

後記

新手初體驗 團隊齊進步

新竹高中陳慕璇老師在她第一年任教時，即參與了高瞻計畫，憑著個人的努力和融洽的團隊合作，不但她所設計教案獲獎，也擁有了一个積極上進、教學相長的工作團隊。

趕鴨子上架速成長

第一年任教就參與教案計畫，陳老師坦言壓力很大，在試教教案時需要上課給團隊裡的教授以及其他資深的老師看，教授會在試教後針對上課的方式、內容提供修正的意見，因為教學經驗較不熟練的情況下，一開始不太容易掌握教授的要求和學生的程度，但經過參與教案製作的磨練後，陳慕璇覺得她成長了許多，和同期的老師比較起來，她能更快的掌握教學現場以及更快的從學生的反應、回饋去判斷該如何修正自己。

關於教案的主題，陳慕璇說，一開始一直在摸索到底要做什麼，後來融入高科技與探索教學的主題後，才逐一串起一個完整的教案計畫，這個主題在高中生物課程中本來就屬於不容易理解的部分，希望透過這個實驗課程能讓學生更具體的了解電生理學的內容。

實驗儀器與教學的困難

由於實驗課程裡的儀器，使用上需要有物理或電信背景，與機器磨合就花了不少時間，原理和實驗中間如果遇到問題就要再重新開始，克服了很多問題與心理障礙後才將教案和機器完全搭上線。在教案成為正式教學的一堂課後，最大的困難點便是沒有這門實驗課，陳慕璇解釋，因為高中學生課程十分繁湊，幾乎找不到其他彈性的時間可挪來上這個課程，因此，為了解決這個問題，去年（2010年）陳慕璇便將數理資優班的學生集合起來開啟了這門課程。

然而，在課程實施後，陳慕璇發現實驗課程對學生而言還是過於困難，因為一般高中的實驗課程都十分簡易，翻閱課本或參考書都有實驗步驟與實驗結果，但此課程完全找不到參考資料，而一般實驗課程兩節課的時間就綽綽有餘，但此課程數理資優班的學生花了三個小時都不太足夠。

陳慕璇說，因為電生理學的部分平常在課堂上學生就比較難理解，現在要學生自己動手做實驗，其實對他們來說真的蠻困難的，但她也表示有些同學的表現令她十分驚豔，因為她只有給學生一個實驗目標以及實驗所需的器材，要學生自行設計實驗內容，有些學生做的內容和成果是她預料之外，創意十足。由於所有實驗過程都要自己摸索，因此她也認為，上過這門課的同學對於做實驗的基本素養都會比其他同學來得完備。

團隊持續進修

在高瞻計畫結束之後，陳慕璇以及她的團隊並沒有就此停擺，繼續請專業的教授針對生物科目裡教學容易混淆的部分進行授課，並互相討論在授課上容易教錯和學生不易理解的部分，希望更精進教師的專業。也邀請新竹其他地區的老師一起做生物科的試題分析，針對鑑別度和難易度做考題上的修改，陳慕璇表示，這些活動對她的教學與學生的學習上有著莫大助益，她也說，參與高瞻計畫讓她感到最開心的地方莫過於擁有這樣一起相互幫助、共同成長的團隊！



