

## 望眼欲穿——顯微鏡下的真相

桃園市自然輔導團

龍岡國中梁忠三、八德國中陳俊亨、平鎮國中高錦松

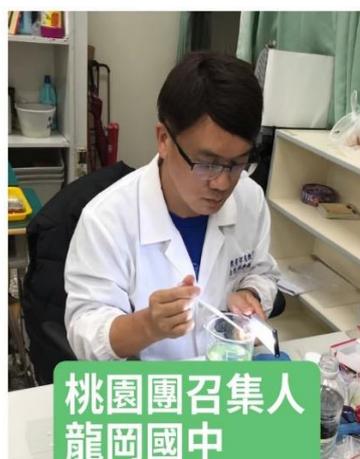
關鍵字：顯微鏡、教師專業、有效學習、探究與實作、核心素養

### 壹、創意教學背景說明

- 一、關注弱勢學生學習：自 2017 年起，每年暑假央團自然領域召集人姚教授會在台灣師範大學為全國中小弱勢學生舉辦兩梯次各五天的科學營，某日姚教授詢問桃園市輔導團，是否有意願一起設計生物科的課程與授課，我們義不容辭便加入，心想有此機會與團隊增能學習，且能為偏鄉弱勢孩子服務，此為極有意義的事。
- 二、108 課綱「探究與實作」需求：在新課綱與九年一貫課綱中最大的不同，除了在課綱中規定對實驗課的要求，還在課綱裡寫明了學習內容需搭配那些探索活動，因此老師需要花時間去構思與研發課程活動，身為輔導團的成員，更要當仁不讓，率先投入！
- 三、教材以符合國中小學生及授課教師學習需求為主：要設計一套課程，可同時使用在國中小學生與授課教師的學習需求，具有相當的挑戰性，但我們願意嘗試與努力完成此課程內容。



