

# 「奈米科技：從碳出發」教師手冊

## 壹、給教師的話

- 一、設計理念：結合生活情境，透過問題導向的學習，期能培養閱讀、訓練思考能力，以及運用資訊平台與軟體；並建立科學的素養。
- 二、設計原由：碳在生活的運用上已眾所皆知，舉凡燃料（煤、蠟燭、瓦斯、天然氣..）、濾器（活性碳濾水器、口罩...）、材料（鑽石、石墨...）都有碳的蹤跡，近年來碳的同素異形體石墨烯、奈米碳球（巴克球）、奈米碳管、碳奈米泡沫的發表，增添碳簇的多彩面貌，而如何藉由動手做來認知有關奈米科技的原理與概念，問題導向思考以及培養科學素養，便是此設計的原由。
- 三、主題設計：奈米材料小到肉眼看不到，要怎麼拿到或製造奈米材料呢？又要怎麼動手做實驗呢？幸好日常生活燭火燻黑的碳就是奈米級產物碳顆粒，不僅方便取得，且在奈米科技探索扮演重要腳色「從碳出發」是導引學生動手製作與運用奈米碳，從物理與化學變化開始，動手做蓮葉效應與奈米水上漂，進而探究靜電與場域，並探索折射與全反射，以及操作其溶解度和奈米碳介面的雷射光反應。

## 貳、課程/教學單元描述（含教材分析與課程架構）

「從碳出發」共分七個單元：

- 一、奈米世界面面觀：認識奈米尺度、由 SEM 觀察奈米世界、認識奈米科技（影片）。
- 二、蓮葉效應：接觸角與超疏水性、親油性探究（認識與探究油粒徑）、探索蓮葉效應對仿生學的運用。
- 三、製取奈米碳：動手製取奈米碳、探究燭火的物理與化學變化、「碳」索新世界—巴克球與碳球模型組裝認識其結構與碳簇家族。
- 四、奈米水上漂：碳顆粒的水上漂、水上漂的靜電與場域。
- 五、奈米不一樣—碳鎖全反射：探究折射與全反射、奈米鐵的燃燒，認識奈米世界不同的物、化性質。
- 六、驚「碳」界面—I「碳微」觀止；II驚「碳」「硫」連忘返：不同溶劑對奈米碳溶解度、奈米碳介面與其對雷射光的反應、奈米碳的導電性。
- 七、奈米科技大爆發：了解疏水布的應用，並帶入到環境議題 PM2.5 的尺度認識，思考如何用奈米科技解決問題，帶領學生設計口罩或濾淨機。

配合課程的教學模式與教學法，可用問題導向模式與 5E 學習環探究式教學法：

問題導向模式分為事前、過程與事後三階段問題提問，讓學生進行分組進行討論與思辯，老師的重點則在於問題的選擇以及協助學生進行分組，學生在分組的過程可以擔任某個領域的專家，經過討論後提出下一個問題，因此問題導向模式的概念非常適合調整成資優生的課程模式，藉此訓練學生找資料、立場的辯論、找到最適解釋，也同時培養孩子彼此溝通的能力。

5E 學習環模式強要學生進行五個步驟的學習模式：參與（Engagement）、探索（Exploration）、解釋（Explanation）、精緻化（Elaboration）及評量（Evaluation）。而這樣的觀念可以與探究式教學法結合，應用在本課程上，讓學生參與實驗的發展，從實驗中找到問題，進行問題的探索並解釋其可能的現象，再經由老師或小組討論進行衍生假說的精緻化，讓形成的概念可以進行應用，與生活結合，最後的評量的方式可採多元評量的方式進行，可進行口頭報告，或設計創意產品應用於生活，並用創意的方式進行行銷報告，以培養學生在課程內容與口語表達能力的結合。

## 參、課程計畫

### 一、基本資料與學習目標

課程名稱	奈米科技：從碳出發		特殊需求	獨立研究
教學年級/ 班級/組別	七、八年級資優班		相關領域	<input type="checkbox"/> 語文 <input type="checkbox"/> 數學 <input checked="" type="checkbox"/> 自然 <input checked="" type="checkbox"/> 社會 <input type="checkbox"/> 健體 <input type="checkbox"/> 藝文
實驗學校/ 日期	北市天母國中 2015.09.01~2016.01.10		重大議題	環境教育
教學時間	共 20 節 900 分鐘		教學者/ 設計者	陳世家
教材來源	奈米新視界 No1 ISBN978-986-03-3670-2 奈米新視界 No2		參考資料	奈米新視界動手做專輯 1&2 蕭次融老師動手做科學網站 奈米 K12 網站
十二年國教 課綱 核心素養與 學習重點	核心素養	<p>獨-J-A1 透過獨立研究，評估自我興趣傾向與優勢能力，擬定適切生涯發展方向與目標。</p> <p>獨-J-A2 提出適切的探究問題，依據習得的知識，透過獨立思考與分析，提出可能的問題解決模式，並實際驗證及解析。</p> <p>獨-J-A3 能有效整合資源，規劃、執行研究計畫，具備創新求變的思考模式，依據研究進度彈性調整研究內容。</p> <p>獨-J-B1 能分析歸納、製作圖表，整理蒐集之資訊或數據，並運用複雜形式之口語、文字、影像、繪圖或實物，表達獨立研究之過程、發現或成果、價值和限制。</p> <p>獨-J-B2 能善用科技、資訊與媒體，分辨資料蒐集可信程度，以獲得獨立研究過程中所需之資料。</p> <p>獨-J-B3 具備運用藝術感知、創作與鑑賞能力於獨立研究過程、成果展現中，增進美感體驗</p> <p>獨-J-C1 透過獨立研究，養成研究倫理、道德思辨與實踐能力，並主動關注公共議題、參與社會活動。</p> <p>獨-J-C2 透過獨立研究小組學習，發展與同儕溝通、共同參與、執行及討論的能力，能接納不同意見，具備與人和諧互動技巧。</p> <p>獨-J-C3 透過獨立研究，能尊重、接納及欣賞多元文化並積極關心全球議題。</p>		
	學習表現	<p>1a-IV-1 能從日常生活經驗、自然環境觀察、領域學習課程、新聞時事或社會重大議題等向度發現並提出自己感興趣的內容。</p> <p>1a-IV-2 能透過與同儕的討論，分享探索的樂趣。</p> <p>1a-IV-3 能透過動手解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。</p>		

	<p>1a-IV-4 能透過自己獨立研究過程，了解獨立研究的意義、歷程及實踐背後的重要價值。</p> <p>1b-IV-1 能理解同儕報告，提出合理且完整的疑問或意見，形成評價並提出合理的建議或改善方案。</p> <p>1b-IV-2 能主動與同儕合作完成小組獨立研究活動內容並達成目標。</p> <p>1b-IV-3 能願意採納他人回饋，檢核自身的研究歷程及成果，並持續修正。</p> <p>1c-IV-1 能從他人研究成果、良師典範學習中及自己研究歷程及成果中，養成研究動機及熱忱。</p> <p>1c-IV-2 面對研究過程中之挑戰，能保持高昂的研究動機及毅力，依據訂定之研究計畫目標及進度，持續進行獨立研究。</p> <p>1d-IV-1 能遵守學術與研究倫理客觀準則和規範。</p> <p>1d-IV-2 能自我監控、據實蒐集、處理研究資料及報告研究發現，避免捏造、篡改及剽竊不當研究行為。</p> <p>1d-IV-3 能依據引註參考資料格式，註明資料的來源與出處。</p> <p>1d-IV-4 能訂定研究參與者同意書，向參與研究者說明研究風險與利益後，取得參與研究之同意。</p> <p>2a-IV-1 能選用適當的研究方法及程序，並運用於獨立研究中。</p> <p>2b-IV-1 能將蒐集的數據或資料，加以分析、比較，提出關聯與差異。</p> <p>2b-IV-2 能比較與判斷自己及他人對於蒐集資料的解釋，在方法及程序上合理性，並提出問題或批判，並用實證加以驗證之。</p> <p>2b-IV-3 能知道自己及他人所觀察、記錄或收集資料所得的現象、實驗數據，並推論其中的關聯性。</p> <p>2b-IV-4 能運用領域知識，提出自己的主張、理由及證據解釋自己的觀點。</p> <p>2b-IV-5 能運用簡單數理演算公式、科學證據或理論，理解領域知識或理論及其因果關係，或提出他人論點限制，進而提出不同論點。</p> <p>3b-IV-1 能依據教師指導，根據研究問題、資源、期望成果等，規劃最佳化研究計畫。</p> <p>3b-IV-2 能了解研究計畫內容，並能適時彈性調整。</p> <p>3c-IV-1 能運用圖書館、網路、線上資料庫、期刊等，依據研究主題，搜尋相關資料。</p> <p>3c-IV-2 能將蒐集文獻資料，運用適當檢驗原則分辨資料的真偽。</p> <p>3c-IV-3 能將蒐集文獻資料，運用適當資料分類方式進行整理並評析。</p> <p>3d-IV-1 能依據研究主題，了解研究工具種類及用途，挑選適合研究工具。</p> <p>3d-IV-2 能獨立或依據操作指引，正確安全操作研究物品、器材儀器、科技設備與資源。</p>
--	---

	<p>3e-IV-1 能運用思考能力、撰寫研究日誌、製作圖表、使用統計等方法，有效整理、分析及比較已有的資訊或數據。</p> <p>3e-IV-2 能從得到的資訊或數據，分析出差異，形成解釋、獲知因果關係。</p> <p>3e-IV-3 能從得到的資訊或數據，分析出差異，提出研究結果與發現。</p> <p>3e-IV-4 能從得到的資訊或數據，分析出差異，解決問題或發現新問題。</p>
學習內容	<p>一般探索：教師透過辦理專家學者、良師典範或專題講座、校外參訪及專書閱讀或作品賞析等探索活動，擴充學生知識領域與生活經驗，增廣專長領域的知識領域，試探並養成學生從事探究、研究的興趣，做為教師安排研究方法訓練的基礎。透過教師引導學生探究感興趣的問題，幫助學生有機會發掘自己在各方面潛在興趣，激發學生進一步找到適合的研究主題。</p> <p>研究方法訓練：教師運用相關教材及教學方法引導學生進行研究方法、思考能力訓練，以作為學生進行獨立研究過程所需之基本概念、技巧與思考能力。</p> <p>獨立研究實作：以個人或小組為單位探討實際問題，強調高層次問題的研究，透過學習內容的步驟，學生進行獨立研究的能力。</p>
獨立研究課程能力指標 (計畫研發)	<p>1.2.1.1 能從學習領域、日常生活經驗、新聞時事或社會重大議題等向度發現或提出自己感興趣的內容。</p> <p>1.2.1.2 能對自己感興趣的內容持續探索，即使遇到挫折，仍能樂在其中。</p> <p>1.2.3.1 能培養或抱持探索專長領域知識及原理的興趣。</p> <p>1.2.3.2 能分析研究過程未臻理想的原因，並積極尋找解決策略。</p> <p>1.2.3.3 在研究過程中，能面對各種問題，嘗試堅持找出解決方案。</p> <p>1.2.4.1 能遵守智慧財產權（不造假、抄襲）的相關規範。</p> <p>1.2.4.2 能清楚說明研究資料的來源與出處，在教師引導下學習如何引註。</p> <p>1.2.4.4 能尊重其他研究參與人員的意願並取得同意。</p> <p>2.2.1.1 能了解可透過研究，探究感興趣的問題，進而尋找可能的答案或解決方法。</p> <p>2.2.2.1 在教師的引導下，能針對不同的研究問題認識不同的研究方法。</p> <p>2.2.2.2 在教師的引導下，能依研究主題，選用適切的研究方法進行研究。</p> <p>2.2.3.1 能認識及運用不同資料搜尋方式，如圖書、網路、文獻資料庫等。</p> <p>2.2.3.2 能標示出與研究相關的資料內容，並摘錄其重點。</p> <p>2.2.3.4 能分辨資料的信實度並解釋說明分析後的發現。</p> <p>2.2.4.1 能依據主題自行進行研究設計（實驗、調查），安排研究進度。</p> <p>2.2.4.2 能依研究需要，選擇或設計研究工具或器材，在必要時由教師引導到學術機構尋求專業協助。</p> <p>2.2.4.3 能熟悉各種研究操作方法，並能控制變因以增進研究精確性。</p> <p>2.2.4.4 能撰寫研究日誌，並依紀錄加以整理分析，提出研究結果與發現。</p>

