

結合合作學習與5E學習環的 生物教學

張維倫 教師

◎ 臺中市立居仁國民中學

壹、前言

傳統的生物教學，往往強調的是「知識的灌輸」，要求學生能背誦課文中重要的內容，講述課文後的食譜式實驗活動目的是為了驗證課文的內容，學生似乎不是課堂中的主角，一切以教師試題空格的正確解答為依歸，無論「背多分」亦或「講光抄」，這樣的教學模式能否讓學習者認識學科整體架構，在概念學習上達到概念改變的成效，值得教學者思索再三。隨著十二年國教的推行，教學者在教學上應能使學習者達成「以關鍵能力的培養取代零碎知識記憶」的學習目標，而欲達成此一目標，在教學策略上必須有所突破。在生物教學領域影響深遠的美國生物科學課程研究（Biological Science Curriculum Study, BSCS）長期倡導5E學習環教學模式，以提升學生在知識、推理及論證之學習成效，然而由於5E學習環教學模式中常需要進行小組或全班的合作探討活動，是教師普遍覺得困難之處。合作學習在科學教

育領域推行多年，許多教師已逐漸掌握並熟稔合作學習教學模式，因此本文簡介結合小組合作學習及5E學習環的教學，並以筆者設計的教學活動為例，供教學者參考。

貳、建構主義教學觀與合作學習

不同於1970年代以前以教師的教學為中心的「傳輸式」傳統教學法，晚近建構取向觀點提出以學習者為中心的「建構式」教學主張，學生應是知識與意義的詮釋者、創造者、發明者與問題的探究者，將感官資訊與先備知識聯繫，形成意義；教師則轉變為問題與情境的設計者、討論的引導者與知識建構的促進者，協助學生主動再結構出接近科學社群認同的概念意義（王美芬、熊召弟，1995；甄曉蘭、曾志華，2002）。

由建構主義的觀點，在課室學習中，科學概念並無法經由教學者的傳輸直接傳達給學習者，而須個人經主觀認知建構，此時，

學習者的先備知識會影響知識建構的過程 (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985)；學習者本身與教學者或其他學習者的語言互動，也會幫助其自身在與他人的協商過程中建構出共識的科學概念 (Fosnot, 1996)。呼應建構取向的教學觀，國內九年一貫自然與生活科技領域課程綱要也提到教師在教學上應以學生活動為主體，以培養探究能力、進行分工合作的學習、能獲得科學智能、習得各種操作技能、達成課程目標為原則，可安排學生進行個人或小組合作的學習模式，養成學生主動學習，經由合作方式獲得學習的能力 (教育部，2003)，教學現場裡，學生必須藉由合作討論、查資料、日常生活經驗等管道尋求答案，如此獲致的學習結果都比單純只是「老師單純給答案」來的深刻也易懂，因為那是學習者主動建構出的結果。

Slavin (1990) 指出合作學習是一種有系統有結構的教學策略，在合作學習的環境中，教師將不同能力、性別、種族的學生分配於小組中一同學習，能適用在不同學科及不同年齡學生的學習。徐筱菁 (2006) 綜合各學者觀點提出，合作學習是將大約2-6位學生，有目的性的分為一組，使各組學生共同完成某些特定學習活動的教學過程，在這種以學習者為中心的教學過程中，小組每一位成員都對自己的表現負責，教師則扮演催化小組學習與諮詢的角色。

合作學習是一種運用很廣的教學方法，許多研究都指出，合作學習為有助於提升學

生的學業成就、學習動機、團體關係、自尊、對學校的態度 (張文哲譯，2007) 等，也適用於各學科及年齡層學生的一種有效教學策略 (薛秉鈞，2005)。在合作學習過程中，學生之間互動機會增加，心理學研究指出，這種社會性的互動能促使認知成長，使學生在討論中能思考並進一步建構自己的知識 (梁珠華，2005；劉新、林如愷、李秀玉、楊雯仙、張永達，2006)。

此外，合作學習並不同於傳統的小組學習，合作學習強調成員之間正向的交互作用，強調個人績效與團體責任，綜合多位研究者觀點與筆者在課室中實施的經驗，可以整理出合作學習所具有的五項重要特質 (黃政傑、林佩璇，1996；黃詠仁，2001；徐筱菁，2006)：

一、異質分組

做好異質分組是進行合作學習的第一要務，所謂的異質分組指的是將不同背景的學習者，依其性別、能力、生活環境、社經背景、學習成就等因素，將學生分配到不同的小組中，在異質的小組中能提供更多機會認識不同背景的學習對象，在面對相同問題時可能有不同的觀點與解決方式，分享彼此不同看法與經驗，經由這樣的互動能增進同儕間的人際關係，並可縮短高成就與低成就群間學生學業的差異，在小組每位成員成績都需列入整組加減分計算的情形下，高成就學生也大多樂意幫助低成就學生。



二、積極的正向互賴

即小組成員能知覺到要為自己及所屬小組成員的學習負責，認同整個小組是一個命運共同體，透過角色任務的分配、資源的共享、酬賞的互賴，小組成員禍福與共，努力做好屬於自己的本份，分工達成學習目標，教師要設定清楚的小組目標（例如設定報告評分各個向度，讓小組知道應努力的方向），並提供獎賞、資源。

三、面對面的正向互動

透過小組成員間直接的互動如：小組討論、相互解釋問題如何解決、教導其他成員，互相幫助或激勵，能有效刺激學生從事高層次的認知活動，而不再是孤立的學習。要達成成功的互動，小組人數絕不能多，筆者也會在正式課程前先教導學生溝通、積極傾聽、衝突調解等社交技巧。

四、強調個別績效

合作學習過程中，每個人對小組的表現都有責任，小組成就應歸因於每位成員的

努力，教師則必須評鑑各組中每一學生的學習情形，因此個別考試或隨機抽問、個人作業仍可實施，並將結果回饋給各小組每一成員，讓每個人都感覺到自己與其他人學習成功之間的重要性，也知悉誰需要支持、鼓勵或是協助，最終達到每個人不需其他成員的協助，也可接受測驗。

