
國中自然課程整合「負片後像」與「光的三原色」之探究教學設計

陳秀溶* 王國華 蔡顯驤

國立彰化師範大學

壹、課程設計動機

隨著學習理論的演進，教師進行教學的模式也跟著有所轉變。二十世紀初期，學者對學習的看法主要是受「行為主義」影響，覺得學生的學習呈現就有如機械式般的「input」和「output」。所以早期的教育模式，教師的工作就是把課程內容教授給學生，而學生便有如工廠的製作流程般運作並產出學習成果。但實際狀況的學生卻並非任憑老師填入東西，學生帶著自己本身已具備的經驗來解讀老師所教授的東西，並將新訊息結合在原本已有的知識架構上，重整產出一個新的知識架構，此即後來的建構學習理論。學生心中對於概念的解讀可能與老師表達的內涵有所落差，所以課堂上教師應盡量引導學生進行觀察、思考、分享與修正 (McDermott, 1993) 來建立正確的知識架構。

九年一貫課綱 (教育部, 1998) 強調課程活動「應以學生為主體」, 2018 年即要正式上路的 十二年國民基本教育課程綱要 (教育部, 2014) 強調學生是自發主動的學習者, 學校教育應善誘學生的學習動機與熱情。兩者均可看出教育的規劃是以

學生為學習活動的中心, 故教育部積極推動差異化教學、合作學習、協同教學、探究教學... 等多元的教學法搭配著多元的評量方式進而活化教師的教學, 希望能落實學生為課堂學習活動的主人之理念。

Anderson (2002) 指出探究學習強調「探究」是學習的重心, 學習過程中學生討論自然界事件、提出問題、對自然現象提出可能的解釋、測試這些解釋以及與其他人溝通想法, 強調學生主動進行探究進而建構知識的歷程。探究教學著重於協助學生主動建構知識, 此目標與建構主義理念不謀而合, 因此 Gibson 與 Chase (2002) 指出將建構主義與探究教學理念結合進行教學是更有效的教學法。

貳、課程設計理念

國中現階段的自然與生活科技涵蓋了生物、理化、地科與生活科技, 但七年級自然與生活科技第一冊第五章神經系統的感覺疲勞之「負片後像」實驗中, 雖有讓學生動手做實驗親自驗證, 但最常見的問題是-看完紅蘋果圖片, 轉過去看白紙, 我看到的是淡青色, 為何答案是綠色? 這時老師的心中是天人交戰, 因以人的眼睛感

*為本文通訊作者

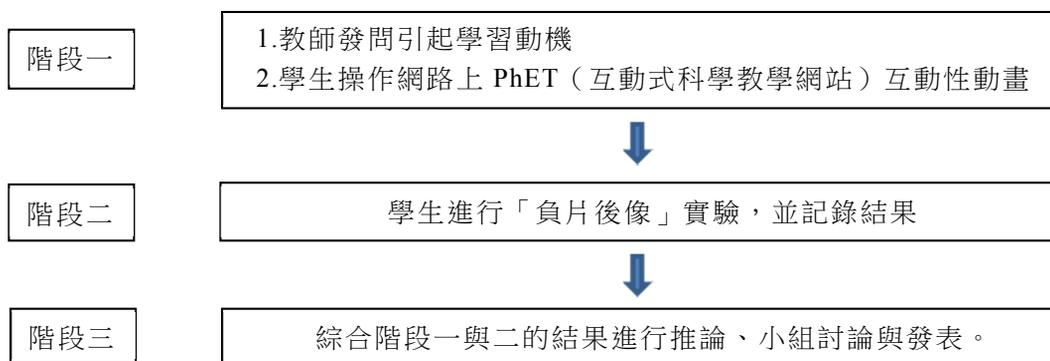
受光線刺激與光的三原色原理，學生所見「紅蘋果」的負片後像是「青蘋果」；但若依課本、考卷、參考書答案則是「綠蘋果」。而這現象也顯現出課程教材內縱向內容統整性不足的現象，學生似乎只能記憶片段的知識，而無法瞭解背後原理的全貌。近年來課程編輯委員開始注意到此現象，但國中自然與生活科技出版商僅一家注意到此問題，並修正教材內容，其他家尚未訂正。故希望藉由整合『負片後像』與『光的三原色』之探究教學設計，讓學生在探究過程中能瞭解箇中緣由，確實體現教育部（1998，2014）「以學生為學習中心」的理念。

