的兩側水分含量不同的影響，背濕面的莖內水分多所以生長快。
- (C)莖的兩側生長激素濃度不同，向光面的莖內生長素多所以生長快。
- (D)莖的兩側生長激素濃度不同，背光面的莖內生長素多所以生長快。

() 5-1 「膨壓」改變是因為植物細胞內的什麼改變所造成的反應？

- (A)水分
- (B)養分
- (C)氣體
- (D)激素

() 5-2 你的理由是：

- (A)植物受到外界刺激時，水分從細胞中滲透出來，產生膨壓改變使細胞縮小，造成植物葉子開闔的反應。
- (B)植物受到外界刺激時，養分從細胞中滲透出來，產生膨壓改變使細胞縮小，造成植物葉子開闔的反應。
- (C)植物受到外界刺激時，氣體從細胞中滲透出來，產生膨壓改變使細胞縮小，造成植物葉子開闔的反應。
- (D)植物受到外界刺激時，激素從細胞中滲透出來，產生膨壓改變使細胞縮小，造成植物葉子開闔的反應。

() 6-1 下列何者為含羞草「觸發運動」的反應現象？

- (A)葉柄上升、葉子展開
- (B)葉柄下垂、葉子展開
- (C)葉柄下垂、葉子閉合
- (D)葉柄上升、葉子閉合

() 6-2 你的理由是：

- (A)受刺激時，葉柄與葉子基部細胞中的水分皆會滲入細胞，造成葉柄上升、葉子展開角度變大。
- (B)受刺激時，葉柄基部細胞中的水分会滲透出細胞，造成葉柄下垂；而葉子基部細胞中的水分会滲入細胞，造成葉子展開角度變大。
- (C)受刺激時，葉柄與葉子基部細胞中的水分皆會滲出細胞，造成葉柄下垂、葉子閉合。
- (D)受刺激時，葉柄基部細胞中的水分会滲透入細胞，造成葉柄上升；而葉子基部細胞中的水分会滲出細胞，造成葉子閉合。

() 7-1 下列何種環境刺激會使酢漿草產生「睡眠運動」？

- (A)手觸碰力道小時
- (B)手觸碰力道大時
- (C)白天照光時

(D)晚上沒照光時

() 7-2 你的理由是：

(A)觸碰力道小時，細胞內水分往外跑，所以水壓低，葉片閉合下垂。

(B)觸碰力道大時，細胞內水分往外跑，所以水壓低，葉片閉合下垂。

(C)光度高時，細胞內水分往外跑，所以水壓低，葉片閉合下垂。

(D)光度低時，細胞內水分往外跑，所以水壓低，葉片閉合下垂。

() 8-1 下列何者會影響含羞草「觸發運動」葉子閉合快慢？

(A)連續刺激次數多寡

(B)空氣中氧氣含量多寡

(C)空氣中水氣含量多寡

(D)以上皆非

() 8-2 你的理由是：

(A)連續刺激次數越多，含羞草葉子閉合反應會變慢

(B)空氣中氧氣含量越多，含羞草葉子閉合反應會變慢

(C)空氣中水氣含量越多，含羞草葉子閉合反應會變慢

(D)含羞草的觸發反應是恆定反應，無論刺激如何刺激，皆不會影響其葉子閉合快慢



單元三 呼吸運動、呼吸作用概念

() 1-1 動物呼吸運動時，氣體交換的地方通常需要哪些條件？

- (A) 乾燥且無血管
- (B) 潮濕且無血管
- (C) 潮濕且有血管
- (D) 乾燥且有血管

() 1-2 你的理由是：

- (A) 無血管的乾燥表面容易保留吸入的氧氣，且不會經由擴散作用散失
- (B) 無血管的潮濕表面利於空氣中的氧溶入，但不會經由擴散作用散失
- (C) 有血管的潮濕表面利於空氣中的氧溶入，並經擴散作用進入血管中
- (D) 有血管的乾燥表面容易保留吸入的氧氣，並經擴散作用進入血管中

() 2-1 下列何者是呼吸運動的過程？

- (A) 肋骨上舉，橫膈膜上升時，產生吸氣；肋骨下降，橫膈膜下降時，產生呼氣動作
- (B) 肋骨下降，橫膈膜下降時，產生吸氣；肋骨上舉，橫膈膜上升時，產生呼氣動作
- (C) 肋骨上舉，橫膈膜下降時，產生吸氣；肋骨下降，橫膈膜上升時，產生呼氣動作
- (D) 肋骨下降，橫膈膜上升時，產生吸氣；肋骨上舉，橫膈膜下降時，產生呼氣動作

() 2-2 你的理由是：

- (A) 肋骨上舉，橫膈膜上升時，造成胸腔擴大，肺跟著擴大、肺內壓力減小，使氣體進入產生吸氣動作；而呼氣的動作則相反。
- (B) 肋骨下降，橫膈膜下降時，造成胸腔縮小，肺跟著縮小、肺內壓力減小，使氣體進入產生吸氣動作；而呼氣的動作則相反。
- (C) 肋骨上舉，橫膈膜下降時，造成胸腔擴大，肺跟著擴大、肺內壓力減小，