學思達型男  
八德國中  
陳俊亨老師



桃園團召集人  
龍岡國中  
梁忠三校長

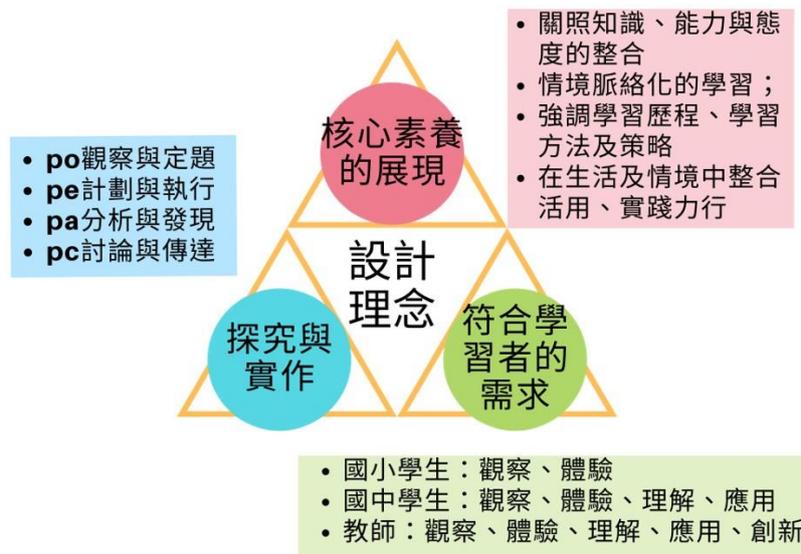


POWER教師  
平鎮國中  
高錦松老師

## 貳、創意教學理念、目標與課程發展架構

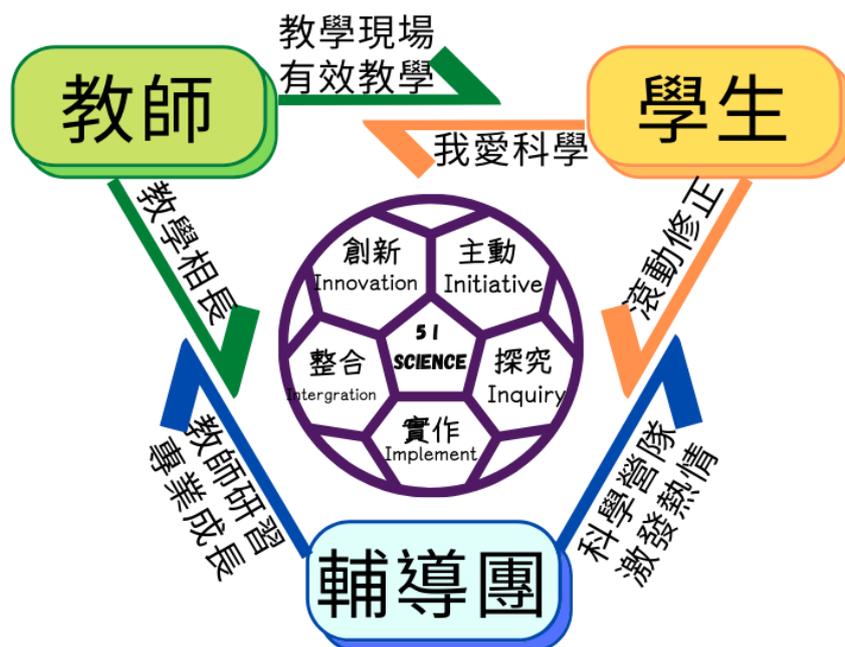
### 一、. 設計理念：

符應 108 課綱素養導向探究與實作教學理念之四個基本原則，(1)關照知識、能力與態度的整合；(2)情境脈絡化的學習；(3)強調學習歷程、學習方法及策略；(4)在生活及情境中整合活用、實踐力行，並符合學習者特質需求，建構學習成長的鷹架。