不愛電玩愛玩電 電的跨領域教學

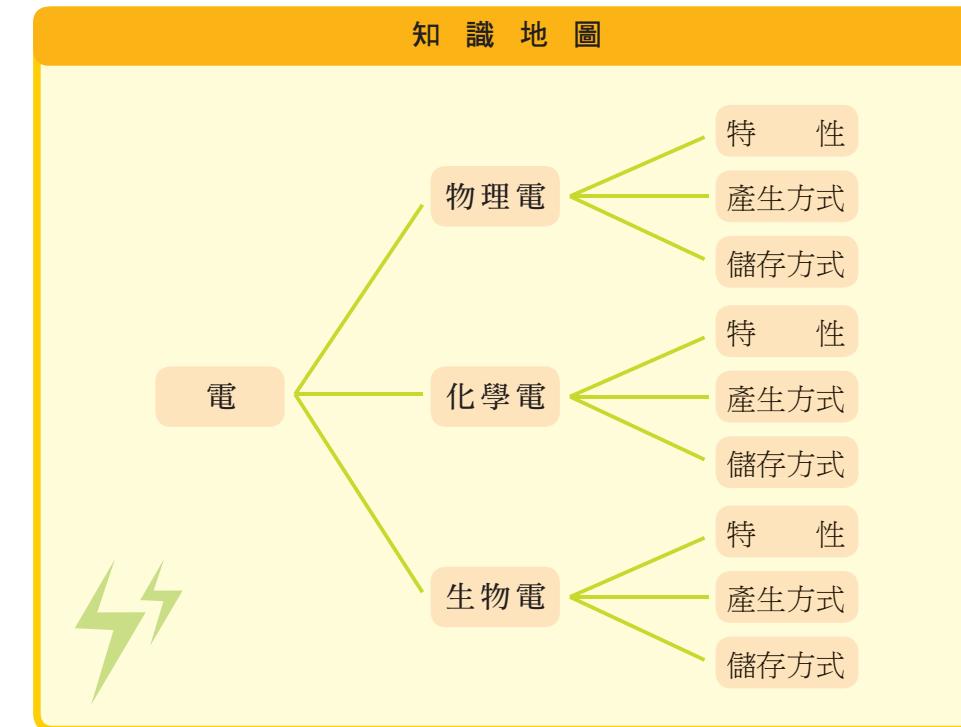
國立新竹高級中學
陳慕璇、馮蕙卿、林健志



不愛電玩愛玩電——電的跨領域教學

適用對象：高二學生

教學時間/節數：12小時 / 4節



A 教案設計理念

本系列教案整合了物理、化學和生物學科的電知識，讓高中生統整及建構出電的概念。課程中利用了清華大學開發的尖端科技之輔具及設備，是門科學與尖端科技銜接之建構課程。以探索式的教學模式進行，並營造能讓學生發展創造力的情境，除了知識的獲得外，也培養學生的創造力與解決問題的能力。

電生理學在高中生物學科中，屬於較艱澀的部分，很難讓高中學生理解及接受，課堂上礙於授課進度及材料的限制，教師多以講述教學法進行教學，很難引發學生的學習興趣及共鳴。高二的學生在接觸神經生理和電生理（高二生物下冊5-2神經與運動）前，已具備的知識為：化學電池、細胞學說、細胞膜的構造等，尚未有高三電學的概念。若能從先備知識延伸，如物理電、化學電等，並讓學生銜接概念知識並加以統整。修習過此課程後，有助於學生學習高二的神經生理和電生理，且能統整不同領域所講述的電知識。

學生在國中已具備電壓、電阻、電流的概念，也了解物理電是由電子的移動所造成。本課程先從生活中的用電談起，從物理的觀點介紹電。先從重力場的概念引導學生理解何謂電場，並了解電位能、電位等概念，只要具有電位差，即會產生電流。

倘若出門在外，現在也可以使用電池來取代，接著從常見的化學電池，介紹化學電。先複習化學電池的概念後，再讓學生操作濃差電池，讓學生討論出化學電池的必備條件。

引導學生討論，若生物有電的話，用何種方式產生電比較合理呢？讓學生建立出細胞膜電位的概念，並了解神經細胞可改變此電位作為一種訊號，若是同時併用多個細胞，甚至可從細胞間提升為個體間的實際功用。

利用MBL儀器，讓學生以胞外測量法體察生物電的存在，並藉由實驗推論出，具有放電現象的生物，和一般生物的差異。以及生物電的應用有哪些。

系列	課程名稱	內容	時數
1	認識電	物理電的介紹	3小時
2	化學電池	化學電的介紹	3小時
3	濃差電池與膜電位	介紹濃差電池 讓學生建構出細胞電池模型	3小時
4	生物電的測量	生物電的介紹3小時	3小時

**技能：**

1. 夠正確裝置並了解化學電池產生電能的原理。
2. 能以數位擷取器(DAQ)及數位式三用電表測量不同電池的電位差並了解其差異原理。
3. 能正確裝置半透膜，裝置出濃差電池。
4. 能將測量的數據處理，歸納出膜通透性的不同會對電解質濃度及對電位產生的影響。
5. 能設置好偵測生物電的相關裝置（水槽、接線、示波器、喇叭、胞外記錄放大器等）。
6. 能熟練地操作儀器，發現並解決實驗過程中的問題。