使氣體進入產生吸氣動作；而呼氣的動作則相反。

(D)肋骨下降，橫膈膜上升時，造成胸腔縮小，肺跟著縮小、肺內壓力減小，

使氣體進入產生吸氣動作；而呼氣的動作則相反。

() 3-1 對澄清的石灰水吹氣時，可測出呼出的氣體含有什麼？

(A)水氣

(B)氮氣

(C)氧氣

(D)二氧化碳

() 3-2 你的理由是：

(A)因為水氣可以讓澄清石灰水變白色混濁

(B)因為氮氣可以讓澄清石灰水變白色混濁

(C)因為氧氣可以讓澄清石灰水變白色混濁

(D)因為二氧化碳可以讓澄清石灰水變白色混濁

() 4-1 跑完步後呼吸運動會改變，控制這種情況的呼吸中樞是在何處？

(A)大腦

(B)延腦

(C)小腦

(D)脊髓

() 4-2 你的理由是：

(A)偵測到氧氣濃度增加，所以減少呼吸運動頻率

(B)偵測到二氧化碳濃度增加，所以增加呼吸運動頻率

(C)偵測到氧氣濃度減少，所以增加呼吸運動頻率

(D)偵測到二氧化碳濃度減少，所以減少呼吸運動頻率

() 5-1 生物體行呼吸作用，最終目的是為了要獲得什麼？

(A)氣體

(B)水分

(C)養分

(D)能量

() 5-2 你的理由是：

(A)維持體內氣體的恆定

(B)維持體內水分的恆定

(C)提供足夠的養分給細胞所需

(D)提供足夠的能量給細胞所需

() 6-1 下列關於人類的「呼吸作用」和「呼吸運動」的敘述何者正確？

(A)呼吸作用會利用氧氣分解養分；呼吸運動吸入氧氣，吐出二氧化碳

(B)呼吸作用和呼吸運動皆吸入氧氣，吐出二氧化碳

(C)呼吸作用吸入氧氣，吐出二氧化碳；呼吸運動會利用氧氣分解養分

(D)呼吸作用和呼吸運動皆會利用氧氣分解養分

() 6-2 你的理由是：

(A)呼吸作用為了獲得能量；呼吸運動為了獲得氧氣

(B)呼吸作用和呼吸運動皆為了獲得氧氣

(C)呼吸作用為了獲得氧氣；呼吸運動為了獲得能量

(D)呼吸作用和呼吸運動皆為了獲得能量

() 7-1 關於植物種子發芽階段所產生的氣體，會使澄清石灰水變的如何？

(A)變成白色混濁

(B)光照時變白色混濁；無光照時不變色

(C)光照時不變色；無光照時變白色混濁

(D)不變色

() 7-2 你的理由是：

(A)植物行呼吸作用產生二氧化碳

(B)植物有光照時行呼吸作用產生二氧化碳

(C)植物無光照時行呼吸作用產生二氧化碳

(D)植物行呼吸作用產生氧氣

() 8-1 植物會在何時行呼作用？

(A)植物只在白天行呼吸作用

(B)植物整天皆會行呼吸作用

(C)植物只在晚上行呼吸作用

(D)不一定

() 8-2 你的理由是：

(A)行呼吸作用需要陽光，所以必須在白天進行

(B)植物行呼吸作用是為了供應生存所需的能量，因此全天均需進行呼吸作用

(C)白天要行光合作用，所以只能晚上行呼吸作用

(D)看植物體內養分含量多寡而選擇白天或晚上行呼吸作用



單元相依形成科學性議題能力測驗



學生的指引

這個能力測驗，主要是測驗你在情境中辨識概念、問題或形成科學性問題的能力，是否能了解實驗變因，並做出假設或解決問題。在每一題中，選一個最佳的答案，並在答案紙作答。

『請同學注意別在題目本上作答或書寫記號喔!!』

在測驗開始之前，請勿翻開此測驗本！

單元一 神經系統概念

小奇常常在家沒事就發呆，有一天小奇盯著牆上的紅色時鐘發呆了很久後，視線往旁邊白色牆壁看了一下，發現原本什麼都沒有的牆壁上看見了跟時鐘一模一樣的圓形圖樣，只是顏色跟時鐘的不一樣，小奇覺得很好奇，於是在短時間內看了一下時鐘，馬上將視線移到牆壁，結果沒有影像產生，於是又再試一次，這次看比較久後再看牆壁，結果又出現影像了，顏色還是跟原物不同，於是查了一些資訊如下：

當人凝視某一不動的物體而不眨眼，一段時間後，眼內的視紫素會增多，當刺激移開時，仍有視紫素刺激視網膜，經神經傳到腦部，使腦仍有看到該物體的感覺，但因對原來顏色已感疲勞，故顏色出現其補色(例如：紅→綠、藍→黃、黑→白)。註：視紫素(質)接受光線刺激時，就好比照相底片上的感光物質，負責執行在微弱燈光下的視覺反應。

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1106082004358> <http://tw.myblog.yahoo.com/jw!NvCa5QieBR43zzZX1cic3Q--/article?mid=4787>

Q1：() 根據所看的文章，請問有哪些因素會影響眼睛看見物體互補色的影像呢？

1、注視時間 2、有沒有眨眼 3、物體會不會動 4、物體顏色

(A)1、2、3 (B)1、2、4 (C)1、3、4 (D)2、3、4

Q2：() 看見物體互補色的影像是視覺疲勞的現象，請問其產生的原因為何？

(A)動器連續接受不同強度的刺激

(B)受器連續接受相同強度的刺激

(C)受器連續接受不同強度的刺激

(D)動器連續接受相同強度的刺激

Q3：() 依照文章的訊息，你認為下列哪個科學問題是合理的？

(A)探討有哪些因素會影響看見物體互補色影像的情況？

(B)探討注視同一圖片的時間，會如何影響物體互補色影像的產生？

(C)探討不同人對物體產生互補色影像所需的注視時間相同嗎？

(D)探討為什麼不眨眼時，物體會產生互補色影像的原因？

Q4：() 承 Q3，這問題的操作變因是什麼？

(A)不同人

- (B)不眨眼
- (C)注視同一圖片的時間
- (D)其它因素

Q5：() 承 Q3，這問題的應變變因是什麼？

- (A)物體產生互補色影像所需的注視時間
- (B)產生物體互補色影像的原因
- (C)物體互補色影像產生與否
- (D)看見物體互補色影像的情況

Q6：() 承 Q3，這問題的假設為何？

- (A)假設不眨眼時，則眼內視紫素增多，物體移開時會產生互補色影像
- (B)假設有其它因素影響物體互補色的影像，則物體互補色的影像顏色會不同
- (C)假設人不同，則物體產生互補色影像所需的注視時間不同
- (D)假設注視同一圖片的時間越長，則越容易產生物體互補色的影像

【亮亮同樣看了這些文章，引發他做了一個實驗：實驗分兩組，每組前面有個按鈕，當看見螢幕影像有物體落下時，就要去按按鈕，A組用手按按鈕，B組用腳按按鈕，A、B兩組皆測試三次後算出平均，觀察並將時間間隔紀錄下來：】

Q7：() 請問這實驗中，亮亮所形成的科學問題為何？

- (A)探討螢幕物體大小，會影響產生反應疲勞的時間嗎？
- (B)探討有哪些因素會影響反應產生？
- (C)探討手去按鈕或腳去按鈕的反應，會如何影響反應時間？
- (D)探討測試次數，會如何影響反應疲勞產生？

Q8：() 承 Q7，這問題的操作變因是什麼？

- (A)測試次數
- (B)螢幕物體大小
- (C)其它因素
- (D)手或腳去按鈕

Q9：() 承 Q7，這問題的應變變因是什麼？

- (A)反應疲勞產生與否
- (B)反應時間長短
- (C)反應產生與否
- (D)產生反應疲勞的時間

Q10：() 承 Q7，這問題的假設為何？

- (A)假設螢幕物體越小，則產生反應疲勞的時間越短
- (B)假設手去按鈕比腳去按鈕的神經傳遞路徑短，則反應時間較快
- (C)假設有其它因素，則會影響反應產生與否
- (D)假設測試次數越多，則反應疲勞越容易產生



單元二 植物的感應概念

阿海喜歡種植物，每次只要看到自己種的植物長得好，心裡就會覺得很開心，有一天他突然想到，植物究竟會不會有感覺呢？於是阿海查了一些報導，想了解植物究竟會不會像人類一樣有情緒或思想的感應呢？以下是他查到的訊息：

法國一位園藝學家將耳機套在一個番茄上，讓它每天“欣賞”三小時的音樂，結果這個番茄竟長到2.5 千克，創造了世界紀錄。法國國家研究中心的科學家用超聲波培植蔬菜，蔬菜生長速度增加一倍以上。

印度有一位辛博士將五個房間內擺放相同的植物，環境條件也相同，但每個房間播放不同類型的音樂，分別是：搖滾樂、鄉村樂、古典樂、流行樂，最後一個房間沒有任何音樂。觀察植物的生長，結果顯示播放古典樂的房間的植物生長情況最好，最差的則是播放搖滾樂的房間裡的植物。<http://dafing.taobao.com/q/30049.htm>，<http://kids.yam.com/why/article/article831.html>

Q1：() 根據所看的新聞，請問有哪些因素會影響「植物」的感應呢？

1、溫度 2、音樂種類 3、音樂播放的時間長度 4、聲波種類

(A)1、2、3 (B)1、2、4 (C)1、3、4 (D)2、3、4

Q2：() 依照文章的訊息，你認為下列哪個科學問題是合理的？

(A)探討溫度高低，會如何影響植物生長狀況？

(B)探討植物接受不同環境刺激，會產生哪些反應？

(C)探討是否有其它因素造成的植物生長呢？

(D)探討音樂播放的種類，會如何影響植物生長的快慢？

Q3：() 承 Q2，這問題的操作變因是什麼？

(A)溫度高低

(B)其它因素

(C)音樂種類

(D)環境刺激

Q4：() 承 Q2，這問題的應變變因是什麼？

(A)植物的成長快慢

- (B)植物的生長狀況
- (C)植物是否會生長
- (D)產生反應的種類

Q5：() 承 Q2，這問題的假設為何？

- (A)假設有其它類似音樂的因素，則會造成植物的生長
- (B)假設音樂種類不同，則植物生長的快慢不同
- (C)假設植物接受不同的環境刺激，則產生反應的種類不同
- (D)假設溫度越低，則植物長的越小

