十二年國民基本教育課程綱要

國民中小學暨普通型高級中等學校

自然科學領域

課程手冊

中華民國一〇八年一月

院長序

國家教育研究院於民國 100 年 3 月 30 日正式成立，肩負了國內教育研究、課程改革的使命，以「教育政策發展智庫」、「課程測評研發基地」及「領導人才培育重鎮」為願景，規劃長期性、整體性、系統性、前瞻性的研究計畫，為國家課程發展奠立穩固基礎。

國家教育研究院自民國 97 年進行課程綱要研擬之基礎研究，於 102 年起陸續展開與完成十二年國民基本教育課程綱要的研修工作，經教育部高級中等以下學校課程審議會審議通過正式發布。隨著十二年國民基本教育各領域/科目課程綱要發布，國家教育研究院也啟動各領域/科目課程手冊研發的工作計畫，進行課綱理念內涵之解析與實踐方向的指引，提供學校課程與教學設計、教師教學與學習評量實施、以及教材研發與選用之參考。

期待學校、教師、教材研發者以及社會各界，能夠善加應用各領域/科目課程手冊，同時秉持十二年國民基本教育課綱自發、互動、共好的精神，落實素養導向的課程與教學，成就每一個孩子都能適性揚才與終身學習。

國家教育研究院代理院長

郭工賓 謹誌

主編序

十二年國民基本教育課程綱要總綱業於 103 年 11 月 28 日發布，各領域/科目課程綱要之研修工作自 103 年 6 月陸續展開；歷經「十二年國民基本教育課程研究發展會」研議與「教育部高級中等以下學校課程審議會」審議等程序，教育部於 107 年 2 月起陸續發布各領域/科目課程綱要，108 學年度開始，自國民小學、國民中學及高級中等學校一年級起逐年實施。

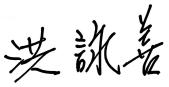
總綱乃整體十二年國民基本教育課程與教學規劃與實施的藍圖，並且引導各領域/科目課綱發展。十二年國教課綱以成就每一個孩子—適性揚才，終身學習為願景，以核心素養為課程連貫與統整發展的主軸，透過素養導向課程與教學的實踐，藉由活力彈性的學校本位課程發展，規劃多元適性的學習，激發學生生命的喜悅與生活的自信，提升學生學習的渴望與創新的勇氣，培養具有自主行動、溝通互動與社會參與的終身學習力、社會關懷心及國際視野的現代優質國民。

為促進各界理解各領域/科目課程綱要，國家教育研究院進行各領域/科目課程綱要研修外，同時發展各領域/科目課程手冊，解析各領域/科目課程綱要內涵特色，並且發展教學示例，提供教材編選、學校課程規劃實施、以及教師教學之參考。

本課程手冊係為參考性質，期待教材研發者、學校課程與教學設計者、教學者等能自行視情境脈絡與需求加以轉化與實踐。本書得以出版，感謝各領域課綱研修小組及課程手冊研發小組成員全心投入與專業貢獻，此外，感謝課推系統學科中心，課程教學輔導團隊教師群提供建議以及參與協作。我們期望本課程手冊之出版，能作為課程綱要與教育現場實踐與對話的橋樑，觸發更大動能，為學生多元適性的學習，共學共創，協力同行。

主編

國家教育研究院課程及教學研究中心


謹誌

中華民國 108 年 1 月

目 次

院長序

主編序

緣　起

壹、發展沿革與特色 3

一、發展沿革與特色 3

二、新舊課綱比較 6

貳、課程架構 57

參、核心素養與學習重點的呼應說明 67

一、國民小學教育階段 67

二、國民中學教育階段 74

三、高級中學教育階段 83

肆、學習重點解析 97

一、高級中學教育階段 97

二、「自然科學探究與實作」學習重點解析 143

伍、素養導向教材編寫原則 163

一、國民小學教育階段 163

二、國民中學教育階段 171

三、高級中學教育階段 190

四、自然科學探究與實作 205

陸、自然科學領域之議題融入說明 213

一、融入議題之選擇 213

二、議題融入之作法 213

三、議題融入之示例說明 214

柒、教學單元案例 225

一、國民小學教育階段 225

二、國中教育階段-跨科題材教學單元案例 252

三、高中教育階段-環境與海洋議題融入案例 276

四、高級中學教育階段-「自然科學探究與實作」教學單元案例 281

五、十二年國教-自然科學核心素養教學與評量示例 332

六、化學科範例-閱讀式探究素材 451

捌、新舊課綱之課程實施銜接分析與建議 473

一、六升七年級-生物科 474

二、九升十年級 474

玖、其他課程規劃建議 485

一、生物科校訂選修建議 485

二、物理科 490

三、化學科 499

四、地球科學 502

拾、課綱 Q&A 509

緣起

教育部於民國 103 年 11 月 28 日發布「十二年國民基本教育課程綱要總綱」，有關「課程規劃原則」指出：「為落實學生適性選修課程，領域綱要研修小組應配合領域課程綱要之研訂，同步發展各領域課程手冊，建立完整課程架構，並描繪升學及職涯進路關係，供教師選課輔導、學生選課參考與大學院校選材參採之用」。基於此，國家教育研究院(以下簡稱國教院)自 105 年 2 月起著手進行研發十二年國民基本教育自然科學領域課程手冊(以下簡稱本手冊)，茲作為說明領綱內涵與實務的重要詮釋文件。

本手冊研發團隊成員除國教院研究人員外，並以原自然科學領綱研修委員為基礎，另外廣邀國民教育教學輔導團、高中學科中心專長教師等具實務經驗之人員，定期召開國民小學、國民中學、普通型高級中學、探究與實作課程等小組會議，透過嚴謹的研析、撰寫、諮詢等程序編輯手冊，以領綱為本對現場實踐提供具體的建議。手冊內容呼應《總綱》「自發」、「互動」及「共好」的理念，透過核心素養的引導，自然科學領域可以在原有的架構下形成新一波的課程內容，並符應十二年國教全人教育、終身學習及適性學習的基本理念。

本手冊章節包括：發展沿革與特色、課程架構、核心素養與學習重點的呼應說明、學習重點解析、素養導向教材編寫原則、自然科學領域之議題融入說明、教學單元案例撰寫原則說明、新舊課綱之課程分析與實施建議及課綱 Q&A 等九項。

本手冊的完成特別感謝各分組工作小組成員的用心投入，在多次討論、諮詢與修正後終將付梓，期待本手冊對教師、學生、家長、師資培育機構、教科書編輯團隊，以及所有關心十二年國民基本教育的夥伴們能有所裨益，亦期待讀者能不吝指教，對本手冊提供寶貴的修正建議。

自然科學領域課程綱要課程手冊研發工作小組

壹 發展沿革與特色

壹、發展沿革與特色

一、發展沿革與特色

（一）自然科學領域課程綱要發展沿革與現行課程綱要相關問題

1.自然科學課程綱要發展沿革

（1）「自然與生活科技領域」到「自然科學領域」：科技成為獨立之「科技領域」。

（2）「九年一貫課程綱要」到「十二年國民基本教育」：十二年課程連貫設計。

（3）「能力指標」到「素養導向」：落實領域學科能力整合、內化、應用的目標。

2.現行自然科學課程綱要相關問題

（1）九年一貫「自然與生活科技學習領域」課綱之分段能力指標，包含八項科學素養，項目過多，不易作為選編教材、實施教學與學習評鑑之依據。

（2）九年一貫課程國中教育階段師資分科培訓，教科用書形式上不分科編輯（同在一本書），但實質上分科編輯，各單元缺乏跨科連結整合。

（3）九年一貫課程國中小教科用書編輯落差，國小教科用書多採取探究或問題解決模式，國中則採概念描述為主，輔以實驗操作，國中小教科用書內容文字數量差異大。

（4）素養或能力落實問題：相關的課程資源配套不足，例如，基測、評量試題仍多屬片段認知概念內容；教科用書仍屬認知概念模式編輯；未納入師資養成與在職培訓課程。

（5）九年一貫課程教材細目的概念內容過多且零碎，缺少大概念(big-idea)以及核心概念（core concept）。

（6）九年一貫課程與 99 課綱，分屬不同研修委員會，國中與高中教育階段之概念發展未能連貫，內容多有重複問題。

（7）高中 99 課綱為教材大綱型式，缺少「科學探究能力」內容之描述。

（8）高中 99 課綱為教材大綱型式，偏重知識概念，教科書內容以及教學模式也多以科學知識概念學習為唯一目標，缺乏科學探究方法的學習設計。

3.自然科學領域課程綱要在世界主要國家的發展趨勢

本次研修工作參考以下文件「A Framework For K-12 Science Education,2012」、「NGSS(Next Generation Science Standards, 2013)」、「STEM(Science, Technology, Engineering and Math ematics)」、「Big ideas (principles and big ideas of science education,2010) 」、「PISA, 2015」、各種科技部「高瞻計畫」成果作品等，歸納出以下的

發展趨勢：

（1）朝向科學素養的培養，注重與日常生活之連結。

（2）重視科學概念發展與新興科技的連貫統整。

（3）強調科學核心概念的學習。

（4）重視科學本質的認識與態度的培養。

（5）「自然科學探究與實作」為科學學習的主要方法。

4.自然科學領域研修課程綱要之重要性

本次研修重要性在於面對教學現場出現的問題，解決上述「現行自然科學課程綱要相關問題」，羅列如下：

（1）九年一貫課綱之八項科學素養項目過多，能力指標分析過於細碎。（上述問題 1）

解決方式：整合科學素養內容，分成「科學探究」與「科學的態度與本質」取代認知、技能、情意，並建立「自然科學」領域之學習內容架構後，再由各科研發相關內容。

（2）國中教育階段師資分科培訓，教科用書分科編輯，但課程要求領域統整教學。（問題 2）

解決方式：國中教育階段教學分科為主，跨科概念為輔，每學期課程至少實施一個單元的跨科整合的自然科學探究與實作教學。

（3）國中小教科用書編輯落差問題（問題 3）

- 強調概念認知發展與概念內容架構。
- 編寫教科用書時，須同時提供 3 至 12 年級之整體課程計畫，說明各年級的教材內容銜接。（參考實施要點之教材編選）

（4）偏向知識概念學習，未能落實素養/能力教學的問題。（問題 4、7、8）

（5）加強探究與實作式學習的落實

解決方式：

- 國民小學教育階段：學習首要為探索體驗，課程採統整概念的學習模式。
- 國民中學教育階段：學科概念系統性認識，連結概念學習與生活運用，並規範課程需安排三分之一授課時數，實施探究與實作學習。
- 高級中等學校教育階段：安排跨科「自然科學探究與實作」4 個必修學分，連貫 9-

10/11 年級的自然科學素養導向學習。

- 整合「學習表現」與「學習內容」，提供各學習階段的素養導向教學與評量示例。
- 於實施要點中具體說明課程發展、教學、評量的關係。

（6）教材細目的概念內容過多且零碎，缺少大概念的呈現。(問題 5)

解決方式：以學習內容表現「核心概念」，包含科學概念的「主題」與「次主題」，並輔以「跨科概念」。

（7）國民小學階段、國民中學教育階段、高級中學階段之概念發展不連貫。(問題 6)

解決方式：3-12 年之課綱格式相呼應，且配合認知發展連結各階段之概念學習次序。。

（二）研修原則與特色

1.總綱共同原則

（1）素養導向、連貫統整、多元適性

（2）國民中學教育階段：自然科學、科技分成兩個領域

（3）融入十九項議題（性別平等、人權、環境及海洋教育等共 19 項）

2.自然科學課程綱要之特色與原則

為達成認知發展的連貫性，本次研修工作在各階段有不同的特色與原則，分別說明如下：

（1）國民小學教育階段

- 強化以「主體經驗」為主，「客體經驗」為輔。
- 著重觀察、親身體驗和具體操作。
- 培養學習興趣、保有好奇心。
- 根據觀察體驗提出自己看法。
- 從生活中察覺問題。

（2）國民中學教育階段

- 「主體經驗」與「客體經驗」相輔相成。
- 接觸「科學知識系統性」，引進抽象思考。
- 體會科學知識可以幫助生活解決問題。
- 依現象提出問題，並設計實驗實作，進行探究計畫，撰寫簡易科學探究報告。
- 以質性描述為主，量化計算為輔。

（3）高級中學教育階段

- 為大學教育銜接做準備。
- 大幅放入微觀、抽象思考、運算與理論推導的層次，並建立科學模型與理論的系統性思考方式。
- 運用較複雜的科學模型、理論、儀器設備，獨立或與同儕合作規劃執行完整的科學探究計畫。

二、新舊課綱比較

（一）國民小學教育階段

相較於現行國民教育九年一貫課綱自然與生活科技學習領域(以下簡稱九年一貫課綱)，十二年國民基本教育自然科學領域課綱自然科學學習領域（以下簡稱十二年國教課綱）學習內容規劃，在國民小學教育階段有以下的主要改變：

1.領域名稱：學習領域名稱從九年一貫課綱之「自然與生活科技」改為「自然科學」，科技領域在國民小學教育階段未獨立設科，內容可融入本領域當中。

2.規劃期程：課程內容的規劃從過去九年，延伸到十二年一貫整體規劃，將各階段學習內容重新調整安排。

3.學習內容組織與呈現方式：九年一貫課綱本領域課綱以八個基本能力要項規劃各階段學習內容，並以附錄呈現教材內容細目，十二年國教課綱則以學習重點（區分為學習表現與學習內容)，九年一貫課綱中有關科學態度、思考智能、科學技能、科學與技術本質重新統整成為學習表現的細目，其餘教材內容細目則納入學習內容。

4.基本能力指標與學習重點：九年一貫課綱以學生完成本階段課程應表現之能力指標為敘寫方式，而十二年國教課綱則延續能力指標寫法改為學習表現延，但在學習內容則採取敘明各階段應具體學習之核心概念與跨科概念，並在附錄對於學習內容細目和學習情境等做進一步的闡述。

5.跨科統整：在十二年國教課綱素養導向之課程目標下，國小教育階段學習表現與學習內容強化課程內容之統整性，以三大學習課題，七大跨科概念為組織核心概念之架構，消除分科間壁壘分明之設計，引導教科書編輯與教師教學計畫從跨科概念、生活、社會議題或大概念等取向發展教學，以達到跨科統整的目標。

6.階段間銜接與調整：為減少國小與國中教育階段課程銜接之落差，將部分原屬國中教育階段之學習內容（如「粒子概念」、「能量形式與轉換」、「細胞概念」等內容），調整合適呈現方式納入國民小學教育階段學習內容，也根據教學實務的回饋，對於國小中、高年級不同學習階段學習內容做必要之調整（詳見以下附錄）。

7.核心概念與跨科概念：重新檢視教材細目，並以核心概念與跨科概念作為檢核選擇學習內容之指標，去除枝節零碎之學習內容。

8.永續發展：回應「自發」、「互動」、「共好」之課程理念，國小階段特別強調「科學與生活」與「資源及永續性」之跨科概念與內容，以連結科學、科技與社會、生活、環境倫理與自然界永續發展的相關議題。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要國民小學階段新舊課綱學習內容對照表

課題	學習內容	學習階段			說明
		新增	調移	刪減	
自然界的組成與特性	INa-Ⅱ-6 太陽是地球能量的主要來源，提供生物的生長需要，能量可以各種形式呈現。		Ⅳ→Ⅱ		延續九年一貫次主題 217 能的形式與轉換及 513 能源的開發與利用相關，並強化「能」及「能源教育」的相關概念，作為國中學習的基礎。
	INa-Ⅱ-8 日常生活中常用的能源。	● 核能			延續九年一貫次主題 217 能的形式與轉換及 513 能源的開發與利用相關，並強化「能」及「能源教育」的相關概念，作為國中學習的基礎。
	INa-Ⅲ-1 物質是由微小的粒子所組成，而且粒子不斷的運動。		Ⅳ→Ⅲ		九年一貫課程綱要安排在第四學習階段之認識物質，以及次主題 120 物質的組成與功用第三學習階段物質可以分解與組合。課程內容安排於第三學習

課題	學習內容	學習階段			說明
		新增	調移	刪減	
自然界的組成與特性					階段，但以物質可以分解為更小的粒子，不涉及及原子的概念。
	INa-Ⅲ-5 不同形式的能量可以相互轉換，但總量不變。		Ⅳ→Ⅲ 電廠、發電機、電動機		延續九年一貫次主題 217 能的形式與轉換及 513 能源的開發與利用相關，並強化「能」及「能源教育」的相關概念，作為國中學習的基礎。
	INa-Ⅲ-6 能量可藉由電流傳遞、轉換而後為人類所應用。利用電池等設備可以儲存電能再轉換成其他能量。		Ⅳ→Ⅲ		延續九年一貫次主題 217 能的形式與轉換及 513 能源的開發與利用相關，並強化「能」及「能源教育」的相關概念，作為國中學習的基礎。
	INa-Ⅲ-7 運動的物體具有動能，對同一物體而言，速度越快動能越大。	● 動能			延續九年一貫次主題 217 能的形式與轉換及 513 能源的開發與利用相關，並強化「能」及「能源教育」的相關概念，作為國中學習的基礎。
	INa-Ⅲ-9 植物生長所需的養分是經由光合作用從太陽光獲得的。		Ⅳ→Ⅲ		僅介紹光合作用基本概念，不涉及細胞層級的作用機制和化學反應式。
	INa-Ⅲ-10 在生態系中，能量經由食物鏈在不同物種間流動與循環		Ⅳ→Ⅲ		此為自然界(生物圈)物質與能量轉換的重要內容，為討論生態保育、氣候變遷等議題的基礎概念，應在國小階段建立。

課題	學習內容	學習階段			說明
		新增	調移	刪減	
自然界的組成與特性	九年一貫課程綱要： 2-2-3-1 認識物質除了外表特徵之外，亦有性質的不同，例如溶解性質、磁性、導電性等。並應用這些性質來分離或結合它們。知道物質可因燃燒、氧化、發酵而改變，這些改變可能和溫度、水、空氣等都有關。 2-3-3-2 探討氧及二氧化碳的性質；氧的製造、燃燒之瞭解、氧化(生鏽等，二氧化碳的製造、溶於水的特性、空氣汙染等現象。			●	「導電」、「氧化」於國小教育階段未提及。僅於學習內容說明補充。 INe-Ⅱ-2 溫度會影響物質在水中溶解的程度（定性）及物質燃燒、生鏽、發酵等現象。
	INb-Ⅱ-7 動植物體的外部形式和內部構造，與其生長、行為、繁衍後代和適應環境有關。	●			為統整性的學習內容，不同於九年一貫課綱除了介紹動植物體的構造與功能，更強調形式構造與適應環境的關係。
	INb-Ⅲ-2 應用性質的不同可分離物質或鑑別物質。	●			九年一貫課程綱要為「分離」或「結合」，未提及「鑑別」物質。 課程內容安排第二學習階段為區分與分離物質，第三學習階段再加入鑑別物質。

課題	學習內容	學習階段			說明
		新增	調移	刪減	
自然界的組成與特性	INb-Ⅲ-5 生物體是由細胞所組成，具有由細胞、器官到個體等不同層次的構造。		Ⅳ→Ⅲ		此階段僅引導學生透過放大設備觀察認識微觀世界，不探討細胞的構造與功能。
	INb-Ⅲ-7 植物各部位的構造和所具有的功能有關，有些植物產生特化的構造以適應環境。	●			與前項 INb-Ⅱ-7 同，強調形式構造與適應環境的關係
	INc-Ⅱ-8 不同的環境有不同的生物生存。		Ⅲ→Ⅱ		統整九年一貫課綱次主題 121-生命的多樣性，230-植物的構造與功能，231 動物的構造與功能等之相關內容，在此階段建立生物多樣性和生物與環境交互作用的基本概念。
	INc-Ⅱ-9 地表具有岩石、砂、土壤等不同環境，各有特徵，可以分辨。		Ⅰ→Ⅱ		原生活課程中的「石頭」改為「岩石」，向上調一階段，增加對岩石、沙、土的認知。
	INc-Ⅲ-2 自然界或生活中有趣的最大或最小的事物（量），事物大小宜用適當的單位來表示。	●			從不同尺度看世界，提升學生探索自然的興趣。
	INc-Ⅲ-4 對相同事物做多次測量，其結果間可能有差異，差異越大表示測量越不精確。	●			強化選用合適的測量單位，並了解自然界中的事物尺度。
	INc-Ⅲ-7 動物體內的器官系統是由數個器官共		Ⅳ→Ⅲ		此項對應的跨科概念是「系統與尺度」，學習重

課題	學習內容	學習階段			說明
		新增	調移	刪減	
	同組合，以執行某種特定的生理作用。				點是認識人體的器官系統，與 INb-Ⅲ-6 相關，可合併設計於同單元。九年一貫課綱在國中階段介紹五個器官系統，重點強調各器官的功能。此項納入國小階段，建議以容易理解的消化系統為例，但不提及酵素。
自然界的組成與特性	INc-Ⅲ-8 在同一時期，特定區域上，相同物種所組成的群體稱為「族群」，而在特定區域由多個族群結合而組成「群集」。		Ⅳ→Ⅲ		為本階段可學習的概念，減少國中學習內容。
	INc-Ⅲ-9 不同的環境條件影響生物的種類和分布，以及生物間的食物關係，因而形成不同的生態系。		Ⅳ→Ⅲ		為本階段可學習的概念，減少國中學習內容。
	次主題 131-生命的多樣性 3b.察覺周遭環境有許多微小生物（例如：觀察食物發霉）			●	已融入 INc-Ⅱ-7「利用適當的工具觀察不同大小、距離位置的物體」這項學習內容。
自然界的現象、規律及作用	INd-Ⅲ-11 海水的流動會影響天氣與氣候的變化。氣溫下降時水氣凝結為雲和霧或昇華為霜、雪。	●			增加海水會流動(波浪)，影響天氣，因臺灣四周環海，海洋的波浪為日常生活所知。

課題	學習內容	學習階段			說明
		新增	調移	刪減	
自然界的現象、規律及作用	INd-Ⅲ-12 自然界的水循環主要由海洋或湖泊表面水的蒸發，經凝結降水，再透過地表水與地下水等傳送回海洋或湖泊。	●			詳細說明水循環過程，彌補過去概念之不完整。
	INe-Ⅱ-5 生活周遭有各種的聲音；物體振動會產生聲音，聲音可以透過固體、液體、氣體傳播。不同的動物會發出不同的聲音，並且作為溝通的方式。		Ⅲ→Ⅱ 聲音的傳播		聲音概念部份放寬至更低的年級。
	INe-Ⅱ-7 磁鐵具有兩極，同極相斥，異極相吸；磁鐵會吸引含鐵的物體。磁力強弱可由吸起含鐵物質數量多寡得知。		Ⅲ→Ⅱ		
	INe-Ⅲ-4 物質溶解、反應前後總重量不變。		Ⅳ→Ⅲ		九年一貫課程綱要內容安排於第四學習階段：4c.知道化學反應的質量守恆。此部份主要以實驗操作為主(如水煮蛋、糖的溶解)，避免只有概念性描述。
	INe-Ⅲ-8 光會有折射現象，放大鏡可聚光和成像。	●			增加放大鏡可聚光和成像。

課題	學習內容	學習階段			說明
		新增	調移	刪減	
自然界的現象、規律及作用	INe-Ⅲ-10 磁鐵與通電的導線皆可產生磁力，使附近指北針偏轉。改變電流方向或大小，可以調控電磁鐵的磁極方向或磁力大小。	● 電磁鐵磁極磁力改變			增加改變電流方向或大小，可以調控電磁鐵的磁極方向或磁力大小。
	INe-Ⅲ-13 生態系中生物與生物彼此間的交互作用，有寄生、共生和競爭的關係。		Ⅳ→Ⅲ		九年一貫課綱次主題 510-4a 提及物種間依存的食性關係，此項強調物種間的交互作用， INa-Ⅲ-10 調移至第三學習階段，此項可與其編於同單元。
自然界的永續發展	INf-Ⅱ-2 不同的環境影響人類食物的種類、來源與飲食習慣。	●			與九年一貫課綱次主題 512-3a 有關。
	INf-Ⅱ-6 地震會造成嚴重的災害，平時的準備與防震能降低損害。		Ⅲ→Ⅱ		因應低、中年級已進行地震防災教育(防震避難演練)，及地震為臺灣首要災害。
	INf-Ⅱ-7 水與空氣汙染會對生物產生影響。		Ⅲ→Ⅱ		
	INf-Ⅲ-3 自然界生物的特徵與原理在人類生活上的應用。	●			結合新興科技議題(奈米科技)。
	INf-Ⅲ-5 臺灣的主要天然災害之認識及防災避難。		Ⅳ→Ⅲ		增強防災意識，確保安全。增加對臺灣災害認識，尤其山區山崩、土石流近年為主要災害。
	INf-Ⅲ-6 生活中的電器可以產生電磁波，具有	●			讓學生能了解電磁波在生活中的應用與影響。

課題	學習內容	學習階段			說明
		新增	調移	刪減	
自然界的永續發展	功能但也可能造成傷害。				
	INg-Ⅱ-1 自然環境中有許多資源。人類生存與生活需依賴自然環境中的各種資源，但自然資源都是有限的，需要珍惜使用。	●			結合新興科技議題（生物科技）。
	INg-Ⅱ-2 地球資源永續可結合日常生活中低碳與節水方法做起。		Ⅲ→Ⅱ		強調中年級起可進行氣候變遷因應及調適教育的方式及技能。
	INg-Ⅲ-4 人類的活動會造成氣候變遷，加劇對生態與環境的影響。	●			強調氣候變遷成因及調適教育，配合全球暖化趨勢，提出解決問題辦法。
	INg-Ⅲ-5 能源的使用與地球永續發展息息相關。	●			強調氣候變遷成因及調適教育，及永續發展理念。
	INg-Ⅲ-6 碳足跡與水足跡所代表環境的意涵。	●			強調氣候變遷成因及調適教育因應之基本知識。
	INg-Ⅲ-7 人類行為的改變可以減緩氣候變遷所造成的衝擊與影響。	●			強調氣候變遷成因及調適教育可行之解決辦法。
	次主題 520-2b 指出臺灣、中國著名科學發明家。			●	有關內容放在第三學習階段如：INf-Ⅲ-1。

註 1：「新增」或「刪減」以●表示，指新增或刪減於國民小學教育階段之學習內容。

註 2：「調移」指過去國民小學教育階段已有的學習內容，但改變學習階段。

（二）國民中學教育階段

因十二年國教課綱是以十二年一貫規劃，國中各科學習內容調整情形詳見以下說明。

1.理化科

次主題	變動情形說明
物質組成與元素的週期性(A a)	1.十二年國教課綱在原子模型發展課程中，建議融入科學史。 2.九年一貫課綱沒有提到「莫耳」，十二年國教課綱中不強調莫耳與亞佛加厥數的計算，僅止於概念的理解。十二年國教課綱部分特別作了負面表列，不教複雜的莫耳及亞佛加厥數。僅止於「莫耳」這個名詞的介紹。 3.元素與化合物的理解上，十二年國教課綱認為可以以「水電解」的實驗切入。
能量的形式與轉換(Ba)	1.強調作功和能量變化的關係，建議以學生生活中的實例說明。 2.九年一貫課綱有列出重力位能的概念，十二年國教課綱則將此歸為教學現場的彈性擇例說明。
溫度與熱量(Bb)	為增加學生探究與實作時間，特別提醒若有計算時，應以了解概念為主的計算，不涉及複雜計算。
物質的結構與功能(Cb)	1.九年一貫課綱並未特別提到純物質、混合物。十二年國教課綱希望藉由純物質與混合物的認識學習簡易物質分離純化的技術，並且藉此探討物質的性質和分類。 2.增加濾紙層析法（不牽涉原理）。 3.增加化合物鑑定。
自然界的尺度與單位(Ea)	1.九年一貫課綱的過程技能中有列出學生能了解估計的意義，但沒有將自然界的尺度列入課程中，這是一個跨科整合的主題，故十二年國教課綱新增此部分的學習內容。 2.部分學習內容移至七年級先簡單介紹，希望學生能以適當的尺度量測或推估物理量，例如：奈米到光年、毫克到公噸、毫升到立方公尺等，能對自然界的尺度範圍有初步概念。 3.部分學習內容仍保留至八年級再進行計算與最小刻度的介紹。
力與運動（Eb）	1.學習內容中若有涉及公式或計算，只做簡易運算。本次主題所有計算均限於單一物體受單一作用力之簡單計算。 2.國中刪除九年一貫課綱中的細目內容：知道力會以「場」分布的形式存在(例如重力場及磁力場)。 3.Eb-IV-5 壓力的定義與帕斯卡原理與，是將九年一貫課綱的細目：「4f.觀測知道液體壓力及帕斯卡原理、4g.察覺壓力差能產生流體的運動」中整併學習內容並降低難度，國中不探討流體的運動。

次主題	變動情形說明
	4.國中教育階段不強調牛頓三大運動定律，但希望學生能知道力與物體運動的觀念，高中再進行演算問題。
物質反應規律(Ja)	九年一貫課綱在本次主題，大多建議由實驗觀察切入。十二年國教課綱在質量守恆單元中，建議結合科學史。在實驗觀察中，則可以實驗觀察或是回溯過往實驗經驗。
水溶液中的變化(Jb)	十二年國教課綱增加了 ppm，可以結合汙染、環境等議題。pH 計（科技引進國中實驗室），其餘大致相同。
有機化合物的製備與反應(Jf)	十二年國教課綱增加了酯化與皂化作為化學「製造」的例子。
波動、光及聲音(Ka)	1.刪除九年一貫課綱的細目：察覺波遇障礙物發生反射、折射的現象。 2.原九年一貫課綱的細目：「觀察水面波，了解波動的振幅、頻率、波長及波速。」改為觀察波的產生與移動，不觀察水面波。
電磁現象(Kc)	「Kc-IV-7 電池連接導體形成通路時，多數導體通過的電流與其兩端電壓差成正比，其比值即為電阻。」和九年一貫課綱內容一致，但學習內容說明新增負面表述「不涉及電阻串、並聯公式計算」。十二年國教課綱希望學生可以由操作儀器實驗數據推論電阻、電壓及電流的關係，減少不必要的計算，以增加學生實作的時間。電阻的串、並聯公式計算、歐姆定律和電能的公式推導等相關計算在高中選修中介紹。
科學、技術及社會的互動關係（Ma）	新增「Ma-IV-5 各種本土科學知能（含原住民族科學與世界觀）對社會、經濟環境與生態保護之啟示。」原九年一貫課綱中也有相關內容細目，十二年國教課綱特別強調學生對本土科學認識以符應總綱中的理念。
能源的開發與利用(Nc)	建議以跨科主題進行。

2.地球科學

次主題	變動情形說明
地球與太空(Fb)	1.九年一貫課綱中本次主題下的教材內容：潮汐，在十二年國教課綱則將此部分移至次主題「海水的運動」之下。

次主題	變動情形說明
	2.九年一貫課綱以日、地、月三者的相對運動解釋月相變化，十二年國教課綱則延續國小觀察月亮的變化作為基礎，引導學生了解月相變化具有規律性。 3.九年一貫課綱中有認識太陽系，十二年國教課綱則著重認識太陽在宇宙中的位置以及八大行星和太陽的關係。
地層與化石(Hb)	九年一貫課綱教材內容以化石來認識地層，了解地球歷史，十二年國教課綱則從岩石岩性與其中的化石來討論地球歷史，另提及解讀地層與地質事件可幫助了解該地層的發展。
地表與地殼的變動(Ia)	1.十二年國教課綱中以內營力、外營力作用來解釋改變地貌的原因。 2.十二年國教課綱以火山和地震的分布來認識板塊。板塊運動的部分特別說明臺灣位於板塊聚合處，不強調三大類型的板塊運動類型，移至高中再談。 3.九年一貫課綱有提及大陸漂移與板塊構造運動，有科學史的概念安排，但大陸漂移移至高中再談。
天氣與氣候變化(Ib)	1.九年一貫課綱中的天氣預報獨立介紹大氣觀測，十二年國教課綱則從臺灣常見的天氣現象來談。 2.九年一貫課綱中的海洋與氣候的變化，此部分移至十二年國教課綱新增的主題「海水的運動」之下。
海水的運動(Ic)	1.九年一貫課綱所沒有的次主題。 2.與舊有次主題「地表與地殼的變動」、「天氣與氣候變化」、「晝夜與季節(九年一貫課綱稱晝夜與四季)」原屬主題「改變與平衡」，現合併移至十二年國教新增的主題「變動的地球」之下。 3.十二年國教課綱學習內容新增：介紹海水運動方式。
晝夜與季節(Id)	1.九年一貫課綱次主題為「晝夜與四季」。 2.九年一貫課綱教材由日、地模型解釋晝夜與四季變化，十二年國教課綱則由不同季節晝夜長短不同和地表單位面積獲得不同能量來認識季節變化的原因。
天然災害與防治(Md)	1.九年一貫課綱安排在主題「環境保護」之下，現移至十二年國教課綱新增的主題「科學、科技、社會及人文」之下。 2.九年一貫課綱次主題「天然災害與防治」教材內容：洪水，在十二年國教課綱介紹颱風災害，洪水包含其中。

次主題	變動情形說明
	3.十二年國教課綱學習內容還包含：地震災害。
永續發展與資源的利用(Na)	1.九年一貫課綱所沒有的次主題。 2.現與十二年國教課綱新增次主題「氣候變遷之影響與調適」合併移至十二年國教課綱新增的主題「資源與永續發展」之下。 3.十二年國教課綱學習內容注重資源合理運用與永續發展。 4.建議以跨科主題進行，可融入時事議題。
氣候變遷之影響與調適(Nb)	1.九年一貫課綱所沒有的次主題。 2.現與十二年國教課綱新增次主題「永續發展與資源的利用」合併移至十二年國教課綱新增的主題「資源與永續發展」之下。 3.九年一貫課綱次主題「全球變遷」中提及溫室效應，十二年國教課綱則有討論氣候變遷的衝擊，包含全球暖化。氣候變遷的衝擊還包括海平面上升、異常降水。 4.十二年國教課綱還更著重因應氣候變遷的方法。 5.原九年一貫課綱次主題「全球變遷」中提及聖嬰現象，已移至高中教育階段。 6.建議以跨科主題進行，可融入時事議題。

3.生物科

次主題	變動情形說明
生物體內的能量與代謝(Bc)	1.原國高中皆有的內容整併後多數移至國中，並增加以探究為主的學習活動，如： (1)Bc-IV-1 將原高中部分較艱深的內容(如機制)刪除，但增加【探討活動】：探討影響酵素作用的因素。 (2)Bc-IV-4「光合作用需要日光」原為依據設計好的實驗進行操作驗證，十二年國教課綱則轉變為：能設計實驗證明「光合作用需要日光」。
生態系中能量的流動與轉換(Bd)	1.原國、高中皆有的內容，整併後多數移至國中，高中必修已無此次主題 2.原國中內容整併至高中生物(選修)，如：Bd-IV-3 有關物質循環的內容，國中生物課程只保留碳循環，而將氮循環移至高中選修。 3.原國中內容部分移至地球科學，如水循環。

次主題	變動情形說明
細胞的構造與功能(Da)	1.原國、高中皆有的內容，整併且簡化，部分移至國中。 2.原國高中皆有的內容，高中必修保留較抽象或深入的內容，如： (1)Da-IV-1「細胞的基本構造」(細胞核、細胞質、細胞膜、細胞壁)保留在國中，但胞器、細胞學說、真核、原核細胞等則移至高中。
動植物體的構造與功能(Db)	1.原國、高中皆有的內容，整併且簡化後移至國中，並加強以探究為主的學習活動，並有少數條目移動及新增、整併，如：動物的呼吸、消化、循環、排泄、植物維管束的構造與功能、植物生殖器官(花、果實、種子) 的觀察、植物的感應、開花植物的生殖等，皆簡化、整併至國中；較深入或複雜的概念則整併後移至高中選修生物。 2.原國中內容：認識植物的蒸散作用整併移至國小。
生物體內的恆定性與調節(Dc)	1.原國中、高中皆有的神經系統、內分泌系統皆簡化、整併至國中。 2.新增 Dc-IV-3 皮膚是人體對外來物的第一道防線防禦系統，能阻止外來物，例如：細菌的侵入；而淋巴系統則可進一步產生進一步的免疫作用。 3.原國中內容：「動物先天的本能和後天的學習能力」簡化後移至國小。
生物圈的組成(Fc)	原國、高中皆有的內容，整併且簡化後移至國中，強調跨科概念：尺度與系統，統整方式如下：原高中有「知道細胞是由水、醣類、脂質、蛋白質和核酸等化合物組成」，但國中無相關內容，簡化後從高中移至國中，結合跨科概念：系統與尺度以建構生命世界的微觀尺度，而生物圈的組成層次則為生命世界的巨觀尺度。
生殖與遺傳(Ga)	原國高中皆有的內容，將較需抽象思考及邏輯運算的內容移至高中必修，國中只保留部分可觀察的遺傳現象，調整情形如： (1)原國中高中皆有的內容，如：孟德爾遺傳法則皆整併後移至十年級。國中只以科學史觀點認識孟德爾的遺傳研究。遺傳內容整併後，國中階段保留可觀察的、且受學生關注的遺傳現象，如：ABO 血型與性別遺傳。 (2)原國、高中皆有的內容，如：生物技術，簡化後移至國中並以議題的論證為主。
演化(Gb)	1.原國、高中皆有的內容，統整後大部分內容移至高中必修，並強調演化證據對於演化理論與其他內容(如分類系統)的影響。如：原國中、高中皆有的演化理論--天擇說、用進廢退、生物的演化史...等皆移至十年級，國中階段僅保留；從已知的化石來認識已消失的生物，但不強調化石的種類和形成的原理、機制。

次主題	變動情形說明
	2.原「認識化石形成的過程和化石紀錄中生物的消長與演化情形」整併至地科。
生物多樣性(Gc)	1.原國、高中皆有「生物的分類系統」單元，整併後多數移至高中必修及選修，國中只從「依據生物形式與構造的特徵可以將生物分類」來認識生物多樣性，並從各種生物與人類的互動關係來認識生物多樣性。 2.新增「微生物」相關的條目，著重微生物與人類的關係而非分類。
其他主題(L)	1.生物間的交互作用(La)、生物與環境的交互作用(Lb) 2.原國、高中皆有的內容，統整後大部分內容移至國中，學習方式強調以實察、檢測、長期調查....等探究方式，可融入環境教育與海洋教育。

4.國中跨科題材

九年一貫課綱的教材內容要項並沒有「跨科概念」這個階層，十二年國教課綱則在學習架構的課題下新增「跨科概念」這個階層，以七個跨科概念統整各主題，次主題的學習內容，並強調國中階段每一學期需有一「跨科概念」單元，且其時數需佔教學時數的六分之一。 以下是＂跨科＂課程的相關說明：

跨科題材	變動情形說明
從原子到宇宙	1.九年一貫課綱的教材內容要項並沒有「跨科概念」這個階層，有關“跨科”的內容通常分散在各科但以主題做統整，如：「尺度」這個跨科概念包含：「自然界的尺度與單位」---通常被劃分在理化科（物理）；而生物科或地球科學則在某些單元以融入的方式來處理「尺度」相關概念，如：介紹長度單位時，以細胞為例說明其長度單位是微米，以恆星間的距離為例說明其長度單位是光年，也就是以學科概念為主，而跨科概念「尺度」只是融入的相關概念。 2.在十二年國教課綱中則在課題下新增「跨科概念」這個階層，跨科題材是從跨科概念出發，去連貫、統整不同學科的概念，形成一個主題，如：「從原子到宇宙」這個跨科題材是以「尺度」這個跨科概念做為主軸，學習內容是：認識自然界的一般(可視)、巨觀和微觀尺度的現象、知道自然界各種物質、現象和生物都可以從不同尺度去探討、探討不同尺度的現象時，會使用各種不同的單位、原子與分子是組成生命世界與物質世界的微觀尺度。也就是透過「尺度」的概念去認識自然科學的內容，而沒有學科的分別，其功能是以「導論」的方式讓學生認識自然科學的通則，所以課

跨科題材	變動情形說明
	程建議安排在七年級。
能量 與能源	1.和九年一貫課綱內容無太大差異，但是此題材新增能源永續性。 2.真正落實科學的發現和新能源對生活、社會的影響，透過探究活動引導學生閱讀並從資料中獲得可用的資訊，不是只習得科學片段的概念而已。
全球 氣候變遷 與調適	1.此跨科題材以領綱學習內容要項之跨科概念-「資源與永續性」為前提，並以當前人類所面對的「全球氣候變遷與調適」為題材，結合先前各階段所習得之生物和理化等相關科學概念發展而出的新跨域課程，可作為國中學習自然科學知識之統整與應用。 2.由課程與教學層面來看，整合生物科「生物與環境的交互作用」次主題項下「生物活動會改變環境，環境改變之後也會影響生物活動」的學習內容，透過科學文本閱讀和多媒體媒材導入及小組探究活動等多元教學策略達到教學目標；另外，也整合理化科「能量的形式與轉換」及「溫度與熱量」次主題項下「地球上各系統的能量主要來源是太陽，且彼此之間有流動轉換」和「不同物質受熱後，其溫度的變化可能不同」的學習要點，透過示範實驗或實驗操作或虛擬互動軟體操作及小組活動等多元教學策略達到教學目標；以上教學策略可參考示例。

（三）高級中學教育階段

1.生物科

（1）高中必修生物

為配合十二年國民基本教育素養導向之訴求，且為了配合學生不同年齡的心智發展，高中必修生物主要做了二個較大的變動。第一是學分數由 6 學分降為 2 學分，將空出的學分規劃自然科學領域共同的探究與實作課程，以培養學生自己蒐集資料、解決問題和動手操作等能力。因應學分數的減少，所以將必修生物(1)4 學分中，原有課程綱要內容與國中生物進行整合，凡較具體、不難理解之內容，盡量統整進國中課程中，而原國中和高中必修生物(1)較難、較抽象之內容移至高中必修生物，若還是太難的內容，則統整至選修生物中，而必修生物(2)應用生物學中 2 學分之內容則整併納入校定選修的建議課程中。第二是教學方法與重點的改變，以往的生物科教學較著重在相關生物知識內容的介紹，為配合素養導向之目標，在新的課程綱要中主要希望強調的是科學家在發現問題、解決問題的過程、思維與方法，因而較強調科學史的應用與學生自行操作、討論，自行學習之過程。

有關十二年國教課綱與 99 課綱必修生物(1)修正前後之對照如下表所示。

課綱	99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數	4 學分	2 學分	
主要內容	壹、生命的特性	細胞的構造與功能	1.以探究的方式，利用科學史或實作活動來探討細胞的功能與特性，避免僅是瑣碎知識的灌輸。 2.生命現象內容併入國中生物、細胞的生理(組成細胞的分子和通過細胞膜的運輸)則併入選修生物。
	貳、植物的構造與功能	無	1.植物的營養構造與功能、植物的生殖構造與功能整併後移至國中。 2.授粉和植物對環境刺激的反應整併後移至選修生物。
	參、動物的構造與功能	無	1.循環、消化、呼吸和排泄、防禦、感應與協調和生殖之內容有關解剖構造部分整併後移至國中。 2.上述內容有關反應機轉或作用機制部分整併後移至選修生物。
	肆、遺傳	生殖與遺傳	1.以科學史的觀點來探討遺傳學的發展歷程，避免過多的陳述有關遺傳學的學術內容與計算。 2.遺傳計算部分與分子生物部分內容移至選修生物。
	伍、演化與生物多樣性	演化 生物多樣性	1.刪除單純演化理論介紹的內容，強調演化證據對於理化理論與其他內容(如分類系統)的影響。 2.僅強調生物多樣性與演化的關係。有關生物多樣性的具體內容移至選修生物。
	陸、生物與環境	無	1.族群與群集、生態系、多樣的生態系、人類與環境中有關現象說明之內容整併後移至國中。 2.上述內容有關學理介紹之部分移至選修

課綱	99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數	4 學分	2 學分	
			生物。

（2）高中選修生物

選修生物的學分數不變，仍維持 8 學分，學習之項目名稱與原課綱大致相同。因生態學課程移至國中後內容已有減少，也變簡單，所以在選修生物中新加入生態學之內容，以銜接大學之相關課程。雖學習內容範圍大致相同，但十二年國教課綱之生物科課程較強調觀念的建構與發展，重點在於理解各生物相背後之相關學理，而不再只是介紹相關生物知識細節內容，其差異對照請參照下表。

課綱	99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數	8 學分	8 學分	
主要內容	壹、生物體的基本構造與功能	細胞的構造與功能	1.以探究的方式，利用科學史或實作活動來探討細胞的功能與特性，避免僅是瑣碎知識的灌輸。 2.為了概念的完整性，整併進細胞的構造與功能單元中。
	貳、維持生命現象的能量		
	參、植物體內物質的運輸	植物體的構造與功能 植物體內的恆定性與調節	1.植物器官的構造與功能介紹。 2.以恆定性如何維持作為核心，整併植物學之內容。
	肆、植物的生殖與生長		
	伍、動物的循環	動物體的構造與功能 動物體內的恆定性與調節	1.避免瑣碎的解剖學內容介紹，進行各系統的整併。 2.以恆定性的維持為核心，說明各個系統如何發揮功能以維持人體內在環境的恆定。
	陸、動物的消化與吸收		
	柒、動物的呼吸		
	捌、動物的排泄		
	玖、動物的神經與內分泌		
	拾、人體的防禦		
	拾壹、遺傳	生殖與遺傳	1.強調遺傳學的發展歷程與影響，避免提及過多的分子生物作用機制。 2.生殖部分的內容整併入國中或移至動物

課綱 學分數	99 課綱 8 學分	十二年國教課綱 8 學分	說明
			體的構造功能單元中。
	拾貳、演化	演化	以科學史的方式來探討生物的起源與演化理論的發展歷程，透過實際例子來認識演化的現象，減少有關演化的艱澀理論。
	無	生態學	由必修生物整併新增之主題。
	拾參、生物多樣性與保育	生物多樣性	1.以實際的例子來認識生物多樣性的影響與利用。 2.基於學理的完整性，保育部分之內容移至生態學的單元中。
	無	生物圈的組成	配合十二年國教課綱自然領域內容新增之主題，具體內容整併入生態學單元中。
		生態系中能量的流動與轉換	
		生物間的交互作用	
		生物與環境的交互作用	

因應學生多元選修與大學參採學習歷程之考量，選修生物 8 學分之內容，在進一步切分為 4 個各 2 學分的相關課程。完整的 8 學分生物學科內容主要作為生物相關類群學生進大學後進一步研讀相關科系之基礎，也作為大學選才考試之基準。而其他學生則可因應自己之興趣或需求，挑選適合之課程進行修習。

有關選修生物課程之細部相關課程與主要內容如下表。

科目	課程名稱	學分
選修生物	細胞與遺傳	2
	生命的起源與植物體的構造與功能	2
	動物體的構造與功能	2
	生態、演化及生物多樣性	2

2.物理科

十二年國教高中選修物理分為五科，每科 2 學分，其內容大致和 99 課綱中基礎物理 B 和選修物理的內容相同，因總學分數從 12 學分減為 10 學分，所以內容也不得不有所刪減。幸運的是，此次課綱的擬訂是將十二年國民教育一併審視，所以國中理化和高中必修物理課綱的訂定得以和高中選修物理互相參酌協調，而在研議時也同時參考了高中化學課綱，因此得以刪除許多重複的課題，而仍能保持內容的完整。此簡易對照表列出新舊課綱內容的出入，但因各章節經過重新編排、調整次序或合併，所以並非一對一對應。

十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要與 99 課綱差異對照表

（1）高中必修物理

課綱	99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數	2 學分	2 學分	
主要內容	一、緒論	一、科學的態度與方法	除物理學簡介外增加科學的態度與科學的方法兩節。
	二、物質的組成	二、物質的組成與交互作用	99 課綱第二章與第四章合併為第二章。
	四、物質間的基本交互作用		
	三、物體的運動	三、物體的運動	增加示範實驗力學能守恆與運動 刪除示範實驗摩擦力。
	五、電與磁的統一	四、電與磁的統一	增加電磁波相關部分。
	六、波	無	聲波與國中重疊部分刪除，與電磁波相關部分移至第四章。
	七、能量	七、能量	相同。
	八、量子現象	八、量子現象	相同。
	九、宇宙學簡介		調整成附錄或融入其它張節的課文內容。
	附錄、現代科技		刪除。

（2）高中選修物理

課綱	99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數	12 學分	分為五科每科 2 學分	
主要內容	一、力學(基礎物理	壹、力學 I	增加第一章測量與不確定度，刪除

課綱 學分數	99 課綱 12 學分	十二年國教課綱 分為五科每科 2 學分	說明
	二 B)		測量與誤差實驗。
	二、熱學(選修物理)	貳、力學 II 與熱學	1.減少靜力學內容中繁複計算部分，刪除靜力平衡實驗。 2.刪除熱容量與比熱，焦耳實驗，熱功當量，熱膨脹。 3.刪除金屬比熱實驗。 4.刪除物質的三態變化與潛熱及理想氣體方程式。 5.較深入分析氣體動力論。
	三、波動(選修物理)	參、波動、光及聲音	1.刪除聲波內容中和國中理化重複部分。 2.刪除幾何光學中面鏡部分。 3.減少水波部分中繁複的計算。
	四、聲波(選修物理)		
	五、幾何光學(選修物理)		
	六、物理光學(選修物理)		
	七、靜電學(選修物理)	肆、電磁現象 I	1.減少靜電學中繁複的計算。 2.新增認識電磁波實驗。
	九、電流磁效應(選修物理)		
	十、電磁感應(選修物理)		
	八、電流(選修物理) 十一、近代物理(選修物理)	伍、電磁現象 II 與量子現象	1.刪除歐姆定律與電路實驗中惠司同電橋部分。 2.新增布拉格繞射。 3.新增守恆律一節。

3.化學科

（1）十二年國教課綱與 99 課綱在「化學」科目的主要差異

相對於 99 課綱而言，十二年國教課綱強調從國小階段到高中階段學習的連貫性，及與其他學科間的橫向關聯，重視自然科學領域整體的素養培養，並加強學生實作、探究與問題解決的能力。化學科於高中階段必修部分，以基礎核心概念和生活化學學習為主；選修內容則為現行內容做適度調整，並引入較多微觀說明與更新一些實作，建立科學模型的系統性思考方式，而不涉及複雜計算；實作的設計則遵循綠色化學與永續發展的概念。

下表為化學科 99 課綱章節與十二年國教課綱章節建議順序(詳見第肆章)比較與差異說明：

（2）高中必修化學十二年國教課綱與 99 課綱必修差異對照表

課綱		**99 課綱**	**12 國教課綱**	**說明**
學分數		**高一：2 學分** **高二上：2 學分**	**必修 2 學分**	
主要內容	高中基礎化學(一)	一、物質的組成 1.物質的分類 2.原子與分子 3.原子量與分子量 4.溶液 實驗：物質的分離 實驗：硝酸鉀的溶解與結晶	物質的組成 1.物質的狀態 2.混合物的分離 3.道耳頓的原子說 示範實驗：萃取、蒸餾及以 TLC 片進行色層分析	1.物質的分類、原子(量)和分子(量)已於國中階段說明，此部分新課綱做簡單說明即可。 2.此部分僅建議以化學史觀點闡述原子概念的形成。。 3.原 99 課綱「溶液」部分建議移至「水溶液中的反應」部分說明。 4.「硝酸鉀的溶解與結晶實驗」移至水溶液中的反應中之「溶解度的測定(溶解度曲線和結晶)。」
		二、原子構造與元素週期表 1.原子結構 2.原子中電子的排列	物質的形成 1.原子的結構與週期表 2.化學鍵	1.原子結構發展史已於國中階段說明，此部分可簡單複習原子模型即可。 2.將 99 課綱中「物質的構造

課綱		99 課綱	12 國教課綱	說明
學分數		高一：2 學分 高二上：2 學分	必修 2 學分	
		3.元素性質的規律性 4.元素週期表		與特性」移至此處說明，以配合說明離子間的化學反應。
		三、化學反應 1.化學式 2.化學反應式與均衡 3.化學計量 4.化學反應中的能量變化 實驗：化學反應熱	物質間的反應 1.化學反應的原理 2.化學計量 3.化學反應熱	1.化學反應熱僅說明吸熱和放熱反應，赫士定律移至選修化學說明。 2.反應熱測量實驗移至加深加廣選修化學說明。
		四、常見的化學反應 1.結合反應與分解反應 2.酸鹼反應 3.氧化還原反應 示範實驗：常見化學反應的型態	水溶液中的反應 1.溶液 2.水溶液的濃度 3.溶解度 4.水溶液中的反應 實驗：溶解度的測定（溶解度曲線和結晶）。 實驗：酸鹼指示劑。	1.水溶液中的反應僅簡單說明酸鹼反應和氧化還原反應。 2.「常見化學反應的型態」實驗中，保留酸鹼指示劑反應，沉澱反應移至加深加廣選修化學。
	高中基礎化學(二)	一、物質的構造與特性 1.八隅體與路易斯結構 2.離子鍵與離子晶體 3.共價鍵與分子化合物 4.網狀固體 5.金屬固體 示範實驗：分子在三度空間的模型	移至「物質的形成」	1.移至「物質的形成」處說明，以配合說明離子間的化學反應。 實驗 2.有機分子的三度空間的模型移至加深加廣選修化學處說明。

課綱		99 課綱	12 國教課綱	說明
學分數		高一：2 學分 高二上：2 學分	必修 2 學分	
		二、有機化合物 1.烷、烯、炔與環烷 2.異構物 3.有機化合物的命名 4.芳香族化合物 5.官能基與常見的有機化合物 6.生物體中的有機物質：醣類、蛋白質、脂肪、核苷酸 實驗：有機物質的一般物性	無	1.移至加深加廣選修化學處說明，生活中常見的有機化合物，則可於「生活化學」中介紹。 2.「有機物質的一般物性」實驗移至選修化學處說明。
		三、化學與能源 1.化石燃料 2.電池 3.能源 實驗：化學電池 四、化學與化工 1.生活中的化學 2.化學與永續發展 3.化學與先進科技 實驗：界面活性劑的效應	生活化學 1.生物體中的分子 2.藥品 3.能源 4.先進科技 實驗：界面活性劑的效應	1. 12 年國教課綱已於 7~9 年級的學習內容說明：以鋅銅電池實驗認識電池原理。故此處刪除原 99 課綱「化學電池」實驗。 2. 12 年國教課綱已於 7~9 年級的學習內容介紹乾電池、鹼性電池及鉛蓄電池等。故此處刪除生活中常用電池的介紹，相關的化學反應式，則移至加深加廣選修化學處說明。
			環境化學 1.水 2.大氣 3.綠色化學	此為新增部分

（3）高中化學加深加廣選修十二年國教課綱與 99 課綱必修差異對照表

課綱		99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數		自然科必修 2 學分 (自然科必修選擇之一) 選修化學共 8 學分 選修化學實驗 共 2 學分	加深加廣選修化學 共 10 學分	
主要內容	高中基礎化學(三)(可為自然領域必修或選修)		物質反應規律（Ja） 能量的形式與轉換（Ba） 實驗：測量強酸強鹼之中和熱及硝酸鉀溶於水之熱量變化。	原 99 課綱基礎化學(一)的部分，移至加深加廣選修化學。
		一、氣體	氣體（Ec）	1.新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似，但課程內容難度降低。 2.以科學史融入說明定律發展過程。 3.強調以示範實驗實作說明定律內容，並輔以電腦模擬幫助學生建立微觀概念與粒子模型。
		二、化學反應速率 實驗：秒錶反應	速率與平衡（Je） 實驗：秒錶反應	新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似，但課程內容難度降低，以零級和一級反應為主。
		三、化學平衡 實驗：平衡常數與勒沙特列原理 實驗：溶度積測定	速率與平衡（Je） 實驗：平衡的移動(勒沙特列原理) 實驗：平衡常數。	1.新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似，但不涉及複雜系統的計算。 2.原 99 課綱必修內容的離子沉澱反應移至此處說明。

課綱		99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數		自然科必修 2 學分 (自然科必修選擇之一) 選修化學共 8 學分 選修化學實驗 共 2 學分	加深加廣選修化學 共 10 學分	
				3.刪除溶度積測定的實驗。
	高中選修化學	一、原子構造	物質組成與元素的週期性（Aa）	新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似。但將 99 課綱基礎化學(一)原子能階的概念，移至選修化學。
		二、化學鍵結	物質的結構與功能（Cb）	新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似。
		三、有機化合物 實驗：烴類化合物的性質 實驗：醇、醛、酮的性質 實驗：化學合成	有機化合物的製備與反應（Jf） 實驗：以電腦模擬或實體模型觀察有機分子的結構 示範實驗：有機化合物的一般性質(揮發性、溶解度等)。 示範實驗：常見官能基的性質與檢驗。 實驗：醇、醛、酮的性質 實驗：製備阿斯匹靈。	新課綱的將原 99 課綱基礎化學(二)有機化合物的部分，和原選修化學的有機化合物部分，合併為一完整的章節。
		四、水溶液中酸、鹼、鹽的平衡 實驗：酸鹼滴定	酸鹼反應（Jd） 實驗：酸鹼滴定	新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似，但不涉及多質子酸與混合酸、鹽類水解的計算。
		五、氧化還原反應 實驗：電解電鍍、非	氧化與還原反應（Jc） 實驗：氧化還原反應	新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似。

課綱	99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數	自然科必修 2 學分 (自然科必修選擇之一) 選修化學共 8 學分 選修化學實驗 共 2 學分	加深加廣選修化學 共 10 學分	
	電解電鍍	實驗：電解電鍍與無電電鍍	
	六、液態與溶液 實驗：凝固點下降的現象。不涉及分子量的測定計算。	水溶液中的變化（Jb） 示範實驗：理想溶液與非理想溶液體積的差異 實驗：凝固點下降的現象。不涉及分子量的測定計算。	1.新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似。 2.對於電解質與非電解質之非揮發性物質溶於水後，沸點和熔點的變化，不涉及計算，僅說明定量溶劑中，沸點上升量、熔點下降量的大小及粒子數成正比關係。 3.滲透壓的計算則以強電解質為主。 4.凝固點下降實驗，僅做現象觀察，不涉及分子量的測定計算。
	七、無機化合物 示範實驗：錯合物的形成	科學在生活中的應用（Mc） 示範實驗：鐵離子與草酸根形成的錯合物	1.新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似。 2.「錯合物的形成」實驗，因顧及藥品安全性，改為鐵離子與草酸根形成的錯合物。
	八、化學的應用與發展 實驗：奈米硫粒的合成	科學、科技、社會及人文（M） 科學、技術及社會的互動關係（Ma）	1.新課綱大致上與 99 課綱必修內容相似。但應多著墨於科學、科技、社會及人文的互動關係。

課綱		99 課綱	十二年國教課綱	說明
學分數		自然科必修 2 學分 (自然科必修選擇之一) 選修化學共 8 學分 選修化學實驗 共 2 學分	加深加廣選修化學 共 10 學分	
		實驗：硬水的檢測軟化法	科學發展的歷史（Mb） 實驗：水汙染的檢測	2.增加「水汙染檢測實驗」，以增進對生活環境的了解。 3.刪除「奈米硫粒的合成」和「硬水的檢測軟化法」實驗。

4.地球科學

（1）十二年國教課綱與 99 課綱在「地球科學」科目的主要差異

十二年國教課綱強調的是學生在地球科學領域整體的素養，故強調學生的實作、探究與問題解決的能力。此外，在縱向上強調國小階段到高中階段的學習連貫；在橫向上則強調自然科學領域與其他學科間的關聯相對於 99 課綱而言，十二年國教課綱更重視自然科學領域的整體學習。

（2）十二年國教「地球科學」的核心概念、深化學習及落實減量。

十二年國民基本教育旨在培養具基本素養的未來公民。地球科學能提供學習者以系統的角度認識地球及宇宙的現象，學習考慮不同系統在多重時空尺度下的交互作用。在這個重視踏科整合的時代，除了作為進階科學的學習基礎之外，更能培育具備系統觀而能多元思考的現代公民。而藉由了解與探討人類在地球系統中扮演的角色的，能讓學習者認識人類如何與大自然永續共生，體會個人及社會對地球環境的責任，並建立永續發展的價值觀，成為負責任的現代地球公民。

有鑑於此，十二年國民基本教育普通高級中學自然科學領域地球科學以三大核心概念串連。

A.宇宙與地球由不同系統組成

此核心概念旨在建立地球及其所處宇宙的基本系統架構，作為地球科學系統學習的基礎。包含：

（A）地球系統由岩石圈、水圈、氣圈和生物圈所組合而成。

（B）太陽系位於宇宙中，地球是太陽系中的成員。

此核心概念旨在建立地球及其所處宇宙的基本系統架構，作為地球科學系統學習的基礎。

B.系統的交互作用與平衡

此核心概念除認識各系統內的現象與作用之外，還探討各系統間的交互作用，這些系統內及系統間的作用包括了能量與物質的改變、平衡與循環等，而各種作用的結果又使地球環境隨時間而變遷，並在地球與太空中留下了紀錄，成為追尋地球起源和歷史的證據。包含：

（A）固態地球、水圈及大氣有各自的作用。

（B）系統間的交互作用會產生各種物質與能量的循環。

（C）太陽與月球影響地球造成季節、潮汐等現象。

（D）地質紀錄是地球演變的證據。

C.地球的永續發展

此核心概念進一步探討地球環境在歷史中的自然變遷，以及人類在現代地球環境變遷中扮演的角色，由此衍生出個人及社會在地球永續發展中的責任。包含：

（A）全球變遷影響地球環境，也影響人類發展。

（B）人類活動與地球環境會互相影響。

以上核心概念是由自然科學領域的學者專家與中小學教師所共同研議，共同討論現代國民在地球科學科目應具備之基本素養，因此超越舊有分科學習的框架，強調跨科的知識統整。過去「地科領域」與「地理領域」重複或重疊出現的題材，已盡量減少。另外高中地科領域戶外教學與實作活動，可規劃於必修的「自然科學探究與實作」或各種選修課程中進行，以因應此次十二年國教課綱中自然科學課程時數減少的情況。

(3)十二年國教課綱「地球科學」學科的核心概念在國小、國中及高中各階段的發展重點

A.國民小學階段：此階段的學生處於觀察學習階段，地球科學是透過國小學生對於自然現象觀察與日常生活感受，培養如何觀察、記錄地球科學現象與知識的基本能力，需要學習的概念以基本生活知識和具體、可觀察之現象為主。

B.國民中學階段：此階段強調學生實作的學習，藉由重要地球科學現象的觀察與初步探究分析，建立學生對於地球科學自然現象的系統性知識。

C.高級中學必修：此階段強調地球系統的基本觀念，以及更深入的探究活動，了解地球科學自然科現象變化與日常生活的相關性，期能應用地科知識來處理生活上的議題。

D.高中加深加廣選修：此階段強調地球科學的進階知識與探索工具，給予學生更深、更廣的地科專業知能，引發對環境議題的關注並身體力行。

(4)高中地球科學十二年國教課綱必修學習內容與 99 課綱差異對照表

高中地球科學十二年國教課綱必修學習內容，與 99 課綱必修第一學期教材綱要相近。

次主題	十二年國教課綱必修學習內容	99 課綱必修第一學期教材綱要	差異說明
宇宙與天體 (Ed)	EEd-Vc-1 我們的宇宙由各種不同尺度的天體所組成，且正在膨脹。 EEd-Vc-2 天體的亮度與光度用視星等與絕對星等來表示。 EEd-Vc-3 天文觀測可在不同的電磁波段進行。 EEd-Vc-4 恆星的顏色可用來了解恆星的表面溫度。	二、太空中的地球 2.從地球看星空 ● 知道星座在天文學上的意義。 ● 知道視星等與絕對星等的區別及兩者之間的關係。 ● 了解恆星顏色與星球表面溫度之相關性。	● 宇宙學由物理科移入，僅提及宇宙膨脹。 ● 宇宙的結構由原第二學期教材提前。 ● 不同電磁波段觀測的概念由原第二學期教材提前。

次主題	十二年國教課綱必修學習內容	99 課綱必修第一學期教材綱要	差異說明
地球與太空 (Fb)	EFa-Vc-1 由地球觀察恆星的視運動可以分成周日運動與周年運動。	二、太空中的地球 2.從地球看星空 ● 知道星座在天文學上的意義。 ● 知道星空具有周日與周年的規律性變化。 ● 了解星座盤的基本原理及其應用。	●大致相同
地球的起源與演變 (Ha)	EHa-Vc-1 天文學家以太陽星雲學說來解釋太陽系的起源和形成。太陽系是由太陽、行星、衛星、小行星和彗星等天體組成。 EHa-Vc-2 與其他類地行星及太陽系小天體相較，地球獨一無二的環境，極為適合生命的發生和繁衍。 EHa-Vc-3 在地球大氣演化過程中，海洋與生物扮演著極其重要的角色。	一、人與地球環境 1.人與地球環境的綜覽 ● 知道人類生存所必須依賴的條件。 一、人與地球環境 2.探索地球的起源 ● 知道地球是隨太陽系的形成而來。 ● 知道大氣與海洋的可能起源。 二、太空中的地球 1.從太空看地球 ● 知道地球以外的太空環境概況，包含太陽輻射、太陽風、宇宙射線、小天體（彗星、隕石）等。 ● 了解目前太陽系內之天體除有行星外，還有矮行星與太陽系小天體。 ● 知道地球在太陽系中利於生命存在的原因包括適合的氣溫、液態水的存在、大氣層和地球磁層的保護等。	● 太空環境的概況包含在適居區內講述。

次主題	十二年國教課綱必修學習內容	99 課綱必修第一學期教材綱要	差異說明
地層與化石 (Hb)	EHb-Vc-1 化石可以作為地層的相對地質年代對比的輔助工具。 EHb-Vc-2 利用岩層中的化石與放射性同位素定年法，可幫助推論地層的絕對地質年代。	一、人與地球環境 2.探索地球的起源 ● 知道地球的歷史（備註：儘量以圖表方式呈現）。 ● 知道研究地球歷史的方法，如可利用地質記錄、化石研究及放射性元素定年法等，並知道這些研究方法有其限制，體會科學探索有其過程。	● 地球歷史與國中內容重覆，故刪除。 ● 地質紀錄移至國中內容。
組成地球的物質 (Fa)	EFa-Vc-1 由地震波可以協助了解固體地球具有不同性質的分層。 EFa-Vc-2 固體地球各分層之化學組成與物理狀態不同。 EFa-Vc-3 大氣溫度與壓力會隨高度而變化。 EFa-Vc-4 海洋表水鹽度主要受降水、蒸發及河川注入等因素影響。 EFa-Vc-5 海水的溫度隨深度和水平分布而變化。	三、動態的地球 1.地球的結構 ● 了解大氣層氣溫、氣壓的分布特性及其基本原因。 ● 知道表層海水溫度和鹽度的分布，以及溫度與鹽度隨深度的變化。 ● 由地震觀測知道固體地球內部有層層結構。 ● 知道固體地球是由三大岩類所組成，並知道三大岩類的特徵。	● 岩石分類基本概念移至國中內容，進階概念移至加深加廣選修內容。
地表與地殼的變動 (Ia)	EIa-Vc-1 科學家曾經提出大陸漂移、海底擴張及板塊構造等主要學說，來解釋變動中的固體地球。 EIa-Vc-2 板塊邊界可分為聚合、張裂及錯動三大類型。 EIa-Vc-3 板塊邊界有各種不同的地質作用與岩漿活動。 EIa-Vc-4 由地質構造與震源分布等特徵，可推論臺灣位於	三、動態的地球 3.固體地球的變動 ● 知道火山或地震在某些地帶常發生。 ● 知道板塊的基本概念及板塊邊界與地殼變動的關係。 ● 了解在板塊邊界上的臺灣地殼變動。	● 板塊構造運動學說發展史由九年一貫國中課程內容移入。 ● 火山與地震帶移至國中內

次主題	十二年國教課綱必修學習內容	99 課綱必修第一學期教材綱要	差異說明
	聚合型板塊邊界。		容。
天氣與氣候變化 (Ib)	EIb-Vc-1 一定氣壓下，氣溫越高，空氣所能容納的水氣含量越高。 EIb-Vc-2 當水氣達到飽和時，多餘的水氣會凝結或凝固。 EIb-Vc-3 空氣中的水氣量可以用濕度來表示。 EIb-Vc-4 空氣上升時會因為膨脹而降溫。 EIb-Vc-5 大氣的水平運動主要受氣壓梯度力、科氏力和摩擦力的影響。 EIb-Vc-6 天氣圖是由各地氣象觀測資料繪製而成，用以分析天氣。 EIb-Vc-7 大氣與海洋的交互作用會影響天氣，造成氣候變化，例如：聖嬰現象。	三、動態的地球 2.大氣與海洋的變動 ● 了解蒸發與凝結的過程及在大氣中發生的條件。 ● 了解高、低氣壓系統與風向、風速、大氣垂直運動的關係與原因，及其與天氣變化的關係。 ● 知道風和海流會將能量傳送到不同區域。	● 天氣圖基本概念由原第二學期教材提前。 ● 聖嬰現象由九年一貫國中課程內容移入。
海水的運動 (Ic)	EIc-Vc-1 波浪形成的主因為風吹海面，而波浪會影響海岸地形。 EIc-Vc-2 表面海流受盛行風的影響。 EIc-Vc-3 潮汐的變化受到日地月系統的影響有週期性。 EIc-Vc-4 臺灣海峽的潮流運動隨地點不同而有所差異。	三、動態的地球 2.大氣與海洋的變動 ● 知道風和海流會將能量傳送到不同區域。 ● 知道海流的成因，並知道會對環境造成不同影響。 ● 知道風成流具有不同特性。 ● 知道波浪的特性。 ● 知道潮汐與潮流的成因與週期，及其對海岸環境的影響，並知道臺灣有不同的潮汐現象。	大致相同

次主題	十二年國教課綱必修學習內容	99 課綱必修第一學期教材綱要	差異說明
晝夜與季節(Id)	EId-Vc-1 太陽每日於天空中的位置會隨季節而改變。		● 由九年一貫國中課程內容移入。
天然災害及防治(Md)	EMd-Vc-1 颱風形成有其必要條件與機制。 EMd-Vc-2 颱風是一個螺旋雲帶結構，中心氣壓最低。 EMd-Vc-3 侵臺颱風的路徑主要受太平洋高壓所引導，不同路徑對臺灣各地的風雨影響不同。 EMd-Vc-4 臺灣位在活躍的板塊交界，斷層活動引發的地震及所導致的災害常造成巨大的損失。	四、天然災害 1.氣象災害 ● 了解颱風形成的必要條件與機制。 ● 了解侵臺颱風的風雨變化。 ● 知道侵臺颱風路徑及其可能造成的災害。 ● 了解洪水災害與劇烈天氣之密切關連。 ● 了解造成洪水災害的原因不僅是降水太多的問題。 四、天然災害 2.地質災害 ● 知道地震的發生主要與斷層活動有關。 ● 知道臺灣歷年來的地震曾造成重大天然災害。 ● 知道山崩、土石流和地質環境、天候條件有密切關連。	● 天然災害與防治基本概念與國中內容重覆，故刪除。 ● 山崩與土石流的進階概念移至加深加廣選修內容。 ● 洪水刪除。
永續發展與資源的利用(Na)	ENa-Vc-1 永續發展對地球~~及~~與人類的延續有其重要性。 ENa-Vc-2 節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。 ENa-Vc-3 認識地球環境有助於經濟、生態、文化~~與~~及政策四個面向的永續發展。	一、人與地球環境 1.人與地球環境的綜覽 ● 知道人類生存所必須依賴的條件。 ● 察覺人類生活脫離不了地球現有的環境。	● 永續發展與合理利用資源由原第二學期教材提前。
氣候變遷之	ENb-Vc-1 氣候變化有多重時間尺度的特性。	五、全球氣候變遷 1.氣候變化 ● 知道地球歷史上經常有長短	● 新增氣候變遷調適

次主題	十二年國教課綱必修學習內容	99 課綱必修第一學期教材綱要	差異說明
影響與調適(Nb)	ENb-Vc-2 冰期與間冰期的氣溫變化及海平面的升降，對全球生物與自然環境會造成影響。 ENb-Vc-3 過去主導地球長期的自然氣候變化的原理並無法完全用來解釋近幾十年來快速的氣候變遷情形。根據目前科學證據了解人類活動是主要因素。 ENb-Vc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向及與方法。	期冷暖交替的氣候變化及其可能的原因與影響。 ● 知道冰期與間冰期海平面的升降，對全球生物與自然環境可能造成影響。 ● 知道人類歷史中的氣候變化有多重時間尺度的特性，包含不同時間尺度的短期氣候變化。 五、全球氣候變遷 2.全球暖化與氣候變遷 ● 知道近期全球平均氣溫持續上升的變化情形。 ● 知道全球暖化對未來氣候可能會造成影響。	內容。
永續發展與資源的利用(Na)	ENa-Vc-1 永續發展對地球與人類的延續有其重要性。 ENa-Vc-2 節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。 ENa-Vc-3 認識地球環境有助於經濟、生態、文化及政策四個面向的永續發展。	一、人與地球環境 1.人與地球環境的綜覽 ● 知道人類生存所必須依賴的條件。 ● 察覺人類生活脫離不了地球現有的環境。	● 永續發展與合理利用資源由原第二學期教材提前。

（5）高中地球科學十二年國教課綱加深加廣選修學習內容與 99 課綱差異對照表

高中地球科學十二年國教課綱加深加廣選修學習內容，大致上包含 99 課綱必修第二學期內容，以及新增加深加廣內容，統整為新的架構。

課程名稱：地質與環境

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
組成地	EFa-Va-1 火成岩形成時岩漿的成	八、地球環境的特徵 1.壯麗	● 岩石的延