五、團體歷程

小組需定期反省與思考，分析小組在學習過程中運作以及功能發揮的情形，並決定何者宜繼續存在，何者應調整，透過這樣的過程可使小組更有效率的達到團體目標，教師則要安排時間讓小組做自我的檢視與澄清、反省，最後給予回饋，使小組能不斷成長，筆者之具體作法為提供小組自評表與教師觀察表，在撰寫與討論的過程中有助反思。

郭家豪（2004）提出，合作學習的特質可以跟我國九年一貫課程中為實現國民教育目的致力達成的「十大基本能力」做一對照（教育部，2003）：

表1 合作學習特質與十大基本能力之對照

合作學習特質	可養成之基本能力
異質分組	主動探索與研究、獨立思考與解決問題
積極的正向互賴	尊重關懷與團隊合作
面對面的正向互動	表達、溝通與分享、尊重關懷與團隊合作
強調個別績效	主動探索與研究、尊重關懷與團隊合作
增進社會技巧的運用	表達、溝通與分享、尊重關懷與團隊合作
團體歷程	尊重關懷與團隊合作

在傳統講述教學中，「尊重關懷與團隊合作」或是「表達、溝通與分享」等基本能力較難以養成，但合作學習教學能藉小組活動中，獲得社會技巧的訓練，更由同儕的討論、報告中，進一步的激發學生「主動探索與研究」、「獨立思考與解決問題」的能力開展。

參、5E學習環教學模式

學習環是建構主義取向的一種教學方法，常應用於教師設計科學課程與教學策略的發展，這種教學法將教學活動區分為幾個階段（曾燕玲，2005），此類教學模式源於皮亞傑的認知發展理論，尤其是該理論中的心理功能模式（mental function model），藉由幫助學生反思在學習活動中的所得，使學生察覺自我的推理歷程（Scharmann, 1991）。

1980年代後期，美國生物科學課程研究（Biological Science Curriculum Study, BSCS）根據Bybee及Landes（1988）的研究，於出版的教材中廣泛運用5E教學模式，其5個教學階段分別為投入參與（Engagement）、探索（Exploration）、解釋（Explanation）、精緻化（Elaboration）、評鑑（Evaluation），各階段的內涵與作法如下（Bybee, 2006；王美芬、熊召弟，1995；林曉雯，2000；趙偉智，2006）：

一、投入參與

教師利用閱讀活動、影片剪輯或問題、其它小活動引起學童參與學習的動機，引導學生的心智投入課程的主要概念當中，並將學生既有的經驗與課程內容相連結，同時偵測學生的背景知識與先備概念，關注學生在當下學習的思考歷程。

二、探索

在此階段學生能有足夠的時間形成計畫，合作調查、探討某一概念，建立起一般的經驗基礎，並分享對這些學習任務的瞭解，獲取能解決問題的證據，然後基於先備概念與新經驗，澄清並提出解釋。在此過程中教師協助學生進行探索，學生從中學習新概念與過程技能。

三、解釋

教師鼓勵學生對上一個階段探索的經驗做出合理的解釋，澄清學生的瞭解，再以學生的想法為基礎，運用講述、影片、各類教學媒體等方式正式地介紹新的科學概念與知識、科學技能。

四、精緻化

激發學生能應用所學的概念，來解決新的問題，這些新的問題要能包含課程的核心概念，並在解決過程中深化學生對課程的理解。學生在精緻化的階段要能將學到的概念應用於日常生活的事件上，或能將類似的過



程和概念與其它科目互相連結。在此階段教師要能重視學生之間的互動，營造促使學生討論與合作的學習環境，鼓勵學生分享想法並給予回饋。

五、評鑑

散佈於整個教學活動中，學生自評、反思他們對新習得的知識、概念、能力的瞭解程度，教師在此階段可以評鑑學生的表現與進步的情形，了解教學後是否可達成教學目標。此外，在每個階段的教學活動中，也都可進行形成性評量，讓學生有應用科學知識、技能，及瞭解實務過程的機會。

整體來說，5E學習環教學模式的特性是先提供令學生困惑的學習情境，使學習者能：澄清先存知識；經由動手操作，探討激發思考相關的問題；發展、澄清及建構有意義的解釋；延伸與運用新知識於日常生活當中，教師可使用不同的評量策略以了解學生

的學習情形，以期能經由這種教學模式，辨識學生的另有想法，提供矛盾事件與引導建構知識的歷程，達到改變學生概念的目的（林曉雯，2008），並且能建立良善、促進學習者參與的教室氣氛。雖然現行的某些教科書並非以學習環的方式組織教材，但大多能加以調整以符合學習環的教學方式（林佳儀，2008），教師不再是正確反覆傳授科學家的研究成果與結論，學生能在學習的過程當中建構自己的知識，建立學習的主體性。

需注意的是，在進行投入參與、探索、解釋、精緻化四個階段後，也可以依照教學的需求再次重複進行探索、解釋、精緻化步驟；或是在評量後再次進行探索、解釋、精緻化的循環，以達成教學目的，並非只能以直線式的固定的順序進行教學活動，而可採循環式、有彈性的方式完成整個單元的教學（黃松源、王美芬，2001）。在各個階段中師生所扮演的角色與實施方法如表2所示：

表2 5E學習環教學模式各階段教學活動師生角色與可能的實施方法（修改自林曉雯，2001；林佳儀，2008；曾燕玲，2005）

教學活動	教師角色	可能實施方法	學生角色
投入參與	1.引起學生的興趣與好奇心	1.提出有趣的問題 2.三分鐘的自由寫作	1.將自己知道的概念寫或說出來
	2.提問引發學生反應，瞭解學生對概念的想法、理解程度	3.使用與概念相關的一段新聞影片或錄影帶 4.繪圖 5.實物展示 6.科學史小故事	2.提出問題，如「對於此事我已經知道哪些？」、「從這裡我可以發現什麼？」 3.對所教的課題感興趣