【阿如同樣看了這則報導，引發她做了一個實驗：兩盆大小且種類相同的含羞草，在白天的時段，A 組含羞草擺在黑暗中，B 組含羞草擺在光照中，1 個小時後觀察紀錄兩盆含羞草葉子開闔情況：】

Q6：() 請問這實驗中，阿如所形成的科學問題為何？

- (A)探討光照有無，會如何影響含羞草葉子開闔的狀況？
- (B)探討每天光照時數，會如何影響含羞草葉子開闔所維持的時間？
- (C)探討每天光照次數，會如何影響含羞草的成長？
- (D)探討每天光照時段(白天、晚上)，會如何影響含羞草葉子開闔的反應產生？

Q7：() 承 Q6，這問題的操作變因是什麼？

- (A)每天光照時數
- (B)每天光照次數
- (C)有無光照
- (D)每天光照時段

Q8：() 承 Q6，這問題的應變變因是什麼？

- (A)含羞草的成長狀況
- (B)葉子開闔的狀況
- (C)葉子開闔所維持的時間
- (D)葉子開闔的反應產生與否

Q9：() 承 Q6，這問題的假設為何？

(A)假設每天光照次數越多，含羞草的成長狀況越好

(B)假設無光照，則含羞草葉子會產生閉合現象

(C)假設每天光照時數越長，則葉子展開的反應所維持的時間越長

(D)假設白天有光照，則葉子會產生展開的反應



單元三 呼吸運動、呼吸作用概念

莫莫最近看到了一篇報導，人居然是動物界中最耐跑的生物，讓她覺得很驚訝，那篇報導的內容如下：

如果要人類和動物賽跑，速度上人類可能比較吃虧，不過如果比的是馬拉松長跑，人類就一定能稱霸，因為人類會流汗可以散熱，所以能一直跑下去，另外人類運動時需要大量的能量，因此會增加呼吸運動次數，吸進大量氧氣，供給產生能量的過程所需。

<http://tw.news.yahoo.com/article/url/d/a/091102/79/1u600.html>

Q1：() 根據所看的新聞，請問激烈運動時，哪些生理現象會有變化？

1、呼吸量 2、消化快 3、流汗量 4、呼吸頻率

(A)1、2、3 (B)1、2、4 (C)1、3、4 (D)2、3、4

Q2：() 請問激烈運動時，體內會有什麼改變？

(A)氧濃度上升

(B)水分含量上升

(C)二氧化碳濃度上升

(D)一氧化碳濃度上升



Q3：() 依照文章的訊息，你認為下列哪個科學問題是合理的？

(A)探討運動時體內的熱量，會如何產生的？

(B)探討運動激烈與否，會如何影響呼吸頻率？

(C)探討是否有其它因素影響人體的散熱能力？

(D)探討人體流汗的原因？

Q4：() 承 Q3，這問題的操作變因是什麼？

(A)運動程度

(B)熱量產生因素

(C)其它因素

(D)流汗原因

Q5：() 承 Q3，這問題的應變變因是什麼？

- (A)體內熱量
- (B)散熱能力
- (C)呼吸頻率
- (D)流汗反應

Q6：() 承 Q3，這問題的假設為何？

- (A)假設運動越激烈，則呼吸頻率越快
- (B)假設有不同的流汗原因，則會造成人體流汗反應
- (C)假設體內熱量是呼吸作用所產生的
- (D)假設有其它類流汗的因素，則會影響人體散熱能力

【小凱同樣看了這則報導，引發他做了一個實驗：實驗分成兩組 A 組植物為過完發芽階段的綠豆幼苗，放在光照的環境下，經過一段時間後，收集綠豆幼苗所產生的氣體，B 組植物為正在發芽階段的綠豆，在光照的環境下，經過一段時間後，收集發芽綠豆所產生的氣體，將 A、B 兩組氣體灌入澄清石灰水中，觀察 A、B 兩組澄清石灰水的變化並記錄：】

Q7：() 請問這實驗中，小凱所形成的科學問題為何？

- (A)探討光照時間長短，會如何影響氣體的收集成效？
- (B)探討光照有無，會如何影響綠豆產生的氣體種類？
- (C)探討綠豆幼苗與發芽綠豆，所產生的大部分氣體，會如何影響澄清石灰水的變化？
- (D)探討植物種類不同，會如何影響氣體產生所需的時間？

Q8：() 承 Q7，這問題的操作變因是什麼？

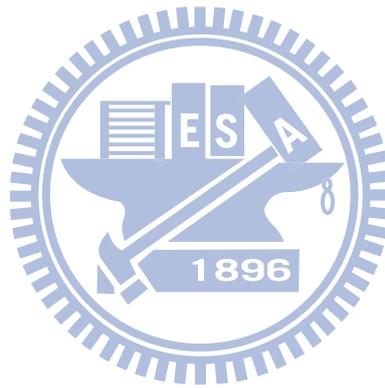
- (A)綠豆
- (B)光照有無
- (C)綠豆幼苗與發芽綠豆
- (D)光照時間長短

Q9：() 承 Q7，這問題的應變變因是什麼？

- (A)澄清石灰水的變化
- (B)氣體產生所需的時間
- (C)氣體產生種類
- (D)有無收集到氣體

Q10：() 承 Q7，這問題的假設為何？

- (A)假設沒有光照，則植物所產生的氣體會使澄清石灰變白色渾濁
- (B)假設光照時間短，則越不容易收集氣體
- (C)假設發芽綠豆大部分產生二氧化碳，則會使澄清石灰變白色渾濁，綠豆幼苗大部分產生氧氣，則澄清石灰水不變色
- (D)假設植物種類不同，則氣體產生所需的時間不同



科學推理測驗

單一選擇題版本



這個能力測驗，主要是測驗你在科學或數學方面的推理能力，判斷你是否能進行情境的分析，並做出預測或解決問題。在每一題中，選一個最佳的答案，並在答案紙作答。

『請同學注意別在題日本上作答或書寫記號喔!』

在測驗開始之前，請勿翻開此測驗本！

1-1. 假設給你兩個相同形狀、重量與大小的黏土球。其中一個球將它壓平成薄煎餅形狀，下列哪一個情況是對的？

- (A) 薄餅形的黏土重量比另一個球狀黏土的重量還重
- (B) 兩個黏土不管形狀如何，它們的重量還是相同
- (C) 球狀黏土的重量比薄煎餅狀的黏土重量還要重

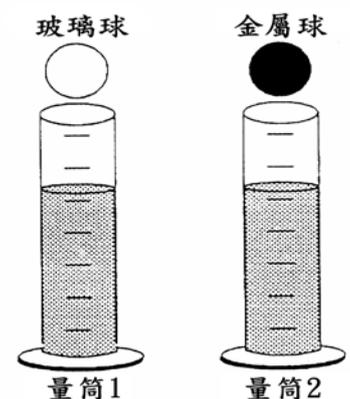
1-2. 你所根據的理由是：

- (A) 因為薄煎餅狀的黏土面積比較大
- (B) 因為同一點往下壓，壓的越平，其重量就會越大
- (C) 因為當物體弄成薄餅狀時，會失去一些重量
- (D) 因為黏土沒有增加或減少
- (E) 因為當物體被弄成平版狀的時候，重量會增加

2-1. 在右圖中有兩個量筒注滿了相同高度的水，兩個量筒的形狀與大小皆相同。在右圖中，有兩個小球，一個是玻璃製的，另一個是鐵製的。兩個球體形狀相同，但是鐵球的重量比玻璃球還要重。把玻璃球放入量筒 1

後，發現玻璃球沈到量筒的底部，然後發現量筒的水位上升到刻度 6 的位置。假如我們將鐵球放入量筒 2 後，請問水面會上升到哪個刻度？

- (A) 與量筒 1 的水位高度相同(刻度都是 6)
- (B) 比量筒 1 的水位還要高(比刻度 6 還要高)
- (C) 比量筒 1 的水位還要低(比刻度 6 還要低)