情意：

1. 透過團體實驗的進行與討論，讓學生學習聆聽與尊重它人的想法。
2. 讓學生了解團體的討論學習可以提升學習成效，而體認團體的重要性。
3. 學生能透過團體的分享與討論，連結化學與生物學原理，建構統整推衍形成生物學的新概念。
4. 透過親身的操作學習，與同學協調合作，提升學習的興趣，體驗自然科學的奧妙。
5. 能將科學概念應用於解決日常生活的問題。

C 教案方法

本教案中的教學方法包含兩大主軸，一為探索式教學，另一為讓學生自行操作實驗與分組討論。另外所使用的教學策略尚包含：引導討論、口頭講述、實作示範、簡報、電腦教學等。

B 教案目標**知識：**

1. 了解電場、電位能、電位、電位差的概念。
2. 了解電位差是造成電荷流電的原因。
3. 了解電容原理。
4. 了解化學電池作用的原理。
5. 了解當兩側系統的電解質濃度存在差異時可致造成電位差，當兩側濃度趨向平衡時電位差即消失。
6. 建構細胞維持穩定膜電位與控制膜電位的機制。
7. 能以物理、化學、生物學的原理分辨比較化學電池、濃差電池與真實細胞膜電位。
8. 能建構出細胞膜電位的概念圖。
9. 能建構出生物電的概念圖。

D 教案資源**硬體資源：**

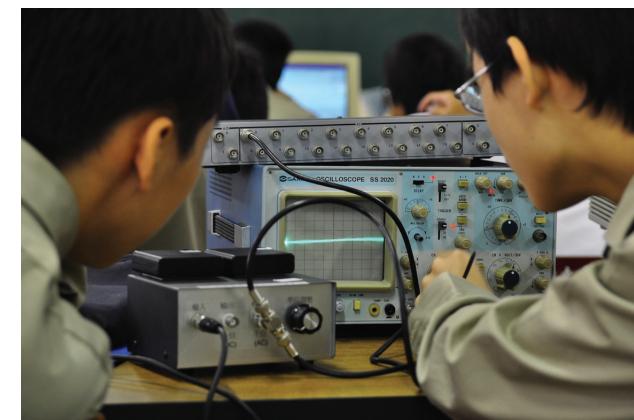
電腦、網路、投影機、裝有數位類比轉換卡（AD卡）的電腦（由清華大學生科系葉世榮教授提供）等。

軟體資源：

自編教材、DAQ軟體（由清華大學生科系葉世榮教授提供，操作說明請見附錄）等。

參考資料：

1. Campbell, N. A. & Reece, J. B. (eds). (2004). Biology (7th ed.). United States: Benjamin Cummings.
2. Caputi, A. A., Budelli, R., Grant, K. and Bell, C. C. (1998). The electric image in weakly electric fish: Physical images of resistive objects in *Gnathonemus petersii*. *J. Exp. Biol.* 201(14), 2115-2128.
3. 菲爾茲（民96年9月）。鯊魚的第六感。科學人雜誌。67。
4. 休伊特著、陳可崗譯（民97）。觀念物理—電磁學。天下文化。
5. 郭治（民90）。物理傳奇萬能的電。益智工房。
6. 佐卷健男著、廉源譯。趣味物理實驗。中國民族攝影藝術。
7. 葉世榮（民97）。老師不會教的神經科學。台北市：久石。
8. 楊斯皓、谷宗益（2004）。濃差電池與溫差電池。中小學科學展覽。科學教育館。
9. 嚴宏洋（民96年9月）。魚兒求生六技。科學人雜誌。67。1-5。
10. 周建和（民91）。街頭物理：彈奏物理的民歌手。物理雙月刊廿四卷一期。
11. 楊士模。富蘭克林鐘和富蘭克林馬達製作。
<http://physical.tcfsh.tc.edu.tw/physical/physdemo/select/s5-3/s5-3.htm>
12. 國立台灣師範大學物理系Demolab 物理教學示範實驗教室——鋅銅電池的工作原理。
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/index.php>
13. 國立陽明大學新世紀生命科學課程改進計畫，普生第26章神經系統。
<http://www.dls.ym.edu.tw/lesson/nerv.htm>
14. 細胞膜電位與動作電位。
<http://life.nthu.edu.tw/~g864264/Neuroscience/neuron/Potential.html>
15. 台灣師範大學生命科學系網頁——神經生理學。
16. 國立彰化師大化學系網頁。
17. 臺北縣立錦和高中資訊種子學校網站——理化科（鋅銅電池）。