課程設計過程中運用鷹架，一步一步引導學生藉由資料的相關性，推測其背後可能的因果關係，並能由不同來源的訊息，整理出一個整體性的看法，統整實驗的結果，獲得研判的論點。在過程中願意與同儕互動，共享活動樂趣，並能傾聽別人的報告，做出適當的回應。將建構主義與探究教

學理念結合（Gibson & Chase, 2002），在教學設計過程中，提升九年一貫課程十大基本能力中的「表達、溝通與分享」、「尊重、關懷與團隊合作」、「規劃、組織與實踐」、「運用科技與資訊」、「主動探索與研究」、「獨立思考與解決問題」等六項能力。並藉由探究式教學培養學生帶得走的能力。

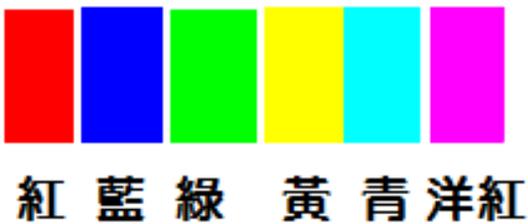
參、教學設計

教學設計流程如圖一所示。第一階段教師先藉由發問「電視機與電腦螢幕能呈現出千變萬化的顏色，是利用哪些色光為基礎調配出來？」引起學習動機，進而介紹人體眼球感光構造與原理是依賴視網膜上紅光錐狀細胞受紅光刺激、藍光錐狀細胞受藍光刺激與綠光錐狀細胞受綠光刺激而產生反應所形成的結果。後續請學生實際操作網路上 PhET（互動式科學教學網站）互動性動畫，完成學習單問題一。過程中因學生對於顏色的描述詞彙眾多且主觀，為使學生對顏色的描述有一致性，故製作色卡讓學生比對



圖一、教學設計流程圖

所觀察到的顏色名稱，如圖二。巡視學生的觀察與記錄進度，待學生都完成光的三原色觀察，完成學習單問題一，請小組各成員討論出一致認同的觀察結果並完成學習單問題二。學習單的設計上利用試題作為引導題目，希望鷹架學生的思考能將光的三原色、眼睛感受色光刺激的原理與我們所看到的呈色情形做聯結。過程中藉小組討論，希望運用同儕協同學習的方式，使每位組員都能確實瞭解。



圖二、色卡。讓學生方便比對所觀察到的顏色名稱。

第二階段進入「負片後像」主題，請學生盯著白紙上綠色心形 30 秒，再移至右邊白紙上的黑點，記錄所觀察到的現象。接著盯著白紙上黃色星星 30 秒，再移至看右邊白紙上的黑點，記錄所觀察到的現象並完成學習單問題三。此部分的教學設計主要是讓學生藉由實際操作去體驗視覺疲勞時會看到的呈色狀況。

第三階段請學生綜合學習單第一題～第三題的結果，提出負片後像會看到互補色的合理解釋，完成學習單第四與第五題。學習單問題一～三都是作為問題四與五的鷹架，希望學生能在一層一層的鷹架輔助下將概念串聯起來。學生在神經系統單元內容已學過感覺疲勞（包含嗅覺疲勞、味

覺疲勞、皮膚溫度疲勞...），所以學習單針對問題四與五給予學生的提示中再次強調需將感覺疲勞與眼睛接受色光刺激原理納入，進而提出完整的推論。最後藉小組討論，希望運用協同學習的方式，完成小組學習單的問題，使每位組員都能確實瞭解，各組派兩位同學發表小組結論。