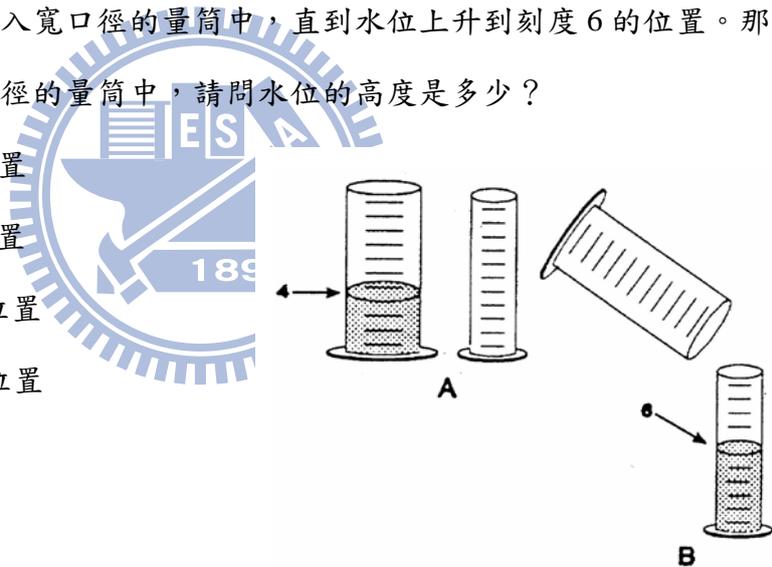
2-2. 你所根據的理由是：

- (A) 因為鐵球沈到量筒底部的速度較快
- (B) 因為兩個球狀物是不同的材質所製成的
- (C) 因為鐵球的重量比玻璃球的重量還要重
- (D) 因為玻璃球所造成的壓力比較小
- (E) 兩個球的體積相同

3-1. 右圖有兩個量筒，一個口徑比較寬，一個口徑比較窄。兩個量筒具有相同的刻度。

在寬口徑的量筒中倒入水，讓水位上升到刻度4的位置（圖A）。然後將寬口徑量筒中的水，倒入窄口徑的量筒，發現水位上升到刻度6的位置。假設兩個量筒都是空的，然後將水加入寬口徑的量筒中，直到水位上升到刻度6的位置。那麼如果將這些水倒入窄口徑的量筒中，請問水位的高度是多少？

- (A) 大約刻度8的位置
- (B) 大約刻度9的位置
- (C) 大約刻度10的位置
- (D) 大約刻度12的位置
- (E) 以上皆非



3-2. 你所根據的理由是：

- (A) 給的相關資訊不足，因此無法判斷答案
- (B) 因為之前寬口徑量筒的水倒入窄口徑的量筒中，水位上升2個刻度，因此後來的刻度也應該上升2個刻度
- (C) 因為寬口徑量筒上升2個刻度，對於窄口徑的量筒而言，會上升3個刻度
- (D) 因為第二個窄口徑的量筒更窄了
- (E) 我們必須實際地將寬口徑量筒的水倒入窄口徑的量筒中，並加以觀察，才可以做出正確的結論

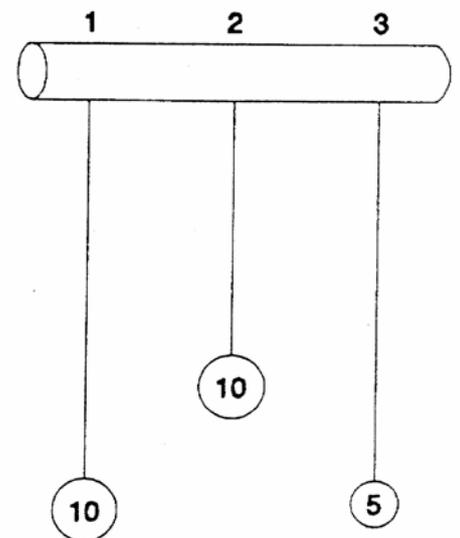
4-1. 現在如果將水倒入窄口徑量筒中（在題目 5 中的描述相同），使水位上升到刻度 11 的位置。那麼如果將這些水倒入空的寬口徑量筒中，請你預測水位會上升到哪一個刻度？

- (A) 大約刻度 7.5 的位置
- (B) 大約刻度 9 的位置
- (C) 大約刻度 8 的位置
- (D) 大約刻度 7 又 $\frac{1}{3}$ 的位置
- (E) 以上皆非

4-2. 你所根據的理由是：

- (A) 寬口徑量筒與窄口徑量筒水位上升的比例應該會相同
- (B) 我們必須實際地進行操作與觀察，才能得到正確答案
- (C) 提供的資料不足，使我們無法決定正確答案是哪一個
- (D) 因為上一題水位差 2 個刻度，所以這一題的狀況中，也應該差 2 個刻度
- (E) 窄口徑量筒水位上升 3 個刻度，倒入寬口徑量筒時，將窄口徑量筒刻度減去 2 就是寬口徑量筒水位的高度

5-1. 在右圖中，木棍上繫著三條線。在每條線的末端都繫著金屬重物，線條 1 與線條 3 的長度相同，線條 2 短一點。線條 1 與 2 末端繫著重量為 10 單位的重物，線條 3 末端繫著重量為 5 單位的重物。繩子（包括末端的重物）可以前後擺動，而且擺動的時間是可以被測量的。假設你想要找出長度與擺動時間的關係，哪些線可以讓你找出這個關係？

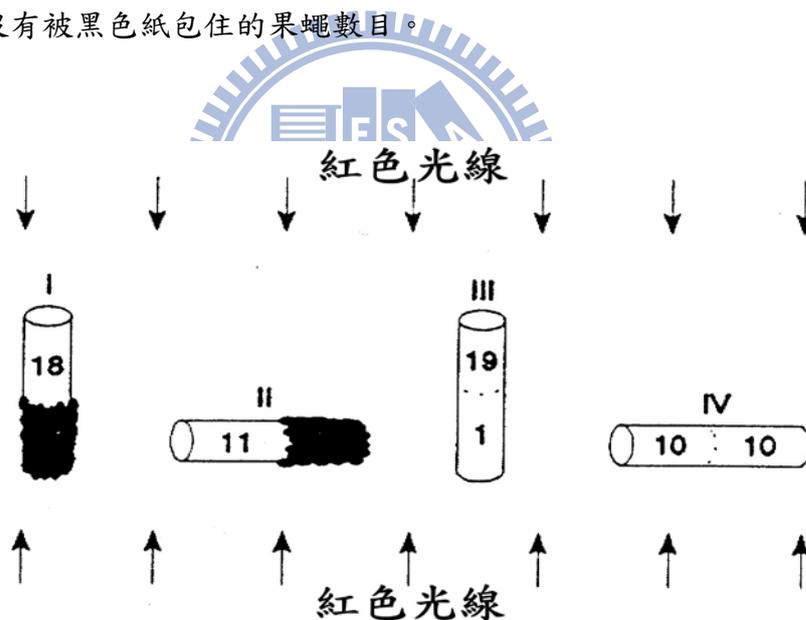


- (A) 只有 1 條線就夠了
- (B) 三條線都可以
- (C) 線條 2 與 3
- (D) 線條 1 與 3
- (E) 線條 1 與 2

5-2. 你所根據的理由是：

- (A) 你必須使用最長的線條
- (B) 你必須要比較末端繫著 5 單位重量與 10 單位重量的線條
- (C) 只有長度上的不同
- (D) 必須去嘗試所有可能的比較
- (E) 重量的不同

