

後記

奈米金屬研究專題 麗山高中學生大放異彩

以張堯卿老師所設計課程「奈米金屬」的知識為基礎，加上麗山高中的「專題研究」課程，學生們都能舉一反三，發展出五花八門的專題來！這麼有創意的學生，是怎麼養成的呢？

在張堯卿老師的專題課上，學生們坐在實驗室裡，成小組隊形，各忙各的，吵得很；張老師並沒有在講課，但是也一樣忙得不得了，因為學生會不時拿著資料來問問題。這就是麗山高中獨特的專題式教學，每週三小時，學生們自己想題目，自己發展，「有時候他們選的專題，老師也未必懂！」張老師笑著說，「不過我們就和學生一起學習嘍。」



用開放的教學思維 教出獨立自主的學生

張堯卿老師在大學畢業後，曾先後在私人檢驗公司及台塑LED廠上班，後來念了博班修了教程，才走上執教之路。或許是他的經歷和其他一路念教育上來的老師不同，他對待學生的方式也很不同，保持非常開放的心胸，會放任學生嘗試錯誤，或是做到一半改題目，老師只建議方向和文獻，其餘一概放學生去做，「我要是出手，研究就變成我的了，他們應該要對自己的實驗負責。」張老師說，「步驟要自己做，才會記得。」

做專題，乍看之下是學生自己做研究，老師只在旁別協助，但「協助」也是要做很多功課的。張老師躲開學生耳目，悄悄地說，「學生要讀的文獻，我全部都有收集到！雖然我不會給他們，我要他們自己找。」當學生們的研究有了些成果時，張老師會大力鼓勵他們參加各種科學獎、科展等，「做就對了！」是張老師愛掛在嘴上的話，學生們也都懂得把握機會，希望自己的作品有一天可以亮相。

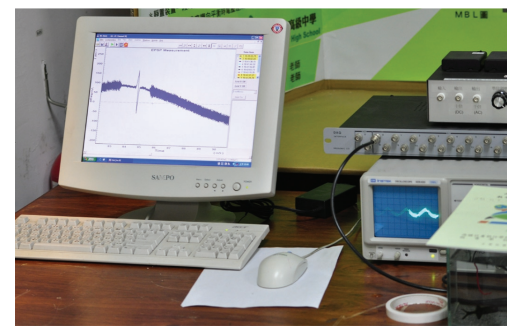
麗山高中專題研究課 學生選擇自己的路

麗山高中的學生，從高一一開始有固定每週三小時的專題課程，文科理科都有。高一上是探索期，總共可上三種不同的課程，學習基礎知識和探究能力，高一下就選定方向，高二開始進行專題研究。為了讓學生了解專題研究的步驟，張堯卿老師在高一下的高瞻課程中引導學生，整理資料、做實驗、上台報告，都由學生自己做，在四次上課時間內，就跑過一輪專題研究應有的流程；之後學生就有能力依自己的想法提出專題計畫書。「學生可以不用會很多知識，但要會獨立研究。」這是張老師的教學理念。

麗山高中自五年前開始進行高瞻計畫課程，以「綠手機」為主題，發展各科特色；張堯卿老師設計的奈米金課程，結合綠手機的「綠」，也就是環保議題，探討奈米金屬在綠色能源上的應用，並讓學生在課堂上以簡單的方式自製奈米金屬。學生們很快將新知識運用在專題中，例如奈米銀催化劑、奈米金加入葉綠素電池、使用奈米金當觸媒的毒氣淨化器等研究，屢屢在科展中抱下大獎，這都是麗山高中積極培養學生獨立思考研究的成果。「有很多大學教授對麗山畢業的學生印象深刻，驚訝於學生的思維如此奇特，和一般學生不一樣。」張老師講起自己學生，神情充滿驕傲，「培養基礎科學人才，國家才有希望！」麗山高中養出充滿創意的學生，獨特的課程設計功不可沒。

3-1
生 物

教案設計



我電故我在 細胞膜電位&生物電

國立新竹高級中學
陳慕璇、馮蕙卿

聯絡資訊

● 執行單位 ●

國立新竹高級中學 (03) 5736666

● 聯絡人 ●

陳慕璇	(03) 5736666 分機 407	mhchen@mail.hchs.hc.edu.tw
馮蕙卿	(03) 5777011 分機 318	jessicanehs@gmail.com

INFORMATON

我電故我在——細胞膜電位&生物電

適用對象：高二學生

教學時間/節數：300分鐘 / 6節

A 教案設計理念

本教案發展的是探索式的教學模式，期能培養學生創造力與解決問題的能力。並藉由學科整合的方式，釐清科學概念。

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，並讓學生銜接概念知識並加以統整，能順利讓學生建立出細胞膜電位的概念，了解神經細胞可改變此電位來作為一種訊號，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。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，且能培養學生解決生活問題的能力。