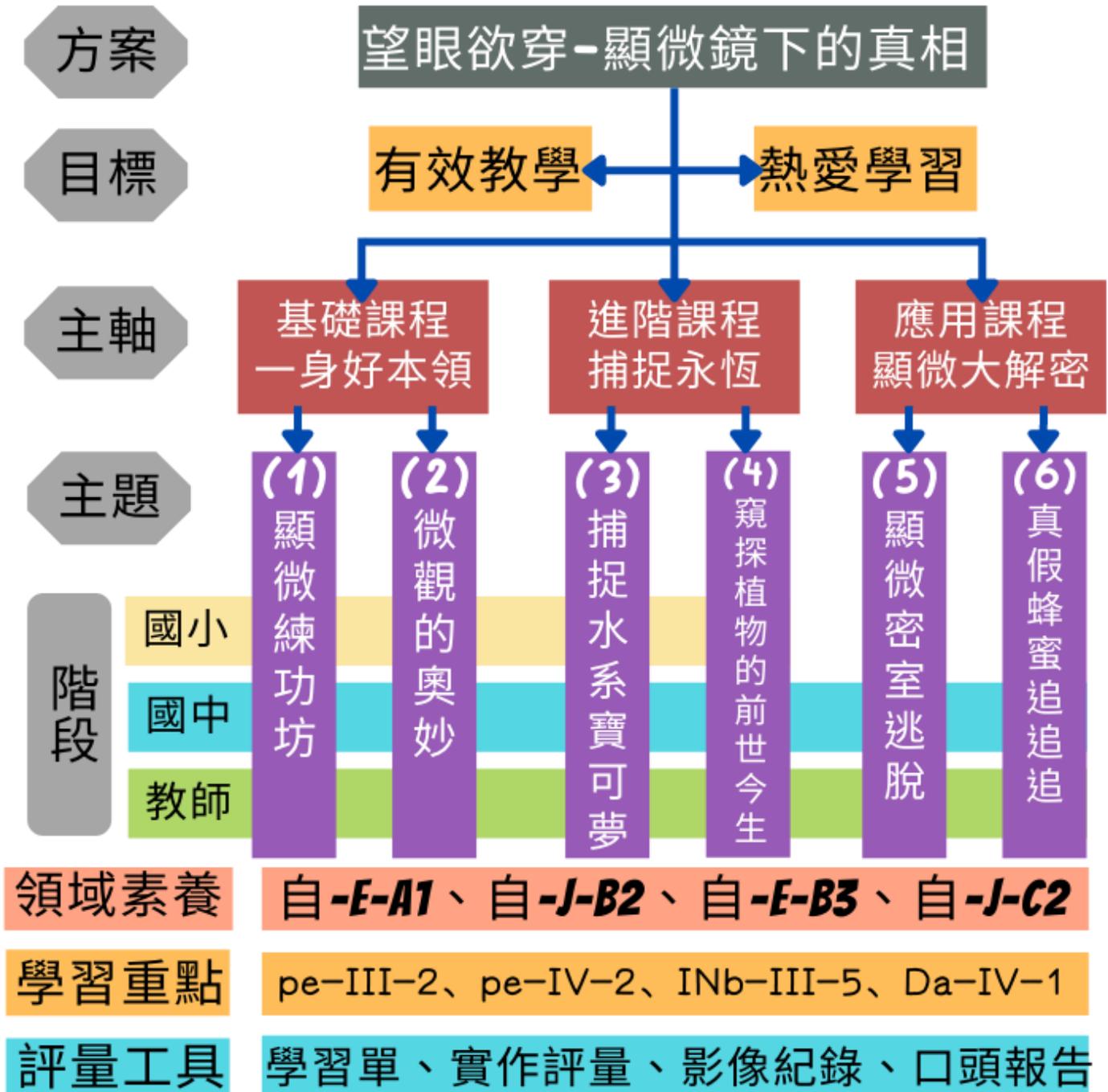
### 二、課程目標：

透過本案的創新教學，傳遞自然科學知識、培養實驗技術、促進抽象概念連結並激發科學熱情，讓參加研習的教師能精通顯微鏡操作技巧、各類生物標本培養與製作，及提升學生學習興趣與操作顯微鏡之能力。



三、課程發展說明與架構

本團參加國教學前署「提升國民中小學自然科學領域實驗操作能力計畫」，發展顯微鏡實作課程。本課程融入 108 課綱素養導向探究與實作之教學理念，達成師生能窺探顯微世界下光與美之目標。



## 參、課程發展的歷程、分析與困境

### 一、課程發展歷程

發展階段	第一階段 發展探究	第二階段 籌備時期	第三階段 課程實施	第四階段 擴大實施
發展內涵	1. 如何將課本的實驗課程轉化為探究與實作課程 2. 何謂探究與實作？	1. 選定教學團隊 2. 決定課程單元 3. 如何讓課程有趣活潑	1. 每年多場次的教師探究與實作課程教學 2. 學生的探究與實作課程教學	1. 每年多場次的教師探究與實作課程教學（包括外島） 2. 學生的探究與實作課程教學（包括外島及偏鄉）
發展時間	2017年8月~9月	2017年10月~12月	2018年1月~2019年12月	2020年1月~至今
發展目標	1. 了解探究與實作的內涵 2. 學習如何操作探究與實作課程	1. 發展出具探究與實作的課程 2. 符合108課綱的學習重點	1. 課程能直接在課堂上運用 2. 抽象概念能透過實作轉為具體	1. 成為具備創發能力的團隊 2. 達成學生有效學習，老師專業教學 3. 課程教學能創新

### 二、教學課程分析

創意教學主題		望眼欲穿——顯微鏡下的真相		
課程主軸		一身好本領	捕捉永恆	顯微大解密
教學節數		4	4	4
學習資源	教材來源	康軒、南一、翰林 國中自然科學(七上、七下)		
	學習平台	Holiyo 網站		
	教學資源	顯微鏡、電腦、電子白板、手機、支架、水蘊草、口腔皮膜細胞、洋蔥表皮細胞、鋪地錦竹草保衛細胞	顯微鏡、電腦、電子白板、手機、支架、草履蟲、水蚤、花粒、洋蔥根尖細胞、鳥巢蕨孢子囊堆	顯微鏡、電腦、電子白板、手機、支架、蜂蜜
教學情境	教學方式	探究與實作、分組學習	探究與實作、分組學習	探究與實作、分組學習
	地點	實驗室	實驗室	實驗室
	評量方式	學習單、顯微照相、實作	學習單、顯微照相、實作	學習單、顯微照相、實作