6-1. 四個玻璃管中，都放入 20 隻果蠅，且每個玻璃管的兩端都是封住的。玻璃管 1 與玻璃管 2 有某部分被黑色的紙包起來，玻璃管 3 與 4 則沒有被黑色紙包住。這些玻璃管放置的方式如圖所示，然後把這些玻璃管放置在紅色光線下五分鐘。下圖顯示了沒有被黑色紙包住的果蠅數目。



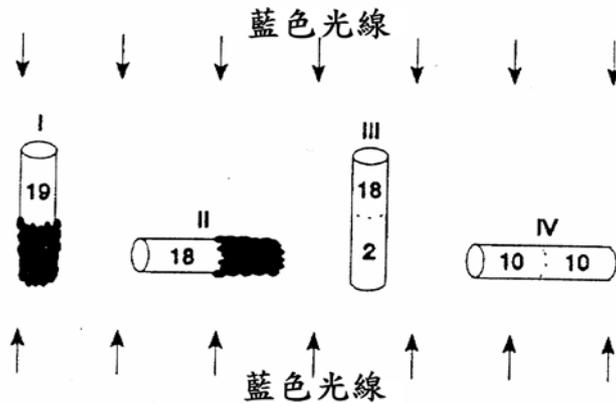
這個實驗顯示出果蠅的反應是？（這些反應是指果蠅靠近或遠離）

- (A) 對紅色光線有反應，但對重力沒反應
- (B) 對重力有反應，但對紅色光線沒反應
- (C) 對重力與紅色光線都有反應
- (D) 對重力與紅色光線都沒反應

6-2. 你所根據的理由是：

- (A) 大多數的果蠅分佈在玻璃管 3 的頂端，但卻平均散佈在玻璃管 2 中
- (B) 在玻璃管 1 與玻璃管 3 中，大多數的果蠅都不在管子底部
- (C) 果蠅需要光線才看的見，而且果蠅飛行必須反抗重力
- (D) 大部分的果蠅都分佈在管子的頂端，以及被照亮的管子端
- (E) 每一個玻璃管的兩端均有一些果蠅的分佈

7-1. 在第二個實驗中，使用不同品種的蒼蠅跟藍色的光線。而實驗的結果表示於下列圖示中：



這些資料顯示出這些果蠅的反應是？（這裡的反應是指果蠅靠近或遠離）

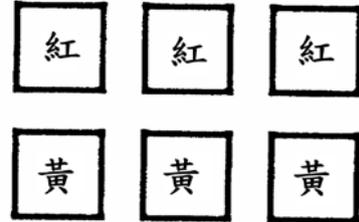
- (A) 對藍色光現有反應，但對重力沒有反應
- (B) 對重力有反應，但對藍色光線沒反應
- (C) 對重力與藍色光線都有反應
- (D) 對重力與藍色光線都沒反應

7-2. 你所根據的理由是：

- (A) 每一個玻璃管的兩端均有一些果蠅的分佈
- (B) 果蠅需要光線才看的見，而且果蠅飛行必須反抗重力
- (C) 因為果蠅平均分佈在玻璃管 4 中，但是玻璃管 3 中的果蠅大多分佈在頂端
- (D) 大多數的果蠅分佈在玻璃管 2 的亮端，但沒有分佈玻璃管 1 與 3 的底端
- (E) 大多數的果蠅在玻璃管 1 的頂端，以及在玻璃管 2 的亮端

8-1. 六個正方形的木塊被放進布袋中，並均勻的混合。這六塊木塊大小與形狀都相同，但是有三塊木塊是黃色，其他三塊是紅色。假設某人伸手進入布袋中（沒往內看），並拿出一塊木塊。拿到紅色的機率有多少？

- (A) $1/6$ 的機率
- (B) $1/3$ 的機率
- (C) $1/2$ 的機率
- (D) 100% 的機率
- (E) 無法決定



8-2. 你所根據的理由是：

- (A) 因為六塊木塊中，有三個是紅色的
- (B) 沒有辦法說明那一塊木塊會被拿出來
- (C) 六塊木塊中，只有一塊紅色的會被拿出來
- (D) 六塊木塊中，形狀與大小都相同
- (E) 三塊紅色的木板中，只有一個會被拿出來



9-1. 布袋中，放入方形的木塊，其中紅色 3 個、黃色 4 個以及藍色 5 個，另外再放入圓形木塊，其中紅色 4 個、黃色 2 個以及藍色 3 個。所有的木塊都被放入布袋中，並均勻的混合（不可以觀看，也不可以用手感覺形狀）。然後從布袋中拿出一個木塊。



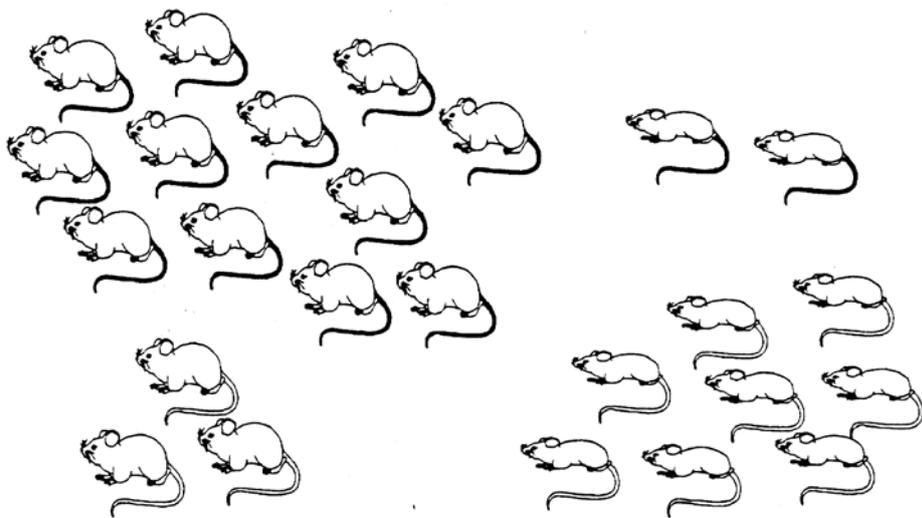
請問拿到紅色圓木塊或藍色圓木塊的機率為多少？

- (A) 資料不足，無法決定 (B) $1/3$ 的機率
(C) $1/21$ 的機率 (D) $15/21$ 的機率 (E) $1/2$ 的機率

9-2. 你所根據的理由是：

- (A) 兩個形狀中，有一種是圓的
(B) 21 個木塊中，有 15 個藍色與紅色的
(C) 沒有辦法知道拿出來的木塊會是哪一種
(D) 21 個木塊中，只有一個會被拿出來
(E) 3 個中木塊中，就有一個會是紅色的圓木塊或藍色的圓木塊

10-1. 布朗農夫在他的農田中發現老鼠，而且這些老鼠有瘦有肥，它們的尾巴的顏色有黑色也有白色。因為這樣的觀察，讓布朗農夫想要知道老鼠的體型與老鼠尾巴的顏色是否有相關連。所以他捕捉了農田某部分土地的所有老鼠，並且觀察它們。下圖中的老鼠就是他抓到的：