	<p>2.2.5.1 能使用常見之文書或統計軟體分析、歸納、及呈現研究資料或結果。</p> <p>2.2.6.1 能了解專業領域研究報告的格式及要項。</p> <p>2.2.6.2 能將研究成果撰寫成獨立研究成果報告。</p> <p>2.2.6.3 能靈活且適當運用口語、文字、海報、簡報軟體或其他形式，展現研究過程與成果。</p> <p>3.2.1.1 能針對研究主題提出有關的主張及其理由。</p> <p>3.2.2.2 能將研究資料依內容結構、脈絡加以分析與歸納，提出可能需要釐清之處。</p> <p>3.2.2.3 能依據研究主題，蒐集過去相關研究資料加以分析比較，提出彼此的關聯與差異。</p> <p>3.2.3.1 面對問題能進行探索想像，嘗試調查與實驗，直到明白事情的真相。</p> <p>3.2.3.2 能在既有的構想或觀念上，提出一些新的想法或見解。</p> <p>3.2.4.2 在教師的引導下，能根據研究主題與目的，依研究進展進行階段性的修正與檢討。</p> <p>3.2.4.3 能針對研究主題提出構想，並在教師引導下設計適切的研究工具與方法（調查、實驗等）。</p> <p>3.2.5.1 在教師引導下，能自行擬訂研究計畫並依計畫執行。</p>
單元目標	<p>一、認知</p> <p>1-1 學生能認識奈米尺度。</p> <p>1-2 學生能理解蓮葉效應並理解其疏水性。</p> <p>1-3 學生能分辨親、疏油性與親、疏水性。</p> <p>1-4 學生能理解燭火的物理與化學變化並製備出奈米碳顆粒。</p> <p>1-5 學生能理解奈米碳水滴與靜電、場域的關係。</p> <p>1-6 學生能理解奈米科技與全反射的關係。</p> <p>1-7 學生能理解濃度的意義。</p> <p>1-8 學生能理解溶液間相互關係。</p> <p>1-9 學生能理解雷射光對奈米碳顆粒的作用。</p> <p>1-10 學生能理解奈米碳球結構。</p> <p>二、情意</p> <p>2-1 學生能培養實作的樂趣。</p> <p>2-2 學生能參與討論。</p> <p>2-3 學生能和同學互助、合作。</p> <p>2-4 學生能樂於分享自己的想法。</p> <p>三、技能</p> <p>3-1 學生能製備奈米尺度材料。</p> <p>3-2 學生能從生活中，觀察到奈米科技的應用和現象。</p> <p>3-3 學生能進行油滴粒徑尺度實驗。</p>

	<p>3-4 學生能用靜電與場域的概念進行水上漂的實驗。</p> <p>3-5 學生能完成上台的口頭報告。</p> <p>3-6 學生能配置不同濃度的溶液。</p> <p>3-7 學生能製作巴克球模型</p>
學習目標*	<p>一、認知</p> <p>1-1-1 學生能理解 SEM 成像下的奈米尺度物質。</p> <p>1-1-2 學生能理解不同尺度下對應的物質。(M,H)</p> <p>1-1-3 學生能比較不同尺度下的物質，其物理與化學的性質差異。(H)</p> <p>1-1-4 學生能透過油滴粒徑實驗計算出奈米的尺度。</p> <p>1-2-1 學生能從 SEM 成像觀察出蓮葉上的纖毛結構。</p> <p>1-2-2 學生能理解奈米尺度的纖毛所造成蓮葉的超疏水性。</p> <p>1-2-3 學生能解釋親疏水性的概念。</p> <p>1-2-4 學生能觀察到接觸角與親疏水性的關係。</p> <p>1-2-5 學生能理解並說明接觸角與親疏水性的關係。(M,H)</p> <p>1-3-1 學生能藉由油滴於蓮葉表面上觀察出親油性。</p> <p>1-3-2 學生能觀察油滴的接觸角。</p> <p>1-3-3 學生能比較親油性與疏水性的關係。(M,H)</p> <p>1-3-4 學生能理解表面張力在蓮葉效應上疏水性與疏油性的關係。(H)</p> <p>1-4-1 學生能說明燭火燃燒的過程。</p> <p>1-4-2 學生能指出奈米碳顆粒是如何產生的。</p> <p>1-4-3 學生能藉由被奈米碳顆粒覆蓋的表面觀察到疏水性。</p> <p>1-4-4 學生能藉由麵粉或粉筆灰撒在表面上，用水沖來模擬蓮葉的自潔性。</p> <p>1-4-5 學生能藉由蓮葉效應來思考並指出奈米科技在生活中的應用。(M,H)</p> <p>1-4-6 學生能發揮創造力，提出可應用奈米科技解決生活問題的方法。(H)</p> <p>1-5-1 學生能藉由包覆碳顆粒的水滴，觀察到水灑的飄浮特性。</p> <p>1-5-2 學生能利用摩擦生電的吸管來吸引碳顆粒水滴。</p> <p>1-5-3 學生能理解感應電荷的原理與應用。</p> <p>1-6-1 學生能說出反射原理。</p> <p>1-6-2 學生能說出折射原理。</p> <p>1-6-3 學生能理解斯乃爾定律。(H)</p> <p>1-6-3 學生能理解光學成像的關係。</p> <p>1-6-4 學生能理解物質在不同尺度下光學性質的變化。</p> <p>1-6-5 學生能理解全反射的性質所造成的隱形性質。</p> <p>1-6-6 學生能理解不同尺度下，化學性質的改變。</p> <p>1-7-1 學生能說出重量百分率與溶解度的概念。</p> <p>1-7-2 學生能理解飽和溶液的概念。</p> <p>1-8-1 學生能理解溶質、溶劑、溶液三者關係。</p> <p>1-8-2 學生能理解溶質與溶劑間的交互作用力。(H)</p>

	<p>1-8-3 學生能理解不同溶液的交界關係。(H)</p> <p>1-9-1 學生能理解光的波粒二向性。(M,H)</p> <p>1-9-2 學生能理解雷射光對奈米碳顆粒的作用關係。(H)</p> <p>1-10-1 學生能理解奈米碳球特性、結構、應用、影響。</p> <p>二、情意</p> <p>2-1-1 學生能主動積極參與討論。</p> <p>2-2-1 學生能透過合作討論的方式，完成指定的學習活動。</p> <p>2-3-1 學生能樂於傾聽他人想法。</p> <p>2-3-2 學生能樂於發表自己的想法。</p> <p>2-3-3 學生願意透過彼此的分享，討論後獲得共同的結論。</p> <p>三、技能</p> <p>3-1-1 學生能利用蠟燭燃燒來製備奈米碳顆粒。</p> <p>3-1-2 學生能利用包覆碳顆粒的水滴做出水上漂。</p> <p>3-2-1 學生能結合生活經驗指出生活上使用的奈米科技。</p> <p>3-2-2 學生能做出各個尺度對應的常見物質關係圖。</p> <p>3-3-1 學生能操作油滴奈米尺度的實驗，並利用計算工具計算出奈米尺度。</p> <p>3-4-1 學生能利用碳顆粒進行隱形實驗。</p> <p>3-5-1 學生能上台進行口頭報告，並接受別人的意見、討論。</p> <p>3-6-1 學生能針對不同的溶劑配置出不同重量百分濃度、溶解度的溶液。</p> <p>3-7-1 學生能利用塑膠模型製作巴克球模型。</p>
教學資源	<p>本課程是運用奈米科技，搭配探究實作的課程內容、問題本為導向的模式進行教學，透過老師的提問進行不斷的思辨，讓學生可以從做中學、從觀察中發現問題背後的本質，最後讓學生蒐集現在奈米科技的應用，再讓學生進行分組討論未來可能科技之應用，並上台分享，讓學生也能針對自己設計的理念、想法進行行銷的口頭訓練。</p> <p>課程內容是建立於奈米新視界 1 與 2 兩本書，目的是為了透過微觀的角度，讓學生有不同尺度下的視野與思維，建立學生對於小尺度的物、畫性質探討。</p>
教學方法/ 教學型態	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 問題本位導向</li> <li>2. 分組合作學習</li> <li>3. 探究式教學法</li> </ol>
教學環境/ 地點	實驗室、教室

註：在學習目標方面，可視學生能力及程度分為高能力組 (H)、中能力組 (M) 與較弱能力組 (L) 擬定不同層次目標，並在各學習目標後面註明該目標適用的對象。例如：三組皆須達到的標準 (H, M, L) 或高組要達到的標準 (H)。

二、區分性教學設計

學生組別	高能力組	中能力組	低能力組
學習優弱勢分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 優勢：學生能熟稔國小階段與現階段課程內容，對未來課程有想法或一定認識。有較高的自我類化與批判思考能力。對於尺度的認識也有一定的基礎，可以對尺度進行延伸思考與應用。</li> <li>◇ 弱勢：學生注重自主學習能力，可能有較差的合作能力或溝通表達能力。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 優勢：學生熟稔國小階段與現階段課程內容。能透過引導或協助進行類化與批判思考的活動。對於尺度的認識也有一定的基礎，但對於尺度較不能活化應用與分辨。</li> <li>◇ 弱勢：學生對於實驗研究較為被動，需要較多的引導跟指示才能進行實驗或活動。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 優勢：學生能透過引導、指示完成目標任務，能協助他人完成指定工作。</li> <li>◇ 弱勢：學生對於課程內容較無興趣，甚至對於過去的課程內容沒有很好的基礎，對於尺度的概念並不熟稔，且較難與生活化的概念產生連結。</li> </ul>
起點行為 (研究能力)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 熟悉過去與現階段的課程內容，並對未來的課程有一定的認識。</li> <li>➢ 習慣進行類化與批判思考，展現對科學的好奇心。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 熟悉過去與現階段的課程，並願意學習未來會遇到的科學內容。</li> <li>➢ 能接受別人的引導或透過適當的合作方式，進行合作學習。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 較不熟悉所學過的課程內容，學習興趣相對弱勢。</li> <li>➢ 能接受老師的引導，並與同學正常互動，完成指定活動。</li> </ul>
教學策略	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 使用分組合作學習的方式，並加入PBL的元素，透過與組員討論與分享，增進溝通、傾聽與表達的能力，也協助學生進行資料蒐集與論證的能力。</li> <li>➢ 探究式教學的使</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 使用分組合作學習的方式，透過與高能力組成員的合作，刺激想法進行類化的活動。老師也可從旁協助進行討論。</li> <li>➢ 進行探究式教學的課程老師要給予較多的引導，讓學生可以在老師的引導下進行實</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 使用分組合作與探究實作的方式，提升學習的意願與動機，運用多感官的刺激來彌補學習上的弱勢。</li> <li>➢ 學生可以從探究式教學中找到對於該領域或課程的學習興趣，再由興趣啟發學生對於事物的好奇心，重</li> </ul>