E 教案活動

1. 共設計四套教案：
系列教案一：物理電。
系列教案二：化學電池。
系列教案三：濃差電池與細胞膜電位。
系列教案四：生物電。
(僅列舉教案一、教案三之教學設計流程附於本表格後。)
2. 教學活動中的實驗，皆提供實驗手冊。
3. 教案進行前，已讓學生認識並操作過DAQ軟體。

不愛電玩愛玩電 電的跨領域教學 系列教案一：物理電					
教學內容	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
	1. 热身開場 <ul style="list-style-type: none"> • 為什麼站在范氏起電機旁頭髮會豎立起來？（體驗電荷周圍也充塞著電場，也可使用箔驗電器觀察） • 為什麼向空中拋一顆球，球會沿曲線飛行，在高處放手，球會作自由落體？ 	讓學生可以實際體驗或觀察並發表自己的看法。	知道「場」在物理概念中，是指呈現某種現象的空間。球受到重力作用，地球周圍充塞著重力場。而電荷的周圍則充塞電場。	10	場的概念學生不易理解，可用更生活化的例子說明（例如：投籃的空間是籃球場、養牛羊的空間是牧場）。
	2. 瞭解場是可以儲存能量的空間 ，重力場能儲存重力位能而電場可儲存電力位能（電位能）。 <ul style="list-style-type: none"> • 將一物體舉起，在高處釋放與低處釋放，哪一個掉下的速度快大？ • 而將正電荷靠近一個帶有正電的物體，放開電荷會怎麼樣呢？ 	思考能量守恆概念。	能說出物體提高的距離愈大，重力位能增加愈多（抗拒重力場可以儲存能量）。釋放之後重力位能可以變成動能。	20	將正電荷靠近代表反抗電場，能使電荷儲存電位能。

不愛電玩愛玩電 電的跨領域教學 系列教案一：物理電					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	<p>3.引導出電位與電位差的概念。 •將鉛球和乒乓球舉到同一高度哪一個辛苦？兩者所儲存的重力位能是否會相同？ •若移動一個電荷和十個電荷相比，電荷儲存的電位能會相同嗎？ •為什麼鳥兒能棲息在高壓電線上，如果鳥將其中一隻腳跨到另外一條電線會怎樣？</p> <p>溫度差=>熱流 水位差=>水流（可用連通管示範） 電位差=>電流</p>	<p>思考為何要學電位，電位差有何意義。</p>	<p>知道電學中將每一單位電荷所具有的電位能稱為「電位」。 對於電位差使得電荷流動產生好奇心。</p>	20	<p>電位與電位能是不同的，學生容易混淆。</p> <p>藉由下面的實驗理解電位差概念。</p>
	<p>4.從實作中建構概念—透過箔驗電器了解電位差（電壓）。</p> <p>•若將一個帶負電完全張開的驗電器和另一個電中性的驗電器中間以導線連接，會發生什麼事？ •若改成帶負電半張開的驗電器和另一電中性的驗電器，結果呢？</p> <p>改成正電荷重複上述實驗，在意義上有何不同？</p>	<p>分組實際操作觀察，用電子移動思考討論後提出看法。</p>	<p>能透過金箔張開程度來判斷電流流向。明白驅動電子移動的力量有大小，得到電位差的概念。推動電子力量大的電位高。</p>	25	<p>在使用箔驗電器之前可先說明原理，並補充會移動的只有負電荷。</p> <p>教師可改變電荷搭配方式。</p>