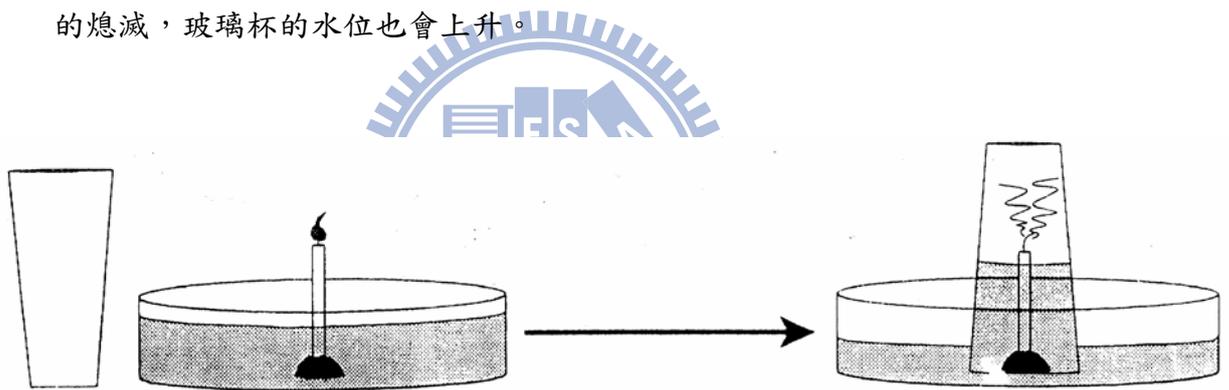
你認為老鼠的體型與老鼠尾巴的顏色是否有某些關連？

- (A) 似乎有某些關連 (B) 沒有關連 (C) 無法進行合理的推理

10-2. 你所根據的理由是：

- (A) 因為每一種類型的老鼠都有抓到一些
- (B) 在老鼠尺寸與老鼠尾巴顏色可能有基因上的關連
- (C) 這裡所抓到的老鼠數量不足，無法進行判斷
- (D) 大多數肥胖的老鼠，它們的尾巴都是黑色，而且大多數瘦的老鼠都有白色尾巴
- (E) 當老鼠越來越肥胖，它們的尾巴也會越來越黑

11-1. 下圖中，左圖裡有玻璃杯，以及點燃的生日蠟燭，而生日蠟燭被小塊的黏土固定在水盤底端。右圖中，將玻璃杯蓋住燃燒且放在水盤中的蠟燭。此時，蠟燭會快速的熄滅，玻璃杯的水位也會上升。



這個觀察的結果引發出一個有趣的問題：為什麼玻璃杯中的水位會上升呢？可能的解釋是：燃燒的過程中，蠟燭與氧氣燃燒後，產生二氧化碳，因為氧氣無法快速溶解在水中，但二氧化碳可以，因此燃燒產生的二氧化碳快速的溶解在水中，導致玻璃杯內的壓力變小，玻璃杯內的水位因此而上升。

假設提供你上述的所有的實驗器材與材料，並額外供給你一些火柴與乾冰，你要怎樣驗證上述敘述之可能性？

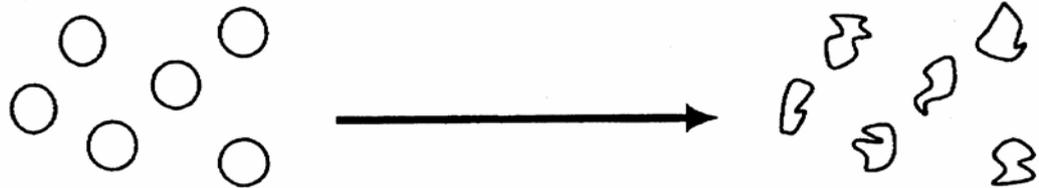
- (A) 讓水中充滿了二氧化碳，並重做上面的實驗，注意水位上升的高度
- (B) 水位的上升是因為氧氣被消耗了，所以精確的重做實驗來證明水位的上升是因為氧氣的消耗

- (C) 設計一個對照組，變更蠟燭的數目，然後看看實驗結果是否有何不同
- (D) 水位上升的可能原因是因為吸力，所以製作一個通管，並在通管的頂端放一個氣球，並將燃燒的蠟燭放置於此裝置內
- (E) 重做實驗，並確定控制住所有的依變項，然後再進行水位上升的測量

11-2. 哪一個實驗的結果（第 21 題中所提到的）將會顯示出你的解釋可能是錯的？

- (A) 水位上升的高度與之前的實驗相同
- (B) 水位上升的高度比之前的實驗低
- (C) 氣球膨脹了
- (D) 氣球收縮了

12-1. 一個學生將一滴血液放在顯微鏡下觀察，所看到的結果如下圖所示，紅血球在顯微鏡下看起來像是一個圓球。但是在一滴血中滴入幾滴鹽水後，學生經由顯微鏡觀察後發現，紅血球的形狀似乎變小了。



血液中紅血球的形狀

加了鹽水後的紅血球

這個觀察結果引起了一個很有趣的問題：為什麼紅血球的形狀會變小？

這裡有兩個可能的解釋：第一個解釋，鹽離子（鈉離子與氯離子）推擠細胞膜，因此讓細胞變小了。第二個解釋，水分子受到鹽離子的吸引，因此細胞內的水分子就被吸引出來，因此血球的尺寸就變小了。

為了驗證這些解釋，這學生使用配置好的鹽水（有很正確的重量百分濃度），以及一些裝有水的塑膠袋，並且假裝塑膠袋就像血球的細胞膜。此實驗中所使用的塑膠

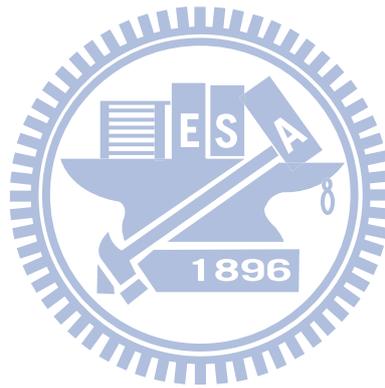
袋水球，事先經過精確的重量測量，然後放入鹽水中十分鐘，再拿出來測量水袋的重量。

下列哪一個敘述可以證明第一個解釋是錯誤的？

- (A) 水袋的重量減少
- (B) 水袋的重量相同
- (C) 水袋變小了

12-2. 下列哪一個敘述可以證明第二個解釋是錯誤的？

- (A) 水袋的重量減少
- (B) 水袋的重量相同
- (C) 水袋變小了



問答鷹架式之形成科學性議題教學法	直接鷹架式之形成科學性議題教學法												
<p>< 1a > ※主題一：植物的向性運動 一、單元核心概念建構 (core concepts) (電腦教室) 【Q1.Help】 動物可以藉由神經系統傳遞訊息產生反應，植物則沒有神經系統，但植物可以藉由生長激素的作用和細胞中含水量的改變，對環境的刺激(例如：光照、水分、溫度、地球引力等)產生反應，例如：向性、觸發運動、捕蟲運動、睡眠運動等。 Q1：植物受到環境刺激後，如何對環境的刺激產生反應？ 選擇：(1) 藉由激素的作用 (2) 藉由細胞中含水量的改變 (3) 以上皆可。 理由：_____</p> <p>【Q2.Help】</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>NHK 影片：會活的植物 影片來源：</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">http://163.20.160.16/~movie/modules/tinyd0/index.php?id=1</p> <p>網頁字 植物體朝向或背離刺激方向生長的反應，稱為「向性」，例如：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">向性</th> <th style="width: 50%;">環境刺激</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>向觸性：莖延所接觸的物體捲曲而上。目的 爭取生存空間。</td> <td>接觸</td> </tr> <tr> <td>向光性：莖朝陽光入射的方向生長。</td> <td>光線強弱</td> </tr> </tbody> </table>	向性	環境刺激	向觸性：莖延所接觸的物體捲曲而上。 目的 爭取生存空間。	接觸	向光性：莖朝陽光入射的方向生長。	光線強弱	<p>< 1b > ※主題一：植物的向性運動 一、單元核心概念建構 (core concepts) (電腦教室) 【1.Help】 動物可以藉由神經系統傳遞訊息產生反應，植物則沒有神經系統，但植物可以藉由生長激素的作用和細胞中含水量的改變，對環境的刺激(例如：光照、水分、溫度、地球引力等)產生反應，例如：向性、觸發運動、捕蟲運動、睡眠運動等。</p> <p>【2.Help】</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>NHK 影片：會活的植物 影片來源：</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">http://163.20.160.16/~movie/modules/tinyd0/index.php?id=1</p> <p>網頁字 植物體朝向或背離刺激方向生長的反應，稱為「向性」，例如：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">向性</th> <th style="width: 50%;">環境刺激</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>向觸性：莖延所接觸的物體捲曲而上。目的 爭取生存空間。</td> <td>接觸</td> </tr> <tr> <td>向光性：莖朝陽光入射的方向生長。</td> <td>光線強弱</td> </tr> </tbody> </table>	向性	環境刺激	向觸性：莖延所接觸的物體捲曲而上。 目的 爭取生存空間。	接觸	向光性：莖朝陽光入射的方向生長。	光線強弱
向性	環境刺激												
向觸性：莖延所接觸的物體捲曲而上。 目的 爭取生存空間。	接觸												
向光性：莖朝陽光入射的方向生長。	光線強弱												
向性	環境刺激												
向觸性：莖延所接觸的物體捲曲而上。 目的 爭取生存空間。	接觸												
向光性：莖朝陽光入射的方向生長。	光線強弱												