肆、評量方式與評量工具

依據國立臺灣師範大學心理與教育測驗研究發展中心建置的《評量標準》的主題與次主題中，找出與「負片後像」與「光的三原色」相對應的內容標準與表現標準（如表一與表二所示）。依據表現標準，規劃與設計學習單題目。設計完成後，請同校自然科資深教師（任教 19 年）審視並修改，如附錄一的個人學習單。針對小組學習單的評量，最主要是利用附錄三的自評與互評表對各小組的發表狀況進行評量。

伍、教學結果與學生反應

學生操作 PhET 互動性動畫興高采烈，小組成員圍在電腦旁，有人操作滑鼠、有人對應色卡比對顏色，你一言我一語討論非常熱烈，但在學習單問題三「負片後像」實驗時，學生會疑惑看到的後像顏色與色卡顏色有落差，所以學生不曉得要填什麼答案，此時可提示學生後像所看到的顏色會比色卡上的顏色淡一些。而到學習單的問題四與問題五因需由前面的資料訊息提出可能的因果關係並進一步運用此原理去解釋所看到的「負片後像」實驗結果，

表一、評量標準中與「負片後像」相對應內容標準與表現標準。

內容標準		表現標準	
主題	次主題	表現等級	表現等級具體描述
生物的構造與功能	生物體對刺激的反應與協調	優秀 A等級	1. 能合理延伸生物對環境刺激產生反應的相關概念。 2. 能依指示完成生物對刺激產生反應的相關活動並能合理延伸。
		良好 B等級	1. 能熟悉生物對環境刺激產生反應的成因。 2. 能依指示完成生物對刺激產生反應的相關活動，並能提出合理的結論。
		基礎 C等級	1. 能知道生物對環境刺激產生的反應。 2. 能依指示完成生物對刺激產生反應的相關活動，並確實記錄結果與透過引導提出結論。
		不足 D等級	1. 僅能部分知道生物對環境刺激產生的反應。 2. 僅能依指示部分完成生物對刺激產生反應的相關活動，並記錄結果。
		落後 E等級	未達D級

資料來源：宋曜廷、林世華、曾芬蘭（2015年）。

表二、評量標準中與「光的三原色」單元相對應的內容標準與表現標準。

內容標準		表現標準	
主題	次主題	表現等級	表現等級具體描述
物質與能量的基本概念	光	優秀 A等級	1. 能依指示完成光的實驗活動，自行提出合理的結論，並能透過觀察發現問題，進行探究。 2. 能適當地使用數據、圖表、術語，並做清楚的溝通表達，及運用科學思維能力作出科學性的討論與解釋。
		良好 B等級	1. 能依教師指導完成光的實驗活動，自行提出合理的結論。 2. 能適當地使用數據、圖表、術語，並做清楚的溝通表達。
		基礎 C等級	1. 能依教師協助完成光的實驗活動，並能透過引導提出合理的結論。 2. 能合理地使用數據、圖表、術語來溝通表達。
		不足 D等級	1. 能依教師協助完成部分光的實驗活動，透過引導仍無法提出合理的結論。 2. 偶爾能合理地使用數據、圖表、術語來溝通表達。
		落後 E等級	未達D級

資料來源：宋曜廷、林世華、曾芬蘭（2015年）。

對學生而言是較為困難的題目，一個班內約八成的同學可提出正確的推論，如下面所示的學習單內容摘錄。但仍有約二成的同學無法寫出正確的推論。

學習單內容摘錄：

題目：針對『綠心負片後像』實驗中所觀察到的呈色結果，提出合理的解釋。

S1：...可能是因為綠色錐狀細胞感覺疲勞，所以會只會看見藍色和紅色錐形細胞的混合顏色，所以才是洋紅色...