本教案從生活或學習經驗談起，從能量的觀點引導學生思考生物是否有電，若具有電位有何實際作用，作為本教案的熱身開場。為了解釋生物電的概念，先建立細胞電位產生的方式（細胞膜電位），運用細胞膜上離子通道的開關，肌肉和神經細胞即可產生動作電位。接著，再利用清華大學生科系葉世榮教授製作的設備，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。

細胞膜電位（150分鐘）：

因高二的學生未有電學的基礎，故先以學生容易理解的化學電池導入，使學生聯結既有的知識。電乃是能量的一種，生物若欲利用此種能量，則必須以特別的構造來營造出濃度差，並利用此濃度差驅動離子移動，以產生電壓。因此以實驗的方法，讓學生推導出細胞具有膜電位的概念，以及細胞膜的構造。

發展概念：

- 在電池裝置中進行適當的化學反應即可將化學能轉變成電能。
- 當同一電解質在兩燒杯間建立濃度梯度時可以形成濃差電池轉換出電能。
- 當半透膜兩側的離子不均勻分布時可形成濃度梯度建立電位差。
- 神經細胞以選擇性細胞膜將電解質分隔於兩側，可以在膜兩側測出膜電位差。
- 細胞膜的通透性改變時會造成膜電位的改變。
- 神經細胞將膜電位的改變當作一種訊號。

生物電（150分鐘）：

生物細胞間可以利用動作電位來進行溝通，甚至可以運用多個細胞同時產生的較大的電位差，作為個體之間的溝通，這些都是所謂的生物電。一般課堂內的講述法，多是講解後帶過，本教案為了讓學生能實際測量到生物電，讓知識和經驗能合併，故設計實驗讓學生親自操作並感受。但是，若真正要進行細胞膜電位的測量，在材料的處理上，為取得單一細胞，除技術上的困難外，操作過程為侵入性的，恐犧牲無辜動物，評估後認為並不適合高中學生來操作。因此，希望利用細胞外測量的方式，讓學生體察生物個體存在的生物電，為了實驗的方便操作，故選擇了會主動放電的弱電魚—象鼻魚，作為實驗的材料，使學生易於測量，並藉此延伸討論生物電的應用。

B 教案目標

知識：

- 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。
- 建構細胞維持穩定膜電位與控制膜電位的機制。
- 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。
- 能建構出細胞膜電位的概念圖。
- 能建構出生物電的概念圖。

技能：

1. 能正確裝置半透膜，裝置出濃差電池。
2. 能利用類比數位轉換器測出濃差電池的低電位。
3. 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。
4. 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）。
5. 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。

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：

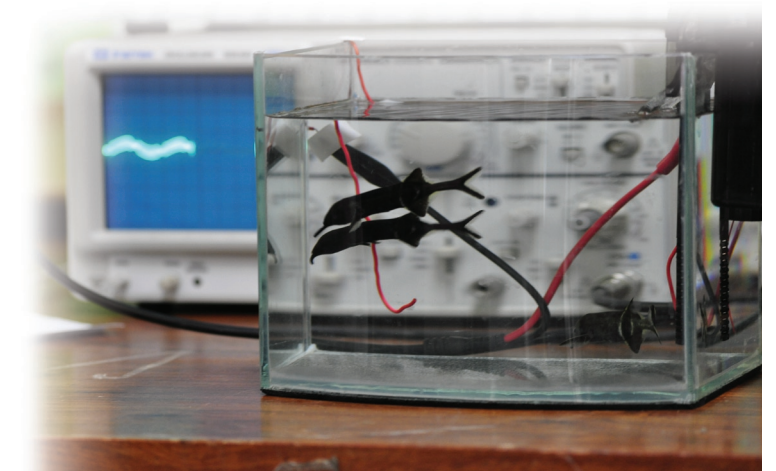
自編教材、DAQ軟體（由清華大學生科系葉世榮教授提供，操作說明請見附錄）等。

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. 葉世榮（民97）。老師不會教的神經科學。台北市：久石。
5. 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。
6. 嚴宏洋（民96年9月）。魚兒求生六技。科學人雜誌。67。1-5。
7. 國立台灣師範大學物理系Demolab 物理教學示範實驗室—鋅銅電池的工作原理。
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/index.php>
8. 國立陽明大學新世紀生命科學課程改進計畫，普通生物學第26章神經系統。
<http://www.dls.ym.edu.tw/lesson/nerv.htm>
9. 細胞膜電位與動作電位。
<http://life.nthu.edu.tw/~g864264/Neuroscience/neuron/Potential.html>
10. 台灣師範大學生命科學系網頁—神經生理學。