	<p>用，可以培養學進行自主學習的能力，在這個過程中，老師給予的引導較少，讓學生可以有較多的空間進行實驗討論，以培養未來進行獨立研究的能力。</p>	<p>驗的討論，藉以學習到完整的概念，並內化成下個實驗探究的動力。</p>	<p>新啟動學生對於學習的動力。</p>
<p>評量方式/評量標準</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 團隊合作能力</li> <li>2. 自主類化能力</li> <li>3. 批判思考能力</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 團隊合作能力</li> <li>2. 引導後的類化能力</li> <li>3. 實驗方法與科技應用能力</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成指定任務</li> <li>2. 協助團隊、合作的能力</li> <li>3. 能提升學習的興趣</li> </ol>

三、教學計畫與進度（可自行增列）

單元名稱	學習目標	教學規劃/活動/內容	時間	教學評量
奈米世界面面觀	1-1-1 1-1-2 3-2-1 3-2-2	認識奈米科技 1. 觀看奈米相關影片，認識奈米。 2. 利用 SEM 圖片看到顯微鏡底下的奈米世界。 3. 利用網路或資料庫，找到各種尺度對應的物質。 4. 畫出各尺度所對應的物質圖表。	2 節	學習單、 尺度對應表
蓮葉效應 01	1-1-4 1-2-1 1-2-2 1-2-3 1-2-4 1-2-5 1-3-1 1-3-2 1-3-3 1-3-4 3-3-1	接觸角與超疏水性、親油性探究（油粒徑） 1. 認識蓮葉效應。 2. 認識接觸角了解其與超疏水性關係。 3. 了解親油性。 4. 計算探究油粒徑大小。 5. 能思索蓮葉效應對仿生學的運用。  ◎延伸動手做課程—拓膜製作與複式顯微觀測	4 節	學習單、 實驗操作、 實驗報告
製取奈米碳 02	1-4-1 1-4-2 1-4-3 1-4-4 1-4-5 3-1-1	動手製取奈米碳. 燭火的物理與化學變化 1. 動手製取奈米碳。 2. 了解燭火的物理與化學變化。 3. 模擬蓮花的自潔效應。 4. 碳顆粒覆蓋的表面容易剝落，思考層跟層之間的分 子間作用力。	2 節	學習單、 實驗操作、 實驗報告
奈米水上漂 03	1-5-1 1-5-2 1-5-3 1-10-1 2-1-1 2-2-1 3-1-2 3-7-1	碳顆粒的水上漂：水上漂的靜電與場域 1. 動手做奈米水上漂。 2. 了解碳顆粒的水上漂原理。 3. 思索水上漂的靜電與場域概念。 4. “碳”索新世界__巴克球與碳球模型組裝認識其結構與碳簇家族。	4 節	學習單、 實驗操作、 實驗報告

奈米 不一 樣— 碳鎖 全反 射 04	1-1-3 1-6-1 1-6-2 1-6-3 1-6-4 1-6-5 1-6-6 3-4-1	<p>碳鎖全反射—折射與全反射（物理性質的探討）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>動手做奈米全反射。</li> <li>說出折射與全反射原理。</li> <li>思索奈米全反射的成因與隱形術關係。</li> </ol> <p>奈米鐵的燃燒（化學性質的探討）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>燃燒草酸鐵所製成的奈米鐵，可由高處掉落產生燃燒的現象，藉此說明尺度的改變，增加摩擦的表面積而生熱燃燒。</li> </ol>	2 節	學習單、 實驗操作、 實驗報告
驚碳 介面： I 碳 微觀 止 05 II 驚 碳硫 連忘 返 06	1-7-1 1-7-2 1-8-1 1-8-2 1-8-3 1-9-1 1-9-2 3-6-1	<p>驚碳介面—溶劑交界面與奈米碳對雷射光的反應</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>介紹溶解度、重量百分濃度概念。</li> <li>比較不同溶劑對溶質的溶解差異，並分辨極性與非極性的差異。</li> <li>說明飽和溶液的概念並學習如何設計、觀察與測量，指導學生動手做將兩飽和溶液交界面的奈米碳顆粒析出，探討其現象及原理。</li> <li>雷射光束照射奈米碳顆粒介面，產生推散效果，探討其物理現象與機制。</li> <li>思考未來科技的應用性，分組討論並以心智圖或任何方式進行口頭報告。</li> </ol>	4 節	學習單、 實驗操作、 實驗報告 口頭報告
奈米 科技 大爆 發	1-4-6 2-3-1 2-3-2 2-3-3 3-5-1	<p>奈米科技的應用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>奈米塗料—疏水劑的應用。</li> <li>疏水布所製成的傘與一般的傘有何不同，綜合前幾周學生所學的，讓學生思考如何觀察、比較。</li> <li>透過環境議題—PM2.5 來思考尺度問題，了解對身體健康的危害，而更小的奈米尺度是否可以協助我們抵抗、避免吸入微細粒子？讓學生發揮創意設計口罩或濾淨機，畫或寫出構想並上台發表。</li> </ol>	2 節	疏水布製作 口頭報告 （創意行銷 活動）

#### 四、應用與建議

延伸應用	<p>奈米科技是一個小尺度科學的應用，我們的生活常常建立在可見的、巨觀的視野來思考與探究，但是微觀的視野與思維是有相當大的不同，可以讓學生發現物質的另一面，所以奈米科技最重要的是提供一個新的角度，思考科學的邏輯與應用，建立學生宏觀的視野，未來還可舉辦學校科學運動會，讓學校的內部的教學與資源能夠與社區緊密結合，讓孩子成為運動會的要角之一，設計闖關活動，讓學生培養創造思考與行銷的能力，課程能夠社區化也可以增進社區、學校之間的情感，進而讓社區的資源流入學校，以此達到永續經營的概念。</p>
對超前或落後學生的建議	<p>資優生在學習的過程可以加入一些問題導向模式，讓學生擔任類似專家的角色，透過弱結構化的問題，進行資料的蒐集與論辯，達到最適結論，藉此也可以從中訓練學生思考與查詢、建立資料庫的能力，以及引述資料的重點，達成 Renvulli 三合充實模式的第二模式—實驗技巧與方法的訓練，在課程之後可以進行獨立研究或專題的課程。評量上的調整可以是多元的，包括創意行銷活動、問題導向模式討論紀錄、探究實驗記錄、學習單、口頭報告或海報發表等，藉以培養學生除了紙筆測驗之外的能力。</p> <p>對於落後的學生，可以先以培養學生的興趣做起，對於課程內容的應用則不需過於強求，在五E學習環內強調第一部分參與的概念，因此引起動機是最重要的，利用簡單但具聲光效果的實驗引起學生參與的動機，接下來則慢慢要求學生觀察、紀錄的能力，並有能力執行或協助進行完整的活動。評量的部分則不需過於強求學生探討理論或者理論的應用，可以簡單的紀錄形式學習單或實驗單，搭配學習心得（可以撰寫或是口述），讓學生反思學習的歷程，也藉此確認學生是否有被引起學習的動機。</p>

附錄一 「蓮葉效應」詳細教案

課程名稱	植物的蓮葉效應探索	作者	陳世家
科別	生物	通訊作者 e-mail	shch46@tp.edu.tw
授課對象	7.8 年級	課程時間	3 小時
融入課程	<p>國中一年級自然與生活科技一上：Ch. 2 第 2 章生物體的組成</p> <p>2-1.2 複式顯微鏡的結構與使用技巧</p> <p>131-1a 認識當地常見的動物及植物</p> <p>131-2a 知道植物由根、莖、葉、花、果實、種子組成</p> <p>141-2a 知道植物有根、莖、葉、花、果實、種子具有特殊構造</p> <p>141-3a 了解植物根、莖、葉、花、果實、種子的功能</p>		
Big idea 項目	<p>Structure of Matter 物質結構、</p> <p>Size-Dependent Properties 尺寸效應</p>		
教學目標	<p>一、觀察與歸納訓練。</p> <p>二、理解接觸角的定義與疏水性的關係。</p> <p>三、操作植物葉片的正反面的是否具疏水性？</p> <p>四、能操作並說出枯黃的葉面或已乾燥的葉面是否仍具有疏水性？</p> <p>五、能操作並說出哪些花瓣或已乾燥的花瓣具有疏水性</p> <p>六、理解蓮葉效應的緣由與概念。</p> <p>七、將植物葉與花瓣的是否具疏水性，製成圖表，運用分類與歸納，發表其差異性。</p> <p>八、提問導引討論並形成假設。</p> <p>九、問題導向：如何能更細微觀察葉面正面與背面？SEM 無法取得時如何使用顯微鏡觀測？如何剝離表面又要透明？印模如何製作？</p> <p>十、利用顯微鏡觀測印模，以放大 100 倍與 600 倍不同倍率，繪出圖形且紀錄觀察的結果，運用數位相機透過目鏡拍攝圖片，再經電腦投影至螢幕，並與 SEM 比較差異。</p> <p>十一、將印模黏貼於卡片形狀的投影片上製成作品。</p>		
創新點	<p>自製拓膜與顯微觀測與數位相機拍攝來對照蓮葉效應</p>		
特色簡介	<p>一、生活化：觀察植物的葉正背面的疏水性是否有類似蓮葉效應的自潔功能。</p> <p>二、操作化：親自動手操作觀察接觸角，自製葉片印模並操作顯微鏡觀測與數位相機攝影。</p> <p>三、趣味化：操作具蓮葉效應實驗滾動水珠與吸附灰塵的自潔效應探索，更具趣味性。</p> <p>四、科學化：了解接觸角與疏水性的關係以及蓮葉的奈米構造與蓮葉效應。</p>		

壹、開場、奈米影片觀賞，ppt 奈米概念介紹。

### 貳、【自潔效應的觀測】

一、以肉眼及放大鏡仔細觀察芋頭葉的正背面葉脈與構造以及表面上是否有粉塵沾附並紀錄之。

二、外加粉筆灰於葉面上取塑膠滴管吸取塑膠燒杯的水，滴於芋頭葉的葉面二至三滴，觀察水滴在葉面上的形狀與運動的情形，並以放大鏡觀察葉面是否被水沖洗乾淨，並紀錄之。

- 「提問」1. 葉面上水珠的形狀為何？  
2. 仔細觀察水珠是滾動還是滑動？  
3. 水珠是否吸附粉筆灰？為甚麼？

三、教師運用簡報檔說明自潔效應

### 參、【接觸角與疏水性】

一、將芋頭葉的葉面平放，取塑膠滴管吸取塑膠燒杯的水，滴於芋頭葉的正面一滴，觀察水滴在葉面上的形狀，繪出圖形並紀錄觀察的結果。

二、教師運用簡報檔說明接觸角的定義與疏水性的關係。

- 「提問」1. 觀察怎樣的接觸面才具有疏水性？  
2. 如何判斷芋頭葉的正面是否具有疏水性？  
3. 芋頭葉的背面是否也具有疏水性？怎麼證明？

### 肆、【葉背面的疏水性】

一、將芋頭葉的背面平放，取塑膠滴管吸取塑膠燒杯的水，滴於芋頭葉的背面一滴，觀察水滴在葉背面上的形狀與將葉傾斜時運動情形，繪出圖形並紀錄觀察的結果。

二、觀察比較芋頭葉的正面與背面上水珠的接觸角有何差異。

- 「提問」1. 如何判斷芋頭葉的背面是否具有疏水性？  
2. 芋頭葉的正面與背面上水珠的接觸角有何異同？

### 伍、【枯黃或乾燥葉片的疏水性】

- 「提問」1. 如何製作乾燥的葉片？  
2. 枯黃的芋頭葉面或背面是否具有疏水性？

一、改以枯黃的芋頭葉，同疏水性操作步驟，繪出圖形紀錄觀察的結果，並與未枯乾的葉片比較其差異性。

二、自製乾燥的芋頭葉，同疏水性操作步驟，繪出圖形紀錄觀察的結果，並與枯黃的葉片比較其差異性。

- 「提問」1. 乾燥的芋頭葉面和背面是否具有疏水性？  
2. 觀察比較芋頭葉正常的、枯黃的與乾燥的葉片其正面和背面疏水性有何異同？

#### 陸、【不同植物的葉片的疏水性】

「提問」1. 是不是所有植物的葉片的正面與背面都和芋頭葉一樣具有疏水性？還是正面有疏水性背面沒有、亦或正面沒有疏水性背面卻有，或者兩面都沒有，你認為哪一種情形會最多？