探 索	<ol style="list-style-type: none"> 1.鼓勵學生一起學習、操作，而非直接指導或說明答案 2.觀察、聆聽學生之間的互動 3.提出探討問題，給予學生探究的方向 4.讓學生有充分思考的時間 5.扮演諮詢者的角色 6.必要時給予更深入的問題重新引導學生 	<ol style="list-style-type: none"> 1.針對問題提出引導發現式的調查活動 2.放映影片，讓學童探討主要的概念 3.從報紙、雜誌或錄影帶中探究有趣的自然現象 4.閱讀與中心概念相關的文章，進行有趣的描述與比較（但不要作深入的說明） 	<ol style="list-style-type: none"> 1.以自我為主體，在活動範圍內自由思考 2.提出新的預測、假說並加以檢驗 3.嘗試其它方式並與同學討論 4.記錄觀察與想法 5.暫不下判斷 		
	解 釋	<ol style="list-style-type: none"> 1.鼓勵學生用自己的話解釋實驗的結果或概念 2.要求學生提出證據，依證據做論證或澄清 3.以學生先前經驗為基礎解釋概念 4.提供概念正式定義與解釋 	<ol style="list-style-type: none"> 1.基於觀察、數據與推論提出合理的解釋或說明 2.引入或定義重要的科學名詞 3.閱讀課本的說明 4.應用圖片、投影片對探討的事件進行說明 5.閱讀、分享科學史上有趣的發現與解說 6.邀請某些學生教導其他學生相關的主題概念 	<ol style="list-style-type: none"> 1.將自己實驗的結果提出來，接受同儕或教師的提問，做辯護或澄清的工作 2.在解釋中運用先前觀察的記錄 3.注意聆聽他人的解釋 4.可對別人的解釋提出質疑 5.聆聽並設法瞭解教師的解釋，學習新的定義、字彙 6.接受並修正自我的概念 	
		精 緻 化	<ol style="list-style-type: none"> 1.提供學生使用先前所接受定義、解釋與新概念的機會 2.鼓勵學生應用並擴展概念於新情境中 3.建議做出另外的解釋 4.針對已知的證據問學生：「你已經知道什麼？」、「為什麼認為如此？」 	<ol style="list-style-type: none"> 1.將主要概念連結到社會脈絡之上，強調某事件的概念發展並說明 2.觀賞並深入討論錄影帶或電視特別報導 3.設計概念圖，呈現主要概念之間的關係 4.製作一個相關的模型，展示某概念或原理，並能解釋運作的機制 	<ol style="list-style-type: none"> 1.對教師提供的新問題能以新習得的知識來解決 2.應用先前的資訊提出問題 3.提出用來做決定與做實驗的解釋 4.根據證據下結論 5.對觀察與解釋做下記錄 6.運用觀察的記錄來做解釋



機制

評 鑑	1. 觀察學生如何應用新的技術與概念來解決問題	1. 提供機會讓學生在新情境中檢驗他們的解釋，以及行為、態度的正確性	1. 能將所學的新知應用在生活中，自己解決問題
	2. 評估學生的知識與技術	2. 運用各種正式或非正式評量方式知道學生瞭解的情形	2. 顯現出對概念的理解
	3. 注意學生對概念的瞭解是否有增長	3. 評量學習活動中包含的科學概念、態度與過程技能	3. 能評估自己的進步
	4. 讓學生評估個人及團體的學習技巧		4. 能鼓勵自己做進一步的探究
	5. 提出開放式的問題評量學生，如「你為什麼認為…?」、「你如何解釋…?」		

從上表的歸納可看出5E學習環的教學模式中，不以教師的講述為教學主體，灌輸學生許多的科學概念，而是以實驗或活動引領學生接觸、發現現象，探索問題，讓學生在學習過程中有較多主動參與的機會。在教學的各階段中，除了考量到學生個人的認知發展外，也要考慮到學生在互動過程中的認知改變，與知識建構中的社會性因素，在學生生理、心理準備進入課程的投入參與階段，讓學生經驗概念衝突，產生內在動機，此時安排促進概念可理解性、合理性的課程情境，以順利讓學生進入探索與解釋階段，在精緻化與評量階段，則置入新情境，讓學生在挑戰概念的同時，也發覺到概念的豐富性，可以解決新情境中的例子，達成概念改變（蘇育男、徐順益，2009）。

肆、結合合作學習與5E學習環的生物教學——以恆定性為例

合作學習是一種合作型態的教學，採取異質性分組方式，將班級學生分成好幾個小組，在分組學習過程當中，學生互相指導和幫忙，5E學習環教學模式的特色在於先以活動引起學生的學習興趣，讓學生以建構方式合作探討概念，再讓學生以自己的話解釋剛剛所學的概念，此時教師引進能含括概念的新名詞或作概念的澄清，然後讓學生以新習得的概念應用於不同的情境或擴展知識，也達到評量的目的（林佳儀，2008），筆者結合兩種教學法，於下表呈現運用於國一恆定性單元教學時的具體作為構思：