不愛電玩愛玩電 電的跨領域教學 系列教案一：物理電					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	<p>5. Exp1—製作簡易電容器（萊頓瓶）。（實驗手冊詳見附錄一） •電能要怎麼儲存？介紹電容器原理。 •電容器製作方式：利用多個塑膠杯中間隔鋁箔紙相疊，另撕5公分寬鋁箔對折後一端塞入兩杯中間當引線，外杯鋁箔用膠帶固定。</p>	<p>思考塑膠杯相疊能當作電容器的原因。</p>	<p>能將電容器原理和簡易電容器連結。</p>	40	<p>材料：一捲鋁箔、塑膠杯數個、汽球（或塑膠水管）和絲絹（或紙巾）：起電用。</p>
	<p>6. 親身體驗電容器的靜電威力。</p> <p>•全班同學手牽手圍成一圈，指定某兩位放手，其中一位用放開的那隻手握住外杯鋁箔，讓引線朝外方便蓄電。另一位等蓄電準備完成後，用空的那隻手碰觸萊頓瓶引線。</p>	<p>學生圍成一圈。</p>	<p>因為所有的牽手的人都會觸電，因此知道簡易的電容器仍能儲存電荷。</p>	15	
	<p>7. 連結既有概念。</p> <p>•電池和發電機能供應使電荷移動的電能，能維持穩定電流。 •家用插座兩孔之間有110伏特的交流電位差，所以能產生電流。</p>	<p>將所學到的概念加以統整，並提出疑問。</p>		20	

不愛電玩愛玩電 電的跨領域教學 系列教案三：濃差電池與細胞膜電位					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	1. 热身開場： 生物善用哪些能量？ 生物運用電能做些什麼？ 細胞能放電嗎？請舉實例說明？ 細胞產生電位可能有什麼作用？	自由聯想或討論後同學提出自己的看法。	可以說出電鰻、電鯊、螢火蟲、皮卡丘等可能的聯想，有同學提到番茄電池或鯊魚的第六感—電感；有同學提到神經細胞可能仍不清楚化學電池與細胞的關聯。	10	從生活或學習經驗談起，引起動機。
	2. 提示關鍵問題： 生物用電來傳遞訊息時，是製造電壓還是電流？ 當使用電訊號來傳遞訊息時有哪些特色？ 細胞是如何產生電位的？ 生物可能用電池裝置來產生電位嗎？番茄電池是生物發電的例子嗎？	思考與討論連結物質科學的電概念與生物學的電概念。	需回答出離子電解質濃差電池概念。	10	將課程主題鎖定在細胞電位連結既有概念細胞主要運用電壓作功。
	3. 連結既有概念：提示實驗條件 細胞具備哪些條件來製造電位差？如果電極只有一種，電解質溶液也只有一種，電極之間還能產生還原電位差嗎？ 細胞內外的電解質存在濃度差嗎？ 如果生物細胞想藉由電解質的濃度差來產生電位差，細胞必須具備哪些條件？ 細胞在構造上有哪些特色有助於利用膜內外電解質間濃度的差距來產生電位差。	思考生物電概念，能辨証別組的論點，若有錯誤有能力指正。	需連結到細胞膜。	20	(評量) 有能力分辨化學電池與細胞電池具有類似的材料，卻用不同的機制製造電壓。

	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	4. 從實作中建構概念—濃差電池 (實驗手冊詳見附錄三)	從實作中建構概念。	需回想起電解質、電極及三用電表的概念。	70	老師可靠近參與討論，共同解決實驗操作問題。
	Exp1—量測因濃度梯度而產生電位的濃差電池電壓 實驗主題：如何能製造出最大電壓 電極：銀-氯化銀電極 電解質：甲杯：3M 氯化鉀溶液 乙杯：自行決定並正確稀釋氯化鉀溶液濃度 利用儀器測量出電位，比較不同濃度差所建立的電位，歸納找出其規律性。	裝置濃差電池 整理實驗結果。	稀釋正確、裝置正確。		建議以十的倍率稀釋。 三用電表以類比數位轉換器取代，更方便測量微小電位與紀錄結果。
	5. 實驗結果討論： 比較各組的電壓大小濃差電池電壓是如何決定的？ 甲乙兩溶液的濃度差距與所產生的電位有何關聯？ 電極之間並不存在金屬還原電位差時，還能產生電位差的原因為何？ 濃差電池與一般化學電池相比，有哪些異同？	觀察、測量及討論後開始建構概念。	濃差電池電壓由濃度差決定。	30	以正確科學態度處理數據。