一、將葉片改以馬拉巴栗植物葉片，操作正面滴水，觀察且繪出圖形並與芋頭葉比較紀錄觀察的結果。

二、取馬拉巴栗植物葉片，操作背面滴水，觀察且繪出圖形並與芋頭葉比較紀錄觀察的結果。

「提問」2. 馬拉巴栗植物葉片的正面與背面是否都具有疏水性？若經乾燥後的情形有何異同？

三、取蔓花生植物的葉片…等觀測齊是否具疏水性？

「提問」3. 蔓花生植物葉片的正面與背面是否都具有疏水性？若經乾燥後的情形有何異同？

四、取其他植物葉片，觀察其正、背面或已乾枯的疏水效果，可作分類並比較異同。

【觀測不同植物的葉片的疏水性，可分組室外觀測，亦可推廣至校園植物疏水性的探究，並讓學生發表其分類比較的結果。】

#### 柒、【不同植物花瓣的疏水性】

「提問」1. 植物除了觀測葉片是否具有疏水性外還可探索植物的哪些部份具有疏水性？

一、改觀察植物花瓣：蝴蝶蘭花、咸豐草花、…等，花瓣的正面與背面，如同葉面滴水操作方式，仔細觀察後，繪出圖形並紀錄觀察的結果。

二、自製乾燥植物花瓣：蝴蝶蘭花、咸豐草花、…等，同上步驟，繪出圖形並紀錄觀察的結果。

「提問」2. 是不是所有花瓣都具有疏水性？如果不是，那些有？那些沒有？正面與背面又如何？

3. 具有疏水性的花瓣，將其乾燥後花瓣是否仍具有疏水性？疏水效果有何差異？

三、取當季植物花瓣，觀察花瓣的正面與背面是否都具有疏水性？並作分類並比較異同。

【觀測不同植物的花瓣的疏水性，可分組室外觀測，亦可推廣至校園植物花瓣疏水性的探究，並讓學生發表其分類比較的結果。】

#### 捌、【自製拓膜與顯微觀測】

「提問」1. 如何能更細微觀察葉面正面與背面？

2. SEM 無法取得時如何使用一般顯微鏡觀測？

	<p>3. 如何剝離葉片表面又得透光，以一般顯微鏡來觀察葉的表面構造？</p> <p>4. 想一想印模要如何製作？</p> <p>一、取透明指甲油，將芋頭葉片正面與背面各塗一小塊（約 1cm×0.5cm），待乾後（約 1~2 分鐘）以尖嘴鑷子剝下指甲油透明印模，至於載玻片上，以顯微鏡觀測 100 倍至 600 倍放大，繪出圖形且紀錄觀察的結果。</p> <p>二、運用數位相機透過目鏡拍攝顯微鏡觀測到的圖片。</p> <p>三、用透明膠帶，將印模黏貼於卡片形狀的投影片上製成作品。</p> <p>四、將數位相機拍攝圖片，經電腦投影至螢幕，與 SEM 比較差異，並讓學生發表看法。</p> <p>「提問」5. 顯微鏡能看到葉面的奈米結構嗎？為什麼？</p> <p>五、教師簡報 ppt 檔，以 SEM 圖片說明芋頭葉面的奈米結構資料。</p> <p>「提問」6. 顯微鏡與 SEM 觀察資料，有什麼差異？想一想造成的差異是什麼？</p> <p><b>玖【後續探討】</b></p> <p>一、蓮葉與芋頭葉具疏水性，觀察其葉柄，是否也是出污泥而不染，具有疏水性？</p> <p>二、觀察植物的果實：枇杷、奇異果、蕃茄…等果實或種子是否具疏水性？</p> <p>三、若把滴水改為滴熱水（或溫水）、肥皂水（或洗髮精水），觀察疏水性有何改變？</p> <p>四、觀察以沙拉油塗抹於葉片上與水滴有何不同？是否具疏油性？</p> <p>五、將具疏水性的植物，運用綱、目、科、屬、種的分類與歸納，是否能做成依據或形成假設？</p>
<p>所需材料或儀器</p>	<p>放大鏡、粉筆灰、塑膠燒杯、塑膠滴管、顯微鏡（100 至 600 倍）、載玻片與蓋玻片、透明指甲油、透明膠帶附台、鑷子、電熨斗、數位相機（學員自備）、投影片、芋頭葉、馬拉巴栗葉、蔓花生葉、蝴蝶蘭花、咸豐草花（葉面、花瓣含枯黃的或經乾燥）。（學員自備數位相機）</p>
<p>場地需求</p>	<p>電腦、單槍投影機、銀幕、顯微鏡與數位相機</p>
<p>能力指標</p>	<p>2-3-2-1、2-3-2-4、7-3-2-3…</p>
<p>關鍵字</p>	<p>蓮葉效應、疏水性、接觸角、掃描式電子顯微鏡 SEM</p>
<p>其他</p>	<p>學習單</p>

「蓮葉效應」動手做課程學習單

動手做 1：認識蓮葉效應，操作水滴在蓮葉的自潔效果與疏水性。

材料：蓮葉、粉筆灰、廚房紙巾、塑膠杯和水，眼藥水滴瓶

動手做 2：操作不同植物葉片或花瓣的正面與背面其疏水效果觀察並紀錄。

材料：蓮葉、芋頭葉、馬拉巴栗葉、曼花生葉、鴨跖草葉、紫花酢漿草葉、聖誕紅葉與綠葉、大花咸豐草花瓣、紫色蝴蝶蘭花瓣、廚房紙巾、塑膠杯和水、眼藥水滴瓶

動手做 3：操作枯黃或經乾燥的不同植物葉片的正面與背面其疏水效果觀察並紀錄。

材料：乾燥的芋頭葉、馬拉巴栗葉、曼花生葉、鴨跖草葉、紫花酢漿草葉、聖誕紅葉與綠葉、乾燥的大花咸豐草花瓣、紫色蝴蝶蘭花瓣、廚房紙巾、塑膠杯和水、眼藥水滴瓶

動手做 4：拓膜製作與複式顯微觀測，數位相機拍攝。

材料：透明指甲油、顯微鏡、載玻片、膠帶與台座、蓮葉、芋頭葉、馬拉巴栗葉、鴨跖草葉、紫花色酢漿草葉、聖誕紅葉與綠葉、大咸豐草花、數位相機（自帶）

動手做 5：顯微鏡觀測拓膜的數位相機拍攝與 SEM 拍攝比較差異。

材料：顯微鏡、拓膜載玻片、數位相機（自帶）、SEM 葉片圖

【原理】

蓮葉表面有奈米級微結構，滴水後，水滴接觸角大於 140 度，具超疏水性，並有自潔的功能，稱為蓮葉效應。

【實驗紀錄】

植物名稱	葉或花瓣	正常、枯黃或乾燥情形	正、背面	觀察結果
			正面	
			背面	
			正面	
			背面	
			正面	
			背面	
			正面	
			背面	
			正面	
			背面	

			正面	
			背面	
			正面	
			背面	
			正面	
			背面	
			正面	
			背面	
			正面	
			背面	
			正面	
			背面	

【問題】

一、蓮葉具疏水性的緣由？

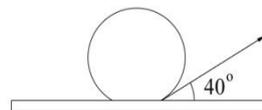
- 顯微鏡 1000 倍看見的表面突起物將水珠撐起
- 顯微鏡 1000 倍看見的表面突起物和看不清凹區的奈米級絨毛將水珠撐起。

二、接觸角與疏水性的關係

- 接觸角大於 90 度具疏水性
- 接觸角小於 90 度具疏水性
- 接觸角與疏水性無關。

三、右圖箭頭與桌面角度為 40 度則水滴的接觸角為多少度？

- 40 度
- 50 度
- 140 度。



四、葉片的正面與背面中何者具有疏水性？

- 正面
- 背面
- 兩面均有
- 不一定，可能正、背單面有，也可能兩面都有或都沒有。

五、關於蓮葉效應 (Lotus effect) 的敘述何者錯誤?

- 蓮葉效應指蓮葉的疏水性質
- 蓮葉不容易沾汙，是因為具有親水性質
- 水滴在蓮葉表面，接觸角  $160^\circ$  具有超疏水效果
- 表面具有含蠟絨毛。

六、顯微鏡觀察自製的印模與 SEM 資料有何差異?

---

---

七、如果你是一位科學家或老闆，你想要如何應用蓮葉效應來設計哪些產

---

---

八、你認為顯微鏡觀測物質表面結構與疏水性是否有相關聯? 請提出推論的假說?

---

---

附錄二 「奈米水上漂」動手做課程教師指引

動手做 1：取不鏽鋼湯匙，內（凹）面用蠟燭燻黑一半，製作碳顆粒，在內（凹）面有燻黑與沒有燻黑的湯匙上，以眼藥塑膠瓶各滴一滴水珠，觀察水珠運動情形是滑動還是滾動？紀錄於【表一】中。

材料：蠟燭、打火機、不鏽鋼湯匙、眼藥塑膠瓶。

【觀察提問】

1. 為何要各滴一滴水在有碳顆粒和無碳顆粒的湯匙上？
2. 觀察水珠運動是滾動還是滑動？
3. 這現象是哪一種效應？是什麼所造成的？

動手做 2：取不鏽鋼湯匙，內（凹）面用蠟燭燻黑製作碳顆粒，在內（凹）面以眼藥塑膠瓶滴一滴機油在燻黑的湯匙上，觀察機油和滴水的結果有何異同。紀錄於【表一】中。

材料：不鏽鋼湯匙、蠟燭、打火機、眼藥塑膠瓶、機油。

【觀察提問】

1. 滴油與滴水在碳顆粒上有何差異？
2. 觀察滴油 2 分鐘後油滴的圖樣有何變化？
3. 觀察碳顆粒是否有疏油性？為什麼？

動手做 3：操作油滴探究其粒徑大小。紀錄於【表二】中

材料：塑膠杯、塑膠滴管、塑膠淺盆、爽身粉、10 毫升量筒、卷尺（3M）、機油。

【觀察提問】

1. 如何操作與計算一滴水的體積？
2. 如何操作與計算油的粒徑大小？
3. 計算油粒徑大小為多少？

動手做 4：操作水珠吸附奈米碳顆粒的水上漂。

材料：打火機、蠟燭、不鏽鋼湯匙、塑膠杯、塑膠滴管、塑膠淺盆、吸管。

【觀察提問】

1. 為何水灑能在水面上滑行與跳動而不會沉下？
2. 為何碳顆粒能在浮在水面上？
3. 水面上運動的黑水珠與水灑有何相似之處？
4. 觀察兩碳顆粒水上漂靠近時，是相吸還是相斥？為什麼？
5. 以吸管摩擦頭髮靠近黑色水珠是相吸還是相斥？為什麼？