表3 結合作學習與5E學習環教學模式應用於恆定性單元課室教學的構思（修改自范瑞娟，2005；紀雅芳，2007）

5E學習環階段	學生學習活動	教師教學活動
1. 投入參與 給予連繫過去經驗的學習任務或情境，引起學生興趣來參與	學生能參與教師所給的問題情境，這些問題與學生生活的經驗有關，喚起學生的舊經驗，連結到其下的課程，並組織學生目前學習活動的思考。	教師提問與學生生活經驗相關，同時與恆定性單元內容有關的問題，讓學生從切身的經驗出發，建立學生對學習任務的興趣。
2. 探索 使用直接的具體經驗觀察，引導學生主動探索，發展學生概念跟操作技能	小組進行合作學習，由各組的組長帶領組員在審慎思索後寫下所有可能的答案，或是能收集資料製作成圖表，觀察圖表中的趨勢。	設計讓學生能探索的問題，在學生討論後請某幾個小組的特定成員報告討論的結果，再由全體同學加以評估。教師在此過程是諮詢者，巡視各組學生的互動情形，並給予適當回饋。
3. 解釋 學生對觀察、討論、探索的結果進行解釋，描述對概念的理解；老師針對專有名詞、概念作說明	學生能踴躍投入，展現他們對概念的理解，或是在聆聽解釋的過程中檢視自己原先的觀點，找到衝突之處，進而修正原有想法，或是擴充對概念的理解，體會到有其它想法的存在。	延續上一階段，讓不同的小組報告他們探索的結果，後續報告的組別會針對前面小組報告的內容加以補充或提出不同的看法，這時就是很好的澄清概念時機，教師於此時正式引介與概念相關的專有名詞。
4. 精緻化 給予具挑戰的任務或額外的問題，使他們驗證概念的正確性，產生合理的推論，鞏固新獲得的概念	延伸對概念的瞭解，並能進一步應用所學到的概念解決問題。	學生能在小組合作討論的過程中，完成學習單上所提出的問題，教師在學生討論過程中也能瞭解他們對概念的瞭解程度。
5. 評鑑 鼓勵學生評估自己的理解，教師也可作為教學改進的參考	檢視自己學習的成效，對自己建構出的知識及整個學習的歷程與態度印象深刻。	使用口頭問答、書面問題等方式評估學生學習成效，教師最後收回學習單批改，瞭解學生是否達成教學目標。



囿於篇幅，筆者現以恆定性單元中「血糖的恆定」一節為例子，呈現課程發展流程（實際執行本單元課程共五小節，六節課）：

一、第一步驟為相關文獻整理及恆定性另有概念的分析，與血糖恆定相關的另有概念如下（林英杰，2004；劉耀誠，2008）：

(一) 血糖的重要性

1. 血糖的重要性在於提供呼吸運動的能量來源。
2. 細胞運作所需要的能量主要來自肝糖。
3. 細胞運作所需要的能量小部分來自血糖。
4. 細胞活動所需要的能量主要來自於蛋白質，而非醣類。

(二) 血糖的來源

1. 攝食是血糖唯一來源，吃飯後血糖濃度最高，然後逐漸下降。
2. 肝糖由激素作用之後轉變成葡萄糖，是血糖唯一來源。
3. 消化作用所吸收的葡萄糖，細胞並不會直接利用，而是先轉變為肝糖，細胞需要時再變成葡萄糖進入血液中變成血糖。

(三) 血糖濃度的改變與恆定機制

1. 血糖濃度與活動力有關，睡眠、休息時濃度為最低點，吃飯、受到驚嚇或運動時都會大於最低點。
2. 睡眠時的血糖濃度最低，只要有升高之

後都會回到最低點。

3. 體內水分的含量高低決定血糖的濃度，所以人體是透過水分調節血糖濃度。
4. 運動使血糖降低，飲食會使血糖濃度提高。
5. 飢餓時血糖會被送到細胞以補充細胞所需的能量，所以血糖濃度會降低。
6. 血糖濃度降低會刺激胃分泌胃酸，身體產生飢餓感。
7. 飢餓感是因為低血糖的血液流經胃所產生的。

(四) 激素與血糖的恆定

1. 腎上腺素跟升糖素可以分解脂肪或蛋白質，以提高血糖濃度。
2. 腎上腺素跟升糖素可以使血糖變成肝糖儲存，以降低血糖濃度。
3. 腎上腺素跟升糖素可以促使身體進行活動，以降低血糖濃度。
4. 胰島素可以使肝糖釋放到血液中，提高血糖的濃度。
5. 胰島素可以分解脂肪或蛋白質，以提高血糖濃度。
6. 胰島素可以使血糖變成蛋白質儲存，降低血糖濃度。
7. 當胰島素分泌時，會抑制腎上腺素跟升糖素分泌，使血糖濃度提高。

(五) 糖尿病與血糖調節

1. 糖尿病是因為攝取太多糖份，使過多的糖份從尿液直接排出，與胰島素無關。
2. 糖尿病是因為腎上腺素分泌不足使糖份

- 無法進入細胞，於是隨尿液排出，與胰島素無關。
3. 糖尿病是因為攝取的糖份不足，促使胰島素加速體內肝糖的釋放，過多的糖份就從尿液排出，所以與胰島素有關係。
4. 糖尿病人血糖過高的原因是因為攝取過多的糖份。