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
球的物質 (Fa)	分和與冷卻速度會影響外觀。 EFa-Va-2 不同沉積環境會影響沉積岩組成與顆粒的大小。 EFa-Va-3 變質岩的形成受原來母岩與變質程度的影響，具有不同的外觀形態。 EFa-Va-4 礦物具有一定的化學成分及與物理性質。 EFa-Va-5 礦物種類繁多，但一般岩石中常見的造岩礦物種類有限。 EFa-Va-6 主要建材多來自於岩石與其產物。 EFa-Va-7 經由地殼鑽探、不同地球物理探勘方法，可以幫助了解固體地球的結構與成分。	的山河 ● 了解岩石的形成、風化、沉積等岩石循環的過程。 七、地球環境的監測與探索 3.探地層 ● 知道觀測地球內部的方法，例如：利用地球物理的方法等。 ● 知道大陸地殼鑽探的發現。 八、地球環境的特徵 2.廣闊的海洋 ● 知道海洋地殼鑽探的發現。	續自國中及高中必修學習內容。 ● 新增礦物、建材與。
地球的起源與演變 (Ha)	EHa-Va-1 人類對地球起源和演變的想法隨文明發展而改變，近代逐漸釐清出大致的輪廓。 EHa-Va-2 高溫熔融態的原始地球，經過分化分層，形成具層狀結構之固體地球，逐漸冷卻，在釋氣過程中，大氣與海洋隨之演化。 EHa-Va-3 人類透過各種科學方法，了解地球的大小與形狀。	六、地球古今談 1.地球觀的探索 ● 知道人類對地球起源和演變想法的演進。 ● 知道人類如何得知地球形狀和大小的觀點演進。	大致相同
地層與化石 (Hb)	EHb-Va-1 地層中的標準化石，指相化石與地質構造，可輔助了解地層的沉積環境及與年代。 EHb-Va-2 研究地球歷史的不同		● 延續自國中及高中必修學習內容。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
	方法有不同限制與精確度，地球歷史需要綜合多方面的證據才能提出適當的推論。		
地表與地殼的變動 (Ia)	EIa-Va-1 由浮力平衡的原理可推知，地殼會有垂直方向的升降調整，且有觀測證據支持。 EIa-Va-2 斷層、褶皺、節理為岩層歷經地殼變動受力後的表徵。 EIa-Va-3 透過野外觀察紀記錄及分析，建立地質圖等資料，可以幫助了解當地岩層的分布與構造。 EIa-Va-4 透過野外地質觀測及儀器偵測到的地球物理資料，可以幫助建立臺灣的地體構造模型。 EIa-Va-5 透過儀器對地殼變動的監測，可幫助了解板塊相互運動的狀態。 EIa-Va-6 遙測工具對於地表與地殼的變動提供了更全面的觀測。 EIa-Va-7 各種不同工具可幫助了解海底地形與陸地地形在形態及規模的不同。	六、地球古今談 1.地球觀的探索 ● 知道地殼均衡理論的源起與主要觀測證據。 八、地球環境的特徵 1.壯麗的山河 ● 了解地質作用（含地殼變動）對地貌變化的影響。 ● 由地質構造：褶皺、節理、斷層，了解地質作用。 ● 了解地貌變化與地質構造，有不同時空尺度。 八、地球環境的特徵 2.廣闊的海洋 ● 知道一般海底地形的形貌。 七、地球環境的監測與探索 3.探地層 ● 知道探測地層特性的方法，例如：岩性、沉積構造和沉積年代等。 七、地球環境的監測與探索 5.地球環境的現代觀測技術 ● 知道觀測技術的發展對認識地球環境的重要性。	● 地貌的改變與地理內容重覆，故刪除。 ● 新增臺灣的地體構造模型。 ● 新增透過監測了解板塊運動狀態。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
		● 知道對地球環境的認識大都需要利用各種方法及長時期的觀測。 ● 知道在地面上觀測固體地球的方式與項目的多元性。 ● 知道太空遙測的方式與遙測項目的多元性及其運用。	
天然災害與防治(Md)	EMd-Va-1 山崩、土石流、地質環境及氣象狀況有密切關連。 EMd-Va-2 水土保持具有減防災及減災的功能。 EMd-Va-3 可利用野外測勘、遙測及鑽井等技術確認地質敏感區。	七、地球環境的監測與探索 3.探地層 ● 知道觀測地球內部的方法，例如：利用地球物理的方法等。 七、地球環境的監測與探索 5.地球環境的現代觀測技術 ● 知道對地球環境的認識大都需要利用各種方法及長時期的觀測。 ● 知道太空遙測的方式與遙測項目的多元性及其運用。	● 山崩與土石流進階概念為新增學習內容。 ● 水土保持為新增學習內容。
永續發展與資源的利用(Na)	ENa-Va-1 全球水資源的分布不均，取用亦有限制，是人類面臨的重大課題，臺灣尤其需要面對。 ENa-Va-2 水資源的永續經營與利用，除節約用水之外，維護自然生態環境，作好水土保持，才是更積極的做法。	九、地球資源與永續發展 1.永續發展 ● 知道節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。 九、地球資源與永續發展 2.能源的永續性	● 永續發展與合理利用資源提前至必修。 ● 新增水資源議題。 ● 新增永續

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
	ENa-Va-3 化石燃料是目前用途最廣且最重要的能源，但地球蘊藏量有限，且有破壞全球碳循環平衡的問題。 ENa-Va-4 新興能源的開發，有機會解決當代能源問題。 ENa-Va-5 面對永續發展的問題，可以用社會、經濟與及環境等三個面向來共同討論與均衡發展。	● 可以利用再生能源以利永續發展。	發展三面向。
宇宙與天體(Ed)	EEd-Va-1 恆星光譜可用以了解恆星的大氣組成與物理性質。 EEd-Va-2 地面天文觀測的主要工具是光學望遠鏡與電波望遠鏡。 EEd-Va-3 地面天文觀測會受到諸多地表環境條件的限制。 EEd-Va-4 地球上看到的星空係不同時空的疊合，距離愈遠即愈古老。 EEd-Va-5 星色-星等的關係圖有助於認識恆星的類型與演化。 EEd-Va-6 測量天體的距離有助於了解宇宙的大尺度結構。	八、地球環境的特徵 4.燦爛的星空 ● 知道恆星的光譜與顏色有關，恆星光譜分為 O、B、A、F、G、K、M 七大類。 ● 知道由恆星光譜可以得知恆星的組成。 ● 知道宇宙中已觀測到的最大結構為星系團。我們的銀河系是螺旋狀星系，可直接觀測到的物質主要包含恆星與星際物質。 ● 了解地球上看到的星空係不同時空的疊合。 ● 了解觀測到的恆星處於不同演化階段。(備註：不提赫羅圖) 七、地球環境的監測與探索 4.望星空	● 宇宙的結構提前至必修。 ● 不同電磁波段觀測的概念提前至必修。 ● 新增星色-星等圖。 ● 新增天體距離的測量。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
		● 知道近代的天文觀測科技，例如：無線電波望遠鏡、太空探測工具等。 ● 知道觀測宇宙的方法與限制，例如：太空探測、天體光譜等。 ● 知道天文望遠鏡觀測星空的原理。	

課程名稱：大氣、海洋及天文

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
宇宙與天體 (Ed)	EEd-Va-1 恆星光譜可用以了解恆星的大氣組成及與物理性質。 EEd-Va-2 地面天文觀測的主要工具是光學望遠鏡和與電波望遠鏡。 EEd-Va-3 地面天文觀測會受到諸多地表環境條件的限制。 EEd-Va-4 地球上看到的星空係不同時空的疊合，距離愈遠即愈古老。 EEd-Va-5 星色-星等的關係圖有助於認識恆星的類型與演化。 EEd-Va-6 測量天體的距離有助於了解宇宙的大尺度結構。	八、地球環境的特徵 4.燦爛的星空 ● 知道恆星的光譜與顏色有關，恆星光譜分為 O、B、A、F、G、K、M 七大類。 ● 知道由恆星光譜可以得知恆星的組成。 ● 知道宇宙中已觀測到的最大結構為星系團。我們的銀河系是螺旋狀星系，可直接觀測到的物質主要包含恆星與星際物質。 ● 了解地球上看到的星空係不同時空的疊合。 ● 了解觀測到的恆星處於不同演化階段。(備註：不提赫羅圖) 七、地球環境的監測與探索	● 宇宙的結構提前至必修。 ● 不同電磁波段觀測的概念提前至必修。 ● 新增星色-星等圖。 ● 新增天體距離的測量。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
		4.望星空 ● 知道近代的天文觀測科技，例如：無線電波望遠鏡、太空探測工具等。 ● 知道觀測宇宙的方法與限制，例如：太空探測、天體光譜等。 ● 知道天文望遠鏡觀測星空的原理。	
地球與太空 (Fb)	EFb-Va-1 歷經地心說、日心說等學說的演進，天文學家現今已了解地球在太空中的運行規律。 EFb-Va-2 曆法主要是根據天體運動的規律而制定。	六、地球古今談 2.探索時序的根源 ● 了解人類如何利用天體運行劃分年、月、日。	● 新增宇宙觀的演進。
天氣與氣候變化 (Ib)	EIb-Va-1 水在水圈及大氣圈之中的三態變化與能量的轉換傳遞，對天氣與氣候變化有很大的影響。 EIb-Va-2 大氣垂直溫度的差異會造成大氣的不穩定而引發垂直運動。 EIb-Va-3 大氣垂直運動的形態決定了雲與降水的形態。 EIb-Va-4 各種尺度的海陸差異及與地形變化對天氣都有影響。 EIb-Va-5 氣象預報與生活習習相關，有些行業非常需要氣象預報提供的訊息。 EIb-Va-6 透過地面觀測與高空觀	八、地球環境的特徵 3.多變的天氣 ● 了解水在大氣中的角色：三態變化與能量的轉換傳遞。 ● 知道大氣穩定度、垂直運動及其與雲雨的關係。 ● 知道海陸差異及地形變化將驅動局部環流，並對天氣造成影響。 七、地球環境的監測與探索 1.觀風雲 ● 知道氣象觀測與預報的關係及其重要性。 ● 知道地面與高空氣象觀測	● 大致相同

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
	測、衛星和及雷達遙測可以獲得氣象資料。 EIb-Va-7 透過觀測的氣溫、降水量、風向、風速、相對濕度等和衛星雲圖等紀錄，可以分析天氣系統的變化過程，並提出適當的解釋。	的項目與方法，例如：氣壓、溫度、溼度、風、雲、探空氣球等。 ● 知道可由地面天氣圖判別基本的天氣系統。 ● 知道氣象預報的流程與限制。 ● 知道即時預報的重要性。 七、地球環境的監測與探索 5.地球環境的現代觀測技術 ● 知道觀測技術的發展對認識地球環境的重要性。 ● 知道對地球環境的認識大都需要利用各種方法及長時期的觀測。 ● 知道在地面上觀測大氣的方式與項目的多元性。 ● 知道太空遙測的方式與遙測項目的多元性及其運用。	
海水的運動 (Ic)	EIc-Va-1 溫鹽環流是海洋下層水的流動，由海水的密度差異所驅動，具有傳送能量及與調節氣候的重要功能。 EIc-Va-2 臺灣附近的海流會影響臺灣四季的氣候。 EIc-Va-3 透過觀測資料可以判斷潮汐的不同型形態。 EIc-Va-4 湧升流能將下層富營養鹽的海水往表層輸送，可以提	八、地球環境的特徵 2.廣闊的海洋 ● 知道波浪在近岸處破碎後會形成沿岸流。 ● 知道沿岸流是造成海岸侵蝕與堆積的重要因素之一。 七、地球環境的監測與探索 2.測海象 ● 知道海洋的基本觀測，例	● 波浪與海岸地形刪除。 ● 新增溫鹽環流及湧升流。 ● 新增海流影響氣候。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
	高該海域的基礎生產力。 EIc-Va-4 透過海洋的探測與遙測，有助於了解海水運動與水文性質的變化。	如：溫度、鹽度、波浪、潮汐、海流。 ● 了解溫鹽圖的意義與用途。 ● 了解測量海水深度的方法。 七、地球環境的監測與探索 5.地球環境的現代觀測技術 ● 知道觀測技術的發展對認識地球環境的重要性。 ● 知道對地球環境的認識大都需要利用各種方法及長時期的觀測。 ● 知道在地面上觀測海洋的方式與項目的多元性。 ● 知道太空遙測的方式與遙測項目的多元性及其運用。	
晝夜與季節 (Id)	EId-Va-1 不同緯度的晝夜長短會隨季節變化。 EId-Va-2 二十四節氣依太陽在天球上的位置而訂定。	六、地球古今談 2.探索時序的根源 ● 知道每日晝夜長度隨季節變化。 ● 知道陽曆與季節的關聯。	大致相同
地球的起源與演變 (Ha)	EHa-Va-1 人類對地球起源與演變的想法隨文明發展而改變，近代逐漸釐清出大致的輪廓。 EHa-Va-2 高溫熔融態的原始地球，經過分化分層，形成具層狀結構之固體地球，逐漸冷	六、地球古今談 1.地球觀的探索 ● 知道人類對地球起源和演變想法的演進。 ● 知道人類如何得知地球形狀和大小的觀點演進。	大致相同

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
	卻，在釋氣過程中，大氣與海洋隨之演化。 EHa-Va-~~3~~ 人類透過各種科學方法，了解地球的大小與形狀。		
地層與化石 (Hb)	EHb-Va-1 地層中的標準化石，指相化石與地質構造，可輔助了解地層的沉積環境與年代。 EHb-Va-2 研究地球歷史的不同方法有不同限制與精確度，地球歷史需要綜合多方面的證據才能提出適當的推論。		● 全部為新增學習內容。
組成地球的物質 (Fa)	EFa-Va-1 火成岩形成時岩漿的成分與冷卻速度會影響外觀。 EFa-Va-2 不同沉積環境會影響沉積岩組成與顆粒的大小。 EFa-Va-3 變質岩的形成受原來母岩與變質程度的影響，具有不同的外觀形態。 EFa-Va-4 礦物具有一定的化學成分與物理性質。 EFa-Va-5 礦物種類繁多，但一般岩石中常見的造岩礦物種類有限。 EFa-Va-6 主要建材多來自於岩石與其產物。 EFa-Va-7 經由地殼鑽探、不同地球物理探勘方法，可以幫助了解固體地球的結構與成分。	八、地球環境的特徵 1.壯麗的山河 ● 了解岩石的形成、風化、沉積等岩石循環的過程。 七、地球環境的監測與探索 3.探地層 ● 知道觀測地球內部的方法，例如：利用地球物理的方法等。 ● 知道大陸地殼鑽探的發現。 八、地球環境的特徵 2.廣闊的海洋 ● 知道海洋地殼鑽探的發現。	● 岩石分類進階概念由原必修第一學期教材移入。 ● 新增礦物、建材與寶石。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
地表與地殼的變動 (Ia)	EIa-Va-1 由浮力平衡的原理可推知，地殼會有垂直方向的升降調整，且有觀測證據支持。 EIa-Va-2 斷層、褶皺、節理為岩層歷經地殼變動受力後的表徵。 EIa-Va-3 透過野外觀察記錄及分析，建立地質圖等資料，可以幫助了解當地岩層的分布與構造。 EIa-Va-4 透過野外地質觀測及儀器偵測到的地球物理資料，可以幫助建立臺灣的地體構造模型。 EIa-Va-5 透過儀器對地殼變動的監測，可幫助了解板塊相互運動的狀態。 EIa-Va-6 遙測工具對於地表與地殼的變動提供了更全面的觀測。 EIa-Va-7 各種不同工具可幫助了解海底地形與陸地地形在形態及規模的不同。	六、地球古今談 1.地球觀的探索 ● 知道地殼均衡理論的源起與主要觀測證據。 八、地球環境的特徵 1.壯麗的山河 ● 了解地質作用（含地殼變動）對地貌變化的影響。 ● 由地質構造：褶皺、節理、斷層，了解地質作用。 ● 了解地貌變化與地質構造，有不同時空尺度。 八、地球環境的特徵 2.廣闊的海洋 ● 知道一般海底地形的形貌。 七、地球環境的監測與探索 3.探地層 ● 知道探測地層特性的方法，例如：岩性、沉積構造和沉積年代等。 七、地球環境的監測與探索 5.地球環境的現代觀測技術 ● 知道觀測技術的發展對認識地球環境的重要性。 ● 知道對地球環境的認識大都需要利用各種方法及長時期的觀測。	● 地貌的改變與地理內容重覆，故刪除。 ● 新增臺灣的地體構造模型。 ● 新增透過監測了解板塊運動狀態。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
		● 知道在地面上觀測固體地球的方式與項目的多元性。 ● 知道太空遙測的方式與遙測項目的多元性及其運用。	
天氣與氣候變化 (Ib)	EIb-Va-1 水在水圈及大氣圈之中的三態變化與能量的轉換傳遞，對天氣與氣候變化有很大的影響。 EIb-Va-2 大氣垂直溫度的差異會造成大氣的不穩定而引發垂直運動。 EIb-Va-3 大氣垂直運動的形態決定了雲與降水的形態。 EIb-Va-4 各種尺度的海陸差異與地形變化對天氣都有影響。 EIb-Va-5 氣象預報與生活習習相關，有些行業非常需要氣象預報提供的訊息。 EIb-Va-6 透過地面觀測與高空觀測、衛星及雷達遙測可以獲得氣象資料。 EIb-Va-7 透過觀測的氣溫、降水量、風向、風速、相對濕度等和衛星雲圖等紀錄，可以分析天氣系統的變化過程，並提出適當的解釋。	八、地球環境的特徵 3.多變的天氣 ● 了解水在大氣中的角色：三態變化與能量的轉換傳遞。 ● 知道大氣穩定度、垂直運動及其與雲雨的關係。 ● 知道海陸差異及地形變化將驅動局部環流，並對天氣造成影響。 七、地球環境的監測與探索 1.觀風雲 ● 知道氣象觀測與預報的關係及其重要性。 ● 知道地面與高空氣象觀測的項目與方法，例如：氣壓、溫度、溼度、風、雲、探空氣球等。 ● 知道可由地面天氣圖判別基本的天氣系統。 ● 知道氣象預報的流程與限制。 ● 知道即時預報的重要性。 七、地球環境的監測與探索	● 天氣圖提前至必修。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
		5.地球環境的現代觀測技術 ● 知道觀測技術的發展對認識地球環境的重要性。 ● 知道對地球環境的認識大都需要利用各種方法及長時期的觀測。 ● 知道在地面上觀測大氣的方式與項目的多元性。 ● 知道太空遙測的方式與遙測項目的多元性及其運用。	
海水的運動 (Ic)	EIc-Va-1 溫鹽環流是海洋下層水的流動，由海水的密度差異所驅動，具有傳送能量與調節氣候的重要功能。 EIc-Va-2 臺灣附近的海流會影響臺灣四季的氣候。 EIc-Va-3 透過觀測資料可以判斷潮汐的不同形態。 EIc-Va-4 湧升流能將下層富營養鹽的海水往表層輸送，可以提高該海域的基礎生產力。 EIc-Va-4 透過海洋的探測與遙測，有助於了解海水運動與水文性質的變化。	八、地球環境的特徵 2.廣闊的海洋 ● 知道波浪在近岸處破碎後會形成沿岸流。 ● 知道沿岸流是造成海岸侵蝕與堆積的重要因素之一。 七、地球環境的監測與探索 2.測海象 ● 知道海洋的基本觀測，例如：溫度、鹽度、波浪、潮汐、海流。 ● 了解溫鹽圖的意義與用途。 ● 了解測量海水深度的方法。 七、地球環境的監測與探索 5.地球環境的現代觀測	● 波浪與海岸地形刪除。 ● 新增溫鹽環流及湧升流。 ● 新增海流影響氣候。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
		技術 ● 知道觀測技術的發展對認識地球環境的重要性。 ● 知道對地球環境的認識大都需要利用各種方法及長時期的觀測。 ● 知道在地面上觀測海洋的方式與項目的多元性。 ● 知道太空遙測的方式與遙測項目的多元性及其運用。	
天然災害與防治 (Md)	EMd-Va-1 山崩、土石流、地質環境及氣象狀況有密切關連。 EMd-Va-2 水土保持具有防災及減災的功能。 EMd-Va-3 可利用野外測勘、遙測及鑽井等技術確認地質敏感區。		● 全部為新增學習內容。
氣候變遷之影響與調適 (Nb)	ENb-Va-1 各種不同的氣候變遷模式的研究，說明單純自然因素和加入人為因素之後的推估。 ENb-Va-2 氣候變遷的推估與未來衝擊充滿了不確定性。 ENb-Va-3 全球各地所發生的氣候變遷在程度與類型上是不一樣的。 ENb-Va-4 人類對地球環境變遷的因應與調適有可能避免災害發生。		● 全部為新增學習內容。

次主題	十二年國教課綱 加深加廣選修學習內容	99 課綱必修 第二學期教材綱要	差異說明
永續發展與資源的利用(Na)	ENa-Va-1 全球水資源的分布不均，取用亦有限制，是人類面臨的重大課題，臺灣尤其需要面對。 ENa-Va-2 水資源的永續經營與利用，除節約用水之外，維護自然生態環境，作好水土保持，才是更積極的做法。 ENa-Va-3 化石燃料是目前用途最廣且最重要的能源，但地球蘊藏量有限，且有破壞全球碳循環平衡的問題。 ENa-Va-4 新興能源的開發，有機會解決當代能源問題。 ENa-Va-5 面對永續發展的問題，可以用社會、經濟及環境等三個面向來共同討論與均衡發展。	九、地球資源與永續發展 1. 永續發展 ● 知道節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。 九、地球資源與永續發展 2. 能源的永續性 ● 可以利用再生能源以利永續發展。	● 永續發展與合理利用資源提前至必修。 ● 新增水資源議題。 ● 新增永續發展三面向。

貳 課程架構

貳、課程架構

十二年國教自然科學領綱之時間分配如下表：

教育階段 / 學習階段 / 年級 / 類別	國民小學				國民中學			普通型高級中等學校		
	第二學習階段		第三學習階段		第四學習階段			第五學習階段		
	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
必修	3 節/週				3 節/週			12 學分		
加深加廣選修									32 學分	

各階段說明如下：

（一）國民小學教育階段自然科學以領域整合方式架構課程，銜接第一學習階段生活課程，第二、三學習階段自然科學領域學習節數為每週 3 節。

（二）國民中學教育階段（七至九年級）自然科學領域學習節數為每週 3 節，三年共六學期，教科用書編撰及教學節數分配，依以下比例為原則：生物 6/18、理化 10/18、地球科學 2/18，並且每學期至少包含一個跨科單元，實施跨科主題整合的探究與實作學習。

（三）普通型高級中等學校自然科學領域部定必修總學分數為 12 學分，應含三分之一跨科目之主題式探究與實作課程內容。內容規劃如下：

領域	科目	學分	備註
自然科學	物理	2-4	部定必修學分數應含三分之一跨科目之主題式探究與實作課程內容
	化學	2-4	
	生物	2-4	
	地球科學	2-4	

（四）普通型高級中等學校加深加廣選修學分數為 32 學分，包含選修物理 10 學分、選修化學 10 學分、選修生物 8 學分、選修地球科學 4 學分，內容規劃如下：

科目	課程名稱	學分
選修物理	力學一	2
	力學二與熱學	2

科目	課程名稱	學分
	波動、光及聲音	2
	電磁現象一	2
	電磁現象二與量子現象	2
選修化學	物質與能量	2
	物質構造與反應速率	2
	化學反應與平衡一	2
	化學反應與平衡二	2
	有機化學與應用科技	2
選修生物	細胞與遺傳	2
	生命的起源與植物體的構造與功能	2
	動物體的構造與功能	2
	生態、演化及生物多樣性	2
選修地球科學	地質與環境	2
	大氣、海洋及天文	2

依十二年國教課綱對選修課程學習內容的規劃說明，可給予在自然科學領域具有潛力的學生加深加廣學習，其學習成效之歷程檔案有助於學生升學及職涯進路選才參採之用。

下表高中加深加廣選修、升學與職涯進路關係表，係由課程手冊小組參考領域課程綱要設計及教育部高等教育司於 105 年 12 月底所進行之「十八學群選才調查報告」綜合評估後研訂提出，惟大學考招單位仍持續就大學選才及高中育才輔助系統進行建置，故本文件僅先提供學校作為開設選修課程之參考，後續有關「高中加深加廣選修、升學與職涯進路關係表」將以大學選才及高中育才輔助系統所公佈之內容為準。

表：普通型高級中學自然科學領域選修課程與職涯進路關係

學群 / 選修課程建議● / 升學及職涯進路			自然科學領域課程加深加廣選修			
			地球科學	生物	化學	物理
資訊	主要學類	資訊工程、資訊管理、數位設計、圖書資訊				●

學群	選修課程建議● 升學及職涯進路	選修課程	自然科學領域課程 加深加廣選修			
			地球科學	生物	化學	物理
學群	生涯發展	程式設計師、資訊系統分析師、資訊管理人員、資訊產品研發人員、網路管理工程師、電子商務設計師、多媒體設計師、電腦遊戲設計師等。				
工程學群	主要學類	電機電子、機械工程、土木工程、化學工程、材料工程、科技管理	●	●	●	●
	生涯發展	電機工程師、電子工程師、光電工程師、自動化工程師、通訊工程師、儀表工程師。 動力工程師、航空工程師、汽車工程師、造船工程師、機械設計工程師、電整合工程師。 土木工程師、工程監工、大地工程師、結構工程師、建築師、營建管理專業人員、工程技術與管理研究員。 化學工程師、環境工程師、分析工程師、藥劑工程師。 冶金工程師、材料工程師、材料分析工程師、材料研發人員。 工業工程師、決策分析師、品管工程師、物料管理工程師、生產管理。				
數理化學群	主要學類	數學、物理、化學、統計、科學教育、自然科學	●	●	●	●
	生涯發展	數學研究與教學、物理研究與教學、化學研究與教學、理化技術諮詢服務、保險精算師、統計分析師。				
醫藥	主要學類	醫學、牙醫、中醫、營養保健、護理、藥學、公共衛生、職業安全、醫學技術、復		●	●	●

學群 \ 選修課程建議● \ 選修課程 升學及職涯進路			自然科學領域課程加深加廣選修			
			地球科學	生物	化學	物理
衛生學群		健醫學、健康照護、呼吸治療、獸醫、衛生教育、醫務管理、化妝品				
	生涯發展	醫師、藥師、護理師、公共衛生專業人員、醫事檢驗師、營養師、物理治療師、職能治療師、聽力師、語言治療師、呼吸治療師、病理藥理研究人員。				
生命科學學群	主要學類	生態、生命科學、生物科技、植物保護、生化	●	●	●	●
	生涯發展	生物教師、生物學研究人員、動植物研究人員、生物科技專業人員、生態保育專業人員、病理藥理研究人員。				
生物資源學群	主要學類	農藝、動物科學、園藝、森林、食品生技、海洋資源、水土保持	●	●	●	
	生涯發展	獸醫師、生態保育專業人員。生物技術研發人員、農藥及肥料研發、景觀設計規劃師、園藝企業經營、牧場經營、畜牧業技師、畜產管理、食品研發品管、動物園技師、環保技師、自然資源保育師、環境保育師。				
地球與環境學群	主要學類	地球科學、地理、地質、大氣、海洋科學、環境科學、防災	●	●	●	●
	生涯發展	地理或地球科學教師、天文學研究人員、氣象學研究人員、地質學及地球科學研究人員、地質探測工程師、探勘工程師、地震研究員、大地工程師、採礦工程師、測量師、環境工程師。				

學群	選修課程建議● / 升學及職涯進路		自然科學領域課程 加深加廣選修			
			地球科學	生物	化學	物理
建築與設計學群	主要學類	建築、景觀與空間設計、都市計畫、工業設計、商業設計、織品與服裝設計、造型設計	●	●	●	●
	生涯發展	建築師、景觀設計師、室內設計師、美術設計師、商業設計師、工業設計師、多媒體設計師、服裝設計師。				
藝術學群	主要學類	美術、音樂、舞蹈、表演藝術、雕塑、藝術與設計				
	生涯發展	美術教師、音樂教師、舞蹈老師、舞蹈家、畫家、音樂家、作家、表演工作者、劇作家、導演、燈光師、舞台設計師。				
社會與心理學群	主要學類	心理、輔導、社會、社會工作、犯罪防治、兒童與家庭、宗教				
	生涯發展	臨床心理師、輔導教師、社會工作人員、社會學研究人員、心理學研究人員、社會服務經理人員、人力資源師、神職人員。				
大眾傳播學群	主要學類	大眾傳播、新聞、廣播電視、廣告、電影				
	生涯發展	新聞記者、廣告企畫、廣播或電視專業人員、編輯、表演工作者、攝影師、導演、廣告或公關人員、影像處理師、數位內容創作、媒體設計人員、動畫設計。				
外語	主要學類	英語、歐洲語文、日本語文、東方語文、應用語文、英語教育				

學群 \ 選修課程建議● \ 選修課程 升學及職涯進路			自然科學領域課程加深加廣選修			
			地球科學	生物	化學	物理
學群	生涯發展	英文教師、外語教師、編譯人員、語言學研究人員、外貿拓展人員、外交人員、旅遊人員。				
文史哲學群	主要學類	中國語文、臺灣語文、歷史、哲學、史地、國語文教育				
	生涯發展	文史教師、文字編輯、作家或評論家、文物管理師、哲學歷史研究人員、語言學研究人員。				
教育學群	主要學類	教育、公民教育、幼兒教育、特殊教育、社會科教育、社會教育				
	生涯發展	中學教師、小學教師、學前教育教師、教育機構專業人員、校長及學校主管人員、教育研究人員。	●	●	●	●
法政學群	主要學類	法律、政治、外交、行政管理				
	生涯發展	律師、法官、檢察官、書記官、代書、法律專業人員、民意代表、政府行政人員、安全人員。				
管理學群	主要學類	企業管理、運輸與物流管理、資產管理、行銷經營、勞工關係				
	生涯發展	行政或財務經理人員、證券或財務經紀人、人事或產業經理人員、市場銷售經理人員、市場分析人員、工商服務業經理人員。				
財經學群	主要學類	會計、財務金融、經濟、國際企業、保險、財稅				
	生涯發展	會計師、稅務專業人員、金融專業人員、財務經理人員、證券或財務經紀人、商業				

學群	選修課程建議● 選修課程 升學及職涯進路		自然科學領域課程加深加廣選修			
			地球科學	生物	化學	物理
		作業經理人員、保險專業人員。				
遊憩與運動學群	主要學類	觀光事業、餐旅管理、休閒管理、體育、運動管理、體育推廣、運動保健	●	●		
	生涯發展	旅館餐飲管理人員、休閒遊憩管理人員、運動員、體育教練、體育教師、體育休閒事業經理、運動器材經營者。				

參 核心素養與學習重點的的呼應說明

參、核心素養與學習重點的呼應說明

科學素養之養成需要在各階段教育過程中持續進行，本表所選內容僅作為說明自然科學領域核心素養與學習表現、學習內容關係之參考示例。教科書編者或教師自當發揮創意，且根據教與學內容需要做合適之統整，以達到培養具備科學素養公民之教育目標。

一、國民小學教育階段

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	學習內容		
ti-Ⅱ-1 能在指導下觀察日常生活現象的規律性，並運用想像力與好奇心，了解及描述自然環境的現象。 ah-Ⅱ-1 透過各種感官了解生活週遭事物的屬性。 ai-Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。	INe-Ⅱ-4 常見食物的酸鹼性有時可利用氣味、觸覺、味覺簡單區分，花卉、菜葉會因接觸到酸鹼而改變顏色。 INc-Ⅱ-6 水有三態變化及毛細現象。 INc-Ⅱ-10 天空中天體有東升西落的現象，月亮有盈虧的變化，星星則是有些亮有些暗。 INb-Ⅲ-6 動物的形態特徵與行為相關，動物身體的構造不同，有不同的運動方式。	自-E-A1 能運用五官，敏銳的觀察周遭環境，保持好奇心、想像力持續探索自然。	學習內容應以日常生活可實際觀察的題材為主，不論是物質性質、生物構造特徵或天體運行的規律現象。透過實作觀察，學生能對生活周遭自然事物引起好奇心、想像與探索的興趣，因而願意主動觀察或具體操作以試圖描述和理解這些自然現象。

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	學習內容		
	INb-Ⅲ-7 植物各部位的構造和所具有的功能有關，有些植物產生特化的構造以適應環境。		
po-Ⅱ-1 能從日常經驗、學習活動、自然環境，進行觀察，進而能察覺問題。 an-Ⅱ-3 發覺創造和想像是科學的重要元素。 tr-Ⅲ-1 能將自己及他人所觀察、記錄的自然現象與習得的知識互相連結，察覺彼此間的關係，並提出自己的想法及知道與他人的差異。	INe-Ⅱ-9 電池或燈泡可以有串聯和並聯的接法，不同的接法會產生不同的效果。 INe-Ⅲ-5 常用酸鹼物質的特性，水溶液的酸鹼性質及其生活上的運用。 INd-Ⅲ-9 流水、風和波浪對砂石和土壤產生侵蝕、風化、搬運及堆積等作用，河流是改變地表最重要的力量。	自-E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊或數據中，提出適合科學探究的問題或解釋資料，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。	教學活動應引導學生發現人們生活周遭面臨的問題，例如：如何安全用電、如何選用適當的清潔劑、為何颱風會造成土石流等，需要有適當的科學知識、概念，並透過實驗、測試、資料收集和分析等各種方法，以尋找可能的答案。透過生活議題的探討，學生能體會到運用不同方法所得的資料記錄可能不同，對資料的解釋與論證也會因個人的知識或經驗的不同而有差異。
pe-Ⅱ-1 能了解一個因素改變可能造成	INc-Ⅱ-1 使用工具或自訂參考標準可量度與比	自-E-A3 具備透過實地操作探	可採結構式探究活動，循序漸進，由教師提出具體的研究問題，指導學生體

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	學習內容		
的影響，進而預測活動的大致結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫。 pe-Ⅲ-1 能了解自變項、應變項並預測改變時可能的影響和進行適當次數測試的意義。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題的特性、資源（設備等）的有無等因素，規劃簡單的探究活動。 pe-Ⅲ-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	較。 INc-Ⅱ-2 生活中常見的測量單位與度量。 INd-Ⅱ-5 自然環境中有砂石及土壤，會因水流、風而發生改變。 INe-Ⅲ-5 常用酸鹼物質的特性，水溶液的酸鹼性質及其生活上的運用。	究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。	驗從事科學活動的歷程，如設計研究流程、收集資料與分析、提出解釋與結論。透過實地操作探究活動，學生能認識和使用適當的測量工具，觀察自然事物的變化，思考造成變化的因素，進而選取其中的變因，設計實驗流程，實際操作，進行資料的收集與分析。
ah -Ⅱ-2	INe-Ⅱ-8	自-E-B1	進行實驗探究時，學生能夠將實驗結

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 tc -Ⅲ-1 能就所蒐集的數據或資料，進行簡單的記錄與分類，並依據習得的知識，思考資料的正確性及辨別他人資訊與事實的差異。 pa -Ⅲ-1 能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法，整理已有的資訊或數據。 pa -Ⅲ-2 能從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和他人的結果（例如：來自	物質可分為電的良導體和不良導體，將電池用電線或良導體接成通路，可使燈泡發光、馬達轉動。 INe -Ⅲ-2 物質的形態與性質可因燃燒、生鏽、發酵、酸鹼作用等而改變或形成新物質，這些改變有些會和溫度、水、空氣、光等有關。改變要能發生，常需要具備一些條件。 INd-Ⅲ-11 海水的流動會影響天氣與氣候的變化。氣溫下降時水氣凝結為雲和霧或昇華為霜、雪。	能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法，整理已有的自然科學資訊或數據，並利用較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。	果做描述性或數量化的分析，並利用合適的方式或型式表達探究之過程、發現或成果，如物質的導電、型態、可燃性與天氣變化。

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	學習內容		
同學）比較對照，檢查相近探究是否有相近的結果。 pc -Ⅲ-2 能利用簡單形式的口語、文字、 影像（例如：攝錄、 影像）、例如：攝錄、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。			
po-Ⅲ-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體等察覺問題。 po-Ⅲ-2 能初步辨別適合科學探究的問題，並能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜探究之問題。	INf-Ⅲ-2 科技在生活中的應用與對環境與人體的影響。 INd-Ⅲ-7 天氣圖上用高、低氣壓、鋒面、颱風等符號來表示天氣現象，並認識其天氣變化。	自-E-B2 能了解科技及媒體的運用方式，並從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體等，察覺問題或獲得有助於探究的資訊。	學生能從學習活動、日常經驗、書刊、網路及媒體等，獲得資訊(如：天氣資料)或察覺問題（如：新聞中常出現的「PM2.5」)，並能蒐集資料、提出自己看法、質疑、學習判讀及驗證資訊可信度。

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的探尋和提問，常會有新發現。 ai-Ⅱ-2 透過探討自然與物質世界的規律性，感受發現的樂趣。 ai-Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成品來表現自己構想的樂趣。	INb-Ⅱ-7 動植物體的外部形態和內部構造，與其生長、行為、繁衍後代和適應環境有關。 INd-Ⅱ-6 一年四季氣溫會有所變化，天氣也會有所不同。氣象報告可以讓我們知道天氣的可能變化。	自-E-B3 透過五官知覺觀察週遭環境的動植物與自然現象，知道如何欣賞美的事物。	學生能透過實際的觀察與體驗，在學習的過程中自然地體會天地與四季變化之美。可配合春夏秋冬四季的更迭，將動、植物的觀察融入學習。
ah-Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。	INg-Ⅲ-2 人類活動與其他生物的活動會相互影響，不當引進外來物種可能造成經濟損失和生態破壞。 INg-Ⅱ-3 可利用垃圾減量、資源回收、節約能源等方法來保護環境。 INg-Ⅲ-7 人類行為的改變可以減緩氣候變遷所	自-E-C1 培養愛護自然、珍愛生命、惜取資源的關懷心與行動力。	配合學生日常生活情境中所遭遇科學環境相關議題如：能源使用、環境汙染、生態破壞等，選擇合適議題，引導學生透過資料收集、論證、合作專題探究等多元學習方式，建立正確的認知，養成良好態度與技能，並落實於生活之中。

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	學習內容		
	造成的衝擊與影響。		
pc-Ⅱ-1 能專注聆聽同學報告，提出疑問或意見。並能對探究方法、過程或結果，進行檢討。	INd-Ⅱ-2 物質或自然現象的改變情形，可以運用測量的工具和方法得知。 INd-Ⅱ-7 天氣預報常用雨量、溫度、風向、風速等資料來表達天氣狀態，這些資料可以使用適當儀器測得。	自-E-C2 透過探索科學的合作學習，培養與同儕溝通表達、團隊合作及和諧相處的能力。	學生能以小組的方式合作進行科學探索與成果發表分享等。以認識氣象為例，學生分組運用適當測量工具觀測校園氣象（氣溫、雨量、風向、風速等），合作完成紀錄、整理成圖表，搭配運用中央氣象局所測得的氣象資料，與同儕討論、分析資訊，並發表探究的結果，過程中培養專注聆聽習慣與討論論證能力。
po-Ⅱ-1 能從日常經驗、學習活動、自然環境，進行觀察，進而能察覺問題。 an-Ⅱ-2 察覺科學家們是利用不同的方式探索自然與物質世界的形式與規律。 tm-Ⅲ-1 能經由提問、觀察及實驗等歷	INg-Ⅱ-1 自然環境中有許多資源。人類生存與生活需依賴自然環境中的各種資源，但自然資源都是有限的，需要珍惜使用。 INe-Ⅲ-12 生物的分布和習性，會受環境因素的影響；環境改變也會影響生存於其中的生物種類。 INg-Ⅲ-4	自-E-C3 透過環境相關議題的學習，能了解全球自然環境的現況與特性及其背後之文化差異。	在日常生活中，學生能透過觀察、探索等途徑認識周遭自然環境及人類活動與自然環境的關係。為建立全球的視野，可透過閱讀、資料收集與討論等多元方式了解全球自然環境危機現況與特性，認識人與環境互動所引發的各種環境議題都與生物的生存息息相關，指出人類的行為是重要的關鍵因素。

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
程，探索自然界現象之間的關係，建立簡單的概念模型，並理解到有不同模型的存在。	人類的活動會造成氣候變遷，加劇對生態與環境的影響。		

二、國民中學教育階段

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
ti-IV-1 能依據已知的自然科學知識概念，經由自我或團體探索與討論的過程，想像當使用的觀察方法或實驗方法改變時，其結果可能產生的差異；並能嘗試在指導下以創新思考和方法得到新的模型、成品或結果。 tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，	Ga-IV-3 人類的 ABO 血型是可遺傳的性狀。 Gc-IV-1 依據生物形態與構造的特徵，可以將生物分類。 Jc-IV-5 生活中常見的氧化還原反應與應用。 Ka-IV-9 生活中有許多運用光學原理的實例或儀器，例如：透鏡、面鏡、眼睛、眼鏡及顯微鏡等。 Ib-IV-2	自-J-A1 能應用科學知識、方法與態度於日常生活當中。	學生能將所習或已知的科學知識或概念，連結到日常生活中所觀察到的自然現象，並透過小組討論或自我探索等方式，找出合理的解釋或原因。 學習內容應以日常生活可實際觀察的題材為主，例如：陽光照射角度之變化，會造成地表單位面積土地吸收太陽能量的不同現象；生活中有許多實用光學儀器，如透鏡、面鏡、眼睛、眼鏡、顯微鏡等。

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	**學習內容**		
進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。 ai-IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。	陽光照射角度之變化，會造成地表單位面積土地吸收太陽能量的不同。		
tc-IV-1 能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。 po-IV-2 能辨別適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題（或假說），並能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜探究之問題。	Gb-IV-1 從地層中發現的化石，可以知道地球上曾經存在許多的生物，但有些生物已經消失了，例如：三葉蟲、恐龍等。 Jb-IV-1 由水溶液導電的實驗認識電解質與非電解質。 Kc-IV-1 摩擦可以產生靜電，電荷有正負之別。 Kc-IV-2	自-J-A2 能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。	學生能將已知的科學知識連結到實驗數據或自然現象，選擇適合的科學方式探究問題、或解釋因果關係、或提出可能的解決方案。例如學生知道摩擦可以產生靜電，針對冬天乾燥的日子梳頭髮，頭髮一直毛躁的問題，能透過觀察、討論或閱讀等方式，提出可行的解決方案。或從類地行星的各項資料、或水溶液導電的實驗數據，提出自己的比較和結論。

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
	靜止帶電物體之間有靜電力，同號電荷會相斥，異號電荷則會相吸。 Fb-IV-2 類地行星的環境差異極大。		
po-IV-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。 po-IV-2 能辨別適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題（或假說），並能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜探究之問題。 pe-IV-1 能辨明多個自變項、應變項並計畫適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師或教科	Db-IV-5 動植物體適應環境的構造常成為人類發展各種精密儀器的參考。 Dc-IV-4 人體會藉由各系統的協調，使體內所含的物質及各種狀態能維持在一定範圍內。 Ca-IV-1 實驗分離混合物，例如：結晶法、過濾法與及簡易濾紙色層分析法。 Kc-IV-7 電池連接導體形成通路時，多數導體通過的電流與其兩端電壓差成正比，其比值即為電阻。 Fb-IV-4	自-J-A3 具備從日常生活經驗中找出問題，並能根據問題特性、資源等因素，善用生活週遭的物品、器材儀器、科技設備及資源，規劃自然科學探究活動。	學生能從日常生活的事物、自然環境、生物或書刊及網路媒體提供的資料中進行各種觀察，發現動植物體的構造、各種機械或科技產品等與生活環境間的關聯性。學生能根據觀察結果提出值得探究的問題，如：1.觀察社區河流汙染情形，並探討汙染源及減少汙染的方法；或2.從媒體資訊觀察到某些地區缺少乾淨飲用水的情況，進而設計適合該地區使用的淨水裝置。

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	學習內容		
書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（如設備、時間）等因素，規劃具有可信度（如多次測量等）的探究活動。 pe-IV-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	月相變化具有規律性。		
pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。 pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題	La-IV-1. 隨著生物間、生物與環境間的交互作用，生態系中的結構會隨時間改變，形成演替現象。 Lb-IV-1 生態系中的非生物因子會影響生物的分布與生存，環境調查時常需檢測非生物因子的變化。 Je-IV-1	自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型或其他新媒體形式，表	學生能將實驗的結果，分析歸納後適當的以文字、表格或數據統計圖等方式整理成現成清楚的資訊，並以不同的方式呈現。例如以統計圖的方式呈現生態系的結構與時間的關係、硫代硫酸鈉濃度或其他因素與反應速率的關係，或以文字、繪圖的方式描述太陽系的組成或生態系中非生物因子的影響。

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。 pc-IV-2 能利用口語、影像（例如：攝影、錄影）、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型或經教師認可後以報告或新媒體形式表達完整之探究過程、發現與成果、價值、限制和主張等。視需要，並能摘要描述主要過程、發現和可能的運用。	實驗認識化學反應速率及影響反應速率的因素，例如：本性、溫度、濃度、接觸面積及催化劑。 Kc-IV-8 電流通過帶有電阻物體時，能量會以發熱的形式逸散。 Fb-IV-1 太陽系由太陽和行星組成，行星均繞太陽公轉。	達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。	
pe-IV-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	Da-IV-1 使用適當的儀器可觀察到細胞的形態及細胞膜、細胞質、細胞核、細胞壁等基本構造。 Gc-IV-3	自-J-B2 能操作適合學習階段的科技設備與資源，並從學習活動、日常經驗及科技運用、自	學生能正確地操作適合學習階段的科技設備與資源，並透過學習活動或日常經驗及相關科技器材或科普媒材的應用，分辨資訊之可信程度，學生亦能進行各種有計畫的觀察，以獲得有助於探究

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	**學習內容**		
pc-IV-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案。 ah-IV-1 對於有關科學發現的報導，甚至權威的解釋(例如：報章雜誌的報導或書本上的解釋)，能抱持懷疑的態度，評估其推論的證據是否充分且可信賴。	人的體表和體內有許多微生物，有些微生物對人體有利，有些則有害。 Jd-IV-3 實驗認識廣用指示劑及 pH 計。 Kc-IV-4 電流會產生磁場，其方向分布可以由安培右手定則求得。 Id-IV-3 地球的四季主要是因為地球自轉軸傾斜於地球公轉軌道面而造成。	然環境、書刊及網路媒體中，培養相關倫理與分辨資訊之可信程度及進行各種有計畫的觀察，以獲得有助於探究和問題解決的資訊。	和問題解決的資訊，例如：學生能使用適當的儀器觀察到細胞的形態及細胞膜、細胞質、細胞核、細胞壁等基本構造；學生能操作可調整式地軸角度的地球儀，進而能依據操作結果來說明地球自轉軸傾斜與否對地球各地溫度的影響，說明地球具有四季現象。
tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自	Gc-IV-2 地球上有形形色色的生物，在生態系中擔任不同的角色，發揮不同的功能，有助於維持生態系的穩定。 La-IV-1	自-J-B3 透過欣賞山川大地、風雲雨露、河海大洋、日月星辰，體驗自然與生命之美。	學生能透過學習「生物體的構造與功能」，認識生物構造的精美，了解生物運作功能的神奇，進而愛護與尊重各種生物。也能從生物與環境的互動中，認識生物與生物間，生物與環境間互動的和諧

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
己論點的正確性。	隨著生物間、生物與環境間的交互作用，生態系中的結構會隨時間改變，形成演替現象。 Ja-IV-3 化學反應中常伴隨沉澱、氣體、顏色及溫度變化等現象。 Fa-IV-2 三大類岩石有不同的特徵和成因。		平衡之美。或藉由四季變化、地質景觀的雄偉俊秀，感受大地、山川變化之美，選擇能與大地、萬物更和善、更親近的旅遊方式。或能透過對各種化學反應中的顏色、結晶變化等的認識，欣賞物質的變化之美，如：植物染是運用酸鹼值會影響成色的原理來美化生活。
ah-IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	Lb-IV-2 人類活動會改變環境，也可能影響其他生物的生存。 Lb-IV-4 人類可採取行動來維持生物的生存環境，使生物能在自然環境中生長、繁殖、交互作用，以維持生態平衡。 Mb-IV-1 生物技術的發展主要是為了因應人類需求，運用跨領域技術來改造生物，發	自-J-C1 從日常學習中，主動關心自然環境相關公共議題，尊重生命。	學生能主動關心自然環境相關公共議題，透過所學到的科學知識與科學探究方法幫助自己做出最佳的決定，例如：學生能運用中央氣象局颱風資料庫的資料分析歷史上的颱風，包括：侵台時間、路徑、強度與造成的災情等，並能蒐集資料或主動與他人討論在颱風來襲前應如何做好防災及減災措施，以減少生命財產的損失。

自然科學領域學習重點		自然科學領域 核心素養	說明
學習表現	學習內容		
	展相關技術的歷程中，也應避免對其他生物以及環境造成過度的影響。 Na-IV-3 環境品質繫於資源的永續利用與維持生態平衡。 Md-IV-2 颱風主要發生 7-9 月，並容易造成生命財產的損失。		
tm-IV-1 能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。 ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。	Na-IV-4 資源使用的 5R (減量、抗拒誘惑、重複使用、回收與再生)。 Fb-IV-3 月球繞地球公轉；日、月、地在同一直線上會發生日月食。	自-J-C2 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與問題解決的能力。	學生能藉由分組合作及討論的方式，認識我們關心的許多重要議題。像是塑膠使用，能源使用等等的現況。並藉由與同儕討論的方式，思考在日常生活中適合使用塑膠製品或能源等的行動。

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
an-IV-1 察覺到科學的觀察、測量和方法是否具有正當性，是受到社會共同建構的標準所規範。 an-IV-2 分辨科學知識的確定性和持久性，會因科學研究的時空背景不同而有所變化。	Ma-IV-2 保育工作不是只有科學家能夠處理，所有的公民都有權利及義務，共同研究、監控及維護生物多樣性。 Nc-IV-2 開發任何一種能源都有風險，應依據證據來評估與決策。 Na-IV-5 各種廢棄物對環境的影響，環境的承載能力與處理方法。 Ma-IV-4 各種發電方式與新興的能源科技對社會、經濟、環境及生態的影響。 Nb-IV-2 氣候變遷產生的衝擊有海平面上升、全球暖化、異常降水等現象。	自-J-C3 透過環境相關議題的學習，能了解全球自然環境具有差異性與互動性，並能發展出自我文化認同與身為地球公民的價值觀。	學生能藉由校園、社區、各種不同自然環境的考察、實測或全球生態等相關影片的協助，了解全球環境具有差異性。或經由全球暖化、環境汙染等環境議題，了解自然環境的互動性。進而反省人類行為對自然環境的影響，培養對環境友善的生活習慣。或藉由了解環境議題，如：北極熊的處境、環境開發對臺灣保育類生物的影響等實例，探討公民參與維護生物多樣性的可行方式，並能以實際行動維護生物多樣性。

三、高級中學教育階段

（一）為整合學習內容與學習表現，以達到自然科學領域之核心素養，所可運用的共通教材、教學方式與評量，建議如下：

1.教材：可利用下列教材引發學生學習動機，或作為媒介並利用適當教學方式引導學生學習。

（1）科普文章、雜誌或書籍等。

（2）新聞媒體相關資料，例如科學新知報導、科學相關產業的發展等。

（3）網路資訊，例如科普網站、科普影片等。

（4）導覽參訪相關工廠與產業。

2.教學方式：運用以學生為主體的學習方式，提升學生自主學習能力，培養良好的學習態度與習慣，並達成所需具備的核心素養能力。可用教學方式約略如下：

（1）學生藉由閱讀資料，學習資料重點摘要。

（2）學生藉由資料搜尋與理解，進一步進行資料檢核、判斷、討論與辯證。

（3）學生藉由實際操作相關主題實驗，學習數據處理，並建立模型，驗證相關學習內容。

3.評量：除紙筆測驗外，尚可利用下列方式進行評量。

（1）學習單。

（2）小論文、專題研究、書面報告或實驗報告。

（3）口頭報告。

（4）實驗操作。

（二）以下為自然科學四科依不同學習內容，各列舉數例說明如下：

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
ai-Vc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ah-Vc-1 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。	BGa-Vc-6 分子遺傳學的中心法則。 CMb-Va-1 化學發展史上的重要事件、相關理論發展及科學家的研究事蹟。 ENb-Vc-3 過去主導地球長期的自然氣候變化的原理並無法完全用來解釋近幾十年來快速的氣候變遷情形。根據目前科學證據了解人類活動是主要因素。	自 S-U-A1 理解科學的進展與對人類社會的貢獻及限制，將科學事業納為未來生涯發展選擇之一。	生物科 教師先介紹相關的生物科技發展背景資料，再讓學生分組活動，討論中心法則觀點的引入，對於育種、藥物發展、疾病治療可能造成的衝擊或改變有哪些？ 透過此活動學生能了解到生物科技對於人類社會可能造成的衝擊與影響，也能了解到未來產業的發展方向，以做為未來生涯規劃之參考。
tr-Vc-1 能運用簡單的數理演算公式及單一的科學證據或理論，理解自然科學	CMc-Vc-4 化學在先進科技發展的應用。	自 S-U-A2 能從一系列的觀察、實驗中取得自	化學科 教師選擇適當的教材，引發學生對目前發展中先進科技與綠色化學製程的興趣，並提高了解程度，

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
知識或理論及其因果關係，或提出他人論點的限制，進而提出不同的論點。 an-Ⅴc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。	CJa-Ⅴa-2 化學反應與化學程序的產率。 PMc-Ⅴc-3 科學的態度與方法。 EEd-Ⅴc-4 天文觀測可在不同的電磁波段進行。	然科學數據，並依據科學理論、數理演算公式等方法，進行比較與判斷科學資料於方法及程序上的合理性，進而以批判的論點來檢核資料的真實性與可信性，提出創新與前瞻的思維來解決問題。	再藉由閱讀資料，引導學生摘要資料重點。而後請學生蒐集各種不同的化學製程，及寫出相關反應式，再自行討論、計算出各種不同製程的產率差異，進一步討論不同製程的優劣，並提出自己的看法。 學生經由實際操作與辯證，可對於數據處理，與資料合理度判斷與檢核，有更進一步的體會，並可激發出更創新的想法，或提出更可行的應用與製程應具備的條件。
ti-Ⅴc-1 能主動察覺生活中各種自然科學問題的成因，並能根據已知的科學知識提出解決問題的各種假設想法，進而以個人或團體方式設計創新的科學探索方式並得到成果。 tm-Ⅴc-1 能依據科學問題自行運思或經由合	BLb-Ⅴa-4 CCa-Ⅴc-1 混合物的分離過程與純化方法，包括蒸餾、萃取、色層分析、硬水軟化、海水純化等。 PKa-Ⅴc-7 馬克士威從其方程式預測	自 S-U-A3 具備從科學報導或研究中找出問題，根據問題特性、學習資源、期望之成果、對社會環境的影響等因素，運用適合學習階段的儀	物理科 經由實際觀察、動手做實驗，或閱讀書籍、瀏覽媒體獲得各種光和電磁波的資訊，整理、比較、分析後找出式樣和規律性。各小組分別嘗試建立模型，尋求建立的模型和物理定律間(電磁波)的關聯。各小組對不同的模型進行討論與分享。讓學生填寫學習單、小論文等方式做報告。 經由學習，學生能依據科學問題自行運思或經

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
作討論來建立模型，並能使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象，進而了解模型有其局限性。 po-Ⅴc-1 能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。 pe-Ⅴc-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源，能適度創新改善執行方式。能進行精確的質性觀察或數值量測，視需要能運用科技儀器輔助記錄。	電磁波的存在，且計算出電磁波的速度等於光速，因此推論光是一種電磁波，後來也獲得證實。 EIb-Ⅴc-1 一定氣壓下，氣溫越高，空氣所能容納的水氣含量越高。	器、科技設備等，獨立規劃完整的實作探究活動，進而根據實驗結果修正實驗模型，或創新突破限制。	由合作討論來建立模型，進而了解模型有其局限性，根據實驗結果修正模型，或創新突破限制。並獲得將資訊整理、分析、判斷的能力，尋求自然現象的規律，學會欣賞科學的美。
pa-Ⅴc-1 能合理運用思考智能、製作圖表、使用資訊及數學等方法，有效整理	CEc-Ⅴa-3 理想氣體三大定律與理想氣體方程式。	自 S-U-B1 能合理運用思考智能、製作圖表、使	物理科 透過科普文章、網路等等多元媒體資訊的蒐集，

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
資訊或數據。 pa-Ⅴc-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、獲知因果關係、理解科學相關的社會議題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。 pc-Ⅴc-2 能利用口語、影像(例如：攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，呈現探究之過程、發現或成果；並在保有個資安全與不損及公眾利益下，嘗試以報告或新媒體形式，自主並較廣面性的分享相對嚴謹之探究發現、成果、結論或主	PKe-Ⅴc-3 自然界的一切交互作用可完全由重力、電磁力、強力、以及弱作用等四種基本交互作用所涵蓋。 EMd-Ⅴc-3 侵臺颱風的路徑主要受太平洋高壓所引導，不同路徑對臺灣各地的風雨影響不同。	用資訊及數學運算等方法，有效整理自然科學資訊或數據，並能同時利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等、或嘗試以新媒體形式，較廣面性的呈現相對嚴謹之探究過程、發現或成果。	探討自然界四種交互作用，能量也可以藉這四種交互作用儲存於各種物質裡。也可探討這些作用力的應用：我們是如何透過各種發電的方式過程，與及過程中如何利用氣體與熱力學的基本知識，一方面改變我們的生活模式，一方面製造額外的副產物，最終對社會、自然環境、大氣環境產生的影響。也可討論不同發電與用電方式和過程，對生態與全球氣候變遷的影響、如何將節能減碳的觀念落實於生活中。 學生可以學習運用科學原理、思考智能、數學等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。也可以了解當今人類如何歸納、建立自然界基本現象的模型，並將觀察到的現象以數學公式、模型或簡單以文字、圖表或口語等方式呈現的能力。

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
張。視需要，並能摘要描述目的、特徵、方法、發現、價值、限制、運用及展望等。			
po-Ⅴc-1 能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，汲取資訊並進行有計畫、有條理的多方觀察，進而能察覺問題。 ah-Ⅴc-2 對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。	CMa-Ⅴc-1 化學製造流程對日常生活、社會、經濟、環境及生態的影響。 CMa-Ⅴa-2 化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題。 PMc-Ⅴc-1 用電安全。 PMc-Ⅴc-2 電在生活中的應用。 ENb-Ⅴc-2 冰期與間冰期氣溫和海平面的升降，對全球生物與自然環境會造成影響。	自 S-U-B2 能從日常經驗、科技運用、社會中的科學相關議題、學習活動、自然環境、書刊及網路媒體中，適度運用有助於探究、問題解決及預測的資訊，進而能察覺問題或反思媒體報導中與科學相關的內容，以培養求真求實的精神。	生物科 建議教師先以社會上為何會發生一些抗爭活動引起學生興趣，再以目前化石工業發展與地方人士抗爭的事件，提供背景資料，讓學生討論地方人士為何會反對石化廠的設置，並讓學生依據生態學中元素循環的學理，在組內討論石化工業大量使用化石燃料可能造成的影響，最後提出自己對這個抗爭事件的看法。 此活動可以讓學生運用所學的科學知識來分析、了解一些社會事件的發生原因與爭議所在，並能讓學生透過共同討論，相互溝通後，以較理性、合理，較全面的角度來面對相關爭議與問題。 化學科 教師使用適當的教材，以延伸閱讀方式呈現相關科學新聞報導，或導引學生思考科學所引發的社

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
			會議題。再藉由各種活動，如辯論、討論和文章閱讀等活動，探討化學製造流程對社會、自然環境的影響。相關議題例如：全球氣候變遷、如何將節能減碳的觀念落實於生活中、如何實踐永續發展的精神等，並從各種資料查詢活動中，反思資料的正確性與客觀性等。 學生從科學閱讀、書寫科學小論文中，可以了解與省思化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題。從實作中，學習如何解決生活中的科學問題，促進學生參與科學知識的傳播，並將化學知識融入個人和社會生活。 地球科學科 建議針對時事議題或生活經驗進行課程活動。例如針對冰期與間冰期氣溫和海平面的升降對全球會造成影響主題，學生可以收集各種類型的報導資料分類後分組，在課堂上進行不同面向的討論。 學生在討論過程中，應可看到不同領域的影響，如生態平衡、海岸變遷、經濟活動改變...等。更深一層或可由這樣的活動訓練邏輯思考，進而了解科學

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
			乃建立自求真求實的探究過程。
ai-Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 an-Ⅴc-2 了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。	CMb-Ⅴa-3 科學模型的特性與演變。 PKd-Ⅴc-6 光子與電子以及所有微觀粒子都具有波粒二象性。 EIb-Ⅴc-2 當水氣達到飽和時，過飽和的水氣會凝結或凝固。	自 S-U-B3 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。	地球科學 建議在課程設計方面可利用科學史的認識、提供科學家實驗模型建立過程的介紹或是設計可供學生自身的實驗探究歷程。例如水氣飽和凝結課程中可利用大氣壓力變化造成水氣凝結效果的實驗讓學生探討水氣達飽和的條件。 學生透過課程設計流程能理解要建立科學理論須具備邏輯性、規律性與可重複見證性，進而達到欣賞自然現象的科學美。
ai-Ⅴc-1 透過成功的問題解決經驗，獲得成就感。	BGc-Ⅴa-5 造就臺灣生物多樣性的因素。 CMa-Ⅴa-1 從化學的主要發展方向和產業成果，建立綠色化學與永續發展的概念，並積極參與科學知識的傳播，	自 S-U-C1 培養主動關心自然相關議題的社會責任感與公民意識，並建立關懷自然生態與人類永續發展的自我意識。	化學科 以全球著名的化學與化工業、綠色化學的研究成果相關報導，化學產業發展、製程與產品等的照片、影片或實物，引起學生動機。再藉由閱讀資料、觀賞影片、小組口頭發表或撰寫小論文等，了解臺灣目前的化學與化工業、綠色化學的研究、發展、製程與產品等，以及全球化學工業發展的趨勢。 從閱讀或蒐集化學與化工業的重大新聞以及工

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
	促進化學知識進入個人和社會生活。 CMa-Va-2 化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題。 PNc-Vc-3 能量一樣的系統，作功的能力不一定相同。 ENb-Vc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。		安事件，引導學生分析、思辨化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題，並對科學、經濟、法律以及道德等層面，有更進一步的體會，激發出更多的想法與提升解決問題的能力。
pc-Vc-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且較完整的疑問或意見。並能對整個探究過程：包括，觀察定題、推理實作、數據信效度、資源運用、活動安全、探究結果等，進行評核、形成評價並提出合理的改善	CMc-Vc-1 水的處理過程。 CNa-Va-3 廢棄物的創新利用與再製作。 PNc-Vc-2 核能發電與輻射安全。 ENa-Vc-2	自 S-U-C2 能從團體探究討論中，主動建立與同儕思考辯證、溝通協調與包容不同意見的能力，進而樂於分享探究結果或協助他人解決科學	物理科 學生可以透過課本資料、網路搜尋等方式，蒐集整理分析「核能發電與輻射安全」和「節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展」等資訊，藉此了解：地球上有哪些能源和儲藏的方式？如何有效攫取這些能源？如何有效使用這些能源？攫取這些能源的過程會產生什麼「垃圾」等等知識。

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
方案。	節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。	問題。	學生可以透過對核物理、放射性物質的認識和核能發電的物理知識，來探討核能發電的安全性與輻射產物的安全與防護方式，了解能源如何利用大自然的生態平衡，有效率的儲藏在生態平衡的系統裡。也可以了解各種生物是以什麼方式取用這些能源，食物鏈和怎麼形成平衡系統之間的關係、討論地球生物是否能因應「人為」和「非人為」的生態改變。學生學習過程必然也會觸及「全球暖化的成因、影響及因應方法」、認識自然界的能源如何產生、如何運用，以及使用後會產生什麼「垃圾」，同時思考我們應該如何善用宇宙寶貴的資源。
an-Ⅴc-3 體認科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。	BGc-Ⅴa-6 生物多樣性的保育。 CMe-Ⅴc-2 全球暖化的成因、影響及因應方法。 CNa-Ⅴa-2 資源保育的有效方法。 PNc-Ⅴc-4	自 S-U-C3 能主動關心全球環境議題，同時體認維護地球環境是地球公民的責任，透過個人實踐，建立多元價值的世界觀。	生物科 建議先請學生一起討論，提出目前在生物多樣性方面所遭遇的重要問題。再以小組討論、報告的方式，讓每組認養一個環境問題或議題進行資料的蒐集、討論與報告，讓學生思考這些問題的可能解決方式，然後分組上台報告組內所得結果，再由全班針對這些結果進行分析與結論。

自然科學領域學習重點		自然科學領域核心素養	說明
學習表現	學習內容		
	雖然能量守恒，但能量一旦發生形式上的轉換，通常其作功效能會降低。 ENa-Ⅴc-3 認識地球環境有助於經濟、生態、文化及政策四個面向的永續發展。		可藉此課程活動使學生了解目前的生態與環境問題，也能引起學生對於環境議題的關心。使學生學會解決問題時，須同時考量生態學理論與經濟需求等考量，並學會在衝突中取得平衡點。 地球科學 建議舉例說明環境相關議題現象，並提供資料，例如全球各地溫度、海平面高度及異常降水資料圖表，鼓勵學生分組討論氣候變遷造成不同面向上衝擊。 學生藉由分析歸納，提出在各面向可能的調適方法及永續地球環境的策略，藉此產生對於全球人類共同體的歸屬感與責任感。

肆 學習重點解析

肆、學習重點解析

關於「國民小學教育階段」與「國民中學教育階段」之學習重點解析請見十二年國教領綱與領綱附錄-學習內容說明，「高級中學教育階段」與「自然科學探究與實作」之學習重點解析述明如下：

一、高級中學教育階段

（一）生物科

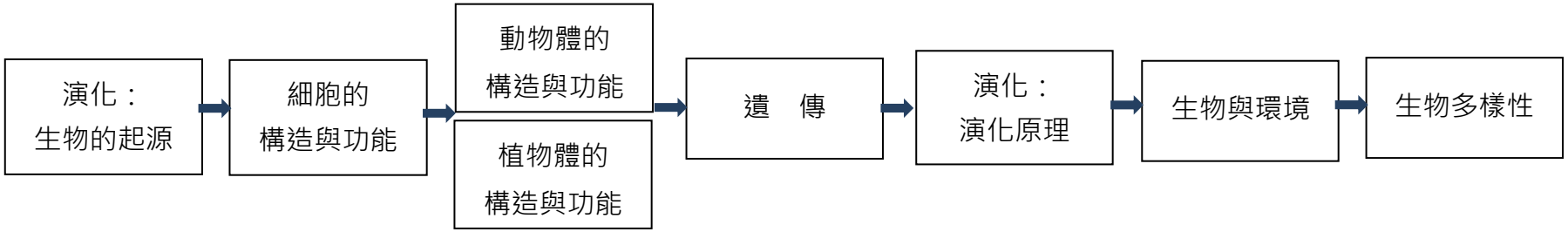
十二年國教課綱普通型高中生物科的學習內容試著做了與國中、大學的縱向連貫，在必修生物部分，考量到僅有 2 學分的時間，無法呈現國民所需之生物科基本素養，故與國民中學階段 (第四學習階段)生物科內容進行重整，將國民所需之生物學科基本能力與素養之內容，統合在國民中學的生物課程與高中的必修生物課程中。普通型高級中等學必修生物的課程，銜接國民中學教育階段的生物學概念與相關跨科概念，以發展系統性的生物學概念，並可連結自然科學探究與實作、選修生物的課程，讓學生依自己的興趣進行發展與生涯規劃。學習內容主要有三項次主題，分別為「細胞的構造與功能」、「遺傳」及「演化」，最後以生物多樣性做總結。

選修生物的重點在於與大學課程的銜接，普通型高級中等學校(以下簡稱「普通型高中」)生物科目「選修生物」課程之設計理念與課程架構如下：

1.重視生物學的概念發展與連貫統整，強調核心概念之學習，並建立科學模型與理論之系統性思考方式。

2.增加實作與探究的探討活動、科學模型與理論之發展歷程，以及科學、技術及社會的互動關係之課程設計。

3.連貫必修生物的課程，進入加深加廣的階段，以銜接大學教育階段的相關課程。



在實際授課內容中主要以概念的建構為主，至於較詳細的生物學相關背景知識，則留待學生至大學後再進行學習。

配合理念與架構的修改，整個高中階段生物科課綱的內容也做了一定程度的修正，其修正部分請參見本手冊之「新舊課綱比較」。

為配合學習歷程之採計，選修生物又再細分為 4 個各 2 學分相關之課程，期課程安排如下。

課程名稱：細胞與遺傳

次主題	加深加廣選修學習內容
細胞的構造與功能（Da）	BDa-Va-1 細胞的分子組成。 BDa-Va-2 生物膜的構造與功能。 BDa-Va-3 酶的功能與影響酶活性的因素。 BDa-Va-4 呼吸作用包括有氧呼吸、無氧呼吸及醱酵作用。 BDa-Va-5 能量流轉與生命維持的關係。 BDa-Va-6 細胞的生命歷程。
生殖與遺傳（Ga）	BGa-Va-1 遺傳的染色體學說的建立。 BGa-Va-2 確認 DNA 為遺傳物質的歷程。

次主題	加深加廣選修學習內容
	BGa-Ⅴa-3 遺傳訊息的複製。 BGa-Ⅴa-4 遺傳訊息的轉錄與轉譯。 BGa-Ⅴa-5 基因表現的調控。 BGa-Ⅴa-6 遺傳變異。 BGa-Ⅴa-7 生物科技的應用。
科學、技術及社會的互動關係（Ma）	BMc-Ⅴa-1 生物科技的應用。 BMa-Ⅴa-2 探討人類基因組計畫及其意義與重要性。
科學發展的歷史（Mb）	BMb-Ⅴa-1 從科學史的觀點，探討生物膜的模型之發展歷程。 BMb-Ⅴa-3 從科學史的觀點，說明遺傳的染色體學說之發展歷程。 BMb-Ⅴa-4 從科學史的觀點，探討聯鎖的相關實驗與推論。 BMb-Ⅴa-5 從科學史的觀點，探討確認 DNA 為遺傳物質之發展歷程。 BMb-Ⅴa-6 從科學史的觀點，探討 DNA 分子結構模型之發展歷程。 BMb-Ⅴa-7 從科學史的觀點，探討 DNA 複製為半保留複製模式之發展歷程。

課程名稱：生命的起源與植物體的構造與功能

次主題	加深加廣選修學習內容
演化（Gb）	BGb-Ⅴa-1 生源說與無生源說的爭論歷程。 BGb-Ⅴa-2 從無機物到有機物的演變，探討生物起源的過程。 BGb-Ⅴa-3 原核細胞形成的演化歷程。 BGb-Ⅴa-4 真核細胞形成的演化歷程。

次主題	加深加廣選修學習內容
動植物體的構造與功能（Db）	BDb-Va-9 植物體的組成層次。 BDb-Va-10 光合作用包括光反應與固碳反應。 BDb-Va-11 植物體的生殖。 BDb-Va-12 植物體內的物質運輸。 BDb-Va-13 植物激素會調節植物體的生理作用。 BDb-Va-14 植物體對環境刺激的反應。
科學發展的歷史（Mb）	BMb-Va-2 從科學史的觀點，探討生長素發現過程的相關實驗。

課程名稱：動物體的構造與功能

次主題	加深加廣選修學習內容
動植物體的構造與功能（Db）	BDb-Va-1 動物組織的構造與功能。 BDb-Va-2 動物體的器官系統之構造與功能。 BDb-Va-3 動物體內恆定的生理意義與重要性。 BDb-Va-4 動物體對刺激的感應。 BDb-Va-5 動物體的神經系統對生理作用的調節。 BDb-Va-6 動物體的激素對生理作用的調節。 BDb-Va-7 動物體的防禦構造與功能。 BDb-Va-8 動物體的生殖與胚胎發育。
科學、技術及社會的互動關係（Ma）	BMa-Va-1 探討代理孕母的倫理與法律問題。

課程名稱：生態、演化及生物多樣性

次主題	加深加廣選修學習內容
演化（Gb）	BGb-Va-5 現代生物演化理論。 BGb-Va-6 族群遺傳學。 BGb-Va-7 演化與物種形成。
生物與環境的交互作用（Lb）	BLb-Va-1 生態學的研究層級。 BLb-Va-2 族群特徵包括族群大小、族群密度、族群成長曲線、生存曲線及年齡結構等。 BLb-Va-3 群集中族群間的交互作用、群集結構及演替。
生物多樣性（Gc）	BGc-Va-1 生物多樣性包含遺傳多樣性、物種多樣性及生態系多樣性三個面向。 BGc-Va-2 遺傳多樣性。 BGc-Va-3 物種多樣性。 BGc-Va-4 生態系多樣性。 BGc-Va-5 造就臺灣生物多樣性的因素。 BGc-Va-6 生物多樣性的保育。
生物圈的組成（Fc）	BFc-Va-1 生態學的研究層級主要為個體、族群、群集、生態系及生物圈。 BFc-Va-2 臺灣主要的生態系可分為自然生態系與人工生態系。
科學在生活中的應用（Mc）	BMc-Va-1 生物科技的應用。 BMc-Va-2 以生態學的理論為基礎，規劃保育策略。 BMc-Va-3 可以實際案例，由研究、教育、立法及行政等方面來探討生物多樣性的保育。
永續發展與資源利用	BNa-Va-1 以實例說明棲地零碎化造成的邊緣效應對物種多樣性之影響。

次主題	加深加廣選修學習內容
（Na）	BNa-Va-2 以實例說明入侵外來種對物種多樣性之影響。

（二）物理科

本學習內容說明旨在更進一步闡釋十二年國民基本教育課程綱要高中物理科的學習內容，由於課程綱要內容雖列舉出學習內容的重點，但並未說明細部內容及份量，也未呈現前後脈絡，所以有必作進一步說明，說明的順序和課綱內容不同，其理由在必修和選修部份分別解釋。

1.普通型高級中等學校必修課程

十二年國教十年級基礎物理課程綱要，除了延續九九課綱的設計精神，以「物理學家發想過程的故事為主、基礎物理通才知識為輔」，也更清楚地揭示：十年級基礎物理是針對「不分組、全領域學生」所設計的課程，更以編排「文組取向學生」更容易接受與吸收的教材為目標，希望全體學生接受的是「物理發展的精神與傳承」，而非只是比較片段、比較不連貫的科學知識。

物理發展的主軸有兩個：「能量」與「尺度」。物理學家涉獵的尺度，從小於 10^{-15} 公尺的原子核，到大約 10^{23} 公里的「可觀察宇宙」，這之中涵蓋的尺度變化與物體結構，有原子核、原子、分子、細胞、生物體、行星、恆星、星系等。而從能量的角度觀察，宇宙伊始高於 10^{32}K 的高能物理世界，演化到接近 0 K 的低溫物理世界，物理學家發現這裏的巨觀物理、介觀物理和微觀物理各有千秋，各有不同的交互作用在穿針引線，進而巧妙地編織這個多元多彩的物理世界。

因此，這次課綱配合故事性與傳承性，將九九課綱的前後順序做了一點更動，除了繼續延續九九課綱試圖跳脫「聲、光、熱、電」的傳統教學模式外，更強調的是：通識物理的「脈絡與傳承」。

脈絡清楚、分明是這份以十二年國民基本教育為主的領綱和過去版本最大的差異。本課綱介紹的編排順序，只是一個建議，主旨是用來說明基礎物理課程的編排應該要有一個更清楚的脈絡，更有先後傳承的故事性。教材編輯者與第一線的教師可以依教學現場的需要，將自己