### 三、課程發展困境

#### (一) 發展探究階段：

何謂探究與實作課程？如何開始？那個單位或那個教授可協助我們增能？需多少時間的增能？（因我們有時間的壓力）

#### (二) 籌備階段：

國中自然科學七年級康軒、南一及翰林的課本中各有 21-23 個實驗，每人負責 7-8 個單元將其寫成探究與實作課程，完成後挑選有趣新奇又有連貫性的單元，並設計為一套課程，可同時使用在國中小學生與授課教師的學習需求上，這具有相當的難度。

#### (三) 課程實施階段：

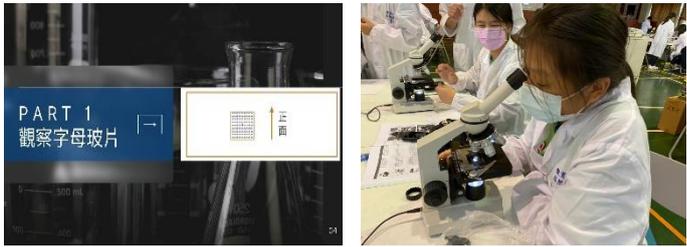
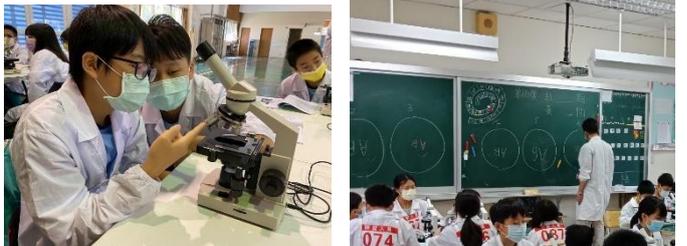
1. 國中小學生與非生物專長授課老師，其使用顯微鏡的能力大致上是相當的，所以教「顯微鏡」單元，我們必須重新設定 SOP 流程，此流程經多次教學與討論修正後，找到了一套有趣又有效率的方法。
2. 觀察水蘊草細胞之葉綠體流動並不明顯，甚至找不到，經過多次討論與實作後，發現利用手機的強光照射會促使細胞的原生質流動，且將葉面朝上時，在中肋附近較容易觀察到葉綠體。
3. 草履蟲的觀察遇到兩個困難，一是間隔 2-3 期星要出團授課，飼養的草履蟲常因水質發臭或任其生長，導致有時實驗當天的數量不足而影響觀察。經過一、二年的研究，最佳的方法是一出團的四天前先把稻草放入水中煮沸，放冷之後放入約 100cc 草履蟲培養液，實驗當天不僅水沒有臭味，草履蟲的數目也非常多。另外為了在中倍率的視野下能看清楚草履蟲，我們利用草履蟲的負趨電性，研發自製有正負電極的容器，只要將草履蟲的培養液倒入通電後，就可在負極處吸到大量的草履蟲，且其游動的速度也變慢，在視野下可清楚看到或拍攝到草履蟲。
4. 水蚤的觀察相當受學生喜愛，為了培養純種的水蚤，曾經困惑我們長達一年。剛開始培養水蚤時都用池塘中的池水當作培養液，常經過一個月後，水蚤都消失了，反而助長其它族群之生長。經過多次的測試，自行培養綠水，每星期更換一次水蚤就能長的很好。另外我們也利用水蚤的正趨光性，只要將手機的手電筒打開放在燒杯下，水蚤大部分都會往有光處集中，學生很輕易就能用吸管吸取到水蚤進行觀察。

### 肆、創新教學之策略

隨著資訊科技的進步、數位化時代的來臨，未來的趨勢是需要能統整、創新、問題解決的人才。有鑑於此，本教學團隊結合「翻轉教室」、「學思達」、「做中學」的理念，將分組合作教學、3C 融入教學、探究與實作導向學習策略，發展出創新活化的教學活動，讓參與師生「體驗學習」、「樂在學習」、「做中學」窺探顯微世界下的光與美，望眼欲穿—顯微鏡下的真相教學活動設計如下。