5. 糖尿病是因為吃太多醣類，造成血糖太高，胰島素分泌過多所導致的。

二、再者依文獻探討結果設計教學方式，及設計5E教學策略學習單。

(一)分析該單元的重要概念，提取出來繪製成概念圖（如圖1）。

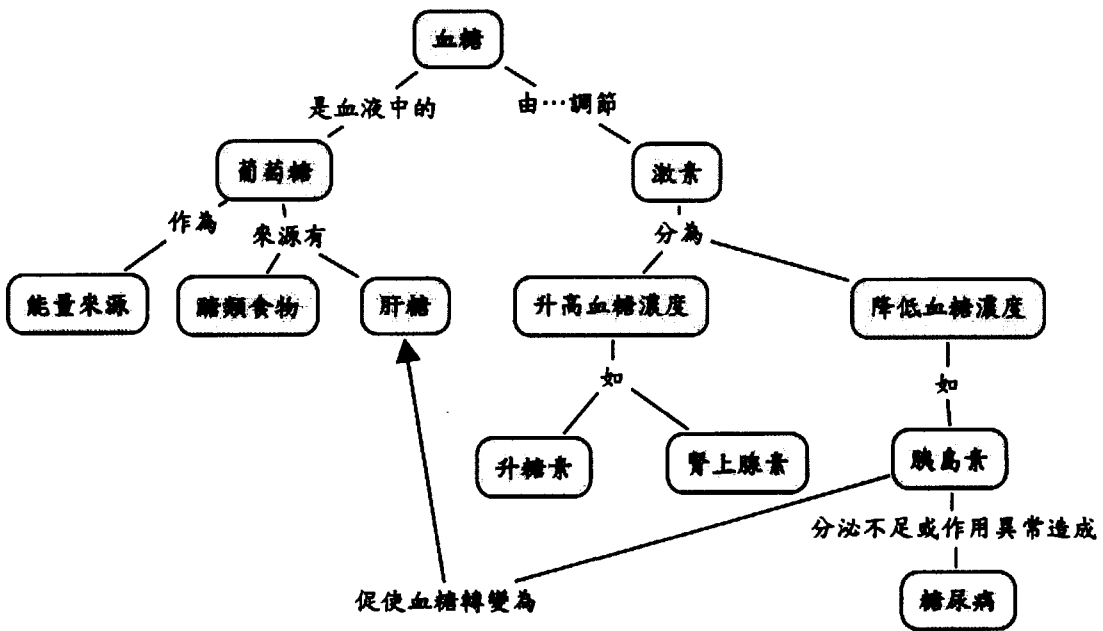


圖1 血糖恆定概念圖

(二)配合能力指標及教學目標，設計符合教學目標及5E教學模式的教學活動內容，教案詳細內容與實施流程如附錄一

三、筆者在學生透過分組討論、報告及操作模型的過程當中，學生能呈現出其先備知識或第一步驟整理出之另有概念，教師則可以在學生進行探索及解釋的過程中，瞭解、評量甚至改善學生的

學習。整個教學過程當中，學生依第一次段考自然科成績進行S型異質分組，期盼達到組內異質，組間同質的分組結果，每組人數為4人，共分成9組在生物實驗室上課，小組內每個成員皆需擔任不同的角色，促進小組成員的討論與互動，並輪流擔任發言者的角色，說明各個學習活動小組內討論出的結論。



伍、學生學習結果與回饋

一、學生學習感受之回饋

學生在生物實驗室以異質性小組的方式進行5E學習環模式的教學，在教學的歷程當中，學生必須要彼此互助合作，在討論的過程中共同完成學習的任務，因此較在教室內授課、固定座位的傳統教學法更有助於提升同學親和的感受，這點從部分學生的回饋中也可略知端倪：

這樣上課可以跟一些比較厲害的同學切磋！

這樣的方式不會太拘束，可以彼此討論上課內容，我很喜歡。

跟班上同學會有較多的互動，較能了解同學們的想法。能跟同學一起討論、解決問題，增進同學間的情感。

在此次教學中，筆者將各組成員依照一年級上學期第一、二次段考成績排序編組號，各組的1號為成績最高者，以此類推，各組的4號為最須額外的支持，學業成績最低者，筆者在教學過程中，為了促進較低成就的學生參與，會以「這個題目我們請各組的4號發表，速度最快的加5分！」的教學語言，刺激每組的4號能趕快主動向組內其他成員請益，搶得發表活動結果之先機，另外為了促使所有人都有發表的機會，較為深入的內容筆者會分別請不同組號的學生回答，而在回答的過程中，學生更容易激盪出不同

的火花，對於不合理的答案進一步加以澄清，而得到全班同意的結論，學生課後在問卷的回饋可為佐證：

在小組討論跟實驗的過程中，我知道我也能更了解恆定性在說什麼，也可以說給同學聽。

現在比以前好很多，因為以前是老師在黑板上寫，我們在下面抄，根本不用動腦，相反的，現在一起討論，每組的討論再由老師總和檢討。

我們要多發言賺取分數，才能有獎品，老師用這樣的方式跟機會訓練我們要勇於發言，不能只是老師在講而已。

二、學生概念學習成果

筆者以劉耀誠（2008）發展之生物恆定性二段式概念診斷測驗為工具，在進行教學前後及教學後一個半月分別對結合作學習及5E學習環教學模式的班級（以下簡稱實驗組）及筆者進行傳統講述教學之班級（以下簡稱對照組）進行前後測及延宕測。先以前後測得分進行單因子共變數分析，結果如表4所示具顯著差異（ $p = .01 < .05$ ）， $\eta^2 = .10$ ，介於.06與.14之間，可表示為中度關聯強度（Cohen, 1998），顯示教學法與學習成效有中度的關聯強度，而實驗組在概念學習成效上顯著優於對照組，與曾燕玲（2005）、侯佳典（2007）、林佳儀（2008）、李家豪（2008）之研究有相同結果，顯示實驗組另有概念改變情形優於以傳統教學法進行教學的對照組。

表4 生物恆定性二段式概念診斷測驗前後測單因子共變數分析摘要表

來源	型 I平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性	淨相關Eta平方
前測	410.46	1	410.46	61.52	<.001	.48
組別	49.54	1	49.54	7.52	.01*	.10
誤差	454.45	69	6.67			
全體	914.44	71				

再將後測與延宕測成績進行單因子共變數分析，兩組學生在生物恆定性二段式概念診斷測驗延宕測成績平均數達顯著差異（ $p = .03 < .05$ ），實驗組在延宕測的得分顯著高於對照組，如表5所示，此一研究發現與

陳裕方（2004）、曾燕玲（2005）、陳俊宏（2009）的研究結果一致，顯示實驗組學生學會的概念可以保留較長時間，有助於學生認知學習上的表現。

表5 生物恆定性二段式概念診斷測驗後測與延宕測單因子共變數分析摘要表

來源	型 I平方和	自由度	平均平方和	F	顯著性	淨相關Eta平方
後測	501.07	1	501.07	69.40	<.001	.52
組別	33.73	1	33.73	4.67	.03*	.07
誤差	462.15	65	7.11			
全體	979.12	67				