的觀點與創意植入，做不同的脈絡更動。和十二年一貫課綱精神相輔相成的跨科標題宇宙學簡介，除由地球科學科講授外，為了整體課程的完整、脈絡及傳承，撰寫教材與教科書時，仍然建議以適當的形式做簡單的介紹，不佔教學時數。

因此十二年國教課綱有兩個比較大的轉變：

(1)跳脫以往以先知角度傳述物理知識的『硬模式』，改以『傳承、演化過程』為主的脈絡式編排，試圖改以『軟模式』讓基礎物理課綱的編排更加平易近人。

(2)讓課程脈絡與『能量』與『尺度』這兩個物理的主軸的關聯更為明確。底下是這次課綱安排的主要變動：

A.對整體高一基礎物理的介紹內容，做一個有前後、有脈絡的鋪陳建議，順序如下：

第一章：科學的態度與方法

第二章：物質的組成與交互作用

第三章：物體的運動

第四章：電與磁的統一

第五章：量子現象

第六章：能量

B.每一章細部的變化簡介如下：

(A)建議在第一章，針對科學的態度與方法，從科學史一脈相承、發展與演化的方向做介紹。

(B)將 99 課綱原來分散成兩章的『物質的組成』和『交互作用』，統整成第二章，強調物質與交互作用的關聯，讓課程介紹的脈絡更加清楚。

(C)在量子現象這一章，更清楚標示這一章要向學生介紹的主軸：光電效應、粒子的波動性、波粒二象性、原子光譜。

(D)在第六章能量的介紹裡，希望能讓學生更清楚：能量除了可以轉換、儲藏與利用之外、能量除了守恆之外，能量也會有『有序能量』對比『無序能量』的差別。

(E)配合高二力學教學的編排，將所有比較偏向定義與計算的部分，挪往高二傳授，高一課程僅針對『伽利略到牛頓對運動學的發展沿革與貢獻』做介紹。

(F)另外，十二年國教課綱比較大的變動是刪除聲波的重複介紹。聲波在國民中學階段已有相關基礎的介紹，而原 99 基礎物理課綱也只做複習性的介紹。為了精簡內容，在 12 年一貫基礎物理課綱裡，除了介紹光波與電磁波而必須保留下來的部分之外，已經全數刪除。因此，在十二年國教課綱的架構下，有關波動的介紹，和光與電磁波緊密結合，呈現一個更完整、更有脈絡的介紹。

脈絡清楚、分明是這份以十二年一貫聯繫為主的指引和過去版本最大的差異。十二年國教課綱介紹的編排順序，只是一個建議，主旨是用來說明基礎物理課程的編排應該要有一個更清楚的脈絡，更有先後傳承的故事性。教科書作者與第一線的老師可以依教學現場的需要，將自己的觀點與創意植入，做不同的脈絡更動。

必修學習內容說明之標題與次主題對照表

次主題	學習內容說明
能量的形式與轉換	物質的組成與交互作用、電與磁的統一、量子現象、能量
溫度與熱量	能量
自然的尺度與單位	科學的態度與方法、物質的組成與交互作用
力與運動	物質的組成與交互作用、物體的運動
波動、光及聲音	物質的組成與交互作用、電與磁的統一

萬有引力	物質的組成與交互作用、物體的運動
電磁現象	電與磁的統一
量子現象	量子現象
基本交互作用	物質的組成與交互作用、物體的運動
科學在生活中的應用	科學的態度與方法、物質的組成與交互作用
能源的開發與利用	科學的態度與方法、能量

必修物理課綱建議課程脈絡呈現方式：

標題	主要內容	內容說明	備註
一、科學的態度與方法	1.科學的態度	1-1 介紹科學家面對問題時，所持思考方式與態度，例如：理性、客觀、好奇心、避免妄下決斷等。	參考節數：2 ・在課程適當章節融入近代物理科學的發展，以及不同性別、背景、族群者於其中的貢獻。 ・3.避免單純以條列的方式來呈現物理史：可藉由幾位關鍵物理學家的貢獻來說明物理是實驗與理論相輔相成的學問，及其與人類文明發展的關係。
	2.科學的方法	2-1 在從事科學研究時，科學家可以有主觀的判斷與猜想，但仍需藉由各種客觀的方法，如確認問題、提出假說、實驗分析與驗證、建構理論、做出預測等，來確認猜想或假說是否正確。 2-2 科學上的基本物理量常以國際標準單位做基準，因工具的限制或應用上的方便，也有許多常用的物理量是經由基本物理量的測量再計算而得。	
	3.物理學簡介	3-1 簡介物理學涵蓋的範疇、探究的方向與演進的歷史。 3-2 說明現代世界經常面對跨學科的挑戰，並非侷限於單一學科的探究。	

標題	主要內容	內容說明	備註
二、物質的組成與交互作用	1.物質的組成	1-1 生活中常見的物質都是由原子組成的。 1-2 固態、液態及氣態之間的差異，都可由原子觀點解釋。 1-3 說明大自然的聲、光、熱、電等現象都可以用原子（或更基本的粒子）之間的交互作用來解釋。	參考節數：6 ・2-2 說明原子的大小約為 10^{-10} 公尺，原子核的大小約為 10^{-15} 公尺。 ・2-4 不須說明夸克的種類及所帶電荷。本說明的主要目的僅在於讓學生認識：實驗顯示質子與中子仍有內部的結構，理論上可以經由「夸克」來解釋，而此概念也被進一步的實驗所驗證。 ・3-2-2（1）僅介紹單一電荷產生的電場。 ・3-2-2（2）可寫出靜電力平方反比公式。 ・3-2-3 說明日常生活中所經驗到的各種力，例如：摩擦力、各種「接觸力」(用手推桌子、地板把桌子撐住)、彈性力、氣體分子碰撞容器壁產生的壓力來源等，若從原子的觀點來看，其實都是電力與磁力的作用。 ・3-4（1）衰變現象無法以重力、電磁力或強力解釋，因而得知自然界中還有另外一種交互作用，科學家稱它為弱作用（弱力）。 ・3-4（2）由於弱作用存在，中子才會衰變。
	2.原子的尺度與結構	2-1 說明原子的量值。 2-2 說明原子為電中性，內部有帶正電的原子核，帶負電的電子則環繞於原子核外。 2-3 說明原子核的量值，而且內有帶正電的質子與不帶電的中子。 2-4 說明質子、中子尚有內部結構，而且是由夸克所組成的。	
	3.物質間的基本交互作用	3-1 重力： 說明帶質量的物體之間有萬有引力，以及此力量值與物體間距離的平方成反比。 3-2 電力與磁力： 3-2-1 說明磁鐵間有磁力、簡介磁力線與磁場的概念。 3-2-2 說明電荷會產生電場，兩電荷之間有電力，此力量值與電荷之間距離的平方成反比。 3-2-3 原子內帶負電的電子與帶正電的原子核之間有相吸的電力，才會組合成原子。電子與電子之間則有相互排斥的電力。 3-3 強力：	

標題	主要內容	內容說明	備註
		說明質子與質子、質子與中子、中子與中子之間有「強力」，因此能束縛在一起形成原子核。而強力的作用力範圍很短，只限制在原子核量值的尺度內，因此在日常生活中感覺不到它的作用。 3-4 弱作用： 說明單獨的中子並不穩定，會透過弱作用（弱力）自動衰變成質子及其他粒子，某些原子核也會有類似的衰變。而弱作用的作用範圍比強力的作用範圍更短。 3-5 說明自然界的基本作用力可分為重力、電力與磁力、強力、弱作用。物質間一切的交互影響，都是由這幾種基本交互作用所綜合而成的。	
三、物體的運動	1.對物體運動的研究歷程	1-1 介紹伽利略之前，學者對物體運動的觀察與思辯歷程。 1-2 介紹伽利略對物體運動的研究與思辯歷程。 1-3 簡單介紹克卜勒三大定律發現的歷史背景及內容。	參考節數：4 ・1.透過完整的運動學思辯歷程，說明人類對自然現象的關注，才會有科學的產生，並且引導學生了解科學並非憑空產生的想法。 ・1-3（1）介紹克卜勒行星運動定律的目的，是以此為例讓學生知道物體軌跡的確遵循已知的明確規律，而這些規律對於一般人而言，可能是極不明顯的事。如果不是克卜勒的發現，科學家可能還要摸索很久，才能瞭解這些規律的
	2.牛頓運動定律	2-1 說明慣性定律及質量代表物體運動慣性的量值。 2-2 說明位移、速度、加速度的意義。 2-3 說明力對物體運動狀態的影響、以及運動方程式（F = ma）的意義。 2-4 簡單說明日常生活中常見的摩擦力、正向力、彈力等。 2-5 說明作用力與反作用力的形式與意義。	

標題	主要內容	內容說明	備註
	3.天體運動	3-1 說明可以從牛頓運動方程式及平方反比重力解釋克卜勒行星運動定律。	物理。 ・1-3（2）可說明克卜勒定律是累積前人觀測資料之歸納性結果。 ・2.詳細敘述三個運動定律的意義，而敘述僅以定律之說明為主，不涉及公式之推導與計算。 ・2-3 僅以敘述方式說明科學家可由運動方程式求得物體運動軌跡，不涉及軌跡數學式。 ・2-4 一方面複習國民中學階段所學，一方面以這些熟悉的力為例，說明力會改變物體的運動狀態。例如：如果沒有摩擦力，一個等速前進的物體將以等速度持續前進，不涉及摩擦係數的量值。 ・2-5 藉由第三定律的介紹，呼應前章節基本作用交互（力）的概念，並且具體說明作用力與反作用力的施力者與受力者。 ・3-1 可略加說明：由牛頓運動方程式與平方反比重力解釋克卜勒定律是演繹式之推導，而克卜勒定律則是歸納式的推論。這兩種方法都是研究科學的重要方法。

標題	主要內容	內容說明	備註
四、電與磁的統一	1.電流的磁效應	1-1 說明電流會產生磁場，並介紹安培右手定則。	參考節數：8 ・1.僅定性介紹長直導線、環形線圈、螺線管產生的磁場，不推導任何數學公式。 ・2.可定性介紹磁場變化與應電流方向關係，不推導任何數學公式。 ・3-1 不需要具體說明方程式的形式。簡單指出，馬克士威方程式能以定量的方式來描述電磁現象。 ・3-2（1）僅需簡要說明電場、磁場的交互感應及傳播。 ・3-2（2）應簡要說明變動的電場會感應磁場，變化的磁場會感應電場。 ・4-1 只做定性的介紹，不推導任何數學公式。 ・4-2、4-3、4-4 將國民中學階段已經學過的基本概念做複習，以便加深印象。 ・4-3 利用波動理論中，波在不同介質中速率不同，以圖示法定量說明司乃耳定律。 ・4-5 只做定性的介紹。 ・4-6 可在課程適當章節融入介紹電在生活中的應用與用電安全。
	2.電磁感應	2-1 介紹法拉第感應定律。藉由電磁感應現象，來說明電與磁是不可分割的，因此科學家把電場以及磁場統稱為電磁場。	
	3.電與磁的統整	3-1 說明馬克士威把電磁場所遵守的定律統整成一組方程式。 3-2 介紹電磁感應，同時說明電磁場可以在空間中傳播，從而形成電磁波。介紹馬克士威的方程式可以預測電磁波的存在。	
	4.光與電磁波	4-1 介紹歷史上關於光的兩個主要理論：微粒說、波動說。 4-2 說明波速、頻率、波長的關係（數學式）。 4-3 介紹光的反射及折射現象。 4-4 介紹光的干涉及繞射現象。 4-5 馬克士威經由理論計算，發現電磁波的速度與實驗上測出的光速相同，因此推論光是一種電磁波，後來也得到實驗證實。 4-6 介紹電磁波譜及在日常生活中的應用。 4-7 簡介光的都卜勒效應。	

標題	主要內容	內容說明	備註
五、量子現象	1.光電效應	1-1 簡介光電效應，說明光具有粒子性。引入 E = hν 公式，說明光子能量 E 與其頻率ν成正比。 1-2 舉例說明光電效應在日常生活中之應用。	參考節數：4 ・1-1（1）定性說明如果將頻率夠高的光照射到某些金屬上，便可以將電子打離金屬表面。光電子的產生只和入射光的頻率有關而和光的強度無關。 ・1-1(2)說明光是由一顆顆的光量子所組成的，每顆光量子的能量和光的頻率成正比。 ・2-1 定性介紹物理學家成功完成電子的雙狹縫干涉實驗。此一實驗的概念及光學中的楊氏干涉實驗完全相同，可明確地呈現電子的波動性。 ・4.不涉及任何數學推導。
	2.粒子的波動性	2-1 簡介電子的雙狹縫干涉現象，藉此說明電子具有波動性。	
	3.波粒二象性	3-1 光子與電子以及所有微觀粒子都具有波粒二象性。 3-2 指出牛頓運動定律在微觀（原子）尺度下並不適用，此時適用之理論稱為量子論。	
	4.原子光譜	4-1 說明不同的原子有不同的光譜；經由測量一個物體發出的原子光譜，科學家可以推論此物體的組成成分。 4-2 說明原子外圍的電子只能具有特定的能量，稱之為能階。 4-3 說明電子可以經由吸收或發射特定能量（頻率）之光子，由一個能階躍遷到另一個能階，從而以理論解釋實驗觀測到的原子光譜。	
六、能量	1.能量的形式	1-1 介紹運動物體的動能與位能，其總和稱為力學能。 1-2 舉例說明一般系統的能量，可以經由力學能、熱能、光能、電能、化學能等各種形式存在。 1-3 物體內的原子不斷在運動並交互作用，此交互作用能量與原子的動能合稱為熱能。	參考節數：7 ・1.有關各種能量及能量之間的轉換，避免做定量推導及計算。 ・1-2 可舉焦耳實驗為例，說明力學能和熱之間的關係。

標題	主要內容	內容說明	備註
		1-4 由於物體溫度的不同所造成的能量傳遞稱為熱。	・3-1（1）日常生活中常接觸到的能量之間可以轉換，且總能量守恆，但其形式不一定可以嚴格區分，例如：電池中的化學能，本質上是電池內部原子的電磁能以及動能的展現。 ・3-1(２)以生物與化學上的能量的轉換做例子，說明能量守恆具有普適性。 ・3-2、3-3 可說明木塊整體運動之動能為作功能力較好的有序能量，木塊和地面摩擦產生的熱能為作功能力較差的無序能量。 ・4-2 可提及太陽能來自核融合反應。
	2.微觀尺度下的能量	2-1 簡介理想氣體的熱能。 2-2 介紹克氏溫標 (絕對溫標)。說明絕對溫度越高代表物體中原子的平均動能越大。	
	3.能量間的轉換與能量守恆	3-1 舉例說明各種能量間的轉換，以及能量守恆的觀念。 3-2 介紹功與熱的轉換。實驗顯示，透過作功可以輕易地把能量轉換成熱，卻無法把熱完全用來作功。 3-3 說明雖然能量守恒，但是能量相同的系統作功的能力不一定相同，而能量一旦發生形式上的轉換後，作功的能力通常會降低。	
	4.質能互換與核能	4-1 介紹質量及能量可以相互轉換的概念，及 $E = mc^2$的公式。 4-2 簡述原子核的融合及核能。 4-3 簡述原子核的分裂及核能發電並介紹輻射安全。	

◎高一基礎物理示範實驗

項目	示範實驗名稱	配合標題	參考節數
一	載流導線的磁效應	標題四：電與磁的統一的「電流的磁效應」	0.5
二	電磁感應	標題四：電與磁的統一的「電磁感應」	0.5
三	雙狹縫干涉	標題四：電與磁的統一的「光與電磁波」	0.5
四	力學能守恆與運動	標題六：能量的「能量間的轉換與能量守恆」	0.5

「力學能守恆與運動」示範實驗的設計，實驗名稱為「雙珠競走」，示範過程分成兩階段：

（1）使用不同軌道高度，演示「力學能守恆」與「運動」的關係。

（2）以「雙珠競走」做為趣味示範實驗，展示力學能的變化與守恆對運動的影響。

2.物理科-普通型高級中學選修課程

十二年國教普通型高中選修物理課綱的整體內容和 99 課綱中基礎物理 B 和選修物理大致相同，但因學分數減少，所以內容也有所增減。幸運的是，此次課綱的擬訂是將十二年國教課綱一併檢視，所以國民中學理化和普通型高級中學必修物理課綱的訂定得以和選修物理互相參酌協調，而在研議時也同時參考了現行化學課程綱要的內容，因此得以刪除許多重複的內容，而仍能保持內容的完整。刪減課程綱要內容有兩個原則，一是如前所述，刪除和必修物理以及化學重複的部分，其次是刪減 99 課綱中牽涉到繁複計算而又無助於更深入了解物理觀念的部分，還有一些非核心物理及孤立的課題，亦列入刪除之列。

這次課綱重大的改變是把十學分的選修課程分為五門課程，每門課程兩學分：

科目	課程名稱	學分
選修物理	力學I	2
	力學II與熱學	2
	波動、光及聲音	2
	電磁現象I	2
	電磁現象II與量子現象	2

在課程劃分時仍然儘量保持物理各領域的完整，例如波的各種基本性質都在「波動、光及聲音」這門課程中探討，而四個馬克士威方程式所描述的現象都包含在「電磁現象一」內，但因原則上學生可以在五課程中任選一科或數科修習，可能會產生下列問題：

●只學習片段而非整體，例如只修「力學一」而不修「力學二與熱學」，這樣對力學的學習並不完整，可能白費了修習「力學一」的努力。

●學習的順序錯亂，力學的觀念如力、動量、角動量在電磁現象和量子現象中非常重要，如果跳過力學，先修電磁現象或量子現象，就有許多課題不能充分理解。此外，尚未修「波動、光及聲音」就先修「電磁現象二與量子現象」，對量子現象的理解也會流於浮泛。

這些問題的解決有賴物理老師對學生的適切輔導。最後，選修物理的學生的物理基礎來自國中理化和高中必修物理，十二年國教課綱的國中理化部分經過相當的簡化，這是編修課本和教學現場應考慮的因素。各科內容如下：

力學 I

課題	主要內容	內容說明	備註
一、測量與不確定度	1.不確定度評估	1-1 說明不確定度。 1-2 測量的有效數字和不確定度的關係。	參考節數：2 ・增加這章的課堂講授，取代原來的『測量與誤差』實驗，用意是 1.介紹『不確定度』的觀念，取代原來的『誤差』。 2.引『測量的質』的觀念，此觀念在 1990 年代已發展成為國際標準（ISO-GUM）。
	2.不確定度組合	2-1 不確定度的組合，例如兩個物體的重量各有不確定度，其總共重量的不確定度如何估算。 2-2 導出量的測量與不確定度的評估，例如：密度、速度、面積等基本導出量，其不確定度如何評估。	
	3.物理量的因次	3-1 物理量的因次及因次分析法	
二、運動學	1.直線運動	1-1 以質點在一直線上的位置變化描述運動，並說明位移及路徑長。 1-2 介紹平均速度、瞬時速度。	參考節數：13+2（實驗） ・實驗一、自由落體與物體在斜面上的運動

課題	主要內容	內容說明	備註
		1-3 介紹加速度。 1-4 詳細討論一維空間的等加速運動，並說明鉛直方向的自由落體運動。 1-5 說明直線上的相對運動。	
	2.簡諧運動	2-1 說明簡諧運動為週期性運動，並解釋位置與時間的關係。	
	3.平面運動	3-1 利用平面向量之概念將位移、速度及加速度推廣至二維空間的運動。 3-2 以拋體運動為例，說明二維的等加速運動。	
	4.等速圓周運動	4-1 引入角速度、向心加速度概念。	
三、牛頓運動定律	1.力的性質	1-1 說明力的向量性質與力的合成分解。	參考節數：8+2（實驗） ・實驗二、牛頓第二運動定律
	2.牛頓第一運動定律	2-1 介紹慣性的概念	
	3.牛頓第二運動定律	3-1 力與加速度之間的關係，包括虎克定律、簡諧運動及等速圓周運動之向心力。	
	4.牛頓第三運動定律	4-1 作用力、反作用力及其關係。	
四、萬有引力定律	1.萬有引力定律。	1-1 說明萬有引力定律的數學形式。	參考節數：3 ・本標題中增加了『4 克卜勒定律與萬有引力定律』，這是對高一必修課綱中提及克卜勒定律的進一步解釋。 ・4-1 並不是要做推導，而是說明克卜
	2.地球表面的重力與重力加速度	2-1 由物體在地球表面所受重力得出地球表面的重力加速度。	
	3.行星與人造衛星	3-1 應用牛頓運動定律與萬有引力定律解釋行星及人造衛星的運動。	

課題	主要內容	內容說明	備註
	4.克卜勒定律與萬有引力定律	4-1 指出克卜勒行星運動第一定律可以藉由牛頓運動定律及萬有引力定律的結合推導出來。 4-2 以圓周運動為例說明克卜勒行星運動第三定律如何經由牛頓運動定律及萬有引力定律推導出來。	勒行星運動第一定律和牛頓定律的關係。
科學發展的歷史	1.克卜勒定律和萬有引力定律的關係。 2.伽利略的慣性原理和牛頓運動定律的關係。	融入三、牛頓運動定律及四、萬有引力定律。	參考節數：1

力學 II 與熱學

課題	主要內容	內容說明	備註
一、動量與角動量	1.動量	1-1 定義動量與衝量，並說明其與作用力之間的關係。	參考節數：7 ・4-2 本標題中增加了 4-2，這是對高一必修物理課綱中提及的克卜勒行星運動第二定律的進一步解釋。
	2.動量守恆	2-1 介紹質點系統的動量守恆定律。	
	3.質心運動	3-1 定義質心 3-2 質心的速度、加速度。	
	4.角動量	4-1 定義單一質點的角動量並說明其與作用力矩之間的關係及角動量守恆。 4-2 說明克卜勒行星運動第二定律是角動量守恆律的體現。	
二、	1.功與功率	1-1 以力與位移的純量積定義功，並介紹平均功率及瞬時功率。	參考節數：12
	2.動能與功能定理	2-1 定義動能，並證明外力作功之總和等於質點動能之變化量。	

課題	主要內容	內容說明	備註
功與能量	3.位能	3-1 說明位能的定義 3-2 重力位能及彈性位能。	
	4.力學能守恆	4-1 說明力學能守恆定律，並舉力學能守恆的實例。	
三、牛頓運動定律的應用	1.碰撞	1-1 一維彈性碰撞及一維非彈性碰撞。	參考節數：8 ・刪減 99 課綱中牽涉到繁複計算而又無助於更深入了解物理觀念的部分。
	2.摩擦力	2-1 靜摩擦與動摩擦。	
	3.靜力學及應用實例	3-1 靜力平衡。 3-2 靜力平衡的應用。	
四、熱學	1.回顧絕對溫度及理想氣體狀態方程式	理想氣體狀態方程為 PV=NRT，此溫度 T 為絕對溫度。	參考節數：5 1.只需強調絕對溫度的觀念和絕對溫度與理想氣體性質的關係。 2.介紹氣體分子運動分佈，讓學生認知氣體處於平衡狀態時，氣體中各個分子的速率和能量並不一定相同，其重點並不是在介紹馬克士威速度分佈的數學形式。
	2.氣體動力論	2-1 將牛頓力學定律應用到理想氣體動力論，可以推導出氣體壓力以及體積與內能的定量關係。 2-2 此結果和理想氣體狀態方程式結合可得出理想氣體的內能與絕對溫度成正比的結論。 2-3 氣體中各分子運動速率並非相同，而是呈規律性分佈。	

波動、光及聲音

課題	主要內容	內容說明	備註
一、波動與聲音	1.波的傳播	1-1 以水波及繩波為例說明波可以在不傳送物質的情況下將能量傳播至別處。 1-2 波的傳播方式可方便地分為縱波和橫波兩種。 1-3 說明聲波的傳遞。	參考節數：10+4（實驗） ・實驗三、水波槽實驗 ・實驗四、氣柱的共鳴 ・波動部分避免對水波槽實驗進行複雜分析，只需說明同相干涉。
	2.振動與波	2-1 說明力學波是因物質的振動而產生，必須靠介質才能傳播。	
	3.週期波	3-1 以正弦波定義波長、頻率、波速、振幅、波峰及波谷等專有名詞，並說明其間的關係。	
	4.波的反射和透射	4-1 以繩波為例說明波遇到不同介質時的反射和透射。	
	5.波的疊加原理	5-1 說明波的疊加原理。 5-2 指出並不是所有的波都能符合波的疊加原理，但當波的振動幅度不大時，則都滿足疊加原理。 5-3 水波的干涉。	
	6.駐波	6-1 駐波的產生及駐波的性質。 6-2 定義波節與波腹，並說明波節（波腹）位置及波長的關係。	
	7.基音和泛音	7-1 利用繩弦的振動以及長直空氣柱內的駐波說明基音和泛音。	
	8.聲音的共振（或共鳴）	8-1 介紹物體自然頻率的概念。 8-2 利用音叉、音箱、音樂盒等實例說明聲音的共振。	
	9.惠更斯原理	9-1 介紹波前的概念。	

課題	主要內容	內容說明	備註
		9-2 介紹惠更斯原理。	
二、光學	1.光的波動說	1-1 光的許多性質可用波動說解釋。	參考節數：11+4（實驗） ・實驗五、折射率的測定及薄透鏡的成像 ・實驗六、干涉與繞射 ・2-2 可定性說明彩虹的成因。
	2.折射現象及全反射	2-1 說明司乃耳定律。 2-2 說明光的色散現象。 2-3 說明光的全反射現象。	
	3.透鏡原理	3-1 說明透鏡公式與成像的關係。 3-2 簡介透鏡的應用。	
	4.光的干涉與繞射現象	4-1 利用疊加原理說明光的干涉現象 4-2 利用惠更斯原理說明光的繞射現象 4-3 說明垂直入射的光之繞射現象中，接近中央處之暗紋所在位置與波長以及屏幕距離之間的定量關係。	
科學在生活中的應用	1.以物理原理解釋自然現象，例如光的各種現象、天體運動、各種力的作用。 2.電路、電磁波、透鏡、核能、光電效應的應用。	融入二、光學	參考節數：1

電磁現象 I

課題	主要內容	內容說明	備註
一、靜電學	1.庫侖定律	1-1 靜電力的數學形式。	參考節數：8+2（實驗） ・實驗七、等電位線與電場 ・避免繁複的計算，應將重點擺在物理觀念的加強。
	2.電力線與電場	2-1 介紹電力線的概念。 2-2 說明電場之定義與電力線之關係。 2-3 說明帶電質點在均勻電場中所受的力與運動軌跡。	
	3.電位能、電位與電位差	3-1 說明電位、電位差、電位能。 3-2 說明帶電平行板間形成的電場及電位差。	
二、電流的磁效應	1.電流的磁效應	1-1 說明必歐-沙伐定律及安培右手定則。	參考節數：8+2（實驗） ・實驗八、電流天平
	2.載流導線的磁場	2-1 說明長直導線及圓線圈電流所產生的磁場。 2-2 說明長螺線管電流會在螺線管內部產生相當均勻的磁場。	
	3.載流導線在磁場中所受的力及其應用	3-1 說明載流導線在均勻磁場中所受的作用力及其應用。 3-2 說明載流平行導線間的作用力。 3-3 介紹電動機的原理。	
	4.帶電質點在磁場中的運動及其應用	4-1 說明帶電粒子在磁場中運動所受到的作用力。 4-2 描述帶電粒子在均勻磁場中的運動及其應用。	
三、電磁感應	1.法拉第電磁感應定律與感應電動勢	1-1 感應電動勢和磁通量變化的關係。	參考節數：8+2（實驗） ・實驗九、認識電磁波 ・3-1 位移電流這名詞雖然有歷史上的意義，但容易引起初學者的困擾，故此
	2.冷次定律	2-1 介紹冷次定律，並說明這是能量守恆的表現。	
	3.電場變化所感應的磁效	3-1 介紹隨時間改變的電場也會在其周遭感應出磁場。	

課題	主要內容	內容說明	備註
	應		處建議只介紹現象本身而不刻意去引入此名詞。 ・5-2 這裡強調電磁波的產生是透過電磁感應以及電場改變時所衍生的磁效應來相輔相成，並不是要說明電磁波和狹義相對論的關係。 ・5-3、5-4、5-5 經由實驗了解電磁波的特性。
	4.發電機、變壓器與交流電	4-1 介紹交流發電機及變壓器的基本原理。	
	5.電磁波與光速	5-1 電磁波之產生和傳播。 5-2 電磁波在真空中的傳播速率可以透過電磁學定律完全決定，此速率與頻率沒有關係。 5-3 介紹平面電磁波的電場、磁場以及傳播方向之關係。 5-4 簡介電磁波的偏振現象。 5-5 電磁波之應用。	
科學在生活中的應用	1.以物理原理解釋自然現象，例如光的各種現象、天體運動、各種力的作用。 2.電路、電磁波、透鏡、核能、光電效應的應用。	融入各章節	參考節數：1

電磁現象 II 與量子現象

課題	主要內容	內容說明	備註
一、電路	1.電動勢與電流	1-1 解釋電動勢與電流的意義。	參考節數：5+2（實驗） ・實驗十、歐姆定律與電路
	2.電阻與歐姆定律	2-1 介紹電阻及電阻率。	

課題	主要內容	內容說明	備註
		2-2 說明電阻的串、並聯及迴路。 2-3 簡述電路中的能量守恆及電量守恆。 2-4 簡介電阻及溫度的關係。	・2-2、2-3 只分析簡單電路即可。
	3.電流的熱效應及電功率	3-1 電流、電動勢和能量的關係。	
二、量子現象	1.電子的發現	1-1 簡介湯木生陰極射線管及電子荷質比實驗。 1-2 簡介密立坎油滴實驗。	參考節數：17+2（實驗） ・實驗十一、電子的荷質比 ・5-2 此處可指出波耳原子模型不足之處。 ・6.可簡述原子核衰變和強、弱作用的關係以呼應必修物理的內容。 ・7.本節可看做對量子現象，甚至全部物理的總結。 ・指出守恆定律因為和物體之交互作用細節無關，故其理論上之重要性有時可能凌駕了交互作用本身的細節；而在實作上，守恆定律有時也可以幫助我們對某些實驗結果迅速做出判讀。
	2.X-射線	2-1 說明 X-射線的產生及其性質。 2-2 介紹晶體的 X-射線繞射並簡介 X-射線的應用。	
	3.量子論的發現	3-1 簡述黑體輻射的性質及普朗克的量子論解釋。 3-2 介紹光電效應及愛因斯坦光量子論。	
	4.原子模型	4-1 說明拉塞福的原子模型。 4-2 簡述氫原子光譜及波耳的氫原子模型。	
	5.物質波	5-1 敘述德布羅意物質波的提出及證實。 5-2 說明物質波可形成駐波，及其和原子模型的關係。 5-3 說明光以及傳統上所認知的物質都具有波與粒子的二象性。	
	6.原子核	6-1 簡述原子核的組成。 6-2 簡述原子核的衰變及其放射性。	
	7.守恆律	7-1 將動量守恆、角動量守恆、電荷守恆、質能守恆做綜合陳述。	

課題	主要內容	內容說明	備註
科學在生活中的應用	1.以物理原理解釋自然現象，例如光的各種現象、天體運動、各種力的作用。 2.電路、電磁波、透鏡、核能、光電效應的應用。	融入各章節	參考節數：1

測量與不確定度及認識電磁波實驗是十二年國教課綱新增的內容，特此說明如下：

【測量與不確定度】

標題	主要內容	內容說明	備註
一、測量與不確定度	1. 不確定度評估	1-1 說明不確定度。 1-2 測量的有效數字和不確定度的關係。	參考節數：2 ・增加這章的課堂講授，取代原來的『測量與誤差』實驗，用意是 1.介紹『不確定度』的觀念，取代原來的『誤差』。 2.引『測量的質』的觀念，此觀念在 1990 年代已發展成為國際標準（ISO-GUM）。 *採用「不確定度（Uncertainty）」取代「誤差（Error）」 ・現在日常生活中有各種數據和測量結果，要對它們做合理的分析就必須評估測量的的品質和其結果的準確度，因此有必要對測量做更深入的了解，而本節介紹的不確定度也是國際通用的標準。 ・誤差是測量值和真正的值的差別，不確定度是對測量的評估(或懷疑)。
	2. 不確定度組合	2-1 不確定度的組合，例如兩個物體的重量各有不確定度，其總共重量的不確定度	

標題	主要內容	內容說明	備註
		如何估算。 2-2 導出量的測量與不確定度的評估，例如：密度、速度、面積等基本導出量，其不確定度如何評估。	・不確定度可分 A 類和 B 類，A 類來自於統計，例如測量的次數，B 類來自於所有其他的來源，例如、測量者的技術，測量儀器的精密度限制，資訊的不足等。 ・不確定度是 A 類不確定度和 B 類不確定度的和 ・參考資料： ・物理雙月刊期 37 卷第 6 期 71 頁『普通物理實驗實施「國際標準不確定度評估」』陸建榮教授 https://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html https://www.nist.gov/pml/nist-technical-note-1297 http://www.npl.co.uk/publications/a-beginners-guide-to-uncertainty-in-measurement
	3. 物理量的因次	3-1 物理量的因次及因次分析法	

【認識電磁波實驗】

此實驗的宗旨在於讓學生對電磁波能有圖像式的瞭解，而物理圖像無非是電場隨時、空的變化及電場方向和傳播方向的關係，我們用以下範例說明，作為參考。

◎標準實驗

目的：探討微波的性質，如波長、駐波、反射、折射、偏振。

儀器：微波發射器、微波接收器、聚苯乙烯稜鏡模型、金屬板、半透板、數片偏極柵、直尺、量角器。

說明：

1.反射：微波發射器發射微波，利用金屬板反射微波，再用接收器在不同位置測量訊號強弱，同時測量入射角和反射角。

2.折射：微波發射器發射的微波射入稜鏡模型，用接收器測量折射角。

3.波長和駐波：微波會在發射器和接收器間形成駐波，以此測量波長。

4.偏振：微波經過偏極柵會發生偏振，可用接收器測量微波強度，讓微波經過兩片偏極柵，測量強度和偏極柵間角度的關係。此項實驗可驗證電磁波為橫波。

如因經費限制無法購置足夠的儀器以供全班學生實驗，可考慮使用簡單的儀器另行設計實驗，這樣雖然在精確度上不如以上實驗，但還是可以讓學生了解電磁波的性質，例如以下手機實驗。

◎手機實驗

使用手機探測 WIFI 或藍芽電磁波的性質。

目的：探討微波的性質，如波長、強度、偏振。

儀器：1.手機，2.鐵尺數支，3.WIFI 發射器或有藍芽的筆記型電腦，或裝有藍芽發射器的桌上型電腦。

說明：

1.下載偵測 WIFI(或藍芽)之應用程式供手機使用。

2.打開 WIFI(或藍芽)發射器，偵測手機的 WIFI(或藍芽)天線的位置。

3.測量微波強度，找出強度和距離的關係。

4.以數支鐵尺當作偏極柵測量微波強度和偏極柵角度的關係。此項實驗可驗證 a.電磁波有電場，b.電場方向可垂直於傳播方向，c.電磁波強度和電場有關，至少可以定性分析。

5. WIFI(或藍芽)發射器發出的微波可能已經是偏極化電磁波。

（三）化學科

1.章節建議架構表

（1）普通型高中必修課程

A.部定必修化學為 2 學分。

B.目前學習內容規劃係以自然科學領域共同之大概念做區分，但因必修化學著重於培養國民共同所需之化學素養，故學習內容遍及各大概念，與化學科教學邏輯有所不同，故建議可依下列章節切分學習內容：

C.章節內容、名稱與順序，均可視教學需要進行調整，惟須包含部定必修學習內容。

D.化學的學科屬性較重視實作與探究，故宜安排合適的實驗與實作，提供學生學習問題解決、運用思考智能、提升認識科學本質與科學態度的學習機會。

E.因應學科屬性，酌列可參考之教材與教材方式如表格最右欄。

建議章節順序		部定必修學習內容	建議教材與教學方式
物質的組成	1.物質的狀態	CAb-Vc-1 物質的三相圖。	**教材：**元素概念、氧化反應與原子說發現的過程的科學史之相關文章或影片。各種純化方法的實驗影片或照片、實驗手冊、學習單。近代科學史之相關文章或影片，科學家傳記等。 **教學方式：** 1.可視教學需要複習國中基礎理化物質的分類。
	2.混合物的分離	CCa-Ⅴc-1 混合物的分離過程與純化方法：蒸餾、萃取、色層分析、硬水軟化及海水純	

建議章節順序		部定必修學習內容	建議教材與教學方式
		化等。 **示範實驗：萃取、蒸餾及以 TLC 片進行色層分析。**	2.以水與二氧化碳的相圖，說明“相”的概念。例如：二氧化碳超臨界流體萃取的應用等。引導學生能藉由相圖，判斷物質的狀態(固態、液態、氣態、超臨界態)。
	3.道耳頓的原子說	CAa-Vc-1 拉瓦節提出物質最基本的組成是元素。 CAa-Vc-2 道耳頓根據定比定律、倍比定律、質量守恆定律及元素概念提出原子說。 CJa-Vc-1 拉瓦節以定量分析方法，驗證質量守恆定律。 CMb-Vc-1 近代化學科學的發展，以及不同性別、背景、族群者於其中的貢獻。	3.以示範實驗、實驗影片或圖片說明各種混合物的分離過程與純化方法，舉例以生活化的應用為主。 4.混合物的分離過程與純化方法之教學策略可參考自然科學核心素養教學與評量示例：【物質分離與鑑定】。 5.硬水軟化和海水純化亦可安排至環境化學章節說明。 6.以實作方式，讓學生了解色層分析的原理與分離過程。 7.可以科學史的角度，引導學生探究「原子說」提出過程中的發展脈絡，及邏輯推論的過程，了解科學本質與科學方法，而非著重在內容記憶與計算。 8.科學史融入的方式之教學策略可參考自然科學核心素養教學與評量示例：【物質組成與元素的週期性】。 9.可以實作方式，驗證質量守恆定律(例如：沉澱反應。)
物質的形成	1.原子的結構與週期表	CAa-Vc-3 元素依原子序大小順序，有規律的排列在週期表上。 CAa-Vc-4 同位素。 CAb-Vc-2 元素可依特性分為金屬、類金屬及非金屬。	**教材**：數種不同樣式的週期表，週期表掛圖和週期表的相關書籍。元素、分子化合物與離子化合物的模型、實體物質或數位圖像。電子海模型照片或電腦模擬，半導體或與本次主題相關的科學報導。 **教學方式：** 1.可視教學需要複習國中原子的結構。

建議章節順序		部定必修學習內容	建議教材與教學方式
	2.化學鍵	CCb-Vc-1 原子之間會以不同方式形成不同的化學鍵結。 CCb-Vc-2 化學鍵的特性會影響物質的結構，並決定其功能。 CAb-Vc-3 化合物可依組成與性質不同，分為離子化合物及分子化合物。 CCa-Vc-2 化合物特性的差異。	2.以科學史的方式簡述週期表的演變，以及參與修訂的關鍵科學家。以週期表掛圖或電腦動畫，引導學生歸納出週期表中元素的分類區塊。 3.可以掛圖、電腦動畫、模型或實物說明元素週期表原子序 1~18 元素的特性與週期表的規律性。 4.可以圖片、互動式動畫、模型或科學報導說明碳、氫與鈾同位素的相關概念。 5.元素性質的規律性只須說明，同族元素性質相近，與價電子數、半徑的簡單變化。不涉及游離能、親和力、電負度、酸鹼性等複雜性質的比較。 6.本單元概念較為抽象，儘量以照片、模型、實物或電腦模擬等不同呈現方式，建立學生化學鍵結的過程、分類與性質。 7.離子化合物以氯化鈉為例，分子化合物以水、二氧化碳、氨氣等為例，配合圖片或影片，區分兩種化合物導電性、熔點、沸點、化學式等差異；引導學生類推並能分辨物質是離子化合物，或是分子化合物。 8.離子與金屬晶體只介紹鍵結、連續狀結構與性質，不需說明晶格堆積、晶格形狀及晶格能。
物質間的反應	1.化學反應的原理	CJa-Vc-2 化學反應僅為原子的重新排列組合，其個數不變，依此原則即可平衡化學反應方程式。	**教材：**原子模型、phET 教學動畫。放熱反應與吸熱反應的實驗或市售熱包與冷包。 **教學方式：** 1.可以球-棍模型的排列組合或電腦動畫，確認化學反應過程原子數不

建議章節順序		部定必修學習內容	建議教材與教學方式
	2.化學計量	CJa-Vc-3 莫耳與簡單的化學計量。	變，並依此概念平衡方程式。 2.可以動畫或實體模型，說明係數比即為莫耳比的概念。 3.引導學生探究生活中吸熱或放熱反應的現象，並加以實作與驗證。 4.核能部分已納入物理科。
	3.化學反應熱	CBa-Vc-1 化學反應發生後，產物的能量總和較反應物低者，為放熱反應；反之，則為吸熱反應。 CBa-Vc-2 能量轉換過程遵守能量守恆。	
水溶液中的反應	1.溶液	CJb-Vc-1 溶液的種類與特性。	**教材：**不同種類的溶液與相關實驗器材、PhET 教學動畫。生活或新聞中關於氧化還原的相關報導。生活或新聞中關於酸鹼的相關報導，pH 計和酸鹼指示劑等。實驗影片或照片，溶解過程的微觀圖。 **教學方式：** 1.可簡單複習國民中學階段基礎理化%和 ppm。 2.可以實作方式，分辨溶液種類，並說明膠體溶液的廷得耳效應。 3.以實驗影片或照片，配合溶解過程的微觀圖說明物質溶解過程與達平衡的微觀現象。 4.可以微觀的動畫圖示，說明濃度的概念，再導入不同濃度的表示方法。 5.宜以實驗數據(溶解度與溫度的關係)說明如何繪製圖形，並分析其關係。 6.可以科學史切入說明氧化還原的原始定義，再以此延伸出廣義的氧化還原概念定義，並說明兩者間的關係。
	2.水溶液的濃度	CJb-Vc-3 體積莫耳濃度的表示法。	
	3.溶解度	CJb-Vc-2 定量說明物質在水中溶解的程度會受到水溫的影響。 CJe-Vc-1 定溫時，飽和溶液的溶質溶解度為定值，其溶質溶解與結晶達到平衡。 **實驗：溶解度的測定（溶解度曲線和結晶）。**	
	4.水溶液中的反應	CJc-Vc-1氧化還原的廣義定義為：物質失去電子稱為氧化反應；	

建議章節順序		部定必修學習內容	建議教材與教學方式
		得到電子稱為還原反應。 CJc-Vc-2 氧化劑與還原劑的定義及常見氧化劑與還原劑。 CJd-Vc-1水可自解離產生H^+與OH^-。 CJd-Vc-2根據阿瑞尼斯的酸鹼學說，物質溶於水中，可解離出H^+為酸；可解離出OH^-為鹼。 CJd-Vc-3 $pH = -\log[H^+]$，此數值可代表水溶液的酸鹼程度。 CJd-Vc-4在水溶液中可幾乎100%解離的酸或鹼，稱為強酸或強鹼；反之則稱為弱酸或弱鹼。 **實驗**：酸鹼指示劑	7.宜以生活中的實例介紹常見的氧化劑和還原劑，而不需以實驗室藥品為主。 8.可以微觀的示意圖，說明 25 ℃時水的解離情況，但不涉及溫度變化造成的影響。 9.可以實作方式辨別阿瑞尼斯酸鹼，例如：pH 計和酸鹼指示劑等。 10.可以實作方式了解常見的指示劑，或日常生活中會因酸鹼而變色的物質。 11.可以實作方式辨別強、弱電解質。
生活化學	1.生物體中的分子	CJf-Vc-1 醣類、蛋白質、油脂及核酸的性質與功能。	**教材**：生活或新聞中關於有機化合物的報導、圖片等，界面活性劑相關的實驗影片、實驗手冊。生活或新聞中相關科學在生活中應用的報導、圖片或實驗影片等。臺灣的能源發展史與政策。製電池實驗器材和各式電池樣品。先進材料的科學報導與照片。
	2.藥品	CMc-Vc-2 生活中常見的藥品。	
	3.纖維	CJf-Vc-2 常見的界面活性劑包括肥	

建議章節順序		部定必修學習內容	建議教材與教學方式
		皂與清潔劑，其組成包含親油性的一端和親水性的一端。 CJf-Vc-3 界面活性劑的性質與應用。 **實驗：界面活性劑的效應**	**教學方式：** 1.引導學生閱讀科學報導，理解生活中天然與化學製品的組成、性質與用途。 2.以界面活性劑相關的實驗影片說明其原理、結構與效應。 3.以圖片或實驗影片說明水的處理過程，亦可與其他課程結合，參觀淨水廠。 4.以科學報導與相關空氣汙染監控的網站 PM2.5、酸雨及光煙霧等大氣汙染的相關概念與影響。 5.以實作方式理解界面活性劑的效應。 6.舉例台電與民營企業的能源發展概況與策略，培養學生探究現階段臺灣各式能源發展的成本，一度電費的價格，比較差異的原因，與思辨不同政策的優劣。 7.引導學生閱讀科學報導或影片，例如：奈米碳管、二氧化鈦光觸媒和奈米科技對先進科技發展(催化劑)的應用等。 8.以實驗影片或照片，配合微觀圖說明物質的接觸面積大小對反應速率之影響。物質的接觸面積大小對反應速率影響的教學策略可參考自然科學核心素養教學與評量示例：【生活中的化學】。 9.引導學生閱讀科學報導或影片，以小組討論方式，理解未來科學的發展對人類的影響。 10.或以課題方式融入自然科學探究與實作課程，讓學生蒐集相關資料，
	4.能源	CNc-Vc-1 新興能源與替代能源在臺灣的發展現況。	
	先進科技	CMc-Vc-4 化學在先進科技發展的應用。 CJe-Vc-2 僅探討物質的接觸面積大小與反應速率之量化關係。 CMb-Vc-2 未來科學的發展。	

建議章節順序		部定必修學習內容	建議教材與教學方式
			以小論文或口頭發表等形式發表其調查結果與反思。
環境化學	水	CMc-Vc-1 水的處理過程。 CNa-Vc-4 水循環與碳循環。 CMe-Vc-4 工業廢水的影響與再利用。 CNa-Vc-3 水資源回收與再利用。	**教材**：密閉容器內氣體粒子運動的微觀圖或電腦模擬。國內外環境汙染的重大議題，臺灣防治環境汙染的策略、化工業與經濟發展的實例。臺灣化學、化工對環境永續發展的策略，臺、澎、金、馬水資源的分布、回收與再利用。生活或新聞中關於化學製造流程與對社會影響的報導等。 **教學方式**： 1.以照片或電腦模擬說明微觀世界的氣體粒子之間的交互作用與巨觀可測量壓力之間的質性關係，不涉及數學公式或理想氣體理論。 2.簡單區分大氣壓力與密閉容器內氣體的壓力的異同。 3.說明現行的水資源回收與再利用，水循環與碳循環等政策。引導學生探究臺灣的民生用水與工業用水，計價與費率差別的原因。 4.引入環境汙染的生活議題，引導學生思辨環境汙染議題發生的因果關係及對人類與自然環境的影響。 5.說明現今臺灣防治環境汙染的策略，促使學生了解臺灣防治環境汙染策略。 6.概述當代環境汙染、化工業與經濟發展的相關性，引導學生分析環境汙染、化工業與經濟發展的利弊。 7.引入化學、化工對環境永續發展的議題，讓學生深入調查與報告，臺灣化學和化工業之於人民生計的利弊，培養自身批判性思考的能力。
	大氣	CEc-Vc-1 氣體基本性質。 CMe-Vc-1 酸雨的成因、影響及防治方法。 CMe-Vc-2 全球暖化的成因、影響及因應方法。 CMe-Vc-3 臭氧層破洞的成因、影響及防治方法。	
	綠色化學	CMa-Vc-1 化學製造流程對日常生活、社會、經濟、環境及生態的影響。 CNa-Vc-1 永續發展在於滿足當代人之需求，又不危及下一代之發展。 CNa-Vc-2 將永續發展的理念應用於	

建議章節順序		部定必修學習內容	建議教材與教學方式
		生活中。	8.引導學生閱讀科學報導，理解化學製造流程對日常生活、社會、經濟、環境及生態的影響。 9.引導學生查詢關於化學製造流程與對社會影響的報導，以小論文或口頭發表等形式發表其調查結果與反思。

（2）普通型高中加深加廣選修課程

A.部定加深加廣選修化學為 10 學分，內容規劃如下：

科目	課程名稱	學分
選修化學	物質與能量	2
	物質構造與反應速率	2
	化學反應與平衡一	2
	化學反應與平衡二	2
	有機化學與應用科技	2

B.以下說明係根據課程學分依序說明，包括主題、次主題、學習內容(含實驗)和建議教材與教法等四部分。

C.教材編輯時，可統整教材內容，並視教學需求自訂篇、章、節等順序或名稱，惟須包含部定學習內容。

D.化學的學科屬性較重視實作與探究，故宜安排合適的實驗與實作，提供學生學習問題解決、運用思考智能、提升認識科學本質與科學態度的學習機會。

E.因應學科屬性，酌列參考之教材與教材方式如後。

課程名稱：物質與能量

主題	次主題	學習內容	建議教材與教學方式
物質的反應、平衡及製造（J）	物質反應規律（Ja）	CJa-Va-1 化學反應牽涉原子間的重組，並遵守質量守恆、原子不滅、電荷守恆及能量守恆。 CJa-Va-2 化學反應與化學程序的產率。	**教材**：吸熱反應的實驗藥品與器材(例如：硝酸銨溶解；八水合氫氧化鋇和氯化銨反應)；放熱反應的實驗藥品與器材(例如：強酸或強鹼溶於水；過飽和醋酸鈉結晶)。均衡化學反應式的定義、符號與寫法的課本/多媒體教材。 **教學方式**： 1.使用觀察法、代數法、氧化數法和半反應法以均衡化學反應式，建立學生依據原子不滅與電荷守恆的概念。 2.引導學生分析實驗的數據，並應用化學反應平衡式，推算出限量試劑與產率。 3.可以實際的實驗，讓學生操作並體驗吸熱和放熱反應的差異。 4.在上述實驗操作中，可改變反應物的量，讓學生實際觀察並分辨反應熱的差異。
能量的形式、轉換及流動（B）	能量的形式與轉換（Ba）	CBa-Va-1 化學能與其他形式能量之間的轉換。 CBa-Va-2 影響反應熱的因素包括：溫度、壓力、反應物的量及狀態。 CBa-Va-3 反應熱的加成性遵守赫斯定律。 CBa-Va-4 常見的反應熱種類包括莫耳燃燒熱與莫耳生成熱。 **實驗：測量強酸強鹼之中和熱及硝酸鉀溶於水之熱量變化。**	
物質系統（E）	氣體（Ec）	CEc-Va-1 理想氣體粒子模型。 CEc-Va-2 氣體的壓力。 CEc-Va-3 理想氣體三大定律與理想氣體方	**教材**：PhET「氣體特性」的模擬動畫，適用的資料處理軟體。 **教學方式**： 1.以微觀的角度，幫助學生建立物質三態的粒子模型。

主題	次主題	學習內容	建議教材與教學方式
		程式。 CEc-Va-4 道耳頓分壓定律。 CEc-Va-5 理想氣體與真實氣體。	2.從科學史的角度，輔以實際的實驗數據引導學生推論出氣體的三大定律，再由三大定律推論出理想氣體方程式。 3.可利用 PhET「氣體特性」的模擬動畫，從微觀的角度了解溫度、壓力和體積變化時，氣體分子如何變化。
物質的結構與功能（C）	物質的分離與鑑定（Ca）	CCa-Va-1 常見物質的鑑定方法與原理。	**教材**：自來水、污水、汽水中氣體的溶解量。不同比例混合溶液的蒸氣壓圖。亨利定律、拉午耳定律與依數性質的多媒體教材。混合離子的沈澱表。 **教學方式**： 1.實作自來水、污水、汽水中，溫度與壓力對氣體溶解度的影響。 2.以理想溶液為例，說明拉午耳定律與依數性質的關係。 3.可以酒精和水混合時，體積沒有加成性，說明非理想溶液與理想溶液的差異。 4.以微觀的粒子模型，說明依數性質，不強調公式的數學推導過程。
物質的組成與特性（A）	物質的形態、性質及分類（Ab）	CAb-Va-3 液晶的形態與性質	
物質的反應、平衡及製造（J）	水溶液中的變化（Jb）	CJb-Va-1 莫耳分率的表示法。 CJb-Va-2 溫度與壓力對氣體溶解度的影響。 CJb-Va-3 離子之沉澱、分離及確認。 CJb-Va-4 拉午耳定律與理想溶液。 CJb-Va-5 依數性質：非揮發性物質溶於水，使得蒸氣壓下降、沸點上升、凝固點下降及滲透壓增加。	

主題	次主題	學習內容	建議教材與教學方式
		示範實驗：理想溶液與非理想溶液體積的差異。 **實驗：凝固點下降的現象。不涉及分子量的測定計算。**	

課程名稱：物質構造與反應速率

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
物質的組成與特性（A）	物質組成與元素的週期性（Aa） 物質的形態、性質及分類（Ab）	CAa-Va-1 原子的結構是原子核在中間，電子會存在於不同能階。 CAa-Va-2 波耳氫原子模型解釋氫原子光譜與芮得柏方程式。 CAa-Va-3 多電子原子的電子與其軌域，可以四種量子數加以說明。 CAa-Va-4 原子的電子組態的填入規則，包括包立不相容原理、洪德定則及遞建原理。 CAa-Va-5 元素的電子組態和性質息息相關，且可在週期表呈現出其週期性變化。 CAb-Va-4 週期表中的分類。	**教材**：自製簡易原子光譜分光器、PhET 氫原子模型動畫、原子性質的數據和相關科學史閱讀資料。 **教學方式**： 1.學生可觀察氫原子光譜及其波長和頻率，找出能階和光譜線分布情形的相關性，並熟悉芮得柏方程式。 2.可以科學史的發展及邏輯推導方式，介紹原子模型的演變。學生並可由上述的不連續光譜，理解波耳氫原子模型的特點，並解釋此模型和拉塞福原子模型的差異。 3.可以電腦模擬或類比的方式，說明量子數的概念及電子組態。 4.可提供不同原子的半徑、游離能等數據，請學生由數據中找到規律性，及不規則的部分，並提出可能的解釋原因。 5.可以常見的物質為例，說明各種分類方式，並請學生自行比較各分類法並說明差異。

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
物質的組成與特性（A） 物質的結構與功能（C）	物質的形態、性質及分類（Ab） 物質的結構與功能（Cb）	CAb-Va-1 化學鍵的特性會影響物質的性質。 CCb-Va-2 混成軌域與價鍵理論：原子結合的方式與原理。 CCb-Va-3 價殼層電子對互斥原理與分子形狀。 CCb-Va-4 分子形狀、結構、極性及分子間作用力。	**教材**：分子模型教具。分子模型教具或電腦模擬，說明 VSEPR 的模型，顯示物質極性的實驗器材/手冊。 **教學方式**： 1.可以金屬和非金屬元素的本質切入，引導學生從物質的性質差異推論，可能造成的鍵結方式差異，再由此延伸探討本質的不同。 2.可以實際的分子模型教具，做出並認識順反異構物，並讓學生分析比較三度空間特徵。 3.可以氣球等教具或電腦模擬，說明價殼層電子對互斥原理(VSEPR)，及如何影響分子的形狀。 4.可設計實驗，觀察帶電的塑膠尺，對水和烷類這兩種溶劑的影響，有何不同，並進一步說明極性分子。（應小心靜電效應與區域電子對 local e-pairs 作用的差異）
物質的反應、平衡及製造（J）	化學反應速率與平衡（Je）	CJe-Va-1 反應速率定律式。 CJe-Va-2 反應能量圖。 CJe-Va-3 碰撞學說解釋影響反應速率的因素。 CJe-Va-4 催化劑與酵素的性質及其應用。 **實驗：秒錶反應。**	**教材**：生活或新聞中相關科學在化學反應速率的報導、圖片、實驗影片、實驗手冊、電腦模擬軟體和 3D 教具等。 **教學方式**： 1.以圖片、實驗影片或示範實驗說明反應速率的測量方式，並比較各種方式的優勢與限制。 2.以圖片、實體模型或電腦模擬說明有效碰撞、活化能、活化複合體和反應熱的概念。 3.以實際操作實驗、實體模型與模擬動畫，從微觀的角度瞭解物質本

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
			性、溫度、濃度/壓力/接觸面積和催化劑，這些因素是如何影響反應速率。 4.可以實際操作實驗或是實驗影片，幫助學生理解物質本性、溫度、濃度/壓力/接觸面積和催化劑，這些因素是如何影響反應速率。 5.引導學生從電腦模擬實驗中建立各種變因之間的關係，並分析模型適用的條件與限制。 6.引導學生利用資料處理軟體分析實驗數據以建立反應速率定律式。(亦可利用軟體分析方法)

課程名稱：化學反應與平衡一

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
物質的反應、平衡及製造（J）	化學反應速率與平衡（Je） 水溶液中的變化（Jb）	CJe-Va-5 定溫時，水的游離速率會等於結合速率，稱為游離平衡。 CJe-Va-6 勒沙特列原理。 CJe-Va-7 平衡常數的定義與計算。 CJe-Va-8 溶解度平衡與溶度積的關係。 CJb-Va-3 離子之沉澱、分離及確認。 **實驗：平衡的移動（勒沙特列原理）。** **實驗：平衡常數**	**教材**：哈伯法製氨的製程。離子的沈澱與分離圖表，離子的沈澱與分離的多媒體教材。 **教學方式**： 1.以實際操作實驗、實體模型與模擬動畫，從微觀的角度瞭解物質本性、溫度、濃度/壓力/接觸面積和催化劑，這些因素是如何影響反應平衡的移動。 2.可以實際操作實驗或是實驗影片，幫助學生理解物質本性、溫度、濃度/壓力和催化劑，這些因素是如何影響反應平衡的移動。 3.引導學生從電腦模擬實驗中建立各種變因之間的關係，並分析模型

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
			適用的條件與限制。 4.引導學生利用資料處理軟體分析實驗數據以建立平衡常數與濃度的關係式。 5.分析混合離子之沉澱，畫出流程圖，並分離鑑定其成分。
物質的反應、平衡及製造（J）	酸鹼反應（Jd）	CJd-Va-1 酸與鹼的命名。 CJd-Va-2 布-洛酸鹼學說。 CJd-Va-3 定溫下，$[H^+]$和$[OH^-]$的乘積為一定值，稱為離子積常數。 CJd-Va-4 弱酸或弱鹼的游離常數：酸鹼的K_a、K_b。 CJd-Va-5 酸鹼指示劑的原理與應用。 CJd-Va-6 酸鹼滴定原理與定量分析。 CJd-Va-7 鹽的種類與性質。 CJd-Va-8 同離子效應與緩衝溶液的定義、製備及功用。 **實驗：酸鹼滴定**	**教材**：醋酸、氨水、肥皂、小蘇打、食鹽、紫色高麗菜。滴定裝置、指示劑、pH 計、酸鹼試紙、指示劑的酸鹼圖表、pH 計測量數據的圖表資料。尿液、淚液、菜汁等天然緩衝液。指示劑的酸鹼圖表、pH 計測量數據的圖表資料。有關物質酸鹼性的動畫與影片等。 **教學方式**： 1.探討水溶液中，$[H^+]$、pH 值與 Kw 值的計算。 2.查證、換算與比較溶液的 Ka 或 Kb 值。 3.使用常見酸鹼指示劑或自製酸鹼指示劑。 4.運用酸鹼滴定，定量分析未知水溶液中的濃度。 5.探索自然界已知的緩衝液。調配未知的緩衝液，以實作及定量分析，洞悉其應用，並可再推展多種狀況的緩衝液。

課程名稱：化學反應與平衡二

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
物質的	氧化與還	CJc-Va-1 常見氧化劑與還原劑的半反應	**教材**：食品中的脫氧劑(或傳統還原劑)、冬天用的暖暖包、免洗筷、火

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
反應、平衡及製造（J）	原反應（Jc）	式。 CJc-Va-2 氧化數的規則與應用。 CJc-Va-3 氧化還原反應與均衡。 CJc-Va-4 氧化還原滴定原理與定量分析。 CJc-Va-5 電化電池的原理。 CJc-Va-6 標準還原電位與電化電池的電動勢。 CJc-Va-7 常見電池的原理與設計。 CJc-Va-8 電解與電鍍的原理。 **實驗：氧化還原反應**。 **實驗：氧化還原滴定**。 **實驗：電解電鍍與無電電鍍**。	材棒的還原劑等。各式各樣的電池。電解與電鍍槽等設備。氧化還原以及電化學的多媒體教材。 **教學方式**： 1.以圖表建立氧化數概念，並以常見的化學物質引導學生計算與應用氧化數。 2.可以概念圖的形式統整氧化還原概念，並以常見實例區分氧化劑與還原劑。 3.以實體模型或電腦模擬引導學生探討氧化還原均衡方程式的方法。 4.以實作方式建立氧化還原滴定的概念與操作過程，並以學生的實驗數據定量分析氧化劑或還原劑。 5.以實作方式探討電池概念或引導學生自行設計電池。 6.操作電解與電鍍，結合藝術美感，創作實體。
科學、科技、社會及人文（M）	科學在生活中的應用（Mc）	CMc-Va-1 氫氣的性質、製取及用途。 CMc-Va-2 常見金屬及重要的化合物之製備、性質及用途。 CMc-Va-3 常見合金之性質與用途。 CMc-Va-4 常見非金屬與重要的化合物之製備、性質及用途。 CMc-Va-5 生活中常見之合成纖維、合成	**教材**：生活或新聞中相關科學在生活中應用的報導、圖片、實驗影片和實驗手冊等，及相關科學原理。 **教學方式**： 1.以相關圖片或影片介紹本單元的各種物質在生活中的角色、性質與用途。 2.可以實際操作實驗或是實驗影片，討論配位化合物的性質與原理。 3.引導學生蒐集化學的前沿發展及與先進科技之相關資料，以小論文或

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
		塑膠及合成橡膠之性質與應用。 CMc-Va-6 先進材料。 CMc-Va-7 奈米尺度。 **示範實驗：鐵離子與草酸根形成的錯合物**	口頭發表等形式發表其調查結果與反思。

課程名稱：有機化學與應用科技

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
物質的結構與功能（C） 物質的組成與特性（A） 物質的反應、平衡及製造（J）	物質的結構與功能（Cb） 物質的形態、性質及分類（Ab） 有機化合物的性質、製備及反應（Jf）	CCb-Va-1 同分異構物的結構與功能。 CAb-Va-2 不同的官能基會影響有機化合物的性質。 CJf-Va-1 有機化合物組成。 CJf-Va-2 有機化合物的命名、結構及官能基的檢驗與其用途—烴、鹵化烴、醇、酚、醚、酮、醛、有機酸、酯、胺及醯胺。 CJf-Va-3 常見有機化合物的重要反應。 CJf-Va-4 常見聚合物的一般性質與分類。 CJf-Va-5 常見聚合物的結構與製備。 **實驗：以電腦模擬或實體模型觀察有機分**	**教材：**新聞報導或生活中常見的有機物及其特性資料、市售分子模型或自製不同材質的分子模型、生活中多種官能基的有機化合物，實物與影片。常見多種有機化合物的重要反應與其用途，實物與影片。生活中常見聚合物的分類法與回收代號，實物與影片。常見多種聚合物的構造與製備，實物與影片。 **教學方式：** 1.可以實際的分子模型教具，做出順反異構物，並讓學生分析比較。 2.以圖片、實體模型或電腦動畫說明常見的有機化合物，並請學生找出所含的官能基，並推論其可能的性質。 3.提供實驗數據，引導學生使用有機化合物的元素分析法，推論出未知有機化合物的化學式。 4.運用分子模型，引導學生依據有機化合物的結構式，組裝具有各種官能基的不同分子，引導學生建立有機化合物的中文系統命名法。。

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
		子的結構。 **示範實驗：有機化合物的一般性質（揮發性、溶解度等）。** **示範實驗：常見官能基的檢驗。** **實驗：醇、醛及酮的性質。** **實驗：製備阿斯匹靈。**	5.引導學生設計不同材質、多種官能基的分子模型。 6.引導學生蒐集與探究常見有機化合物的重要反應。 7.以圖片、實體模型或電腦動畫引導學生歸納出常見聚合物的分類法。 8.引導學生蒐集與探究常見聚合物的構造與製備。 9.可以閱讀科學報導引導學生分辨聚乙炔的構造、性質與用途，並類推出導電性塑膠單體以及其聚合物結構式的共通性。
科學、科技、社會及人文（M） 資源與永續發展（N）	科學、技術及社會的互動關係（Ma） 科學發展的歷史（Mb） 環境汙染與防治（Me） 永續發展與資源的利用	CMa-Va-1 從化學的主要發展方向和產業成果，建立綠色化學與永續發展的概念，並積極參與科學知識的傳播，促進化學知識進入個人和社會生活。 CMa-Va-2 化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題。 CMb-Va-1 化學發展史上的重要事件、相關理論發展及科學家的研究事蹟。 CMb-Va-2 化學微觀概念的形成與發展。 CMb-Va-3 科學模型的特性與演變。 CMe-Va-1 水汙染之檢測方法。	**教材：**生活或新聞中關鍵科學或科技里程碑在生活中應用的報導、圖片或實驗影片等。近代重大發現或發明之相關文章或影片，科學家傳記等。生活或新聞中關於各種環境汙染的報導、影片等。生活或新聞中關於永續發展的報導、影片等。生活或新聞中關於綠色能源的報導、影片等。 **教學方式：** 1.引導學生閱讀科學報導或影片，理解綠色化學與永續發展的概念。 2.引導學生閱讀科學議題報導(如食安問題、工業廢水引發的環境保育問題等)，以小論文、論證或口頭發表等形式，培養學生對於化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題的批判思辨與問題解決的能力。 3.引導學生閱讀科學史、科學家傳記或相關媒體報導，討論科學史中的問題與理論發展的脈絡，研究歷程中是如何創新概念或突破性實驗，以體驗科學方法與科學社群的運作機制。 4.引導學生閱讀科學史或相關報導，了解既有的各種理論或模型的建立

主題	次主題	學習內容	學習內容說明
	（Na）能源的開發與利用（Nc）	CMe-Va-2 大氣汙染物之檢測方法。 CNa-Va-1 永續發展理念之應用。 CNa-Va-2 資源保育的有效方法。 CNa-Va-3 廢棄物的創新利用與再製作。 CNa-Va-4 氮循環。 CNc-Va-1 新興能源與替代能源在臺灣發展之可能性與限制。 **實驗：水汙染的檢測**	過程與其特性，並瞭解模型可隨著對科學事物複雜關係的認知增加而修正。 5.以課題方式融入自然科學探究與實作課程，讓學生實際進行水汙染的檢測，蒐集關於各種汙染的資料，以實驗報告或口頭發表等形式發表其調查結果與反思。

（四）地球科學

十二年國教課綱普通型高中地球科學的學習內容，已與國中縱向連貫，將國民所需之地球科學學科基本能力與素養之內容統合在國民中學與普通型高中的必修地球科學課程中。地球科學是一門研究生物圈、水圈、氣圈、岩石圈等子系統之間是如何互動、構成現今環境的學問，其研究的時空尺度差異很大。因高中階段學生的認知能力發展已漸趨成熟，為了解子系統間的交互作用，普通型高中地球科學的學習內容，應以地球系統為學習框架，避免將零碎知識當作主要學習內容，而導致學習破碎不連貫。

為使對地球科學有興趣的學生，亦能更進一步的探索、學習，普通型高中地球科學加深加廣選修課程規劃為「地質與環境」和「大氣、海洋及天文」兩科目各 2 學分。考量各子系統間的交互作用、彼此互相影響牽動，建議教師在課綱學習內容的規範下，進行適當補充、延伸。子系統間的交互作用茲簡單舉例如下表：

地球子系統	與其他子系統交互作用的舉例
固體地球	1. 板塊構造運動改變海陸分布，影響長期氣候的變遷。

地球子系統	與其他子系統交互作用的舉例
	2. 化石燃料的使用將儲存在固體地球的碳排放到大氣圈中。 3. 岩漿活動將物質加入大氣圈及水圈之中，板塊隱沒作用則將物質從大氣圈及水圈之中移除。 4. 海底強震引發海嘯。
大氣圈	1. 風吹動海面，引起波浪及海流現象。 2. 強降水引發地質災害與洪泛災害。 3. 熱帶氣旋引發暴潮，衝擊海岸，改變地表。
水圈	1. 海水蒸發的過程中，將大量能量以潛熱的方式傳輸到大氣圈。 2. 海水大量溶解大氣圈中的二氧化碳、降低溫室效應。 3. 沿岸流及潮流改變海岸地形。 4. 溫鹽環流的改變可能引發氣候變化。
太空環境	1. 太陽輻射將能量注入地表。 2. 地球運轉方式的變動可能影響冰原的消長。 3. 太陽表面活動的強弱可能引響氣候變化。

二、「自然科學探究與實作」學習重點解析

「自然科學探究與實作」屬於新設的領域課程，適合跨科或跨領域學習，課程設計與發展建議從問題或議題切入。學習內容區分成「探究」與「實作」兩個面向。實作是學習的過程，探究能力的培養才是目標。學習重點在於引導學生以科學方法學習解決問題、熟稔切題討論與實證或論證的過程。換言之，實作不在強調操作傳統的食譜式實驗，也不僅是動手玩科學，而是以學科知識當作學習載具，來體驗發現問題、規劃研究、論證建模、表達分享的過程和探究技能。

（一）學習內容與教材與教法建議說明

依學習內容規劃的「教材與教法建議」陳列出建議的教材、教法如下表，旨在解析可資參考的學習重點。各校可依在地或校本的主客觀條件，盡量組成跨科教師社群，以共備方式進行課程發展。教師無需盡納建議中的教材、教法，可依據學生差異與有效教學的原則務實備課，選擇有益於學生適性學習，以及能培養探究能力的教材、教法來實施。

本課程的學習目標不在於獲得標準答案，而是學習有意義的提問，規劃做中學的實作為主軸的探究歷程。以學生為主體，教師居於引導地位。讓學生學習的體驗能進入切實提問、合理分析、歸納、判斷、評價與省思的高階思考境界。課程實施建議分成小組進行學習活動，務期師生、同學的互動得以體驗表達溝通、團隊合作之能力。

學習內容與教材與教法建議說明表

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
◎發現問題 基於好奇、求知或需要，觀察生活周遭和外在世界的現象，察覺可探究的問題，進而蒐集整理所需	- 觀察現象	● 從日常經驗、學習活動、自然環境、書刊或網路媒體等，進行多方觀察。 ● 運用感官或儀器辨識物體和現象的特性。 ● 依據時間或空間的不同以觀察物體和現象的變化。 ● 推測所觀察現象的可	● **教材**： • 從科學史、教科書的資料，或他人研究成功的觀察經驗、新興科技物件中找出觀察實例。 • 發展自己的興趣，從身邊的人、地、事、物、環境、現象...等找出觀察對象。 ● **教法**： • 引導學生分享及討論觀察案例或經驗，讓學生了解觀察的必要性及重要性。 • 培養學生對身邊事物素材的好奇心，建立新視野。 • 引導學生以五感：如裸眼、聽覺...，或藉由儀器來多方觀察一個目標。 • 引導學生找出觀察目標的特性，以及可能影響目標特性時空或客觀條件。 • 提供觀察的工具，討論觀察的結果及可能成因。

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
的資訊，釐清並訂定可解決或可測試的研究問題，預測可能的結果，提出想法、假說或模型。		能成因。	• 提供報告的機會，使學生學習描述觀察的過程與心得，尤其是發現、意外、驚奇...等。
	- 蒐集資訊	● 利用報紙、圖書、網路與媒體蒐集相關資訊，並判斷資訊來源的可靠性。 ● 閱讀與理解資訊內容。 ● 整理並提取適當的資訊。	● **教材**：科學數據、研究報導、科展報告、自然現象的報導、個人感知的經驗、教科書、科普刊物、網路資訊、科學相關的各種媒體時事...等。 ● **教法**： • 引導學生如何利用圖書、網路與媒體找到所需的資料。 • 教導學生發展關鍵詞彙、語彙能力，並學習建立個人資料庫。 • 引導學生如何比較資料，初步判斷資訊的可靠性。 • 教導學生如何過濾、篩選及整理所收集到的資訊。
	- 形成或訂定問題	● 依據觀察所得，經由蒐集資訊、閱讀和討論等過程，提出適合科學探究的問題。 ● 當有多個問題同時存在時，能分辨並選擇優先重要之問題。	● **教材**：科學數據、研究報導、科展報告、自然現象的報導、個人感知的經驗、教科書、科普刊物、網路資訊、科學相關的各種媒體時事...等。 ● **教法**： • 引導學生從所蒐集教材中學習整理、分析資料。 • 引導學生從蒐集的資料中發現並說明已知的研究結果及規律。 • 引導學生檢驗內容的邏輯，歸納並判斷是否有可疑謬誤，幫助學生學習釐清問題形成的適切性：譬如問題是否已有研究成果?問題能否成立等。 • 引導學生從對問題的判斷中學習如何調整或改變問題的角度、形式或內容。 • 引導學生進行小組討論，提出想法或意見，建立共識論點，決定可探究的問題。

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
	- 提出可驗證的觀點	● 依據選定的問題提出想法、假說或模型。	● **教材**：科學數據、研究報導、科展報告、自然現象的報導、個人感知的經驗、教科書、科普刊物、網路資訊、科學相關的各種媒體時事...等，經初步處理或篩選出之可依據或有用之資料。 ● **教法**： •引導學生依據選擇的資料，針對選定的問題進行說明或討論。 •引導學生洞察問題的存在及探究問題的意義。 •引導學生體會不同問題之優先、重要或可行性的差別。 •引導學生利用已知的假說或模型，來討論、描述並說明擬探究問題的優缺點。 •引導學生嘗試提出不同的想法，或與學生討論不同假說或模型的優缺點。
◎規劃與研究 根據提出的問題，擬定研究計畫和進度。辨明影響結果的變因，選擇或設計適當的工具或儀器觀測，以獲得有效	- 尋找變因或條件	● 判定與研究問題相關的影響因素，並分析因素間的關係。 ● 合理的預測探究的可能結果。	● **教材**：前述過程所形成之問題或議題的相關數據和資訊。 ● **教法**： •引導學生討論並列舉擬探究之問題或議題的影響因素，判斷出較重要者。 •引導學生分析、討論並判斷哪些是獨立變因?哪些變因可能彼此相關? •引導學生分析或量測相關變因之間的質性或量化關係。 •引導學生學習運用先備知識、經驗及思考的合理性與邏輯性，以預測可能的結果，思考可探究的新變因或其相關性。
	- 擬定研究計畫	● 依據所提出的問題，計劃適當的方法、材料、設備與流程。 ● 應用或組裝合適的器	● **教材**：就前述已發展的問題或議題再檢討有關的評論、解析或介紹，相關理論的科學史或經典著作，相關研究中重要實驗的發展脈絡，其他可類比的研究方法。擬定的研究環境與條件，譬如活動或場勘的地理及氣象資料，可能應用的材料和設備等相關資料。