E 教案活動

1. 教學設計流程詳案附於本表格後。
2. 教學活動中進行的實驗，皆有提供實驗手冊。
3. 教案進行前，已讓學生認識並操作過DAQ軟體。
4. 本教案實際教學後，學生有針對相關主題進行研究，並實際完成科學小論文著作。



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. 熱身開場： 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、電鰩，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。

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	4. 從實作中建構概念-濃差電池（實驗手冊詳見附錄） 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。	從實作中建構概念。 裝置濃差電池整理實驗結果。	需回想起電解質、電極及三用電表的概念。 稀釋正確、裝置正確。	70	老師可靠近參與討論，共同解決實驗操作問題。 建議以十的倍率稀釋。
		數據留待統計課程時Excel處理。			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。 分組討論各組分析實驗數據，上台發表結果。	濃差電池電壓由濃度差決定。	30	以正確科學態度處理數據。

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） 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： 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。

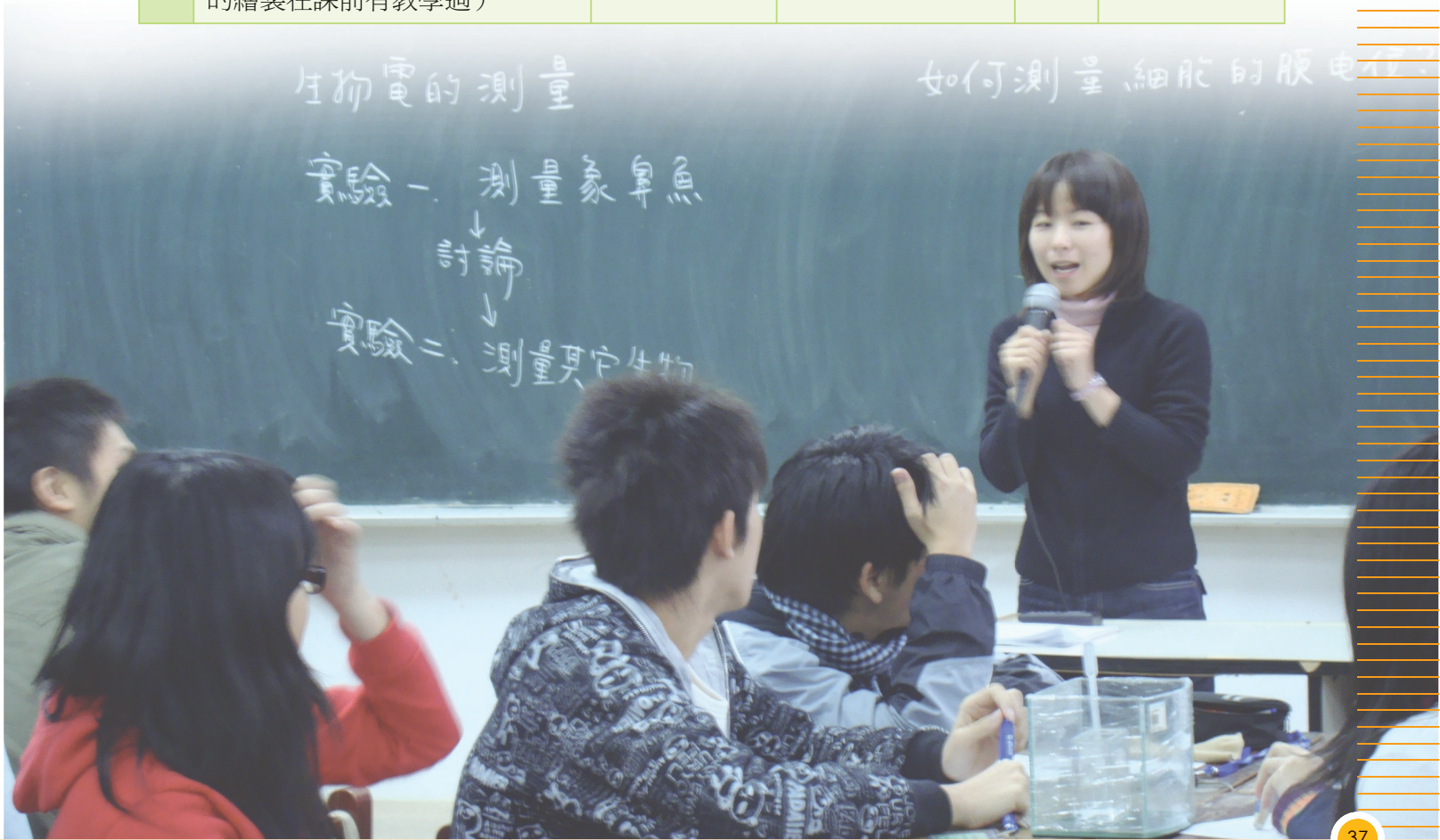
細胞膜電位					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	（續） 生物細胞的內外的離子會通透流過生物細胞膜嗎？ 當這些離子會自由通透細胞膜時會對膜電位產生甚麼影響？ 模型細胞是否能像真實細胞一樣維持穩定膜電位？	（續） 各組討論結果描繪膜電位概念。 統整新概念整理出膜電位的條件與特點。	（續） 發現模擬膜電位和真實細胞狀態有差距。 統整新概念整理出膜電位的條件與特點。		（續） 老師鼓勵同學分享。 將每一組論點依概念的推進由淺入深依序統整。 （評量） 有能力分辨化學電池與細胞電池具有類似的材料，卻用不同的機制製造電壓。 （評量） 有能力整理出膜電位的條件與特點。
	10. 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	