陸、總結

在結合作學習與5E學習環的教學過程中，一開始雖有「自己能不能作得好，學生能不能作得到」的憂慮，但看見學生們個個試圖嘗試挑戰學習任務，忙著討論的神情姿態，才發覺那些擔心實為多餘，若學生能在學習的過程中獲得更多正向的感受，他必然會對這個科目的學習更有信心，那便是教與學之福，鼓勵大家一同調整己身的教學型態，嘗試不同的教學方法。

參考文獻

王文科（2004）。課程與教學論。臺北：五南書局。

王美芬、熊召弟（1995）。國民小學自然科教材教法。臺北：心理出版社。

李家豪（2008）。應用5E教學模式探討國中學生的「配方法解一元二次方程式」概念改變之研究。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。

林佳儀（2008）。5E學習環教學模式對國一學生學習演化單元概念影響之研究。未出版之碩士論文，國立高雄師範大學科學教育研究所，高雄市。

林英杰（2004）。應用二段式診斷工具探究國中二年級學生對生物恆定性的了解。未出版之碩士論文，國立嘉義大學科學教育研究所，嘉義市。

- 林陳涌、徐毓慧（2002）。國一學生對血糖恆定性的先前概念。科學教育學刊，10（4），373-387。
- 林曉雯（2000）。建構主義教學策略—學習環的基本理念及國小自然科學教學設計舉隅。屏師科學教育，11，43-51。
- 林曉雯（2001）。國小自然科教師試行「學習環」之合作行動研究。屏東師院學報，14，935-986。
- 林曉雯（2008）。科學教師教學評量專業成長與實務。屏東：屏東教育大學。
- 侯佳典（2007）。5E 探究式學習環教學對國二學生浮力概念改變成效之研究。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學物理學系，彰化市。
- 紀雅芳（2007）。5E學習環融入數學探究教學對八年級學生數學學習動機影響之行動研究。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化市。
- 范瑞娟（2005）。將RME理論精神融入5E教學模式試行於九年級數學課室之行動研究。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文，彰化市。
- 徐毓慧（2002）。利用前置組織因子增進恆定概念學習之研究。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學生物學系，臺北市。
- 徐筱菁（2006）。合作學習應用於生物實驗課程對國一學生學習動機、學習策略及學習成就之影響。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學生物學系，彰化市。
- 張文哲譯（2007）。教育心理學——理論與實際。臺北：學富文化事業有限公司。
- 教育部（2003）。國民中小學九年一貫課程綱要——自然與生活科技學習領域。臺北：教育部。
- 梁珠華（2005）。以合作學習的教學策略來提昇學生學習動機的行動研究。未出版之碩士論文，國立高雄師範大學科學教育研究所，高雄市。
- 郭家豪（2004）。運用合作學習教學法於自然與生活科技領域以提升國中學生基本能力之行動研究。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學科學教育研究所數理教學碩士班，彰化市。
- 陳俊宏（2009）。以5E學習環教學模組探討國小學童之學習成效——以奈米科技議題為例。未出版之碩士論文，國立屏東教育大學數理教育研究所，屏東市。
- 陳裕方（2004）。以5E建構式學習環教學探究國小學童「生鏽」概念改變之研究。未出版之碩士論文，國立屏東師範學院數理教育研究所，屏東市。
- 曾燕玲（2005）。5E學習環教學對國小六年級學童燃燒概念改變之研究。未出版之碩士論文，臺北市立教育大學科學教育研究所，臺北市。
- 游淑娟（1996）。建構式教學模式和科學教學焦慮感之縱貫研究。論文發表於中華民國第九屆科學教育學術研討會論文集編，547-559。

- 黃松源、王美芬（2001）。國小自然科建構取向教學之行動研究。科學教育研究與發展2001專刊，57-82。
- 黃政傑、林佩璇（1996）。合作學習。臺北：五南書局。
- 黃詠仁（2001）。一位國小自然科教師實施合作學習教學研究之行動研究。未出版之碩士論文，臺北市立師範學院自然科學教育研究所，臺北市。
- 甄曉蘭、曾志華（2002）。建構教學理念的興起與應用。載於詹志禹主編：建構論——理論基礎與教育應用。臺北：正中書局。
- 趙偉智（2006）。整合學習環策略於數位學習內容的成效之研究。未出版之碩士論文，國立臺南大學資訊教育研究所，臺南市。
- 劉新、林如愷、李秀玉、楊雯仙、張永達（2006）。小組合作學習的教學理念與實務。科學教育月刊，294。臺北：臺灣師大科學教育中心。
- 劉耀誠（2008）。應用二段式概念診斷測驗探究中學生生物恆定性之另有概念。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學生物學系，彰化市。
- 薛秉鈞（2005）。合作學習融入閱讀策略教學模式對國中學生科學文本閱讀理解之研究。未出版之碩士論文，國立高雄師範大學化學系，高雄市。
- 蘇育男、徐順益（2009）。融入多面向架構5E教學模式對八年級學生熱學概念改變與學習動機之研究。數理學科教學知能，1，44-62。
- Bybee, R. W. (2006). *Enhancing science teaching and student learning: A BSCS perspective*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological science curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25 (8), 36-37.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp.1-9). Buckingham, England: Open University Press.
- Fosnot, C. T. (1996). Constructivism: A psychological theory of learning. In C. T. Fosnot (Ed.), *Constructivism: Theory, perspectives, and practices* (pp.8-33). New York: Teacher College.
- Scharmann, L. C. (1991). Teaching angiosperm reproduction by means of the learning cycle. *School Science and Mathematics*. 91, 100-104.
- Slavin, R. E. (1990). *Cooperative learning: Theory, research, and practice*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.