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
的資料數據，或根據預期目標並經由測試結果檢視最佳化條件。		材與儀器。	● **教法**： •引導學生仔細閱讀、整理已蒐集的資料，歸納與探究問題相關的資料，找出可行的研究方法和工具。 •引導學生以有系統、邏輯的歸納與分析，規劃以利用適當的材料、設備和方法設計有效的實驗或企畫實施流程。 •學習設計對照組的參考資料或實驗。 •引導學生學習實驗器材和儀器的組裝與操作。 •引導學生測量變因和變因之間的相關性，決定使用哪些工具，應該如何取得和運用哪些方法，並分析數據、比較或判斷其準確度與精密度。 •若有必要，對將要進行的實驗或實作進行預報作業、勤前講習和團隊分工合作演練等預習活動。
	- 收集研究資料數據	● 正確且安全的操作器材設備。 ● 設計適當的紀錄格式並詳實記錄。 ● 有系統性的收集定性或定量的資料數據或檢視最佳化條件。	● **教材**：儀器規格說明、使用手冊或指引、網頁或圖書館資料、安全守則，實驗安全操作依據與規範。相關實驗報告、紀錄表格、圖誌範例、軟體或程式等。 ● **教法**： •引導學生依據擬定的研究計劃，參考設備或活動的使用與安全手冊，學習正確且安全的操作器材設備。 •引導學生學習如何詳實記錄實驗或實作過程。舉凡資料數據來源、實驗日期、環境因素、實驗方法和詳細步驟等，所有對實驗或實作可能有影響的因素，過程中對於觀察或操作的可能重要或關鍵性之判斷、思考、心情及感受等，都是實驗可以記錄的內容。

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
			• 引導學生學習將收集、測量的資料數據，加以分析、檢視、驗證其精密度、準確度及可靠性。 • 引導學生學習將收集測量的資料數據納入已有的知識或理論系統，比較其間的異同、是否相容、一致或連貫。 • 引導學生檢視數據、數據相關性或數據對應之數學函數的最佳化條件。 • 引導學生養成習慣，時時檢視或檢討實驗或實作進行的過程，如何有系統的收集質性或量化的資料數據，如何去蕪存菁，汰換無用，留存有用的資料，以增修實驗設計。
◎論證與建模 分析資料數據以提出科學主張或結論、發現新知或找出解決方案。發展模型以呈現或預測各因素之間的關係。檢核資	- 分析資料和呈現證據	● 使用資訊與數學等方法，有效整理資料數據。 ● 依據整理後的資料數據，製作圖表。 ● 由探究過程所得的資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。 ● 比較自己、同學與其他相關的資訊或證據的合理性與正確性。	● **教材**：收集到的資料數據，可資參考之科學或科技分析技術、數學或數值分析方法、資料處理軟體。 ● **教法**： • 引導學生利用具信效度的工具或方法彙整、分析數據及觀察結果，建立質性或量化關係的模型或數學關係式。 • 引導學生學習分析、歸納數據的邏輯、關聯或規律，並與對照組或其他研究結果比較異同。 • 引導學生學習製作圖、表呈現證據。

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
料數據與其他研究結果的異同，以提高結果的可信度，並察覺探究的限制。	- 解釋和推理	● 由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含的意義。 ● 由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係。 ● 根據探究結果形成解釋。	● **教材**：延續前述「分析資料」和已建立質性或量化的關係或模型等。 ● **教法**： • 引導學生比較及檢核研究結果與對照組或其他研究結果的異同。 • 引導學生以邏輯論證檢討研究成果的分析是否合理。嘗試建立質性或量化的關係或模型。並與既有的質性或量化的關係或模型比較異同、是否相容、一致或連貫。 • 引導學生針對研究成果的正確及合理性進行反思，並修訂自己的結論或解決方案。 • 引導學生討論結論背後可能的因果關係或影響因素，並形成解釋。
	- 提出結論或解決方案	● 由探究所得的解釋形成論點。 ● 依據證據提出合理的解決方案。 ● 由探究結果形成結論、新的概念或問題。 ● 檢核自己、同學的結論與其他相關的資訊或證據的異同。	● **教材**：前述的「分析資料」和已建立質性或量化的關係或模型。 ● **教法**： • 彙整所有前述的「分析資料」和已建立質性或量化的關係或模型；製作成研究報告、壁報、提出結論或相關資料，引導學生分組，以分工合作、辯論等方式重複檢核證據、結論、模型，尤其是新提出的假設、論點、說明、解釋。 • 引導學生針對既有的數據、質性或量化關係、結論等不足之處決定是否有重複實驗或實作之必要。 • 各組發表結論或方案，針對發表者的結論交叉詰問，提出支持或反對的想法，並討論結論適用的條件或限制。 • 針對他人的疑問進行反思，增修自己的結論或解決方案。
	- 建立模型	● 嘗試由探究結果建立	● **教材**：科學史、教科書的資料、專題研究或實驗等資料中的研究數據、觀察的

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
		合理模型以描述所觀察的現象。 ● 察覺模型的侷限性。	現象或已建立的質性或量化的關係，實驗或實作的結果、結論，提出的假說、概念等。 ● **教法**： •引導學生操作實體模型以建立科學概念，或學習以實體模型理解或解釋科學概念。 •引導學生以結構或系統的經驗將數據、資料或概念以圖像呈現，以建立質性或量化的模型。 •引導學生利用資料處理軟體分析科學研究數據以建立質性或量化關係的模型(如概念圖、關係圖或數學關係式)，用以描述觀察的現象，並依建立的模型用以解決問題或預測新的發展。 •學生學習從電腦模擬實驗中建立各種變因之間的關係，並分析模型適用的條件與限制。 •引導學生閱讀科學史或相關報導，了解既有的各種理論或模型的建立過程與其特性，與自己從事的實驗或實作所得結論比較異同，是否相容、一致或連貫。 •引導學生從閱讀科學史或科學研究的相關報導中，瞭解模型可隨著對科學事物複雜關係的認知增加而修正。
◎表達與分享 運用適當的溝通工具呈現重要	- 表達與溝通	● 適當利用口語、文字、圖像、影音或實物等表達方式，呈現自己或理解他人的探	● **教材**：科學史、教科書的資料、專題研究或實驗等資料中的研究數據、觀察的現象或已建立的質性或量化的關係，實驗或實作的結果、結論，提出的假說、概念或模型等。 ● **教法**：

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
發現，與他人分享科學新知與想法，推廣個人或團隊的研究成果。		究過程與成果。 ● 正確運用科學名詞、符號或模型，呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 ● 有條理且具科學性的陳述探究成果。 ● 運用各種資源與他人分享科學資訊。	• 教師指定撰寫文字報告作業，說明報告的評分規準，並批閱報告。 • 引導學生使用多元的表達方式，如讀書報告、小組討論、分組製作壁報、影音媒體或口頭報告，並在表達與溝通的過程中，正確運用科學名詞、符號或模型，以呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 • 舉辦讀書報告、辯論賽、成果發表、短講或各類競賽，引導學生學習擔任主持人、紀錄、結論或相互詰問，有條理且具科學性的陳述探究成果。 • 課程中可使用及時回饋系統，統計同學的意見，促進討論。 • 製作課程網路平台，提供學生發表與多元討論的機會。
	- 合作與討論	● 傾聽他人的報告，並能提出具體的意見或建議。 ● 評估同學的探究過程、結果或模型的優點和限制，並提出合理的疑問或提出改善方案。	● **教材**：科學史、教科書的資料、專題研究或實驗等資料中的研究數據、觀察的現象或已建立的質性或量化的關係，實驗或實作的結果、結論，提出的假說、概念或模型等。 ● **教法**： • 實作活動實行分組教學，採取異質分組。引導學生從小組活動中培養團隊分工與合作。 • 引導學生以小組討論的形式學習閱讀科學論文、研究報導，學習提出個人的想法，並與同儕討論想法的可行性，討論出具體的意見或建議。 • 引導學生討論小組的實驗報告，聆聽小組實驗的口頭發表，學習評估研究過程、分析結果與結論是否合理、符合邏輯規範，分析研究的優點或限制。嘗試提出疑問、可行的解決方案或未來研究的方向等。

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
			• 引導學生在小組發表中，聆聽他組報告內容，嘗試提出疑問、可行的解決方案或未來研究的方向等。
	- 評價與省思	● 反思探究成果的應用性、限制性與改進之處。 ● 對各類科學資訊進行評估與判斷，審慎檢視其真實性與可信度。 ● 體驗科學探究重視實作經驗證據的使用、合乎邏輯的推論，以及探究結果的再現性。 ● 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。	● **教材**：科學書籍、科學家傳記、研究報告、媒體出版、科學史、教科書的資料、專題研究或實驗等資料中的研究數據、觀察的現象或已建立的質性或量化的關係，實驗或實作的結果、結論，提出的假說、概念或模型等。 ● **教法**： • 引導學生學習提問，討論提出的問題能否提供進階的思考，藉以反思探究成果的應用性、限制性與改進之處。 • 舉辦辯論會，針對矛盾或不一致的科學問題或議題進行辯論，學習檢討提問或討論的過程是否合乎邏輯，並學習對各類科學資訊進行評估與判斷，審慎檢視其真實性與可信度。 • 引導學生從閱讀科學書籍、研究報告或參考資料等既有的相關數據中，體驗科學探究重視實作經驗證據的使用、合乎邏輯的推論，以及探究結果的再現性。 • 引導學生閱讀科學史、科學家傳記或相關媒體報導，討論科學史中的理論發展的脈絡，研究歷程中是如何創新概念或突破性實驗，從中體驗科學方法與科學社群的運作機制。 • 引導學生養成應用科學思考與探究的習慣，從過程了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。 • 引導學生在能力範圍內設計具有挑戰性的實作內容，並且思考實作和探究問題之間的連結與啟發。

探究學習內容		實作學習內容	教材與教法建議
			• 引導學生體認並反思科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。

（二）自然科學探究與實作之探究學習內容與評量方法

「自然科學探究與實作」課程宜用多元評量。教師可依課程教學目標，同時評量學生學習的探究歷程與成果。多元評量係以教師教學與評量專業為基礎，依據教學目標擬定適切的評量方式、評量內涵、評量人員及評量時機與過程，並呈現多元的學習結果，以提供更適性化的教學來增進學生成長。多元評量的規劃可參考以下「探究學習內容與評量方法雙向細目表」。

實作評量(Performance Assessment)認為知識的結構是隱含在問題解決情境中，學生要能將所學的各種知識活用，必須在實際的脈絡情境中進行思考，才能統整所學。檔案評量(Portfolio Assessment)強調學生與教師合作收集學習成果，注重探究知識的方法和學習的歷程，鼓勵學生持續反省自己的學習表現，回溯作品設計的構思，記錄作品修改過程，它並非以一次的測驗或研究報告來代表學生的學習成績。

本表就「探究學習內容」與「評量方法」兩維度呈現實施評量參考。探究學習內容取自課綱，評量方法分為：文本、操作和發表三大類別。文本再細分為實察紀錄、學習單和小論文；操作細分為思考實驗/實驗計畫、實驗報告和數位評量；發表分為口頭發表與成品發表。每一種評量工具可以評量數種探究學習內容，以實驗報告為例，可據以評量所有探究學習內容。教師可參考本表，在不同探究議題和教材教法中，依據學習目標選擇合適的評量工具；每一種評量工具亦可依活動的內容選擇對應的探究學習內容進行評量，教師無需盡納本表建議的評量參考。本表不僅可用於自然科學探究與實作的課程，亦適用於其他自然科學領域課程學習表現之評量。

自然科學探究與實作之探究學習內容與評量方法的雙向細目表

探究學習內容 \ 評量方法		文本			操作			發表	
		實察紀錄	學習單	小論文	思考實驗/實驗(察)計畫	實驗(察)報告	數位評量	口頭發表	成品發表
發現問題	觀察現象	V	V	V	V	V		V	V
	蒐集資訊	V	V	V	V	V			
	形成或訂定問題	V	V	V	V	V	V	V	V
	提出可驗證的觀點			V	V	V		V	V
規劃與研究	尋找變因或條件		V	V	V	V	V	V	
	擬定研究計畫			V	V	V		V	
	收集研究資料數據		V			V			
論證與建模	分析資料和呈現證據	V	V	V		V	V	V	V
	解釋和推理	V	V	V		V	V	V	V
	提出結論或解決方案	V	V	V		V	V	V	V
	建立模型		V	V		V	V	V	V
表達與分享	表達與溝通	V	V	V		V		V	V
	合作與討論	V	V			V		V	V
	評價與省思	V	V	V		V		V	V

註：數位評量有別於傳統紙筆測驗，應能善用多媒體之特性，結合動畫、聲音與影片呈現與真實情境更為接近之測驗情境。

（三）評量規準示例 1-實驗報告之評量面向與評量層級

本雙向細目表是實驗報告評量規準之示例，分為「評量面向」與「評量狀態」兩維度。評量面向則依時序先分為實驗前、實驗中和實驗後。實驗前預備活動包括：探究問題、參考資料、提出假說和實驗計畫；實驗中的內容為：實驗操作、分析數據和圖表應用；實驗後的工作項目為：結果與討論、實驗總結和實驗檢討/省思，每一評量面向均含有數項次評量內容；評量層級分成：精熟、基礎和待加強。教師可參考本表，在不同探究議題中，依據學習目標選擇合適的評量面向或評量內容，無需盡納本表的建議。本評量規準示例不僅可用於自然科學探究與實作的課程，亦適用於其他自然科學領域課程實驗報告之評量。

實驗報告之評量面向與評量層級的雙向細目表

評量狀態 / 評量面向		精熟	基礎	待加強
實驗前	探究問題	自行發現探究問題，問題具探究性、實用性、挑戰性或創意等。	能提出與實際生活有關的探究問題。	問題不夠明確或範圍太大，與實際生活無關。
	參考資料	資料來源廣泛，依關鍵詞彙查詢資料，初步比較與判斷資訊的可靠性。	資料來源廣泛，有關鍵詞的概念。	資料來源單一，未建立關鍵詞的概念。
	提出假說	想法或假說合理，能推斷實驗可能的過程或結果，提出不同假說或模型的優缺點。	想法或假說合理，能推斷實驗可能的過程或結果。	想法或假說不合理。
	實驗計畫	明確列出儀器/器材，實驗方法、步驟。	能列出儀器/器材、實驗方法。	無法列出儀器/器材、實驗方法、步驟
實驗中	實驗操作	正確且安全的操作器材設備，設計適當的紀錄格式並詳實記錄，有系統性的收集定性或	正確且安全的操作器材設備，能記錄實驗數據。	無法正確操作器材設備，能記錄實驗數據。

評量面向 \ 評量狀態		精熟	基礎	待加強
		定量的資料數據或檢視最佳化條件。		
	分析數據	使用資訊與數學等方法，有效整理資料數據，由探究過程所得的資料數據，整理出規則，提出分析結果與相關證據。	使用資訊與數學等方法整理資料數據，但未能整理出規則，或未提出分析結果與相關證據。	未能使用資訊與數學等方法整理資料數據。
	圖表應用	依據整理後的資料數據，製作圖表，利用具信、效度的工具或方法彙整、分析數據及觀察結果，建立質性或量化關係的模型或數學關係式。	依據整理後的資料數據，製作圖表，能利用工具分析數據及觀察結果。	依據整理後的資料數據，製作初步圖表，未能利用工具分析數據及觀察結果。
實驗後	結果與推論	由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係；根據探究結果形成解釋；由探究所得的解釋形成論點；依據證據提出合理的解決方案；嘗試由探究結果建立合理模型以描述所觀察的現象。	由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係；或根據探究結果形成解釋，能提出論點。	未能根據探究結果形成解釋，未能提出論點。
	實驗總結	能有效解決探究的問題；正確運用科學名詞、符號或模型，呈現探究成果；有條理且具科學性的陳述探究成果；檢核自己的結論與其他相關的資訊或證據的異同；察覺探究	能有效解決探究的問題；正確運用科學名詞、符號或模型，呈現探究成果。	未能解決探究的問題，且未正確運用科學名詞、符號或模型，呈現探究成果。

評量面向 \ 評量狀態		精熟	基礎	待加強
		結果或提出模型的侷限性。		
	實驗檢討/省思	評估、反思探究成果的應用性、限制性和改進之處。	能評估、反思探究成果的應用性。	無法評估、反思探究成果的應用性、限制性和改進之處。

參考資料：謝錫金、祈永華、譚寶芝、岑紹基和關秀娥(2003)。專題研習與評量。香港：香港大學出版社。

（四）評量規準示例 2-口頭發表之評量面向與評量層級

本雙向細目表為口頭發表評量規準之示例，分為「評量面向」與「評量層級」兩維度，評量面向細分為：內容正確、內容完整、內容實用/創新、分析完整、文字/圖表應用、討論詳實、結論正確、口語表達、參考資料和簡報製作，每一評量面向均有數項次評量內容；評量層級分為：優、良和可，儘量不呈現負面之層級(如待加強)。教師可參考本表，在不同探究議題中，依據學習目標選擇合適的評量面向或評量內容，不需盡納本表的建議。

口頭發表之評量面向與評量層級的雙向細目表

評量面向 \ 評量層級	優	良	可
內容切題	引用資料與主題相符合，呈現資料是重要的、合乎邏輯，且適當使用名詞、符號、模型或理論。	引用資料與主題相符合，呈現資料是重要的、合乎邏輯。	引用資料與主題相符合，呈現資料不夠正確。
內容完整	採用多方資訊及具說服力的證據，含括發表主題的重要概念與資料，提出範例與具	採用具說服力的證據，含括發表主題的重要概念或資料。	有提出證據，未提出範例與具體細節。

評量層級 / 評量面向	優	良	可
	體細節。		
內容實用/創新	主題與內容與生活相關，探討內容能對於生活的問題提出有效解決的資訊或方案，製作中展現創意。	主題與內容與生活相關，探討內容能對於生活的問題提出解決的資訊或方案。	主題與內容與生活相關，探討內容未能對於生活的問題提出有效解決的資訊或方案。
分析合理	以歸納或演繹方式將數據、資料或概念做結構性呈現，建立質性或量化的模型來呈現想法。	以結構或系統的方式處裡數據。	僅能初步處理數據與資料。
文字/圖表應用	圖表應用切實表達內容。	圖表應用和內容結合。	圖表應用未能完全與內容結合。
推論詳實	由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含的意義；由資料數據顯示的相關性，推測其背後可能的因果關係；根據探究結果形成解釋等。	由資料數據的變化趨勢，看出其蘊含的意義，提出解釋或初步的因果關係。	由資料數據的變化趨勢，提出初步解釋，未提出論點或因果關係。
結論正確	結論緊扣主要觀點，由探究所得的解釋形成論點，從呈現資料中建立質性或量化關係的模型，用以描述探討的主題，依據證據提出合理的解決方案。	結論與主要觀點相關，由探究所得的解釋形成論點，或依據證據提出合理的解決方案。	結論與主要觀點有關，未能依所得的解釋形成論點，或未能依據證據提出合理的解決方案。
口語表達	語詞清晰易懂，回答問題適切。	語詞清晰易懂。	能表達內容。
參考資料	資料來源廣泛，依關鍵詞彙查詢資料，初	資料來源廣泛，有關鍵詞的概念。	資料來源單一，未建立關鍵詞的概

評量層級 / 評量面向	優	良	可
	步比較與判斷資訊的可靠性。		念。
簡報製作	字體與圖表清楚、美觀，使用合宜的多媒體，設計創新，順序清楚、排列與呈現有條理等。	字體與圖表清楚，順序清楚、排列與呈現有條理等。	字體與圖表清楚，順序或排列與呈現不夠有條理等。

參考資料：鍾曉蘭(2014)。探究活動融入學校本位課程之學習效益。臺灣化學教育電子期刊，2014，1(4)。

（五）評量方法-檔案評量

檔案評量乃教師依據教學目標與計畫，請學生持續一段時間主動收集、組織與省思探究成果的檔案，以評定其努力、進步、成長情形，係指在學生學習過程中彙集相關的各項資料，針對評量的需要，找出一些重要的項目做成適當的組合，進行成套的評量，而非零碎個別項目的考核，具有持續累積的評量效用。由於評量不只限於靜態的作品，還要評量作品產生的過程以及作品的優劣，是一種整體系統性的評量，亦即從工作項目中找出重要的樣本，讓學生操作反應，再進行觀察和記錄。

檔案評量具有的特性：(1)目標明確具系統與結構，但容許有個人主動選擇的彈性；(2)呈現探究歷程軌跡與脈絡；(3)經由溝通與合作產生；(4)具體且多元化；(5)具備批判與省思的特質

檔案評量可培養學生的能力：(1)由於要蒐集學生平時的作品，會使學生養成做好每項作業的態度，而非應付了事的心態；(2)學生可以從整理檔案資料中學習到系統管理的方法；(3)對於要放哪一些具代表性的作品在檔案中，學生必須學會鑑賞的能力；(4)學生學會從不同角度來看一件事；(5)學生要感受到自己學習的成效，才會對學習產生興趣；(6)學生學會自己與自己比較，對學習產生信心；(7)學生培養反思的能力。

檔案評量的內容：(1)學生個人探究歷程的簡述：參與活動、營隊和研究等經歷；(2)學習成果：學習單、小論文、實驗計畫、實驗報告和成品照片等；(3)心得或省思：探究歷程中個人的學習心得或反思，亦可呈現老師或同儕的回饋意見等。

檔案評量牽涉到幾個問題：(1)要如何整理資料；(2)哪一些具代表性的資料要放到檔案中；(3)每件作品要從哪一些向度來評估它的特色；(4)如何看到個人進展的情形；(5)從作品中如何思考改進的策略。

伍 素養導向教材編寫原則

伍、素養導向教材編寫原則

一、國民小學教育階段

（一）依據十二年國教自然科學領域課綱之實施要點規範：自然科學領域各教育階段教材發展，在國小教育階段應選擇合適之議題、大概念或跨科概念做統整發展教材。

（二）教材編寫宜參照以下原則進行：

1.內容統整：自然科學教材內容宜多採跨領域、科目知識藩籬之學習內容；如以大概念、跨科概念或生活與社會議題等來做統整，結合課綱「學習表現」與「學習內容」，構成統整之自然科學教材。

2.多元學習策略：自然科學教材宜配合靈活運用多元學習策略（如閱讀寫作、探究實作、批判論證、角色扮演、數位學習等)與評量方法，對於不同主題教材做完整之設計。

3.採議題為中心發展教材，宜重視以學習者為中心，根據其認知發展階段特性與日常生活經驗，選擇適當切身關心之議題為出發，結合科學探究、概念習得、科學論證等多元途徑開發教材。

4.採自然科學領域的大概念或跨科概念作為架構以發展教材，幫助學生形成較深較廣的理解。自然科學領域大概念的分類架構與訂定，會因採用的觀點、分類多寡、範圍大小或名詞運用，而有不同的呈現。

（三）參考案例：教學單元設計當由教材編寫者發揮創意，依照學習目標、學生特性與教學環境的差異而做變通運用。針對素養導向科學教材發展，就跨科概念（案例一）、大概念（案例二）及議題中心（案例三），分別列舉其結合「學習表現」與「學習內容」之教材設計架構，完整案例內容請參看本手冊「柒、教學單元案例」。

1.案例一：種子遊樂園

本案例以自然科學領域學習內容-課題 2「自然界的現象、規律及作用」之跨科概念「改變與穩定(INd)」設計符合 3-4 年級學習內容與學習表現之教學示例。單元內容除「改變與穩定(INd)」外，還涉及「構造與功能(INb)」、「系統與尺度(INc)」與「資源與永續性(INg)」等跨科概念的學習內容。以分科的學習內容來檢視，本例囊括生物科和物理科的主題，單元部分學習活動更延伸整合「藝術」領域的學習內容。本教學單元之學習活動預計可達成的學習表現，包括探究能力之思考智能和問題解決，以及科學的態度與本質之培養科學探究的興趣等項目。

（1）教材發展原則：以跨科概念--「改變與穩定」發展教材

（2）建議教學對象：國小四年級

（3）雙向細目表

學習表現 學習內容	pe -Ⅱ-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	tr-Ⅱ-1 能知道觀察、記錄所得自然現象的的結果是有其原因的，並依據習得的知識，說明自己的想法。 tm-Ⅱ-1 能經由觀察自然界現象之間的關係，理解簡單的概念模型，進而與其生活經驗連結。	ai -Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成品來表現自己構想的樂趣。
INb-Ⅱ-4 生物體的構造與功能是互相配合的。 INb-Ⅱ-7 動植物體的外部形式和內部構造，與其生長、行為、繁衍後代和適應環境有關。 INd-Ⅱ-3 生物從出生、成長到死亡有一定的壽命，透過生殖繁衍下一代。	學習活動一：種子尋親記 學習目標： 1.認識日常飲食中屬於種子的食物。 2.利用簡單工具解剖果實，了解種子與果實的關係。 3.發現並記錄校園或鄰近社區常見植物的種子。 4.關心校園或社區的環境改變，對種子的傳播可能造成的影響。	學習活動二：種子旅行記 學習目標： 1.知道部分植物靠種子來繁殖下一代，而不同形態的植物種子需要透過不同的方式來傳播。 2.透過細部的觀察、解剖與描繪，了解植物傳播機制所依賴的形態特徵。 3.知道植物種子可以靠自力(彈力)、風力、水力或動物來傳播。	
INc-Ⅱ-8 不同的環境有不同的生物生存。 INc-Ⅱ-5 水和空氣可以傳送動力讓物體移動。 INd-Ⅱ-4 空氣流動產生風。 INd-Ⅱ-9	學習活動三：種子運動會 學習目標： 1.透過實作以各種方式來擾動空氣產生不同強度的風，以模擬風力傳播種子的狀態，測量並記錄風力大小以了解風對種子傳播的影響程度。 2.利用紙張製作靠風力傳播的種子模型，以了解風力大小對不同形態特徵的種子傳播的影響程度。 3.透過遊戲模擬，探討種子可由動物毛皮傳播，了解力會影響傳播的情形。		

施力可能會使物體改變運動情形或形狀；當物體受力變形時，有的可恢復原狀，有的不能恢復原狀。	

2.案例二：能源與能量

（1）教材發展原則：

本案例是以「大概念」為主之高年級教學模組教材，統整不同主題教材環繞某一科學的核心大概念，著重統整的能力，宜以跨領域、科目知識藩籬之概念學習材料編製，幫助學生對於該自然科學領域大概念形成較深較廣的理解。自然科學領域大概念的分類架構與訂定，會因採用的觀點、分類多寡、範圍大小或名詞運用，而有不同的呈現，取材仍以學習者之生活經驗與應關心之議題為核心，透過活動或議題來探討大概念，每一個大概念中都會包含許多小概念，學習的重點並非小概念的記憶，而是對大概念產生宏觀的認識。

「能源與能量」為生活中重要的概念，且具跨科概念的性質，依此所設計的學習活動可包含：「能源科技」、「能源經濟」、「能源政策」、「能源與環境」...等跨領域的不同層面，並透過數個操作型探究實驗、閱讀熱門能源時事報導、蒐集正反意見訊息...等，以完整呈現「能源與能量」在真實世界的面貌，教材編寫者可視實際需要調整。雙向細目表內學習活動設計所對應的指標，僅呈現主要學習表現，並非該活動只能達成單一學習表現。

（2）雙向細目表

學習表現 學習內容	ti -Ⅲ-1 能運用好奇心察覺日常生活現象的規律性會因為某些改變而產生差異，並能依據已知的科學知識科學方法想像可能發生的事情，以察覺不同的方法，也常能做出不同的成品。	pe -Ⅲ-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。
INa-Ⅲ-6 能量可藉由電流傳遞、轉換而後為人類所應用。利用電池等設備可以儲存電能再轉換成其他能量。	學習活動一：電從哪裡來？電到哪裡去？ 學習目標： 1.從日常生活中使用電器的經驗，知道電池等設備可以儲存電能，電廠可以提供電能。 2.了解使用電池的電器產品與其運作時能量的轉換。 3.應用電池與馬達設計玩具。		
INa-Ⅲ-5 不同形式的能量可以相互轉		學習活動二：能量的轉換 學習目標： 活動二-1	

換，但總量不變。 INa-Ⅲ-7 運動的物體具有動能，對同一物體而言，速度越快動能越大。 INa-Ⅲ-10 在生態系中，能量經由食物鏈在不同物種間流動與循環。		1.透過製作簡易電動機，了解電能可以轉換成動能。 2.透過製作搖搖發電機，了解動能可以轉換成電能。 3.透過製作太陽能小風扇，了解光可以轉換成電能及動能。 4.針對上述實驗進行質性觀測與數值量測，並了解影響的因素。 活動二-2 1.透過單擺實驗操作，知道擺錘位能的大小與其位置的高低有關，及擺錘動能的大小與其運動的速度有關。 2.了解位能與動能可以互換，並且有總能量不變的現象。 活動二-3 1.知道食物也是一種能源。 2.知道食物鏈代表生態系中能量的流動與循環。	
INg-Ⅲ-5 能源的使用與地球永續發展息息相關。			**學習活動三：節能減碳救地球** 學習目標： 1.知道不可再生與可再生能源。 2.認識能源消耗與碳排放。

			3.執行節電計畫，以減少能源的浪費。

3.案例三：氣候變遷下的智慧好生活

（1）教材發展原則：以自然環境與社會議題發展教材

由於人類為求生活的便利所過度利用環境的結果，致使能源短缺及氣候變遷所帶來的各種災害，已成為當今世界所面對的重要問題，這不僅關係到地球生態環境的永續性，也影響到每一個人日常的生活，許多全球性的環境議題常被廣泛批判討論，且有時並無一致的看法，例如：水庫、核能廠的興建或塑膠袋的限用等爭論性問題。因此讓學生接觸爭論性環境議題之教學是相當重要的，除了培養其能對議題具有批判思考、運用正確資訊和論證等能力，並要以多元的角度來看待爭議性的問題。本單元課程設計以「自然界的永續發展」核心概念所揭示之階段學習表現，設計成模組化課程，幫助國小學生透過多元學習方式來培養國民科學素養，並能以創新的思維與行動在日常生活中實踐。

（2）雙向細目表

學習表現 / **學習內容**	tc-Ⅲ-1 能就所蒐集的數據或資料，進行簡單的記錄與分類，並依據習得的知識，思考資料的正確性及辨別他人資訊與事實的差異。	pa-Ⅲ-2 能從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和他人的結果（例如：來自同學）比較對照，檢查相近探究是否有相近的結果。	ah-Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 an-Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。
INg-Ⅲ-4	學習活動一：氣候變遷知多少？		

人類的活動會造成氣候變遷，加劇對生態與環境的影響。	學習目標： 1.感知日常生活中氣溫變化與極端氣候所帶來的影響。 2.了解「氣候變遷」與人類活動有密切相關。 3.認識氣候變遷對生態環境的影響。		
INg-Ⅲ-5 能源的使用與地球永續發展息息相關。		學習活動二：能源與生活 學習目標： 1.認識日常生活中常見的能源。 2.探討日常生活中使用能量的使用狀況。 3.了解火力發電、工廠及交通工具等排放的溫室氣體是地球暖化重要的原因。 4.認識開發綠色能源與節約能源可以減緩地球能源枯竭與地球暖化問題。	
INg-Ⅲ-7 人類行為的改變可以減緩氣候變遷所造成的衝擊與影響。		學習活動三：因應氣候變遷我的行動 學習目標： 1.能自我檢視日常生活中用電的狀況。 2.認識碳足跡之意涵與計算方法。 3.設計製作在生活中實踐節能或開發使用新能源（如太陽能、風力等）的具體做法。 4.為維護地球環境永續、減緩氣候變遷危害，願意承諾盡一份心力，並在生活中實踐。	

二、國民中學教育階段

（一）素養導向教材編寫原則：

1.自然科學領域各科各具知識結構及重要的研究議題，但也具有共通的內涵特性以及跨科的研究發展趨勢，編寫教材時，前述各面向均應具體、有系統地呈現於教材中，確切奠基學生的科學知識與技能，並引導學生運用於真實生活情境。

（1）設計自然科學領域的課程、教材與教學時，應以培養具有科學素養的公民以及未來科學人才為基本理念，考量學生的發展階段與背景經驗，擬訂核心概念、探究能力及科學態度與本質等層面的目標。

（2）研發或編纂課程單元或教學模組時，應聚焦在關鍵的學科知識，選擇合適且必要的媒體素材，組織系列連貫且適量的學習內容與學習活動，由此支持師生在自然科學領域各科經由溝通互動、實驗、實作或探究等多元學習與評量方式，充分展現出預定達成之學習內容與學習表現目標。

2.國中教育階段教材編寫原則以分科為主、跨科為輔，跨科內容約佔該科教學總時數六分之一左右，並宜以實驗、實作或探究方式進行跨科題材之教學：

（1）國中教育階段教材編寫原則以分科為主、跨科為輔。分科教材編寫時，應列出該科在國中教育階段學習重點之課程計畫，並以「學習表現」與「學習內容」兩個向度為參考軸，規劃適當之教學或探究活動，如附表之雙向細目表。跨科教材編寫時，應以提供學生探究學習或問題解決的教材為內容，並設計以實驗、實作或探究方式之教學活動。

（2）國中教育階段跨科內容約佔各科教學總時數六分之一左右，跨科教學總時數可包含跨科單元與融入式之教學實施。

（3）國中教育階段每學期至少包含一個跨科單元，實施跨科題材整合的自然科學探究與實作學習，故至少有六個跨科單元。本手冊提供三個跨科題材教學示例(詳參本手冊之「柒、教學單元案例」)，其中「從原子到宇宙」題材以自然科學導論的方式讓學生從不同尺度

來認識科學探究的對象，並以實作或建模等方式增加學生的思考智能和問題解決能力，建議編列在七年級上學期；「能量與能源」題材以結合日常生活經驗為課程導向，讓學生學習發現問題，並進行一系列科學探究能力的培養，建議編列在八年級；「全球氣候變遷與調適」題材以整合先前各階段所習得之相關科學概念，輔以多元的教學策略，作為國中學習自然科學知識之統整與應用，建議編列在九年級下學期實施。

（4）另外三個跨科題材可由教科用書編者自行研發，可選編其他學習內容以議題的方式進行編寫，亦可以融入式的方式編寫，惟教材內容仍需考量融入「探究能力」及「科學的態度與本質」兩面向之內涵。

3.教材編選時應依十二年國教自然科學領域課綱精神與內容，鼓勵學生動手實作體驗，合適安排各年段的實作課程，以達到規定的時數，其中國中教育階段應有三分之一節數為實作體驗課。

「探究能力」為此次領綱的重要目標之一，「三分之一節數為實作體驗課」是為落實「自然科學探究與實作」而作的策略，至於如何達到「三分之一節數(約 15-18 節/學期)」的目標，可以從以下方向來進行：

（1）進入實驗室的「實驗」或「探究活動」: 在領綱的附錄五學習內容說明中，各科皆有建議的「實驗」或「探究活動」，這些是很適合發展成一節課的「實驗」或「探究」的題材。本手冊已針對其中部分內容提供「學習內容與學習表現」雙向細目表，其意是在呈現：在某一學習素材下，若我們希望學生有某些學習表現時，應該如何規劃學習活動，及評量的方式、內容。教師可參考其作法將這些學習內容結合學習目標，進行「實驗」或「探究活動」，這比起「依實驗步驟操作」的實驗課更能做到「探究」。

（2）專題、議題式探討：此次領綱強調跨科概念且在實施要點中揭示「國民中學教育階段教材編寫…跨科內容約佔該科教學總時數六分之一」，且十二年國教課綱將各類「議題」以融入的方式融入各領域課程，其中性別平等、環境、海洋、生命、科技、資訊、能源、戶外教育…等，和本領域關聯密切，在很多學習內容中可適切的融入。無論是跨科概念或各類議題融入都適合以專題探究、戶外體

驗、實察、創造發明、資料收集以進行議題論證、發表傳達或植栽及飼養之長期實驗等探究方式進行教學，可為高中教育教段「自然科學探究與實作課程」作準備。

（3）融入課堂的探究：若在教學中能落實以上兩類自然科學探究與實作的課程，則所佔時數應已符合至少 1/3 的要求，但自然科學探究與實作其實是在每一次課堂學習中都應該進行的，教材教法的設計應考慮在每節課堂中能融入「科學思考智能」和「探究基礎能力」，以分階段、重點能力培養方式增強某些探究技能或習慣，奠定學生進行「實驗」甚至「專題探究活動」的基礎。尤其是「觀察定題」是探究的基礎，教師可以把「情境」導入課堂，引導學生觀察，提出探究的問題，以利後續深入的實作研究的展開。而把「情境」導入課堂的方式包括：實物(如動、植物，科學玩具...等)、照片、影片、網路科學相關的流言、閱讀資料...等。總之，將「定義解說」的教學方式，轉變為引導學生觀察、提出問題、批判思考、推理論證、解決問題的學習方式，讓每一節課都在做探究！

4.為提升學生對於科學文本之閱讀、口語與文字表達能力，建議以科學報告之撰寫及口頭表達，做為高層次能力之總結性評量方法，每學年至少實施一次：應於學期間規劃學習活動，逐步引導學生經由閱讀學習科學的學習策略，如：繪製概念圖、心智圖、論證圖...等，或其他多元表徵方法，分析及轉化各課程單元的學習素材，有系統地演練撰寫科學報告及口頭表達的技巧，並於學期末或結合跨科主題單元，進行高層次能力之總結性評量。

（二）雙向細目表：

1.生物科

學習表現	po-IV-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。 po-IV-2 能辨別適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題（或假說），並能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜探究之問題。	pe-IV-1 能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（如設備、時間）等因素，規劃具有可信度（如多次測量等）的探究活動 pe-IV-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。 pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。	pc-IV-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案。 pc-IV-2 能利用口語、影像（例如：攝影、錄影）、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型或經教師認可後以報告或新媒體形式表達完整之探究過程、發現與成果、價值、限制和主張等。視需要，並能摘要描	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。

學習內容				述主要過程、發現和可能的運用。	
Db-IV-6 藉由觀察葉片、莖、花、果實內的維管束，認識維管束在植物體內的分布與其構造，並了解其運輸功能。		探究活動主題： 貫穿植物體的維管束 學習目標： 1.經由實驗操作了解水份在植物體內上升的情形。 2.經由顯微鏡觀察認識維管束的構造及其在莖內的分布情形。		探究活動主題： 貫穿植物體的維管束 學習目標： 1.能以繪圖或攝影記錄觀察結果。 2.將觀察結果連結至植物的構造，解釋根、莖、葉內的維管束分布情形。	探究活動主題： 貫穿植物體的維管束 學習目標： 根據觀察結果推論木質部的運輸功能及方向，並說明推論依據。
Bc-IV-1 生物經由酵素的催化進行新陳代謝,以實驗活動探討影響酵素作用速率的因素。		探究活動主題： 溫度對唾液分解澱粉的影響 學習目標： 1.經由觀察提出影響唾液分解澱粉速率的可能因素。 2.以溫度為操作變因，進行實驗設計。	探究活動主題： 溫度對唾液分解澱粉的影響 學習目標： 1.根據糖檢測結果，推導出唾液對澱粉的作用。 2.將自己的探究結果和同學比較對照，		

		3.依實驗設計之流程進行實驗裝置(如：不同溫度組的設置)及實驗操作。	相互檢核確認結果。		
Dc-IV-5 生物體能覺察外界環境變化、採取適當的反應以使體內環境維持恆定，這些現象能以觀察或改變自變項的方式來探討。	探究活動主題： (oo 植物)睡眠運動是受光線影響嗎? 學習目標： 1.經由觀察身邊植物（如含羞草、酢醬草）睡眠運動的現象，察覺睡眠運動的特色(如有週期性、葉柄或花基部有膨大的構造...)。 2.經由觀察後能提出可探究的問題，如：在白天時將植物搬進暗	探究活動主題： (oo 植物)睡眠運動是受光線影響嗎? 學習目標： 能選定變因（如：照光的時間長短，溫度高低）、決定應變變因的測量方式(如:閉合與否，或閉合的程度）設計實驗步驟，紀錄表格，並進行長時間(如 3 天)的實測、記錄。	探究活動主題： (oo 植物)睡眠運動是受光線影響嗎? 學習目標： 將多天的記錄數據整理成表格，並提出解釋。		

	室，植物會出現睡眠運動嗎?				
Db-IV-2 動物（以人體為例）的循環系統能將體內的物質運輸至各細胞處，並進行物質交換。並經由心跳、心音及脈搏的探測，以了解循環系統的運作情形。		探究活動主題： 心跳、心音與脈搏的探討 學習目標： 1.選定自變項（例如：運動的強度）、應變項(如：脈搏次數)，進行實驗規劃。 2.依實驗設計進行某一變因(如運動強度)對脈搏(心跳)的影響操作及記錄。	探究活動主題： 心跳、心音與脈搏的探討 學習目標： 能分析實驗結果(如心跳和脈搏次數變化)解釋其和心跳、心音、脈搏的關聯。		探究活動主題： 心跳、心音與脈搏的探討 學習目標： 能應用學習的知識規劃對心血管健康有益的生活習慣，如：有心血管疾病的人在跑馬拉松、騎自行車...等活動時要監控心跳、脈搏等。

2.物理科

學習表現 學習內容	tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。	pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。 pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。	pe-IV-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	pc-IV-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案。
Ka-IV-8 透過實驗探討光的反射與折射規律。	探究活動主題： 反射和折射可以同時出現嗎？ 引導學生討論，生活中曾看過哪些光的反射現象，例如：夜晚看窗外可以看見自己的像；從岸上看水中的物品卻看到自己的	探究活動主題： 反射和折射可以同時出現嗎？ 學生觀察光(雷射筆)從空氣中以不同角度射入水中的現象，使學生看到光的路徑，說明看到的結果。	探究活動主題： 反射和折射可以同時出現嗎？ 改以半圓形壓克力、玻璃或其他透明物質進行光的折射實驗，學生能看到，由空氣中相同角度的光入射到介質中，光折射的結果不同。	探究活動主題： 反射和折射可以同時出現嗎？ 請學生討論並以自己的作圖法說明如何看到水中自己的倒影和水中的物品。

	像，請學生說說看相關的經驗。			
Eb-IV-9 距離、時間及方向等概念可用來描述物體的運動。	探究活動主題： 誰的家離學校比較近？ 學生討論家裡到學校的位置變化和路徑長，分析誰家離學校比較近，說出位移和路徑長的不同，並能列舉一些日常生活中的其他例子。	探究活動主題： 怎樣描述物體運動的過程 教師播放某一段物體運動的影片(例如：車子移動、人跑步等)，引導學生觀察；或是讓學生分組操作打點計時器，引導學生觀察打點計時器在紙帶上所留下點的分布。	探究活動主題： 怎樣描述物體運動的過程 學生計劃如何量測與紀錄，在教師適度引導下進行計畫、量測與紀錄。	探究活動主題： 我是校車調度員 假設未來將有一部校車可以接送班上所有同學到校，請學生分組規劃校車的路線及預估所有同學都到校的時間，最多只能停靠 5 個點，每個點停留 2 分鐘。透過分組發表讓學生思考並選擇出最適宜方案。
Kc-IV-4 電流會產生磁場，其方向分布可以由安培右手定則求得。	探究活動主題： 電流可以產生磁場嗎？ 以磁浮列車影片引導學生思考討論，提問：磁浮列車只通電，為何會因為有磁力而浮起來? 和磁鐵	探究活動主題： 電流可以產生磁場嗎？ 請學生由磁針偏轉方向判斷載流直導線周圍磁場的方向，引導出安培右手定則，使學生了解電流磁效應的意義。	探究活動主題： 電流可以產生磁場嗎？ 學生分組設計一種可受控制的磁鐵，討論影響其磁力強弱的變因，進行「吸力」競賽。(提供導線(附鱷魚夾)、燈泡、電池、電池座、開關、磁針、量角	探究活動主題： 電流可以產生磁場嗎？ 請學生討論並比較自己與同學設計磁鐵的異同，提出合理而且具有根據的疑問或意見。進而改善自己的設計。

	遊戲的異同點有哪些？		器、漆包線、銅棒、鐵棒、膠帶、迴紋針等實驗器材。)	

3.化學科

學習表現 學習內容	tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。	pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。 pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。	pe-IV-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	pc-IV-2 能利用口語、影像(例如：攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物、 科學名詞、數學公式、模型或經教師認可後以新媒體形式表達完整之探究過程、發現與成果、價值等。視需要,並能摘要描述主要過程、發現和可能的運用。
Je-IV-1 實驗認識化學反應速率及影響反應速率的因素，例如：本 性、溫度、	探究活動主題： 化學反應速率 學生能從實驗習得溫度越高，反應速率越快後，能連結到夏天食物容易腐敗，食物	探究活動主題： 化學反應速率 學生進行鹽酸與硫代硫酸鈉反應產生硫沉澱的實驗，將實驗數據記錄並製作統計圖表，並從中找出濃度與反應速率的因果關係。	探究活動主題： 化學反應速率 學生進行鹽酸與硫代硫酸鈉反應產生硫沉澱的實驗，正確使用電子秤、燒杯、量筒等器材配置硫代	探究活動主題： 化學反應速率 學生能運用圖片、投影機或其他工具呈現濃度與反應速率關係圖，並能上台陳述發現的結果。

濃度、接觸面積及催化劑。	放在冰箱中能保存比較久的現象。	將結果與同學的結果對照，檢核，並確認結果。	硫酸鈉的濃度，進行實驗並詳實記錄數據。	
Jc-IV-3 不同金屬元素燃燒實驗認識元素對氧氣的活性。	探究活動主題： 氧化還原反應 學生從對元素活性的認識，能連結到不同材質的器具，氧化的速度不同，可能是活性的差異造成的。	探究活動主題： 氧化還原反應 學生能以質性的方式描述鎂、鋅、銅等不同金屬在高溫下氧化的狀況，並比較其差異。將結果與同學的結果進行比較，並做出分析與歸納。	探究活動主題： 氧化還原反應 能正確操作酒精燈、燃燒匙等器材將不同金屬氧化，仔細觀察氧化的過程並加以記錄。	探究活動主題： 氧化還原反應 能以手機或相機拍攝或錄製燃燒時的狀況，經過整理後上台將不同元素燃燒的情形呈現出來，並陳述其差異。
Jb-IV-1 由水溶液導電的實驗認識電解質與非電解質。	探究活動主題： 認識電解質 從物質溶解後，導電度的差異，能推論出來純水的導電度不佳，表示純水中的離子濃度極低。	探究活動主題： 認識電解質 將不同物質溶於水中，並且測試其導電度。記錄結果，並將結果加以分析歸納，依據水溶液的導電度將物質進行分類。	探究活動主題： 認識電解質 能正確操作電子秤、燒杯、玻棒等器材。正確將溶質溶於水中。使用以電池盒和 LED 製作的裝置測試導電狀況，並加以記錄。	探究活動主題： 認識電解質 能將水溶液的導電狀況記錄在表格中，經過整理後上台報告不同物質的導電狀況，並提出可能的歸納分類方式。

4.地球科學

學習表現 學習內容	tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。	pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	po-IV-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。
Ia-IV-1 外營力及內營力的作用會改變地貌。	探究活動主題： 褶皺不能和斷層一樣在地表附近形成嗎? 請學生分組討論，試圖解釋為什麼會在這麼淺的地方(約地表下 2-3 公里)形成褶皺?	探究活動主題： 褶皺不能和斷層一樣在地表附近形成嗎? 透由戶外教學讓學生觀察地表受力作用後產生的地質景觀，並進行比較分析。	探究活動主題： 褶皺不能和斷層一樣在地表附近形成嗎? 先讓學生觀察斷層剖面，並讓學生仔細的在方格紙上描出他們觀察到的現象。
Ic-IV-1 海水運動包含波浪、海流和潮汐，各有不同的運動方	探究活動主題： 瓶中信哪裡來？去哪裡？ 以海洋漂流物（瓶中信 / 垃圾 / 黃色小鴨等）的新聞時事為例，學生須透過閱讀並根據臺灣附近海域 / 全球表	探究活動主題： 誰？推動了海流！ 提供學生有關海流的新聞(分組活動：2 人一小組，6 人一大組，可依學生特質給不同類型的新聞事件學習	探究活動主題： 誰？推動了海流！ 新聞追追追，由各組閱讀不同新聞事件，分析其中的海流流向及對事件的影響。

式。	面洋流或風場圖等來推論海洋漂流物的來源與移動軌跡，認識海水運動及其對海洋漂流物可能的影響。	單)，先組內討論，再組間分享；從新聞事件報導中找出臺灣附近的海流分布情形及海流流向。	
Id-IV-3 地球的四季主要是因為地球自轉軸傾斜於地球公轉軌道面而造成。	探究活動主題： 如何解釋太陽方位與四季變化的關係？ 藉由當地四季竿影變化圖與太陽高度角及氣溫高低的關係圖，引導學生探究當地之太陽方位與四季變化的關係。	探究活動主題： 如何解釋太陽方位與四季變化的關係？ 1.正確操作手電筒照射地球儀，模擬地球公轉時，陽光會直射不同位置。 2.分析地球儀在不同位置（日地關係）時陽光直射的情形及各地晝夜長短的差異性。	探究活動主題： 如何解釋太陽方位與四季變化的關係？ 藉由當地四季竿影變化圖與太陽高度角及氣溫高低的關係圖，引導學生探究當地之太陽方位與四季變化的關係。

5.跨科題材

（1）從原子到宇宙

學習表現	po-IV-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的	pe-IV-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀	pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據 pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方	tm-IV-1 能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進	ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。

學習內容	觀察，進而能察覺問題。	察或數值量測並詳實記錄。	法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。	能應用在後續的科學理解或生活	
INc-IV-2 對應不同尺度，各有適用的「單位」(以長度單位為例)，尺度大小可以使用科學記號來表達。	子題三：探討活動-太陽系的尺度 從閱讀資料中，分析資料，察覺常用的「太陽系模型圖」在星球直徑大小的比例是對的，但「行星與太陽的距離」的比例則是錯誤的，學生能提出：如果依圖中星球直徑的比例計算，則各行星距離太陽約為多遠?...等問題。	子題三：探討活動-操場上的太陽系 1.能正確依比例計算出縮小後的太陽系各行星赤道直徑、行星軌道半徑。 2.以捲尺、直尺等工具，在繩子所代表的軌道上，量測並標出各行星位置。	子題三：太陽系的尺度 從閱讀資料中整理資訊，用不同的距離單位與表示法，將太陽與行星間的尺度關係列表。	子題三：探討活動-操場上的太陽系 從模型的製作、展示理解宇宙的廣大，及表示宇宙的尺度需要光年等單位。	子題三：探討活動-操場上的太陽系 學生互相解說，評量，並欣賞彼此的作品。

		3.在校園中(操場)展示太陽系模型(行星大小及和太陽的距離)。			
INc-IV-4 不同物體間的「尺度」關係可以用「比例」的方式來呈現。	子題二：探討活動-放大小世界 能從日常生活照片察覺：若無可供比照的對象，則很不容易分辨或表達出圖中物品大小。	子題二：探討活動-放大小世界 能使用「透鏡」、手機組合出手機放大鏡(或手機顯微鏡)，並用來照相，放大微小物品。	子題二：探討活動- 比例尺的應用 能運用比例尺算出地圖上的兩地實際距離，或顯微鏡圖中的細胞的長、寬。		子題二：探討活動-放大小世界 同學間能互相分享，欣賞拍攝的顯微照片。
INc-IV-5 原子與分子是組成生命世界與物質世界的微觀尺度。	子題二：探討活動-變、變、變 學生能從察覺「用嘴咀嚼白飯」和「用研缽研磨白飯」兩者有不同之處，並提出「如果把唾液吐到研缽中再研磨，結果會怎樣呢?」、「口中的唾液會使澱粉產生變化嗎?」....等問題。	子題二：探討活動-變、變、變 學生能操作「澱粉變成糖(澱粉與唾液的反應)」,「糖變成二氧化碳(糖和酵母菌的反應)」等實驗，記錄顏色改變，或氣體產量等數據。	子題二：探討活動- 原子與分子 能分析實驗結果，發現澱粉、葡萄糖、二氧化碳的關係，進而運用這些知識解釋物質是由基本單位(原子)組合，分子可拆解或組合成其他物質。	子題二：探討活動-原子與分子 從澱粉變成糖、糖變成二氧化碳、水變成氫和氧等事實，搭配分子模型圖，建立「分子是可拆解(組合)的」的概念並用來解釋其他化學反應。	

（2）能量與能源

學習表現 學習內容	tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。	pe-IV-1 能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（如設備、時間）等因素，規劃具有可信度（如多次測量等）的探究活動。	ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。
INa-IV-2 能量之間可以轉換，且會維持定值。	子題一：生活中的能源 1.引導學生察覺能量有不同的形式，例如：動能、熱能、光能、電能、化學能等。而透過水升高溫度所吸收的熱能定義熱量單位。 2.各種能量的概念彙整與各種能量轉換與應用，這些不同形式的能量可以轉換，且會維持定值。例如：生物攝取養分，經由呼吸作用轉換成生物可利用的能量，能量會經由食物鏈在不同生物間流轉。配合九年級課程更可以延伸到施力與作功，動能與位能的轉換。		

	3.了解生活中不同能源的特性，包含能源的再生、非再生；穩定性及其可能造成的汙染等。		
INa-IV-4 生活中各種能源的特性及其影響。		子題二：能源自造者之旅 1.科學的新發現，可應用在生活及能源開發與利用。例如：法拉第發現了感應電流的現象，可以用來製作發電機；或愛因斯坦發現了光電效應，可以用來製作太陽能電池等。 2.設計發電機時，能辨明各種變因，規劃並探究實驗。	
INa-IV-5 能源開發、利用與永續性。			子題三：生生不「息」的能源 1.探討生活中新能源開發的可能性、節能減碳的效率及能源開發利用的永續性。 2.透過分組方式以臺灣的觀點討論能源的開發及未來的發展。

（3）全球氣候變遷與調適

學習表現 學習內容	tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。	po-IV-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。	pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。
INg-IV-2 大氣組成中的變動氣體有些是溫室氣體。	子題一：能量與溫度 1.複習前階段「能量的形態式及流動」的相關知識，尤其強調能量有不同形式，例如：熱能與光能，而且說明其彼此間可以轉換。 2.介紹自然界中主要的溫室氣體，例如：水氣、二氧化碳及甲烷等。 3.說明每種溫室氣體對熱能的捕獲率不同，對全球暖化的貢獻程度也不同。		
INg-IV-5 生物活動會改變環境，環境改變之後也會		子題二：全球暖化 1.結合日常生活議題，例如：碳足跡，用電量轉換成二氧化碳排放量等，了解碳元素在	

影響生物活動。		自然界會出現在不同物質中，且可循環使用。 2.人類活動會改變環境，也可能影響其他生物的存在；而環境改變也會影響生物(包含人類)的活動，例如：氣候改變造成生物多樣性的變化、可耕地的改變。 3.介紹人類活動、各種發電方式及新興科技的發展對環境與生態的影響，同時產出大量溫室氣體，並造成各地氣溫紀錄屢創新高。	
INg-IV-7 溫室氣體與全球暖化的關係。			子題三：氣候變遷與調適 1.利用溫室氣體長期變化資料，說明其與全球暖化的關係。 2.全球暖化之後，接踵而至的是南北極冰面積不斷縮小、海平面上升、大氣循環模式或強度改變，進而導至降雨形態改變；碳循環速率改變，影響碳平衡，生態系改變，棲地遷徙或消失，最終會改變生物的多樣性。

			3.因應氣候變遷的方法有減緩與調適。 4.說明減緩的定義並舉例說明，例如：減碳的方法或改善交通運輸工程。 5.說明調適的定義並舉例說明，例如：災害與水資源的調適方法可採用海綿城市的建構、糧食危機的調適方法可預先收藏糧種或建立種子銀行。

三、高級中學教育階段

（一）生物科

在教科書編寫時，除了客觀的生物學知識外，仍須考慮到學習表現的需求，需安排適當的教材內容或教學模式，使相關之學習表現得以達成。

1.學習內容與學習表現之對應

學習表現	tm-Vc-1 能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象，進而了解模型有其局限性。 pc-Vc-2 能利用口語、影像（例如：攝影、錄影）、文字與	tr-Vc-1 能運用簡單的數理演算公式及單一的科學證據或理論，理解自然科學知識或理論及其因果關係，或提出他人論點的限制，進而提出不同的論點。 ah-Vc-1	tc-Vc-1 能比較與判斷自己及他人對於科學資料的解釋在方法及程序上的合理性，並能提出問題或意見。an-Vc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效

學習內容	圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，呈現探究之過程、發現或成果；並在保有個資安全與不損及公眾利益下，嘗試以報告或新媒體形式，自主並較廣面性的分享相對嚴謹之探究發現、成果、結論或主張。視需要，並能摘要描述目的、特徵、方法、發現、價值、限制、運用及展望等。	了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。	性。
BDa-Ⅴc-5	探究活動主題： 真核細胞模型操作與解說 以分組活動方式，讓各小組學生依據所學之內容，觀察、操作一個真核細胞的模型，並以此模型向其他學生介紹真核細胞的結構特性與各胞器之功能。模型可以實物製作，也可以海報繪製、或影片、動畫等方式呈現。		
BGa-Ⅴc-1		探究活動主題： 孟德爾遺傳定律的推導 讓學生依據科學史的資料，閱讀當初孟德爾的實驗設計與成果，並讓學生試著一具實驗數據提出可能的合理推論與解釋。讓學生試著去重複孟德爾	

		當年的推論過程。	
BGb-Vc-4 演化證據對生物分類系統演變之影響。			探究活動主題： 演化證據改變對於生命樹與分類系統的影響 1.先提供學生一系列的演化證據，並讓學生依據這些證據繪出可能的演化樹。並以此演化樹建立一個較合理的分類系統架構。 2.接著再提供學生一些更新的不同演化證據，讓學生試著依據新增之證據重新架構合理的演化樹，然後再依此演化樹的標準進行分類系統的修訂。 3.讓學生討論、分享演化證據、演化樹與分類系統的關聯性。

2.領域內：同（自然科學）領域內不同科目（生物 vs 物理、地科、化學）的對應

學習表現 學習內容	pa - Vc-1 能合理運用思考智能、製作圖表、使用資訊及數學等方法，有效整理資訊或數據。 pe- Vc-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源，能適度創新改善執行方式。能進行精確的質性觀察或數值量測，視需要能運用科技儀器輔助記錄。	pa - Vc-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、獲知因果關係、理解科學相關的社會議題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。 pe- Vc-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源，能適度創新改善執行方式。能進行精確的質性觀察或數值量測，視需要能運用科技儀器輔助記錄。	tc- Vc-1 能比較與判斷自己及他人對於科學資料的解釋在方法及程序上的合理性，並能提出問題或意見。 pc - Vc-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且較完整的疑問或意見。並能對整個探究過程：包括，觀察定題、推理實作、數據信效度、資源運用、活動安全、探究結果等，進行評核、形成評價並提出合理的改善方案。
CJf-Vc-1 醣類、蛋白質、油脂及核酸的性質與功能。 BDa- Va-1 細胞的分子組成。	探究活動主題： 如何檢測還原醣、脂肪與蛋白質？ 利用實際的檢測過程，讓學生了解到生物體內主要的有機組成。		

PKd-Ⅴc-2 光電效應在日常生活中之應用。 CBa-Va-1 化學能與其他形式能量之間的轉換。 BDb-Ⅴa-10 光合作用包括光反應與固碳反應。		探究活動主題： 如何將光能轉換成化學能？ 以光電轉換的生活事件入手，讓學生討論能量間是如何發生轉換的。並讓學生透過光合色素萃取、檢測的方式，了解光合色素的特性與光反應的原理和過程。	
CNa-Va-4 氮循環。 ENa-Va-3 化石燃料是目前用途最廣且最重要的能源，但地球蘊藏量有限，且有破壞全球碳循環平衡的問題。			探究活動主題： 探討燃燒化石燃料對碳循環的影響 學生以碳循環的學理架構，討論大量使用化石燃料可能造成的二氧化碳失衡影響，並探討這樣的失衡狀況可能引發的問題。並依生態學的理論提出可行的改善方案。

（二）物理科

1.同科目

學習表現 學習內容	ai-Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。	ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活周遭的事物產生新體驗及興趣。	ai-IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。	Pa-Vc-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、獲知因果關係、理解科學相關的社會議題、解決問題或是發現新問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。
PKc-Vc-3 變動的磁場產生電場，變動的電場會產生磁場。 PKc-Vc-5 馬克士威方程式預測電磁場的擾動可以在空間中傳遞，即為電磁波。 PKc-Ⅴc-6 電磁波包含低頻率的無線電波，	手機通訊方式 測量手機發出和接收的電磁波，找出那些因素會影響wifi和藍芽信號的強度。	手機通訊方式 學生互相討論手機發出的電磁波的性質和屏蔽電磁波的條件。	手機通訊方式 學生藉由閱讀資料，知道各種波長電磁波的應用，例如：對飛機金屬外殼做非破壞性的檢測，除了應用超聲波外，更精細的檢測需應用哪一種	手機通訊方式 學生能理解電磁波發射的原理及方式。

到高頻率的伽瑪射線在日常生活中有廣泛的應用。 PKc-Va-15 平面電磁波的電場、磁場以及傳播方向互相垂直。			波段的電磁波?	
PKc-Ⅴc-3 變動的磁場會產生電場，變動的電場會產生磁場。	應電流如何產生? 觀察日常生活中有那些現象和用具和應電流有關。	應電流如何產生? 學生嘗試產生應電流，例如：用磁鐵插入或拔離線圈。	應電流如何產生? 討論應電流的效應並自製手搖手電筒。	應電流如何產生? 學生理解手搖手電筒發亮的原理。

2.領域內：同（自然科學）領域內不同科目（物理 vs 地科）的對應

學習表現 **學習內容**	an-Ⅴc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。	pa-Ⅴc-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、獲知因果關係、理解科學相關的社會議題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。	tm-Ⅴc-1 能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象，進而了解模型有其侷限性。
PKc-Vc-6	天文觀測	天文觀測	天文觀測

電磁波包含低頻率的無線電波，到高頻率的伽瑪射線在日常生活中有廣泛的應用。 EEd-Vc-3 天體的亮度與光度用視星等和絕對星等來表示。 EEd-Vc-4 天文觀測可在不同的電磁波段進行。 EEd-Vc-5 恆星的顏色可用來了解恆星的表面溫度。	學生使用望遠鏡或至天文台進行天文觀測。	經由報紙或其他媒體蒐集天文觀測的新聞，注意其觀測的方式及觀測所用的電磁波段。	學生能理解應用不同的電磁波段進行觀測的目的，例如：得知恆星表面的溫度及宇宙正在膨脹的證據。

（三）化學科

1.同科目

學習表現	ti - Va-1 能獨立察覺各種自然科學問題的成因，並能依不同情況發想各種假設及可行的解決方法，進而以個人或	pa - Va-1 能流暢運用思考智能、製作圖表、使用資訊及數學等方法，以有效整理資訊或數據。 pa - Va-2	pc - Va-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且較完整的疑問或意見。並能對整個探究過程中：包括，觀察定題、推理實作、數據信效度、資源運用、活動安	ai - Va-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，

學習內容	團體方式設計不同的實驗步驟，或創造新的實驗方法。	能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、理解科學問題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果；如果結果不同，能進一步探究原因。	全、探究結果等，進行反思、形成評價與改善方案，作為未來改進與提升能力的基礎。 pc - Va-2 能利用口語、影像（例如：攝影、錄影）、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果，並選擇合適的發表方式和途徑。視需要，並能摘要描述目的、特徵、方法、發現、價值、限制、運用及展望等。	學會欣賞科學的美。 ah - Va-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。
CJe-Va-1 反應速率定律式。 CJe-Va-3 碰撞學說解釋影響反應速率的因素。 CJe-Va-4 催化劑與酵素的性質及其應用。	探究活動主題： 化學反應速率 學生能以雙氧水製備氧氣為例(可自行設計不同實驗主題)，設計濃度與溫度兩種不同變因對反應速率的影響之簡易實驗。	探究活動主題： 化學反應速率 學生能執行自行規劃的實驗，觀察並記錄相關現象與數據。 學生能利用科技工具將實驗所得的數據繪製成關係圖(計算或以圖形模擬軟體)與找出關係式，找出濃度與反應速率的關係(建立速率定率式)，並嘗試以碰撞學說解釋濃度與溫度如何影響反應速率。	探究活動主題： 化學反應速率 學生能上台發表實驗設計與結果。 學生能彼此檢核實驗設計的正確性，並提出疑問給予回饋。	探究活動主題： 化學反應速率 學生能查詢催化劑與酵素在生活與科學上的原理、應用與價值。

CJb-Va-3 離子之沉澱、分離及確認。	探究活動主題： 陽離子的沈澱、分離與確認 學生能依已知的實驗結果，設計混合物的分離流程，並設計實驗流程圖。	探究活動主題： 陽離子的沈澱、分離與確認 學生能仔細觀察離子沉澱的現象，並將結果製成沉澱表格。 學生能執行自行規劃的混合物分離實驗，觀察並記錄相關現象與數據。 學生能利用已知的資訊，進行未知物確認。並需能寫出實驗規劃、實驗記錄表格、照片與結論，並討論提出遇到問題的可能解決方案或實驗設計改進之處。	探究活動主題： 陽離子的沈澱、分離與確認 學生能發表自己的混合物分離實驗設計與結果。 學生能針對實驗結果的判斷，互相討論，並進行實驗設計的檢核與改進。	探究活動主題： 陽離子的沈澱、分離與確認 學生能查詢離子之沉澱、分離及確認在生活與科學上的應用與價值。
CJe-Va-3 碰撞學說解釋影響反應速率的因素。 CMa-Va-2 化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題。	探究活動主題： 生活中的化學 學生能由粉塵爆炸的影片和文章，摘要出重點和成因。並能提出預防粉塵爆炸的措施。	探究活動主題： 生活中的化學 學生能由粉塵爆炸文章，學習如何分析段落重點，能將自己的分析結果和同學的結果或其他相關的資訊比較。 利用上述習得的資訊，可以判斷出引起爆炸的推論是否合理。	探究活動主題： 生活中的化學 能以小組合作的方式，依閱讀內容討論，並上台發表各組的討論結果	探究活動主題： 生活中的化學 能將所學到的粉塵爆炸相關資訊，運用在粉塵爆炸資訊的判讀，預防粉塵爆炸，及不同粉塵爆炸的急救處理應用。

2.領域內：同（自然科學）領域不同科目的對應

學習表現 學習內容	ti - Va-1 能獨立察覺各種自然科學問題的成因，並能依不同情況發想各種假設及可行的解決方法，進而以個人或團體方式設計不同的實驗步驟，或創造新的實驗方法。	pa - Va-1 能流暢運用思考智能、製作圖表、使用資訊及數學等方法，以有效整理資訊或數據。 pa - Va-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、理解科學問題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果；如果結果不同，能進一步探究原因。	pc - Va-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且較完整的疑問或意見。並能對整個探究過程中：包括，觀察定題、推理實作、數據信效度、資源運用、活動安全、探究結果等，進行反思、形成評價與改善方案，作為未來改進與提升能力的基礎。 pc - Va-2 能利用口語、影像（例如：攝影、錄影）、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果，並選擇合適的發表方式和途徑。視需要，並能摘要描述目的、特徵、方法、發現、價值、限制、運用及展望等。	ai - Va-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah - Va-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。
PKd- Vc-3 原子光譜。	探究活動主題： 氫原子光譜與電子能階	探究活動主題： 氫原子光譜與電子能階	探究活動主題： 氫原子光譜與電子能階	探究活動主題：

PKd-Ⅴc-4 能階的概念。 CAa-Va-2 波耳氫原子模型解釋氫原子光譜與芮得柏方程式。	學生利用自製簡易原子分光器觀察氫原子光譜，探討實驗結果可說明與支持光的哪些性質，進一步推論波耳如何依據氫原子光譜修正拉塞福原子模型錯誤之處。	學生可從觀察氫原子光譜的波長，找到波長的規律性，應用所學的公式計算出相對的能量。	學生能統整國中與高中所學的原子模型，發表出原子模型發展過程的演變歷程，及說明波耳氫原子模型如何解釋氫原子光譜。 理解科學家如何依據證據，進行反思並修正模型。	氫原子光譜與電子能階 學生能自製簡易原子分光器，並依想像與創意設計分光器的外型。 利用原子分光器，亦可欣賞不同光源的光譜之美。

（四）地球科學

1.同科目

學習表現 學習內容	ai - Vc-1 透過成功的問題解決經驗，獲得成就感。	ai - Vc-2 透過科學探索與科學思考對生活周遭的事物產生新體驗及興趣。 an - Vc-1 了解科學探究過程採用多種法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。	ai- Vc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 an- Vc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。
EIa-Vc-2 板塊邊界可分為聚合、張裂及錯動三大類型。 EIa-Vc-3 板塊邊界有各種不同的地質作用與岩漿活動。	探究活動主題： 板塊怎麼運動？ 學生能由PhET網站中的互動模擬，觀察地球上板塊邊界的地質作用。		
ENb-Vc-2 冰期與間冰期的氣溫變化及海平面的升降，對全球生物與自然環境會造成影響。		探究活動主題： 氣候變遷知多少？ 學生能藉由提供的氣候變遷相關書籍，探討氣候變遷與環境變化的可能關聯。	

ENb-Vc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。			
EFa-Vc-1 由地球觀察恆星的視運動可以分成周日運動與周年運動。			探究活動主題： 如何解釋太陽視運動軌跡？ 學生能以分組討論的方式，利用星圖軟體、天球儀或不同時間地點的太陽軌跡照片，了解並能模擬出太陽在添球上的是運動軌跡模型。
EFb-Va-2 曆法主要是根據天體運動的規律而制定。		探究活動主題： 曆法的制訂和日月地運動之間的關係 學生可在新聞或網路傳聞中引發對曆法的關注，討論其是否為真，並在活動中引入太陽日、朔望月、回歸年的周期找出各種曆法的設計原理，進而能嘗試設計簡潔的曆法並與同儕分享設計概念。	

2.領域內：同（自然科學）領域不同科目的對應

學習表現 學習內容	an-Ⅴc-3 體認科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。	pa-Ⅴc-2 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、獲知因果關係、理解科學相關的社會議題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。	ai-Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。
CMe-Ⅴc-2 全球暖化的成因、影響及因應方法。 ENb-Vc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。	探究活動主題： 氣候變遷 學生利用時事與統計資料，理解影響氣候變遷因素並能思考調適策略。		
CEc-Ⅴa-3 理想氣體三大定律與理想氣體方程式。 EIb-Vc-2 當水氣達到飽和時,過飽和的水氣會凝結或凝固。		探究活動主題： 成雲降雨 學生能利用簡單的大氣壓力改變出現凝結現象的實驗，理解成雲降雨的條件與原理 。	

EFb-Vc-5 由地球觀察恆星的視運動可以分成周日運動與周年運動。			探究活動主題： 太空中的地球 學生藉由真實天體數據與物理萬有引力定律的佐證，認識地球在太空中的相對位置。

四、自然科學探究與實作

（一）素養導向教材編寫原則說明：

課程發展原則應以學生為主體，以跨科學習為原則，鼓勵學生探索未知、保持好奇心。

1.課程發展：在高中「自然科學探究與實作」中，學校可參考教學示例，儘早擬定課程計畫，架構兩個學期的模組或主題之教學活動。為配合課程發展與教學實施，學校應安排足夠師資。依自然科學領域課程綱要「實施要點」之規定，視師生比例需求，逾 25 位學生，增設科學教師一名，依課程需要得由不同學科教師擔任。相關編班辦法、師資編配，由各該教育主管機關訂定。

2.教材編選：高中「自然科學探究與實作」之實施有三項指導原則：(1)依課程設計與發展編寫校本教材。(2)以問題（議題）導向引導探究式學習。(3)教材應有確實的參考資料。

3.教學活動：為提升學生科學素養，培養對於科學資料、文本之蒐集、閱讀、口語與文字表達能力，建議以小組實施規劃、決策、討論、論證等活動。撰寫科學報告、製作簡報、壁報及口頭表達發展高層次認知能力。

4.教學評量：實作評量與檔案評量可應用於學習活動中，主要目的在於了解學生學習歷程，也可做為改進教學、修訂教材教法的參考。導

引學生能自我覺知心智的成長，察覺自己學習方式之優缺點，每學期至少實施一次總結性評量方法。

（二）雙向細目表

學習表現 學習內容 (探究議題)	tr-Ⅴc-1 能運用簡單的數理演算公式及單一的科學證據或理論，理解自然科學知識或理論及其因果關係，或提出他人論點的限制，進而提出不同的論點。	po-Ⅴc-2 能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，確認並提出生活周遭中適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題(或假說)。當有多個問題同時存在時，能分辨並擇定優先重要之問題(或假說)。	pe-Ⅴc-1 能辨明多個的自變項或應變項並計劃適當次數的測試、合理地預測活動的可能結果和可能失敗的原因。藉由教師或教科書的指引或展現創意，能根據問題特性、學習資源(設備、時間、人力等)、期望之成果(包括信效度)、對社會環境的影響等因素，規劃最佳化的實作(或推理)探究活動或問題解決活動。	pa-Ⅴc-1 能運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、獲知因果關係、理解科學社會議題、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。	pc-Ⅴc-2 能利用口語、影像(例如：攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，呈現探究之過程、發現或成果；並在保有個資安全與不損及公眾或他人利益下嘗試以新媒體形式較廣面性的分享相對嚴謹之探究發現與成果。視需要，並能摘要描述目的、特徵、方法、發現、價值、限制、運用及展望等。
野外河流觀察-河流上、	透過網路收集關於河川的相關資訊，整合	依據所蒐集到的河川資料，決定	透過收集的河川資料，小組討論影響河	將河川上中下游觀察到的資料進行整合與分	各小組透過影像和文字紀錄河川觀察所得，整合上