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	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. 延伸思考（評量） <ul style="list-style-type: none"> 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。

生物電的測量					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	1. 引起動機 複習膜電位（銜接上次膜電位的課程，以問答方式進行）。 你認為要如何在生物體進行測量？ 此方法有何優缺點？ 各組進行討論後抽小組發表。	同學回答老師所提問題。 各組稍作討論後，視情況抽1~2組上台回答。	學生互相討論並回答問題，可能只有其中幾位同學在回答。	20	希望引導學生討論出單個細胞的電位測量有技術上的限制，且是侵入性的行為。
	2. 介紹體外測量生物電場的方法 以弱電魚—象鼻魚作示範實驗，說明此種魚類易於偵測到電場，故以此生物先讓同學操作DAQ儀器。本示範實驗僅以示波器和喇叭證實象鼻魚會放電，實際數值由學生接下來的實驗中自行測量。		學生顯得很好奇，並對有生物的實驗課很熱衷。	10	
	3. 實驗進行（分為二個部分，第一部分結束後先進行發表及討論，然後再進行第二部分） 實驗一：實際測量象鼻魚的生物電場大小（實驗一為示範實驗的實際操作，故無提供實驗手冊）。	依提供的器材設計並進行實驗，然後記錄實驗結果。	有些學生安排並分配實驗的流程及時間，然後進入實驗。 有些學生尚無法進入狀況，在一旁不知該做些什麼。	20	老師參與討論與解決實驗中衍生的一些相關問題。

生物電的測量					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	4. 實驗一結果討論 請各組上台發表結果，並描述一個電訊號產生的時間及其大小，另外，象鼻魚產生此訊號的頻率為何？實驗一問題與討論：你認為此電訊號有何作用？你認為要量測到生物電，需要那些條件？承上題答案，試推論鰍蝦、蝌蚪、大肚魚能否偵測得到？			20	本實驗進行前，學生應已熟悉DAQ儀器的原理及操作方式。實驗一提醒學生觀察正常和擾動間的差異，並試著記錄多幾組數據以供分析。
	5. 實驗進行 實驗二：實際測量不同生物的生物電場大小（實驗手冊詳見附錄二）。			40	實驗結果中，應會發現象鼻魚會持續規律的放電，此行為並不出現在實驗提供的其它水生生物。
	6. 休息 個別討論	下課休息尚未完成實驗者儘快結束。		10	
	7. 實驗結果討論： 各組上台發表實驗設計、過程及結果（在黑板寫下實驗結果）	討論問題，實驗進行前先公佈待討論的問題，並分配每組要上台報告的題目。			水生生物於正常且穩定狀態下，皆量測不到數值，其中鰍蝦正常時量測不到，但鬥弄後若產生彈跳動作，則會量測到一個電壓值（乃是動作電位）。

生物電的測量					
	教師活動	學生活動	學生預期反應	時間	備註
教學內容	8. 綜合探討活動 <ul style="list-style-type: none">實際測量後的結果符合預期嗎？若不符合可能原因為何？生物在不同狀態下（如靜態、運動等），測得的數值皆相同嗎？每種生物的电場大小不一，為何會有如此的差異？實驗過程中是否有遭遇到問題？如何解決？目前已知鯊魚具有特殊構造可偵測其它生物體內的電，你認為此構造的設計或環境要求為何？	同學熱烈討論，或對於很多的數據不知如何整理。		30	
	9. 學習評量與作業 試完成生物電的概念圖（概念圖的繪製在課前有教學過）	全組同學共同完成。		10	



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，也擁有了一個積極上進、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緊湊，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！

3-2 生 物 教案設計



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