【原理概念】

1. 操作燭火燻黑的奈米碳顆粒，因顆粒小具蓮葉效應的疏水效果，將燻黑的湯匙外面輕觸燒杯的水面，觀察水面出現凹陷的現象。
2. 將燻黑的湯匙內面滴水搖盪將會吸附碳顆粒，主要是燻黑的碳顆粒之間連結不緊密，使水珠吸附奈米碳顆粒如同水珠吸附灰塵一般彷彿蓮葉的自潔效果。
3. 吸附碳顆粒的水珠漂浮在水面上，如同水灑的運動，主要是表面張力的現象，可以加清潔劑方式來破壞表面張力。
4. 油滴粒徑一是奈米級且密度比碳大，因碳顆粒疏水性與親油性關係，使得油滴滲入碳顆粒下方形成圓圈狀。
5. 油粒徑的測量，運用一滴油在水中開展的面積大小與厚度的乘積，即為一滴油的體積，便可計算油的粒徑大小。
6. 吸附碳顆粒的水珠漂浮在水面上，如同水灑的運動，主要是表面張力的現象，可以加清潔劑方式來破壞表面張力。
7. 以吸管摩擦頭髮因帶靜電所以會把水上漂的破珠吸引過來。
8. 當兩顆黑色水珠相靠近是相吸，因為吸附的碳顆粒具疏水性，使得周圍水面凹陷，當兩顆黑色水珠靠近時便會受凹陷場域的影響而陷入形成相吸引的現象。

【參考答案】

一、1 奈米是多少公尺？

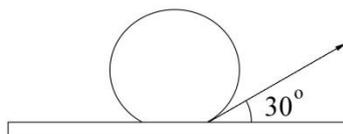
- 1 公尺
- $10^9$  公尺
- $10^{-9}$  公尺。

二、實驗中為何要分有、無碳顆粒兩半來操作？

- 有競爭性
- 作對照組
- 無意義。

三、右圖箭頭與桌面角度為 30 度則水滴的接觸角為多少度？

- 30 度
- 120 度
- 150 度。



四、有、無碳顆粒何者具疏水性？

- 無碳顆粒  
 有碳顆粒  
 兩者都有。

五、以摩擦後的吸管靠近碳顆粒水上漂水珠有何現象？

- 互相吸引  
 互相排斥  
 沒有作用。

六、觀察水滴在碳顆粒上是否吸附黑色的物質？\_\_\_\_\_是\_\_\_\_\_

那是什麼東西？\_\_\_\_\_碳顆粒\_\_\_\_\_ 你認為為什麼會這樣？  
燻黑的碳顆粒之間連結不緊密，如同附著的灰塵被水珠吸附

七、比較滴油在碳顆粒上與滴水在碳顆粒上，有何差異？你認為是什麼原因？

油滴粒徑一是奈米級且密度比碳大，因碳顆粒疏水性與親油性關係，使得油滴滲入碳顆粒下方形成圓圈狀

八、說明碳顆粒與蓮葉表面的關係？

碳顆粒微奈米級且具有疏水性，是以把水珠如同蓮葉效應具有的功能

九、從碳顆粒的水上漂，你認為原因為何？滴入沙拉脫觀察碳顆粒有何變化？你認為原因為何？

因表面張力讓吸附碳顆粒的水珠漂浮，如同水灑在水面上漂浮般，若滴入清潔劑將破壞表面張力而沉落

「奈米水上漂」動手做課程學習單

動手做 1：取不鏽鋼湯匙，內（凹）面用蠟燭燻黑一半，製作碳顆粒，在內（凹）面有燻黑與沒有燻黑的湯匙上，以眼藥塑膠瓶各滴一滴水珠，觀察水珠運動情形是滑動還是滾動？紀錄於【表一】中。

材料：蠟燭、打火機、不鏽鋼湯匙、眼藥塑膠瓶。

動手做 2：取不鏽鋼湯匙，內（凹）面用蠟燭燻黑製作碳顆粒，在內（凹）面以眼藥塑膠瓶滴一滴機油在燻黑的湯匙上，觀察機油和滴水的結果有何異同。紀錄於【表一】中。

材料：不鏽鋼湯匙、蠟燭、打火機、眼藥塑膠瓶、機油。

動手做 3：操作油滴探究其粒徑大小。紀錄於【表二】中

材料：塑膠杯、塑膠滴管、塑膠淺盆、爽身粉、10 毫升量筒、卷尺（3M）、機油。

動手做 4：操作水珠吸附奈米碳顆粒的水上漂。

材料：打火機、蠟燭、不鏽鋼湯匙、塑膠杯、塑膠滴管、塑膠淺盆、吸管。

【實驗紀錄】

動手做 1：表一

有碳粒滴水運動情形	無碳粒滴水運動情形	滴機油運動的情形

動手做 2：表二

100 滴油的體積	1 滴油的體積	油膜的面積	油膜的粒徑
$\text{cm}^3$	$\text{cm}^3$	$\text{cm}^2$	cm

【問題】

一、1 奈米是多少公尺？

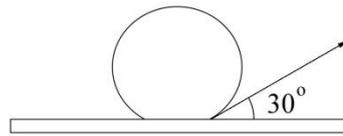
- 1 公尺  
  $10^9$  公尺  
  $10^{-9}$  公尺。

二、實驗中為何要分有、無碳顆粒兩半來操作？

- 有競爭性  
 作對照組  
 無意義。

三、右圖箭頭與桌面角度為 30 度則水滴的接觸角為多少度？

- 30 度
- 120 度
- 150 度。



四、有、無碳顆粒何者具疏水性？

- 無碳顆粒
- 有碳顆粒
- 兩者都有。

五、以摩擦後的吸管靠近碳顆粒水上漂水珠有何現象？

- 互相吸引
- 互相排斥
- 沒有作用。

六、觀察水滴在碳顆粒上是否吸附黑色的物質？\_\_\_\_\_

那是什麼東西？\_\_\_\_\_ 你認為為什麼會這樣？

\_\_\_\_\_

七、比較滴油在碳顆粒上與滴水在碳顆粒上，有何差異？你認為是什麼原因？

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

八、說明碳顆粒與蓮葉表面的關係？

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

九、從碳顆粒的水上漂，你認為原因為何？滴入沙拉脫觀察碳顆粒有何變化？你認為原因為何？

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

十、假如你是一位奈米科技的科學發明家，你想要如何利用奈米科技來對社會作有意義的貢獻？（導引從仿生學切入）

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

附錄三 「碳」索新世界詳細教案

課程名稱	「碳」索新世界__巴克球與碳球模型	作者	陳世家
科別	化學(奈米材料)	通訊作者 e-mail	shch46@tp.edu.tw
授課對象	7-8 年級 (可視學生是否學習過延伸至高中)	課程時間	3 節
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 認識巴克球(奈米碳球、C<sub>60</sub>、富勒烯)。</li> <li>2. 瞭解巴克球(奈米碳球)的特性。</li> <li>3. 藉由巴克球~ C<sub>60</sub> 分子模型 DIY, 瞭解巴克球的鍵結方式由 20 個六邊形和 12 個五邊形交錯所形成的封閉中空球體。</li> <li>4. 瞭解奈米相關的科學知識。</li> <li>5. 了解奈米碳球的應用, 以及對環境的影響。</li> </ol>		
課程簡介	透過觀察及實作分子模型, 認識奈米碳球由 60 個碳原子組成一個具有 20 個六邊形和 12 個五邊形交錯形成的中空球體結構, 以及其特性及應用。		
教學流程	<p>引起動機: 足球的發明(結構)與特性(耐踢)</p> <p>一. 介紹奈米碳球(巴克球)的簡介</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 奈米碳球(巴克球) <ul style="list-style-type: none"> <li>奈米碳球一般稱為「碳六十」或「巴克球(Bucky Ball)」, 又稱為「富勒烯」, 由 60 個碳原子組合而成, 是最對稱的分子。其發現是英國柯洛托、美國史莫利及柯爾三位科學家受到巴克明斯特·富勒在 1967 年蒙特婁世界博覽會中所設計的圓頂建築物得到的靈感, 進而成功破解碳六十的結構, 才得以瞭解碳六十的是一個封閉中空的球體, 有 20 個六邊形和 12 個五邊形, 共有 32 個面、60 個頂點以及 90 條邊, 形狀有如一顆足球。</li> </ul> </li> <li>2. 同素異形體 <ul style="list-style-type: none"> <li>碳(C)是一種元素, 奈米碳球(奈米碳管)、鑽石、石墨都是由相同元素「碳」元素組成, 只因構造不同, 就使性質相差很大的物質, 稱為「同素異形體」。例如鉛筆筆芯, 石墨又黑又軟, 看起來不值錢卻能導電; 昂貴的鑽石堅硬又漂亮, 是很珍貴的寶石卻是絕緣體。這兩種東西和巴克球都是碳元素組成, 但性質差異很大。</li> </ul> </li> <li>3. 奈米碳球(巴克球)的基本特性 <ul style="list-style-type: none"> <li>巴克球事由 60 個碳原子所組成, 簡稱為 C<sub>60</sub>, 是目前已知對稱性最高的球狀分子, 直徑為 0.71 奈米, 在室溫下呈現紫紅色固態分子晶體, 密度為 1.68 克/毫升, 結構穩定, 強度是鋼的 200 倍, 耐壓、耐磨、抗腐蝕、抗輻射。其優點為特殊石墨結構, 具有熱傳導性、導電性、強度家及化學性穩定等, 即使在時速高達二萬四千公里的速度下撞擊鋼板也不會破裂, 若在氮氣中加熱其晶體至 550°C 則會昇華。上列優點使巴克球在光電、奈米、生醫等領域的應用相當廣泛。</li> </ul> </li> </ol>		

## 二. 巴克球分子模型 DIY

器材: 巴克球分子模型一包

注意事項: 用輕輕旋轉的方式, 把塑膠碳粒子和塑膠套管從模型板上面取下, 然後開始進行組裝, 使用時在一個一個取下, 較不會遺失。

(一) 以最少的碳原子各自組裝最小的模型結構碳球 ( $C_{20}$ )

(二) 巴克球組裝步驟:

1. 拿五個碳原子和五根套管, 組裝一個五邊形。
2. 在五邊形的各邊長上, 分別圍成一個六邊形。
3. 在中間五邊形頂點隊到的相對位置, 圍上一個五邊形 (一個有五個)。
4. 重複一次 1 ~ 3 步驟。
5. 在完成步驟 4 後, 將五邊形外凸的碳原子加上兩根套管。
6. 把半成品組裝成一顆球, 即完成。

(三) 兩人合作組裝奈米碳管

## 三. 巴克球的應用及對環境的影響 (參考資料)

(一) 應用:

1. 作為醫療用途: 將藥物或放射元素包入  $C_{60}$  中。
  - (1) 愛滋病的新剋星與病毒的 HIV 快速結合, 減弱毒性, 阻止愛滋病毒擴散。
  - (2) 中空球體填充藥物, 不容易被胃酸腐蝕, 可將藥物帶到病患處。
  - (3) 奈米顆粒容易穿透細胞膜, 可製成各式抗體藥。
2. 加入金屬後形成超導體。
3. 化學電池與太陽能電池。
4. 電子零件與微型機械 (馬達) 製作。
5. 飛機、防震建築、防彈衣...
6. 製造觸媒、塑膠、火箭燃料、碳簇化學物及有機超導體、新超導材料探索研發、水溶性碳簇衍生物之生物醫學之應用。