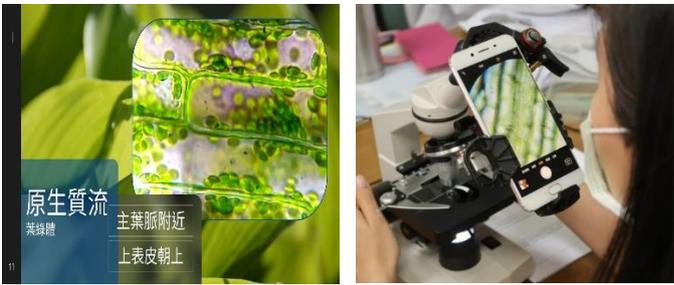
## 主題一：顯微練功坊

顯微鏡各部構造名稱的認識與使用，我們以學習者中心做教學設計，所以安排每位學生一台顯微鏡進行觀察，接著透過轉抽象概念為具體、實際操作的學習、結合科技的教學與遊戲、活動與競賽的引入，讓乏味的課程變得生動有趣。

教學流程	學習內容摘要	佐證資料 (含學習產出)
1. 介紹顯微鏡的構造	介紹顯微鏡各種構造的名稱與使用方式，依現場情況播放顯微鏡操作影片。教師場另外安排顯微鏡構造英語教學，符應雙語授課的需求。	 <p>The image shows a diagram of a microscope with labels in Chinese and English, and a classroom scene where a teacher is presenting to students.</p>
2. 柔軟體操看顯微鏡	學生拿到顯微鏡後因情緒興奮，大多數自行把玩不願聽講以致學習成效低落。本團開發柔軟體操看顯微鏡的教學方法，讓學生清楚理解看清楚影像的三大要素，並能自行操作。	 <p>The image shows a classroom where students are sitting on the floor in a circle, each with a microscope, participating in a 'soft exercise' activity.</p>
3. 觀察範例玻片標本	教師以 word 字體大小2號自製範例玻片標本，請學生觀察皮片標本方格內字母的樣貌。學生可觀察到複式顯微鏡視野與現實情況上下顛倒左右相反，並藉此活動精熟顯微鏡的使用。	 <p>The image shows a close-up of a microscope slide with the letters 'ABCD' and a classroom scene where students are using microscopes to observe the slide.</p>
4. 撰寫學習單	學習單內容引導學生觀察不同倍率下成像的差異。學生需實際操作顯微鏡才能找到答案。	 <p>The image shows a student's worksheet with circular diagrams and a classroom scene where students are working at their microscopes.</p>
5. 檢核與發表	檢核學習單寫作情況，並邀請學生上台畫出觀察到視野的情況。主要檢核學生是否理解複式顯微鏡視野與現實情況上下顛倒左右相反。	 <p>The image shows students presenting their work at a microscope and a teacher standing at a chalkboard with diagrams during a presentation phase.</p>

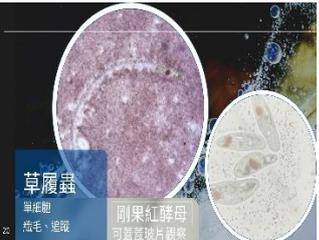
## 主題二：微觀的奧妙

在顯微鏡視野下，學生常發生找不到目標物的情形，我們結合手機及支架科技操作式學習的教學、由簡漸繁、活動與競賽的引入及教學材料的發展與應用，學生都能正確的找到目標物，分辨動植物細胞及拍攝照片。如水蘊草用強光的照射，可清楚看見葉綠體的流動。