目的 接受更多陽光，有利光合作用進行。	
向地性：根朝地球引力的方向生長(正向地性)；莖背離地球引力的方向生長(負向地性)。 目的 為了根向下、莖向上生長。	地球引力
向濕性：根朝向水分的地方生長。 目的 有利於水分由根進入。	水分

目的 接受更多陽光，有利光合作用進行。	
向地性：根朝地球引力的方向生長(正向地性)；莖背離地球引力的方向生長(負向地性)。 目的 為了根向下、莖向上生長。	地球引力
向濕性：根朝向水分的地方生長。 目的 有利於水分由根進入。	水分

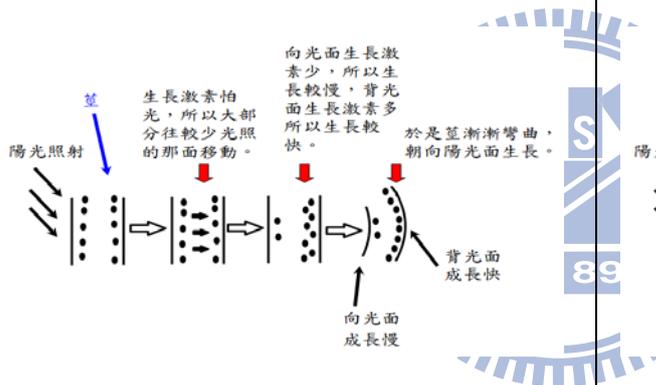
Q2：下面哪個反應屬於向性反應？

- 選擇：(1) 睡眠運動 (2) 向光性
(3) 觸發運動。

理由：_____。

【Q3.Help】

◎PPT 影片：



旁白(口述)：「向性」反應主要是因為體內的生長激素濃度分布不均，所造成植物兩側細胞生長速度不相同所致，因此需要一段時間的生長，才能明顯觀察到。例如向光性：

網頁字

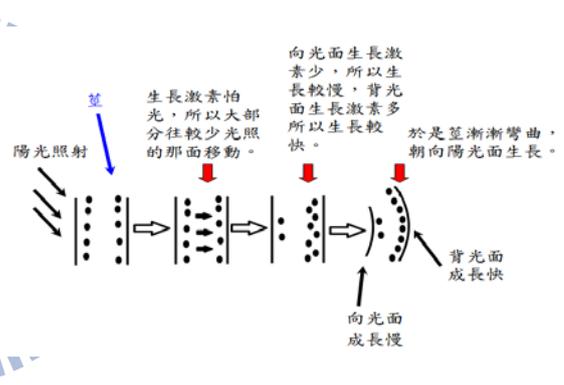
1. 「向性」反應：體內的生長激素濃度分布不均所致
2. 向光面生長慢，背光面生長快，所以莖朝陽光生長

◎文字頁：

植物不同的部位，對激素的反應不同時，對於同樣的環境刺激反應就會不同，例如生長激素：

【3.Help】

◎PPT 影片：



旁白(口述)：「向性」反應主要是因為體內的生長激素濃度分布不均，所造成植物兩側細胞生長速度不相同所致，因此需要一段時間的生長，才能明顯觀察到。例如向光性：

網頁字

1. 「向性」反應：體內的生長激素濃度分布不均所致
2. 向光面生長慢，背光面生長快，所以莖朝陽光生長

◎文字頁：

植物不同的部位，對激素的反應不同時，對於同樣的環境刺激反應就會不同，例如生長激素：

部位	因素	生長激素濃度	生長	向性	部位	因素	生長激素濃度	生長	向性										
莖	日光	背光面> 向光面	刺激背光面 生長	向光性	莖	日光	背光面> 向光面	刺激背光面 生長	向光性										
莖	地球引力	向地面> 背地面	刺激向地面 生長	負向地性 (背地性)	莖	地球引力	向地面> 背地面	刺激向地面 生長	負向地性 (背地性)										
根	地球引力	向地面> 背地面	根對生長激素太敏感，所以在生長激素多的向地面會抑制生長。	正向地性 (向地性)	根	地球引力	向地面> 背地面	根對生長激素太敏感，所以在生長激素多的向地面會抑制生長。	正向地性 (向地性)										
<p>Q3:「向性」反應是利用什麼原理對刺激有所反應? 選擇:(1) 激素 (2) 細胞中的含水量 (3) 以上皆可。 理由: _____。</p>																			
<p>< 2a > 二、辨識關鍵特徵 (key features) (電腦教室) 根據上述你已學的概念，你覺得在自然的環境下，下列哪些因素可以造成植物的莖生長的方向不同? 選擇:(1) 水分 (2) 溫度 (3) 光線。 理由: _____。</p>					<p>< 2b > 二、辨識關鍵特徵 (key features) (電腦教室) 根據上述你已學的概念，你覺得在自然的環境下，下列哪些因素可以造成植物的莖生長的方向不同? 選擇:(1) 水分 (2) 溫度 (3) 光線。 理由: _____。</p>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>題目</th> <th>正確解答</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Q1: 植物受到環境刺激後，如何對環境的刺激產生反應?</td> <td>以上皆可。 (激素的作用、細胞中含水量的改變)</td> </tr> <tr> <td>Q2: 下面哪個反應屬於向性反應?</td> <td>向光性</td> </tr> <tr> <td>Q3:「向性」反應是利用什麼原理對刺激有所反應?</td> <td>激素</td> </tr> <tr> <td>根據上述你已學的概念，</td> <td>光線</td> </tr> </tbody> </table>					題目	正確解答	Q1: 植物受到環境刺激後，如何對環境的刺激產生反應?	以上皆可。 (激素的作用、細胞中含水量的改變)	Q2: 下面哪個反應屬於向性反應?	向光性	Q3:「向性」反應是利用什麼原理對刺激有所反應?	激素	根據上述你已學的概念，	光線	<p>Ans: 光線。</p>				
題目	正確解答																		
Q1: 植物受到環境刺激後，如何對環境的刺激產生反應?	以上皆可。 (激素的作用、細胞中含水量的改變)																		
Q2: 下面哪個反應屬於向性反應?	向光性																		
Q3:「向性」反應是利用什麼原理對刺激有所反應?	激素																		
根據上述你已學的概念，	光線																		