中、下游有何差異?	上中下游的觀察資料，對河川沈積物、流速的基本模式提出解釋。	觀測地點、觀測項目，以探究想知道的問題或了解不同河段河川沉積物的特性。	川沈積物分布的因素、人為工程對河川的影響，並據此設計觀察的計畫。	析，並提出河川沈積物分布、河川流速簡單模式。	中下游數據提出報告，並進行分享與討論。
人類的活動帶給自然環境什麼影響？	學生可以透過探究地球能源與汙染的來源為何、實地勘查學校附近的溪流或圳溝與水質的變化等活動，以推論方式來認識人類的活動帶給自然環境的影響。	學生可以透過實地勘察學校附近的溪流、圳溝、濕地和水質等的變化，對生態的影響等等探索議題，學習人類應如何面對自然環境的變化。	透過探討學校附近的溪流或圳溝哪裡去了，水質有什麼變化？對生態有何影響？在校園相同地區種植不同植物，看是否會引來不同的昆蟲或鳥類等思辨討論的過程，學習辨明多個的自變項或應變項並計劃適當的測試、合理地預測活動的可能結果。	學生從分析鄰近濕地的水汙染增加或人為的過度開發，對濕地生態會產生的影響，認識人類的活動帶給自然環境的影響，從而學習如何運用科學原理、思考智能、數學、統計等方法，從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、解決問題或是發現新的問題。	學生利用文字、口頭報告、討論分析搜集或實地探勘的資料，來比較分析人類的活動帶給自然環境的影響，學習如何摘要描述目的、特徵、方法、發現、價值、限制、運用與展望等。
生物多樣性-校園環境生物知多少?	學生可經由多元方式(網路、校方或長輩)收集關於校園所在地附近的動植物資料，	學生可經由收集的資料及觀察，討論出校園內重要的動植物種類	學生依據收集的資料及興趣，可分組討論影響特定動植物族群大小、分布、出現時	學生依據調查及估算結果釐清校園裡或周圍特定動植物族群量，並推論該族群量是在增加或	學生透過影像和文字記錄校園或附近的特定動植物種類，並估算族群量，整合數據後評估族群量是否

	進而經由老師或網路學習生物多樣性的概念。	及擬探討的生物多樣性對象。	間等因素，並據此規劃調查或印證的方法。	減少，進而依據收集的資料，討論校園內動植物可能的生態功能或角色，及校園內動植物可能的醫藥或仿生等用途。	有變化、或有無外來入侵物種、有無利用價值，就物種與棲地的互動或外來入侵種對環境的影響等進行分享與討論。
如何人工造雲?	學習從網路、圖書或其他可能資源蒐集關於雲形成的過程。	以小組討論並發表降雨的成因以及水氣和雲霧露霜不同之處。亦可進行雲霧露霜的野外探察活動，實際了解以上不同狀態的水。	1.透過討論進一步理解雲的形成原因與過程。 2.討論大氣當中水氣凝結須具備那些條件?如何達到水氣凝結的條件?地球大氣的氣壓隨高度的變化、為什麼多數的雲都在空氣上升的條件下形成? 3.學生分組討論並記錄自然界中那些情形會造成雲霧。並研究如	學生分組討論，在寶特瓶中裝水，充分搖晃，使水氣達到飽和。要如何能夠讓水氣容易達到飽和。利用透明寶特瓶(含蓋子)、線香、打火機，水槽。自行設計人工造雲實驗，討論如何使瓶中水氣產生凝結和可以如何處理?提示學生線香作為對照實驗的關鍵變因。	學生分組針對實驗設計向全班報告、討論。請學生自行執行實驗並撰寫實驗報告。各小組提出可以最方便讓寶特瓶產生雲霧的方法。

			何自行設計人工造雲實驗？		
如何淨化水質？	學生從網路或書籍蒐集水汙染與都市淨水的過程與原理相關資料，理解其中的自然科學知識，進行小組討論簡易淨水器的設計原理與可行的製作方案。	從小組蒐集的都市淨水的過程與原理等資料中討論如何自製簡易淨水器？	小組討論出設計可行的方案，並依據設計方案製作簡易淨水器。	1.學生使用的簡易檢測包（WWMD）或相關測量儀器，檢測污水樣本淨化前後的水質數據，並比較淨水前後水質的差異。 2.各組改善自製簡易淨水器，再比較不同設計的淨水能力。	各小組展示自製簡易淨水器，比較各組淨水效果，說明設計、功效與改善的方法。學生聆聽他組報告並提出相關問題或建議。
為什麼要淨塑?	1.蒐集生活中常見塑膠、天然聚合物性質，廢棄塑膠對工業、生活、環境、生態的影響，化學與前瞻材料發展的趨勢，PVC 淨塑的技術、策略、與現況等資料。檢討塑膠科技的得與失。	從資料蒐集的結果決定探究塑膠對工業、生活、環境、生態影響的議題，包括是否進行實驗。 除了 PVC 塑膠，還有哪些工業或民生塑膠材料需要積極推動淨塑?	1.班級分組各自決定議題以及實作內容，並規劃實作過程。 2.在教師建議的時間、裝備、器材、及其他條件內完成資料蒐集、實驗等工作。	依據工作或得的資料或數據分析、歸納、討論整理出各組的結論。 針對 PVC 或其他塑膠的淨塑議題提出觀點、結論，並與蒐集的資料比較。	教師協助設計淨塑相關之成果發表、研討會、辯論會、生活實踐活動等，並且檢討學習過程進行的心得。

	2.選擇塑膠進行不同方法降解或分解的實驗。比較實驗與蒐集資料的結論之異同，討論實驗與媒體資訊或報導之間的歧異。				

陸 自然科學領域之議題融入說明

陸、自然科學領域之議題融入說明

科學緣起於人類對生活周圍的好奇和需要，在現代的文明生活，我們的周遭充斥著不斷創新的科技產品，各類不同的資訊，以及因資源開發而衍生的環境問題，因此，未來的生活需要具備科學的素養，才能對各類科學有關的問題做出評論、判斷、與行動。議題本身俱有跨領域的特性，可使自然科學領域與其他領域/相互滲透融合，這也是本次自然科學領域課綱的重要理念， 可以 實踐 「尊重多元、同理關懷、公平正義、永續發展」等核心價值。

一、融入議題之選擇

十二年國教自然領域著重於啟發學生科學探究的熱誠與潛能，建構學生基本科學素養，奠定學生持續學習科學與運用科技的基礎，培養社會關懷和守護自然之價值觀與行動力，以及為生涯研發展做準備，可知其中對社會的行動面向，與議題融入教育中公平正義與永續發展不謀而合，且可以相互搭配。自然科學領域課程綱要「附錄二」包含「性別平等教育、人權教育、環境教育、海洋教育」四項議題之學習主題與實質內涵。此外，關於十五項相關議題的融入，如「科技教育、安全教育、防災教育、閱讀素養教育、戶外教育」等多項議題之內涵，亦能呼應本領域之學習重點，深化與拓展本領域的學習。

二、議題融入之作法

對議題融入來說，取材於日常生活和社會廣泛討論的事件，可以貼近學生的生活也符合情境脈絡的學習，因此設計議題融入課程，可思考本領域之「學習重點」與議題「學習主題和實質內涵」兩者呼應關係，並透過連結、延伸、統整與轉化等方式，發展學習目標，設計適切的課程內容，彰顯總綱及領綱之核心素養。 自然科學領綱強調思考智能與問題解決，學生除了學習科學概念外，還要能理解科學對社會的影響，特別是在環境應教育於海洋教育，對於目前社會、文化、國家等面向都具有高度的關聯性，因此在教材選編時可以選用相關的題材，提升學生對於議題的認識與探究的興趣。

教師在現場教學應掌握自然科學領綱與相關議題的關聯，透過教學評等將議題融入，配合領域的學習重點積極地擴充原先內容，以達成跨領域的議題學習。結合學生的舊經驗、生活情境或時事，善用多元的教學方法，透過體驗、省思、實踐的科學實踐歷程，增進學生學習深度與廣度，培養探究、思辨與實踐的能力。有關議題融入的具體作法可參考本章與「柒、教學單元案例」之內容。

三、議題融入之示例說明

關於十九項議題融入藝術領域之學習重點示例說明，以性別平等教育、人權教育、環境教育與海洋教育之議題融入為例，掌握素養導向的教材與教學原則，舉例說明以提供教材編選、教學設計與實施時的參考。

（一）性別平等教育議題

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
生理性別、性傾向、性別特質與性別認同多樣性的尊重	性 E1 認識生理性別、性傾向、性別特質與性別認同的多元面貌。	INb-Ⅱ-7 動植物體的外部形態和內部構造，與其生長、行為、繁衍後代和適應環境有關。	可藉由自然界生物的觀察，認識動物的生殖與其生理構造，以及在自然環境生存適應的特徵，進而探討人類性別特徵和生理現象以及環境適應等問題。
	性 J1 接納自我與他人的性傾向、性別特質與性別認同。	Ga-IV-2 人類的性別主要由性染色體決定。	1.在性別決定的相關單元，協助學生收集影響性別決定的可能因素，如性染色體、激素....等，了解"生理性別"的決定因素是多元的且仍有許多未知。 2.讓學生討論：「心理認同」是否也可算是「性別決定」的一環？當自我或他人的「心理性別」和「生理性別」不相同時，應如何理解與接納? 3.討論當個人的性傾向、性別特質與社會觀點不同時，

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
			應如何理解與接納?
	性 U1 肯定自我與尊重他人的性傾向、性別特質與性別認同，突破個人發展的性別限制。	BGa-Ⅴc-9 同一性狀具有不同的表徵。	列舉同一性狀具有不同表徵的實例，介紹基因的多樣性。以活動的方式讓學生討論基因多樣性及表現型的多樣性在環境適應的重要性，然後讓學生討論性別多樣表現的事實與意義，畫出性別特質光譜，並引導學生尊重與認同性別特質的多樣性表現。
性別角色的突破與性別歧視的消除	性 E3 覺察性別角色的刻板印象，了解家庭、學校與職業的分工，不應受性別的限制。	an-Ⅲ-3 體認不同性別、族群等文化背景的人，都可成為科學家。 INf-Ⅲ-1 世界與本地不同性別科學家的事蹟與貢獻。	透過資料蒐集、查訪與討論，認識世界與本地不同性別科學家的事蹟與貢獻，例如：居禮夫婦、吳健雄、珍古德...等，知道科學事業不應區分性別、背景與種族。
科技、資訊與媒體的性別識讀	性 E7 解讀各種媒體所傳遞的性別刻板印象。	po -Ⅲ-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體等察覺問題。	透過前項學習內容了解科學工作不分性別，進而結合批判性的科學閱讀策略以及媒體內容分析，培養學生察覺媒體中有關科學與性別的議題。
	性 J7 解析各種媒體所傳遞的性別迷思、偏見與歧視。 性 J8 解讀科技產品的性別意	po-Ⅳ-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。	性 J7 解析各種媒體所傳遞的性別迷思、偏見與歧視：可以在相關單元讓學生收集媒體中出現和性別有關的題材，如：男女性在個性、體力、智力...等的差異，分析媒體中所傳遞的觀點是否涉及性別迷思、偏見與歧視，

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
	涵。		並以相關的科學研究成果來驗證。 性 J8：解讀科技產品的性別意涵： 1.在性別決定或生殖等相關單元，由學生提出印象中和生殖，遺傳相關的科技或科技產品，討論：奶瓶、衛生棉(條)、月亮杯、胸罩、集乳器、避孕藥、避孕方式....等是否屬於科技產品？讓學生自我檢視對科技產品是否具性別偏見。也可討論：遺傳疾病篩檢、治療、不孕症、試管嬰兒等議題，討論這些科技隱藏的性別意識偏見及應受的規範。 2.在機械、運動...等相關單元，討論：各種科技產品的設計若以"女性需求觀點"出發，會有哪些不同？如：運動器材的規格、設計，公共廁所的數量....等。
性別權益與公共參與	性 U9 了解性別平等運動的歷史發展，主動參與促進性別平等的社會公共事務，並積極維護性別權益。 性 U10 檢視性別相關政策，並提出看法。	an - V a-3 了解科學知識發展的歷史是與社會、文化、政治、經濟緊密相關。 CMb-Vc-2 未來科學的發展。	在科學史介紹過程中，可藉由閱讀不同性別科學家的傳記與貢獻，引導學生思考不同性別科學家的特質。
性別與多	性 U13 探究本土與國際社會	BMa- V a-1	1.透過影片(如：哈佛大學《正義：一場思辨之旅》之

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
元文化	的性別與家庭議題。 性 U14 善用資源以拓展性別平等的本土與國際視野。	探討代理孕母的倫理與法律問題。 ENa-Va-5 面對永續發展的問題，可以用社會、經濟及環境等三個面向來共同討論與均衡發展。	代理孕母)及臺灣名人尋求代理孕母之實例報導，讓學生了解此議題在國際和臺灣的現況，並引導學生綜合內容中不同立場者的論述，發表自己對此議論的看法或質疑。 2.可以 2014 年「聯合國永續發展目標」為參考，引導學生了解加強國際合作可解決永續發展的挑戰，尤其開發中國家在追求經濟成長下，仍須重視社會公平與環境保護，此兩項目標須透過提升兩性平等、女性的就業機會平等，孩童的保護等方法輔助進行。

(二)人權教育議題

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
人權與生活實踐	人 E6 覺察個人的偏見並避免歧視行為的產生。	an-Ⅲ-3 體認不同性別、族群等文化背景的人，都可成為科學家。	透過資料蒐集、查訪與討論，認識世界與本地不同族群、性別科學家的事蹟與貢獻，知道科學事業不應區分性別、背景與種族，避免因此產生偏見與歧視行為。

(三)海洋教育議題

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
海洋社會	海 J4 了解海洋水產、工程、運輸、能源、與旅遊等	Ma-Ⅳ-4 各種發電方式與新興的能源科技對社	可以臺灣附近海域為例，讓學生討論及比較不同的海岸/海流狀況有哪些優勢或劣勢可發展哪些不同類型的海

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
	產業的結構與發展。	會、經濟、環境及生態的影響。	洋能源，如：溫差發電、潮汐發電、洋流發電、波浪發電等。
海洋科學與技術	海 E11 認識海洋生物與生態。 海 E12 認識海上交通工具和科技發展的關係。	INc-Ⅱ-8 不同的環境有不同的生物生存。 INc-Ⅲ-9 不同的環境條件影響生物的種類和分布，以及生物間的食物關係，因而形成不同的生態系。	認識不同的海洋生態環境及其生物種類，可透過實地或影像的觀察，思考人類如何發展科技以認識海洋、親近海洋和利用海洋。
	海 J12 探討臺灣海岸地形與近海的特色、成因與災害。 海 J14 探討海洋生物與生態環境之關聯。 海 J15 探討船舶的種類、構造及原理。	Nb-IV-2 氣候變遷產生的衝擊有海平面上升、全球暖化、異常降水等現象。 Gc-IV-2 地球上有形形色色的生物，在生態系中擔任不同的角色，發揮不同的功能，有助於維持生態系的穩定。 Na-IV-1 利用生物資源會影響生物間相互依存的關係。 Mc-IV-3 生活中對各種材料進行加工與運用。	可以臺灣為主，讓學生思考氣候變遷下的臺灣會有什麼影響，如：海平面上升對海岸地區居民的影響有哪些、海平面上升與國土面積的變化、沿海養殖漁業是否會受到衝擊等。更可以進一步搜尋或思考全球其他國家或地區是如何因應或調適氣候變遷對其影響，如：海上屋、北冰洋航道等。

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
	海 U11 了解海浪、海嘯、與黑潮等海洋的物理特性，以及鹽度、礦物質等海洋的化學成分。 海 U13 探討海洋環境變化與氣候變遷的相關性。 海 U14 了解全球水圈、生態系與生物多樣性的關係。 海 U15 熟悉海水淡化、船舶運輸、海洋能源、礦產探勘與開採等海洋相關應用科技。	CCa-Vc-1 混合物的分離過程與純化方法：蒸餾、萃取、色層分析、軟水硬化、海水純化等。 EIb-Ⅴc-7 大氣與海洋的交互作用會影響天氣，造成氣候變化，例如：聖嬰現象。 ENb-Ⅴc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。	在水資源相關章節中，藉由閱讀資料、觀賞影片、小組口頭發表或撰寫小論文等，了解臺灣目前海洋科學的研究與發展現況，海水淡化的運用，以及海洋能源、礦產探勘與開採等海洋相關應用科技發展的狀況，拓展學生對海洋科學與技術的認識。
海洋科學與技術	海 E15 認識家鄉常見的河流與海洋資源，並珍惜自然資源。	INf-Ⅲ-4 人類日常生活中所依賴的經濟動植物及其栽培養殖的方法。	從介紹臺灣豐富的海洋資源出發，了解日常生活作息中，人類如何利用海洋及河流的資源，並可透過實際戶外體驗調查活動，例如：參觀漁港、養殖業、市場等經濟活動場域，認識生活中常見的海洋或河流食材，體認到人類與海洋、河流有相互依存的關係，進而珍惜自然資源。
	海 J16 認識海洋生物資源之種類、用途、復育與保	Lb-IV-2 人類活動會改變環境，也可能影響其	可藉由媒體導入的方式，提供幾則國際性的新聞或影片給學生閱讀討論，例如海洋廢棄物問題、鯨豚濫捕問題

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
	育方法。 海 J17 了解海洋非生物資源之種類與應用。 海 J18 探討人類活動對海洋生態的影響。 海 J19 了解海洋資源之有限性，保護海洋環境。 海 J20 了解我國的海洋環境問題，並積極參與海洋保護行動。	他生物的生存。 Ma-IV-2 保育工作不是只有科學家能夠處理，所有的公民都有權利及義務，共同研究、監控及維護生物多樣性。 Ma-IV-1 生命科學的進步，有助於解決社會中發生的農業、食品、能源、醫藥，以及環境相關的問題。 Md-IV-1 生物保育知識與技能在防治天然災害的應用。 Me-IV-1 環境汙染物對生物生長的影響及應用。 Me-IV-5 重金屬汙染的影響。	或海洋保護區等議題，讓學生了解人類活動對環境和其他生物的衝擊影響，同時也可設計活動(例如「模擬聯合國」)，請各組學生扮演一個國家，針對上述議題，各國提出解決策略，從模擬聯合國會議的討論過程中了解海洋保育的工作並非科學家的專責，而是世界公民的權利和義務。
	海 U16 探討海洋生物資源管理策略與永續發展。 海 U17 了解海洋礦產與能源等資源，以及其經濟價	CNa-Ⅴc-2 將永續發展的理念應用於生活中。 ENa-Ⅴc-2 節用資源與合理開發，可以降低人類	1.利用海洋汙染、破壞、生物資源過度利用等相關議題，讓學生分組進行認養。學生依據所學之生態學理論，分析該議題的造成因素與可能解決方向，並在考慮現實生活因素的情況下提出可行之解決方案及說帖來說服

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
	值。 海 U18 了解海洋環境汙染造成海洋生物與環境累積的後果，並提出因應對策。 海 U19 了解全球的海洋環境問題，並熟悉或參與海洋保護行動。	對地球環境的影響，以利永續發展。	其他組學生。 2.可以透過目前海洋礦產資源的開採狀況，及需負擔的經濟與環境成本，了解合理開發的重要性。

（四）環境教育議題(以高中教育階段為例)

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
環境倫理	環 U1 關心居住地區，因保護所帶來的發展限制及權益受損，理解補償正義的重要性。 環 U2 理解人為破壞對其他物種與棲地所帶來的生態不正義，進而支持相關環境保護政策。	ENa-Ⅴc-3 認識地球環境有助於經濟、生態、文化及政策四個面向的永續發展。	以臺灣目前所發生的環境相關議題，讓學生認養題目並進行蒐集，以生態學所學之理論討論引發這些問題的主要原因。再讓學生依現有的法律與生態學園，提出解決該問題的可行方式與可能造成之影響。(包含對於當地人生活或經濟的影響)最後以公聽會之模式，讓學生扮演不同角色，在資料蒐集討論後模擬公聽會，並依此蒐集資料建立一個可行的處理模式。
永續發展	環 U3 探討臺灣二十一世紀議	ENa-Ⅴc-2	1.在綠色與環境化學單元，可藉由延伸閱讀，引導學生

學習主題	實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
	程的內涵與相關政策。 環 U4 思考生活品質與人類發展的意義，並據以思考與永續發展的關係。 環 U5 採行永續消費與簡樸生活的生活型態，促進永續發展。	節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。 CNa-Ⅴc-2 將永續發展的理念應用於生活中。	注重環保與永續發展的理念對人類全體生活的影響。再經由小組討論與辯證，探討科技發展的優、劣，並如何善用其優勢，並降低其壞處，並將永續發展的精神落實與日常生活中。 2.可以水資源為例，透過實際數據了解節用比開源更重要，並藉由計算物件的產生的水足跡，了解製程的繁複增加了水資源耗費，引導學生提出並實踐永續水資源的生活型態。
氣候變遷	環 U6 探究國際與國內對氣候變遷的應對措施，了解因應氣候變遷的國際公約的精神。 環 U7 收集並分析在地能源的消耗與排碳的趨勢，思考因地制宜的解決方案，參與集體的行動。	ENb-Ⅴc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。	利用 IPCC(政府間氣候變化專門委員會)第四次與第五次氣候變遷評估報告書中的氣候變遷資料，了解目前氣候變遷的現象與趨勢，同時配合蒐集各國氣候變遷調適的應對措施與變遷趨勢對應，以檢驗調適方法的效益與修正。

柒 教學單元案例

柒、教學單元案例

本教學單元案例之內容僅供參考，教學者可依學生背景知識的不同而進行調整，可以補充或減少，使教學者易教，學生易學。

一、國民小學教育階段

以下教學單元案例乃延續本手冊「伍、素養導向教材編寫原則」雙向細目表所發展之教學活動案例，各就跨科概念、大概念及議題中心導向，分別研發「案例一-種子遊樂園」、「案例二-能源與能量」、「案例三-氣候變遷下的智慧好生活」，茲提供作為參考。

（一）跨科概念案例

課程設計原則與教學理念說明：

1.本單元以課題 2「自然界的現象、規律及作用」之跨科概念「改變與穩定(INd)」設計符合 3-4 年級學習內容與學習重點之教學示例。單元內容除「改變與穩定(INd)」外，還涉及「構造與功能(INb)」、「系統與尺度(INc)」與「資源與永續性(INg)」等跨科概念的學習內容。以分科的學習內容來檢視，本例囊括生物科和物理科的主題，單元部分學習活動更延伸整合「藝術」領域的學習內容。本教學單元之學習活動預計可達成的學習表現，包括探究能力之思考智能和問題解決，以及科學的態度與本質之培養科學探究的興趣等項目。

2. 本單元由三個學習活動組成，學習活動一：種子尋親記、學習活動二：種子旅行記、學習活動三：種子運動會。學生進行本單元前，至少應已學習過的學習內容有下列三項：INa-Ⅱ-7 生物需要能量（養分）、陽光、空氣、水和土壤，維持生命、生長與活動。INb-Ⅱ-6 常見植物的外部形態主要由根、莖、葉、花、果實及種子所組成。INc-Ⅱ-8 不同的環境有不同的生物生存。

3.本單元的學習活動一：種子尋親記及學習活動二：種子旅行記，主要為延伸學習內容「INb-Ⅱ-6 常見植物的外部形態主要由根、莖、葉、花、果實及種子所組成。」之種子部分，將學習重點內容帶到「INd-Ⅱ-3 生物從出生、成長到死亡有一定的壽命，透過生殖繁衍下一代。」及「INb-Ⅱ-7 動植物體的外部形態和內部構造，與其生長、行為、繁衍後代和適應環境有關。」。學習活動二：種子旅行記及學習活動三：種子運動會，主要在以植物種子為材料，透過簡單的實驗、觀察、紀錄、分類、

建立簡單模型等，培養探究能力之智能思考與問題解決之學習表現，並為呈現跨科概念「改變與穩定(INd)」之主要學習活動。

4.本單元活動名稱「種子遊樂園」及各學習活動均有「種子」二字，但教學重點並不在於教導植物學中的種子形態，而是藉由從日常生活中經常接觸卻又相對陌生的「種子」為主題，引導學生從好奇心著手培養對生活周遭事物有更為敏銳的觀察能力，所以學習活動設計較為具體的果實簡易解剖觀察。除了讓學生進一步了解種子與果實之間的相對關係外，動手實作後之記錄、描繪、歸納分析及發表或同儕討論是重要的學習過程。學習活動中包含幾個以「種子」為材料的實作活動，除上述的簡易解剖外，學習活動更設計結合「種子」與「力」相關的遊戲體驗活動及簡易實驗，目的是讓學習階段二的四年級學生，開始培養解決問題的能力。在「環境」、「植物」、「種子」、「動物」、「力」、「傳播」、「繁殖」等主題間之因果或交互相關的學習過程中，培養科學邏輯思考習慣及科學探究的興趣。

科目/領域別：自然科學	設計者：左漢榮委員、許素娟委員、陳金香委員、劉湘瑤委員
學習/教育階段：如第二學習階段/國小	教學年級：四
單元名稱：種子遊樂園	
教學資源/設備需求：學習單、海報、圖卡、果實種子實物、實驗器材	
總節數： 9 節	
學習目標、核心素養、學習重點(含學習表現與學習內容)對應情形	
學習目標	學習活動一：種子尋親記 1.認識日常飲食中屬於種子的食物。 2.利用簡單工具解剖果實，了解種子與果實的關係。 3.發現並記錄校園或鄰近社區常見植物的種子。 學習活動二：種子旅行記 1.知道部分植物靠種子來繁殖下一代，而不同形態的植物種子需要透過不同的方式來傳播。 2.知道植物種子可以靠自力(彈力)、風力、水力或動物來傳播。 3.透過細部的觀察、解剖與描繪，了解植物傳播機制所依賴的形態特徵。 學習活動三：種子運動會 1.透過實作以各種方式來擾動空氣產生不同強度的風，以模擬風力傳播種子的狀態，測量並記錄風力大小以瞭解風對種子傳播的影響程度。

		2.利用紙張製作靠風力傳播的種子模型，以瞭解風力大小對不同形態特徵的種子傳播的影響程度。 3.透過遊戲模擬，探討種子由動物傳播的方式與力的關係。 4.關心校園或社區的環境改變，對種子的傳播可能造成的影響。
核心素養	**總綱**	A1 身心素質與自我精進 A3 規劃執行與創新應變 B1 符號運用與溝通表達 C1 道德實踐與公民意識
	領(課)綱	自-E-A1能運用五官，敏銳的觀察周遭環境，保持好奇心、想像力持續探索自然。 自-E-A3具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。 自-E-B1能分析比較、製作圖表、運用簡單數學等方法，整理已有的自然科學資訊或數據，並利用較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。 自-E-C1 培養愛護自然、珍愛生命、惜取資源的關懷心與行動力。
學習重點	**學習表現**	tr-Ⅱ-1 能知道觀察、記錄所得自然現象的的結果是有其原因的，並依據習得的知識，說明自己的想法。 tm-Ⅱ-1 能經由觀察自然界現象之間的關係，理解簡單的概念模型，進而與其生活經驗連結。 pe-Ⅱ-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源，並能觀察和記錄。 ai-Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成品來表現自己構想的樂趣。
	學習內容	INb-Ⅱ-4 生物體的構造與功能是互相配合的。 INb-Ⅱ-6 常見植物的外部形態主要由根、莖、葉、花、果實及種子所組成。 INb-Ⅱ-7 動植物體的外部形態和內部構造，與其生長、行為、繁衍後代和適應環境有關。 INc-Ⅱ-5 水和空氣可以傳送動力讓物體移動。 INc-Ⅱ-8 不同的環境有不同的生物生存。 INd-Ⅱ-3 生物從出生、成長到死亡有一定的壽命，透過生殖繁衍下一代。 INd-Ⅱ-4 空氣流動產生風。

		INd-Ⅱ-9 施力可能會使物體改變運動情形或形狀;當物體受力變形時，有的可恢復原狀，有的不能恢復原狀。 INg-Ⅱ-1 自然環境中有許多資源。人類生存與生活需依賴自然環境中的各種資源，但自然資源都是有限的，需要珍惜使用。
議題融入		**環境教育** 環 E2 覺知生物生命的美與價值，關懷動、植物的生命。 環 E3 了解人與自然和諧共生，進而保護重要棲地。
與其他領域/科目的連結		**藝術與人文/藝術**
各單元學習重點詮釋與轉化		
學習活動一：種子尋親記	**學習表現**	tr-Ⅱ-1 tm-Ⅱ-1 pe-Ⅱ-2
	學習內容	INb-Ⅱ-6 INb-Ⅱ-7 INc-Ⅱ-8
		1. 從舊經驗出發引導學生回顧「常見植物的外部形態主要由根、莖、葉、花、果實及種子所組成」，進而討論日常生活中的食物，有哪些是植物的種子部位。 2. 活動設計可利用常見的蔬果，用簡單的解剖方式(果實橫剖與縱剖)，讓學生觀察種子與果實的關係。建議選用容易解剖且能清楚分辨果實與種子的種類。 3. 教學過程不須介紹植物學上嚴謹的名詞定義或要求辨識和記憶各項形態特徵，而著重在果實與種子關係的觀察和植物的繁殖。 4. 設計之學習活動應讓學生在校園中觀察探索，撿拾掉落的果實或種子，找出某時節正在結果的植物，並記錄在校園平面圖中。教師可事先收集校園常見植物的物候資料，以評估適合此單元教學的季節。如校園中有數量較多的剛發芽的小苗，可以納入教學延伸的觀察與討論。
學習活動二：種子旅行記	**學習表現**	tr-Ⅱ-1 tm-Ⅱ-1 pe-Ⅱ-2
	學習內容	INb-Ⅱ-4 INb-Ⅱ-7 INd-Ⅱ-3
		1. 本活動以跨科概念構造與功能之「INb-Ⅱ-4 生物的構造與功能是互相配合的。」為出發點，透過各種不同形式的種子形態觀察，引導至不同形態的植物種子需要透過不同的方式來傳播。

		INd-Ⅱ-4	2. 進行本單元前，學生應已有種植植物(種豆或蔬菜)的經驗，可讓學生回顧從前種植的舊經驗，並強調種子與植物繁殖的關係與重要性。 3. 學習活動應讓學生從事多元的觀察，教師需要準備多樣形式的種子進行教學，除非情況特殊，否則應以實物為主而圖片為輔。 4. 透過實際的觀察、模擬實作或圖片、影片的引導，學生能將觀察的種子依照其形態特徵加以分類，歸納出幾種共同的繁殖傳播形式，例如：自力(彈力)、風力、水力或動物傳播。
學習活動三：種子運動會	**學習表現**	tr-Ⅱ-1 tm-Ⅱ-1 pe-Ⅱ-2 ai-Ⅱ-3	1. 本學習活動先以風力傳播的植物種子實物為材料，透過實作以各種方式來擾動空氣(例如電風扇等)，產生不同強度的風，以模擬種子傳播的狀態。可控制產生強弱(大小)不同的風，測量紀錄種子移動的距離，進而瞭解風力大小對種子傳播的影響。 2. 利用紙張製作靠風力傳播的種子模型，例如：桃花心木種子(或青楓(翅果)、光臘樹(翅果))，探討種子的形態特徵、風力大小對傳種子傳播的影響。 3. 用簡易的模擬操作種子靠動物傳播的過程和受力的方式，例如：以校園常見的大花咸豐草(鬼針草)果實種子為例，以不織布替代動物毛皮。 4. 最後由教師總結植物由開花結果到種子繁殖的歷程，引導學生思考若植物生長的校園或社區環境發生改變，或因劇烈天氣如強風暴雨，將對植物種子傳播所造成的影響。
	學習內容	INc-Ⅱ-5 INd-Ⅱ-4 INd-Ⅱ-9 INg-Ⅱ-1	

學習活動一：「種子尋親記」略案	**評量方法**
第一節：認識日常飲食中屬於種子的食物。 1.教師事先準備常見的食物(蔬果食材)，除了種子之外，需涵蓋屬於植物的各個部位(根、莖葉、花、果實)。 2.利用圖卡，從舊經驗出發引導學生回顧「常見植物的外部形態主要由根、莖、葉、花、果實及種子所組成」。 3.教師利用圖卡或實物介紹植物的身體各部位及其功能。	口頭報告 紙筆評量

4.運用準備的日常生活中的食物(根、莖、葉、花、果實、種子的實物或圖卡每種至少兩項)進行分類，並將結果記錄在學習單中。 (例如：根~地瓜、蘿蔔，莖~馬鈴薯、芋頭，葉~菠菜、小白菜，花~花椰菜、金針花，果實~四季豆、秋葵，種子~花生、紅豆、玉米粒等) 5.教師提問，生活中還有哪些是屬於種子的食物？利用準備的種子的實物或圖卡，提問是否看過或吃過這些食物，引導學生回答。 6.教師進行統整總結，生活中有許多食物是植物的種子，而許多植物主要靠種子來繁殖。	
第二節：「種子在哪裡?」利用簡單工具解剖果實，了解種子與果實的關係。 1.教師事先準備好數種常見的蔬果，例如：水果類~西瓜、木瓜、芭樂、橘子、蘋果、百香果，蔬菜類~四季豆、秋葵、大黃瓜等，分配給各組學生，每組至少 3 種果實，每種至少 2 個，以供觀察。 2.教師示範如何正確與安全使用水果刀解剖果實，並指導果實橫剖與縱剖的不同方式。 3.指導各組學生分別將 3 種果實，其中一個縱剖，另一個橫剖。剖開後找找看，種子在哪裡？ 4.各組將剖開的果實及觀察到的種子簡單描繪，並記錄在學習單。(了解種子在果實內著生的位置) 5.教師總結：許多植物開花後會結果，果實內有種子。	實作評量
第三節：「校園尋親去」發現並記錄校園或鄰近社區常見植物的種子(亦可納入小苗的觀察)。 1.教師準備數種校園常見的果實及種子(實物或圖片)及校園平面圖簡圖。學生分組到校園觀察，找出教師指定的果實及種子的植株。觀察植株特徵，並記錄在學習單，並標註在校園平面圖中。出發前，教師再次提醒學生要遵守學校規定，避免影響其他班級上課。 2.各組另外觀察紀錄目前正在結果的植物或在校園中撿拾到的掉落果實或種子，並記錄在校園平面圖中。 3.各組發表所觀察到的果實或種子及植株的各項特徵及發現位置。 4.教師總結：不同的環境有不同的生物生存，校園中有許多不同的植物，在不同的季節有不同的植物開花結果，可持續觀察記錄。 (註：教學過程中如果遇到校園有數量較多的剛發芽的小苗，可以納入	觀察紀錄 口頭報告

教學延伸並一起觀察與討論。)	
學習活動二：「種子旅行記」略案	**評量方法**
1.教師事先準備各種不同類型的種子或果實，以實物為主而圖片為輔。準備的材料需涵蓋不同傳播形式，例如：靠自力(彈力)、風力、水力或動物來傳播等的種子。(可向台大博物館預約租借種子行動展示盒) 參考植物： ●靠風力傳播：黑板樹、風鈴木、木棉、美人樹、青楓、桃花心木、大花紫薇、光臘樹、火焰木、蒲公英 ●靠水力傳播：檳榔、椰子、瓊崖海棠、銀葉樹、欖仁 ●自力傳播：非洲鳳仙花、酢醬草 ●靠動物傳播(食用)：榕樹、各類水果 ●靠動物傳播(黏附皮毛身上)：大花咸豐草、蒺藜草、野棉花 2.回顧前一節的總結「許多植物靠種子繁殖下一代」，可以補充有些植物是靠其他方式繁殖，例如：靠根、莖、葉等其他部位來繁殖的。(例如：根~地瓜，莖~地瓜、萬年青，葉~落地生根、石蓮花等) 3.進行種子遊戲： (1)老師準備各式果實和種子，分別張貼名稱，展示在桌子上。另準備四個籃子，分別張貼「風力」、「水力」、「自力(彈力)」、「動物」的字樣。介紹果實和種子名稱，便於學生辨識，然後說明遊戲方式。 (2)計時 5 分鐘，請同學根據果實和種子的外形，猜測植物的傳播方式，並將其分類，放到不同籃子內。 (3)老師請同學發表，他們是如何將果實和種子分類。每組可針對其中一種傳播方式介紹即可。報告內容範例參考如下： - 靠風力傳播：因為這類的果實或種子很輕，才可以在空中飛揚，甚至有的種子有輔助飛翔的構造，例如：翅膀，或薄膜。因此，我們猜測青楓因為有二片薄翅膀，桃花心木有一片薄膜，這些構造都可以幫助種子增加在空中停留的時間，幫助傳播到更遠的地方。 - 靠水力傳播：這類果實和種子因需要在水面漂浮，因此會有中空的構造，也多纖維，不會太重。因此我們猜測檳榔、椰子都是靠水力傳播的。 - 利用自身彈力傳播(自力)：因為這類果實或種子利用成熟時彈開來的力量，將種子傳播到遠處，酢醬草就是這類植物。 - 靠動物傳播：(包含動物取食和靠動物身體傳播)	實作評量 口頭報告

a.動物取食~這類果實或種子一般具有鮮嫩多汁的果肉會吸引動物來取食，例如：百香果、蘋果、番石榴、番茄、木瓜等。 b.靠動物身體傳播~這些果實或種子通常有勾刺或，可以黏附在動物身上，大花咸豐草、蒺藜草是這類的種子。 4.教師總結說明，不同的果實藉由不同的構造、形態和功能，能幫助種子傳播。其傳播方式有：隨風傳播、藉水漂浮、自力彈出、動物取食、藉助動物皮毛傳播等。教師公布答案，各組分別統計答對數量並給分。	
第二、三節：知道植物種子可以靠自力(彈力)、風力、水力或動物來傳播。透過細部的觀察、解剖與描繪，了解植物傳播機制所依賴的形態特徵。 1.將前一節活動的材料，每種挑選 1-2 項。例如：風力~桃花心木、青楓、光臘樹，水力~銀葉樹、棋盤腳，動物~鬼針草、野棉花等，而自力(彈力)者可以非洲鳳仙花或酢醬草果實作為範例。將各種果實或種子，分別放入水中、接觸不織布以及自由落體飄落等方式，觀察其不同的表現結果。並讓各組學生討論及發表測試的結果(放入水中會浮或沉、是否黏在不織布上、是否能飄或直接落下？)(如準備的種子數量不足，可由教師自行示範或經由影片進行教學。) 2.各組發表後，教師統整說明不同形態的植物種子需要透過不同的方式來傳播，例如：靠風力、水力、自力(彈力)、或動物來傳播等，並列舉出每種不同傳播方式的植物。 3.教師提問，在前面的遊戲及簡單實驗中，測試不同傳播形式的果實或種子，有哪些特徵能表現出獨特的傳播特性？學生回答後，再引導觀察這些果實或種子的細部特徵。 4.學生分組觀察各類果實或種子的形態特徵(必要時可利用解剖顯微鏡或放大鏡)，並判斷該類果實或種子利用何種方式來傳播，並將其特徵大致描繪在學習單中。 5.分組討論：不同方式的種子傳播方式，其果實或種子會有哪些形態特徵？ 風力~種子具翅或薄膜 水力~果實具空腔(例：銀葉樹)或具蓬鬆纖維(例：椰子)易漂浮 動物~果實為動物食物；果實或種子有鉤刺或黏性腺毛。 自力~能自行將種子彈出。	實作評量 紙筆評量

6.教師示範以魔鬼氈來模擬果實或種子具有鉤刺，以保麗龍球或乒乓球模擬果實具空腔或易於漂浮在水面，以紙片或塑膠條模擬具翅或薄膜的種子。 7.各組發表觀察結果後完成學習單。	
學習活動三：「種子運動會」略案	**評量方法**
第一節：透過實作以各種方式來擾動空氣產生不同強度的風，以模擬風力傳播種子的狀態，測量並記錄風力大小以瞭解風對種子傳播的影響程度。 1.教師事先準備能控制轉速的電扇、桃花心木種子(或其他以風力傳播的果實或種子，例如：青楓翅果、火焰木種子)。 2.老師或同學示範： (1)隨機挑選 10 個以上的桃花心木種子，並從高處放下(最好有 2 公尺以上)，並讓學生觀察桃花心木種子的運動狀況。 (2)教師引導學生發現並能說出，這些桃花心木種子掉落時會旋轉，落下時越早開始旋轉，在空中停留的時間越長(即掉落到地面要花比較久的時間)。 3.探討桃花心木種子落地時間長短對桃花心木種子傳播有什麼影響： (1)分發數個桃花心木種子給各組自行測試，教師引導討論：種子掉落時間的長短對種子傳播有什麼影響？再進行分組報告。 (2)分組報告後，教師引導學生歸納並提出假設，例如：越早開始旋轉的種子，掉落過程時間越長，如果受到風的影響，比較有機會傳播到較遠的地方。 4.進行風力影響桃花心木種子的傳播距離測試： (1)從前一項的分組測試，各組挑選出形態較完整、旋轉程度比較好的桃花心木種子數個，取一個進行後續測試，其餘備用作為損壞時替換。 (2)安置預備的電扇，並在電扇前方 20 公分處，再向上約 100 公分處，設置一個標記處，固定位置作為後續測試用。 (3)讓學生在無風、弱風、強風三種狀態下，從設定的固定位置將選好的一個桃花心木種子放下，放下的方式必須固定(以骨邊朝下與地面平行方式較佳)。 (4)三種風的狀態下各測試至少三次，並記錄測量從風扇前方 20 公分算起的距離長度，再取得平均值。 (5)將測試結果，記錄在表格中。	實作評量

5.進行測試後教師引導學生，就記錄的結果進行分組討論。分組報告測試結果，並簡要推論風力強弱會影響桃花心木種子的傳播距離。 6.教師統整：空氣流動產生風，風可以推動物體(果實與種子)，而風力越強，果實或種子傳播的距離越遠。桃花心木種子從高處落下時會旋轉，旋轉的愈久，停留在空中的時間愈長，受到風的影響時，風力愈強，飄得愈遠。	
第二節：利用紙張製作靠風力傳播的種子模型，以了解種子的形態特徵與風力大小對傳播的影響程度與關係。 1.回顧前一節的活動，風力大小會影響種子傳播的距離。 2.教師準備至少 5-10 個形態差異較多樣(例如：翅較寬大或窄小、翅較長或短、具有皺褶、發育不全或畸形...)的桃花心木種子進行示範(數量足夠時，可以讓學生分組測試)： (1)將準備的桃花心木種子，輕輕地寫上編號(勿破壞種子完整)。 (2)逐一從固定的高度位置(至少 2 公尺以上較佳)，並以固定方式放下(以骨邊朝下與地面平行方式較佳)，並以碼表測量，記錄掉落至地面所花的時間。 3.進行兩輪測試後，教師引導：挑選出花費時間最多與最少的種子，各組進行觀察，並討論什麼因素會影響掉落所花的時間？ 4.分組報告後，教師引導學生歸納出：桃花心木種子的型態差異，可能會影響桃花心木種子落地的時間長短。 5.教師示範桃花心木種子翅的形式，是否會影響掉落時旋轉的程度與落地所花費的時間： (1)教師取三個形態最為相近(翅長度、寬度及重量)，且落地時間也接近的種子。 (2)其中一個保留原狀，一個將翅截去一半，另一個將翅整個去掉，只留下方膨大的部分。 (3)將三個種子一起在前一項示範的相同高度處放下。 (4)學生觀察三個不同種子落下時的狀態，並問學生有甚麼發現。 (5)教師引導並統整，桃花心木種子翅的構造，對於在空中旋轉的程度與延長落下的時間有影響。 6.請學生仔細觀察桃花心木種子的形態特色，教師引導學生說出：桃花心木種子構造特殊，外皮(種皮)有翅的構造，且一邊是薄膜，一邊有較厚	實作評量 口頭報告 作品展示

的骨邊，底端有膨大處。

7.用紙張製作桃花心木種子的模型：教師發下 A4 紙張，根據前一項觀察結果與說明，製作出桃花心木種子的模型。桃花心木種子模型製作參考做法如下：

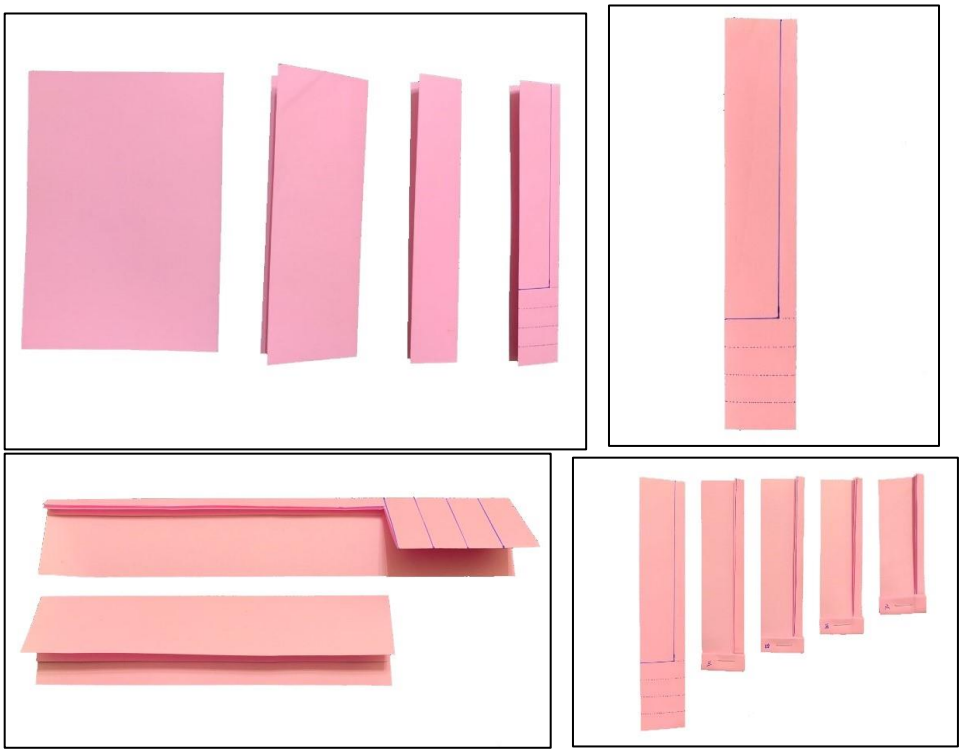
(1)取 1/4 的 A4 紙大小，垂直方向向左對折 2 次(四等份)，再從下方以 1cm 寬度往上折三折，以訂書針固定。

(2)沿右邊實線(約距邊緣 5mm)及向上三折的 40mm 處實線，剪下上方的 3 張，只留下最底下的一片，留住右側的 V 型脊(5mm)有四層。

(3)完成紙製的桃花心木種子。

(4)將紙製的桃花心木種子模型再往上多折 1 折，即可改變種子模型的翅長。可嘗試製作不同折數的種子模型(例如：3 折、4 折、5 折、6 折)，並測試哪個折數的旋轉效果最好。

參考圖：



8.測試製作的桃花心木種子模型，看看能不能像桃花心木種子一樣順利旋轉。

9.如果學生製作模型過程順利，有剩餘時間，可以使用本模型替代真實的種子進行前一節第 4 項：進行風力影響傳播距離的測試。

10.學生發表製作的心得。

11.教師統整：除了風力之外，種子形態構造，會影響種子的傳播。教師

可進一步引導學生思考：即使構造相同，但外形有程度上的差異，是否會有不同的效果產生？未來可進一步探究不同因素，例如：調整翅長、翅寬、長寬比例、重心、翅的旋轉...等，在桃花心木種子傳播上有甚麼影響。 12.本活動可依教學環境與材料取得的方便性進行調整。	
第三節：透過遊戲模擬，探討種子由動物毛皮傳播的方式與力的關係。 1.老師事先準備依靠動物皮毛傳播的種子或果實，例如：大花咸豐草、蒺藜草、山螞蝗、野棉花等植物的種子或果實(教學中以選用校園中最容易取得的大花咸豐草來進行教學較佳)，取尚未完全乾燥而蓬鬆分散的整個果實約 80~100 顆。 2.將學生分成四組，每組 20 顆，其餘備用(材料得重複使用)。每組學生選一人出來代表動物，請其他同學隨意將種子(或果實)附著在代表學生的衣服上，然後等待老師說明規則。 3.老師說明遊戲規則： (1)請代表同學站在起點線後。 (2)每組代表同學衣服上有 20 顆種子(或果實)。 (3)設定終點線(約 5-10 公尺)。 (4)請代表同學在開始計時後 20 秒內，由起點移動到終點。 (5)過程中不能用手去撥弄，但要盡力去用其他各種方式讓身上的種子(或果實)掉下來。 (6)時間結束抵達終點後，計算各組在路程中所遺落的種子(或果實)。 (7)紀錄落下的數量，並依數量多寡給予獎勵，遺落數量最多的優勝。 4.遊戲結束後請各組學生討論種子在過程中，如何由起點移動到另一個地方。討論後請各小組將結論寫在學習單中，再請各組派代表分組報告。 5.老師與同學一起探討，種子(或果實)靠特殊的構造，在動物經過時附著在動物的皮毛上。種子(或果實)移動到另一個地方需要力，透過動物的皮毛攜帶，種子得以傳播出去。 6.老師可視教學時間長短，將遊戲規則改變，例如：讓各組自由挑選不同種類的種子(或果實)，然後小心翼翼的由起點到終點，看身上留下的種子(或果實)哪一組最多，再和同學討論，為何選擇這類種子(或果實)？其種子(或果實)附著動物的皮毛的主要特徵有甚麼不同？ 7.如果時間允許，在安全的情況下，可以讓學生走更遠的距離，來觀察與	實作評量 口頭報告

討論種子(或果實)在過程中遺落的數量，藉以強化種子靠動物的力量傳播，由一個地方移動到其他地方的概念。 8.教師總結並引導：統整種子(或果實)的構造、力與傳播的關係與概念。並請學生利用課餘時間到校園或近郊地區觀察。還有哪些植物會藉由人或其他動物的衣服、皮毛來傳播種子的。	

(二)大概念案例

課程設計原則與教學理念說明：

能源短缺及氣候變遷所帶來的各種災害，已成為當今世界所需面對重要的問題，這不僅關係到地球生態環境的永續性，也影響到每一個人日常的生活。本教學模組教材以「能源與能量」做為大概念教學核心，並以「生活中的能源與能量」為教材主軸來貫穿整個教學活動。將「能量的來源與分類」、「能量可以傳遞，型式可以轉換但總量不變」等概念，透過「蒐集觀察儲存電能的設備」、「製作電動機與簡易發電機等」、「認識生活中能量守恆的現象或實例」、「探討再生與非再生能源」、「節能減碳救地球」等教材學習及探究活動，培養探索科學問題的能力，讓學生了解地球上存在的能量具有許多形式，從操作實驗發現各種形式間可以互相轉換，人類可以讓「能量」以人們所需的形式存在，解決人類面臨的自然環境現況問題。

科目/領域別：自然科學領域	設計者：陳怡文委員、鄭旭泰委員、盧玉玲委員
學習/教育階段(如第三學習階段/國小) 第三學習階段/國小　　教學年級：五或六	
單元名稱：「能源與能量」　(大概念教學模組教材)	
教學資源/設備需求：電池、電池座、小馬達、線圈、鱷魚夾、漆包線、小風扇、單擺實驗組、自編學習單	
總節數： 10 節	
學習目標、核心素養、學習重點(含學習表現與學習內容)對應情形	
學習目標	學習活動一：「電從哪裡來？電到哪裡去？」 學習目標： 1.從日常生活中使用電器的經驗，知道電池等設備可以儲存電能，電廠可以提供電能。 2.了解使用電池的電器產品與其運作時能量的轉換。 3.能應用電池與馬達設計玩具。

		學習活動二：「能量的轉換」 學習目標： 活動二-1 1.透過製作簡易電動機，了解電能可以轉換成動能。 2.透過製作搖搖發電機，了解動能可以轉換成電能。 3.透過製作太陽能小風扇，了解光可以轉換成電能及動能。 4.能針對上述實驗進行質性觀測與數值量測，並了解影響的因素。 活動二-2 1.透過單擺實驗操作，知道擺錘位能的大小與其位置的高低有關，擺錘動能的大小與其運動的速度有關。 2.了解位能與動能可以互換，並且有總量不變的現象。 活動二-3 1.知道食物也是一種能源。 2.了解食物鏈代表生態系中能量的流動與循環。 學習活動三：「節能減碳救地球」 學習目標： 1.知道不可再生與可再生能源。 2.認識能源消耗與碳排放。 3.能執行並評鑑家庭節電計畫，以減少能源浪費的問題。
核心素養	總綱	A3 規劃執行與應變創新　B1 符號運用與溝通表達　C3 多元文化與國際理解
	領(課)綱	自-E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。 自-E-B1 能分析比較、製作圖表、運用簡單數 學等方法，整理已有的自然科學資訊或數據，並利用 較簡單形式的口語、文字、影像、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。 自-E-C3 透過環境相關議題的學習，能了解全球自然環境的現況與特性及其背後之文化差異。
學習	學習	ti -Ⅲ-1 能運用好奇心察覺日常生活現象的規律性會因為某些改變而產生差異，並能依據已知的科學知識科學方法想像可能發生的事情，以察覺不同的方法，也常能做出不同的成品。

<table>
<tr><td rowspan="2">重點</td><td>表現</td><td>pe -Ⅲ-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。
ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。</td></tr>
<tr><td>學習內容</td><td>INa-Ⅲ-6 能量可藉由電流傳遞、轉換而後為人類所應用。利用電池等設備可以儲存電能再轉換成其他能量。
INa-Ⅲ-5 不同形式的能量可以相互轉換，但總量不變。
INa-Ⅲ-7 運動的物體具有動能，對同一物體而言，速度越快動能越大。
INa-Ⅲ-10 在生態系中，能量經由食物鏈在不同物種間流動與循環。
INg-Ⅲ-5 能源的使用與地球永續發展息息相關。</td></tr>
<tr><td colspan="2">議題融入</td><td>環 E14 覺知人類生存與發展需要利用能源及資源，學習在生活中直接利用自然能源或自然形式的物質。
環 E17 養成日常生活節約用水、用電、物質的行為，減少資源的消耗。
環 J14 了解能量流動及物質循環與生態系統運作的關係。
環 J16 了解各種替代能源的基本原理與發展趨勢。</td></tr>
<tr><td colspan="4">各單元學習重點詮釋與轉化</td></tr>
<tr><td rowspan="2">學習活動一：「電從哪裡來？電到哪裡去？」</td><td>學習表現</td><td>ti -Ⅲ-1</td><td rowspan="2">學生透過用電經驗分享及資料蒐集和動手創作，體驗電的來源與應用。
1.能從學習活動、日常經驗及科技運用，搜尋書刊及網路媒體資訊，知道電池等設備可以儲存電能。
2.瞭解日常生活透過電器用品，將電能轉換成我們所需的能量之過程。
3.運用電池與馬達等，設計不同的小玩具，或發揮創意創造多元使用的小工具。</td></tr>
<tr><td>學習內容</td><td>INa-Ⅲ-6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">學習活動二：「能量的轉換」</td><td>學習表現</td><td>pe -Ⅲ-2</td><td rowspan="2">能量的轉換、流動與總能不變屬於抽象的概念，宜透過實際的操作與觀察，充分的討論與論證，建構正確的能量概念。學習重點宜在體驗與發現能量之轉換，而非複雜的器材製作。
1.透過簡單的實驗器材，製作電動機與發電機，讓學生藉由實作的過程了解能量的轉換。
2.觀察單擺的運動情形，了解位能與動能可以互換，並且有總能量不變的現象。</td></tr>
<tr><td>學習內容</td><td>INa-Ⅲ-5
INa-Ⅲ-7
INa-Ⅲ-10</td></tr>
</table>

			3.連結生態系的概念，了解食物鏈代表生態系中的能量流動與循環。
學習活動三：「節能減碳救地球」	學習表現	ah -Ⅲ-2	以科學的角度探討碳排及能耗的議題。 1.能體會能源的使用與地球永續發展息息相關。 2.將日常生活各種活動所排放二氧化碳的數據量化，對照資訊體會感受排碳的實際情形。 3.完成並執行節能減碳的個人計畫。
	學習內容	INg-Ⅲ-5	

學習活動一：「電從哪裡來？電到哪裡去？」教學活動略案：	評量方式
第一節 活動一-1、認識電池的種類與用途。 學生收集日常生活中使用的電池，上網尋找電池的構造與功能等資訊，比較各種電池的異同，並了解電池可以儲存電能。 活動一-2 電從哪裡來？電到哪裡去？ 學習單提供連結「臺灣電力公司電力輸送流程圖」網址，了解電廠如何提供電能，引導學生思考地球上的電力來源以及我們如何使用電能。	口頭報告 專題報告
第二節 活動一-3 設計不同的小馬達玩具 1.透過觀察了解電動的玩具與物品中有小馬達，利用電池可以使馬達產生動力。 2.運用電池與馬達設計不同的玩具或小工具，說明創作旨意。 活動一-4 綜合討論(引導學生討論相關問題如：) 1.電池與馬達的方向性。 2.討論生活中電器用品除了使用乾電池當作能量來源，還有哪些獲得能源的方式。(例如：插座、鋰電池、太陽能電池、動力轉換電池等等) 3.如何將所設計的玩具推廣運用。 4.說出日常生活中如何做好電池回收工作。	實作評量 口頭報告 成品展示
學習活動二：「能量的轉換」教學活動略案：	
第一節 活動二-1：電能轉動能—電動機 1.提供學生電動機的材料或套件，讓學生自行製作電動機。 2.指導學生配合實驗學習單，探討影響電動機轉動速度的因素。	成品展示 實驗設計 口頭報告

<table>
<tr>
<td>(1)討論影響電動機轉動速度的可能因素。例如：線圈的圈數、電池的數量...等
(2)選擇一個因素做為操縱變因進行實驗。例如：進行「線圈的圈數對電動機轉動快慢的影響」，能進行變因的探討。
(3)能夠以數據或圖表表示實驗的量測結果，並能從中得到實驗的結論。例如：
<table>
<tr><td>線圈圈數
轉動圈數</td><td>30 圈</td><td>60 圈</td><td>90 圈</td></tr>
<tr><td>第一次</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>第二次</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>第三次</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>平均</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>第二節
活動二-2：動能轉電能—搖搖發電機
1.提供學生搖搖發電機材料或套件，讓學生自行製作發電機。
2.指導學生配合實驗學習單，探討影響發電機燈泡亮度的因素。
(1)討論影響發電機燈泡亮度的可能因素。例如：搖動的頻率、磁鐵的大小...等
(2)選擇一個因素做為操縱變因進行實驗。進行「搖動頻率對燈泡亮度的的影響」，能進行變因的探討。
(3)能夠由觀測的結果，得到實驗的結論。</td>
<td>成品展示
實驗設計
口頭報告</td>
</tr>
<tr>
<td>第三節
活動二-3：光轉電能再轉動能
1.提供學生太陽能小風扇的材料或套件、製作說明書。讓學生自行製作發電機。
2.指導學生配合實驗學習單，探討影響太陽能風扇風力強度的因素。
(1)討論影響太陽能小風扇風力大小的可能因素。例如：太陽能板的大小、太陽能板的數量...等
(2)選擇一個因素做為操縱變因進行實驗。例如：進行「太陽能板的串聯數量對風扇風力大小的影響」，能進行變因的探討，並思考如何測量風力的大小。
(3)能夠以數據或圖表表示實驗的觀測結果，並能從中得到實驗的結論。</td>
<td>成品展示
實驗設計
口頭報告</td>
</tr>
</table>

第四節 活動二-4：透過單擺實驗操作，了解位能與動能可以互換，並且有總能量不變的現象。 1.指導學生應用簡易器材設計單擺，並觀察或拍攝擺錘的擺動。 2.實際操作或播放影片，讓學生觀察各組擺錘位置高低和速度快慢的關係。 3.教師引進位能與動能的概念，讓學生能以位能與動能描述單擺運動時能量的轉變，並能做出總能量不變的結論。	成品展示 口頭報告
第五節 活動二-5 1.提供簡單的實驗裝置圖，讓學生以箭頭標示出能量傳遞的方向。 2.提供電廠供電圖，讓學生以箭頭標示出能量傳遞的方向。 3.提供食物鏈的海報，讓學生以箭頭標示出能量傳遞的方向。 4.討論三種圖形的異同之處。知道電能、食物均是一種能源，且食物鏈代表生態系中能量的流動與循環。 綜合討論： 1.討論生活中電能轉換成動能的用品或例子。 2.討論生活中動能轉換成電能的用品或例子。 3.討論生活中利用光能發電的用品或例子。 4.討論生活中不同能量型式的轉換例子。	口頭報告
學習活動三：「節能減碳救地球」教學活動略案：	
第一節 活動三-1 認識能源種類 1.認識臺灣目前常用的能源例如：火力發電、水力發電、核能...等。 2.學生運用生活知識與搜尋資料，經由整理分類認識再生能源、非再生能源。(再生能源是可以重複取用的能源；非再生能源所具有的能量是有限的) (1)再生能源有：太陽能、海洋能、水力能、生質能、地熱能、風力能...等。 (2)非再生能源有：石油、天然氣、煤炭、化學能...等。	口頭報告 專題報告 學習歷程檔案
第二節 活動三-2 認識能源消耗與碳排放 1.利用電費單或溫室氣體計算器網頁認識“碳足跡”，了解生活中“二氧化碳”的排放情形。 2.透過影片、網路資料或相關報導，了解碳排放量對環境的影響。	口頭報告 專題報告 學習歷程檔案

第三節 活動三-3 討論生活中應該要如何做到節能減碳 1.學生閱讀節能減碳的相關報導。 2.運用溫室氣體計算器網頁粗估，比較分析當改變用電情況，碳排放量的變化。 3.根據電費單，請家庭排碳量最少的前五名學生，分享「低碳家庭」的用電情形。 4.規劃合宜的班級或家庭節電計畫，並實際執行。	口頭報告 專題報告 學習歷程檔案
參考資料： 1.連結「臺灣電力公司 電力輸送流程圖」網址 2.工研院兒童節能網節能妙妙屋，播放「認識能源」 3.行政院環境保護署「EcoLife 清淨家園顧厝邊綠色生活網」 4.酷臺灣溫室氣體計算器網頁：www.eqpf.org/cooltaiwan/calculator_01.html 5.節能教育資源網推廣教材：http：//energy.mt.ntnu.edu.tw/CH/CH_Materials.aspx	

（三）議題中心案例

課程設計原則與教學理念說明：

因科技發展日新月異，科技工具也隨之普及化，人們對能源日趨依賴，為了獲得更的能源，人類大量使用石化資源，連帶的也對地球環境造成前所未有的破壞。近年來，工業化產生大量的溫室氣體導致全球暖化現象加劇，氣候變遷不僅影響生態環境的永續發展，更影響人類的生活，儼然成為當今人類所需面對的首要之務。為了因應環境遭受破壞導致氣候變遷所帶來的影響，各國政府無不投入大量的資源，致力於環境保護，臺灣更在民國 100 年通過「環境教育法」、101 年更通過「國家氣候變遷調適政策綱領」，目的就是從小紮根，為培育下一代的「環境公民」而努力。

然而，影響氣候變遷的原因錯綜複雜，學科知識更是包含各個層面，欲在短暫的教學堂數中讓國小學生理解絕非易事，為了因應不同地區教學條件與教材內容的差異性，本課程設計採用「模組化」課程方式進行設計，模組化課程強調在設計好的的課程教學模式下，使用可替換的學習物件，教師可依照自己的教學需求、學習者的進度及地域性差異等因素，自行修改調整教學活動。因此，本課程設計以「氣候變遷下的智慧好生活」為主題，涵蓋「氣候變遷」、「能源與生活」及「因應氣候變遷我的行動」三個核心學習內容，並結合課綱所揭示之階段學習表現設計而成，幫助國小學生透過模組化的多元學習內容來培養國民科學素養，

並能以創新的思維與行動在日常生活中實踐。本模組化課程的設計，共有 4 節課，每堂課為配合國小學生的作息時間四十分鐘來規劃，同時利用多媒體協助學生將抽象概念具體化，並可以進行思辨討論，將環境保護的永續概念深植於心。

先備知能：

1.溫度、風、雨等大氣現象會產生變化。

2.溫度產生變化時，可藉由許多方式讓人體適應變化。

3.天氣報告可以讓我們知道今後幾天的天氣可能變化。

4.人類生存與生活需依賴自然環境中的各種資源，(生物、礦物、水、空氣等)，但自然資源都是有限的，需要珍惜使用。

科目/領域別：自然科學領域	設計者：李文獻委員、吳宗勳委員 林勇成委員、黃鴻博委員
學習/教育階段(如第三學習階段/國小)第三學習階段　　教學年級：高年級	
單元名稱：氣候變遷下的智慧好生活	
教學資源/設備需求：自編 PPT、網路科教影片/電腦、單槍、樹脂土、竹筷、回收透明免洗杯、簽字筆	
總節數：4 節	

學習目標、核心素養、學習重點(含學習表現與學習內容)對應情形	
學習目標	**學習活動一：(1 節)** 1.感知日常生活中氣溫變化與極端氣候所帶來的影響。 2.了解「氣候變遷」與人類活動有密切相關。 3.認識氣候變遷對生態環境的影響。 **學習活動二：(1 節)** 1.認識日常生活中常見的能源。 2.探討分析日常生活中使用能量的使用狀況。 3.了解火力發電、工廠及交通工具等排放的溫室氣體是地球暖化重要的原因。 4.認識開發綠色能源與節約能源可以減緩地球能源枯竭與地球暖化問題。 **學習活動三：(2 節)** 1.能自我檢視日常生活中用電的狀況。 2.認識碳足跡之意涵與計算方法。

	3.設計創造在生活中實踐節能或開發使用新能源（例如：太陽能、風力等）的具體做法。 4.為維護地球環境永續、減緩氣候變遷危害，願意承諾盡一份心力，並在生活中實踐。	
核心素養	**總綱**	E-A2 具備探索問題的思考能力，並透過體驗與實踐處理日常生活問題。 E-A3 具備擬訂計畫與實作的能力，並以創新思考方式，因應日常生活情境。 E-B2 具備科技與資訊應用的基本素養，並理解各類媒體內容的意義與影響。 E-C1 具備個人生活道德的知識與是非判斷的能力，理解並遵守社會道德規範，培養公民意識，關懷生態環境。
	領(課)綱	自-E-A2 能運用好奇心及想像能力，從觀察、閱讀、思考所得的資訊或數據中，提出適合科學探究的問題或解釋資料，並能依據已知的科學知識、科學概念及探索科學的方法去想像可能發生的事情，以及理解科學事實會有不同的論點、證據或解釋方式。 自-E-A3 具備透過實地操作探究活動探索科學問題的能力，並能初步根據問題特性、資源的有無等因素，規劃簡單步驟，操作適合學習階段的器材儀器、科技設備及資源，進行自然科學實驗。 自-E-B2 能了解科技及媒體的運用方式，並從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體等，察覺問題或獲得有助於探究的資訊。 自-E-C1 培養愛護自然、珍愛生命、惜取資源的關懷心與行動力。
學習重點	**學習表現**	tc-Ⅲ-1 能就所蒐集的數據或資料，進行簡單的記錄與分類，並依據習得的知識，思考資料的正確性及辨別他人資訊與事實的差異。 pa-Ⅲ-2 能從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題，並能將自己的探究結果和他人的結果（例如：來自同學）比較對照，檢查相近探究是否有相近的結果。 ah-Ⅲ-1

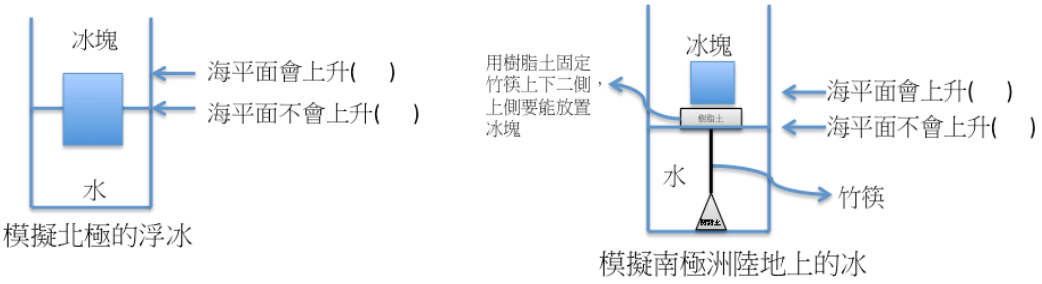
		利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 an-Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。
	學習內容	INg-Ⅲ-4 人類的活動會造成氣候變遷，加劇對生態與環境的影響。 INg-Ⅲ-5 能源的使用與地球永續發展息息相關。 INg-Ⅲ-7 人類行為的改變可以減緩氣候變遷所造成的衝擊與影響。
議題融入		* 四項議題之學習主題與實質內涵 環 E4 覺知經濟發展與工業發展對環境的衝擊。 環 E5 覺知人類的生活型態對其他生物與生態系的衝擊。 環 E6 覺知人類過度的物質需求會對未來世代造成衝擊。 環 E8 認識天氣的溫度、雨量要素與覺察氣候的趨勢及極端氣候的現象。 環 E9 覺知氣候變遷會對生活、社會及環境造成衝擊。 環 E10 覺知人類的行為是導致氣候變遷的原因。 環 E14 覺知人類生存與發展需要利用能源及資源，學習在生活中直接利用自然能源或自然形式的物質。 環 E17 養成日常生活節約用水、用電、物質的行為，減少資源的消耗。

本單元學習重點詮釋與轉化

學習活動一：氣候變遷知多少？	**學習表現**	tc-Ⅲ-1	能從網路資源中的科學影片所提供的數據或資料，進行討論與分析，並依據習得的知識，了解人類的活動會造成氣候變遷，加劇對生態與環境的影響。同時，配合動手操作實驗來驗證其觀點。
	學習內容	INg-Ⅲ-4	
學習活動二：生活與能源	**學習表現**	pa-Ⅲ-2	能從 (所得的) 資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題，並能將自己的探究結果與他人討論，從中了解能源的使用與地球的永續發展是息息相關，故發展替代能源有其迫切性，需要人類共同來解決此一難題。
	學習內容	INg-Ⅲ-5	
	學習表現	pa-Ⅲ-2 ah-Ⅲ-1	能實際從日常生活中能源的實際使用資訊，形成解釋、發現新知，除利用科學知識進行共同討論，並根據日常生活觀察

學習活動三：因應氣候變遷我的行動		an-Ⅲ-1	到的能源使用現象來幫助理解，以了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。在獲知因果關係後，體認人類行為的改變可以減緩氣候變遷所造成的衝擊與影響，培養出對地球環境永續、減緩氣候變遷危害，願意承諾盡一份心力，並在生活中實踐。
	學習內容	INg-Ⅲ-7	

學習活動一：「氣候變遷知多少？」略案	**評量方式**
第一節 引起動機： 一、教師從學生的舊經驗說明天氣的意義。 二、長時間的觀察天氣，可以了解天氣的變化情形，我們稱為氣候。 ★可參考中央氣象局的資料。	
學習活動一-1：多媒體討論與分析 （一）人類使用能源對臺灣造成了哪些影響？ （二）這些影響怎麼產生的？ （三）簡單介紹什麼是氣候變遷？主要說明長時間的天氣變化為氣候，當氣候變化和平常不一樣時，會對地球上生物的生存產生影響。 ★可參考新聞媒體─科學報導。	口頭報告
學習活動一-2：議題討論(科學閱讀) （一）全球暖化的成因為何？ （二）溫室效應的優劣為何？ （三）什麼是溫室氣體？從哪裡來？ ★可參考科學繪本或報章雜誌之報導。	口頭報告
學習活動一-3：綜合活動 一、引導歸納，說明適度的溫室效應是一種自然現象，由於全球暖化的現象加劇，造成天氣異常現象經常發生。 二、學習單 1.請問「溫室效應」意思是地球像處在什麼樣的環境之中？ A.山洞裡　B.玻璃屋　C.茅草屋 2.哪個是導致溫室效應的「溫室氣體」？ A.氧化亞氮　B.甲烷　C.二氧化碳　D.以上皆是	紙筆評量

3.「南極、北極融冰比一比」 請觀察下面實驗後，在(　　)裡打勾，並推論全球暖化所引起的海平面上升現象真正的成因是來自南極洲或是北極的融冰？還是你認為二者都有呢？ 實驗一　　實驗二  推論：由以上的操作實驗觀察後，我認為全球暖化所引起的海平面上升現象主要的原因是 □南極洲的冰　□北極的冰融化所造成的。(請打勾)	實驗設計
學習活動二：「能源與生活」略案	**評量方式**
第二節 引起動機： 一、將上堂課之作業，利用每個題目相對應的教學影片進行檢討。 二、播放教學影片來幫助理解抽象概念(媒體分析) 1.請問「溫室效應」意思是地球像處在什麼樣的環境之中？ A.山洞裡　B.玻璃屋　C.茅草屋 2.哪個是導致溫室效應的「溫室氣體」？ A.氧化亞氮　B.甲烷　C.二氧化碳　D.以上皆是 ★可參考多媒體：中華電視公司--60 秒科學讚 三、檢討作業「南極、北極融冰比一比」，解決迷思概念(可動手操作驗證)。 可在課堂上當場讓學生操作驗證，並進行操作(教師可依實際需求彈性調整上課方式)。全球暖化使冰川融化加速，造成海平面上升，其主要原因是南極洲陸地上的冰融化，大量的淡水流入海裡造成。 ★可參考科學繪本或報章雜誌之報導。 學習活動二-1：多媒體討論與分析 (一)從上一堂課可以了解氣候變遷會造成各種災害，也會對我們的健康產生影響，那麼我們要怎麼辦？ (二)「化石能源」是什麼？ A.石油　B.煤　C.以上皆是	實驗設計 口頭報告

★可參考多媒體：中華電視公司--60 秒科學讚 （三）你知道臺灣最主要的發電方式是哪一種？ A.火力發電　B.水力發電　C.核能發電 ★可參考多媒體：中華電視公司--60 秒科學讚 （四）總整概念： 1.臺灣能源短缺，99.4%靠國外進口，所以對臺灣而言，有必要開發新的能源(或替代能源)。 2.為了降低氣候變遷的衝擊，再生能源是較好的方式(沒有碳排放產生或是不會產生溫室氣體的能源方式)。 ★可參考科學繪本或報章雜誌之報導。	
學習活動二-2：議題討論(科學閱讀) （一）什麼是替代能源？ A.一種新發現的能源 B.可以替代化石燃料的能源 C.可以被替代的能源 （二）請問在生活中，那些是你能做到的節能減碳方式？(引起動機) ★可參考科學繪本或報章雜誌之報導。 （三）生活「節能減碳」經驗分享 可從食、衣、住、行及消費行為等面向分享。 系統思考之總整概念(幫助學生看見整體變化) 節能減碳簡單來說就是「節約能源，減少二氧化碳的排放量」。因為二氧化碳就是溫室氣體，溫室效應會加劇，會造成全球暖化。人類的行為會生產過多的溫室氣體，所以要節能減碳，更要從平常生活做起，培養正確的觀念及好習慣建立。	口頭報告
學習活動二-3：綜合活動 （一）課程學習重點： 可從食、衣、住、行及消費行為等面向討論。 （二）學習單：「節能小達人」 請在標章填上正確的名稱，並調查一下家中那些物品或行為有符合這些標章。	口頭報告 紙筆評量

標章	標章名稱	家裡的物品或行為有符合此標章的物品名稱或行為，請在下方空格內描述	

學習活動三：「因應氣候變遷我的行動」略案	評量方式
第一節 引起動機： 檢討上堂課之作業學習單：節能小達人，並在課堂上針對家中各項物品的環保標章數量進行統計與討論，提出在日常生活中，使用這些節能器具的策略。 學習活動三-1：多媒體及減碳計算器的運用與分析討論 （一）日常生活中，你如何檢視自己家裡用電的情形？ （二）利用 PPT 展示夏季及冬季二張用電電費單進行比較及分組討論？ （三）認識碳足跡觀看碳足跡科學原理多媒體。 ★可參考網路素材「從 唐從聖 碳足跡科學原理動畫」 （四）統整概念： 認識碳足跡標誌，只要有消費就一定會產生碳足跡，故減少消費也是一項節能行為，要盡量避開高碳排的商品，如此才能減少溫室氣體的產生，降低氣候變遷的衝擊。 （五）認識減碳行為計算器 ★可利用行政院環境保護署「EcoLife 清淨家園顧厝邊綠色生活網--減碳行為計算器」進行粗估。 學習活動三-2：綜合活動 一、歸納課程學習重點： （一）家裡用電的情況要隨時掌握，除了能幫助家裡減少開支外，並能為地球環境永續付出一份心力。	口頭報告 實驗設計 口頭報告 紙筆評量

（二）每一種消費行為就是一種碳排放，如何降低碳排放，首先要養成生活的節儉好習慣，非必要的商品不要購買。

二、學習單：與家人合力完成「碳足跡大發現」

各位小朋友，請你完成下面的調查，「EcoLife 清淨家園顧厝邊綠色生活網」之「減碳行為計算器」調查一下你個人在一個月的碳排放是多少？記得請家人一起幫忙哦！

調查項目	增加碳排放(粗估)公斤	減少碳排放(粗估)公斤
食的部份		
衣的部份		
住的部份		
行的部份		
消費行為部份		

第二節

引起動機：

檢討上堂課之作業：「碳足跡大發現」，進行全班調查，了解誰的碳排放用的最少，請該名學生發表減少的原因，提供大家討論。

學習活動三-3：多媒體(或科學閱讀)討論與分析　口頭報告

從食衣住行四個面向中，了解他人如何利用「創意」來減少碳排放的努力作為。

學習活動三-4：生活「節能減碳」經驗分享　口頭報告

請以生活中如何增加「創意」為主。

學習活動三-5：綜合活動　口頭報告

紙筆評量

（一）身為地球公民的一分子，為了有效為地球環境永續付出一份心力，生活上的各種消費行為都要以節約為主。

（二）臺灣是一座能源短缺的國家，要如何開發替代能源一直是我們要面對的重要問題，大家要共同來努力，才能打造一座綠色能源島嶼。

（三）未來在進行或規劃各項活動，都要以如何降低碳排放為目標，隨時要保有地球只有一個的全球環境永續思維。

二、家人合力完成學習單：「減碳達人旅行去」。

小朋友，請你以盡量減少碳排放的概念和家人共同完成下次全家三天二夜的旅行減碳規劃！發揮您的創意，讓您的旅程不只豐富且能為地球永續盡一份心哦!