(二) 對環境的影響:

1. 科學家已發現當巴克球異常的結合成奈米團 "nano-  $C_{60}$ " 時, 它們的水溶性是單一巴克球的十倍, 可能會威脅到環境, 對生態系統健康有很大的衝擊, 例如: 0.5ppm 水溶性  $C_{60}$ , 會造成右鱸魚腦部損傷。
2. 溶解在水中的  $C_{60}$ , 對土壤中的細菌的生長以及生物氧化功能都有抑制作用。
3. 研究顯示低濃度的巴克球會影響生物系統, 例如: 人體的皮膚細胞。

## 四. 問題與討論活動

1. 引導學生觀察且思考巴克球的結構, 有哪些形狀構成, 且記錄巴克球其頂

	<p>點、面以及邊共有幾個，其規律性又為何。</p> <p>2. 驗證尤拉 (Euler) 定理 (或歐拉定理)</p> <p>3. 數學家 Euler 在 1752 年發現各種正多面體間的關係，可用下面公式推算出來。</p> <p>4. 頂點數+面數=稜邊數+2</p> <p>5. 最小的碳球模型結構為何? ( <math>C_{20}</math> 為 5 邊形正 12 面體。 ) 並驗證尤拉定理計算稜邊。</p>
--	---

**【參考答案】**

一、觀察奈米球  $C_{20}$  模型，下列敘述何者正確？

- 每邊為五邊形組成
- 每邊為六邊形組成
- 每邊為五邊形與六邊形交疊組成

二、巴克球  $C_{60}$ ，含有幾個碳原子？

- 30
- 60
- 90
- 120 個

三、巴克球若以五邊形為中心，其周圍結構是

- 五個六邊形
- 五個五邊形
- 五邊形與六邊形間隔出現

四、巴克球模型共有幾個五邊形和幾個六邊形

- 20 個六邊形，12 個五邊形
- 12 個六邊形，20 個五邊形
- 16 個六邊形，16 個五邊形

五、下列那一種物質都是由碳組成的同素異形體 ( Allotropy ) ？

- 鑽石
- 石墨
- 奈米碳球
- 以上皆是

六、奈米碳球的形狀像？

- 足球
- 籃球
- 棒球。

七、奈米碳管的造形為

- 兩邊為拆一半的巴克球，中間為五邊形
- 兩邊為拆一半的巴克球，中間為六邊形球
- 全部均由六邊形組成。

八、下列何者有誤？

- 石墨與鑽石都是由碳原子組成，但因結構不同，且性質差別極大的物質，就稱為「同素異形體」
- 石墨與碳奈米管都不具有導電性
- 巴克球是由六十個碳原子組成的
- 科學家發現巴克球它中空的構造可以攜帶藥物。

九、奈米碳球有幾條稜邊？

- 60
- 90
- 120。

——幾個頂點？幾個面（五邊形與六邊形）？幾條稜線？（ $V+F-E=2$ ）

碳 60 結構，內含 12 個五角形和 20 個六角形，除了數數外，亦可由尤拉公式計算稜邊數

十、奈米碳球又稱為富勒烯其每個碳原子周圍接了幾個碳原子？

- 2
- 3
- 4。

——有機化合物烷（碳單鍵）、烯（碳有一雙鍵）與炔（碳有一是三鍵）

「碳」索新世界動手做課程學習單

動手做 1：每組組裝三個  $C_{20}$  模型

【材料】：模型材料每組 1 包

動手做 2：組裝奈米碳球--巴克球  $C_{60}$

【材料】：模型材料每人 1 包

動手做 3：組裝奈米碳管

【材料】：模型材料每人 1 包

【觀察結果】

動手做 1：

奈米碳管結構中，1 個碳原子周圍接了幾個碳原子？

答：\_\_\_\_\_

奈米碳管結構中，碳原子與碳原子間形成什麼形狀的多邊形？

答：\_\_\_\_\_

動手做 2：

奈米碳球結構中存在哪些形狀的多邊形？

答：\_\_\_\_\_

數數看，奈米碳球結構中共有幾個”邊”？

答：\_\_\_\_\_

數數看，奈米碳球結構中共有幾個”面”？

答：\_\_\_\_\_

承上題，這些”面”分別是幾個多邊形所組成？

答：\_\_\_\_\_

**【問題】**

一、觀察奈米球  $C_{20}$  模型，下列敘述何者正確？

- 每邊為五邊形組成
- 每邊為六邊形組成
- 每邊為五邊形與六邊形交疊組成

二、巴克球  $C_{60}$ ，含有幾個碳原子？

- 30
- 60
- 90
- 120 個

三、巴克球若以五邊形為中心，其周圍結構是

- 五個六邊形
- 五個五邊形
- 五邊形與六邊形間隔出現

四、巴克球模型共有幾個五邊形和幾個六邊形

- 20 個六邊形，12 個五邊形
- 12 個六邊形，20 個五邊形
- 16 個六邊形，16 個五邊形

五、下列那一種物質都是由碳組成的同素異形體（ Allotropy ） ？

- 鑽石
- 石墨
- 奈米碳球
- 以上皆是

六、奈米碳球的形狀像？

- 足球
- 籃球
- 棒球。

七、奈米碳管的造形為

- 兩邊為折一半的巴克球，中間為五邊形
- 兩邊為折一半的巴克球，中間為六邊形球
- 全部均由六邊形組成。

八、下列何者有誤？

- 石墨與鑽石都是由碳原子組成，但因結構不同，且性質差別極大的物質，就稱為「同素異形體」
- 石墨與碳奈米管都不具有導電性
- 巴克球是由六十個碳原子組成的
- 科學家發現巴克球它中空的構造可以攜帶藥物。

九、奈米碳球有幾條稜邊？

- 60
- 90
- 120。

十、奈米碳球又稱為富勒烯其每個碳原子周圍接了幾個碳原子？

- 2
- 3
- 4。

——幾個頂點？幾個面（五邊形與六邊形）？幾條稜線？（ $V+F-E=2$ ）

碳 60 結構，內含 12 個五角形和 20 個六角形，除了數數外，亦可由尤拉公式計算稜邊數

動手做 1：自製疏水布並滴水珠觀察其運動、放大或縮小與顏色變化

材料：撥水布、廚房紙巾、燒杯和水、眼藥水滴瓶、試管

【觀察提問】

1. 布面上水珠的形狀為何？
2. 觀察水珠運動是滾動還是滑動？
3. 水珠是否使字體放大、縮小還是不變？
4. 水珠下方的布，其上字體，顏色有什麼變化？

動手做 2：平面的碳鎖全反射

材料：冰棒木、蠟燭、打火機、原子筆、燒杯

【觀察提問】

1. 想一想把燻黑木片斜插入水中，由上往下看，不同角度觀察其顏色，有何變化？
2. 把木片翻面再斜插入水中，觀察燻黑冰棒木上面所寫的字，有何變化？
3. 將燻黑木片放在試管內，再斜插入水中，從試管外觀察木片有何變化？

動手做 3：圓柱的碳鎖全反射

材料：試管×2、蠟燭、打火機、

【觀察提問】

1. 將兩試管慢慢接觸水面，從水面上往下看，仔細觀察兩試管所接觸水面的周圍有何差異？
2. 將兩試管慢慢放入水中，從水面上往下看，仔細觀察水面下兩試管柱顏色有何變化？
3. 將兩試管放入水中，從燒杯側面看，仔細觀察水面下兩試管柱有何變化？

動手做 4：圓球的碳鎖全反射

材料：鐵珠與環、棉線、蠟燭、打火機、鑷子、黑色噴漆

【觀察提問】

1. 將塗黑的鐵珠和燻黑的鐵珠二者懸吊，慢慢置入盛水燒杯中，未完全沉入前，鐵珠周圍的水面，從上方觀察接觸水面的邊緣有何差異？
2. 將塗黑的鐵珠和燻黑的鐵珠二者懸吊，置入盛水燒杯中，從燒杯側面觀察有何變化與差異？

【原理】

一、水珠在疏水布上的運動情形為何？

水珠在疏水布上的運動，有如蓮葉效應，不僅接觸角大於 120 度，具疏水效果，而且會滾動，若有灰塵亦有自潔的效果。

二、透過水珠觀察在疏水布上的字體為何會變大？

這是因為水珠具折射效果，有如凸透鏡的放大作用，所以疏水布上的字體會變大。

三、透過水珠觀察在疏水布上的字體顏色為何會有銀白色光澤？

主要是因為疏水布上的水與布之間有空氣存在，造成光線的全反射效果。

四、冰棒木燻黑斜插入水中，從插入的一方觀察，冰棒木的顏色由黑色變為銀白色？

因為奈米碳顆粒結構有超疏水效果，使得水與物體結構間佈滿一層空氣，當觀察大於一個角度（即臨界角）時，將使入射光線產生全反射，使得黑色如同隱形般，而變成銀白色。

五、那為何冰棒木燻黑其上，已無水原子筆刻寫的字，當斜插入水中，從插入的上方觀察，黑色棒上黑字，卻變成銀白色棒上顯現黑字？

這是因為無水原子筆所寫的字，已擠壓而破壞碳顆粒的奈米結構，使空氣不再駐留，無法產生全反射，故寫字的地方回復原來的黑色字體，而未寫字的地方因全反射的關係變成銀白色，彷彿白板上以黑色簽字筆書寫一般。

六、燻黑的圓柱緩緩放入水中，從上方觀察，為何和燻黑的冰棒木一樣？

因燻黑的圓柱奈米碳顆粒結構有超疏水效果，使得水與物體結構間佈滿一層空氣，與燻黑的冰棒木一樣，使入射光線產生全反射，黑色隱形而變成銀白色。

七、燻黑的圓柱緩緩放入水中，從燒杯側面觀察，為何黑色圓柱中間成縮小細圓柱而旁邊卻變成銀白色有如一層防護罩呢？

這是因奈米碳顆粒結構有超疏水效果，使得水與物體結構間佈滿一層空氣，使入射光線產生全反射，黑色隱形而變成銀白色，但因為中央部份是光線直射進入交界面，入射角0度，折射角也0度，入射線、折射線與法線重疊，所以中間部分仍可看見黑色，因圓弧狀對稱，如同黑色圓柱縮小，而外面環繞一層防護罩。

八、燻黑鐵珠與黑色簽字筆塗黑的鐵珠，緩緩置入燒杯水中，從燒杯上方觀察，燻黑的鐵珠和水之間有一環凹陷，但而黑色簽字筆塗黑的鐵珠，卻沒有凹陷呢？

主要是燻黑的鐵珠因有奈米碳顆粒結構造成的疏水關係，以至於和水之間產生一環凹陷的疏水效果，而黑色簽字筆塗黑的鐵珠，因沒有疏水的構造，所以與其接觸的水面就沒有凹陷。

九、燻黑鐵珠與黑色簽字筆塗黑的鐵珠，置入燒杯水中，從燒杯側面觀察，燻黑鐵珠彷彿被銀白色的包覆，像似一層防護罩；而黑色簽字筆塗黑的鐵珠，為何卻仍舊是黑色的鐵珠？

因為燻黑鐵珠奈米碳顆粒結構的疏水性，產生一層空氣層包覆，又因球型對稱的關係，造成全反射後，黑色球如同被銀白色的包覆，像似一層防護罩，但中央仍是黑色的小鐵球；而黑色簽字筆塗黑的鐵珠，因沒有奈米構造，所以表面不具疏水效果，也沒有全反射，仍是一顆黑色的球；而全反射再經水的折射放大，所以燻黑鐵珠看起來似乎比較大些。