教學流程	學習內容摘要	佐證資料（含學習產出）
<p>1. 利用手機 支架完美記 錄精彩瞬間</p>	<p>教學團隊發現利用手機結合手機支架，讓學生可以清楚看見待觀測物，並可以即時照像與錄影分享，大幅提升學習動機。另外教師只要在學生後方觀看手機螢幕即可得知學生操作是否正確，有效提升教學品質。</p>	
<p>2. 觀察水蘊 草葉片與原 生質流</p>	<p>善用下列技巧讓師生較容易觀察到原生質流：                      (1) 水蘊草以「上表皮」朝上的方式製作玻片標本。                      (2) 水蘊草以強光照射數分鐘後再進行觀察。                      (3) 尋找水蘊草「葉脈」附近的細胞，原生質流較明顯。</p>	
<p>3. 觀察洋蔥 表皮細胞與 細胞核</p>	<p>先觀察未染色的洋蔥表皮細胞，以碘液染色後再觀察，請學生敘述前後的差異。洋蔥表皮細胞中被染色的構造為細胞核。請學生比較水蘊草葉片與洋蔥表皮細胞的形狀、內部構造、構造顏色的不同之處。</p>	
<p>4. 觀察陸生 植物葉的下 表皮</p>	<p>利用折撕法取下鋪地錦竹草的葉子下表皮製作成玻片標本，先直接觀察玻片標本，以碘液染色後再觀察。請學生敘述前後的差異。請學生指出保衛細胞、葉綠體、細胞核的位置，此活動需具備流程2-3的知識與技能。</p>	
<p>5. 觀察人體 口腔皮膜細 胞</p>	<p>利用牙籤小心沾取口腔皮膜細胞。製作口腔皮膜細胞玻片標本並進行觀察，請學生敘述所看見的視野樣貌。請學生比較口腔皮膜細胞與植物細胞的外觀形狀、內部構造、構造顏色的不同之處。</p>	

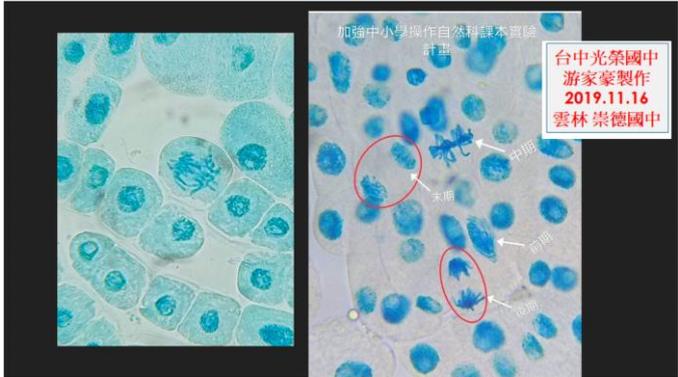
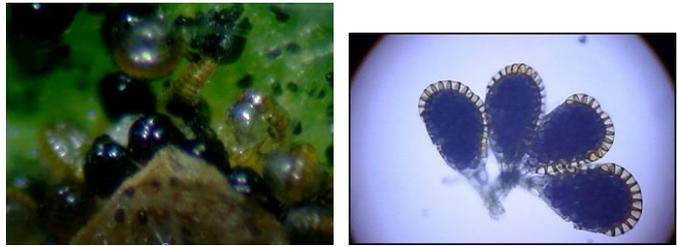
### 主題三：捕捉水系寶可夢

在顯微鏡下可自由活動的生物常一閃而過，我們透過改良教學材料的發展與應用及結合手機及支架科技操作式學習的教學，學生能輕鬆攝影到觀察的小生物。改良草履蟲的培養技術及其對負電極的趨性，可使草履蟲大量集中以便取樣觀察；以綠藻養殖可使水蚤大量繁殖，因水蚤有趨光性，再以手機燈光照射，用滴管即可輕易吸取得到水蚤。

教學流程	學習內容摘要	佐證資料（含學習產出）
1. 肉眼觀察與捕捉水蚤	水蚤用肉眼即可觀察。燒杯中的水蚤游動快速，使用外部光源，如手機的手電筒從燒杯底部照射，水蚤因趨光性會聚集在燒杯底部，方便以滴管吸取。	 
2. 觀察水蚤	將水蚤放置於凹槽玻片正中央，無需蓋玻片直接觀察。使用低倍率或中倍率物鏡觀察水蚤，勿以高倍率物鏡觀察。有機率看到冬卵或夏卵，解釋冬卵(有性生殖)與夏卵(無性生殖)不同之處。	 
3. 肉眼觀察與捕捉草履蟲	草履蟲雖為單細胞生物，但還是可以用肉眼觀察到，建議以外部光源照射燒杯，懸浮於溶液中如同白色塵埃的物體即是草履蟲。可使用電池進行電解水，草履蟲因趨負電性會聚集在負極，方便以滴管吸取。	 
4. 觀察草履蟲	將草履蟲放置於凹槽玻片正中央，無需蓋玻片直接觀察。使用低倍率或中倍率物鏡觀察草履蟲，勿以高倍率物鏡觀察。	 
5. 觀察草履蟲的食泡	將剛果紅加入至酵母菌液，煮沸後冷卻備用。草履蟲會攝食酵母菌，攝食用的食泡內部呈酸性。剛果紅為酸鹼指示劑，溶液中性時呈現紅色；溶液酸性時呈現藍色。隨著食泡內酸鹼性的改變，食泡內顏色也會產生變化。	 