<p>你覺得在自然的環境下，下列哪些因素可以造成植物的莖生長的方向不同？</p>		
<p>< 3a > 三、形成科學議題 (identify scientific issues) (電腦教室) ◎情境 嘉嘉回答完上面的問題與內容補充後，知道植物會因為體內激素的作用與細胞含水量的改變而產生活動，其中向性反應就是因為為植物體內生長激素濃度分布不均所致，例如莖會因向光面和背光面生長激素濃分佈多寡不同，使得莖向陽光生長。但嘉嘉對莖會受到光線的影響而產生不同的生長方向感到好奇，如果莖的生長方向會隨著光線的來源不同而改變，那太陽每天東升西落，這樣植物該不會就跟著太陽跑吧！ (一) 形成科學議題： 根據情境和關鍵特徵，如果你是嘉嘉，你會提出什麼樣的問題來探討：外界光源方向與莖朝向何處生長的關係。 ◎實驗材料：植物、燈光、暗室 形成科學議題：_____。 四、形成變因、假設 ◎實驗材料：植物、燈光、暗室 (二) 找出自變因、應變因： 操作變因是(自變因)：_____。 應變變因是(應變因)：_____。 (三) 形成假設： 倘若_____，則_____。 五、進行實驗。 六、結果與結論： 實驗結果為何？_____。 與你的假設是否相同？_____。 理由：_____。</p>		<p>< 3b > 三、形成科學議題 (identify scientific issues) (電腦教室) (一) 形成科學議題： 根據關鍵特徵，你會提出什麼樣的問題來探討：外界光源方向與莖朝向何處生長的關係。 ◎實驗材料：植物、燈光、暗室 形成科學議題：_____。 四、形成變因、假設 ◎實驗材料：植物、燈光、暗室 (二) 找出自變因、應變因： 操作變因是(自變因)：_____。 應變變因是(應變因)：_____。 (三) 形成假設： 倘若_____，則_____。 五、進行實驗。 六、結果與結論： 實驗結果為何？_____。 與你的假設是否相同？_____。 理由：_____。</p>

※主題二：植物的觸發運動

一、單元核心概念建構 (core concepts)

(電腦教室)

【Q1.Help】

◎文字頁：



植物細胞液胞內的水分多時，會壓迫周圍的細胞質使其緊貼細胞壁，細胞內水分給細胞壁的壓力就是「膨壓」，會因液胞內水分濃度改變而改變，例如：捕蟲運動、觸發運動、睡眠運動、氣孔的開關等，都是因水分進出某些細胞，而造成細胞內支撐力量(膨壓)發生變化所產生的反應。

NHK 影片：會活動的植物

影片來源：

<http://163.20.160.16/~movie/modules/tinyd0/index.php?id=1>

Q1：下列哪個現象屬於「膨壓」改變，所造成的植物反應？

- 選擇：(1) 向濕性 (2) 向地性
(3) 觸發運動。

理由：_____。

【Q2.Help】

「觸發運動」為膨壓改變的一種反應，例如含羞草，主要是因為水分進出某些細胞，造成細胞內支撐力量(膨壓)發生變化所致，而外力碰觸的刺激是造成觸發運動的主因。

Q2：「觸發運動」是利用什麼原理，對環境刺激有所反應？

- 選擇：(1) 激素 (2) 細胞中的含水量
(3) 以上皆可。

理由：_____。

※主題二：植物的觸發運動

一、單元核心概念建構 (keywords)

(電腦教室)

【1.Help】

◎文字頁：



植物細胞液胞內的水分多時，會壓迫周圍的細胞質使其緊貼細胞壁，細胞內水分給細胞壁的壓力就是「膨壓」，會因液胞內水分濃度改變而改變，例如：捕蟲運動、觸發運動、睡眠運動、氣孔的開關等，都是因水分進出某些細胞，而造成細胞內支撐力量(膨壓)發生變化所產生的反應。

NHK 影片：會活動的植物

影片來源：

<http://163.20.160.16/~movie/modules/tinyd0/index.php?id=1>

【2.Help】

「觸發運動」為膨壓改變的一種反應，例如含羞草，主要是因為水分進出某些細胞，造成細胞內支撐力量(膨壓)發生變化所致，而外力碰觸的刺激是造成觸發運動的主因。

【Q3.Help】NHK 影片：會活動的植物



網頁字：含羞草觸發運動的機制

(內含睡眠運動)

葉子與葉柄基部受到刺激時，會立刻放出水分，使細胞中的水分會滲透出、膨壓減少，細胞脫水而縮小，使葉柄下垂而葉子向上閉合。

【註】酢醬草也會產生睡眠運動

影片來源：

<http://163.20.160.16/~movie/modules/tinyd0/index.php?id=1>

Q3: 含羞草的「觸發運動」，產生什麼情況？

- 選擇：(1) 葉柄下垂，葉子打開
 (2) 葉柄下垂，葉子閉合
 (3) 葉柄上舉，葉子閉合
 (4) 葉柄上舉，葉子打開

理由：_____。

【3.Help】NHK 影片：會活動的植物



網頁字：含羞草觸發運動的機制

(內含睡眠運動)

葉子與葉柄基部受到刺激時，會立刻放出水分，使細胞中的水分會滲透出、膨壓減少，細胞脫水而縮小，使葉柄下垂而葉子向上閉合。

【註】酢醬草也會產生睡眠運動

影片來源：

<http://163.20.160.16/~movie/modules/tinyd0/index.php?id=1>

Q3: 含羞草的「觸發運動」，產生什麼情況？

- 選擇：(1) 葉柄下垂，葉子打開
 (2) 葉柄下垂，葉子閉合
 (3) 葉柄上舉，葉子閉合
 (4) 葉柄上舉，葉子打開

理由：_____。

二、辨識關鍵特徵 (key features)

(電腦教室)

根據上述你已學的概念，你覺得外力連續刺激的「次數」，會影響含羞草「觸發運動」的反應速率嗎？

- 選擇：(1) 會 (2) 不會
 (3) 不一定，看環境條件。

理由：_____。

題目	正確解答
Q1: 下列哪個現象屬於「膨壓」改變，所造成的植物反應？	觸發運動
Q2: 「觸發運動」是利用什麼原理，對環境刺激有所反應？	細胞中的含水量
Q3: 含羞草的「觸發運動」，	葉柄下

二、辨識關鍵特徵 (key features)

(電腦教室)

根據上述你已學的概念，你覺得外力連續刺激的「次數」，會影響含羞草「觸發運動」的反應速率嗎？

- 選擇：(1) 會 (2) 不會
 (3) 不一定，看環境條件。

理由：_____。

Ans: 會

<p>會產生什麼情況？</p>	<p>垂，葉子閉合</p>	
<p>根據上述你已學的概念，你覺得外力連續刺激的「次數」，會影響含羞草「觸發運動」的反應速率嗎？</p>	<p>會</p>	<p>三、形成科學議題 (identify scientific issues) (電腦教室)</p> <p>◎情境</p> <p>嘉嘉回答完上面的問題與內容補充後，知道植物的膨壓反應是因為水分進出某些細胞的改變而造成的反應，例如含羞草的觸發運動等，和因體內激素分佈不均所產生的向性反應不同，且含羞草觸發運動的反應速率會因外力刺激的次數而有影響。但嘉嘉對含羞草會因為外力連續觸碰次數，而有不同的反應速率感到懷疑，又沒有看過別人做過實驗，真的會影響到速率嗎，說不定觸碰次數多寡對含羞草葉子閉合和展開的速率沒有關係呢！</p> <p>(一) 形成科學議題：</p> <p>根據情境和關鍵特徵，如果你是嘉嘉，你會提出什麼樣的問題來探討：含羞草受外力觸碰次數，與葉子受刺激時閉合和展開的速率關係。◎實驗材料：含羞草</p> <p>形成科學議題：_____。</p> <p>四、形成假設</p> <p>◎實驗材料：含羞草</p> <p>(二) 找出自變因、應變因：</p> <p>操作變因是(自變因)：_____。</p> <p>應變變因是(應變因)：_____。</p> <p>(三) 形成假設：</p> <p>倘若_____，則_____。</p> <p>五、進行實驗。</p> <p>六、結果與結論：</p> <p>實驗結果為何？_____。</p> <p>與你的假設是否相同？_____。</p> <p>理由：_____。</p>