十、為何會造成全反射的效果？

奈米碳顆粒結構有超疏水效果，使得水與物體結構間佈滿一層空氣，當觀察大於一個角度（即臨界角）時，將使入射光線產生全反射，使得黑色如同隱形般，而變成銀白色。

### 【參考答案】

一、水珠在疏水布上的運動是

- 滑動
- 滾動
- 被吸成一灘水漬。

二、透過水珠觀察在疏水布上的字體大小為

- 放大
- 縮小
- 不變。

三、透過水珠觀察在疏水布上的字體顏色是否有改變？

- 改變為無色
- 改變為銀白色
- 不改變還是黑色。

四、冰棒木燻黑斜插入水中，從插入的一方觀察，冰棒木的顏色為

- 不改變還是黑色
- 改變為無色
- 改變為銀白色。

五、冰棒木燻黑，其上刻寫的字，當斜插入水中，從插入的一方觀察冰棒木的顏色與刻寫字顏色為

- 冰棒木的顏色為還是黑色，刻寫字不見了
- 冰棒木的顏色為變為銀白色，刻寫字是黑色
- 冰棒木的顏色為還是黑色，刻寫字為銀白色。

六、燻黑鐵珠置入燒杯水中

- 仍是黑色
- 變成銀白色
- 黑球變小外圍包裹一圈銀白色

七、試說明運用奈米概念中的何種特性，使燻黑的鐵珠、圓柱與冰棒木，造成全反射的效果？

奈米碳顆粒結構有超疏水效果，使得水與物體結構間佈滿一層空氣，當觀察大於一個角度（即臨界角）時，將使入射光線產生全反射，使得黑色如同隱形般，而變成銀白色。

八、奈米概念中的哪一種特性使得布具有疏水性？

主要是因為疏水布上的水與布之間有空氣存在，造成光線的全反射效果。

九、試說明奈米光學的哪一特性，使燻黑木棒會隱形？而刻寫其上的字體卻現形的原因？

因為無水原子筆所寫的字，已擠壓而破壞碳顆粒的奈米結構，使空氣不再駐留，無法產生全反射，故寫字的地方回復原來的黑色字體，而未寫字的地方因全反射的關係變成銀白色，彷彿白板上以黑色簽字筆書寫一般。

「奈米不一樣—碳鎖全反射」動手做課程學習單

動手做 1：自製疏水布並滴水珠觀察其運動、放大或縮小與顏色變化

材料：撥水布、廚房紙巾、燒杯和水、眼藥水滴瓶、試管。

動手做 2：平面的碳鎖全反射

材料：冰棒木、蠟燭、打火機、原子筆、燒杯。

動手做 3：圓柱的碳鎖全反射

材料：試管x2、蠟燭、打火機。

動手做 4：圓球的碳鎖全反射

材料：鐵珠與環、棉線、蠟燭、打火機、鑷子、黑色噴漆。

【原理】

反射與反射定律

折射與全反射

奈米碳顆粒結構有超疏水效果，使得水與物體結構間佈滿一層空氣，當觀察大於一個角度（即臨界角）時，將使入射光線產生全反射，使得黑色如同隱形般，而變成銀白色。

【實驗紀錄】

動手做 1：在疏水布上滴水，觀察水珠運動、水珠下方自體或圖案是放大或縮小，以及其顏色的變化情形

水珠運動情形	放大、不變或縮小	顏色有何變化

動手做 2：平面的碳鎖全反射

冰棒木燻黑	燻黑的顏色變化	寫字的顏色變化
從燒杯上方觀察		
從燒杯側面觀察		

動手做 3：圓柱的碳鎖全反射

試管燻黑	剛碰觸水面的變化	沒入水中變化
從燒杯上方觀察		
從燒杯側面觀察		

動手做 4：圓球的「碳鎖」全反射

圓球燻黑	剛碰觸水面的變化	沒入水中變化
從燒杯上方觀察		
從燒杯側面觀察		

【問題】

一、水珠在疏水布上的運動是

- 滑動
- 滾動
- 被吸成一灘水漬。

二、透過水珠觀察在疏水布上的字體大小為

- 放大
- 縮小
- 不變。

三、透過水珠觀察在疏水布上的字體顏色是否有改變？

- 改變為無色
- 改變為銀白色
- 不改變還是黑色。

四、冰棒木燻黑斜插入水中，從插入的一方觀察，冰棒木的顏色為

- 不改變還是黑色
- 改變為無色
- 改變為銀白色。

五、冰棒木燻黑，其上刻寫的字，當斜插入水中，從插入的一方觀察冰棒木的顏色與刻寫字顏色為

- 冰棒木的顏色為還是黑色，刻寫字不見了
- 冰棒木的顏色為變為銀白色，刻寫字是黑色
- 冰棒木的顏色為還是黑色，刻寫字為銀白色。

六、燻黑鐵珠置入燒杯水中

- 仍是黑色
- 變成銀白色
- 黑球變小外圍包裹一圈銀白色

七、試說明運用奈米概念中的何種特性，使燻黑的鐵珠、圓柱與冰棒木，造成全反射的效果？

---

八、奈米概念中的哪一種特性使得布具有疏水性？

---

九、試說明奈米光學的哪一特性，使燻黑木棒會隱形？而刻寫其上的字體卻現形的原因？

---

十、試著繪出光的行進路徑，說明使燻黑的鐵珠在水中，產生一層防護罩

動手做 1：利用三用電錶來測量木炭條、墨條、鉛筆芯與石墨（碳）棒的電阻大小；再將墨條另一邊研磨乾燥後，再以三用電錶來測量研磨後乾燥的墨條電阻大小。

材料：木炭條、墨條、鉛筆芯、石磨（碳）棒、硯台、塑膠滴管。

【提問 1】導電情形為何？

【提問 2】都是碳所組成為何有此差異？

動手做 2：取表玻璃，用蠟燭燻黑製作碳顆粒，以三用電錶檢測其電阻值，並觀察 0.2cm、0.5cm、1cm 和 1.5cm 間隔距離測量的電阻值差異。

材料：表玻璃、蠟燭、打火機、三用電錶、木夾、直尺。

【提問 1】電阻大小是否隨寬度距離改變？

【提問 2】量取哪個位置電阻最小？為什麼？

動手做 3：取不鏽鋼湯匙，內外面用均用蠟燭燻黑，將燻黑的湯匙外面輕觸燒杯的水面，觀察水面的位置有何變化？再將湯匙斜插入燒杯水面下，從水面上觀察湯匙的凹（內）面與凸（外）面有何變化與差異？從燒杯側面觀察湯匙的凹（內）面與凸（外）面有何變化與差異？

材料：表玻璃、蠟燭、打火機、滴管、木夾、眼藥塑膠瓶、機油、燒杯。

【提問】這現象是哪一種光學原理？是什麼所造成的？

動手做 4：倒些植物（礦物）油在燻黑的錶玻璃上，以濾紙過濾觀察植物（礦物）油是否會溶解碳顆粒？以滴管將溶碳顆粒的植物油吸至玻璃瓶內約 1 公分高，在加水約 2 公分高，蓋上瓶蓋後上下搖動，觀察植物油、水與奈米碳顆粒間有何現象發生？最後以紅光與綠光雷射筆，由玻璃管底部往上照，觀察植物油與溶有碳顆粒的植物油有何現象發生？

材料：表玻璃、蠟燭、打火機、燒杯、玻璃瓶含蓋、滴管、紅光與綠光雷射筆、酯類（或植物油）、濾紙、漏斗與小燒杯。

【提問 1】為什麼會看見鐳射光線？

【提問 2】綠光雷射光線為何會變色？

動手做 5：操作經奈米碳溶於酯類形成界面活性劑，觀察其介面效果。

材料：蠟燭、酯類（或植物油）、玻璃瓶管（含蓋）、塑膠滴管、小燒杯、木夾（或乾鍋箝）、表玻璃。

#### 【原理概念】

1. 奈米碳的導電性：燭火燻黑的奈米級碳顆粒以及碳煙製作的墨條或墨汁（乾燥）具有導電性，用三用電錶可測量其電阻，而燻的越厚也會造成電阻變小，而一般燒烤用的木炭卻因為空隙太大，如同絕緣體，是以不具導電性。
2. 操作燭火燻黑的奈米碳顆粒，因顆粒小具蓮葉效應的疏水效果，將燻黑的湯匙外面輕觸燒杯的水面，觀察水面出現凹陷的現象。
3. 插入水面下因碳顆粒間有空隙使空氣層造成光的全反射。
4. 經奈米碳溶於酯類，形成膠態溶液，因顆粒大散射鐳射光線造成廷得耳效性的光束，觀察其與水面形成具有界面活性劑可觀察其介面效果。

**【參考答案】**

一、奈米是什麼？

- 精緻農業的稻米
- 尖端科技的物質
- 長度的單位。

二、實驗中如何探究奈米碳顆粒具導電性？

- 有電阻
- 有疏水性
- 有電壓。

三、為何有碳顆粒的湯匙插入水面會變甚麼顏色？

- 黑色
- 銀白色
- 藍色。

四、為何有碳顆粒的湯匙插入水面會變色？

- 繞射
- 全反射
- 干涉。

五、為何溶有碳顆粒的油照雷射光會有一條線？

- 繞射
- 折射
- 散射。

六、溶有碳顆粒的油照雷射光會有一條線的現象稱為？

- 廷得耳效應
- 蓮葉效應
- 光子晶體。

七、為何植物油照綠色雷射光產生的光束會變色？

- 繞射
- 折射
- 部分光譜被吸收。

驚碳介面 I -- 「碳」微觀止動手做課程學習單

動手做 1：利用三用電錶來測量木炭條、墨條、鉛筆芯與石墨（碳）棒的電阻大小；再將墨條另一邊研磨乾燥後，再以三用電錶來測量研磨後乾燥的墨條電阻大小。

材料：木炭條、墨條、鉛筆芯、石磨（碳）棒、硯台、塑膠滴管。

動手做 2：取表玻璃，用蠟燭燻黑製作碳顆粒，以三用電錶檢測其電阻值，並觀察 0.2cm、0.5cm、1cm 和 1.5cm 間隔距離測量的電阻值差異。

材料：表玻璃、蠟燭、打火機、三用電錶、木夾、直尺。

動手做 3：取不鏽鋼湯匙，內外面用均用蠟燭燻黑，將燻黑的湯匙外面輕觸燒杯的水面，觀察水面的位置有何變化？再將湯匙斜插入燒杯水面下，從水面上觀察湯匙的凹（內）面與凸（外）面有何變化與差異？從燒杯側面觀察湯匙的凹（內）面與凸（外）面有何變化與差異？

材料：表玻璃、蠟燭、打火機、滴管、木夾、眼藥塑膠瓶、機油、燒杯。

動手做 4：倒些植物（礦物）油在燻黑的錶玻璃上，以濾紙過濾觀察植物（礦物）油是否會溶解碳顆粒？以滴管將溶碳顆粒的植物油吸至玻璃瓶內約 1 公分高，在加水約 2 公分高，蓋上瓶蓋後上下搖動，觀察植物油、水與奈米碳顆粒間有何現象發生？最後以紅光與綠光雷射筆，由玻璃管底部往上照，觀察植物油與溶有碳顆粒的植物油有何現象發生？