#### 主題四：窺探植物的前世今生

以洋蔥根尖細胞的染色體、各類植物的花粉、蕨類的孢子囊堆貫穿植物的前世今生為主題。藉由洋蔥根尖細胞的觀察將抽象的 DNA 轉為具體可見、透過結合手機的科技教學，讓學生看到及拍攝到 DNA。使用複式顯微鏡觀察各類植物的花粉粒，並學會簡易採集花粉粒的方式。使用解剖顯微鏡並用強光照射孢子囊堆，孢子囊會瞬間破裂以外拋飛的方式將孢子傳播到更遠的地方。

教學流程	學習內容摘要	佐證資料（含學習產出）
<p>1. 觀察洋蔥根尖細胞的染色體</p>	<p>取1cm 的洋蔥根尖末端，縱切放入1M 鹽酸中，以60~80度水浴10分鐘。用鑷子取出添加未稀釋的亞甲藍染色，並製作玻片標本。利用複式顯微鏡觀察洋蔥根尖細胞的染色體。<b>將光圈調大、光圈調強</b>，可以避免細胞質內的雜訊，較容易找到染色體。請學生對照課本圖片，想想視野下的染色體位於細胞分裂的哪個時期。</p>	
<p>2. 觀察花粉粒</p>	<p>於載玻片上滴一滴水，拿取雄蕊以倒掛方式將花藥沾水數次，如此花粉粒會分佈於水中。蓋上蓋玻片後使用複式顯微鏡觀察。若上述步驟不好操作，也可以使用透明膠帶沾黏花藥上的花粉粒後，將膠帶直接貼在載玻片上並進行觀察。請學生說出不同植物花粉粒外觀不同之處。</p>	
<p>3. 觀察蕨類的孢子囊堆</p>	<p>先請學生以肉眼觀察鳥巢蕨或腎蕨的孢子囊堆。再使用解剖顯微鏡觀察孢子囊堆。於載玻片上滴一滴水，用鑷子取下孢子囊堆製作成玻片標本，使用複式顯微鏡觀察。使用解剖顯微鏡觀察孢子囊堆時可以稍待一些時間，因光源照射的熱能會促使孢子囊將孢子彈射出去。</p>	

## 主題五：顯微鏡密室逃脫

利用 holiyo 網站製作密室逃脫遊戲，以任務闖關的方式促進學生透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識的能力。整體活動可視為實作評量，評定學生多元能力。

教學流程	學習內容摘要	佐證資料（含學習產出）
1. 解開阿泰博士的密語	<p>在範例玻片上印有「d734」的字樣，請學生利用複式顯微鏡觀看，並嘗試解出博士想留下的訊息。</p> <p>「d734」在複式顯微鏡的視野下因上下顛倒左右相反會呈現「hELP」的英文字母。</p>	
2. 製作水蘊草玻片標本	<p>請全組製作水蘊草玻片標本。給關主或助教檢查後取得密碼。本流程旨在檢核學生是否能製作玻片標本。</p>	
3. 破解天書內容	<p>運用視覺錯覺製作天書文案，學生需合作破解天書內容得知真正題目為「用高倍鏡找到水蘊草的葉綠體」。</p> <p>檢核重點：學生應學會使用低倍物鏡轉換為高倍物鏡的方法，並找到葉綠體。</p>	
4. 破解文字地圖	<p>使用指北針與文字地圖兩項道具，可得知真正題目為找到「洋蔥表皮的細胞核」。</p> <p>檢核的重點：學生應學會洋蔥表皮細胞的玻片標本製作，並使用染劑觀察細胞核。</p>	
5. 翻譯科學怪人的話	<p>使用密碼表道具翻譯科學怪人所說的內容，可得知真正題目為找到「口腔皮膜細胞的細胞核」。</p> <p>檢核的重點：學生應完成口腔皮膜細胞的玻片標本，並使用染劑觀察細胞核。</p>	