不愛電玩愛玩電 電的跨領域教學 系列教案三：濃差電池與細胞膜電位					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	6.引導討論： 如果生物細胞想藉由電解質的濃度差來產生電位差，細胞必須具備哪些條件？ 細胞在構造上有哪些特色有助於利用膜內外電解質間濃度的差距來產生電位差。			20	
	7.從實作中建構概念—模擬膜電位（實驗手冊詳見附錄三） Exp2—細胞電池模型以透析膜模擬細胞膜，氯化鉀模擬細胞電解質；取3M-0.003M濃差進行膜電位實驗，定時偵測電壓。將數據作圖，觀察電壓變化趨勢。 實驗主題：模型細胞是否能模擬真實細胞維持穩定膜電位。			70	
	8.休息 個別討論			10	
	9.實驗結果討論： 比較各組的電壓變化趨勢。 膜電池實驗所測到的初始電位與使用鹽橋時所測得的初始電位一樣嗎？why？ 所測到的電位經過一段時間之後有何變化？why？	分組討論： 各組分析實驗數據，上台發表結果。 經討論思考，同學有自信樂於上台分享。	將細胞結構與電池結構連結	30	列入評量的概念有： 能正確運用關鍵字建構出新概念。 細胞只需利用微小的電壓差距來當作訊號。

不愛電玩愛玩電 電的跨領域教學 系列教案三：濃差電池與細胞膜電位					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	(續) 生物細胞的內外的離子會通透流過生物細胞膜嗎？ 當這些離子會自由通透細胞膜時會對膜電位產生甚麼影響？ 模型細胞是否能像真實細胞一樣維持穩定膜電位？	(續) 各組討論結果描繪膜電位概念。	(續) 發現模擬膜電位和真實細胞狀態有差距。 統整新概念：整理出膜電位的條件與特點。		(續) 老師鼓勵同學分享。 將每一組論點依概念的推進由淺入深依序統整。 (評量) 有能力分辨化學電池與細胞電池具有類似的材料，卻用不同的機制製造電壓。 (評量) 有能力整理出膜電位的條件與特點。
	10.引導探討： 如果生物細胞希望維持穩定的膜電電位，細胞必須具備哪些條件？ 如果神經細胞想以膜電位的改變當做訊號，細胞如何做到快速改變電位並迅速恢復電位？	統整新概念整理出膜電位的條件與特點。 思考生物電概念，能辨証別組的論點，若有錯誤有能力指正。	建構細胞控制膜電位機制。	10	

不愛電玩愛玩電 電的跨領域教學 系列教案三：濃差電池與細胞膜電位					
教學內容	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
	11. 綜合探討活動： 細胞電池模型是濃差電池嗎？ 細胞可以利用濃差電池的原理來 製造電位嗎？ 濃差電池與細胞電池相比，有哪 些異同？	透過問題引導 仔細比較化學 濃差電池與細 胞電池模型。	觀察、測量及討論 後建構概念。	20	評量的概念有： 生物細胞不具備適合各種離子反應的電極。 細胞膜的通透性改變時會造成膜電位的改變。
	12. 総延伸思考（評量）： • 還有哪些因素會影響到濃差電池的電位高低？ • 細胞用離子濃度差產生電壓必須具備哪些條件？ • 細胞產生電位有什麼作用的？ • 請設計一模擬細胞構造的電池裝置。 • 細胞用離子濃度差產生膜電位的機制有什麼特點與優勢？ • 細胞的電位變化很小，如何測出細胞的電位變化？請設計一個可以測定細胞電位的方法。 • 水族箱內的象鼻魚或鯊魚會放電嗎？是否能測量或證明？	回家作業： 在下個實驗之 前在網路上繳 交報告；教師 給予回饋。	分辨兩種電池的差 別。 思考膜電位概念， 能辨証別組的論點 ，若有錯誤有能力 指正。 串聯前後課程。	10	當細胞膜的通 透性改變時， 離子移動的種 類與速率都改 變了，因此造 成膜電位的改 變。 細胞膜上具有 簡單擴散以 外的管制，可 以製造快速的 通透性改變。 神經細胞將膜 電位的改變當 作一種訊號。 神經細胞上的 訊號可以沿著 細胞膜傳導。 (評量) 以概念圖的架 構評量學習成 效。

3-3
生物
教案設計



不一樣的生命
活化石三眼恐龍蝦(Triops)

國立中山大學附屬國光高級中學
黃翠瑩、廖純姿、謝佩好