附錄一 血糖的恆定教學流程

單元名稱	血糖的恆定	教材來源	各版本自然與生活科技領域第一冊教科書、自編教材
設計教學者	XXX	教學時間	1節課
教學班級	年班	學生人數	36人
教學資源	學習單、課本		
教學策略	5E學習環模式		

教學單元 活動	學習環 階段	教師教學流程	學生活動流程	對應 能力指標	時間
6-4 血糖的 恆定	投入參與	先以「有時候餓了忍耐一段時間不吃東西，一段時間後就不覺得餓了」的生活經驗為引子，引發學生對本節課程的好奇心	從思索生活中經驗出發，表現出對這個主體想要進一步瞭解的興趣	2-4-1-2	2分鐘
【學習活動一】	探索	讓所有同學閱讀一篇關於「糖尿病」的文章，引導學生回答文章後附的問題	在閱讀的過程中摘要重點，並能記錄自己在閱讀過程中的發現	1-4-5-2 1-4-5-3	8分鐘
【學習活動二】	解釋	以「翹翹板」模式圖來讓學生試著解釋血糖機制這個概念，分為1.血糖濃度上升時及2.血糖濃度下降時的調節（教師在此要能觀察學生的討論並觀察他們的反應），另外也提出在3.緊急狀況下時腎上腺素分泌所引發人體的生理變化與血糖調節之間的關係	學生能說明（1）血糖濃度上升時；（2）血糖濃度下降時人體血糖調節機制，並能在老師講解後修正原有的另有概念	1-4-5-3 2-4-2-1	10分鐘

【學習活動三】	精緻化	以「小明一天血糖濃度的變化」為例，讓學生能運用前一個學習活動學到的主要概念於其上，解釋一天中血糖濃度維持恆定的機制	學生能在這個新情境中，運用之前的概念於其中，說明各階段讓血糖濃度回復至正常範圍的運作機制	1-4-5-4 1-4-5-5 2-4-1-2 7-4-0-1	10分鐘
【牛刀小試】	評鑑	分為三部分，第一部分提供一張描述血糖恆定的概念圖，讓學生應用學會的知識去說明這張圖的內容，顯現出對概念的理解，並提出是否能在這張概念圖上加入新的概念與連接詞的問題，在團體討論的過程中評估學生的參與；第二部分則是呈現翹翹板模式圖，讓學生解題；第三部分回歸一開始的生活經驗，讓學生由試著解釋答案的過程中體認本節所學內容的概念豐富性可用來解決現實生活的問題	寫完後要能在聽老師講解的過程中檢視自己對此概念的瞭解	1-4-5-3 1-4-5-5 5-4-1-2 6-4-2-2	15分鐘



附錄二 血糖恆定學習單

6-4 血糖的恆定

你會有過這樣的經驗嗎？有時候餓了忍耐一段時間不吃東西，一段時間後就不覺得餓了，這樣的生活經驗與本節的課程內容間有什麼相關呢？

【學習活動一】

◎請先閱讀下列關於「糖尿病」的文章後，根據之前所學過的科學知識及課文、本文章內容，小組討論回答以下問題：

正常人進食後，食物在消化道中被消化分解產生葡萄糖，葡萄糖被小腸絨毛吸收後，經由血液運送至全身（血中的葡萄糖稱為血糖），包括胰臟，在此時會刺激胰臟中的胰島釋出胰島素，胰島素可幫助葡萄糖進入身體各組織細胞，經呼吸作用轉變成能量，或貯存在肝、肌肉以及脂肪細胞中。

如果沒有胰島素，或者身體各組織對胰島素不發生反應，則葡萄糖就不能被利用，於是血液中葡萄糖含量便會上升。當血糖升高到某一程度，超過腎臟所能回收的極限時，葡萄糖便會從尿液中「漏」出，所以稱之為糖尿病。

其實只有血糖超過訂定的標準便算是糖尿病，不一定要有尿糖存在才算糖尿病，由於血糖要高到某程度才會有尿糖出現，所以測定血糖較尿糖準確。診斷糖尿病是以測定血糖為主。當血糖高達180 mg/dl時，超過腎臟再吸收糖的極限，糖分便從小便中排出。

由於糖本身的滲透壓高，在糖分從小便中排出時，會伴隨大量水分和電解質的流失，使得細胞脫水，所以會出現尿多，口渴，多吃，疲倦，體重下降等典型症狀。其他症狀還包括手腳麻痺，視覺模糊，皮膚傷口不易癒合等。