材料：表玻璃、蠟燭、打火機、燒杯、玻璃瓶含蓋、滴管、紅光與綠光雷射筆、酯類（或植物油）、濾紙、漏斗與小燒杯。

動手做 5：操作經奈米碳溶於酯類形成界面活性劑，觀察其介面效果。

材料：蠟燭、酯類（或植物油）、玻璃瓶管（含蓋）、塑膠滴管、小燒杯、木夾（或乾鍋箝）、表玻璃。

【測量結果】

表一：動手做 1

物體	木炭	墨條	燻碳粒	石墨棒	鑽石
電阻 ( $\Omega$ )					
備註		是否研磨		鉛筆芯	

表二：動手做 2

距離	0.2cm	0.5cm	1.0cm	1.5cm
電阻 ( $\Omega$ )				

表三：動手做 3

水面位置有何變化	水面上觀察結果		燒杯側面觀察結果	
	凹面	凸面	凹面	凸面

表四：動手做 4

照射機油情形	照射植物油情形	照射機油溶碳顆粒的情形

**【問題】**

一、奈米是什麼？

- 精緻農業的稻米
- 尖端科技的物質
- 長度的單位。

二、實驗中如何探究奈米碳顆粒具導電性？

- 有電阻
- 有疏水性
- 有電壓。

三、為何有碳顆粒的湯匙插入水面會變甚麼顏色？

- 黑色
- 銀白色
- 藍色。

四、為何有碳顆粒的湯匙插入水面會變色？

- 繞射
- 全反射
- 干涉。

五、為何溶有碳顆粒的油照雷射光會有一條線？

- 繞射
- 折射
- 散射。

六、溶有碳顆粒的油照雷射光會有一條線的現象稱為？

廷得耳效應

蓮葉效應

光子晶體。

七、為何植物油照綠色雷射光產生的光束會變色？

繞射

折射

部分光譜被吸收。

八、假如你是一位奈米科技的科學發明家，你想要如何利用奈米科技來對社會作有意義的貢獻？

---

---

---

---

---

<p>壹、教學目標</p>
<p>探索溶質在不同溶劑間的溶解度差異，發生沉澱析出的現象，並探索不同能量的雷射光對於溶質析出介面之顆粒的影響。</p>
<p>貳、具體目標</p>
<p>認知：能了解溶液達飽和以及混合兩種不同溶劑時，溶質溶解度差異所發生之顆粒析出的現象，利用此原理來製作奈米顆粒，並加以探索。                  技能：運用硫與碳在乙酸乙酯、去漬油與酒精的飽和溶液間，製作出奈米碳顆粒與硫顆粒，使之在兩溶劑間析出。                  情意：溶質在不同溶劑間的溶解度差異而析出，進而探索利用不同顏色（能量）之雷射光照射下所發生的反應現象。</p>
<p>參、設計理念及創意說明</p>
<p>探索溶質在不同溶劑間的溶解度差異，使之飽和析出，並探索雷射光束對於兩溶劑介面間析出顆粒的影響</p>
<p>肆、教材特色</p>
<p>一、生活化：認識粒子在不同溶劑的飽和溶液間產生沉澱析出。                  二、操作化：比較硫顆粒在不同溶劑的飽和溶液間形成析出顆粒。                  三、趣味化：運用碳與硫溶於不同溶劑的飽和溶液間，去探索奈米碳與硫的形成在雷射光照射下的差異反應。                  四、科學化：運用硫在乙酸乙酯、去漬油與酒精的飽和溶液間，製作出奈米碳顆粒與硫顆粒在兩溶液間析出，並觀察其變化差異。</p>
<p>伍、對應原理（科目、年級、原理名稱與說明等）</p>
<p>國二理化:飽和溶液、肥皂的親水性與親油性原理                  高二化學:溶液與溶解度</p>
<p>陸、對應能力指標或課綱</p>
<p>structure of Matter 物質結構、Science, Technology and Society 科學、科技與社會</p>
<p>柒、先備知識與關鍵概念(請詳述學生須具備的背景知識與經由本堂課會建立的知識與概念。)</p>
<p>◆ 先備知識                  1. 溶解度的定義與溶液飽和的概念                  2. 物質親水性與親油性的概念                  ◆ 關鍵概念                  兩溶液介面間奈米顆粒之生成、雷射光對於溶液介面間所生成之奈米顆粒的影響</p>

捌、準備材料（教具與教材）				
材料名稱	每人需要數量	用途	可替代材料	照片
蠟燭	每組 1 支			
試管	每組 1 支			
打火機	每組 1 支			
攪玻璃棒	每組 1 支			
漏斗	每組 1 個			
濾紙	每組 6 片			
玻璃瓶（含蓋）	每組 6 個			
燒杯 100ml	每組 1 個			
滴管	每組 3 支			
硫粉	共用 1 瓶			
酒精	共用 1 瓶			
乙酸乙酯	共用 1 瓶			
去漬油	共用 1 瓶			
膠帶含座	共用 1 個			

#### 【參考答案】

一、相同溶質，不同溶劑的兩飽和溶液相混合，是否會有溶質的析出？

答：會，因為溶解度的差異會使超過飽和量的溶質析出。

二、觀察在玻璃瓶 ABCD 四瓶中有何現象發生？

答：兩溶液混合時，瓶中溶液會分成兩層，在兩層的介面處會有溶質析出。

三、以綠光雷射照射 DEF 三瓶溶液之介面層，玻璃瓶中有何現象發生？

答：溶液介面的碳顆粒遇光照射會分散開來，甚至呈現龜裂的圖樣。

四、觀察在 D 玻璃瓶中，用紅、綠、藍光雷射筆照射有何不同現象發生？

答：使用不同顏色的雷射照射，結果有差異：藍紫光照射見面碳顆粒很快地分散、綠光次之，紅光照射最慢。

五、觀察在 D 玻璃瓶中，為什麼用紅光雷射筆照射碳顆粒分離較慢？

答：紅光雷射是三種雷射中能量最低者，因此介面碳顆粒的分離會較慢些。

## 一. 簡介說明飽和溶液及概念

【提問一】飽和溶液的定義為何？

實驗動手做一：硫顆粒在兩種不同溶劑間的介面析出

實驗 1-1：製作硫的飽和溶液

【步驟 1】取硫粉置於試管中，再加入乙酸乙酯，以橡皮塞塞緊後，上下搖勻再將溶液過濾，漏斗接於玻璃瓶中，加蓋旋緊，製得飽和硫的乙酸乙酯溶液（甲）。

【步驟 2】取硫粉置於試管中，再加入酒精，以橡皮塞塞緊後，上下搖勻再將溶液過濾，漏斗接於玻璃瓶中，加蓋旋緊，得飽和硫的酒精溶液（乙）。

【步驟 3】取硫粉置於試管中，再加入去漬油，以橡皮塞塞緊後，上下搖勻再將溶液過濾，漏斗接於玻璃瓶中，加蓋旋緊，得飽和硫的去漬油溶液（丙）。

【提問二】將硫顆粒的飽和溶液（甲）、（乙）、（丙），兩兩相互混合 會發生什麼現象？

實驗 1-2：混合硫的兩種不同溶劑之飽和溶液

【步驟 1】利用滴管各取 10 mL 的（甲）、（乙）兩溶液置玻璃瓶 A 中，加蓋旋緊搖均勻後，觀察有什麼現象發生？

【步驟 2】利用滴管各取 10 mL 的（甲）、（丙）兩溶液置玻璃瓶 B 中，加蓋旋緊搖均勻後，觀察有什麼現象發生？

【步驟 3】利用滴管各取 10 mL 的（乙）、（丙）兩溶液置玻璃瓶 C 中，加蓋旋緊搖均勻後，觀察有什麼現象發生？

【提問三】硫顆粒的飽和溶液（甲）、（乙）、（丙），兩兩相互混合後分層，兩溶劑介面間有硫顆粒的析出嗎？為什麼？

## 二. 簡介說明奈米碳製取與兩飽和溶液間介面析出概念

實驗動手做二：奈米碳顆粒在兩種不同溶劑間的介面析出

實驗 2-1：製作奈米碳的飽和溶液

【步驟 1】取蠟燭點燃後燻黑試管底部，待試管冷卻後放入燒杯中，再加乙酸乙酯溶解碳顆粒，再將溶液過濾，漏斗接於玻璃瓶中，加蓋旋緊，得飽和碳的酒精溶液（丁）

【步驟 2】取蠟燭點燃後燻黑試管底部，待試管冷卻後放入燒杯中，再加酒精溶解碳顆粒，再將溶液過濾，漏斗接於玻璃瓶中，加蓋旋緊，得飽和碳的去漬油溶液（戊）

【步驟 3】取蠟燭點燃後燻黑試管底部，待試管冷卻後放入燒杯中，再加去漬油溶解碳顆粒，再將溶液過濾，漏斗接於玻璃瓶中，加蓋旋緊，得飽和碳的去漬油溶液（己）

【提問四】將碳顆粒的飽和溶液（丁）、（戊）、（己），兩兩相互混合會發生什麼現象？

實驗 2-2：混合碳的兩種不同溶劑之飽和溶液

【步驟 1】利用滴管各取 10 mL 的（丁）、（戊）兩溶液置玻璃瓶 D 中，加蓋旋緊搖均勻後，觀察有什麼現象發生？

【步驟 2】利用滴管各取 10 mL 的（丁）、（己）兩溶液置玻璃瓶 E 中，加蓋旋緊搖均勻後，觀察有什麼現象發生？

【步驟 3】利用滴管各取 10 mL 的（戊）、（己）兩溶液置玻璃瓶 F 中，加蓋旋緊搖均勻後，觀察有什麼現象發生？

【提問五】碳顆粒的飽和溶液（丁）、（戊）、（己），兩兩相互混合後分層，兩溶劑介面間有硫顆粒的析出嗎？為什麼？

### 三. 簡介說明肥皂分子的親水性與親油性概念

實驗動手做三：利用不同能量之雷射光照射溶液介面間所析出之奈米碳與硫顆粒的變化

【提問六】利用雷射照射介面析出的硫顆粒有何變化？

實驗 3-1：利用雷射照射介面析出的硫顆粒

【步驟 1】利用紅光雷射筆照射玻璃瓶 A、B、C 之中間介面層的析出物，觀察有什麼現象發生？

【步驟 2】利用綠光雷射筆照射玻璃瓶 A、B、C 之中間介面層的析出物，觀察有什麼現象發生？

【步驟 3】利用藍紫光雷射筆照射玻璃瓶 A、B、C 之中間介面層的析出物，觀察有什麼現象發生？

【提問七】利用雷射照射介面析出的碳顆粒有何變化？

實驗 3-2：利用雷射照射介面析出的碳顆粒

【步驟 1】利用紅光雷射筆照射玻璃瓶 D、E、F 之中間介面層的析出物，觀察有什麼現象發生？

【步驟 2】利用綠光雷射筆照射玻璃瓶 D、E、F 之中間介面層的析出物，觀察有什麼現象發生？

【步驟 3】利用藍紫光雷射筆照射玻璃瓶 D、E、F 之中間介面層的析出物，觀察有什麼現象發生？

【提問八】使用不同能量之雷射光照射介面所析出的碳顆粒有不同的差異變化嗎？為什麼？

#### 【問題】

一、相同溶質，不同溶劑的兩飽和溶液相混合，是否會有溶質的析出？

二、觀察在玻璃瓶 ABCD 四瓶中有何現象發生？

三、以綠光雷射照射 DEF 三瓶溶液之介面層，玻璃瓶中有何現象發生？

四、觀察在 D 玻璃瓶中，用紅、綠、藍光雷射筆照射有何不同現象發生？

五、觀察在 D 玻璃瓶中，為什麼用紅光雷射筆照射碳顆粒分離較慢？