調查項目	第一天	第二天	第三天
食的部份			
衣的部份			
住的部份			
行的部份			
消費行為部份			

二、國中教育階段-跨科題材教學單元案例

國中教育階段每學期至少包含一個跨科題材單元，實施跨科主題整合的自然科學探究與實作學習，故至少有六個跨科單元。以下提供三個跨科題材教學示例，其中「從原子到宇宙」題材以自然科學導論的方式讓學生從不同尺度來認識科學探究的對象，並以實作或建模等方式增加學生的思考智能和問題解決能力，建議編列在七年級上學期；「能量與能源」題材以結合日常生活經驗為課程導向，讓學生學習發現問題，並進行一系列科學探究能力的培養，建議編列在八年級；「全球氣候變遷與調適」題材以整合先前各階段所習得之相關科學概念，輔以多元的教學策略，作為國中學習自然科學知識之統整與應用，建議編列在九年級下學期實施。

(一)從原子到宇宙

課程設計原則與教學理念說明：

1.以跨科概念「系統與尺度」連貫課程內容

本模組(從原子到宇宙)是以跨科概念「尺度」為主軸，去連貫和統整不同學科的概念或現象，形成主題，連結的學習內容包括：認識自然界的一般(可視)、巨觀和微觀尺度的現象、知道自然界各種物質、現象和生物都可以從不同尺度去探討、探討不同尺度的現象時，會使用各種不同的單位、原子與分子是組成生命世界與物質世界的微觀尺度。也就是透過「尺度」的觀點去認識自然科學的內容，而沒有「學科」的分別，其功能是以「導論」的方式讓學生認識自然科學的通則，也為之後生物科各項生理作用的學習奠定基礎，所以對象設定在七年級。

2.以「自然科學探究與實作」為主要學習方式

本模組根據十二年國教課綱「素養導向」原則、以學生為主體來規劃學習活動，全部課程採「分組合作」模式，學生透過「實作」進行探究。

學習活動包括：網路流言追追追(課內實作及延伸作業)、臺灣黑熊的研究報告(閱讀，發表)、認識分子模型圖、閱讀太陽系家族資料、使用手機顯微鏡(放大鏡)來照身邊微小的物品、以比例尺實測地圖、顯微圖換算實物大小、實作"澱粉變成糖"、"糖變成二氧化碳"的活動、實作"簡易電解水實驗"、實作"操場上太陽系模型"等，都是由學生進行的實作與探究。

3.以生活經驗，問題解為素材

本模組的素材以貼近學生生活經驗的事物為主，例如：第一單元以"買飲料"、"麵包發霉"等生活事件來看科學、用臺灣本土科學家黃美秀研究本土生物臺灣黑熊的例子認識科學家的工作；第二單元用顯微鏡觀察的身邊的微小物品、採用米飯、糖、酵母菌、水...等學生熟悉的事物作為化學變化實驗材料；第三單元把巨觀的太陽系縮小到學校場域操場，都是符合學生生活經驗的素材。

<table>
<tr><td colspan="2">科目/領域別：自然科學領域</td><td>設計者：吳月鈴委員、鄭志鵬委員、張文華委員</td></tr>
<tr><td colspan="3">學習/教育階段：第四學習階段　　教學年級：七</td></tr>
<tr><td colspan="3">單元名稱：從原子到宇宙</td></tr>
<tr><td colspan="3">教學資源/設備需求：電腦、手機、碘液、澱粉液、本氏液、電池、雙頭鱷魚夾電線、HB 筆心、5M 捲尺。</td></tr>
<tr><td colspan="3">總節數： 8 - 11 節</td></tr>
<tr><td colspan="3">學習目標、核心素養、學習重點(含學習表現與學習內容)對應情形</td></tr>
<tr><td colspan="2">學習目標</td><td>學習表現</td></tr>
<tr><td>學習重點</td><td>學習表現</td><td>tm-IV-1
能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。
po-IV-1
能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。
po-IV-2</td></tr>
</table>

		能辨別適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題（或假說），並能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜探究之問題。 pe-IV-2 能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。 pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。 an-IV-1 察覺到科學的觀察、測量和方法是否具有正當性，是受到社會共同建構的標準所規範。
	學習內容	INc-IV-1 宇宙間事、物的規模可以分為微觀尺度、和巨觀尺度。 INc-IV-2 對應不同尺度，各有適用的單位(以長度單位為例)，尺度大小可以使用科學記號來表達。 INc-IV-3 測量時要選擇適當的尺度。 INc-IV-4 不同物體間的尺度關係可以用比例的方式來呈現。 INc-IV-5 原子與分子是組成生命世界與物質世界的微觀尺度。 INc-IV-6 從個體到生物圈是組成生命世界的巨觀尺度。
議題融入		性 J3 檢視家庭、學校、職場中基於性別刻板印象產生的偏見與歧視。 環 J1 了解生物多樣性及環境承載力的重要性。 環 J2 了解人與周遭動物的互動關係，認識動物需求，並關切動物福利。 環 J14 了解能量流動及物質循環與生態系統運作的關係。
與其他領域/科目的連結		1.比例尺概念結合社會領域地理科「地圖」繪製、視圖等內容。 2.單位表示法數學領域「科學記號」單位等內容。

各單元學習重點詮釋與轉化			
子題一：科學導論 (2-3 節)	**學習表現**	tc-IV-1 po-IV-1 pe-IV-2 ah -IV-2 an-IV-1	1.含 2 節課，第一節：科學研究常用的方法；第二節：科學在研究什麼? 2.主要學習活動包括： (1)以情境式事件或實例，實作練習解決問題、探究真相的方法。 (2)閱讀科學家的故事(影片)和研究報告(閱讀資料)，了解科學研究對象：一般可觀察的和微觀的、巨觀的事物。科學雖分為生物學、理化科學、地球科學，但其實他們是互相相通而沒有明顯界限的。
	學習內容	INc-IV-1	
子題二：微小的世界 (4-5 節)	**學習表現**	po-IV-1 pe-IV-2 pa-IV-2 tm-IV-1 ai -IV-2	1.含 4 節課，第一節：放大小世界，第二節：比例尺的應用，第三節：變、變、變，第四節：原子與分子。 2.主要學習活動包括： (1)使用手機顯微鏡(放大鏡)來照身邊微小的物品，體驗微小的意義。 (2)以地圖上的比例尺量測，換算兩地實際距離，利用顯微圖所附比例尺量測、換算一個細胞的長度，認識微米奈米等單位。 (3)實驗操作：將米飯研磨成漿、澱粉和唾液的反應、糖和酵母菌的反應，從現象觀察建立"澱粉、糖會轉變成其他分子"的概念。 (4)實作簡易電解水實驗,了解水可被分為氫和氧，再整合第三節的實作結果推論澱粉、糖、水、二氧化碳、氫、氧之間的關係。以"分子模型圖"認識原子與分子的關係。 3.此部分可結合以下次主題進行教學：Bd-IV-2、Da-IV-2、Da-IV-3、Fc-IV-2。
	學習內容	INc-IV-2 INc-IV-3 INc-IV-4 INc-IV-5	
子題三：遼闊的太空 (2 - 3 節)	**學習表現**	po-IV-1 pe-IV-2 tm-IV-1 an-IV-1	1.含 2 節課，第一節：太陽系家族，第二節：操場內的太陽系。 2.主要學習活動包括： (1)研讀太陽系家族資料。

		ah -IV-2	(2)用線上軟體找出當太陽直徑為某一尺度時，在此比例下各行星星球半徑、行星和太陽的距離，製作太陽系模型。
	學習內容	INc-IV-5 INc-IV-2 INc-IV-3	

子題一：科學導論

學習流程	策略說明及評量
第一節：如何學自然科學?	
1.起：為什麼要學科學 (1)提問：為什麼要學科學？ (2)討論：買飲料要用到哪些「科學」？	**1.起** (1)學生想法通常以考試，獲得知識，發明科技產品...為主，此提問是為之後的"科學方法"預留伏筆。 (2)讓學生分析自己在解決問題時的思考過程。
2.承：(認識科學本質) 以"拜拜水果易腐爛"和"麵包不發霉表示含有防腐劑"為例，讓學生反思自己"認同"某一主張時，是否有注意" 證據"的存在或可信度。	**2.承** (1)學生多能說出"鬼"不可驗證，所以這個主張是"不合理"的，但多數學生認為『不發霉含防腐劑』是對的。 (2)此處主要在讓學生體認『科學是可驗證的』。
3.轉(實作---科學方法) (1)以"麵包為何不發霉"為例逐步解析科學方法。 (2)強調觀察後要察覺問題(能提出 why 問題) 。 (3)練習提出 how 問題(how 問題；含有可操作(改變)的因素及可測量的因素) 。	**3.轉** (1)讓學生分辨 why 問題和 how 問題。 (2)熟練實驗組對照組的設計 從"操作型問題中"確定多個自變項，選一個操作變因來做假設並設計實驗,其餘為控制變因。 (3)過程中應提醒學生注意科學方法不是直線、單向的流程，常因新的發現或與預測不符或實驗困難等而做修正。
4.合(統整) (1)將科學方法以圖示呈現。 (2)提供延伸作業： 請選擇一擇網路傳聞。	**4.合** (1)科學方法並沒有一定的順序和步驟，實驗須反覆修正。

學習流程	策略說明及評量
1.網路流言追追追： (1)分析傳聞中的主張為何?有無證據? (2)尋找資料，試著提出你對這個傳聞的新看法或請舉你生活中的例子，以文字和圖說明運用科學方法來解決問題的過程。	(2)延伸作業---老師可提供幾個網路流傳的"事件"，讓學生用科學方法來驗證真偽(可設計實驗並利用課餘時間實作或僅做書面實驗設計)。 (3)網路流言例如：「不肖西瓜商人給西瓜打甜蜜素，胭脂紅...等」、「檸檬汁或柳橙汁會溶解塑膠杯蓋，釋出有毒物質」....等。
第二節 科學在研究甚麼?	
1.起：科學在學什麼 (1)活動：小學自然課你學過哪些內容?學生將答案寫在便利貼紙上，貼到黑板。 (2)根據學生的"答案"將科學內容初步分類，例如：理化科、生物學、地球科學...。 (3)有些內容不易區分科別，因為它的性質是"跨科"的。	**1.起：**科學在學什麼 (1)連結學生舊經驗。 (2)鼓勵學生依自己想法將學習內容"分科"，並提出不易分科的例子(例如：全球暖化似乎屬於地球科學，但因為會影響生物的生存，所以也會出現在生物科中)。
2.承：(科學家在做什麼) (1)以"黑熊媽媽---黃美秀"的故事(影片)呈現科學家研究的方式之一及科學研究的價值。 (2)閱讀---臺灣黑熊研究報告改寫而成 的閱讀資料。 (3)學生描繪科學家形象。	**2.承：**(科學家在做什麼) (1)以黑熊媽媽---黃美秀為題材的原因一來是本土訴求，二來是兼顧性別平等。 (2)研究報告中呈現影片看不到的內容，例如：臺灣黑熊的 DNA 定序、青剛櫟營養成份研究等，可多面向呈現科學研究的內容並導入「微觀」的概念。 (3)「科學家在做的事」，建議的內容包括：科學家的研究工作有哪些? 科學家的研究有什麼重要性? 你認為“科學家”需要具有哪些能力或特質？
3.轉：(科學研究的尺度：看得見的與看不見的)	**3.轉**(科學研究的尺度)

學習流程	策略說明及評量
以臺灣黑熊研究的素材(活動範圍、黑熊身高、青剛櫟果實、蛋白質、DNA)的尺度排列(Km~0000000001m)，導入科學研究內容的尺度。 **4.合：**(科學研究的尺度與跨科) 以臺灣黑熊的研究為例說明：科學不分科...科學研究對象包含各種不同尺度。	青剛櫟、臺灣黑熊的型態行為...等屬於可觀察的尺度，而活動範圍、生存環境、氣候變化等屬於巨觀，蛋白質、DNA 則屬於微觀。 **4.合** (1)將以上研究的對象放置在尺度圖的適當位置。 (2)另舉實例分析科學研究的不分科及研究對象包含各種不同尺度。

子題二：微小的世界

學習流程	策略說明及評量
第一節 放大小世界	
1.起：你能看到多小的東西? 活動：列出你可以看到的 5 種「小東西」，由大到小排列，並估計大小！ **2.承：**(放大的工具) (1)介紹常見的放大工具(放大鏡、手機顯微(放大)鏡、複式顯微鏡)。 (2)做法---參考影片。 (3)製作自己的手機放大鏡。 **3.轉：**(用手機顯微鏡拍照) (1)用手機顯微鏡拍照。 (2)同學互猜拍的影像為何種物品?	**1.起：**你能看到多小的東西? (1)學生列出的微小東西包括：手機厚度、1 元硬幣的厚度、大頭針的「頭」、大頭針的「針」...等。 (2)此處只要"估計"而非精確測量，主要是給學生"體驗"自己的估計和事實的差距。 **2.承：**(放大的工具) (1)器材：7mm 透鏡-1 個/人，環保黏土 2 塊/組，手機(平板)1 部/組。 (2)手機放大鏡只需一個透鏡(成本約 1.5 元)，一小撮黏土，一個動作(用黏土將透鏡黏在手機鏡頭上)即可完成，而且可放大觀察、拍照紀錄，是很方便好用又便宜的輔助觀察工具。 **3.轉：**(用手機顯微鏡拍照) (1)用手機顯微鏡拍照，至少 5 種。 (2)學生互猜拍的影像為何種物品? 鼓勵學生照片應以清晰、放大倍數大者為佳。 (3)若 e 化設備齊全，可將拍得的照片上傳供全班欣賞。

學習流程	策略說明及評量
4.合：(大約有多大?) 請學生設法告訴別人自己所拍攝的物品實際大小約為多少?	**4.合：**(大約有多大?) (1)請學生設法告訴別人自己所拍攝的“物品”實際大小約為多少? (2)鼓勵學生在課後拍攝足以說明大小的照片(例如：將有刻度的尺入鏡、或選擇適當比例尺....等)，此處在為比例尺概念埋伏筆。
第二節 比例尺的應用	
1.起：照片與實物的大小 提供各種顯微照片(無成像圈、有成像圈、有成像圈+放大倍數)，引導學生思考這些圖片何者較能讓人判斷「實物大小」?	**1.起：**照片與實物**的大小** 承第一節：利用手機放大鏡照像並沒有成像圈，為免剛接觸"顯微世界"的學生忽略成像圈，所以用一連串的顯微照(無成像圈、有成像圈、有成像圈加放大倍數)引導學生思考，成像圈、放大倍數的意義。
2.承：(比例尺的應用) (1)從以物品做為比例尺，到地圖上的比例尺，認識比例尺的類別與使用。 (2)學生利用地圖上的比例尺量測、計算出地圖上 AB 兩地的實際距離。	**2.承：**(比例尺的應用) (1)引進比例尺概念 (身邊的物品也可做為比例尺)。 (2)用不同放大比例的地圖，讓學生推測地圖上的比例尺應代表何種尺度? 例如：：學生竟然猜測臺灣全圖上的比例尺為 50 公尺，可見學生缺乏「尺度」概念。 (3)估算常見的兩點(例如：學校到車站)的距離---這是要測試(或讓學生自己評估)學生的距離感，多數學生的估計值和實際值相差極遠。
3.轉：(認識微米) (1)運用比例尺實測圖中最長的細胞其長軸的實際長度(數百 **μm)**。 (2)認識 μm(微米)與毫米、米的關係。 (3)知道"科學記號"的表示「科學記號」的表示法。	**3.轉：**(認識微米) (1)在印出的洋蔥表皮細胞顯微圖上(A4 大小每組一張)上，讓學生利用比例尺實測最長的細胞的長軸(實際長度約數百 **μm)、短軸**。 (2)認識 μm(微米)與毫米、米的關係：只要知道微米是毫米的千分之一、毫米是米的千分之一即可。 (3)此模組在七年級上學期實施時，學生應還沒有"科學記號"概念，所以只要簡介即可。

學習流程	策略說明及評量
(4)認識奈米與微米、毫米、米的關係。 **4.合：**(從米到奈米) 統整米到奈米的事物。	(4) 認識奈米與微米、毫米、米的關係：這裡只是要建立奈米、微米等微觀尺度的概念，不強調計算。 **4.合：**(從米到奈米) 用圖將各尺度表達出來。
第三節　變、變、變	
1.起：一粒飯可以有多小? (1)一粒飯如何可以切到最小(例如：用刀切/用研磨)。 (2)加水溶解。 **2.承：(澱粉不見了-實驗設計)** (1)用「研磨磨到最細」，和「用嘴巴咀嚼到最細」兩者結果相同嗎? (2)實作活動---唾液將澱粉變成糖。 (3)結論：唾液可以把澱粉變為糖。 **3.轉(糖會變成其他物質嗎?)** (1)以葡萄酒、麵包、饅頭的行程說明糖和酵母菌的作用。 (2)實作：酵母菌薑糖變成二氧化碳。 由學生嘗試用糖、酵母菌、水（冷、熱），組合出最容易使塑膠袋膨脹（產生的二氧化碳充氣）的組。	**1.起：一粒飯可以有多小?** (1)選擇飯作為素材是 1.貼近學生生活 2 飯經煮過,澱粉較易溶於水中。 (2)切細，加水溶解都屬於物理變化(但此處不用強調)。 **2.承：(澱粉不見了)** (1)做法一：用 1 號夾鏈袋、半張糯米紙，加溫開水，以最微量、最簡易的方式來進行觀察。 (2)透過透明塑膠袋，在 5 分鐘內可以比較出加唾液和不加者的差別（糯米紙有無被切碎），同時可以各取出一滴來加碘液做澱粉測試，約 10-15 分鐘，加唾液組澱粉測試結果就會出現黃褐色，此時兩袋液體都加入本氏液，進行糖的測試（只要丟進熱水杯中無需另外加熱），加唾液組會呈現正反應。 **3.轉(糖會變成其他物質嗎?)** **(1)**發酵是學生較熟悉的反應，所以從酵母菌和糖的作用導入。 (2)夾鏈袋的優點是：方便、便宜、易觀察內部反應情形。 (3)糖、酵母菌由教師預先處理成溶液，學生較好取用也可避免浪費。 (4)靜置時也可以用手加溫或混合等。 (5)可加做「檢定二氧化碳的活動」。

學習流程	策略說明及評量
4.合(討論結果) 綜合 2 個探討活動的結論。	**4.合(討論結果)** 實驗結果可以推論： (1)唾液可以使澱粉變成糖。 (2)酵母菌可以使糖變成氣體（二氧化碳）
第四節 原子與分子	
1.起： 提問：水也可以被變成其他物質嗎?	**1.起：** 水會被改變成其他物質嗎?多數學生會答水蒸氣或冰(甚至雲、雨、雪、霧)...等不同型態，教師可趁此機會複習國小時的粒子觀：冰、雨水等的本質都是「水」，只是「水粒子」間的距離不同而已。
2.承： (1)示範簡易水電解裝置(杯子中裝鹽水)。 (2)裝置完成，說明通電後，若看到炭棒上有氣體，表示水已被電解成正、負極上的氣體（氫和氧）。 (3)學生操作水的電解，觀察並記錄正負極上的變化。	**2.承：水也可以被分得更小嗎** (1)學生缺乏電解的相關知識及操作技能，所以教師須先示範，此處電解只是做為"水也會被轉變成其他粒子"的可觀察現象，不必涉及電解原理。 (2)本單元的 3 個實驗(澱粉被分解、糖被分解、水被電解的實驗)都只是要把「看不到的分子變化」轉化為肉眼可觀測的現象，至於其原理、反應式等並不是本節重點，教師可以背景知識的方式，簡單補充即可。
3.轉：(找出它們的關係) (1)利用前面做過的觀察推論出 C、H、O 三種基本粒子並學習其符號。 (2)從葡萄糖分子模型圖判斷一個葡萄糖分子共有幾個原子? 幾種原子? 如果用符號表示可以怎麼寫? (3)認識生物體內常見的分子(葡萄糖、澱粉、脂質、蛋白質)。	**3.轉：** (1)從氧氣(有氧)、二氧化碳(有氧、有碳)、水(有氧、有氫)的分子模型圖推測碳、氫、氧三個元素，並介紹元素符號。 (2)學生很容易從模型上算出有 3 種原子、24 個原子，但他們無法寫出正確分子式，老師只要說明元素符號和數字是分子式的 2 個重點，科學界對分子式命名、寫法有公認的規定，但目前只需要學習葡萄糖，二氧化碳，水，氧氣等 4 種物質的分子式即可。 (3)這裡雖也出現脂質、蛋白質，但只要知道脂質是由碳、氫、氧組成，蛋白質是複雜的大型分子即可。

學習流程	策略說明及評量
4.合：(生物體內常見的原子與分子) 統整生物體內常見的分子(葡萄糖、澱粉、脂質、蛋白質)及原子(碳、氫、氧、氮)。	**4.合：(生物體內常見的原子與分子)** 在有原子概念後，統整生物體內常見的分子(葡萄糖、澱粉、脂質、蛋白質)及原子(碳、氫、氧、氮)，重點在建立「原子可組合成不同的分子」和「分子可拆解成其他分子」的概念。

子題三 遼闊的太空

學習流程	策略說明及評量
第一節 太陽系的尺度	
1.起：(舉出身邊之最大) 讓學生舉出生活中各種「大尺度」的事物。	**1.起：(舉出身邊之最大)** 例如：最高的生物的高度、最高的建築、最高的山、最深的海溝...等，讓學生從身邊事物開始體驗「巨觀」的尺度。
2.承：太陽系的尺度 (1)以一個新聞事件讓學生找出報導中哪裡錯了(原報導：紐西蘭地震、可能引發的海嘯高度預估為 0.2-5 公里)？ (2)從閱讀資料知道「天文單位」是用來表示行星與太陽的距離；表達距離時若數字極大(或極小)，常以的形式$a\times10^{n}$的形式(科學記號)來表示。	**2.承：認識太陽系** (1)生活中有許多誤用單位的例子都可以做為教材，此處選用海嘯警報使用的資料，誤把米當成公里。此處主要是舉一些誤用「單位」造成的問題，讓學生了解「不同尺度所使用的單位不同」。 (2)七年級學生尚未學習到科學記號，此處只是讓學生知道科學記號($a\times10^{n}$)可以方便我們判斷大小即可(n 每差 1 表示差 10 倍)。
3.轉：(太陽系尺度換算) (1)用線上軟體(連結網址)試算 3 組數據。	**3.轉：太陽系尺度換算** (1)試算 3 組數據(建議指定太陽直徑為 10mm 和 100mm 的數據，另一組由學生自選)，其目的主要是讓學生對太

學習流程	策略說明及評量
(2)選用一組數據來做模型，並說明選用這組數據的原因。 (3)討論太陽系模型中行星大小可能出現的誤差問題。 **4.合：** 依比例畫出太陽與 8 個行星。	陽系的尺度有基本概念，例如：當太陽直徑為 100mm 時，太陽與海王星的距離超過 300m。 (2)選用一組數據的考量主要在「太陽和海王星的距離」，若需幾百公尺，則校園中可能沒有適當場所。 (3)討論模型誤差問題：在此尺寸的模型中，太陽和海王星的距離可能是幾百公尺，但類地行星的直徑只有不到 0.1 公分，若畫出來的行星大小有誤差，是否在可接受的範圍? **4.合：(實作)** 依計算結果畫出太陽與 8 個行星。
第二節 操場上的太陽系	
1.起： 實作量出行星軌道的相對位置。 **2.承：操場上的太陽系** (1)將太陽系模型在校園內展開。 (2)各組互相觀摩、解說及評量。 **3.轉：飛出太陽系** (1)知道恆星間的距離必須用更大的距離單位：光年來表示。 (2)認識目前估計的宇宙大小。	**1.起：量出行星和太陽的距離** 測量時牽涉工具的選用(捲尺直尺或其他)及估計值的使用，此處只要先給基本概念即可不必要求精準。 **2.承：操場上的太陽系** (1)將代表各星球的卡片掛在軌道(塑膠繩)上，將軌道(塑膠繩)帶到校園中、選一場地(例如：操場)將繩子展開。 (2)派同學站在地球、木星、土星...海王星位置(視人數而定)。 (3)輪流到各組參觀(解說)，並評量模型是否正確。 (4)拍照留念。 **3.轉：飛出太陽系** (1)最近的一個恆星：半人馬座**比鄰星**，位於約 40 兆公里處，約在 4.37 光年處。 (2)複習巨觀尺度的距離單位。

學習流程	策略說明及評量
4.合：(power of ten) 統整由微觀至巨觀的各種尺度。	4.合：(power of ten) 統整由微觀至巨觀的各種尺度，橫跨 10^{-18} ~ 10^{26} 的尺度。

（二）能量與能源

課程設計原則與教學理念說明：

本單元是以自然科學領綱學習內容要項之跨科概念-物質與能量為主，從學生日常生活經驗中找出常用的能量，並知道自然界的能量是可以轉換的，延伸到能源的概念。學生能閱讀文本，提出關鍵字及摘要，在小組中討論並分享結論；對於能源的開發與利用，可由蒐集資料、提出證據與結論、設計簡易實驗並繪製圖表等科學基本能力，合作規劃可行步驟並進行自然科學探究活動，以培養分析、評估與規劃、回應多元觀點之基本能力，並分辨資訊之可靠程度及合法應用，以獲得有助於探究和問題解決的資訊。

本單元若要完整以議題式課程發展，建議可以在九年級進行。若配合課程單元發展，可以將子題一三放在八年級實施，子題二於九年級實施。

科目/領域別：自然科學領域		
學習/教育階段：第四學習階段/國中　　教學年級：8~9		
單元名稱：能量與能源		
教學資源/設備需求：教科書、教師自行設計閱讀資料、電與磁的模型、馬達和電線等		
總節數：5~8 節		
核心素養、學習重點(含學習表現與學習內容)對應情形		
核心素養	**總綱**	A2 系統思考與解決問題 B2 科技資訊與媒體素養 C2 人際關係與團隊合作
	領(課)綱	自-J-A2能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，提出問題可能的解決方案。 自-J-B1能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名

		詞、數學公式、模型，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。。 自-J-C2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與問題解決的能力。
學習重點	**學習表現**	ti-IV-1 能依據已知的自然科學知識概念，經由自我或團體探索與討論的過程，想像當使用的觀察方法或實驗方法改變時，其結果可能產生的差異；並能嘗試在指導下以創新思考和方法得到新的模型、成品或結果。 tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。 tc-IV-1 能依據已知的自然科學知識與概念，對自己蒐集與分類的科學數據，抱持合理的懷疑態度，並對他人的資訊或報告，提出自己的看法或解釋。 po-IV-2 能辨別適合科學探究或適合以科學方式尋求解決的問題（或假說），並能依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，提出適宜探究之問題。 pe-IV-1 能辨明多個自變項、應變項並計畫適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（例如：設備、時間）等因素，規劃具有可信度（例如：多次測量等）的探究活動。 pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。 pc-IV-1 能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。

	學習內容	INa-IV-1 能量有多種不同的形式。 INa-IV-2 能量之間可以轉換，且會維持定值。 INa-IV-3 科學的發現與新能源，及其對生活與社會的影響。 INa-IV-4 生活中各種能源的特性及其影響。 INa-IV-5 能源開發、利用及永續性。
議題融入		環 J16 了解各種替代能源的基本原理與發展趨勢。 海 J17 了解海洋非生物資源之種類與應用。

各單元學習重點詮釋與轉化			
子題一：生活中的能源	**學習表現**	tc-IV-1 tr-IV-1 po-IV-2	1.引導學生察覺能量有不同的形式，例如：動能、熱能、光能、電能、化學能等。而透過水升高溫度所吸收的熱能定義熱量單位。 2.各種能量的概念彙整與各種能量轉換與應用，這些不同形式的能量可以轉換，且會維持定值。例如：生物攝取養分，經由呼吸作用轉換成生物可利用的能量，能量會經由食物鏈在不同生物間流轉。配合九年級課程更可以延伸到施力與作功，動能與位能的轉換。 3.了解生活中不同能源的特性，包含能源的再生、非再生；穩定性及其可能造成的汙染等。
	學習內容	INa-IV-1 INa-IV-2 INa-IV-3	
子題二：能源自造者之旅	**學習表現**	ti-IV-1 pe-IV-1 pa-IV-2 ah -IV-2	1.科學的新發現，可應用在生活及能源開發與利用。例如：法拉第發現了感應電流的現象，可以用來製作發電機；或愛因斯坦發現了光電效應，可以用來製作太陽能電池等。 2.設計發電機時，能辨明各種變因，規劃並探究實驗。
	學習內容	INa-IV-4	
子題三：生生不「息」的能源	**學習表現**	tc-IV-1 pc-IV-1 ah -IV-2	1.探討生活中新能源開發的可能性、節能減碳的效率及能源開發利用的永續性。 2.透過分組方式以臺灣的觀點討論能源的開發及未來的發展。
	學習內容	INa-IV-5	

子題一：生活中的能量教學活動略案	評量策略
第一節 1.自然界和生活中，能量以多種形式存在著，請學生說出所知道的能量有哪些？ ✧ 教師可以準備相關影片以引導學生多方思考，引入多元的能量名詞。 2.以食物的能量為例子，引導學生說出不同形式的能之間也會互相轉換。例如：生物攝取能量，經由呼吸作用或光合作用等化學反應的過程，轉換成生物可利用的能量，能量會經由食物鏈在不同生物間流轉。 ✧ 引導學生思考，當生物由食物中獲得養分後，所有養分都可以轉換成能量嗎？可以從食物鏈導入小組討論能量如何傳遞，進而延伸至能量金字塔的概念說明。 3.請學生思考生活中是否也有能量轉換的例子，例如：蠟燭燃燒、水的三態變化、遊樂設施(盪鞦韆、溜滑梯或雲霄飛車等)有哪些型態的能量轉換，如何以能量守恆來說明。若配合九年級課程可說明或討論得更深入，如熱能散失、熱影響空氣流動、海流運動及地表溫度等觀念。若要加入實作課程和討論，可能需要再增加半節課的時間。 ✧ 可以從水加熱變成水蒸氣的實驗操作，讓學生觀察並找出有哪些能量及能量轉換的方式。 ✧ 可以設計護蛋活動-如何讓蛋從三樓高落下卻不會破。 ✧ 可以透過牛頓擺或動能位能轉換的教具操作帶入討論議題。	1.學生能舉出生活中的例子，並說出能量的轉換。 2.學生能用能量守恆概念說出食物的能量如何轉換成生物可利用的能，或是物體運動涉及的能量轉換。
第二節 1.從早期到現在，生活中我們需要那些能源使生活過得更好，並提問-如何產生電？ ✧ 引導學生多元發想，老師可以在黑板上列出學生提出的概念，全班共同歸納分析再聚焦到能源的主題。 2.引導學生閱讀教材，認識各種能源的內容及能源的分類，使學生了解能源的重要性及人類應用能源的歷程。 3.學生能使用圖表或概念圖，分析各種能源的使用對環境所造成的汙染和危害。	學生能說出能源的種類，區分再生能源和非再生能源的區別。

✧ 建議以教科書的文本或教師指定的教材讓學生自行閱讀，提出關鍵字及摘要，在小組中討論並分享。	
子題二：能源自造者教學活動略案	**評量策略**
第一節 科學的新發現，可應用在生活及能源開發與利用。例如：法拉第發現了感應電流的現象，可以用來製作發電機。以電動機或發電機的模型引導學生了解發電的原理，知道如何將力學能轉換成電力讓 LED 燈泡發亮。 ✧ 透過模型來了解發電的原理，並延伸到其他種發電方式。	學生可以說出操縱變因和產生的電力大小的關係。
第二、三節 學生動手設計簡易發電機，能分組討論、規劃實驗項目，並上台分享自製發電機設計原理及改變變因(至少一項) (教師提供市售馬達、美工刀或剪刀、LED 燈、電線等材料。) ✧ 可以從現有的能源教具示範(例如：手搖手電筒、風力發電機、氫氣車等)或是影片介紹，讓學生運用生活中的材料設計簡易發電機。 ✧ 除了設計出簡易發電機，還希望學生能改變變因，以圖表整理數據來表達探究的過程。	1.學生能說出發電機的設計原理，展示自製作品。 2.學生能使用正確的變因關係，知道控制變因、操作變因和應變變因。
子題三：生生不「息」的能源教學活動略案	**評量策略**
第一節 臺灣是一個海島型國家，海洋能源蘊藏豐富，以波浪發電、溫差發電及海流發電為主，引導學生閱讀教材，認識各種綠能發電，知道海洋能源將是另一極龐大而不可忽視之新興再生能源。 ✧ 可以先由影片導入，再進行文本閱讀。 ✧ 若教師找到的影片時間較長，亦可直接請學生從影片中找重點及摘要。	學生能分析教材中的資訊，分享海洋能的資源。
第二、三節 1.學生從數據中找出臺灣使用的主要能源，及節約能源的方式。 ✧ 可加入認識電費單的課程，分析家中耗電的電器或用電習慣，進而討論節能的方式。 ✧ 亦可從報章雜誌或媒體報導夏季用電量攀高峰的訊息，認識臺灣的發電廠及用電習慣。	1.學生能蒐集資訊，分析臺灣使用的能源及未來的因應。 2.學生能寫出簡易的科學報告。

2.考慮臺灣的地理環境條件，學生上網蒐集資料，分組討論如何開發新的能源，說明其理由並完成簡易的報告格式。 ✧ 亦可以公共電視或 Discovery 的影片進行課程討論，希望學生聚焦在臺灣使用的能源。	
參考資料： 一、例如：輔助教材：課本 二、網路資源： https：//www.youtube.com/watch?v=y2-yEDHKqa8&feature=youtu.be https：//www.youtube.com/watch?v=IxM-9Tl3cAg http：//scitechvista.most.gov.tw/zh-tw/articles/c/0/9/10/1/1678.htm www2.nsysu.edu.tw/physdemo/2012/E3/2012 演示看板	

（三）全球氣候變遷與調適

課程設計原則與教學理念說明：

本教學單元是以領綱學習內容要項之跨科概念-「資源與永續」為前提，並以當前人類所面對的「全球氣候變遷與調適」為議題，結合先前各階段所習得之生物和理化等相關科學概念，輔以實驗操作、科學文本閱讀、多媒體媒材導入、小組探究活動等多元教學策略，發展以學生為主體之學習活動，建議在九年級下學期實施，可作為國中學習自然科學知識之統整與應用。

茲將重要教學理念條列如下：

1.以虛擬互動軟體(PHET)導入課程，除了引發學生的學習興趣之外，還可將自然界抽象的情景具體化。

2.以影片引發學生省思，導引其關心生存環境。

3.以科學閱讀的共閱方式，帶領學生探討全球氣候變遷的影響與因應策略。

4.以實驗活動來探討「能量的流動」和「溫室效應與二氧化碳的關聯」及以小組活動來涵養學生關懷地球的共識和價值觀。

科目/領域別：地球科學/自然科學領域		
學習/教育階段：第 4 階段/國中　　教學年級：9		
單元名稱：全球氣候變遷與調適(跨科主題)		
教學資源/設備需求：筆電、投影設備、實驗器材(燒杯、檯燈、紙箱、電子式溫度計、錫箔紙、瓶裝二氧化碳)		
總節數：3 節		
核心素養、學習重點(含學習表現與學習內容)對應情形		
核心素養	**總綱**	B2/科技資訊與媒體素養 C1/道德實踐與公民意識 C3/多元文化與國際理解
	領(課)綱	自-J-B2 能操作適合學習階段的科技設備與資源，並從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，培養相關倫理與分辨資訊之可信程度及進行各種有計畫的觀察，以獲得有助於探究和問題解決的資訊。 自-J-C1 從日常學習中，主動關心自然環境相關公共議題，尊重生命。 自-J-C3 透過環境相關議題的學習，能了解全球自然環境具有差異性與互動性，並能發展出自我文化認同與身為地球公民的價值觀。 ai-IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。
學習重點	**學習表現**	tr -IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。 po-IV-1 能從學習活動、日常經驗及科技運用、自然環境、書刊及網路媒體中，進行各種有計畫的觀察，進而能察覺問題。 pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。 pc-IV-1

		能理解同學的探究過程和結果（或經簡化過的科學報告），提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案。 pc-IV-2 能利用口語、影像（例如：攝影、錄影）、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型或經教師認可後以報告或新媒體形式表達完整之探究過程、發現與成果、價值、限制和主張等。視需要，並能摘要描述主要過程、發現和可能的運用。
	學習內容	INg-IV-1 地球上各系統的能量主要來源是太陽，且彼此之間有流動轉換。 INg-IV-2 大氣組成中的變動氣體有些是溫室氣體。 INg-IV-3 不同物質受熱後，其溫度的變化可能不同。 INg-IV-4 碳元素在自然界中的儲存與流動。 INg-IV-5 生物活動會改變環境，環境改變之後也會影響生物活動。 INg-IV-6 新興科技的發展對自然環境的影響。 INg-IV-7 溫室氣體與全球暖化的關係。 INg-IV-8 氣候變遷產生的衝擊是全球性的。 INg-IV-9 因應氣候變遷的方法，主要有減緩與調適兩種途徑。
議題融入		環J9了解氣候變遷減緩與調適的涵義，以及臺灣因應氣候變遷調適的政策。 環 J14 了解能量流動及物質循環與生態系統運作的關係。 資訊教育、閱讀素養、品德教育
與其他領域/科目的連結		社會領域/地理科、健康與體育領域/健康教育科

各單元學習重點詮釋與轉化			
子題一：能量與溫度	**學習表現**	tr-IV-1 pc-IV-2	1.複習前階段「能量的形式、轉換及流動」的相關知識，尤其強調能量有不同形態，例如：熱能和光能，而且說明其彼此間可以轉換。 2.介紹自然界中主要的溫室氣體，例如：水氣、二氧化碳及甲烷等。 3.說明每種溫室氣體對熱能的捕獲率不同，對全球暖化的貢獻程度也不同。
	學習內容	INg-IV-1 INg-IV-2 INg-IV-3	

子題二：全球暖化	**學習表現**	po-IV-1 pa-IV-1 pc-IV-1 pc-IV-2	1.結合日常生活議題，例如：碳足跡，用電量轉換成二氧化碳排放量等，了解碳元素在自然界會出現在不同物質中，且可循環使用。 2.人類活動會改變環境，也可能影響其他生物的存在；而環境改變也會影響生物(包含人類)的活動，例如：氣候改變造成生物多樣性的變化、可耕地的改變。 3.介紹人類活動、各種發電方式及新興科技的發展對環境與生態的影響，同時產出大量溫室氣體，並造成各地氣溫記錄屢創新高。
	學習內容	INg-IV-4 INg-IV-5 INg-IV-6	
子題三：氣候變遷與調適	**學習表現**	po-IV-1 pa-IV-1 pc-IV-1 pc-IV-2	1.利用溫室氣體長期變化資料，說明其與全球暖化的關係。 2.全球暖化之後，接踵而至的是南北極冰面積不斷縮小、海平面上升、大氣循環模式或強度改變，進而導至降雨形態改變；碳循環速率改變，影響碳平衡，生態系改變，棲地遷徙或消失，最終會改變生物的多樣性。 3.因應氣候變遷的方法有減緩與調適。 4.說明減緩的定義並舉例說明，例如：減碳的方法或改善交通運輸工程。 5.說明調適的定義並舉例說明，例如：災害與水資源的調適方法可採用海綿城市的建構、糧食危機的調適方法可預先收藏糧種或建立種子銀行。
	學習內容	INg-IV-7 INg-IV-8 INg-IV-9	

子題一：(能量與溫度)教學活動略案 認識能量與溫度的關係，並能知道溫室效應的機制及影響	**評量策略**
第一節：教學策略(POEC 預測-觀察-解釋-比較) 1.複習前階段「能量的形式與流動」的相關知識，強調能量有不同形式及其彼此間的流動。 ➢ 可使用提問或影片或示範實驗導入課程，例如： ✓ 請學生舉出日常生活中有哪些事物的運轉需要能量？用到哪一種能量？(口頭提問導入) ✓ 以植物行光合作用的影片來說明能量彼此間的流動。(影片導入)	1.能說出日常生活中至少一項事物的運轉需要能量。(口頭問答) 2.能分辨出大

✓ 裝置兩相同水量的燒杯，分別置入溫度計，一杯放在桅燈下照射，另一杯沒有任何裝置，靜置 15 分鐘，觀察結果，以簡單實驗說明能量的流動。(實驗導入) 2.介紹自然界中主要的溫室氣體，例如：水氣、二氧化碳、甲烷等。 ➢ 在學生已具備「能量的形式、轉換及流動」的先備知識下，與學生探討什麼是溫室氣體，為何稱為溫室氣體，大氣中哪些又是溫室氣體。活動如下： ✓ 先複習大氣中的主要氣體，包括固定氣體和變動氣體。 ✓ 請學生操作 PHET 虛擬互動軟體(主題：溫室效應/溫室氣體)，觀察大氣中哪些氣體被紅外線照射後有反應，哪些不會，請學生討論並提出想法或解釋。https：//phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/greenhouse (溫室效應) ✓ 假使資訊媒體設備無法支援，上一個教學活動亦可改以科學文本或影片媒材或講述式教學替代。 3.說明每種溫室氣體對熱能的捕獲率不同，對全球暖化的貢獻程度也不同。 ➢ 學生知道溫室氣體的意義之後，再提問：是否每一種溫室氣體對熱能的捕獲率都相同？請學生探究。 ➢ 再請學生操作 phET 虛擬互動軟體(主題：溫室效應)，模擬各種氣體在不同濃度情境下對地表溫度產生的變化，請學生討論並提出符合科學的結論。 ➢ 也可以實驗活動來探討溫室效應與二氧化碳的關聯。實驗操作簡述如下：準備一個大紙箱及兩相同大小的燒杯，分別置入電子式溫度計，一杯裝空氣，另一杯灌入二氧化碳氣體，都以錫鉑紙蓋住燒杯口，放在紙箱內並以桅燈照射(兩杯距離燈源相當)，靜置 15 分鐘，觀察溫度的變化。 ➢ 也可以科學文本閱讀的方式，直接提供相關的資訊給學生閱讀，帶領學生討論溫室氣體對熱能的捕獲情形。 4.教師進行綜合性總結，將學生提出的看法做適度且正確的歸納統整，並提醒學生最後活動所獲得的資料將於下一堂課使用，請學生適當保存。	氣中的溫室氣體，並能說明溫室氣體的意義。(口頭問答或紙筆測驗) 3.能了解主要溫室氣體對熱能捕獲率的不同。(口頭問答或紙筆測驗)

子題二：(全球暖化)教學活動略案：探究導致全球暖化的機制	評量策略
第一節： 1.結合日常生活議題，例如：碳足跡，用電量轉換成二氧化碳排放量等，了解碳元素在自然界會出現在不同物質中，且可循環使用。 ➢ 教師先複習溫室氣體對熱能不同捕獲率的知識，延續上一堂課的探索活動，並提供幾個主要溫室氣體在大氣中的停滯時間，讓學生了解有些溫室氣體一旦產生，要很久才會消失，對地球表面溫度的上升，貢獻很大，但卻是負擔。(閱讀資料) ➢ 設計活動讓學生感受日常生活中的作息和行為很容易產生不必要的溫室氣體，例如：「不『碳』氣的一天」活動，提供碳排放相關資料(或請學生自行上網查詢)，請學生(或小組)計算個人(或小組)一天生活的碳排放量(碳足跡的計算)，再請學生(或小組)發表，彼此間比較討論哪些行為或方式比較容易製造溫室氣體。 ➢ 教師進行綜合性總結。 2.人類活動會改變環境，也可能影響其他生物的存在；而環境改變也會影響生物(包含人類)的活動，例如：氣候改變造成生物多樣性的變化、可耕地的改變。 ➢ 教師可上網搜尋因人類活動而改變環境及影響其他生物存在的相關影片，例如：赤道地區的熱帶雨林每年被人類大量砍伐，已嚴重影響該地區的生態系，不僅自然環境被破壞，生物物種的多樣性也受到衝擊。 ➢ 建議教師準備一些實際案例說明。 3.介紹人類活動、各種發電方式及新興科技的發展對環境與生態的影響，同時產出大量溫室氣體，並造成各地氣溫記錄屢創新高。 ➢ 教學活動可與上項結合。	子題二的教學活動設計以學習活動單為主，故評量策略以學生能完成學習活動紀錄單為標準(評分標準可依提出觀點的多寡給分)。
子題三：(氣候變遷與調適)教學活動略案：	**評量策略**
第一節 1.利用溫室氣體長期變化資料，說明其與全球暖化的關係。 2.全球暖化之後，接踵而至的是南北極冰面積不斷縮小、海平面上升、大氣循環模式或強度改變，進而導至降雨形態改變；碳循環速率改變，影響碳平衡，生態系改變，棲地遷徙或消失，最終會改變生物的多樣性。(媒體教材導入)	1.能完成活動紀錄單。 2.在「綠行動，我願意」活動中能提出因應氣候變遷的具

➢ 教師搜尋與氣候變遷有關的媒材(影片)，藉由影片導入教學，與學生討論全球暖化(或氣候變遷)對地球造成的影響。 ➢ 此單元亦可實施小組合作學習，每組看不同主題的影片，再進行世界咖啡館分享模式，組間分享主題內容與看法。(此部分可實施差異化教學，不同組看不同主題或不同內涵深度的影片) ➢ 另外，教材也可改為科普文章，以科學閱讀導入教學。 3.因應氣候變遷的方法有減緩與調適。 4.說明減緩的定義並舉例說明，例如：減碳的方法或改善交通運輸工程。 5.說明調適的定義並舉例說明，例如：災害與水資源的調適方法可採用海綿城市的建構、糧食危機的調適方法可預先收藏糧種或建立種子銀行。 ➢ 因應氣候變遷的方法有減緩與調適兩大面向，此單元可藉由科學閱讀導入教學，教師可利用「氣候變遷地圖」這本書當成輔助教材，挑選幾個重要主題，搭配小組合作學習模式，訓練學生透過閱讀教材及生生之間的討論、分享交流，達到自主性的學習，進而對氣候變遷的減緩與調適有更具體的概念。(此段教學活動可與地理科或健康教育科進行跨領域合作) ➢ 本單元可再設計一個「綠行動，我願意」活動，請學生們腦力激盪提出具體可行的「綠行為」，經討論表決後製定一套綠行動公約，請認同的學生簽署，願意以綠行動守護地球。 ➢ 教師將前面幾堂課的知識進行系統化的整理，建立完整的概念。	體可行方法，至少一項(此項評量可依是否有設計活動使用)。 3.最後進行總結性評量，請學生撰寫書面報告：請學生將三堂課所學到與「氣候變遷與調適」的相關知識進行綜合性的整理，要求以結構圖或心智圖或任何一種系統化的圖表呈現(評量規準：在氣候變遷與調適兩個面向，須能寫出至少 3 項觀點)。
參考資料： 一、例如：輔助教材：教學簡報、科普文章 二、網路資源：https：//phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/greenhouse (溫室效應) 三、參考書籍：氣候變遷地圖、氣候文明史、天氣改變了歷史、氣候創造歷史	

三、高中教育階段-環境與海洋議題融入案例

（一）阿順的轉行風險評估 - 我想成為鹽商！

議題	學習主題	議題實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
海洋教育	海洋資源	海 U17 了解海洋礦產與能源等資源，以及其經濟價值。	CNa-Vc-2 將永續發展的理念應用於生活中。 EN-V-2 節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。	可以透過目前海洋礦展資源的開採狀況，及需負擔的經濟與環境成本，了解合理開發的重要性。

教學設計名稱	阿順的轉行風險評估 - 我想成為鹽商！		
議題類別	海洋教育-海洋資源		
適用年級	10~12 年級	教學時間	100 分鐘
教學資源	1.手機、平板或電腦等載具，需能上網。 2.海報紙或白板。(亦可皆不使用，直接報告)		
評量方式	分段式評分：討論狀況、報告		
課程目標	利用網路資料了解海洋資源的利用方式，並了解開發的限制。		
課綱對應內容	主題：資源與永續發展（N） 次主題： 永續發展與資源的利用（Na） 學習內容： EFa-Vc-2 固體地球各分層之化學組成與物理狀態不同。 EFa-Vc-4 海洋表水鹽度主要受降水、蒸發及河川注入等因素影響。 ENa-Vc-2 節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續發展。		
-教 學 設 計 內 容-			
1.情境設定：假設學生為受到聘請的轉行風險評估專家。給予學生故事主角阿順的背景資料。背景資料須包含個人專長、資金、工廠數、員工數...等。 2.收集資料：請學生開始依照個案阿順的需求收集海水的資料，包含海水成分與其比例、海水中鹽的形成、食用鹽製作、各種元素目前的利用方式、鹽的各種加工...等。 3.經濟評估：可由網路資料了解鹽的精鍊方式與需要的經費，更重要的是副產品的銷售評估。 4.環境評估：由海洋的形成原理，推算大量抽取海水提煉鹽類後大概多久會遇到瓶頸，並且			

探討發生的原因為何。 5.轉行規劃：由各項評估內容給於主角阿順轉行建議，可包含資金籌措、年限、每年可開發量...等。 6.規劃分享：由學生分享各組規劃內容，教師於報告完成後提出各評估與規劃之【不合理與矛盾】處。 7.角色 RPG：隨機選取兩位同學，如果自己就是阿順，對於風險評估會有什麼看法和修正？
參考資料
1.彰化師範大學。**海洋礦產資源**。取自：http：//geo3w.ncue.edu.tw/bsrapage/geoscience/sea/mineral.htm 2.李永棠(2012 年 1 月)。**臺灣之海洋礦產資源**。國立臺灣科學教育館期刊 - 大師觀點。 3.中研院近代史研究所檔案館。**鹽務檔案**。取自：http：//archives.sinica.edu.tw/old/main/economic12.html 4.國立海洋科技博物館。**深海礦產**。取自：http：//deepsea.nmmst.gov.tw/deepsea/content/173 5.台南市新嘉國小。**海洋「鹽」究**。取自：http：//hces.tn.edu.tw/ocean/salt/main.htm

（二）由水足跡概念探討永續水資源

議題	學習主題	議題實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
環境教育	永續發展	環 J4 了解永續發展的意義(環境、社會、與經濟的均衡發展)與原則。 環 U5 採行永續發展與簡樸生活的生活型態，促進永續發展。	ENa-Vc-2 節用資源與合理開發，可以降低人類對地球環境的影響，以利永續開發。 Ca-Vc-2 將永續發展的理念應用於生活中。	可以水資源為例，透過實際數據了解節用比開源更重要，並藉由計算物件的產生的水足跡，了解製程的繁複增加了水資源耗費，引導學生提出並實踐永續水資源的生活型態 。

教學設計名稱	由水足跡(water footprint)概念探討永續水資源		
議題類別	環境教育	適用年級	10 年級
教學時間	60 分鐘		
教學資源	多媒體教具：電腦、單槍、教學投影片、平板或電腦		
評量方式	學習單，小組報告		
課程目標	以水足跡概念應用於生活中，有利水資源的永續開發		
課綱對應內容	主題：資源與永續發展（N） 次主題：永續發展與資源的利用（Na） 學習內容： ENa-Va-1 全球水資源的分布不均，取用亦有限制，是人類面臨的重大課題，臺灣尤其需要面對。 ENa-Va-5 面對永續發展的問題，可以用社會、經濟及環境等三個面相來共同討論與均衡發展。		

-教　學　設　計　內　容-

1.圖示並說明世界國家降水及分配量表，配合圖示及學習單，引導學生臺灣降水量遠超過世界各國，但單位人口分配到卻很少。
2.引導學生了解節流的重要性。
3.教師以投影片說明水足跡概念之三大組成：綠色水足跡，藍色水足跡及灰色水足跡。
4.學生分組討論水足跡概念之和新架構並說明其和傳統水量統計的不同。
5.教師以圖片顯示幾種物件，學生分組討論及回答各項可能的水足跡範圍。
6.教師整理歸納分組討論問題之答案，並說明製程中耗費的水資源也是水足跡中需要考慮的部分，因此消費時，需要考慮購買的物件是否在製程中耗費太多水資源。
7.教師舉例說明同一類農產在不同精緻度下（例如：水稻的白米及糙米產品）水足跡的差別。
8.學生分組討論水足跡概念看待農業生態及農產品消費改變，可能對永續水資源的幫助。
9.教師請學生查閱參考網站上個人的平均水足跡，並調查全班學生個人水足跡大致上分布範圍。
10.教師跟學生依據調整網路上計算器中消耗物品的數量，討論減低個人水足跡的幾種方法
11.教師整理歸納並提醒學生個人水足跡減低可幫助水資源永續的概念。

參考資料

水足跡參考網站：http：//www.waterfootprint.org/index.php?page=files/home

（三）IPCC 看氣候變遷與調適

議題	學習主題	議題實質內涵	融入課程綱要學習重點之示例	說明
環境教育	氣候變遷	環 E8 認識天氣的溫度、雨量要素與覺察氣候的趨勢及極端氣候的現象。 環 J9 了解氣候變遷減緩與調適的涵義，以及臺灣因應氣候變遷調適的政策。 環 U6 探究國際與國內對氣候變遷的應對措施，了解因應氣候變遷的國際公約的精神。	Nb-IV-2 氣候變遷產生的衝擊有海平面上升、全球暖化、異常降水等現象。 Nb-IV-3 因應氣候變遷的方法有減緩與調適 ENb-Vc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法	利用 IPCC 第四次與第五次氣候變遷評估報告書中的氣候變遷資料，了解目前氣候變遷的現象與趨勢，同時配合蒐集各國氣候變遷調適的應對措施與變遷趨勢對應，以檢驗調適方法的效益與修正。

教學設計名稱	IPCC 看氣候變遷與調適		
議題類別	環境教育	適用年級	10-12 年級
教學時間	200 分鐘		
教學資源	1.多媒體教具：電腦、單槍、教學投影片、平板或電腦(1 組 1 台內下載有 IPCC 第四次與第五次報告書) 2.海報紙、便條紙		
評量方式	學習單，小組報告		
課程目標	能透過實際分析氣候變遷資料，了解目前氣候變遷趨勢與調適方法		
課綱對應內容	主題：資源與永續發展（N） 次主題：氣候變遷之影響與調適（Nb） 學習內容： ENb-Vc-1 氣候變化有多重時間尺度的特性。 ENb-Vc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。		

-教　學　設　計　內　容-
1.氣候變遷現象介紹 ➔教師利用近年極端天氣與著名氣候變遷事件簡介說明氣候變遷的現象與意涵。 2.IPCC 氣候變遷調適評估報告書簡介 ➔教師利用投影片簡介IPCC工作任務與貢獻。 ➔教師利用投影片說明第四次與第五次評估報告書中，重要圖表資料所呈現的意義。 3.小組討論與報告： ➔教師首先將其資料分為兩大類：「區域類」、「時間類」。「區域類」中提供《海洋與陸地》、《極區與其他高緯度》、《海表與其他深度的溫度變化》《洲際降雨變化》...等次主題的圖表資料。「時間類」類則提供不同尺度中的氣候因素變化。 ➔學生隨機分組，各組須在區域與時間類各選一次主題分析其圖表意義，同時隨機挑選一組分析全球性的氣候變遷圖表。 ➔各小組公開報告後(可以海報展示或是上台報告等方式)，各組須在討論全球性與區域性上氣候變遷的差異，並試著推論其原因。 4.調適方法蒐集： ➔給予學生時間蒐集國內與國際間因應氣候變遷的調適策略(課後時間) 。 5.小組討論與報告： ➔將氣候變遷資料與調適策略比對，試推論調適方法的足與不足。 ➔針對調適策略的不足、考量氣候變遷的特性，提出氣候變遷調適的建議策略。 6.海報展示與回饋： ➔將兩次小組討論主題製作海報並公開展示。 ➔學生須再詳閱讀海報內容給予各組報告建議與回饋。
參考資料
IPCC第四次評估報告書 http：//www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf IPCC第五次評估報告書 http：//www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf

四、高級中學教育階段-「自然科學探究與實作」教學單元案例

本節的目的在於舉例說明，發展一個「自然科學探究與實作」的課程時，教學單元可能安排的方式與內容。此案例乃依領綱附錄所示「自然環境與環境保育問題探究」模組。表格以四欄臚列：探究議題、探究學習內容、實作學習內容和學習內容說明。「探究議題」、「探究學習內容」和「實作學習內容」與附錄內容大致一致。「探究議題」扼要描述了該議題下可探究的科學相關問題與可實施的學習策略。詳細的探究問題以及相呼應的實作的學習內容、方法、活動和過程則陳明於最後一欄的「學習內容說明」。

各探究議題在同一模組下，具有「自然環境與環境保育問題」主題的一致性和連貫性，教師可根據差異化、有效教學和多元評量的原理，同時考量在地環境的特性或條件，及學校的設備與經費，選擇對學生增進自然科學探究與實作能力較有益的探究議題或內容，重新增修後實施。

除了以下提供的案例外，學校可參考學科中心種子教師的課程發展經驗來設計校本課程，尤其鼓勵教師社群依據總綱、領綱精神自行設計其他的教學模組。惟校本課程與新的模組仍需符合材教法的學術研究之依據，更需評估學生在自然科學探究與實作能力和素養上的學習與發展。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
野外河流觀察-河流上、中、下游有何差異? (以高屏溪為例)	● 如何從地球科學的觀點認識河川? ● 觀察河川上中下游沉積物有何不同?	● 收集資料。 ● 收集河川侵蝕作用和橋墩侵蝕的相關資料。 ● 收集曹公圳及高屏溪攔河堰的相關資料。 ● 收集高屏舊鐵橋的相關資	● 教學預備。 ● 學生依班級人數分成數組，但每一組內最好都有同學參加上中下游河段的觀察，若時間和交通許可，可以全班都參與上中下游河段的觀察。 ● 學生記錄方式與分工可由學生自行討論，手機工具非常方便，也可以記錄 GPS 訊號，教師可作加深加廣學習。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
野外觀察經常是研究自然科學的第一步，本單元旨在觀察居住地附近河川的地形、流速、沉積物之間有哪些特徵? 藉由上中下游不同地點的觀察記錄與資料比較分析，可以嘗試對河川的沉積特性提出解釋模式。	• 如何用簡易方法估計河川上中下游流水速度? ● 河川的水文與周邊的人類文明的條件如何相互影響並對生物分布產生哪些影響? • 透過實地觀察、資料蒐集和討論提出攔河堰對民生有哪些功能?對河川有哪些影響? • 透過實地觀察、資料蒐集和討論提出濕地有哪些主要功能	料。 • 收集高屏溪地形及地質的相關資料。 • 收集南二高斜張橋的相關資料。 ● 觀察現象與收集證據。 • 觀察時可以用文字記錄、繪圖或拍照，對於動態的內容可以攝影。 • 無論上中下游的沉積物，除觸摸感覺、拍照之外，可以在安全無虞下採集適當樣本回學校實驗室比較。 • 河流流速觀察只要比較上中下游的快慢即可，不一定要做定量觀察，可以引導學生用有創意的方法觀察比較。 • 觀察橋墩型態，並記錄橋墩	• 學生針對所觀察河川收集相關資訊，以便於河川觀察中印證或討論。 ● 課前說明。 • 老師說明野外觀察的安全和裝備等注意事項。 • 老師說明擬觀察的重點，例如：沉積物的顆粒大小、橋墩上下游的差異.....。 • 每一組準備一台影像記錄儀器(例如：智慧型手機、數位相機、數位攝影機，手繪圖形...都可以)，將觀察所得以影像和文字等記錄下來，回到學校進行上中下游資料的彙整，再分組報告。 ● 以下以高屏溪為例，但不同學校以附近河川為佳。河川特性不同，教師可以因地制宜進行教學設計。 ● 觀察現象與收集資訊。 分組一(下游河段)：高屏溪舊鐵橋濕地公園 1.依據收集的資訊，觀察曹公圳攔河堰和高屏溪的關係，該攔河堰有何特性與用途? 2.觀察高屏溪河邊濕地與沉積物，河床邊和濕地具有那些特徵和生物，並拍照記錄。 3.觀察與記錄高屏溪內沉積物，可以使用常見物品作為比例尺拍

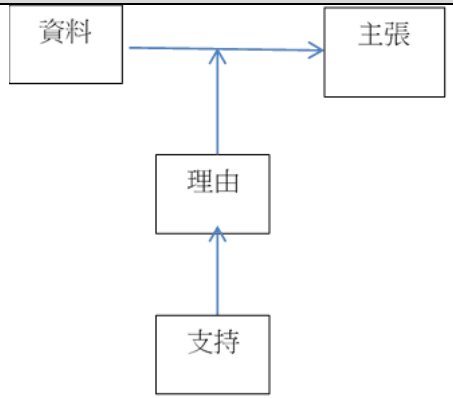
探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
河川與生物和人的生活息息相關，人和河川之間會有那些交互作用? 人類在河川環境上會增加一些人工設施，例如：攔河堰、橋樑，這些建設對河川會造成甚麼影響?	與生態特性? • 透過記錄比較不同河段的動植物有何差異性? ● 所觀察的河流和周邊建設有哪些交互作用與互相影響? • 觀察不同河段，不同功能的橋樑有哪些差異? • 透過實地觀察、資料蒐集和討論提出橋墩對河道有哪些影響?	上、下游沉積或侵蝕的狀態。 ● 水質分析：請參考「如何確定水質？」範例 ● 解釋與推理、合作與討論。 • 每一分組將上中下游觀察到的資料予以彙整，並比較差異。 • 將所得之差異性，依照學理進行討論，形成小組共識。 • 小組將討論結果製作成簡報。 ● 分享與表達。 • 各組製作簡報上台發表。	照。 4.採集河水進行水質分析(選用項目)。 5.觀察與記錄高屏溪的流速(可以漂流木簡單估計速度)。 6.觀察高屏大橋或縱貫線鐵道橋樑，其橋墩有何特徵，橋墩上游和下游有哪些沉積或侵蝕現象。 分組二(中游河段)：佛光山佛陀紀念館旁，南二高斜張橋觀景處 1.觀察與記錄高屏溪內沉積物，可以使用常見物品作為比例尺拍照。 2.河床邊有濕地嗎?河邊或濕地可觀察到那些生物，拍照記錄。 3.觀察與記錄高屏溪的流速(可以漂流木簡單估計速度)。 4.採集河水進行水質分析(選用項目)。 5.觀察南二高斜張橋，其橋墩有何特徵，橋墩上游和下游有哪些沉積或侵蝕現象。 6.沿路是否有採砂石區?附近河道有哪些特徵? 分組三(上游河段)：茂林遊客中心 1.觀察高屏溪上游荖濃溪內沉積物，可以使用常見物品作為比例尺拍照。 2.河床邊有濕地嗎?河邊或濕地可觀察到那些生物?並拍照記錄。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
			3.觀察與記錄高屏溪上游荖濃溪的流速(可以漂流木簡單估計速度)。 4.採集河水進行水質分析(選用項目)。 5.由茂林遊客中心旁，可以到達濁口溪的河曲處，觀察河曲兩岸的河道有何差異? 6.繞過河曲，可以看到濁口溪台 27 線上的大津橋，可以觀察其橋墩有何特徵，橋墩上游和下游有哪些沉積或侵蝕現象。 ● 解釋與推理、合作與討論。 回到學校後，將上、中下游所觀察到和收集到的資料予以整合，並討論以下問題： 1.河川上、中、下游流水速度有何差異? 2.河川上、中、下游沉積物的顆粒大小有何差異? 3.河川上、中、下游河邊有沒有濕地?觀察到那些生物? 4.有橋墩的河段，河流會有那些侵蝕或沉積作用?不同的橋墩，觀察到那些不一樣的現象? 5.有沒有觀察到哪些地方有特殊的沉積現象?例如：河流彎曲處、採石場附近、支流匯入的地方。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
			● 分享與表達。 • 分組報告，並相互整合觀察的資料，針對問題提出說明。 ● 評量方法：實察紀錄、學習單、實察報告、口頭發表。 【參考資料】 行政院研考會(2009), 高屏溪下游段人工濕地生態及水質後續監測計畫，行政院研究發展考核委員會出版。
野外考察(以鼻頭角為例)。 野外地質考察是了解地質狀態最基本的訓練。本課程透過運用攝影、繪圖和文字實地的觀察所得，對觀察地點進行地質特性的描述與	● 如何從事基本地質田野調查? • 野外調查所需要的基本裝備和安全守則為何? • 斷層兩側的岩層有何差異性? • 從化石的種類或其特性可以進行何種推論? • 從地形特徵和所觀察到的證	● 收集資訊。 • 收集龍洞斷層、鼻頭層和四稜砂岩層的相關資料。 • 收集海岸地形的相關資料。 ● 觀察現象。 • 觀察化石種類及地質構造，如解理、褶皺、海蝕平台、斷崖、豆腐岩.....。 • 觀察侵蝕作用造成的各種地質現象。 • 觀察解理和差異侵蝕造成的現象。	● 收集資料與觀察。 • 南口停車場：在停車場前可眺望龍洞灣和龍洞岬角，龍洞岬角和鼻頭角隔著龍洞灣互相對望。龍洞岬岩層屬於「四稜砂岩」，相對於鼻頭角的鼻頭層是比較古老的。現在二者卻同在海平面，中間隔著一個內凹的龍洞灣。 • 收集資料並對兩側岩層進行觀察。 • 由資料和觀察所得，可以提出什麼樣的主張?有何理由和支持的論點? ● 解釋與推理。 • 公園入口處的海蝕平台上，可以觀察岩層的褶皺(此一褶皺為「倒轉褶皺」，進階教學可以說明)，並有海膽化石的碎片，以及許多「生痕化石」，海岸邊並有許多現生的無脊椎動物。記

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
推論。 地球科學的推論過程常引用現在觀察的現象推論過去發生的事情，稱之為均變說。部分地球科學的研究無法用實驗進行，而是透過實際的觀察與測量所得的證據來進行推論。 在野外地質觀察過程中同時培養關注	據如何推論形成的原因? • 豆腐岩和蕈狀石形成的原因有何不同? ● 觀察鼻頭角附近的地質、生物和周邊村落人們的生活和活動有何相互影響? 若採用論證式教學 ● 如何進行論證式討論。 • 資料、理由、支持和主張之間的關係為何?	● 解釋與推理 • 就收集和觀察所得推論鼻頭角和龍洞岬之間有沒有斷層的可能性? • 就化石紀錄說明海岸的變動。 • 就岩塊和海蝕崖的特性說明其形成原因。 • 就節理和差異侵蝕的原理及觀察的證據，比較豆腐岩和蕈狀石的差異。 ● 提出結論或解決方案。 • 針對九孔養殖問題，讓學生就所收集的資訊和觀察到的證據，提出他們的觀點和做法，並可交叉詰辯。 ● 分享與表達。	錄種類並拍照。 • 這些證據有可以提出什麼樣的主張?論證的理由和支持的論點為何? • 觀察鼻頭角的海蝕崖，下方常堆積著崩落下來的巨大岩塊，這些岩塊是如何形成的?請提出主張，並說明理由。 • 從高處往下觀察，鼻頭角的海蝕平台上有和野柳類似的蕈狀岩以及豆腐岩。觀察海蝕平台上有兩組平行的節理交錯。豆腐岩和蕈狀石的形成和節理有何關係? ● 提出結論或解決方案 • 龍洞灣過去是九孔養殖的場所，目前已成為重要的海域休憩區。原有切割海岸岩石作為九孔養殖池，現在改為海水泳池，原來居民的生計當然受到嚴重的影響。居民不斷陳情，希望可以恢復九孔的養殖。假如你是政府官員，會有甚麼樣的做法? ● 分享與表達。 ● 合作與討論。 • 請各組就野外觀察的問題提出綜合報告。 • 老師進行統整說明。 • 將同學拍攝的鼻頭角照片用投影機展示，並票選最美的地質景

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
生態環境和欣賞自然的能力與素養。 建議教師可以採取論證式教學，讓學生對觀察的內容清楚描述並提出主張，引導學生說明主張的理由和支持的理論。		● 合作與討論。 • 分組進行資料彙整與討論。 • 各組製作簡報並進行報告。	觀攝影作品。 ● 評量方法：實察紀錄、實察報告、口頭發表。 ● 建議的教學方式：論證式討論。 就觀察點收集到的資料進行推論，可以採用論證式教學或一般討論教學，若採用論證式教學主要模式如下(Toulmin ,1958)： • 資料(data)：於現場觀察或實驗所得的數據，用以支持主張的基礎。 • 主張(claim)：將所蒐集的資料、數據分析後所得到的結論。 • 理由(warrant)：由資料推論至主張的步驟中用來驗證的論點，通常是規則、原理。 • 支持(backing)：各為普遍性的，可為一般為人所接受的基礎假設，用以證明理由是正確的，通常是高位的學說或邏輯。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
			 【參考資料】 1.黃翎斐,胡瑞萍(2006)。論證與科學教育的理論和實務。科學教育月刊，第 292 期，頁 15-28。 2.周家祥(2000)鼻頭角野外考察，2015/05/25 擷取於 http：//web.fg.tp.edu.tw/~earth/learn/pito/index.html 3. Toulmin S.E. (1958). The uses of argument. London：Cambridge University Press.
人類的活動帶給自然環境什麼影響？	● 認識人類的活動帶給自然環境的影響。 ●地球能源的來	● 資料收集。 ●蒐集與能源來源、不同尺度能量與交互作用相關的各種多媒體資料與理論。	● 透過蒐集資料等方式，認識人類的活動帶給自然環境甚至生態系或全球的影響，學習活動為利用資料的蒐集引導學生討論： ●地球最主要的能源與汙染有哪些?來源為何? ●人類社會發展的各種行為模式，是否一直在製造自然界無法處

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
本單元透過實地勘查學校附近的溪流或圳溝、濕地與水質的變化等活動，探究環境中能源與汙染的來源為何，來認識人類的活動帶給自然環境的影響。 課程實施也可用資料收集、引導學生討論人類文明發展和汙染的關係，對生態的影響等探索	源為何？ ●大自然如何儲備太陽能源？ ●人類使用能源的模式為何？ ●使用能源會造成哪些汙染？ ●大自然如何處理這些汙染？ ● 認識學校附近的溪流或圳溝與水質的變化。 ●三十年前溪流裡的魚種與現在有何不同? ●馬路開通後，馬路兩旁動植物有何變化？ ●河流建了水庫後，上下游生	●蒐集關於各種人為或自然界轉換太陽能並加以運用、使用各種能源會產生何種汙染、大自然如何處理生物活動所產生的汙染相關的資料。 ●蒐集學校或社區溪流、濕地或溝圳變遷的資訊與興建水庫利弊得失的相關資訊。 ●蒐集歷年都市建築物分布變化對空氣品質與季節氣溫變化相關的資訊。 ● 引導式討論。 ●分組擬訂討論議題及整理相關資料。 ●引導討論地球能源與汙染的來源為何？ ●引導討論學校附近的溪流或圳溝哪裡去了，水質有	理的汙染? ●環境汙染越來越嚴重的主要原因為何? ●什麼是生態系? ●一個魚缸對魚缸中的魚是穩定的生態系嗎?如果魚缸是一個系統，要維持其中生物長時間的生存，需要提供哪些條件? ●過去的十萬年中，地球環境是否穩定?工業革命後，人類近兩百年的活動是否影響自然環境的穩定? ●臺灣的自然環境有哪些不穩定的因素?哪些是自然因素?哪些是人為因素? ● 透過實地探勘來認識學校附近的溪流或圳溝、濕地與水質的變化，進而認識人類的活動帶給自然環境的影響，方式為利用資料收集和實地勘查得到的資訊，引導學生討論 ●如何以有效率的戶外實察或事先蒐集學校附近特定自然環境相關資料。 ●學校附近的溪流或圳溝哪裡去了?水質有什麼變化？對生態有何影響？ ● 實地勘查活動內容可以參考下述建議的兩個例子： ●(實例一)引導同學思考並自省：人們在淡水河左岸設置垃圾掩