S2：...一直看綠色圖片，綠色錐狀 cell 疲勞，之後再看白色，就由紅、藍負責，所以會看到洋紅色。

題目：請問你若眼睛盯著洋紅色的衣服看 30 秒，再將視線移至白色的牆壁上，試推測眼睛會看到何種顏色？並推論為何有此現象的產生？

S1：...綠色。因洋紅是紅光+藍光形成，故紅光與藍光錐狀細胞會疲勞。當看往白色牆壁，白光進到眼睛中，紅光與藍光錐狀細胞不反應，只剩綠光錐狀細胞反應，所以看到綠色。

S2：...綠色。當自己一直看著洋紅色(紅光+藍光)，接收的錐狀細胞會感到疲勞，當望向白色的地方，接著就只剩沒疲勞的錐狀細胞會反應，就會產生負片後像，看到所謂互補色的顏色...

陸、教學建議

學生利用筆記型電腦搜尋 PhET 互動性動畫過程花費了約十分鐘時間，故若事先將電腦連線，網站連結好，學生進入教

室立即進入課程，可省下不少時間讓學生的討論與發表時間更為充裕。分組時為同質性分組，發現當學生進入學習單的問題四與問題五較為困難的題目時，因組別內的成員程度較為相近，導致整組答案都犯相同的錯誤，因此建議進行此活動時應先將學生異質性分組，且進行學習單問題四與五的書寫時，老師需多加巡視學生狀況，必要時給予適時的引導，確保課堂結束時所有學生都能建立出屬於自己正確的知識鷹架。

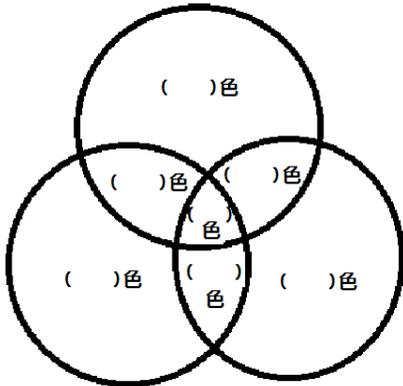
參考文獻

- 宋曜廷、林世華、曾芬蘭(2015年)。國民中學學生學習成就評量標準(試行版)自然與生活科技學習領域(理化)。取自：http://www.sbsa.ntnu.edu.tw/Physical_and_Chemical_2015.07.pdf
- 教育部(1998)。國民教育階段九年一貫課程綱要總綱。臺北市：教育部。
- 教育部(2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北市：教育部。
- 教師專業發展評鑑網(2016年8月4日)。取自：<https://atepd.moe.gov.tw/handle/teacher/?show=10&year=0&page=2>
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1- 12.
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86, 693-705.
- McDermott, L. (1993). How we teach and how students learn – A mismatch? *American Journal of Physics*, 61(4), 295-298