<修改自 www.vghtpe.gov.tw/~meta/edubl.htm>

1. 「血糖」的定義是什麼？血糖的來源可能有哪些？

2. 血糖對人體有何重要性？

3. 想一想，當血糖濃度過低時，對人體有何影響？相反的，當血糖濃度過高時，對人體有何影響？

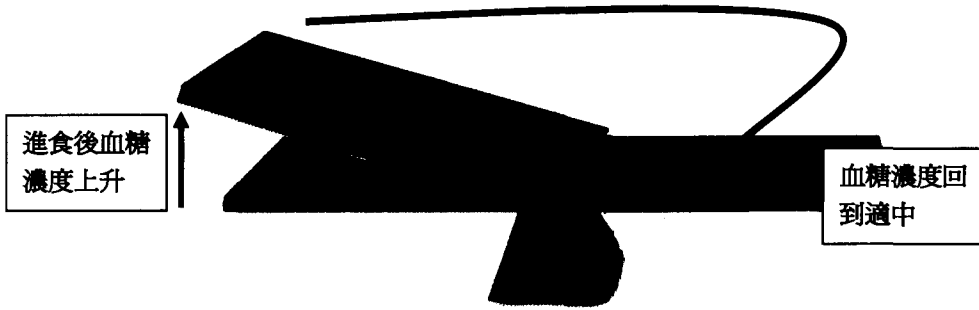
4. 糖尿病的症狀有哪些？如何減緩糖尿病的症狀呢？

5. 查一查，課文中與調節血糖濃度相關的激素有哪些？

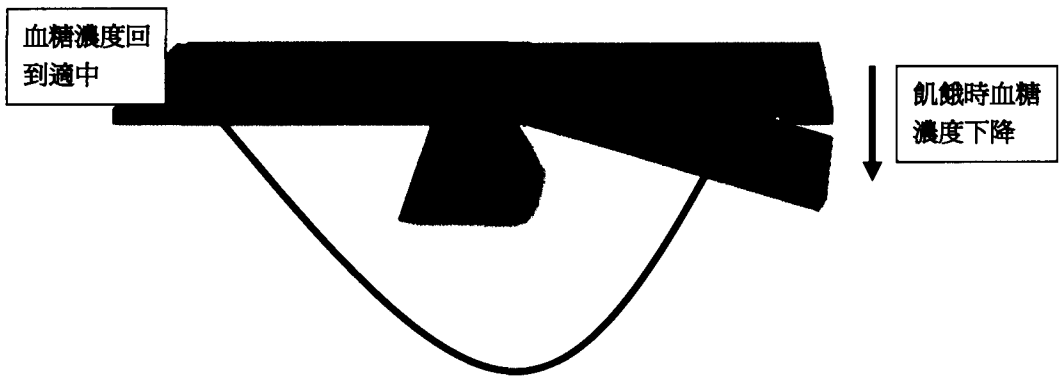
【學習活動二】

◎以「翹翹板」模式圖來試著解釋血糖的恆定：

1. 血糖濃度上升的調節模式



2. 血糖濃



3. 在緊急狀況（被狗追、看恐怖片）或運動時，體內會分泌何種激素？產生哪些生理變化？產生這些生理變化的目的為何？

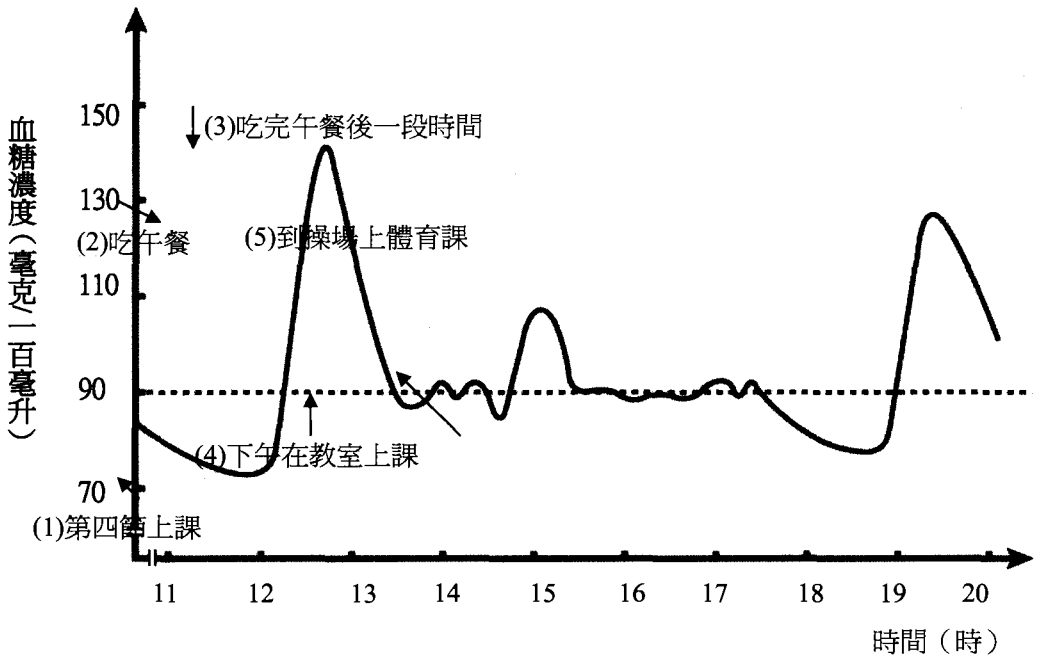


【學習活動三】

◎下圖是小明一天中從中午到晚上血糖濃度的變化圖，請說明

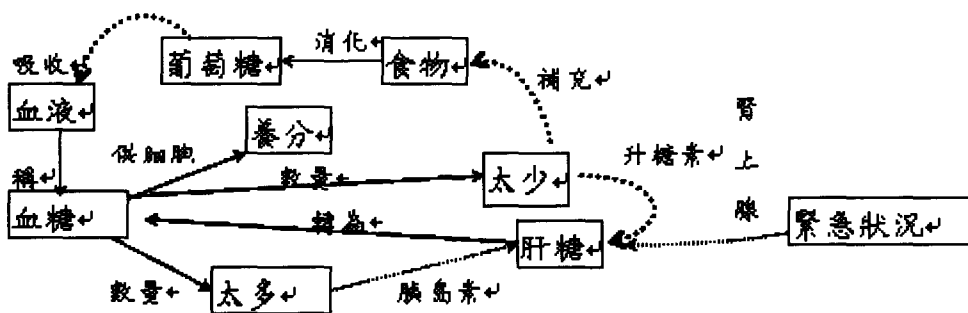
1. 血糖濃度的正常範圍？

2. (1) ~ (5) 各階段血糖濃度上升或下降的原因為？



【牛刀小試】

- 下圖是一張血糖恆定的概念圖，(1) 試著說明這張概念圖中關於血糖恆定的機制，
(2) 小組討論後看看能不能在這張概念圖上加入新的概念與連接詞，讓這張圖更完備：



2. 下圖為血糖調節圖，下列哪一個選項是造成情形甲的原因？

- (A) 胰島素分泌增加
- (B) 升糖素分泌降低
- (C) 小腸吸收葡萄糖
- (D) 隔餐未進食。



3. 現在你能不能說出，「餓了一段時間便不覺餓」的原因了呢？