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
議題，反思人類活動對地球的大尺度影響，並討論人類應如何面對自然環境、生態的變化。	態有何變化？ ●溪流、綠地和濕地對週遭生態與環境和氣候有什麼影響？ ●人造建築對空氣流通有什麼影響？對氣候變化有什麼影響？	什麼變化？對生態有何影響？ ● 小組發表。 ●報告對學校附近溪流或圳溝與水質變化的蒐集與觀測結果。 ● 發表小組對人類的活動帶給自然環境影響的認識。	埋場，帶給淡水河什麼影響？垃圾掩埋場搬遷後對自然環境真的沒有影響嗎？ ●(實例二) 請同學探討：當濕地的水汙染增加或人為的過度開發時，對濕地生態會產生什麼影響？ ●人們的其他活動，譬如：土地開發、大型工程、養殖漁業、農畜牧業或日常生活等對自然環境，包括在地及大區域，甚至全球的影響為何? ●引導學生以不同媒材的資訊，利用不同的資訊科技，諸如田野調查、拍攝相片、素描、撰述個人心情、想法等。訪問親友長輩對附近自然環境的回憶、老舊的相片、相關書籍及網站等資料。蒐集歷史資料、分析、整理自然環境的變遷情形與造成的可能原因。 ● 評量方法：實察紀錄、學習單、小論文、實察計畫、實察報告、數位評量、口頭發表、成品發表。
生物多樣性-校園環境生物知多少? 生物多樣性是 21 世紀	● 校園裡或周圍有哪些動物（鳥類、兩生類、爬蟲類或昆蟲）？哪些	● 認識記錄校園裡或周圍的動植物。 ● 調查記錄校園裡或周圍在不同時序出現的動物、表現出的動物行為或開花結果的植	● 收集相關資料或請教相關專家來校輔導學生認識校園裡或周圍的動植物，進一步了解校園裡或周圍動植物的分布及出現的季節。 ● 學習區分校園周圍的環境有多少種不同棲地 ● 觀察並且記錄校園周圍的動植物。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
重要的生物環境議題，由於氣候變遷及環境汙染，使得地球上的生物以極快的速度在減少或滅絕中。外來物種的入侵也常造成本土物種的滅絕。這些改變一開始會影響食物鏈或食物網的運作，進一步會造成整個生態的失衡。 學習與認識校園周遭的生物、生態，	是主要物種？ ● 校園裡或周圍有哪些植物？哪些是主要物種？ ● 校園裡或周圍動植物是否會因時序而有所不同的行為或表現？ ● 校園裡動植物是否均勻分布？ ● 校園裡或周圍動植物是增加還是減少？ ● 探討校園裡或周圍動植物的生態功能或角色	物。 ● 調查記錄校園裡或周圍的動物出現的位置或環境。 ● 記錄不同植物在校園裡或周圍的生長環境。 • 比較建物周圍（東南西北）的植物種類的異同。 • 比較不同植物生長位置的光照、濕度或其他土壤性質。 ● 估算校園內動植物的族群量。 ● 了解校園內動植物可能的生態功能或角色。 • 認識入侵物種動植物及它們對生態的衝擊。 • 了解並嘗試可能移除入侵物種動植物的方法。 ● 了解校園內動植物可能的醫	● 調查記錄校園裡或周圍動物出現的時機，或植物開花、結果的季節。 ● 春夏秋冬各有哪些鳥類、兩生類、爬蟲類或昆蟲的鳴叫或特殊行為？ ● 將校園周圍的動植物與不同棲地做配對，以了解校園周圍的動植物是否有特定棲地? ● 分析了解校園周圍的動植物分布的可能影響因子? • 學習調查（估算）族群量的方法。 ● 判斷校園裡或周圍的主要物種。 ● 依物種的特性選擇適當的估算法，例如：抓放法、方格法、穿越線法等。 ● 探討或了解校園裡或周圍動植物族群是增加或減少。 • 從調查或收集的資料來討論校園裡或周圍動植物的生態功能或角色。 ◆ 了解有無共生或寄生等現象。 ◆ 嘗試建立食物鏈或食物網。 ◆ 了解校園裡或周圍入侵物種的動植物造成附近生態環境的改變。 • 從收集的資料來研究或討論校園內動植物的醫藥或仿生等利用價值。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
學習調查（估算）動植物族群量，學習了解周遭動植物棲地的差異及了解它們可能的利用價值等，都是協助維持生物圈安全運作的入門工作。 本單元從關心校園環境開始，了解生物多樣性議題，並且學習一些基本的生態調查及統計方法。	● 校園裡或周圍是否有入侵物種的動植物？ ● 探討校園裡或周圍動植物的利用價值？	● 醫藥或仿生等用途。	● 評量方法：實察紀錄、實察報告、口頭發表、學習單。 【參考資料】 1.臺灣生物多樣性資訊入口網 taibif.tw 2.趙榮台. 生物多樣性. life.fhl.net/Science/life/many.htm 3.估計族群的小大. 部頒教科書. https：//market.cloud.edu.tw/content/junior/bio/tc_wc/textbook/.../text-ch11-6.htm 4.仿生學. 科學 Online–科技部高瞻自然科學教學資源平台. highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=仿生學 5.仿生 - 以自然為師的科學. 泛科學 pansci.asia/archives/61862

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
如何人工造雲?(體積變化對水氣凝結的影響)。 水氣凝結的其中一種方式對應飽和凝結的概念，幫助了解雲的形成過程，整合物理、化學及地球科學學習內容 包含跨科概念物質與能量、改變與穩定。	● 探討雲的基本組成。 •為什麼會降雨? •水氣和雲霧露霜有何不同? ● 探討雲的形成原因與過程。 •水氣在何種條件下會凝結成水? •飽和水氣壓與溫度的關係為何? •大氣層的氣壓隨高度分布情形。 •低氣壓、迎風面容易形成雲的原因為何?	● 資料收集。 •蒐集個人直觀關於成雲致雨的認知經驗。 •學習從網路、圖書或其他可能資源蒐集關於雲形成的過程。 •學習科學理論、方法、工具、科技認知關於雲形成的知識。 ● 引導式討論 •發現個人感官認知世界的異同，及如何確認彼此說法可信的程度。 •討論雨滴從哪裡來。 •討論人類肉眼可否見到水蒸氣，可見的是水蒸氣或小水滴。 •討論雲的組成成分。	● 透過絕熱膨脹解釋雲形成不是容易的熱學概念，這個探究實驗可以清楚表現整體過程，以學生探究的角度出發，有了真實的實驗結果，就能夠衍生出探究教學的歷程。課程設計者可以針對過程當中任何部份聚焦、切割片段或細節幫助學生進行科學探究。以事實或問題對應探究學習過程，注意學生切勿過度解讀、詮釋數據或事實，可以完全不需要出現絕熱膨脹之類的術語。 ● 探討雲的基本組成。 •以小組討論並發表降雨的成因以及水氣和雲霧露霜不同之處。 •亦可進行雲霧露霜的野外探察活動，實際了解以上不同狀態的水。 ● 探討雲的形成原因與過程。 •討論大氣當中水氣凝結須具備那些條件? •討論如何達到水氣凝結的條件? •討論地球大氣的氣壓隨高度的變化。 •討論為什麼多數的雲都在空氣上升的條件下形成? •學生分組討論並記錄自然界中哪些情形會造成雲霧。 ● 如何自行設計人工造雲實驗？

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
	● 如何自行設計人工造雲實驗？ ●探討雲在自然界當中自然形成的關鍵變因 ●設計並製作人工造雲實驗裝置。 ●人工造雲實驗比較無凝結核與補充凝結核的對照結果。 ●實驗裝置及實驗結果改進方法。 ●成果發表。	●討論水蒸氣凝結水滴的條件。 ●討論水蒸氣凝結水滴的能量轉移。 ● 歸納法結論及簡報 ●小組與教師討論題目後，撰寫結論報告。 ●小組做口頭結論報告，並由組間問答。	●請學生分組討論，在寶特瓶中裝水，充分搖晃，使水氣達到飽和。要如何能夠讓水氣容易達到飽和。 ●教師準備實驗器材：透明寶特瓶(含蓋子)、線香、打火機、水槽。 ●學生自行設計人工造雲實驗，討論如何使瓶中水氣產生凝結和可以如何處理? ●提示學生線香作為對照實驗的關鍵變因。 ●分組針對實驗設計向全班報告、討論。 ●請學生自行執行實驗並撰寫實驗報告。 ●各小組提出可以最容易讓寶特瓶產生雲霧的方法。 ● 評量方法：學習單、思考實驗/實驗計畫、實驗報告、口頭發表、成品發表、數位評量。 【參考資料】 1.國立臺中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系，瓶中造雲，2015/05/12 擷取於 http：//scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-023.html 2.國立科學工藝博物館科學學習中心網站，做一朵自己的雲，2016/11/29 擷取於 http：//slc.nstm.gov.tw/Teaching/Details.aspx?Parser=99,4,54,,,,1

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
			72 3.國立中央大學物理系演示實驗室，絕熱膨脹 Adiabatic Expansion 自己動手做人造雲，http：//demo.phy.tw/experimentfinal/thermodynamics/adiabatic-expansion/
臺灣的氣候真的改變了嗎？ 「聽我把春水叫寒，看我把綠葉催黃」，臺灣有著 Formosa 美麗之島的美稱，四季宜人，然而，現在天氣卻變的難以捉摸，很多報導也提到臺灣氣候甚至全球氣候劇烈改	● 天氣變化和氣候變遷有何差異? ●前一年和後一年的氣象平均值有差異算不算氣候變遷? ●要多長的時間以及多大的變化才能說氣候改變了? ● 臺灣地區三十年來颱風數量、降雨量和溫度有何變化趨勢?	● 資料收集。 ●收集關於氣候和氣象的差異。 ●收集臺灣三十年來颱風數量、降雨量和溫度的年平均值，或可由每日觀察資料計算。 ●蒐集關於各種氣候變遷與溫室效應的證據與理論。 ● 引導式討論。 ●將學生分組給予引導問題，經組內討論後再發表。 ● 分析數據。	● 就收集的資料，討論天氣和氣候的差異。 ● 要多長的時間以及多大的變化才能說氣候改變了? 引導問題 ● 很多報導說地球的氣候變得更惡劣了!你認為這是事實嗎? ● (從同學發表的意見中找問題)某年颱風比前一年多或少就可以證明氣候改變了? ● 某年氣溫比前一年平均高出 0.1 度，可以算是氣候改變嗎? ● 若過去五年中有三年降雨量增加，但有兩年降雨量下降，可以算是氣候改變了嗎? ● 提供案例，如何看長時間的趨勢? ● 提供案例，如何看距平圖的意義? ● 近三十年那些氣候改變了。 組數據分析：可由老師提供原始資料，學生練習整理資料製作出趨勢圖和距平圖，並作成報告，說明氣候變化的趨勢。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
變，但是怎樣才是改變呢? 本單元透過臺灣的氣候變遷與因素，藉以引導學生討論並發表對氣候變遷的人為因素與自然因素，並且設計如說明、論述、論證、評論、短講等過程，比較認知學習效果的優缺點，以及學習如何合理、合宜的表達溝通自己的觀點。	• 距平圖有何意義? • 從距平圖如何描述 30 年來颱風數量、降雨量、溫度有何趨勢? ● 如何傳達自己認識的世界向他人? • 選擇適當的溝通方式在學習團體中交換對世界的不同觀點，彼此獲得了解或建立共識。	• 各組由原始資料利用電腦繪製成為趨勢圖和距平圖。 • 運用分析數據所得的證據說明自己對於臺灣對於氣候變遷的想法。 ● 發表。 • 經由分組得到的資料經討論後，形成觀點，製作投影片或繪製圖表，向同學進行報告。	• 近三十年西太平洋地區形成颱風的數量變化。 • 近三十年臺灣地區某城市(可選擇不同區域城市以便對照比較)年降雨量的變化。 • 近三十年臺灣地區某城市的年均溫(或月均溫，月均溫可以看不同季節的差異)變化。 • 評量方法：實察紀錄、學習單、小論文、實察報告、數位評量、口頭發表。 【參考資料】 1.大氣研究資料庫 https：//dbar.ttfri.narl.org.tw/Default.aspx 2.陳正達等(2014)，臺灣氣候變遷推估研究，大氣科學，第 42 期第 3 號，頁 207-251。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
如何確定水質？ 飲水的衛生條件直接決定了一個城市或社會的生存機會和生活品質，也影響自然環境生態的發展與永續。了解居住環境中水質的成分、可能的汙染源，學習保護水資源的知識是現代公民的權利，也是義務。	● 如何了解學校附近自然環境的水質? ● 有哪些基本水質可能會影響健康? ● 何謂優養化、熱汙染、水的濁度、酸鹼度、導電度及溶氧度、COD 和 BOD 等?不好的水質，這些參數如何變化? ● 在野外或無儀器檢驗時，如何確定水能不能喝？ ● 有魚在游的水乾不乾淨？ ● 魚能否生活在汙	● 資料蒐尋。 • 蒐集水質相關的定義與檢測方式，譬如(1)溫度、(2)酸鹼值、(3)水體溶氧、(4) COD 和 BOD (5)導電度 (6)濁度及生物指標方法等。 • 找出合格水質的安全參數。 • 蒐集彙整學校附近水源(河川、湖泊、濕地或生態池等)地理、水文資料。 ● 實驗 • 就學校附近水源(河川、湖泊、濕地或生態池等) 進行採樣，以理化方法檢測水質 - 以試劑檢測為主，檢測：(1)溫度、(2)酸鹼值、(3)水體溶氧、(4)濁度及(5)生物指標方法(觀察、採集.....)為輔。也可考慮學習正確使用 pH 計、導電計、或各種試紙檢	● 如何了解學校附近自然環境的水質? ● 資料蒐尋。 • 蒐集水質相關的定義與檢測方式，譬如：(1)溫度、(2)酸鹼值、(3)水體溶氧、(4) COD 和 BOD (5)導電度 (6)濁度及生物指標方法等。 • 找出合格水質的安全參數。 • 蒐集彙整學校附近水源(河川、湖泊、濕地或生態池等)地理、水文資料。 ● 有哪些基本水質可能會影響健康? ● 實驗。 • 就學校附近水源(河川、湖泊、濕地或生態池等) 進行採樣，以理化方法檢測水質 - 以試劑檢測為主，檢測：(1)溫度、(2)酸鹼值、(3)水體溶氧、(4)濁度及(5)生物指標方法(觀察、採集.....)為輔。也可考慮學習正確使用 pH 計、導電計、或各種試紙檢測濁度、酸鹼度、導電度及溶氧度等水質檢驗。 • 蒐集下大雨或颱風前後(或其他重要事件)水質變化情形，並將調查結果繪製成圖表及附上調查過程照片，進而討論影響的原因。 • 就實驗結果訂出合格水質的安全參數，並與蒐集的數據比較。 • 考量該水質檢測之普及性與試劑使用之安全性，以及全球同步

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
本單元從探究學校附近自然環境的水質開始，針對(1) 水質理化檢測、分析。(2)生態水質分析。 實作內容包括水質的理化及生態性質進行資料蒐集或分析實驗，並且提出結論、報告。	染的水裡? ● 魚可當作水質的鑑定的指標？ ● 什麼叫做生物指標？	測濁度、酸鹼度、導電度及溶氧度等水質檢驗。 • 蒐集下大雨或颱風前後(或其他重要事件)水質變化情形，並將調查結果繪製成圖表及附上調查過程照片，進而討論影響的原因。 • 就實驗結果訂出合格水質的安全參數，並與蒐集的數據比較。 • 考量該水質檢測之普及性與試劑使用之安全性，以及全球同步測值比較之方便性，採用美國清水基金會所推薦的簡易檢測包（WWMD test kits，LaMotte 公司產品）進行檢測。 • 探究有魚在游的水乾不乾淨？什麼生物可當作水質	測值比較之方便性，採用美國清水基金會所推薦的簡易檢測包（WWMD test kits，LaMotte 公司產品）進行檢測。 • 探究有魚在游的水乾不乾淨？什麼生物可當作水質的生物指標？為什麼？ • 將水蚤（節肢動物）、渦蟲（扁形動物）、螺（軟體動物）或魚（脊椎動物）等水生動物放入待監測水中（例如：早上的自來水或隔夜水、含有洗碗精的水、學校附近水溝的水等），然後觀察並記錄它們的行為。 ● 分析與比較不同水質對生物活動的影響。 ● 將水蚤（節肢動物）、渦蟲（扁形動物）、福壽螺（軟體動物）或金魚（脊椎動物）等水生動物放入待監測水中（例如：早上的自來水或隔夜水、含有洗碗精的水、學校附近水溝的水或含有重金屬的汙染水等），然後觀察並記錄它們的行為改變或死亡率。 ● 收集各種生物指標資料 ● 評量方法：實驗計畫、實察紀錄、學習單、小論文、數位評量。 【參考資料】 鍾曉蘭(2015)：跨學科科學課程設計— 「淡水河左岸」專題研究

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
		的生物指標？為什麼？ • 將水蚤（節肢動物）、渦蟲（扁形動物）、螺（軟體動物）或魚（脊椎動物）等水生動物放入待監測水中（例如：早上的自來水或隔夜水、含有洗碗精的水、學校附近水溝的水等），然後觀察並記錄它們的行為。 • 分析與比較不同水質對生物活動的影響。 ● 了解什麼樣的動物可生存在汙染的水中。 ● 了解生物指標的意義。	課程， 臺灣化學教育電子期刊，第七期。
如何淨化水質？ 本單元設計以小組活動引導學生查詢	● 探討濕地的疏洪與淨水功能。 • 濕地為何能夠疏洪？ • 濕地的淨水功能的原因？	● 資料收集。 • 從網路或書籍蒐集濕地的相關資料。 • 蒐集都市淨水的過程與原理相關資料。 • 蒐集自來水的清潔指標	● 濕地的疏洪與淨水功能。 • 可以小組發表或小論文方式報導濕地的各種功能與價值。 • 讓學生透過肢體的小活動，身歷其境感受疏洪的功能及其重性(詳細活動可參閱相關教案)。 • 亦可進行濕地的野外探察活動，實際了解實地的生態環境與疏洪、淨水等功能。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
濕地相關網站，從網站收集濕地的價值與功能相關資料，進而從相關資料中了解濕地的防洪與淨水功能，藉著角色扮演活動中理解濕地的防洪功能。 其次讓學生查詢資料，了解淨化水質的原理與過程，模型製作活動則為自製簡易淨水器，並利用之前所學習的水質檢	• 濕地的其他價值為何？ • 調查並簡介學校附近濕地 ● 淨化水質的原理與過程為何？ • 標準的都市淨水包含哪些關鍵程序？ • 家居飲用自來水的清潔指標為何? • 煮沸飲水的原因為何? ● 如何自製簡易淨水器？ • 探討自製簡易淨水器的原理與方法。 • 設計並製作簡	•查詢簡易淨水器的製作過程相關資料與影片。 ● 引導式討論。 •各小組討論並發表濕地的相關報導。 •從小組報告中結論出濕地具可沉積、淡化、過濾與分解部分汙染物，淨化與改善水質等功能。 •從小組蒐集的資料中討論簡易淨水器的設計原理與可行的方案。 •根據實驗結果，討論如何改進小組所設計的淨水器。 ● 模型製作。 •製作簡易淨水器。 •簡易淨水器的污水處理前後的水質檢驗。 ● 小組發表。	● 淨化水質的原理與過程。 •學生可自行蒐集或由教師提供都市淨水的主要分為曝氣、沉澱、過濾、消毒等過程，並討論每一個過程的原理。 •亦可參觀污水處理廠，了解污水處理的原理與實際的過程。 •學生可以自身經驗，探討並說明家庭進行水質的作法與原理。 ● 如何自製簡易淨水器？ •學生事先蒐集自製簡易淨水器相關資料。教師播放相關實驗影片與簡單說明淨水原理。 •老師可提供材料：市售飲料的寶特瓶、棉花、海棉、活性碳粉等。學生依照實前的蒐集資料，進行小組討論，規畫出簡易淨水器的設計圖。 •學生根據小組設計圖，利用先前的討論，製作一個可攜式的濾水器。 •學生使用的簡易檢測包（WWMD）或相關測量儀器，檢測污水樣本淨化前後的水質數據，並比較淨水前後水質的差異。 •各組改善自製簡易淨水器，再比較不同設計的淨水能力。 •各小組展示自製簡易淨水器，比較各組淨水效果，說明設計、功效與改善的方法。學生聆聽他組報告並提出相關問題

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
驗的概念與技能檢測淨化後的水質，改善淨水器的設計，最後進行自製簡易淨水器的小組發表。	易淨水器。 • 淨水器污水處理過程與測量水質。 • 實作成品改進方法。 • 成品發表。	•報導濕地調查或資料蒐集。 •簡易淨水器的成品發表。	或建議。 ● 評量方法：實驗計畫、學習單、實驗紀錄、口頭發表、實驗報告、小論文、數位評量。 【參考資料】 鍾曉蘭(2015)：跨學科科學課程設計— 「淡水河左岸」專題研究課程，臺灣化學教育電子期刊，第七期。
如何進行水汙染**防治？** 本單元引導學生由教科書、學術或媒體報導關於不同用水(例如：工業、農業、民生、飲用水等)的汙染規範資料與各種主要水汙	• 不同用途的水汙染汙染標準有哪些差異? • 主要水汙染的來源為何?自然汙染和人為汙染有何不同? • 各種主要水汙染如何防治? • 如何提出具體可行的水汙染防治方法？	● 資料收集。 •從網路、書籍、媒體中蒐集主要的水汙染源並予以質性和量化的比較。 •蒐集重大水汙染案例資料並討論其法律處理情形及對環境與社會的影響。 ● 引導式討論。 •就前幾週所蒐集的濕地的報告、淡水河左岸的生態變遷與水汙染的相關資料及探究實驗的結果，分析	● 不同用途的水汙染的來源與處理標準。 •學生以小組合作方式蒐集不同用途的水汙染的來源與處理標準相關資料。 •以書面報告分析與比較不同用途的水汙染的來源與處理標準的異同。 ● 各種主要水汙染的防治方法。 •小組蒐集重大水汙染案例資料並討論其法律處理情形及對環境與社會的影響。 •小組從蒐集資料中討論各種主要水汙染的防治方法。 ● 小組以所處的環境，提出具體可行的水汙染防治方法。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
染的防治方法等資料，例如：圖表、文字報告中解讀資料，分析與批判資料具有的內涵、原理、差異與合理性等，從中找尋可行的水汙染防治方法。 引導學生學習分析與批判科技問題對環境及社會的影響，進而學習跨界溝通及認識社會傳播科技等專業問		出淡水河左岸(其他河流或水庫等)水~~污~~染可能的來源。 • 從蒐集資料中討論各種主要水汙染的防治方法。 • 小組探討所處的環境中，關於水汙染防治的可行方法。 ● 小組發表。 • 藉由小組合作方式製作書面報告及電腦簡報，海報展示或進行短講競賽。	• 前將述的書面報告的資料與前幾週所蒐集的濕地的報告、淡水河左岸的生態變遷與水汙染的相關資料及探究實驗的結果比較，分析出淡水河左岸(其他河流或水庫等)水汙染可能的來源。 • 小組探討所處的環境中，探討出關於水汙染防治的可行方法。 • 小組以口頭報告、海報展示或進行短講競賽方式發表各組探究的成果。 • 在發表過程中要學生聆聽他組報告，反思各組成果的合理性與可行性，並提出相關問題或建議。 ● 評量方法：實驗計畫、小論文、口頭發表。 【參考資料】 鍾曉蘭(2015)：跨學科科學課程設計—「淡水河左岸」專題研究課程，臺灣化學教育電子期刊，第七期。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
題的素質。			
碳循環與碳足跡碳循環（carbon cycle）主要是指碳元素在地球的大氣圈、生物圈、水圈及岩石圈等儲存庫之間的交互作用。 碳足跡(Carbon Footprint)可被定義為與一項活動(Activity)或產品的整個生命週期過程所直接與間接產生	● 什麼是碳循環? ●自然界中碳如何循環？ ●如何使用概念圖表達自己的科學概念? ● 自己一天有多少碳足跡? ●什麼是碳足跡? ●如何運用科學方法與工具計算碳足跡？ ●嘗試利用工具，例如：「一日生活碳足跡」。app，記錄並	● 資料收集。 ●蒐集關於碳循環與碳足跡的相關資料。 ●蒐集關於各種記錄碳足跡的科學方法與工具。 ● 數據分析與比對 ●透過簡易工具或公式計算每一學生一天生活的碳排放量。 ●各組討論： 1. 個人的碳排放量有差異? 2. 哪些行為是高碳排放量。 3. 個人日常生活如何降低二氧化碳的含量？ ● 決策擬訂定、表達與溝通 ●透過角色扮演，舉行有效行動減少碳排放市政辯論會，可以扮演市長和議員	● 碳循環模式比較。 ●請學生以概念圖畫出自己認為的碳循環模式。 ●提出專家的碳循環模式。 ●學生的模式和專家的模式有何差異? ● 計算碳足跡。 ●透過資料收集讓學生認識碳足跡、計算方法、與標誌。 ●將個人一天中發生的重要排碳事件，查詢出碳足跡並予以計算。(參考： http：//cfp.epa.gov.tw/carbon/defaultPage.aspx) ●比較自己和其他同學的碳足跡。那些排碳量是可以節省的? ● 有效行動減少碳排放市政辯論。 ●角色扮演，如果你是市長，針對你的市政你會採取哪些政策以降低整個城市的碳排放量?並請說明推動的理由。 ●針對其他人提出的市政策略，容易推動嗎?如果你是議員，你認為會產生哪些缺點?有沒有可以改進的方法? ●根據大家討論的結果，重新擬訂新的減碳策略，並提出相關的配套措施。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
的溫室氣體排放量。 本單元先透過概念圖檢視學生和專家的碳循環差異，讓學生發覺自己的碳循環概念問題。 透過一個簡單的估算程式，讓學生察覺自己一天的排碳量，並透過與同學的對比討論，發覺日常生活中高碳排放的行為。 透過角色	分享自己的碳足跡。 ●和同學相比較，大家的碳足跡有何差異? ●生活中還有哪些方法可以減少碳足跡? ● 如何減少碳足跡? ●什麼是碳足跡的標誌？ ●消費者如何在購買、使用、廢棄或回收過程中減少碳足跡？ ●製造者如何從產品的的生產、運輸與販	的不同角色，相互提問和回應。	• 評量方法：實察紀錄、學習單、小論文、實察報告、數位評量、口頭發表。 【參考資料】 1. Falkowski, P. etc.(2000). The Global Carbon Cycle： A Test of Our Knowledge of Earth as a System. Science. **290** (5490)： 291–296. 2. 教育部足跡計算器 https：//co2.ftis.org.tw/pageA3_2.asp

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
扮演，整體思考城市治理的減碳決策，對於社會議題能以科學的角度去檢視。	賣等過程減少碳足跡？ ●城市運輸系統如何降低碳排放量? ● 選擇適當的溝通方式在學習團體中交換對世界的不同觀點，彼此獲得了解或建立共識。		
為什麼要淨塑？ 二十世紀二戰後塑膠工業興起，人工材料價廉質輕且多元，大量取代了天然材	● 什麼是塑膠？ ● 塑膠在科技、工業文明或社會經濟、民生發展上扮演了什麼角色？（文社組） ● 塑膠與天然聚	● 資料收集。 ● 蒐集生活中常見的塑膠及性質。 ● 蒐集發現重要塑膠和發展史的資料。 ● 蒐集生活中常見塑膠的原料、成分、重要性質、製造、應用等資料。	● 什麼是塑膠？ ● 資料收集與討論。 ● 蒐集生活中常見的塑膠、天然聚合物及其重要或關鍵性質的資料。 ● 蒐集重要塑膠發現和關鍵技術在臺灣發展的背景與過程。 ● 蒐集廢棄塑膠對陸地、海洋、大氣環境和生態的影響。 ● 蒐集化學與前瞻材料發展的趨勢資料。PVC 淨塑的技術、策略、與現況。

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
料。新科技雖然推動了時代的巨輪，同時也衍生了汙染、疾病、生態改變崩解、生物滅絕、地球永續等問題。其中尤以PVC、保麗龍(PS)、PET、PE...等，以及環境中的塑化劑、三聚氰胺、戴奧辛等遺害甚劇。如何探究塑膠材料的特性，發揮塑材優點，降低塑害，是	合物有何異同？ • 生活中各種常見塑膠的原料、成分、化學構造、製造、材料特性有何異同？（自然組）。 ● 塑膠對環境有何重大的影響？ • 塑膠如何影響陸地、海洋、大氣? • 一般處理廢棄塑膠的方法為何？各有何優缺點? • 什麼是塑膠降解？可生物分	• 蒐集廢棄塑膠對陸地、海洋、大氣環境的影響。 • 蒐集綠色化學十二守則及相關實例。 ● 各種塑膠的分解。 • 設計實驗，了解各種 PVC 製品、保麗龍製品、聚乳酸(PLA)在有機溶劑、水或不同溶劑中的溶解情形。 • 設計實驗，了解各種 PE、PVC、PLA 製品填埋土中後的分解情形。 • 設計實驗，了解 PE、PS、PVC 燃燒後的分解情形（小心產生的有毒物質）。 ● 引導式討論。 • 分組擬訂討論塑膠議題及整理相關資料。	• 塑膠對環境有何重大的影響？ ● 各種塑膠不同方法降解或分解的實驗。 • 比較實驗與蒐集資料的結論之異同。 • 實驗是否產生關於塑膠或淨塑有關的新問題？下一步為何？ • 了解實驗與媒體資訊或報導之間的歧異。 ● 簡報、演講、論壇、辯論會。 • 培養學生從事學術專業報告或撰述論文、小論文。 • 培養學生從事知識轉譯或傳播活動，學習使用普通語言從事專業知識轉譯或溝通。 ● 評量方法：學習單、思考實驗/實驗計畫、實驗報告、口頭發表。 【參考資料】 1. http：//www.wikihow.com/Clean-Plastic 2.http：//www.iflscience.com/environment/19-year-old-develops-machine-clean-oceans-plastic/ 3.https：//zh.wikipedia.org/wiki/%E8%81%9A%E6%B0%AF%E4%B9%99%E7%83%AF

探究議題	探究學習內容	實作學習內容	學習內容說明
重要的環境議題。 本單元以實驗、實作探究一些常見塑膠的分解現象，藉以了解廢塑的汙染情形、塑膠對工業及民生的影響，塑膠科技的社會意義，綠色化學處理塑膠的原則，如何有效的淨塑等問題。	解塑膠？可堆肥塑膠？各有何利弊？ ● 新興塑膠材料的發展方向為何？ • 什麼是「淨塑」？一般淨塑的方法為何？ • 何謂綠色化學？	• 討論人造材料技術與文明發展的優缺點，經濟重要性、工業和民生重要性。 • 討論廢塑對環境和生態影響嚴重的程度，尤其要追究資料來源的信度。 • 討論實驗的結論。 ● 舉辦簡報、演講、論壇、辯論會。 ● 選擇適當的溝通方式向低年級的學生、或沒有科學背景的朋友、家人等說明自己所認識的塑膠工業、科技、文明、環境影響的觀點。	4.https：//zh.wikipedia.org/wiki/%E8%81%9A%E4%B9%B3%E9%85%B8

「自然科學探究與實作」課程內容案例二：**系統與尺度問題的探究**

「自然科學探究與實作」是必修領域課程內容，課程實施有三項指導原則：(１)課程設計與發展；(２)以問題（議題）導向引導探究，培養提問的能力；(３)教材宜有確實的參考資料。課程設計發展需有完整 4 學分的課程架構與設計理念，並應兼顧多元知能、適性揚

才來選擇或設計教材、教法、和評量。

探究能力是自然科學欲培養的基本能力，而培養探究能力最好的學習進路之一就是做中學。基於自然科學領域各科目的共通性，教學模組內容應強調物質與能量、構造與功能、系統與尺度、改變與穩定、交互作用、科學與生活、資源與永續性等跨科概念，並適時與新興創意教育思維連結。

實作內容期能貫通發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享等探究項目，以問題導向或專題研究鼓勵學生以小組合作方式參與問題解決，將科學體驗學習連結生活與社會，教師可參考本案例，選取其中的探究議題，發展或設計因時因地適宜的課程。

系統與尺度問題的探究	
學分數：2 （一學期 32 小時）	上課時間：每週 2 節（本模組課程建議時數：30-45 小時）
設計理念	近代科學重要的觀點之一就是發現我們熟知的環境和生活方式只是萬象世界的一隅。從天外浩瀚的宇宙，到眼睛看不見微米尺度的細菌，或是更小的奈米尺度的分子、甚至原子，科學家找到了利用自然界物質和能量的交互作用，讓我們可以體驗到看不見的世界。 本課程藉著實作活動，組裝簡單的光譜儀去「看」不可知的事物。活動也涵蓋蒐集有用的資料檢索、整理、分析、歸納、論證，培養探究能力。藉著小組合作、團隊學習，完成探究計畫，並以結果報告、口頭簡報、或壁報呈現學習成果，練習表達溝通的能力。
學習目標	1. 體驗科學活動，從生活實例認識科學並聯結新興科技。 2. 結合探究、動手動腦、論證與報告撰寫的表達溝通能力。 3. 認識我們習知的環境只是不同系統與尺度世界的一環，培養巨觀到微觀的思維與觀點。

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
不同尺度的世界 【學習重點】 ● 引導式討論。 ● 歸納法結論。 ● 簡報。 ● 不同尺度的世界。	【探究問題】 1. 如何認識微觀與巨觀世界? 2. 如何認識視覺或五感所不及的世界的真偽? 3. 如何觀察不同尺度的世界? 【探究活動】 各組選擇網路上優良的關於「系統與尺度」之影片觀看，簡報後討論。	1. 觀賞網路上的「空間尺度」影片並討論。 2. 資料蒐集、引導式討論:先民及近代科學是如何認識五感以外的世界。 3. 課後作業：撰寫小論文「科學思維的世界觀和常民世界觀的差異」。	1. 引導式討論。 2. 科學論文或簡報。	【跨科概念】 1.系統與尺度 2.科學與生活 【建議時數】 2 小時，或翻轉教學，做為下個單元的預備。
簡易光譜儀製作--適當工具是五感的延伸 【學習重點】 1. 製作簡易觀測儀器。	【探究問題】 1. 甚麼是光譜儀?光譜儀告訴了我們甚麼事? 2. 有哪些方法可以改進儀器? 3. 太陽光譜、各種光的光譜有何不同? 4. 光譜儀使否能提供五感	1.教師提供兩種不同簡易光譜儀的製作方式，並請學生至少擇一製作完成。（可參考彰化高中游大立老師的簡易摺紙光譜儀或牙膏盒光譜儀製作） 2.運用自製光譜儀和行動裝置(或數位相機)拍攝下列光譜: （1） 太陽光(不要直接對太陽，對天空即可)	1.簡易光譜儀成品。 2.數位照片與光譜比較學習單。 3.光譜儀改進方案。	【跨科概念】 1.物質與能量 2.構造與功能 【建議時數】 2-4 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
2. 尋找最佳光譜拍攝條件或改進儀器。 3. 光譜與太陽光譜。	經驗之外世界的訊息? 【探究活動】 1.動手組裝簡易光譜儀。 2.運用行動裝置透過簡易光譜儀拍攝光譜。 3.透過數位照片或攝影比較不同光譜的特徵。 4.由自己和他人拍攝結果的對比，討論光譜儀的改進方式。	（2） 日光燈 （3） LED 燈 （4） 蠟燭 （5） 其他有興趣的光源 3.各種光譜有何差異? 4.由自己和同學拍攝的影像互相比對和討論，自製光譜儀是否可以改進?如何改進? 5.檢討前面單元的觀點與學習。		
用簡易光譜儀觀察元素或化合物的焰色 【學習重點】 1. 焰色實驗的操作技能。 2. 光譜鑑定的能力。	【探究問題】 1. 甚麼是焰色? 甚麼是離子光譜? 2. 用光譜鑑定物質和五感有何不同? 3. 離子焰色光譜和前面單元的光譜或太陽光譜有何異同?	1. 教師先播放一小段焰色實驗影片，簡介實驗的內容與焰色的定義。 2. 準備食鹽、氯化鋰、氯化銅、氯化鈣、氯化鋰、硫酸銅和硼酸等不同鹽類、酒精、棉花、鑷子、點火器、蠟燭、蒸餾水和燒杯等藥品與器材。 3. 先以鑷子夾取適量棉花沾濕酒精，以點火器點燃棉花，觀察並記錄酒精燃燒的焰色；再以簡易光譜儀觀察並記錄酒精燃燒	1. 觀察的參與情形及實驗操作是否確實。 2. 實驗學習單（實驗過程與結果的記錄及實驗心得等）。 3. 拍攝作品。 4. 成果報告：焰色原理、不同離子焰色	【跨科概念】 1.物質與能量 2.交互作用 【建議時數】 2-4 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
3. 分析、比較和彙整實驗結果。 4. 認識不同金屬離子或其他化合物的焰色。 5. 以光譜儀分析焰色、鑑定化合物。	【探究活動】 1. 將自製的儀器應用在不同的樣本上。 2. 認識既有儀器的功能和限制。 3. 用不同的方法紀錄實驗。 4. 將 3C 技術用在實驗上，比較獲得、存取資訊的優缺點。 5. 注意實驗安全與防護。	的焰色 (如果可以觀察到波長，一併記錄之)，並比較眼睛直接觀察與光譜儀結果的異同。 4. 以酒精濕棉花，再沾取少量的氯化鈉固體，以點火器點燃棉花，比較以肉眼觀察與燃燒酒精焰色的差異 ; 再比較以簡易光譜儀觀察與燃燒酒精焰色的差異 ; 接著比較氯化鈉不同觀察方式之焰色的異同。 5. 嘗試以其它的方法獲取氯化鈉的焰色，比較差異及優劣。 6. 另外以簡易光譜儀觀察並記錄氯化鋰、氯化銅、氯化鈣、氯化鋰、硫酸銅和硼酸等不同鹽類的焰色。 7. 將手機攝影機啟動並對好焦距，由於焰色發生時間很短，故以攝影機動態攝影為佳，並拍攝光譜影片。 8. 各組展示、比較獲得的焰色，討論所獲得的科學資訊或知識。 9. 可在電腦中擷取影片之影像，並列印於學習單 (選擇性活動)。	光譜與焰色實驗方法之比較。	

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
望遠鏡的製作與使用 【學習重點】 1. 手作簡易望遠鏡觀。 2. 運用望遠鏡觀察適當尺度的事物。 3. 認識自然界的尺度與結構。 4. 了解光學成像的原理。	【探究問題】 1. 如何組合透鏡能使物體放大?如何組合出望遠鏡? 2. 如何計算透鏡的焦距? 3. 如何製作簡易望遠鏡? 4. 是否可以改進簡易望遠鏡？ 【探究活動】 1. 測量凸透鏡之焦距。 2. 搜尋望遠鏡結構資料，嘗試設計望遠鏡。 3. 動手製作望遠鏡。 4. 運用自製望遠鏡搜索自然界由小到大有哪些不同的尺度和物質的結構。	1. 製作預備:準備放大鏡(大小各一)，適當口徑之塑膠管和適當之異徑接頭，水管強力膠等材料(可以參考彰化高中游大立老師之百元望遠鏡材料和製作方法)。 2. 搜尋單一透鏡、光學望遠鏡成像原理的資料，設計方法算出透鏡之焦距，並算出物竟和目鏡之適當距離。 3. 選取合適的器材，操作組裝光學望遠鏡。 4. 運用自製望遠鏡觀察合適尺度的物體，並記錄所有實驗步驟，包括:拍攝實驗照片、記錄相關數據、記錄實驗環境資訊。 5. 比較與判斷自己及他人製作之光學望遠鏡的差異，比較彼此的製作方法及程序上的合理性，並提出新的問題或批判。 6. 依據新的創意或想法改善自製的光學望遠鏡。 7. 從實驗過程、結果與查詢的相關資料分析並提出光學望遠鏡的優點與缺點。 8. 分組書面或簡報說明實驗進行結，包括組裝器材優缺點、改進創意。	1. 蒐集資料的確實與否。 2. 自製望遠鏡的品質。 3. 自製望遠鏡的觀察學習單。 4. 改進望遠鏡的提案報告。	【跨科概念】 1.系統與尺度 2.交互作用 【建議時數】 4-6 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
顯微鏡下的世界 【學習重點】 1. 了解人類如何透過顯微鏡識這個世界。 2. 選擇課題進行資料檢索、蒐集與判讀。 3. 實驗設計與數據分析。 4. 報告撰寫與簡報製作。 5. 提問與討論。	【探究問題】 1. 放大鏡、望遠鏡和顯微鏡的差異? 2. 什麼東西需要用顯微鏡來觀察？ 3. 不同顯微鏡可看見的最小顆粒？ 【探究活動】 1. 了解顯微鏡有哪些功能與應用，對日常生活有哪些影響？。 2. 用顯微鏡搜索自然界小尺度物質或生命的結構。 3. 為什麼以顯微鏡觀察的物體常需要切薄片或染色？	1. 搜尋單一透鏡、望遠鏡和顯微鏡成像原理的資料。 2. 用放大鏡或顯微鏡觀察身體或周遭（例如：校園或校園附近水池或溪流）的小構造或物體，並拍攝（或描繪）觀察物的細微構造並記錄其大小。 3. 從觀察過程或拍攝結果與查詢的相關圖片資料提出所用顯微鏡的缺點與限制。 4. 討論顯微鏡的應用與對日常生活的影響。 5. 各組收集不同領域的顯微照片，製作相關的簡報與同學分享。	1. 判讀檢索內容。 2. 觀察與記錄的參與。 3. 撰寫與製作簡報能力。 4. 小組互評及組內互評。	【跨科概念】 1.系統與尺度 2.構造與功能 3.科學與生活 【建議時數】 4-6 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
經濟活動與自然科學的相關性 【學習重點】 1. 了解「物質間的交互作用」和「人類日常生活互動」之間相似性。 2. 透過簡單的創意活動設計模擬物質間的交互作用。 3. 彙整分析互動遊戲結果，並製作統計圖表。	【探究問題】 1. 資本主義社會的薪資結構有什麼特性？ 2. 國內薪資結構和西方薪資結構有何差異性？ 3. 如何設計簡單的遊戲重現社會薪資結構？ 4. 薪資結構的分布和哪些物理現象或社會現象有相似性？ 【探究活動】 1. 蒐集現代社會薪資分佈資料，討論合理的薪資分佈為何，與現狀的差距如何。 2. 將實作的薪水遊戲結果製成圖表，並分析貧富不均必然產生的原因。	1. 找 60 人左右班級進行薪水遊戲，每人起薪皆為 4 萬元。兩兩猜拳，贏的加薪 1 萬，輸的減薪 1 萬。若一方薪水已為零，則雙方薪水不加不減。每個人猜拳次數約 30 次，即可停止遊戲。 2. 統計最初，最後與過程中的薪資分布，並利用適當的電腦軟體繪製成圖表。 3. 嘗試改良互動的模式，更有效率地反應物質間的交互作用或人類日常生活的互動。 4. 分組書面或簡報說明遊戲得到的結論，包含優缺點與改進的創意。 5. 製作相關的小論文或 PPT。 6. 以小組討論針對有效互動的議題擇定小組探究課題。並提出解釋、理由、論據、假設等和答覆其他小組及教師的質詢。	1. 蒐集資料的效率與正確性相關性的判定。 2. 口語或書面表達論述能力的評估。 3. 簡報的架構與內容。 4. 參考資料的合宜與完備性評估。 5. 書面報告。	【跨科概念】 1. 系統與尺度 2. 物質與能量 3. 科學與生活 4. 交互作用 5. 改變與穩定 【建議時數】 2-4 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
4. 認識自然現象和社會現象的相似性。	3. 認識「物質間的交互作用」和「人類日常生活互動」之間相似性。 4. 透過簡單的創意活動設計模擬物質間的交互作用。			
認識皮膚及其他表皮的構造與功能 【學習重點】 1.選擇課題進行資料檢索、蒐集與判讀。 2.實驗設計與數據分析。 3.報告撰寫與簡報製作。 4.提問與討論。	1.人類皮膚及其他表皮構造有何特性與功能？ 2.為什麼皮膚大面積受傷時會造成失溫？ 3.為什麼皮膚大面積受傷時會造成失水性休克？ 4.大腸如何吸收水分？為什麼嚴重下痢會排水？ 5.正常膀胱如何承載尿液？ 6.皮膚及表皮構造如何避免微生物的入侵？ 7.為何會燒燙傷或曬傷？ 8.製作人工皮膚的考量？	1. 如何估算人體特定區域皮膚的表面積？ 2. 以不同材質物品覆蓋皮膚後，測量體溫的變化。 3. 將手指頭浸到自來水或鹽水中，觀察變化，再解釋原因。 4. 以廣用試紙測量汗水、肥皂、洗髮精和皮膚保養品等的酸鹼值。 5. 以生豬皮觀察燒燙傷或曬傷的變化。	1.提出探究計畫（蒐集資料及判讀資料)的品質與能力。 2.實驗設計與參與。 3.撰寫結果報告（資料彙整及分析）的能力。 4.簡報製作能力。 5.口頭簡報能力。	【跨科概念】 1.構造與功能 2.改變與穩 3.科學與生活 【建議時數】 4-6 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
食物中的油脂及從含醣食物製造酒精 【學習重點】 1. 生質柴油及酒精製作的資料檢索。 2. 規劃及實驗操作。 3. 分析及彙整實驗結果。 4. 結果報告製作。	【探究問題】 1. 哪些食物含油量較高? 2. 如何由蔗糖或米製造酒精? 【探究活動】 1. 資料檢索教師提供的生質能的生質材料種類。 2. 將材料的油壓搾出並檢測含油量及油的黏滯性。 3. 規劃由糖或澱粉製造酒精的實驗。 4. 分離或分析產生的產物。 5. 檢討酒精、或生質柴油的性質及製程的優、缺點。	1. 資料檢索生質原料及生質燃料種類並做選擇，預習報告中述明參考資料及選擇的理由。 2. 依提供的器材、儀器，規畫、擬定實驗步驟。 3. 確實進行實驗步驟，製造酒精或生質燃料，並且分離、鑑定、分析產物。繪製或拍攝實驗照片，記錄相關數據。 4. 由實驗的數據資料中分析、整理出結果、規則，與已知結果或參考資料比較，提出實驗結論及討論。 5. 分析、比較與判斷各小組製作酒精或生質柴油之原料、製作方法、程序的差異及合理性與結果優劣的關係。 6. 小組簡報，並檢討酒精或生質柴油的性質及製程的優、缺點。	1. 提出探究計畫（蒐集資料及判讀資料)的品質與能力。 2. 實驗設計與參與。 3. 撰寫結果報告（資料彙整及分析）的能力。 4. 簡報製作能力。 5. 口頭簡報能力。 6. 小組互評及組內互評。	【跨科概念】 1. 物質與能量 2. 構造與功能 3. 交互作用 4. 資源與永續性 【建議時數】 4-6 小時
用簡易光譜儀檢驗食用油 【學習重點】	【探究問題】 1. 不同食用油的光譜有何差異?	1.準備大豆沙拉油、葵花油、豬油、橄欖油各200 毫升裝入透明試管中。 2.以 100W 燈泡作為光源放置於裝油品市館後方並點亮。	1.實驗過程。 2.數位照片與後續處理疊圖。 3.光譜差異報告。	【跨科概念】 1.物質與能量 2.科學與生活

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
1. 動手組裝儀器。 2. 注意實驗安全與防護。 3. 運用自製儀器拍攝光譜。 4. 比較不同的結果。 5. 元素之焰色。	2. 真實葉綠素和銅葉綠素光譜有何差異? 3. 如何運用數位影像比較光譜? 【探究活動】 1. 準備實驗器材並動手組裝。 2. 運用所學光譜概念處理生活中的相關問題。 3. 運用數位儀器比較光譜之差異。	3.用簡易光譜儀和行動裝置拍攝光譜。 4.將大豆沙拉油加入銅葉綠素後再拍攝光譜，並比較和橄欖油、大豆沙拉油光譜有何差異? 5.將數位照片以影像軟體疊圖並比較其差異。 6.簡易光譜儀還可以運用在那些日常生活中?		【建議時數】 2 小時
生活中的奈米科技實驗與實作: QQ 球與黏巴達變身 【學習重點】 1. QQ 球製作技能。 2. 資料檢索。	【探究問題】 1. 為什麼「塑膠」材料有不同的性質? 2. QQ 球的彈性從何而來? 3. 黏巴達的黏性從何而來? 【探究活動】 1. 認識聚合物高分子的微觀構造。	1. 教師提供「黏巴達變身」講義，實驗原理與生活中的範例。 2. 教師播放相關實驗的影片。 3. 實驗器材與藥品：塑膠杯或燒杯、玻棒、透明膠水、藥用碘酒、硼砂。 4. 學生依教師提供之步驟，進行實驗操作，並能詳細觀察實驗變化及記錄實驗結果。 5. 教師鼓勵學生查資料，推測並比較發生的化學反應。	1. 實作成品。 2. 提問與討論參與情形。 3. 學習單。	【跨科概念】 1. 構造與功用 2. 系統與尺度 3. 交互作用 4. 科學與生活 【建議時數】 2-4 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
3. 高分子的微觀構造與巨觀性質。	2. 認識分子間的作用力與物質巨觀性質變化。 3. 認識聚合物的交聯作用對結構的影響。 4. 認識分子模型。	6. 教師提供相關化學反應，讓學生比較討論。		
生活中的奈米科技實驗與實作:酒精凍帶著走 【學習重點】 1. 規劃、操作實驗。 2. 分析、彙整實驗結果。 3. 膠體溶液的分類與性質。	【探究問題】 1. 生活中甚麼是膠體溶液?溶膠?凝膠? 2. 膠體溶液、溶膠、凝膠各有何特性? 3. 如何製作酒精凍? 酒精凍屬於何種物質? 【探究活動】 1. 探究固體的酒精凍的原理。 2. 探究膠體溶液的性質及控制流動性的方法。	1. 資料檢索膠體溶液的種類包含溶膠與凝膠，比較並分析兩者特性的異同。 2. 學生依教師提供之步驟，進行實驗操作，並能詳細觀察實驗變化及記錄實驗結果。透過製作固體的酒精凍，讓學生探討添加物對實驗的影響。（實驗器材與藥品：氫氧化鈣、冰醋酸、酒精、酚酞指示劑、塑膠杯子、量筒、塑膠滴管、玻棒） 3. 學生查詢資料，推測並比較發生的化學反應。 4. 從實驗結果與查詢資料中探討膠體溶液的性質及控制流動性的可能方法。	1. 實作成品。 2. 小組發表與討論。 3. 探究計畫：製作原理與控制流動性的方法。	【跨科概念】 1.構造與功能 2.系統與尺度 3.交互作用 4.科學與生活 【建議時數】 2-4 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
硫為什麼有臭味--奈米硫的製備 【學習重點】 1. 製備奈米尺度物質的技能。 2. 分析、彙整實驗結果。 3. 膠體溶液與廷得耳效應。 4. 光散射現象。 5. 影響反應速率的因素。	【探究問題】 1. 如何製備奈米尺度的硫粒子? 2. 如何知道製成的是不是奈米硫? 3. 為什麼硫粉會有臭味? 【探究活動】 1. 利用沉澱反應產生的固體遮記號，比較添加清潔劑和不加清潔劑對沉澱反應速率的影響。 ※延伸探究問題 2. 探討清潔劑控制奈米粒子成長的機制? 3. 探討清潔劑的微胞結構與形成機制，如何改變硫粒子的團聚作用的原因?	1. 教師提供「奈米硫的製備」講義，生活中的範例，實驗原理與準備。 2. 教師播放相關實驗影片。 3. 實驗器材與藥品：硫代硫酸鈉(滴瓶)、鹽酸(滴瓶)、洗碗精(滴瓶)、小水盆、培養皿、塑膠杯、量筒、塑膠滴管、馬錶、菜瓜布和黑色記號紙等。 4. 學生依教師提供之步驟，進行實驗操作，並能詳細觀察實驗變化及記錄實驗結果。 5. 學生進行闖關實驗表演:由學生的成果實驗競賽，完成指定實驗現象(如最快或指定時間內觀察到廷得耳效應)，可以了解學生對於整體實驗設計的想法與創意。 6. 教師鼓勵學生查資料，推測並比較發生的化學反應，並探討影響反應速率的因素與清潔劑如何影響硫粒子的團聚作用。	1.參與觀察活動的情形及實驗操作是否確實。 2.闖關實驗與演示。 3.成果報告：實驗原理、實驗操作、記錄實驗結果、實驗討論與結論等。	【跨科概念】 1.系統與尺度 2.科學與生活 3.交互作用 4.改變與穩定 【建議時數】 2-4 小時

「自然科學探究與實作」課程內容案例三：能資源與永續問題的探究

能資源與永續問題的探究包括：認識臺灣目前使用的能源及綠色能源；引擎的發展、應用與影響；製作風力發電機組等 8 個探究議題，分別設計 2-4 或 4-6 的探究時數，教師可參考本案例，選取其中的探究議題，發展或設計因時因地適宜的課程。

能資源與永續問題的探究	
學分數：2 （一學期 36 小時）	上課時間：每週 2 節（本模組課程建議時數：26-40 小時）
設計理念	能資源使用的知識與態度是現代公民的基本素養。本教學模組統整跨科概念：物質與能量、資源與永續性--每一議題皆從周遭的自然環境或生活中的問題開始。實作活動涵蓋資料檢索、整理、分析、歸納、決定探究題目，鼓勵小組合作、團隊學習，從觀察或戶外實察、儀器設備的組裝或製作、數據分析，歸納出量化或質化的規則，或探索和尋求問題解決的方法。透過小組互動學習過程，完成探究計畫、結果報告、口頭簡報、或壁報，呈現探究實作的學習成果。教師可靈活運用本模組的主題，發展因時因地適宜的課程。
學習目標	1.學習觀察、測量、資料蒐集、量化或質化分析、歸納與解釋、論證、作結論、撰寫報告與表達溝通等技能。 2.藉由實作的活動，培養科學探究與問題解決的方法與能力。 3.培養探究所需的獨立和批判思考、團隊合作、創新精進等科學核心素養。

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
認識臺灣目前使用的能源及綠色能源 【學習重點】	【探究問題】 1. 臺灣目前使用哪些能源?使用狀態、重要性、及優缺點為何？	1. 小組進行查詢、分析和彙整臺灣目前使用的能源，包括種類、轉換形式、廢料處理等及主要的優缺點等資料。 2. 分組製作「綠色能源」的定義與相關資訊的小論文。	1.蒐集或觀察的參與及資料的確實與否。 2.檢索、判斷的能力。	【跨科概念】 1. 物質與能量 2. 科學與生活 3. 資源與永續性

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
1. 觀察及資料檢索。 2. 分析與彙整資料。 3. 文字或口頭報告。 4. 臺灣目前使用的能源及綠色能源。	2. 何謂「綠色能源」?臺灣適合開發哪些綠能?如何得知？ 【探究活動】 1. 蒐集或觀察(田野觀察或虛擬網路搜查資料) 臺灣目前使用的主要能源，譬如：火力 (石油、煤、天然氣) 、核能、水力、太陽能發電等。 2. 從圖書、文獻資料、網路與媒體檢索「綠色能源」的定義與相關資訊，譬如：太陽能、水力、海洋發電、燃料電池、生質能源等。	3. 以小組討論針對~~台~~臺灣可發展的綠能擇定小組探究議題。 4. 課堂討論：由教師或學生提問，請各小組針對各組探究的綠能提出解釋、證據等。	3.小論文。	【建議時數】 2-4 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
	3. 討論並判定目前使用能源的優缺點，及適合臺灣發展的綠能種類。			
引擎的發展、應用與影響 【學習重點】 1.認識引擎的操作與功能。 2.認識引擎的發明對人類日常生活與環境的深刻影響。 3.認識能源的轉換與功率。 4.認識生命活動與演化都可以視為高效率的引擎。	【探究問題】 1. 引擎是如何操作?其基本功能為何？ 2. 為什麼引擎的發明是促成歐洲工業革命的關鍵近因？ 3. 引擎的發明透過便利的交通工具，對世界產生哪些正、反面的影響？ 4. 如何組裝簡易的史特林引擎？ 【探究活動】 1. 資料檢索 1765 年瓦特改良蒸汽機對人類生活的影響。	1. 預習史特林引擎的製作及功能，並準備探究計畫。 2. 由可以直接觀察活塞如何運轉的史特林引擎了解引擎工作的模式。 3. 資料檢索並比較各種可以將能源轉換成動力的各種引擎之優缺點。 4. 了解各種引擎的發明如何改變我們的生活方式，以及對環境的影響與衝擊，並做成簡報資料。 5. 討論科學家致力提高引擎效率與減少對環境衝擊的努力。 6. 組裝簡單的引擎。 7. 比較與判斷各組成品的優劣及運轉效率。 8. 分組書面或簡報說明，或製作相關的小論文。	1. 蒐集或觀察的參與及資料的確實與否。 2. 檢索、判斷與論述的能力。 3. 小組互評及組內互評。 4. 組裝的引擎其效能與創新能力的評估。 5. 小論文或簡報的論述能力與完備性。	【跨科概念】 1. 物質與能量 2. 資源與永續性 3. 科學與生活 【建議時數】 4-6 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
	2. 資料檢索 1816 年發明的史特林引擎和 1824 年發明的卡諾引擎相關的科學史和發明動機。 3. 嘗試組裝簡單的(史特林) 引擎。 4. 認識目前各種耗能的方式以及引擎的發明，對人類日常生活與環境的影響。 5. 搜尋、比較各種引擎的優缺點。 6. 搜索生命活動、光合作用等生命現象和高效率引擎的相似性。			
製作風力發電機組 【學習重點】	【探究問題】 1. 如何比較各種能源轉換與儲存方式的便利性？	1. 製作探究計畫。 2. 資料檢索、規劃並選取合適的組件、器材。 3. 組裝風力發電機組和需要的相關裝置、儀器。	1.文獻資料檢索、探究計畫及結果報告，包括分析、歸納的評估。	【跨科概念】 1.資源與永續性 2.物質與能量 3.科學與生活

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
1. 資料檢索、選擇課題。 2. 規劃、操作實驗。 3. 分析、彙整實驗結果。 4. 探究計畫與結果報告。 5. 識大自然的資源。 6. 能源的轉換與功率。	2. 如何利用風力發電？ 3. 如何改善自製的風力發電機組？ 4. 適合風力發電的條件為何？ 5. 大型風力發電機組對生物與生態環境的影響為何？ 【探究活動】 1. 資料檢索發電機與馬達的工作原理。 2. 資料檢索風力發電機組的相關資料。 3. 規劃實驗：包括選擇、組裝、製作簡易風力發電機組，並利用電池等蓄電裝置儲存電能備用。	4. 記錄所有實驗步驟，譬如：拍攝實驗照片、記錄相關數據、記錄實驗環境資訊等。 5. 比較與判斷自己及他人製作之風力發電機組的差異，同時比較製作方法及程序的合理性，並提出新的問題或討論、批判。 6. 分析並比較風力發電和其他發電模式的優點與缺點。 7. 從發電功率與用電模式了解使用能量對環境的影響。 8. 分組書面或簡報說明實驗、提出結論、製作相關的小論文或 PPT。 9. 以小組討論針對發電、傳輸、效能、環評提出解釋、理由、論據、假設等和答覆其他小組及教師的質詢。	2.模型製作參與及技能的評估。 3.討論、論述、論辯的能力。 4.小組互評及組內互評。 5.模型製作報告。 6.簡報與論述能力。	【建議時數】 6-8 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
	4. 測量、紀錄輸入的風能與輸出的電能，同時計算能量的損耗，並討論其原因。 5. 探討如何提高能量轉換的效率。			
製作太陽能發電機組 【學習重點】 1. 資料檢索、選擇課題。 2. 規劃、操作實驗。 3. 分析、彙整實驗結果。 4. 探究計畫與結果報告。 5. 認識大自然的資源。	【探究問題】 1. 如何比較各種能源轉換與儲存方式的便利性？ 2. 如何利用太陽能？如何利用太陽能來發電？ 3. 如何改善自製的太陽能發電機組？ 4. 適合太陽能發電的條件為何？ 5. 如何配合太陽照射方向的變動改變太陽能發電機組的設計？	1. 草擬探究計畫。 2. 資料檢索、規劃並選取合適的組件、器材。 3. 組裝發電機組和需要的相關裝置、儀器。 4. 記錄所有實驗步驟，譬如：拍攝實驗照片、記錄相關數據、記錄實驗環境資訊等。 5. 比較與判斷自己及他人製作之發電機組的差異，同時比較製作方法及程序的合理性，並提出新的問題或討論、批判。 6. 分析並比較太陽能發電和其他發電模式的優點與缺點。 7. 從發電功率與用電模式了解使用能量對環境的影響。 8. 分組書面或簡報說明實驗、提出結論、製作相關的小論文或 PPT。	1. 文獻資料檢索、探究計畫及結果報告，包括分析、歸納的評估。 2. 模型製作參與及技能的評估。 3. 討論、論述、論辯的能力。 4. 小組互評及組內互評。 5. 模型製作報告。 6. 簡報與論述能力。	【跨科概念】 1.資源與永續性 2.物質與能量 3.科學與生活 【建議時數】 6-8 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
6. 能源的轉換與功率。	【探究活動】 1. 資料檢索發電機與馬達的工作原理。 2. 資料檢索太陽能發電機組的相關資料。 3. 規劃實驗：包括選擇、組裝、製作簡易的太陽能發電機組，並利用電池等蓄電裝置儲存電能備用。 4. 測量、紀錄輸入的太陽能與輸出的電能，同時計算能量的損耗，並討論其原因。 5. 了解太陽能和地球能源的密切關係。 6. 探討如何提高能量轉換的效率。	9. 以小組討論針對發電、傳輸、效能、環評提出解釋、理由、論據、假設等和答覆其他小組及教師的質詢。		

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
探究終極能源—光 【學習重點】 1.了解太陽傳遞能量的機制。 2.認識太陽能對地球及日常生活的影響。 3.了解大氣層吸收與反射陽光的機制對氣候與生態的影響。	【探究問題】 1.日照如何影響物質（以水為例）? 2.如何測量陽光對水溫的影響? 3.科學家如何探究海水的顏色? 【探究活動】 1.蒐集科學家探究光是波動或是粒子這個爭論的科學史。 2.估計太陽光的平均照射功率。 3.了解水透明無色的原因、水最容易吸收哪些頻率的光。 4.估算一克水溫度上升一度所需的能量。	1.利用不同的容器裝水，測量單位時間內在太陽曝曬下水溫變化情形，並繪成簡單圖表。 2.藉由水的比熱，換算水溫變化與其能量變化的關係。 3.以可見光平均頻率，計算單一光子攜帶的能量，並由此推估能量變化與光子數的關係。 4.嘗試以不同液體捕抓光子，並探討溫度上升或下降的原因。 5.探討大氣層吸收與反射陽光的過程，與其對氣候與生態的影響。 6.了解如何增加捕捉光子的效率。 7.分組書面或簡報說明實驗進行結，包括組裝器材優缺點、改進創意。 8.製作相關的小論文或 PPT。 9.以小組討論針對太陽能量與光子相關的議題擇定小組探究課題。並提出解釋、理由、論據、假設等和答覆其他小組及教師的質詢。	1.蒐集資料的效率與正確性相關性的判定。 2.口語或書面表達，以及邏輯論述的能力。 3.簡報的架構與內容。 4.參考資料的消化與整理。	【跨科概念】 1.物質與能量 2.科學與生活 3.系統與尺度 4.交互作用 【建議時數】 2-4 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
	5.科學家了解海水顏色的科學發展史。			
能源消耗與氣候變遷的相關性研究 【學習重點】 1. 針對研究問題蒐集適當的資料。 2. 根據理論提出適合的假說。 3. 分析所得的資訊或數據，並轉換為圖表以供比較。 4. 運用科學證據或理論，進行變因之間相關性的推論及論證。	【探究問題】 1. 2003 和 2013 年全球不同類型能源的消耗有何差異？ 2. 不同國家消耗能源種類或依賴性有何差異？ 3. 2003 和 2013 年全球綠色能源消耗有何差異？ 4. 能源消耗和溫度變化有相關性嗎?有何相關？ 【探究活動】 1.針對問題蒐集適當的資料。 2.分析相關數據並找出差	1. 調查 2003 和 2013 年全球不同類型能源的消耗比例。 2. 調查 2003 和 2013 年美國、中國、日本、德國、臺灣 (或選擇不同地理位置及開發程度的數個國家)不同類型能源的消耗比例，並列出其差異性。 3. 調查 2003~2013 年逐年全球各種能源的消耗量。 4. 由所得資料比對化石燃料和綠色能源的消長。 5. 比較全球各種能源消耗的差異。 6. 比較不同國家各種能源消耗的差異，並分析原因。 7. 調查 2003~2013 年全球平均溫度的變化。 8. 分析能源消耗和溫度變化的關係。 9. 能源消耗和溫度變化有沒有理論上的相關性？	1.學生的數據分析結果與圖表。 2.學生對數據推論的學習單或報告。	【跨科概念】 1.資源與永續性 2.物質與能量 3.科學與生活 【建議時數】 4-6 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
5. 溫室效應與能源消耗的關係。	異。 3.將分析結果以適當統計圖呈現資訊和比較。 4.學生能依據理論解釋能源消耗和溫度變化的關係。	10.比較全球能源消耗量和全球溫度的變化趨勢有沒有甚麼樣的相關性，這樣的相關性可以做因果關係的推論嗎？ 11.無論支持或反對，你需要再找哪些證據來補強你的觀點？		
臺灣綠色能源發展配置規劃（專題成果發表版） 【學習重點】 1. 資料檢索與蒐集。 2. 分析資料 3. 以圖表說明結果。 4. 針對不同面相整體思考 5. 臺灣的綠色能源	【探究問題】 1. 臺灣適合發展哪些綠色能源？ 2. 如何獲得穩定供應的綠色能源？ 【探究活動】 1. 由圖表、報告中解讀資料，了解資料具有的內涵性質。 2. 將研究的內容作有條理的、科學性的陳述。 3. 正確運用科學名詞、	專題研究-以臺灣的自然條件可以發展怎樣的綠色能源： 1. 臺灣可能供應的綠色能源為何？須說明發展該能源的自然條件，包含原因、時間、區域。 2. 搜尋相關自然條件資料，研判該項能源的運用時機和優缺點。 3. 規劃出一年 12 個月臺灣地區適合那些能源的利用。 4. 與其他各組比較，透過討論，互相評價彼此方案的優缺點。	1.書面報告與簡報。 2.口頭發表。 3.互評表。	專題成果發表版，可與下一模組擇一授課 【跨科概念】 1. 物質與能量 2. 資源和永續性 3. 改變與穩定 【建議時數】 4-6 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
	符號及常用的表達方式。 4. 傾聽別人的報告，並能提出意見或建議。 5. 反思小組探究計畫的應用性與改進之處。			
臺灣適合發展綠色能源嗎？（辯證討論版） 【學習重點】 1. 資料檢索與蒐集與分析。 2. 製作簡報資料或預備辯論。 3. 提問與討論。 4. 臺灣的綠色能源。	【探究問題】 1. 臺灣適合發展哪些綠色能源？ 2. 臺灣綠色能源開發有經濟效益嗎?會面臨哪些問題？ 【探究活動】 1. 製作圖表、使用資訊與數學等方法，有效整理資訊或數據。 2. 將自己的探究結果和同學的結果或其它相關的資訊比較對照，	1.教學準備:請學生就下列分組蒐集相關資料： （1）新竹沿海風力月平均資料。 （2）高雄日照月平均資料。 （3）地熱發電評估資料。 （4）洋流（黑潮）或潮汐發電評估資料。 2.各組舉辦綠色能源開發公聽會，須以數據和圖表說明開發這些能源的發電量、優缺點及管理問題。 3.當某組發表時，其餘各組須提出有理論及數據支持的反對理由或疑問。 4.是否可能把各組的優缺點互相截長補短，組合成良好、穩定的供電系統。	1.公聽會發表內容與簡報檔。 2.互評表。 3.提問與回應。	辯證討論版，可與上一模組擇一授課 【跨科概念】 1.物質與能量 2.資源和永續性 【建議時數】 4-6 小時

探究議題	探究內容	實作內容	評量方式	備註
	相互檢核，確認結果。 3. 從探究所得的資訊或數據，形成解釋、理解、發現新知、解決問題或是發現新的問題。 4. 比較與判斷自己及他人對於科學資料的解釋在方法及程序上的合理性，並能提出問題或批判。 5. 從問題解決過程、合作討論中建立模型，用以描述一個系統化的科學現象，並察覺模型有其侷限性。			

五、十二年國教-自然科學核心素養教學與評量示例

（一）設計理念與學習目標

本示例目的在於展現自然科學領域課程之各項學習表現，提供自然科學核心素養教學與評量方式之參考，教學者可因時因地因人之差異，以彈性原則引導學生從事不同形式之探究。

（二）學習表現-探究能力圖示對照表

探究能力項目											
思考智能				問題解決							
想像創造	推理論證	批判思辨	建立模型	觀察與定題		計畫與執行		分析與發現		討論與傳達	
				觀察	定題	計畫	執行	分析	發現	討論	傳達

自然科學核心素養教學與評量示例：細胞的構造與功能

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應生物科學習內容	INb-Ⅱ-7 動植物體的外部形態和內部構造，與其生長、行為、繁衍後代和適應環境有關。	INb-Ⅲ-5 生物體是由細胞所組成，具有由細胞、器官到個體等不同層次的構造。	Da-IV-1 使用適當的儀器可觀察到細胞的形態及細胞膜、細胞質、細胞核、細胞壁等基本構造。	BDa-Ⅴc-2 原核細胞與真核細胞的構造與功能。	BDa-Ⅴa-2 生物膜的構造與功能。 BMb-Ⅴa-1 從科學史的觀點，探討生物膜的模型之發展歷程。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
			Da-IV-2 細胞是組成生物體的基本單位。		
探究活動主題	生物如何生長？ 觀察生物的生長過程，並比較不同生物或不同條件下，生長速度的差異。	組成生物的最小單位為何？ 透過顯微鏡或放大設備的協助，觀察生物的組成單位。	細胞裡有什麼？ 透過水包埋玻片來觀察生物細胞，以認識細胞的基本構造。	細胞的構造都一樣嗎？ 透過模型的操作與觀察，比較原核、真核細胞的差異。	細胞如何執行功能？ 從科學史中，從科學史中，了解科學家對細胞構造與功能的探索歷程，再將所知製作成解說模型。
探究活動說明及對應探究能力	1.教師指定要觀察的生物種類(可以飼養動物或栽種植物)和需要觀察之變因。 2.透過師生討論，引導學生了解觀察步驟與記錄表格內容。 評量：學生須能了解如何記錄表格的內容。 3.讓學生實際進行動物的飼養或植物栽植，	1.以一個樂高組裝的物品，讓學生討論組成這個物品的基本單位為何。 評量：學生須能相互合作、討論，並提出自己的看法。 2.讓學生討論生物體是否也會有類似的基本組成單位。	1.教師介紹顯微鏡的構造與使用方法。 2.教師說明並示範水包埋玻片標本的製作。 3.引導學生將欲觀察之材料製成水埋玻片標本。 評量：學生須能完成各種材料的水埋標本。 4.以顯微鏡觀察各種不同生物的細胞，利用	1.教師詢問細胞的基本構造，並請學生回答這些構造的功能？ 評量：學生須能相互合作、討論，並正確提出細胞的構造與功能。 2.讓學生以分組方式利用細胞的模型上台介紹細胞中各構造的功能與關聯。	1.從科學史的觀點，介紹生物膜鑲嵌模型之發展歷程。 評量：學生須能了解不同學科知識、進展會影響到科學家對於生物細胞膜內涵的認識。 2.以分組方式進行，讓各組學生討論細胞膜的結構與特性，並讓學生依據自己的想法設計解說模型 (可以是

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	並進行長時間的觀察記錄。 評量：學生須能完成飼養觀察的過程。 4.引導學生將紀錄數據繪製成生長曲線圖，並試著讓學生討論曲線的代表意義。 評量：學生須能將數據圖表化。 5.讓學生以組別為單位上台分享組內的觀察與討論結果。 評量：學生須能正確表達自己的想法。	評量：學生須能相互合作、討論，並提出自己的看法。 3.讓學生藉由顯微鏡或放大設備的實際觀察洋蔥表皮與水蘊草的葉子，並繪出觀察結果。 評量：學生須能正確的使用顯微鏡進行觀察。 4.讓學生比較、討論這二種生物組成單位的異同。 評量：學生須能發現洋蔥細胞與水蘊草細胞質中物質的差異。 5.讓各組學生分享組內	照相或繪圖方式記錄細胞的形態，並標註細胞的基本構造。 評量： 學生須能正確的畫出觀察的結果。 5.利用實驗觀察結果比較動植物細胞間之異同。 評量：學生能正確比較動植物細胞間的差異。 6.各組上台分享組內的觀察結果與討論結論。 評量：學生須能正確表達自己的想法。	 評量：學生須能正確說明細胞構造與功能的關係。 3.教師介紹原核生物的基本構造。讓學生討論、比較原核細胞與真核細胞的差異。 評量：須能說出原核生物缺少膜狀胞器，且無細胞核。 4.讓同學利用細胞模式圖比較真核與原核細胞的差異，並討論原核細胞構造與真核細胞構造在功能上的對應性。	實體模型或海報模型)。 評量：所製作之模型須符合細胞膜的特性，構造相對大小、外形需正確。 3.各組利用自己所製作模型向其他學生介紹細胞膜的構造與功能，並說明這些構造與跨膜運輸的關係。 評量：學生須能正確表達自己的想法，並正確說明跨膜運輸的三大類型與作用機制。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
		討論結果。 評量：學生須能正確表達自己的想法。 6.教師總結學生分享之內容。		評量：學生須能正確比較原核、真核細胞間的差異。	
探究活動對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的的探尋和提問，常會有新發現。 ai -Ⅱ-2 透過探討自然與物質世界的規律性，感受發現的樂趣。 ai -Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成品來表現自己構想的樂趣。 ah -Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ai -Ⅲ-2 透過成功的科學探索經驗，感受自然科學學習的樂趣。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到	ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	ai -Ⅴc-1 透過成功的問題解決經驗，獲得成就感。 ai -Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai -Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ah -Ⅴc-1 了解科學知識是人們理解現象的一	ai -Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah -Ⅴa-1 了解科學工作者經常遵循某些特定的標準(例如：可推廣性、簡約性等)判斷探究活動的可行性。 ah -Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。 an -Ⅱ-2 察覺科學家們是利用不同的方式探索自然與物質世界的形式與規律。	的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。		種解釋，但不是唯一的解釋。 an - Ⅴc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。 an - Ⅴc-2 了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。	性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an - Ⅴa-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。
總結性評量	1.須正確的完成觀察記錄表格的內容。 2.須能正確理解觀察結果之意義。	須能正確繪製出觀察之結果。	繪製之細胞須正確的標上細胞核、細胞質、細胞膜等構造名稱。	學生能利用細胞模型或模式圖，判斷出真核與原核細胞的差異。	1.細胞膜模型的外形、構造需正確。 2.須能正確地說出細胞膜構造與跨膜運輸功能之關係。
備註	由生活經驗的觀察與記錄，讓學生了解生物會	由實際觀察讓學生了解生物體有最基本的構造	利用不同材料的觀察，讓學生了解到細胞具有	認識真核細胞和原核細胞的差異，為生物多樣	以細胞膜的模型製作讓學生理解構造與功能的