## 主題六：真假蜂蜜追追追

以融入生活議題的蜂蜜為主軸來發展教學材料，透過運用問題引導及浸入式學習（建構開放、發現、探究的學習氛圍）來培養觀察、獨立思考與問題解決的能力。

教學流程	學習內容摘要	佐證資料（含學習產出）
1. 引起動機	播放新聞影片，內容為如何判斷蜂蜜的真偽。引導提問：「從影片中可以歸納真假蜂蜜有什麼不同的特性？」介紹蜜蜂的花籃足的構造。引導提問：「真假蜂蜜中，哪一種可能找得到花粉粒？理由是什麼？」	
2. 分組討論與設計實驗流程	教師提供兩罐未知真偽的蜂蜜與其它必要的器材，請各組設計方法並進行檢測。	 
3. 進行真假蜂蜜檢測	學生可以參考學習單資料，從「透明度」、「結晶」、「泡沫」與「花粉」等性質，思考檢測的方法。欲檢測花粉的性質，則需操作顯微鏡觀察。	
4. 小組分享檢測結果	請小組發表檢測結果，每組報告一種檢測方法但不能與上一組重複。小組發表應包含下列內容： (1) 我們挑選的性質為… (2) 我們檢測的方法為… (3) 我們依據…的結果，真、假蜂蜜分別為…	 
5. 教師統整與評量	活動連結學生操作實驗器具應有的能力與素養。例如： 加入兩罐蜂蜜的水要等量？ 為什麼老師要提供兩隻牙籤去沾不同罐的蜂蜜？	 

## 伍、創意教學成效評估

### 一、創意教學成效

課程主軸	具體成效	核心素養					
		A 自主行動				B 溝通互動	
		A1 自我 精進	A2 解 決 問 題	A2 系 統 思 考	A3 創 新 應 變	B2 科 技 資 訊	B3 美 感 素 養
一身好本領	1. 瞭解顯微鏡各部名稱與使用技巧 2. 能正確及快速找到目標物	◎	◎	◎		◎	◎
捕捉剎那的 永恆	1. 能利用生物的趨性取樣觀察 2. 能利用手機拍攝顯微下的生物	◎	◎	◎		◎	◎
顯微大解密	1. 能利用所學知識判別蜂蜜的真偽 2. 能在手機鏡頭結合顯微鏡找到 DNA	◎	◎	◎	◎	◎	

## 陸、教學回饋與省思

### 一、教師的回饋：

課程精心設計，內容豐富有趣，兼顧認知與實作，講師清楚的講解，讓我們都能完成活動，有成就感，啟發很多教學的新想法，並能實際運用在教學上。

### 二、學生的回饋：

在「複式顯微鏡」的課程裡，是我第一次看到這麼清楚仔細的影像，也是我第一次看見水蘊草裡的原生質流動造成葉綠體跟著流動，因為之前做實驗的時間很短，所以我都沒有看清楚，很感謝所有的老師為我們上課。

### 三、省思：

探究與實作課程不應該只是把已知的實驗重新做一次，應是引導學生從實作中學會觀察現象、蒐集資訊、形成或訂定問題和提出可驗證的觀點。評量不是只有一種方式，應嘗試設計多元評量，增進學生的學習動機，提供適性的發展。

## 柒、未來與展望

一、輔導團端：開發實驗活動新課程：將不同版本的課本實驗，重新統整與融合，為師生提供有趣且正確的優良課程。

二、教師端：強調實驗歷程：期望幫助教師理解實驗思路和操作方法，進而啟發學生探究與實作的能力。

三、學生端：啟發世代人才潛能：台灣的護國神山台積電單獨成立電子顯微鏡技術發展部門，成為 FinFET 電晶體技術發展重要的前瞻檢測工具。如何讓更多的孩子喜歡顯微鏡下世界，進而投入顯微鏡領域專業技術領域，是我們未來努力的方向。