附件一、個人學習單

組別：_____ 班級：_____ 姓名：_____ 座號：_____

問題一：請你比對色卡，在下圖中填出你所觀察到的呈色狀況。



對應「光的三原色」單元國中學生學習成就評量標準：C 等級。能依教師協助完成光的實驗活動。

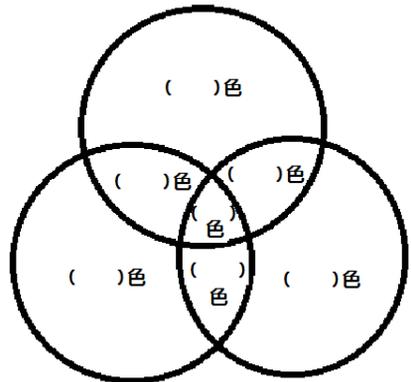
說明：學生全答對則達 C 等級，未全部答對則為 D 等級。

對應「負片後像」國中學生學習成就評量標準：C 等級。能依指示完成生物對刺激產生反應的相關活動，並確實記錄結果。

說明：學生全答對則達 C 等級，未全部答對則為 D 等級。

問題二：請小組內成員針對問題一的呈色狀況討論出小組一致認同的呈色情形，完成下列問題，並將結果填寫在下圖中。

- (1) 眼睛構造中的紅光錐狀細胞受紅光刺激，藍光錐狀細胞受藍光刺激，則該區域我們看到呈現 ()
- (2) 眼睛構造中的紅光錐狀細胞受紅光刺激，綠光錐狀細胞受綠光刺激，則該區域我們看到呈現 ()
- (3) 眼睛構造中的綠光錐狀細胞受綠光刺激，藍光錐狀細胞受藍光刺激，則該區域我們看到呈現 ()
- (4) 眼睛構造中的紅光錐狀細胞受紅光刺激，藍光錐狀細胞受藍光刺激，綠光錐狀細胞受綠光刺激，則該區域我們看到呈現 ()



對應「光的三原色」單元國中學生學習成就評量標準：C 等級透過引導提出合理的結論。且能合理地使用數據、圖表、術語來溝通表達。

說明：學生全答對則達 C 等級，未全部答對則為 D 等級。

對應「負片後像」國中學生學習成就評量標準：C 等級。能依指示完成生物對刺激產生反應的相關活動，並確實記錄結果。

說明：學生全答對則達 C 等級，未全部答對則為 D 等級。

問題三：『負片後像』觀察結果

- (1) 眼睛盯著綠心看 30 秒（不要眨眼睛），之後移至右邊黑點，請問你看到 () 色心形
- (2) 眼睛盯著黃色星星看 30 秒（不要眨眼睛），之後移至右邊黑點，請問你看到 () 色的星星

對應「負片後像」國中學生學習成就評量標準：C 等級。能依指示完成生物對刺

激產生反應的相關活動，並確實記錄結果。

說明：學生全答對則達 C 等級，未全部答對則為 D 等級。

問題四：請你統整學習單第一題～第三題的記錄結果，針對『綠心負片後像』實驗中所觀察到的呈色結果，提出合理的解釋。

提示：(1) 感覺疲勞

(2) 眼睛所看見的彩色世界是由視網膜上的三種錐狀細胞負責，分別接受紅、綠、藍光的刺激。

對應「光的三原色」單元國中學生學習成就評量標準：B 等級。自行提出合理的結論。能適當地使用數據、圖表、術語，並做清楚的溝通表達。

說明：學生全答對則達 B 等級，未全部答對則未達 B 等級。

對應「負片後像」國中學生學習成就評量標準：B 等級。能熟悉生物對環境刺激產生反應的成因。能依相關活動提出合理的結論。

說明：學生全答對則達 B 等級，未全部答對則未達 B 等級。

問題五：請問你若眼睛盯著洋紅色的衣服看 30 秒，再將視線移至白色的牆壁上，試推測眼睛會看到何種顏色？並推論為何有此現象的產生？

對應「光的三原色」單元國中學生學習成就評量標準：A 等級。能適當地使用數據、圖表、術語，並做清楚的溝通表達，及運用科學思維能力作出科學性的討論與解釋。

說明：學生全答對則達 A 等級，未全部答對則未達 A 等級。

對應「負片後像」國中學生學習成就評量標準：A 等級。能合理延伸生物對環境刺激產生反應的相關概念。能依指示完成生物對刺激產生反應的相關活動並能合理延伸。

說明：學生全答對則達 A 等級，未全部答對則未達 A 等級。

附件二、小組學習單

問題一：請小組成員每個人提出自己的看法，統整出小組內針對『綠心負片後像』實驗中所觀察到的呈色結果，提出合理的解釋。

針對『負片後像』結果的成因小組推論如下：

問題二：請小組成員每個人提出自己的看法，統整出小組內針對--盯著洋紅色的衣服看 30 秒，再將視線移至白色的牆壁上，眼睛會看到何種顏色？並推論為何有此現象的產生？

針對『負片後像』結果的成因小組推論如下：