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	受到環境的影響而有生長的差異。	單位，所以生長差異可能是這些基本構造的作用不同所造成。	的基本構造。	性和演化等學習內容的基礎。	關係，而不再只是記憶構造與功能的關係。

自然科學核心素養教學與評量示例：生物體內的能量與代謝

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應生物科學習內容	INa-Ⅱ-7 生物需要能量（養分）、陽光、空氣、水和土壤，維持生命、生長與活動。	INa-Ⅲ-9 植物生長所需的養分是經由光合作用從太陽光獲得的。	Bc-IV-3 植物利用葉綠體進行光合作用，將二氧化碳和水轉變成醣類養分，並釋出氧氣；養分可供植物本身及動物生長所需。 Bc-IV-4 日光、二氧化碳和水分等因素會影響光合作用的進行，這些因素的影響可經由探究實驗來證實。	BDa-Ⅴc-4 光合作用與呼吸作用的能量轉換關係。	
探究	植物生長需要什麼？	光合作用需要什麼？	植物如何進行光合作用?	生物生存所需的能量從	植物如何透過光合作用

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
活動主題	植物生長需要陽光、空氣、水、土壤。	植物的葉子是光合作用主要場所，需要陽光	透過分組自行設計實驗，於動手操作後從實驗結果，了解影響光合作用的因素有哪些	何而來? 透過光合作用與呼吸作用內容的討論，探討光合作用與呼吸作用的能量轉換關係。	將光能轉變為生物體內的化學能? 透過分離光合色素、光反應還原作用的檢測等實驗操作，加上課堂講述及小組活動，讓學生了解光合作用的流程。
探究活動說明及對應探究能力	活動一 課堂討論 1.教師提問：同學最喜歡吃的蔬菜有哪些？並讓學生討論、回答。 評量：學生須能正確表達自己的看法。 2.教師提問：若要自己栽種這些蔬菜需要知道哪些栽培注意事項？並讓學生討論回	活動一 植物的生長需要光(以分組活動方式進行，讓學生比較植物在有光、無光情況下的生長比較。) 1.讓各組討論、挑選自己喜歡且適當的植物作為栽植對象。 評量：學生須能透過討論，取得共識，而挑選出所要實驗的材料。	活動一 課堂講述及討論 1.教師提問-動物如何獲取自身生長所需養分?那植物呢? 2.以分組方式進行，讓各組學生討論上述問題，並上台分享看法。 評量：學生須能提出植物和動物有自營和異營的差別，且植物產生的	活動一 課程引導及課堂討論 1.教師提問-生命世界所需的能量從何而來?讓學生進行小組討論。 評量：學生能彼此合作、相互討論。學生須了解生命世界所需的能量很多由光合作用供應	活動一 利用層析將光合色素分離，知道植物具有多種光合色素。 1.以分組方式進行光合色素的萃取及層析，並計算各種色素的 Rf 值。教師提供各種色素的分子量供學生參考。 評量：學生能按步驟完成層析操作，並利用 Rf 值區別出不同的光合色素。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	答。 評量：學生須能正確表達自己的看法。 3.教師提出作業要求：希望同學栽種自己最喜歡的蔬菜一種，並找出該蔬菜最好的生長條件。 4.讓學生分組討論，挑選出自己想要栽種的蔬菜。 評量：學生須相互討論，並能正確表達自己的看法，並經交流、討論獲得共識。 5.讓挑選相同蔬菜的組別進行討論，以確定各自的栽培條件，並	2.各小組依據自己所的植物進行實驗的設計與規劃。 評量：需有對照組、不同處理之組別至少需有10 株以上的個體。 3.實際進行植物的栽植，並定時作觀察紀錄。 評量：需有原始紀錄表格，可以文字、數字或照片呈現。 4.分析觀察記錄之結果，並利用數據作出圖表以顯示實驗的結果。	養分可供植物本身及動物生長所需。 3.教師介紹光合作用，說明植物利用葉綠體將二氧化碳和水轉變成醣類養分，並釋出氧氣。 評量：學生須了解光合作用進行的場所，及光合作用的反應物和產物。 活動二 光合作用實驗(學生自行設計實驗，於動手操作後從實驗結果，了解影響光合作用的因素的有哪些) 1.請學生分組討論，設	2.教師提問-生物生存所需的能量從何而來?讓學生進行小組討論。 評量：學生能彼此合作、相互討論。學生須了解光合作用的產物可供植物及動物生長所需。 3.讓各組上台分享組內的結論。 評量：學生須能正確表達自己的看法。 4.請各組對別組報告內容進行討論並提出分享。 活動二 光合作用及其討論	2.教師提問：存在多種光合色素的可能意義？提供吸收光譜的資料引導學生思考。 評量:學生能發現不同光合色素的吸收波段具有差異,並推論其差異可能與功能分工有關。 3.教師可舉產業界以LED 進行植物室內栽培的例子，讓學生探討不同色光的光合效率高低，如何能有最高產能？ 評量：學生能推論紫色LED (結合光合作用效率最高的藍光及紅光)是產

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	提醒學生可以不同的栽培條件，例如：光線充足與否、水量多寡、土壤好壞、空氣是否流通等進行比較。 評量：學生須能提出栽種觀察之計畫，並能說出所要控制的條件項目。 活動二 蔬菜栽植實作 1.讓學生進行蔬菜栽植，並記錄蔬菜的生長情形。 評量：學生須能實際進行蔬菜栽植，並正確記錄實驗結果。 2.請各組根據所記錄結	5.根據實驗結果作出結論，並與其他組學生分享。 評量：需有統計分析之表格，最好能有柱狀圖說明。 活動二 植物生長所需的養分主要來自於葉子 1.教師提問植物生長所需的養分主要來自於何處？並讓學生開放回答。 評量：學生須能提出來自葉子的觀點。 2.教師提問，如何證實植物生長的養分主要來自於葉子，並請學	計一個實驗來驗證植物光合作用效率的高低。 2.分組上台報告。 3.聆聽完各組分享後，再請各組討論並選出最可行的方法上台發表。 評量：學生能彼此合作、相互討論。學生須能設計出驗證植物光合作用效率高低的實驗。並從中選出最可行的實驗。 4.請學生討論哪些因素會影響光合作用的效率。教師將學生提出	1.教師介紹光合作用。 評量：學生須了解光合作用包含光反應和碳反應，光反應產生的能量可供碳反應將二氧化碳合成醣類。 2.學生分組討論，光合作用過程中有哪些能量形式?這些能量在光合作用過程中如何轉變? 評量：學生能彼此合作、相互討論。學生須能提出光合作用可將光能轉變成化學能，並貯存在有機物中。 3.學生上台發表。	業界偏好使用的光源；並能理解單純的科學知識也可能在產業上應用。 4.教師介紹光系統的組成，並說明其吸收光能的機制。 5.教師提問：光合色素中參與電子傳遞的色素為何？其他色素的角色為何？ 評量：學生需能正確回答葉綠素 a 是主要的光合色素，其餘則為輔助色素。 活動二 利用分離出的葉綠體，探討光反應的還原作用。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	果提出該蔬菜的最佳生長條件說明。 評量：學生須能提出符合觀察結果之結論。 活動三 成果分享與討論 1.讓各組分享自己的實驗結果與看法。 評量：學生須能正確表達自己的看法。 2.教師提問：植物的最佳生長條件為何？是否每種植物都一樣？有無共同的需求？讓學生先在小組內討論後，再進行全班的意見交流。	生設計實驗證明之。 3.讓小組討論，根據自己的觀點進行實驗設計。 評量：需有對照組與數量的觀念。 4.依所設計之流程真正進行實驗。 評量：能真正落實實驗的過程。 5.定時記錄實驗結果。 評量：能正確記錄錄實驗結果。 6.根據實驗結果作出結論，並與他組學生分享。 評量：能分析數據，並	的因素一一寫在黑板上。 2.各組分配一個變因，並利用前述討論出的可行實驗方法，設計出適合的實驗。 3.請各組上台分享他們因應不同變因而設計出的研究流程。 評量：學生須能就光合作用化學式中的反應物，及光合作用進行時的條件等因素，推出日光、二氧化碳和水分等因素會影響光合作用的進行，並針對不同變因，設計出適合的研究流程。 	評量：學生須能正確表達自己的看法。 4.請各組對別組報告內容進行討論並提出分享。 評量：學生須能正確表達自己的看法，並提出思辨。 活動三 光合作用與呼吸作用能量轉換關係 1.教師介紹呼吸作用。 評量：學生須了解生物利用呼吸作用將有機物的能量轉換成能量代幣 ATP。 2.學生分組討論，呼吸	1.分組進行，按實驗流程操作，使用指示劑來呈現光反應中電子傳遞鏈的還原作用。 評量：學生能按步驟完成操作，了解試管間不同處理的對照關係，並從指示劑的顏色變化，判斷出光反應中發生還原作用。 2.教師說明光反應中電子傳遞鏈的過程，如何促成 NADPH 及 ATP 的產生。 3.小組活動：透過合作及討論，以海報圖示光反應的過程，並上台發表。 評量：小組完成海報繪製

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	評量：學生須能正確表達自己的看法。 3.教師根據全班討論之結果作出結論。	提出結論。 活動三　葉子需要光以便進行光合作用 1.教師提問：如何驗證植物有無進行光合作用？並讓學生開放回答。 評量：學生須能提出自己的看法。 2.請學生設計實驗證明葉子需要照光才能進行光合作用。 3.讓學生根據要求自行設計實驗內容。 評量：需有對照組和適	7.聆聽完各組分享後，小組再討論每組設計的優缺點和可行性，並上台發表。 評量：學生會發現科學實驗的可行性會受到材料或儀器等等的限制，並非影響光合作用的所有變因都能經由實驗證實。 8.學生就大家選出可行的研究方法進行操作。 9.利用觀察結果，推論影響光合作用的因素有哪些。需於研究執行後繳交報告。	作用對生物生存的意義？呼吸作用與光合作用的關係? 評量：學生能彼此合作、相互討論。學生須能提出細胞可利用有機物中的化學能進行新陳代謝，並連結光合作用與呼吸作用能量轉換關係。 1.讓小組上台分享組內的結論。 評量：學生須能正確表達自己的想法。 2.小組針對各組分享進行討論及自評，再上台報告分享。 評量：學生須能正確表	並透過口述正確表達光反應的主要過程。 活動三　光合作用的固碳反應。 1.教師說明一般植物光合作用固碳反應的過程。 2.小組活動：透過合作及討論，以海報圖示固碳反應的過程，並上台發表。 評量：小組完成海報繪製並透過口述正確表達固碳反應的主要過程。 3.教師提問：光反應一定在有光時候進行，

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
		當的測量方法。 4.各組依據所設計之內容實際進行實驗，並蒐集資料。 評量：學生須能正確記錄實驗結果。 5.根據所得到之實驗結果提出結論，並與他組學生分享。 評量：學生須能完成數據的處理，並提出符合數據的結論。	評量：學生須能正確地從研究結果推論出影響光合作用的因素。	達自己的看法，並提出思辨。	固碳反應的進行有時間限制嗎? 評量:學生能正確解釋為何碳反應也需在有光的時候進行,因為固碳反應需要光反應的產物¯ATP及 NADPH 的參與。 4.教師提問：光合作用的進行及速率可能受到那些環境因素影響? 評量:學生可舉出影響光合作用的環境條件，如：水分、CO_2 濃度、光線、溫度等。 5.小組討論：長期處於乾熱環境的植物，其光合作用的進行會面臨哪些問題?植物可能

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
					如何因應? 評量:小組可提出合理的答案並加以說明(如：調整氣孔開閉時間)。學生能理解有些物種會隨生存環境而演化出不同適應的光合作用機制。 活動四 從光合作用探討生物體代謝活動的一般特性。 1.小組討論：光反應及碳反應的過程均牽涉多個步驟才能完成而非單一步驟完成，其生理上的意義為何? 評量:小組可從提出自己的觀點(如：反應步驟進

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
					行的難易度、降低對生物體的傷害及提高能量轉換效率等)，並對其他組別的觀點提出批判思辨。
探究活動對應科學的態度與本質	ai -Ⅱ-2 透過探討自然與物質世界的規律性，感受發現的樂趣。 ai -Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成品來表現自己構想的樂趣。 ah -Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。	ai-IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究	ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai-Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai -Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出	ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai-Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai-Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ai-Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
		an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	方法，幫助自己做出最佳的決定。	最佳的決定。	現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。 an - Va-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。
總結性評量	能以實際栽植的結果提出影響植物生長的因素。	能以實驗結果證實植物光合作用需要光，且發生的部位在葉子。	能知道日光、二氧化碳和水分等因素會影響光合作用的進行。	1.能了解光合作用及呼吸作用的內容。 2.能推論出光合作用與呼吸作用的能量轉換關係。	1.學生須能正確完成相關實驗，並針對實驗結果提出正確的解釋。 2.學生須能了解光合作用中光反應與固碳反應的過程。

自然科學核心素養教學與評量示例：生殖與遺傳

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應生物科學習內容	INd-Ⅱ-3 生物從出生、成長到死亡有一定的壽命，透過生殖繁衍下一代。	INd-Ⅲ-4 生物個體間的性狀具有差異性；子代與親代的性狀具有相似性和相異性。	Ga-IV-3 人類的 ABO 血型是可遺傳的性狀。 Ga-IV-4 遺傳物質會發生變異，其變異可能造成性狀的改變，若變異遺傳到後代，則可能產生新的基因。	BGa-Ⅴc-1 孟德爾遺傳法則中，性狀與遺傳因子之關係。 BGa-Ⅴc-2 孟德爾遺傳法則的延伸。	BGa-Ⅴa-1 遺傳的染色體學說的建立。
探究活動主題	生物如何產生下一代？ 以實際的養殖觀察，了解生物的生殖繁衍現象。	你長得最像誰？ 以活動的方式探討遺傳的特性。	滴血可認親？ 以實際調查的方式，讓同學了解 ABO 血型遺傳的規律。	性狀的遺傳是隨機的嗎？ 透過科學史讓學生瞭解探討孟德爾遺傳定律的發展歷程。	基因在哪裡？ 以科學史的方式來探討遺傳的染色體學說
探究活動說明及對應探	1.讓學生討論生物如何產生下一代？ 評量：學生須能依自己的認知或生活經驗提出具	1.請學生蒐集家中父母、祖父母和兄弟姊妹的照片。 評量：學生須能帶來家中成員之照片。	1.讓學生進行家族內成員的 ABO 血型調查。 評量：學生須能完成家族血型調查表之內容。	1.教師介紹孟德爾種植豌豆的實驗內容。 評量：學生須能了解孟德爾的實驗設計與結果。 2.讓學生根據實驗的結	1.複習孟德爾的遺傳定律，並讓學生討論基因可能位於細胞的何處？細胞質或細胞核？

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
究能力	體的例子。 2.要求學生透過飼養觀察來報告生物的生殖繁衍現象。 3.教師引導學生討論適合的物種(如飼養容易、生活史短、有性生殖類型或無性生殖類型)。 評量：學生須能針對自己的情形挑選出適合的觀察對象。 4.讓學生實際進行飼養觀察記錄。 評量：學生須能完成自己設計的紀錄表單。 5.同學上台分享自己的	2.將小組內蒐集到的照片混在一起，並讓不同組間交換所蒐集之照片，並試著去分辨哪些人是來自於同一個家庭。 評量：學生須能建立一個判斷親緣關係之標準。 3.請小組分享成果，並說明判斷的依據。 評量：學生須能正確的表達自己的看法。	2.請學生根據調查的結果推論出 ABO 血型的遺傳規律或特性。 評量：學生須能找出 ABO 血型的規律性。 3.教師針對學生討論結果，說明 ABO 血型的特性與原因。 4.讓學生進行家族內成員其他性狀的調查。 評量：學生須能完成自己家族的調查表。 5.讓學生上台分享結果。 評量：學生須能發現親代與子代間的性狀大致相	果，推導基因與性狀之間的可能關係。 評量：學生須能建立模型來解釋孟德爾的實驗結果。 3.教師總結孟德爾遺傳法則的內容 4.教師介紹孟德爾遺傳法則的延伸，包括：中間型遺傳、多基因遺傳(不得涉及計算)、ABO 血型的遺傳。 評量：學生須能了解各種不同的遺傳現象之解釋。	 評量：學生須能說出孟德爾遺傳定律之內容。 2.讓學生討論，若基因位於細胞核，如何判斷基因在細胞核中的位置？(可引導學生思考細胞核內和者的行為符合孟德爾的遺傳定律) 評量：學生須能推論出減數分裂中，染色體行為與分離率的相似性。 3.讓學生討論，若基因位於染色體上，則位於同一染色體上的基因會有那些特性？

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	觀察結果。 評量 : 學生須能正確的表達自己的看法。		同，卻不會完全一致。 6.教師根據全班之結果，進行遺傳現象之總結。		 評量 : 學生須能推論出同一條染色體上的基因彼此行為一致。 4.教師總結遺傳的染色體學說之內容，並簡述其發展過程。
探究活動對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的的探尋和提問，常會有新發現。 ai -Ⅱ-2 透過探討自然與物質世界的規律性，感受發現的樂趣。 ai -Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成品來表現自己構想的樂趣。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究	ai-IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。	ai-Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ah -Ⅴc-1 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。 an -Ⅴc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特	ai -Ⅴa-1 了解科學能力是多元的，擁有熱誠是從事與科學或科技有關的工作最重要的條件。 ai -Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah -Ⅴa-1 了解科學工作者經常遵循某些特定

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。 an -Ⅱ-2 察覺科學家們是利用不同的方式探索自然與物質世界的形式與規律。	活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。 an -Ⅲ-2 發覺許多科學的主張與結論，會隨著新證據的出現而改變。	ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	定的解釋，以增強科學論點的有效性。 an - Ⅴc-2 了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。	的標準(例如：可推廣性、簡約性等)判斷探究活動的可行性。 ah - Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an - Ⅴa-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。
總結性評量	能完成飼養觀察紀錄。	能知道親代、子代間具有相似性與差異性。	能知道性狀在親代、子代間可能發生變化。	能了解各種不同的遺傳特性。	能了解連鎖群與互換。
備註	由實際生活經驗觀察讓	讓學生了解親代與子代	由 ABO 血型的遺傳讓學	認識孟德爾的實驗設計	透過科學史知識發展歷

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	學生了解生殖的現象與意義。	之間雖然相似，但也不會完全一樣。	生明白遺傳具有一定的規律性，再透過其他性狀的調查，讓學生了解遺傳特徵的變化。	如何推導出遺傳法則，讓學生瞭解科學家如何探討自然界的規律性。	程的討論活動，讓學生理解細胞內遺傳物質，建構抽象的遺傳概念。

自然科學核心素養教學與評量示例：生物多樣性

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應生物科學習內容	INe-Ⅱ-1 自然界的物體、生物、環境間常會相互影響。	INb-Ⅲ-8 生物可依其形態特徵進行分類。	Gc-IV-1 依據生物形態與構造的特徵，可以將生物分類。	BGb-Ⅴc-5 在地球上的生物經演化過程而形成目前的生物多樣性。	BGc-Ⅴa-1 生物多樣性包含遺傳多樣性、物種多樣性及生態系多樣性三個面向。 BGc-Ⅴa-2 遺傳多樣性。 BGc-Ⅴa-3 物種多樣性。 BGc-Ⅴa-4 生態系多樣性。 BGc-Ⅴa-5 造就臺灣生

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
					物多樣性的因素。 BGc-Va-6 生物多樣性的保育。
探究活動主題	校園生物知多少？ 透過實察方式，探討校園生物的多樣性	生物大不同! 透過分組實作的方式，學習生物分類的原理與方法	常見生物知多少？ 以分組報告模式認識生物的物種多樣性	多樣的生物是怎樣產生的？ 透過天擇說內容的討論，推論目前物種多樣性的原因	生物多樣性的重要性為何？ 以分組報告模式認識生物多樣性的影響與應用
探究活動說明及對應探究能力	1.以小組活動方式，分配區域，讓各組調查所分配的區域內有哪些生物存在。 評量：學生須能知道自己小組的分配區域與工作任務。 2.提醒學生觀察，各種生物出現的環境與位置。	1.教師帶領學生至校園落葉多處蒐集落葉堆中和土壤中的小生物。 評量：學生須能設法捕捉到所要觀察之動物。 2.將蒐集到的生物浸泡於酒精中。 3.觀察酒精中各種動物的大小、外形等特	1.教師介紹現在常見生物之類群。 評量：學生須能知道常見的生物類群有哪些。 2.讓各組認養一個類群(微生物、水中小生物、真菌、植物、動物等)，然後針對該類群的特性、常見種類、與人類生活之關係等內容進行資料蒐	1.教師提問-地球上為何會有各式各樣不同的生物存在？讓學生進行小組討論。 評量：學生能彼此合作、相互討論。 2.讓各組上台分享組內的結論。 評量：學生須能正確表	1.教師介紹生物多樣性的涵義與內容。 評量：學生須了解生物多樣性的內容。 2.讓學生挑選下列的主題進行資料蒐集、整理，並上台報告。 主題： (1)遺傳多樣性的內涵與

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	3.讓小組討論為何生物會在特定的環境中出現？ 評量：學生須能發現不同的生物會有不同的環境偏好。 4.讓學生一起討論，若想增加校園的生物種類或數量，應該怎樣營造校園的環境？ 評量：學生須能提出校園環境改善的建議。 5.請學生上台分享自己的看法。 評量：學生須能正確的表達自己的看法。	徵。 評量：學生須能正確的完成觀察與記錄。 4.根據觀察結果將這些動物分成不同的類群。 評量：學生須能建立一套分類的依據。 5.上台分享各組的蒐集成果與分類依據和分類結果。 評量：學生須能正確表達自己的看法。	集與整理。 評量：學生須能完成負責類群之報告內容。 3.各組上台報告各類群生物之相關內容。 評量：學生須能正確的表達自己的看法。 探討實作活動： 1.以顯微鏡觀察水中的微生物。 2.觀察菌絲與製作孢子印。 3.觀察蕨類。	達自己的看法。 3.教師簡單複習有關達爾文演化理論的內容。讓學生試著以達爾文的理論來討論造成目前生物多樣性樣貌的可能原因。 評量：學生須能連結達爾文理論與生物多樣性的關係。 4.讓各組上台分享組內的結論。 評量：學生須能正確的表達自己的看法。	應用。 (2)物種多樣性的內涵與應用。 (3)生態系多樣性的內涵與應用。 (4)造就臺灣生物多樣性的因素。 (5)如何做好生物多樣性的保育。 評量：學生須完成所分配內容主題之報告內容。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
探究活動對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的探尋和提問，常會有新發現。 ai -Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成品來表現自己構想的樂趣。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。 an -Ⅱ-2 察覺科學家們是利用不同的方式探索自然與物質世界的形式與規律。 an -Ⅱ-3 發覺創造和想像是科學的重要元	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ai -Ⅲ-2 透過成功的科學探索經驗，感受自然科學學習的樂趣。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。 an -Ⅲ-2 發覺許多科學	ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。 an -IV-2 分辨科學知識的確定性和持久性，會因科學研究的時空背景不同而有所變化。	ai -Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai -Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ah -Ⅴc-1 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。 ah -Ⅴc-2 對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。 an -Ⅴc-1 了解科學探究過程採用多種方	ai -Ⅴa-1 了解科學能力是多元的，擁有熱誠是從事與科學或科技有關的工作最重要的條件。 ai -Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah -Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an -Ⅴa-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	素。	的主張與結論，會隨著新證據的出現而改變。		法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。	的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。 an-Va-3 了解科學知識發展的歷史是與社會、文化、政治、經濟緊密相關。
總結性評量	能認識校園的常見生物	能依據正確的特徵將生物歸類到適當的分類群。	能知道各大生物分類群的特徵與常見種類	1.能了解天擇說的內容 2.能推論出形成物種多樣性的原因。	能了解生物多樣性的內涵與影響。
備註	透過對周遭環境的觀察發現生物的多樣性。	透過實際的觀察與比較，了解生物分類的方法。	透過資料的蒐集與整理，認識重要的生物分類群。	引導學生學習以演化的基礎理論來探索生物多樣性的可能形成機制。	透過資料的蒐集與整理來認識生物多樣性的內涵與影響。

自然科學核心素養教學與評量示例：力與運動

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應物理的學	INd-Ⅱ-8 力有各種不同的形式。	INb-Ⅲ-3 物質表面的結構與性質不同，其可	Eb-IV-8 距離、時間及方向等概念可用來描述	PEb-Vc-1 伽利略之前學者對物體運動的觀	PEb-Va-1 質點如在一平面上運動，則其位

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
習內容	INd-Ⅱ-9 施力可能會使物體改變運動情形或形狀；當物體受力變形時，有的可恢復原狀，有的不能恢復原狀。	產生的摩擦力不同；摩擦力會影響物體運動的情形。	物體的運動。	察與思辯。 PEb-Ⅴc-2 伽利略對物體運動的研究與思辯歷程。 PEb-Ⅴc-4 牛頓三大運動定律。	移、速度、加速度有兩個獨立的分量。
探究活動主題	力在哪裡?	這樣的鞋子容易滑倒嗎？	誰比較快到達目的地?	地表上不同輕重物體自相同高度落下，何者先著地？	拋體運動中水平與鉛直方向運動模式是獨立的嗎？
探究活動內容說明及對應探究能力	活動一：我們周圍有哪些力的作用呢？ 1.示範一些動作，如將橡皮筋拉長後提問：為什麼橡皮筋會改變形狀？球為什麼變形？瓶蓋為什麼可以打開？(其他如寶特瓶打開及用手壓球或彈	活動一：如果有了一種神奇的「滑溜刷子」 1.小機器人發明了「滑溜刷子」，只要用這個道具一刷，就能減少摩擦力。小呆寶寶就拿這道具摩擦自己的鞋底，以為這能讓他健步如飛...。請學生說	活動一：誰的家離學校比較近？ 1.利用學校周圍地圖（或電子地圖），讓學生找出自己的住家和學校的位置，使學生明白物體位置標示的方法。 評量：	活動一：偉人說的不一定都對？ 1.請學生觀察或操作輕重不同物體，自相同高度落下時，其落地先後情形，發表其觀察結果。 2.教師提示，歷史有兩位有名的科學家一個	1.請學生觀看水平拋體慢動作影片，嘗試討論水平方向與鉛直方向的可能運動模式。 2.提供動畫分析水平拋體運動每個時間間隔移動的距離變化，學生表達其所觀察到的

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	簧拉長等) 評量：學生可以說出橡皮筋變長等物體形狀改變是受到力的作用。 2.引導思考：生活中還有什麼情形會用力呢？(這裡主要是請學生說出生活中使用力的情況，重點在於請學生說出用力的行為，並非力的作用情形) 評量：學生可以說出生活上用力的行為或動作。 3.引導思考：學生提到的許多生活中力的作用，除了讓物體形狀	一說，接下來可能發生的事。 2.引導學生討論，日常生活經驗中有什麼物品或情況也具有「滑溜刷子」的功能。 評量：學生能由圖片影片、生活經驗察覺問題，並思考止滑與打滑的原因。 3.學生討論與解釋生活中止滑與打滑等現象的差異，引導出摩擦力的概念。 評量：能夠知道摩擦力的作用會影響物體運動的情形。	學生知道物體位置標示的方法。 2.提問：誰的家離學校比較近？ 3.學生討論家裡到學校的位置變化和路徑長，分析誰家離學校比較近，說出位移和路徑長的不同，並能列舉一些日常生活中的其他例子。 評量：學生能標示出由家裡到學校的位移和路徑長，並能區別生活實例的路程和位移。 4.假設某一天配合「臺灣無車日」活動，我	是亞里斯多德、另一位是伽利略，他們的看法完全不同。請問： a. 他們的看法各是為何？ b. 他們的根據是甚麼？ c. 你覺得誰的比較正確？ 3.請學生蒐集資料，說明亞里斯多德與伽利略對於此問題所持不同的看法及根據。 評量：學生可以說出兩位學者不同的主張。	結果，並說明判斷的依據。 評量：學生能說明物體在水平方向及鉛直方向可能為何種運動型態。 3.學生透過影片觀察並討論水平拋體運動中鉛直方向的位移與初速為零的自由落體是否相同？鉛直方向是否為等加速度運動？ 。 評量：學生能夠說出水平拋體運動的鉛直方向為等加速度運動。 4.學生進行水平拋體運動實驗，設計測量相同初速的物體在與地

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	改變外，力還會產生哪些變化?(例如：可以讓球移動、讓風車轉動、讓原來在動的球停止.....) 評量：學生可以說出力的作用。 4.將學生發表的答案統整歸納。 評量：學生可以說出力可以使得物體改變形狀或運動情形。 5.引導思考：為什麼手上的球放開之後會往下掉是? 6.進行科學閱讀：牛頓與地球的引力。(事先準備有關於牛頓發現	活動二：小汽車在什麼材質的地面上滑行，比較不易停下來？ 1.教師分發小汽車及各種不同材質之表面，供學生操作觀察並體會小汽車在不同材質的地面上滑行之情形。 2.教師引導學生發表所觀察到的現象 。 3.當學生討論並歸結到，不同材質表面上滑行的”快慢、停滯、阻力等”會不同時，引導學生明確的說出並能寫出他的看	們都得走路上學，估計(或記錄)學生離家到校所需的時間，讓學生比較同組內同學到校的平均速率和平均速度，誰的平均速度和平均速率差距最大？讓學生思考運動快慢的意義，探索平均速率（平均速度）概念的意義。 評量：學生能說明物體運動平均速度與平均速率的不同，並做簡單的計算。 活動二：怎樣描述物體運動的過程？	3.引導學生思考討論，「重物先著地」在邏輯上的謬誤。 (註：若重物先落地，將重物與輕物組合一起，重物會受輕物拖累應較慢落地，但組合後更重，應更快落地，邏輯上產生矛盾。) 評量：學生可以寫下邏輯上謬誤的推理過程。 活動二：誰先著地？ 1.請學生討論，提出可以探究輕重物落地先後的實驗設計，如：變因控制(物體形狀、	面距離不同高度(1倍、4倍、9倍、16倍)所移動的水平位移，再畫出高度的平方根與水平位移的關係圖。 評量：學生能了解儀器的使用方式，並設計水平拋體運動的實驗，透過數據分析，畫出相關圖形。 5.學生透過實驗的圖形分析高度的平方根與水平位移的關係是否為正比？經由$h=\frac{1}{2}gt^2$推論水平方向是否為等速度運動？

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	萬有引力的文章讓學生閱讀，文章) 評量：學生閱讀後評量，學生可以說出球是受到地球的引力作用而掉落。 7.引導思考：「物體會受地球的引力影響而掉落，生活中還有哪些不同的力量形式？」引導學生思考能量具有不同的型態。」(如學生一時無法說出，可以適度提示，像是風車為什麼會轉動、東西放在水中為何會浮起來等)。 評量：學生可以說出力	法，例如：”小汽車在比較粗糙的材質上，比較容易停下來”。教師根據此敘述，挑戰學生來驗證，”小汽車在比較粗糙的材質上，是不是真的比較容易停下來？” 4.教師引導學生設計實驗。包括：要測量的變因(例如：滑行的總長度)、要控制的變因(例如：開始的高度、同一輛的小汽車等)、避免誤差(例如：重複測量)及裝置的架設、學生的分工等。計劃	1.教師播放某一段物體運動的影片(例如：車子移動、人跑步等)，引導學生觀察；或是讓學生分組操作打點計時器，引導學生觀察打點計時器在紙帶上所留下點的分布。 2.提問：讓學生利用運動影片或打點計時器留在紙帶上的痕跡，描述物體運動的過程(例如：經過多久跑了多遠、速度多快) 3.學生規劃如何進行運動軌跡的量測與記錄，並在教師適度引	阻力環境)、設施(長距離、精確計時)及實驗方法(如：多次測量)等。 評量：學生可以畫出實驗設計簡圖以及寫出變因操控的實驗流程。 2.請學生進行簡易的落體實驗操作或相關實驗影片觀察，發表其落地先後的觀測結果。 評量：學生可以說出輕重物體自相同高度落下，會同時著地的實驗結果。 3.請學生依所學的物體運動定律與萬有引力	評量：學生能夠應用圖形及公式推論水平拋體運動的水平方向為等速度運動。 6.學生討論運動的獨立性的形成原因是什麼？ 評量：學生能夠依據上述的實驗結果以及牛頓運動定律，共同討論出鉛直方向因受重力作用，所以做等加速度運動，水平方向因為不受外力，所以作等速度運動，於是得知某些看似複雜運動中，可以依適當座標軸分解並討論獨立的物理量。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	具有不同的形式。 活動二：怎樣把掉落縫隙中的迴紋針拿出來？ 1.引導思考拿迴紋針時不小心掉在縫隙中，要怎麼樣拿出來？ 評量：學生可以說出可能的解決方法(其中一項要包括使用磁鐵)。 2.提問：磁鐵可以吸起鐵製品，迴紋針掉到圖中的洞中(註：最好有圖輔助說明)，如何才能拿出來？ 3.學生計畫要測試的方法。(提供每一組下列	經老師認可後，進行實測。 5.記錄實驗結果並將實驗數據圖表化，並提出自己的結論。 評量：能將實驗數據圖表化。 6.學生進行實驗分享，對方法、結果進行討論。由分享中更進一步理解材質影響小汽車運動的情形，認識表面越粗糙時產生的摩擦力越大，越不利於小汽車的前進。 評量：	導下實際操作。 4.教師可引導學生思考(亦直接教導)如何用圖表表達位置與時間關係。學生將運動軌跡的位置與時間關係轉換成 x-t 圖表。 評量：學生能運用數據分析，將 x-t 關係表轉化成 x-t 圖。 5.學生透過小組討論將 x-t 數據表轉化為速度與時間 v-t 關係表，繪製成 v-t 圖。 	定律，解釋說明輕重物體為何會同時著地的實驗結果。 評量：學生可以寫出輕重物體落下的加速度與著地時距皆相同的推導過程。 4.請學生舉出生活經驗中輕重物體落下，有時不會同時著地的例子，引導其討論為何與前項觀測與原理分析結果相異。 評量：學生可以說出生活中輕重物體落下著地時間不同，可能是受阻力、浮力...等因素的影	7.生活中有哪些實例會用到運動的獨立性概念？如何驗證？ 評量：學生共同討論之後說明哪些實例會用到運動的獨立性，並說明驗證方式。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	器材：(1)同樣的材質及形狀的磁鐵數個；(2)一根事先裁剪任意長度的吸管；(3)一個迴紋針；(4)尺。 。) 評量：學生可以透過分組討論，想出把迴紋針取出的方法。 4.分組操作，將迴紋針由吸管中取出，並將結果記錄在表格中。(學生將實作結果記錄在活動單之表格中(記錄項目需包含吸管長度及使用的磁鐵數量) 評量：學生能夠依據規	1.能分組進行實驗結果的報告。 2.能分析歸納出影響摩擦力大小的因素。 3.知道地面材質會影響摩擦力的大小，並能根據滑動距離比較摩擦力的大小。 活動三：這樣容易滑倒嗎？ 1.教師提示，鞋底或地板太滑，不只走路不能變快，還容易滑倒。隨之可展示數張鞋底照片(包含有清楚紋路和以磨損的)，供學生共同判斷，哪些較易讓人滑倒。	評量：學生能將相關數據繪製出 x-t、v-t 等圖表。 活動三：我是校車調度員 1.假設未來將有一部校車可以接送班上所有學生到校，請學生分組規劃校車的路線及預估所有學生都到校的時間，最多只能停靠 5 個點，每個點停留 2 分鐘。透過分組發表，讓學生思考並選擇出最適宜方案。 評量：學生能利用電子地圖或自行繪製的簡易地圖，標示由學校到目	響。	

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	劃的實驗方法測量。 5.各組輪流分享討論結果，根據各組的報告，引導學生思考吸管長度和磁力大小關係。 評量：學生能夠專注參與討論。 6.根據各組實驗結果進行總結： (1)吸管越長，需越多磁鐵。越多磁鐵，代表著磁力越強。 (2)力的作用，有的是要接觸的；有的是不用接觸就會作用到的(如磁力)。 7.提問：除了磁力和地	 2.延伸活動，請學生課後”健檢”並記錄家中成員的鞋底的紋路磨損情形，尤其注意年老長輩的鞋底是否已經磨損嚴重，並將所觀察到的情況與家中大人分享討論。 評量： 1.能了解小汽車滑動和人的走路和滑倒都和摩擦力有關。 2.能由接觸面的狀態(平滑粗糙或磨損等)判斷器物(例如：鞋底、籃球、較踏車胎等)是否	的地的路徑長和時間，設計出最佳校車路線。		

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	球的引力，還有哪些常見的力？透過提問的方式，引導學生說出生活中的力，並根據討論歸納出： (1)生活中到處都有力的作用。 (2)利用力的作用，可以幫助我們做很多有趣的事。 評量：學生能說出生活中常見的力。	能發揮適當的功能。 3.能將所學形成概念及模型，應用到生活中並可與校外的人闡釋。			
對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-3 透過探討自然與物質世界的規律性，感受發現的樂趣。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ai -Ⅲ-2 透過成功的科學探索經驗，感受自然科學學習的樂趣。	ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -IV-3 透過所學到的	ai - Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ah - Ⅴc-1 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯	ai - Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah - Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	一的解釋。 ah - Vc-2 對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。 an - Vc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。 an - Vc-2 了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。	輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an - Va-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。
總結性評量	1.學生能了解力的作用情形。	1.學生能分析影響摩擦力大小的因素。	1.學生能利用地圖(或電子地圖)繪製一張從家	1.學生可以說出輕重物體落地快慢之相關主	1.學生可以說明運動的獨立性成因是慣性與

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	2.學生能透過相互討論及分組實作，了解力有不同的形式。 3.學生能夠實際操作比較不同磁鐵磁力大小。	2.學生能夠根據數據比較出摩擦力的大小。 3.學生能了解摩擦力在生活中的應用。	裡到指定地點的簡易地圖，並標示出其位移和路徑長。 2.學生能從物體的位置變化與時間的相關數據或 x-t 圖，說明物體的運動情形。	論述與實驗證據的發展過程。 2.學生可以依物理定律寫下物體落地快慢與輕重無關的推導過程。	受力作用後所形成的，力不僅可以改變物體速度的大小，還可以改變方向。 2.學生可以透過實驗設計實際操作實驗器材，並了解其操作原理。
備註	可適時融入不同動物行為也能產生或感受到力的有趣例子(如，象鼻能舉重物、狗能咬裂骨頭、貓能跳很高、電鰻能放出電力、鴿子能感受到磁力歸巢等)或其他學習相關內容，編修本示例，進行跨科統整教學。	可融入「構造與功能：Ib-Ⅲ-6 動物的形態特徵與行為相關…」或其他學習相關內容，以編修本示例，進行跨科統整教學。			

自然科學核心素養教學與評量示例：能量

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應物理的學習內容	INa-Ⅱ-6 太陽是地球能量的主要來源，提供生物的生長需要，能量可以各種形式呈現。	INa-Ⅲ-6 能量可藉由電流傳遞、轉換而後為人類所應用。利用電池等設備可以儲存電能再轉換成其他能量。	Ba-IV-1 能量有不同形式，如動能、熱能、光能、電能、化學能等，而且彼此之間可以轉換。孤立系統的總能量會維持定值。	PBa-Ⅴc-2 不同形式的能量間可以轉換，且總能量守恆。能量的形式因觀察尺度的不同，而有不同的展現與說明。	PBa-Ⅴa-5 一般性的力學能守恆律與實例。
探究活動主題	生活中常見的能量有那些形態呢?	太陽能可以幫助我們做哪些事情呢?	綠色能源-風力如何發電？	熱是物質還是能量？	動能與位能的轉換關係為何？
探究活動內容說明及對應探究能力	1.請學生描述一桶水放在太陽下一段時間後的水溫變化，引發學生思考能量現象。 評量：學生可以說出水受陽光照射會變熱，並了解水溫升高是一種能	1.喚起學生有關能量的舊經驗。提問：「生活中有哪些事物的運轉需要能量？用到哪一種能量呢？」 評量：學生能說出如：電燈亮了，需要電(能)...	1.請學生舉出日常生活中機械運作的例子(例如：電風扇轉動、水車轉動取水等)，認識「能」有不同形態，引導學生說出不同形式的能之間也會互相轉換。	1.請學生就生活中冷熱混合、熱傳導等現象，描述其溫度變化。 2.引導學生依據熱量定義進行討論，歸納出熱量會由高溫傳導至低溫的結論。	1.經由單擺演示探討鋼球的位能與動能的轉換。 評量：學生能說明單擺演示中各位置的動能與位能高低與轉換關係。 2.透過動能與位能的概念講述，使學生回顧先

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	量現象。 2.引導學生思考日常生活可觀察到具有能量的物體狀態或現象(例如：瓦斯燃燒可以加熱食物、人跑步、球在飛、風車轉動可發電、電池可使玩具轉動、喇叭震動保麗龍球、風可以吹動物體等等)。 評量：學生可以說出因能量造成的物理現象。 3.引導學生思考不同型態能量。提問「這些能量有什麼不同」，引導學生思考能量具有不同的形態。」(如學	等例子。 2.引導學生思考能源轉換的可能性。提問：「但是，這些事物的運轉可以改用環保的太陽能來運作嗎？」。 評量：學生能夠根據生活中常見的太陽能產品，說明運用太陽能源的可行性。 3.藉由太陽能產品(如：太陽能熱水器、太陽能路燈、太陽能電池...)的圖片，了解目前太陽能的運用。 4.請學生發表圖片的太	評量：學生能舉出生活中的例子，並說出能量的轉換。 2.提問-風力發電有哪些型態的能量轉換？(如果學生沒有概念，可以透過風力發電相關資訊-閱讀資料或影片引起動機) 評量：學生能說出風力發電涉及的能量轉換。 3.以發電機當模型引導學生了解風力發電的原理，知道如何讓風力轉換成電力讓 LED 燈泡發亮。	評量：學生可以說出熱量會由高溫傳導至低溫的結論。 3.請學生依「熱質說」理論解釋前述熱傳導現象。 評量：學生可以引據「熱質說」有邏輯性解釋熱量的傳導現象。 4.請學生雙手摩擦，感受溫度升高的現象，請學生嘗試以「熱質說」理論解釋摩擦生熱的現象，引導其此模型正確性的質疑與思考。 評量：學生可以說出為何「熱質說」無法解釋	前所教學的核心概念。 評量：學生能清楚說出動能與位能的定義，並且有基本的運算能力。 3.經由自由落體實驗的器材建置，打點計時器的紙帶記錄鋼球在不同高度的瞬時速度，經由數據資料的處理，驗證力學能守恆。 評量：學生能了解並計算紙帶任兩點的平均速度接近瞬時速度的意義，並確實計算速度大小，以呼應力學能守恆的概念。 4.學生討論影響實驗準

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	生一時無法說出，可以適度提示，有些能量可以讓物體移動、可以產生聲音、會讓溫度升高...等) 。 評量：學生可以說出能量具有不同的形態。 4.分組討論以紀錄表方式將能量分類(如下表 1 之參考格式)，並提示探究時也可自訂分類標準或自行設計紀錄表格方便記錄 。 評量：學生了解表格使用的方式，或設計自己的表格。 5.依據各組討論的表格	陽能產品，進行了那些能量的轉換。 評量：學生能分析說明能量的轉換。 5.提供學生不同大小的鏡子、不同材質的杯子、溫度計...等材料。請學生先進行討論，思考如何利用這些物品加熱 100 毫升的水。 6.老師引導針對所提出的加熱方法，進行實驗變因的探討。(1)可能影響水溫的因素。(2)擇一個操縱變因。(3)列出控制變因。(4)	4.學生動手設計簡易風力發電機，能分組討論、規劃實驗項目，並上台分享風力發電機設計原理及**改變變因**(至少一項) (教師提供市售馬達、寶特瓶、美工刀或剪刀、LED 燈、電線等材料。) 評量：學生可以說出風力大小和產生的電力大小的關係。 5.學生能進行實作、**調整變因**，完成自製風力發電機並記錄實驗	摩擦生熱現象。 5.請學生研讀<u>侖福特</u>、<u>戴維</u>實驗與「熱動說」理論以及「力學能可以轉換成熱」觀念的形成過程後，嘗試提出一個可以證明力學能轉換為熱能實驗設計。 評量：學生可以畫出簡圖，並概略說明其設計。 6.請學生依據<u>焦耳</u>熱功當量的實驗裝置結構設計，討論其實驗成功的原因。 評量：學生可以說出一個以上焦耳實驗裝置成	確性的因子有那些？如何改進？ 評量：學生能夠說出實驗的誤差因子有哪些？並討論可能改善的方式。 5.學生討論生活中有那些實例需要測量物體的速度？如何測量？ 評量：學生共同討論之後說明哪些實例需要測量物體的速度，並說明測量方式。 6.學生討論力學能守恆在生活中有哪些應用？

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	紀錄生活中的各種能量。 評量：學生能夠以文字或是圖案完成各種能量紀錄表。 6.運用各自訂定的分類方法完成能量分類。 評量：學生能根據紀錄將能量分類。 7.各組分享討論結果，根據各組的報告，引導學生思考各種能量的型態，如熱、電、光、聲、磁等。(提醒：不須讓孩子了解能量專有名詞，重點在於讓學生能了解能	應變變因如何測量。 評量：能提出假設、進行實驗變因的探討。 7.各組選擇一個操縱變因，設計三個以上的變量(如：鏡子的數量，1 片、2 片、3 片)。撰寫實驗報告，包含主題、假設、變因探討、數據的圖表、結果、結論…等，與老師討論通過後，即可進行實驗。 評量：能夠設計實驗、合作執行，並以圖表呈	結果。 評量：學生能完成風力發電機、將實驗變因及實驗結果以圖表方式呈現。 6.引導學生認識能源及能源的分類，使學生了解能源的重要性。 評量：學生能說出能源的種類，區分再生能源和非再生能源。 7.學生能蒐集資訊，分析各種能源的使用對環境所造成的汙染和危害，討論如何開發新的能源以及節約能源。	功原因。(如需要大質量重垂、落下的高度高、容器絕熱好、溫度計精度夠…等) 7.引導學生以能量轉換的觀念，討論瀑布底部水溫是否會大於頂部水溫。 評量：學生可以有邏輯性解釋說明瀑布底部與頂部的水溫是否有差異(如：力學能轉換過程，或落差不夠、絕熱不佳…等)。 8.請學生討論舉例生活中利用熱能作功的實例，發現熱與其他種形式能量一樣，都可	評量：學生討論之後說明還有哪些生活中可以用到力學能守恆的應用實例。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	量具有不同形態。) 評量：學生能夠專注參與討論。 8.上網搜尋各種能量的形式，並整理蒐集的資料後，得知生活周遭物體能量的形態。 評量：學生能夠了解能量具有各種不同的形態。	現實驗結果。 8.各組以實物投影機投影報告，並以口頭發表實驗的結果。 評量：能夠報告實驗的結果。 9.共同討論各組能量轉換的優點與弱點。 評量：能分辨各組的實驗變因是否正確地控制、能發現不同的實驗方法各有優、弱點。	8.請學生分組討論，考慮臺灣的地理環境條件，替代能源的最佳方案為何，說明其理由並完成簡易的報告格式。 評量：學生能蒐集資訊，分析臺灣使用的能源及未來的因應。	以作功。 評量：學生舉出一個以上應用熱能作功的生活實例。	
對應科學的態度與	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的的探尋和提問，常會有新發現。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心	ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。	ai - Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。	ai - Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
本質	ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	ai - Vc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ah - Vc-1 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但不是唯一的解釋。 ah - Vc-2 對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。 an - Vc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。	會欣賞科學的美。 ah - Va-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an - Va-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
				an-Vc-2 了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。	
總結性評量	學生透過探究過程了解生活中不同的能量形式。	1.學生知道太陽能是所有能量的來源。 2.學生能夠分析生活中不同能量的轉換。 3.學生能夠進行實驗的變因探討。	1.學生知道能的形式與轉換。 2.學生知道風力發電的原理和產生電力大小的關係。 3.學生能做出簡易風力發電機並提出修正意見。 4.學生能了解能源是有限的且應珍惜能源，並尋找替代能源。	1.學生可以說出熱本質相關理論與實驗證據的發展過程。 2.學生可以畫出焦耳熱功當量實驗簡圖，說明其實驗結果以及影響實驗結果之變因。	1.學生能正確說明力學能守恆的完整敘述。 2.學生能做好相關實驗，從實驗設計至實驗數據分析都能具體加以說明。 3.學生能夠說明生活中瞬時速度測量方式。 4.學生能了解力學能守恆之應用。
備註	可融入「物質與能量：INa-Ⅱ-6 太陽是地球能量的主要來源，提供生物的生長需要，能量可				

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	以各種形式呈現」或其他學習相關內容，以編修本示例，進行跨科統整教學。				

自然科學核心素養教學與評量示例：光

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應物理的學習內容	INe-Ⅱ-6 光線以直線前進，反射時有一定的方向。	INe-Ⅲ-8 光會有折射現象，放大鏡可聚光和成像。	Ka-IV-7 透過實驗探討光的反射與折射規律。	PKa-Ⅴc-5 光除了反射和折射現象外，也有干涉及繞射現象。	PKa-Ⅴa-11 光的折射遵循司乃耳定律，光由光密介質進入光疏介質的入射角大於臨界角時會發生全反射。
探究活動主題	光線會轉彎嗎?	是否可以利用隨手可得的物品自製一個簡易的放大鏡呢？	反射和折射可以同時出現嗎?	光是波動嗎?	折射有什麼規律性？
探究活動內容	1.引導學生思考哪些物品在陽光或燈光下看起來會亮亮的？」(請	1.提供具有細微構造的物品，例如：花朵的雌蕊(觀察胚珠)...等，	1.引導學生討論，生活中曾看過哪些光的反射現象，例如：夜晚	1.請學生觀察單色光通過雙狹縫後在屏幕上呈現干涉條紋。	1.透過雷射光射入壓克力板的實驗，學生看到光的路徑偏折現

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
說明及對應探究能力	孩子說出生活中因為表面平滑而造成的光反射現象，例如：鏡子可以反光、水面反射光線、大樓玻璃窗反光或汽車擋風玻璃會反光等) 。 。 評量：學生可以說出生活中表面平滑、可以反光的物體。 2.學生討論「為什麼這些物體看起來亮亮的？」 3.引導學生分組討論「什麼情況下光會可以改變行進方向？」。	並請學生先以肉眼觀察並描繪記錄下來。 2.引導學生討論「如何觀察的更仔細」。學生能舉出利用放大鏡、顯微鏡...等工具。 3.提供學生不同彎曲度的放大鏡，請學生操作與觀察。 評量：(1)能說出放大鏡的外形特徵。(2)能說出放大鏡可放大物體的影像。(3)發現須調整到適當的距離才有清晰的影像。(4)能說明不同彎曲	看窗外可以看見自己的像；從岸上看水中的物品卻看到自己的像，請學生說說看相關的經驗。 評量：學生能說出光發生反射的生活例子。 2.提問：只有面鏡才會發生反射現象嗎？ 3.請學生觀察光(雷射筆)從空氣中以不同角度射入水中的現象，使學生看到光的路徑，說明看到的結果。 評量：學生能說出光反	評量：學生可以說出干涉條紋的一項以上的性質，如明暗相間、亮帶的寬度、亮度大致相同...等。 2.請學生觀察水波槽實驗或相關影片，描述水波通過雙狹縫後其水面紋路的分布情形，或者請學生利用兩張印有等距同心圓紋路的投影片疊加，描述其紋路分布。 3.依據前項觀察結果，引導學生發現波干涉所產生的節線(腹線)現象。	象，了解入射角與折射角的定義及關係 2.藉由雷射光由空氣中不同角度射入到壓克力板發生偏折的實驗數據分析，求出入射角與折射角的關係。 3.學生搜尋資料探討入射光射入壓克力板為何會折射？ 4.學生討論光在壓克力板中的速度較慢的情形之下，光(波動)的偏折現象，並與實驗

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	評量：學生可以說出光照到物體會反光是一種反射現象，使用鏡子或其他物體反射光線會讓光改變行進方向。 4.學生分組討論「如何讓陽光照到指定的位置？要使用那些材料？」(例如：將陽光照到黑板、走廊牆壁、司令臺牆壁等)(可以用鏡子在操場或陽光可照到的教室走廊上操作，操作時盡量用面積較大的鏡子，並靠近地面操作，或是找到 A3 以上的厚紙板，將中間一條細縫，讓陽光通	度的放大鏡放大的程度不同。 4.提供學生手電筒，請學生觀察光源照射放大鏡後的變化。 評量：能說出光透過放大鏡產生了向內偏折匯聚的現象(折射現象)。 5.學生根據對放大鏡特性的了解，提出自製放大鏡的可行材料。 評量：學生能夠舉出多種透明、可塑形的材料。 6.各組選擇一種材料來製作數個不同彎曲度	射時，會遵守反射定律，且發現有折射光存在。 4.利用扯鈴或車子在不同的地面（介質）時，因為速度不同而造成的轉彎現象(或整列隊伍轉彎)，引導學生了解光如何偏折。 5.改以半圓形壓克力、玻璃或其他透明物質的容器進行光的折射實驗，學生能看到，由空氣中相同角度的光入射到介質中，光折射的結果不同。	評量：學生可以說出干涉所產生線節(或腹線)分布的形狀。 4.請學生討論水波干涉所產生的節線，投射在水波槽邊界上，其振動能量分布情形，引導其發現波干涉現象在槽邊具有能量強弱間隔分布的現象。 評量：學生可以結合簡略圖表，說明邊界上的干涉現象具有能量強弱間隔分布的現象。 5.請學生依前項發現，討論屏幕上光干涉條	相互呼應。 5.藉由圖形及公式之推導，逐步推得$\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$，並且歸納出$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$在空氣與壓克力的介面中是一個定值。 評量：學生能夠解釋折射現象發生的原因，以及確實了解入射角與折射角的數學關係式。 6.定義$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=n$為壓克力板對空氣的相對折射率，並且說明若以真空的絕對折射率為1，則每種介質都有自

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	過隙縫後，再以鏡子反射光線)。 評量：學生能了想出一種讓光線方法反射的實驗方法。 5.學生分組操作，讓光線照射到指定的位置」。 評量：學生能夠依據所依規劃執行實驗。 6.各組分享自己的探究成果。 評量：各組學生可以將寫出自己使用的器材，並將實驗的結果以文字跟圖畫方式表達出來，並與其他人分享。	的凸透鏡。 評量：學生能製作出有放大效果的凸透鏡。 7.使用自製的放大鏡觀察細微的物品，並描繪記錄下來。 8.共同討論自製放大鏡的規格表應呈現哪些內容。 評量：放大鏡的規格表中包能含材料、製作方法、費用、使用期限、影像清晰度、放大倍率...等。	評量：學生能知道光在不同介質的速率不同，造成偏折。 6.請學生討論並以自己的作圖法說明如何看到水中自己的倒影和水中的物品。 評量：學生能以自己的作圖法畫出光反射和折射的路徑。 7.請學生分組討論如何判斷游泳池或溪水的深度。 評量：學生能分辨視深與實際深度的成因與差異。	紋為何是明暗相間。 評量：學生可以水波或投影片環的模型，結合簡略圖表，有條理的解釋說明屏幕上的明暗紋是光波的干涉結果。 6.引導學生閱讀相關資料，共同討論光干涉現象的發現，在科學史上的意義。 評量：學生可以說出光的干涉現象是光為波動的證據。 7.請學生蒐集生活中其他光干涉的現象或應用實例，進行討論分享。	己的絕對折射率，進而推導$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{n_2}{n_1}$。 評量：測驗學生是否能夠正確解釋相對折射率與絕對折射率的意義，並且正確使用折射定律。 7.學生自行重複前述實驗，計算水的相對於空氣的折射率，並檢視實驗過程的重建能力。 8.學生討論是否能夠應用折射定律及折射率的變化解釋其他相關的自然現象？

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	7.請學生思考並回答「反射光線和原來的光線有什麼不同？」(透過引導讓學生討論反射的特性)。 評量：學生可以說出光反射的性質。 8.引導學生思考「哪些物品可以當作鏡子？為什麼使用這些物品可以照到自己的臉？」(引導學生思考可以用鏡子或其他物體看到自己影像是因為鏡子反射造成。) 評量：學生可以說出鏡子是反射的應用。	9.展示放大鏡及規格表，以供同儕間相互學習與檢視，並討論比較各組放大鏡的優點與弱點，及提出改善之建議。 評量：能根據各組的字置放大鏡規格表，分析不同透鏡的優缺點，能提出改善之建議。 10.認識生活中應用凸透鏡的工具，如：望遠鏡、顯微鏡、魚眼鏡頭、幻燈機...等。		評量：學生可以舉出一個以上光干涉的現象或應用實例，進行發表或分享。	

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	9.學生分組討論生活中反射的應用。 評量：學生可以說生活中反射的應用實例，如衣服上的反光條、路口反射鏡。 10.引導學生思考「除了鏡子反射讓光轉彎外，還可以怎樣讓光線轉彎？」 (請孩子觀察：筷子放在水中或用雷射筆由空氣中射入有顏料的水中。學生發表完看法後，老師引導學生回答筷子彎折是因為光線在水中轉彎的緣故，學生為下一階				

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	段：折射的學習做準備)。 評量：學生能了解筷子在水中彎折是一種折射現象，折射是另一種讓光線轉彎的方法。				
對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的的探尋和提問，常會有新發現。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ai -Ⅲ-2 透過成功的科學探索經驗，感受自然科學學習的樂趣。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。	ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。	ai - Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai - Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ah - Ⅴc-2 對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。	ai - Ⅴa-1 了解科學能力是多元的，擁有熱誠是從事與科學或科技有關的工作最重要的條件。 ah - Ⅴa-1 了解科學工作者經常遵循某些特定的標準(例如：可推廣性、簡約性等等)判斷探究活動的可行性。 an - Ⅴa-1 了解從事科學工作者具有一些共同

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
		ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ah -Ⅳ-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	an -Ⅴc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。 an -Ⅴc-2 了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。	的特質，例如：邏輯思考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。 an-Ⅴa-2察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。
總結性評量	1.學生能用可反光的物品，如鏡子、表面光滑不鏽鋼片、光碟片等物品，並以太陽光或手電筒等作為光源，探究光線的反射現象及特性。	1.學生知道放大鏡的外型特徵：透明、平滑、中央厚四周薄。 2.學生知道放大鏡的用途：調整至適當的距離可以看到放大的影像。	1.學生知道光在不同介質會發生反射或折射。 2.學生知道光會遵守反射定律，若進入不同介質，折射結果也不同。	1.學生可以用水波干涉或投影片環重疊的條紋現象來解釋光雙狹縫干涉條紋的成因。 2.學生可以說出光干涉現象在科學史上的意義，並能舉出生活中	1.學生能夠了解折射現象的產生原因是因為光在不同介質中速度不同所導致。 2.學生能夠正確說明折射定律的完整敘述及使用其公式做運算。

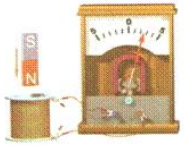
學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	2.能了解光線。	3.能夠完成一個簡易的放大鏡製作。 4.能夠由規格表進行分析與比較。	3.學生能以光線圖說明視深與實際深度的成因與差異。	其他光干涉現象的例子或應用。	3.學生能夠運用折射定律解釋生活中其他可能的自然現象，延伸所學的科學知識。
備註		可融入動、植物細部構造的觀察或「自然界的組成與特性：INc-Ⅲ-11 岩石由礦物組成，岩石和礦物有不同特徵，各有不同用途。」或其他學習相關內容，以編修本示例，進行跨科統整教學。			

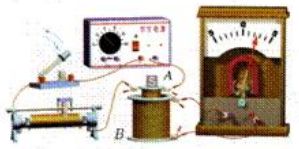
表一 生活中常見能量的分類表

觀察到的現象	例子
會變熱	以瓦斯加熱後水變熱了、站在太陽下會流汗
會有聲音	風吹樹葉會有聲音、喇叭會發出聲音
會有光	電燈打開會發光、白天太陽出來會變亮

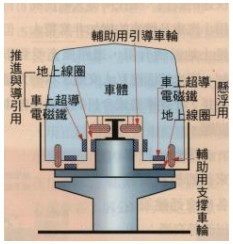
自然科學核心素養教學與評量示例：電與磁

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應物理的學習內容	INe-Ⅱ-9 電池或燈泡可以有串聯和並聯的接法，不同的接法會產生不同的效果。	INe-Ⅲ-10 磁鐵與通電的導線皆可產生磁力，使附近指北針偏轉。改變電流方向或大小，可以調控電磁鐵的磁極方向或磁力大小。	Kc-IV-4 電流會產生磁場，其方向分布佈可以由安培右手定則求得。	PKc-Ⅴc-3 變動的磁場會產生電場，變動的電場會產生磁場。	PKc-Ⅴa-7 載流導線如長直導線、圓線圈、長螺線管，會產生磁場，遵循必歐-沙伐定律及安培右手定則。
探究活動主題	燈泡變亮了嗎？	磁鐵的磁性可控制嗎？	電流可以產生磁場嗎？	如何產生應電流？(操作定性探究)	電流可以產生磁場嗎？
探究活動內容說明及對應探究能力	1.引導學生思考：要怎麼樣讓燈泡發光？(透過提問及實際操作複習通路的概念。) 評量：學生能動手操作連接電路，使燈泡發光。	1.準備兩種磁性釣魚竿(一般磁鐵與電磁鐵)、別有迴紋針的海洋生物圖卡、別有迴紋針的塑膠袋...等)。 2.進行清除海洋垃圾遊戲：引導學生使用兩種釣竿將海洋中的垃	1.學生分組討論磁鐵的特性及曾經玩過的磁鐵遊戲，討論如何讓磁鐵前進? 2.以磁浮列車影片引導學生思考討論，提問：磁浮列車只通電，為何會因為有磁	1.以手搖手電筒影片為引導 [或學生分組操作] 2.[提問]：為什麼手搖手電筒會發亮?電從那裡來？ 3.學生透過實驗了解產生應電流的原因。	1.學生觀察靜止的磁針是否在長時間觀察下維持穩定的方向？在側邊外加一個磁鐵之下，磁針偏轉的情形是否穩定？偏轉角度與磁鐵距離遠近有何關係？ 評量：學生能夠將地球

<table>
<tr><th>學習階段</th><th>3-4 年級</th><th>5-6 年級</th><th>7-9 年級</th><th>10-12 年級(共同)</th><th>10-12 年級(進階)</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>2.提問：如果增加一顆電池，燈泡亮度會改變嗎？
評量：學生可以預測多接一顆電池後亮度變化。
3.學生分組討論：如何在原來的電路中增加一顆電池，並將電路畫出來。
評量：學生能透過討論說出電池連接方式。
4.學生進行操作：各組依據所討論的電路連接方式，在原來的電路中增加一顆電池，並將結果記錄下來。(除了燈泡之外，也可</td>
<td>圾釣到垃圾桶中。
3.透過遊戲發現一般磁鐵的釣魚竿必須手動將垃圾拔下來；而電磁鐵釣魚竿只需將開關關閉，垃圾即掉入垃圾桶中。
評量：能說出兩種釣魚竿的不同。
4.請學生進行小組討論，設計表格比較一般磁鐵與電磁鐵的異同之處，並進行發表。
評量：能以比較表呈現一般磁鐵與電磁鐵的異</td>
<td>力而浮起來? 和磁鐵遊戲的異同點有哪些？ https://www.youtube.com/watch?v=Afikq5OSkw4
評量：學生能說出一項磁浮列車運作原理和磁鐵遊戲原理的相同或相異點。
3.從討論過程中，使學生透過實驗，觀察通有電流的導線會使磁針發生偏轉表示產生磁場，利用鐵粉與磁針觀察其磁場的分布情形。
評量：學生能說出通有</td>
<td>4.學生分組操作實驗(改變磁鐵的動作)，記錄觀察結果。
[實驗一：向線圈中插拔磁鐵]
 
[建議實驗設計圖]
<table>
<tr><th>磁鐵的動作</th><th>錶針擺動方向</th></tr>
<tr><td>N 極插入線圈</td><td></td></tr>
<tr><td>N 極停在線圈中</td><td></td></tr>
<tr><td>N 極從線圈中抽出</td><td></td></tr>
<tr><td>S 極插入線圈</td><td></td></tr>
<tr><td>S 極停在線圈中</td><td></td></tr>
<tr><td>S 極從線圈中抽出</td><td></td></tr>
</table>
</td>
<td>磁場強度視為一個穩定的值，並將外加磁場視為另一個向量場，磁針偏轉的角度應該視為兩個向量場的合成方向。
2.學生設計長直導線電流產生磁場的實驗，將未通電的長直導線與磁針方向平行，至於磁針上方，先以固定距離為控制變因，改變電流的大小，測量磁針偏轉的角度，並以地球磁場為參考單位，利用地球磁場與電流產生磁場的比值，分析電流大小與磁場強度的關係。</td>
</tr>
</table>

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	以連接小馬達、蜂鳴器等電子零件) 評量：學生能夠依據規劃的連接方式連接電池，並且觀察燈泡亮度。 5.各組分享自己的探究成果。 評量：各組分享電池連接方式與燈泡亮度。 6.提問：各組的結果有什麼不同？哪一組增加一顆電池後不亮？哪一組變得更亮？ 評量：學生可以說出小燈泡亮度與電池連接方式關係。	同處。 5.觀察電磁鐵釣魚竿的構造，以圖畫及簡單的文字記錄在小組的白板上。 評量：能詳細繪製電磁鐵釣魚竿並以文字標示出構造或材料名稱。 6.各組將所畫的電磁鐵釣魚竿構造圖張貼於黑板上，並請同學上台解說。 評量：能以視覺及口語傳達。 7.引導學生進行討論，由各組的構造圖中提出製作的細節與注意	電流的導線周圍的磁力線形狀及磁場大小關係。 4.分組討論-請學生由磁針偏轉方向判斷載流直導線周圍磁場的方向，引導出安培右手定則，使學生了解電流磁效應的意義。 評量：學生能由安培右手定則判斷載流導線周圍磁場的方向，與導線上電流方向的關係。 5.提問：既然通電的導線可以和磁鐵一樣具有磁性，是否可以製	5.小組討論，歸納結論。 [當向線圈中插、拔磁鐵時線圈中會有應電流產生。] 6.學生分組操作實驗(改變線圈的電流)，記錄觀察結果。 [實驗二：模仿法拉第的實驗]  **[建議實驗設計圖]** 實驗操作 | 錶針偏轉方向 開關閉合瞬間 |	評量：學生能設計及完成實驗，並透過向量的合成概念說明地球磁場與電流產生磁場兩者之間的比值關係，進而分析得到長直導線電流大小與產生的磁場成正比。 3.運用前述實驗，改以電流大小為控制變因，改變磁針與導線的距離，測量磁針偏轉的角度，並以地球磁場為參考單位，利用地球磁場與電流產生磁場的比值，分析距離遠近與磁場強度

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	7.進行歸納並引入串聯與並聯的概念。 評量：學生可以說出小燈泡亮度與串聯並聯關係。 8.引導思考：「裝一顆以上電池的手電筒，電池是如何連接？」(引導學生思考手電筒的電池連接方式。) 評量：學生可以說出手電筒中的電池正確連接方式。 9.提問：「一顆電池接兩顆燈泡有幾種不同接法」？請你將這些接法畫下來	事項。 評量：能進行檢核並提出優點和弱點。 8.提供以下材料：漆包線、鐵釘、不鏽鋼釘、鋁棒、砂紙、電線、電池、電池座...等，請學生自製一支電磁鐵釣魚竿。 9.測試自製電磁鐵釣魚竿。若無法產生磁力，再觀察討論、進行改良。 評量：能自製電磁鐵。	作一種可受控制的磁鐵? 6.學生分組設計一種可受控制的磁鐵，討論影響其磁力強弱的變因，進行「吸力」競賽。(提供導線(附鱷魚夾)、燈泡、電池、電池座、開關、磁針、量角器、漆包線、銅棒、鐵棒、膠帶、迴紋針等實驗器材。) 評量：學生能畫出設計圖並規劃實驗變因，知道影響電磁鐵磁力強弱的變因，能改善自己的	開關斷開瞬間 | 開關閉合時，可變電阻器不動 | 開關閉合時，迅速移動可變電阻器的滑片 | 7.小組討論，歸納結論。 [當螺線管 A 中的電流發生變化時，線圈 B 中會有應電流產生。] 評量：能將實驗中產生應電流的各項變因寫出來。 8.引導學生閱讀電磁感應相關科學史。	的關係。 評量：學生能透過向量的合成概念說明地球磁場與電流產生磁場兩者之間的比值關係，進而分析得到長直導線的距離遠近和產生的磁場強度成反比。 4.學生討論影響實驗準確性的因子有那些？如何改進？ 評量：學生能夠說出實驗的誤差因子有哪些？並討論可能改善的方式。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	評量：學生透過討論能畫出電路連接方式。 10.學生分組操作，並將結果記錄下來。 評量：學生能夠依據規劃的連接方式執行實驗。 11.提問：「哪一種方式亮度會改變？哪一種是屬於串聯？」。 評量：各組將自己的實驗成果與電池的連接方式其他人分享。 12.提問：如果要連接三顆燈泡，其中一顆壞掉其他兩顆仍然會	10.各組測試成功後，以自製的電磁鐵釣魚竿再次進行清除海洋垃圾的遊戲。 11.引導學生討論電磁鐵的運作原理。 評量：能知道電磁鐵的特性與運作的原理。 12.每位學生繪製一份電磁鐵釣魚竿說明書，包含構造圖、材料、原理、注意事項...等。 評量：能詳細的記錄，清楚的呈現。	電磁鐵。 7.請學生分析歸納觀察結果，引導出如何以安培右手定則判斷載流螺線形線圈的磁場及電磁鐵的定義。 評量：學生能判斷載流螺旋形線圈兩端的極性。 8.根據老師提供的磁浮列車簡圖，請學生舉出磁浮列車有哪些電流磁效應的應用？ 	9.分組討論法拉第的磁力線模型與應電流的關聯。 [實驗一]磁鐵插入線圈時磁場由弱變強，磁鐵由線圈抽出時，磁場由強變弱，即通過線圈 B 的磁場強弱變化時，可以產生應電流。 [實驗二]由於開關閉合、斷開及迅速移動可變電阻器的滑片，線圈 A 中的電流迅速變化，產生的磁場也在迅速變化，又由於兩個線圈套在一起，所以通過線圈 B 的磁	5.請學生討論如何延伸至環狀線圈與螺線管的電流大小及距離遠近產生的影響？如何驗證？ 評量：學生共同討論之後說明如何將實驗延伸至環狀線圈與螺線管，並說明驗證方式。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	亮，應該要如何連接？ 評量：學生可以依據先前的實驗結果進行連接。 13.學生根據討論的結果，分組操作連接三顆燈泡。 評量：學生可以正確的讓三顆電池發光，且取下其中一顆後其他兩顆仍繼續亮。 14.學生分組討論生活串聯並聯的應用。 評量：學生可以說生活串聯和並聯應用實例。		評量：學生可以簡略說明磁浮列車在電流磁效應的應用。 9.日常生活中有許多電流磁效應的應用，請學生舉例說明。 評量：學生可以說明生活中應用到電流磁效應的實例及原理。	場強弱也在迅速變化，從而產生應電流。 評量：磁力線模型如何解釋實驗一與實驗二的結論。 10.分組討論兩個實驗各項變因與應電流方向的關聯(冷次定律)。 評量：能判斷應電流方向。 11.分組討論兩個實驗的關聯，歸納出產生應電流的原因。 12.當通過閉合電路的磁場強弱變化時，閉	

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
				合電路中可以產生應電流，應電流方向可預測。 13.手搖手電筒會發亮是因為手搖過程中，內部組成的閉合電路磁場有變化，閉合電路產生應電流，使手電筒發亮。 評量：寫出手搖手電筒能夠發亮的原因。 14.觀察手搖手電筒的組成，分組討論手搖手電筒能夠更亮的方法。	
對應科學的態度與本	ai-Ⅱ-3 透過探討自然與物質世界的規律性，感受發現的樂趣。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇	ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。	ai -Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體	ai -Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
質	ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	心。 ai -Ⅲ-2 透過成功的科學探索經驗，感受自然科學學習的樂趣。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	驗及興趣。 ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。	象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah -Ⅴa-1 了解科學工作者經常遵循某些特定的標準(例如：可推廣性、簡約性等等)判斷探究活動的可行性。 an -Ⅴa-2 察覺到相同的自然現象，可用多個理論解釋；當現有的證據同樣都支持著這些理論，人們傾向採用較簡約的理論。
總結性評量	1.學生能夠了解串聯和並聯的特性及生活運用。 2.學生能夠動手操作連接電路使燈泡發光。	1.能了解一般磁鐵與電磁鐵的異同之處。 2.能自製電磁鐵。 3.能繪製一份電磁鐵釣魚竿說明書。	1.學生能知道通有電流的導線周圍會產生磁場，就是電流磁效應。 2.學生能了解安培右手定則及電磁鐵的原	1.完成實驗報告。 2.自製一個手搖手電筒。	1.學生可以說明長直導線的電流大小及距離與磁場大小的關係，以及如何透過地球磁場作間接測量。 2.學生可以將實驗設計

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
			理。		延伸至環狀線圈及螺線管的磁場大小。
備註	可融入「科學與生活：INf-Ⅱ-1 日常生活中常見的科技產品。」或其他學習相關內容，以編修本示例，進行跨科統整教學。	可融入「科學與生活：INf-Ⅲ-2 科技在生活中的應用(...)」或其他學習相關內容，以編修本示例，進行跨科統整教學。		實驗過程見[附錄]	

[附錄]

實驗器材：電流計，大小螺線管各一個，電源，可變變阻器，導線若干。

實驗過程：

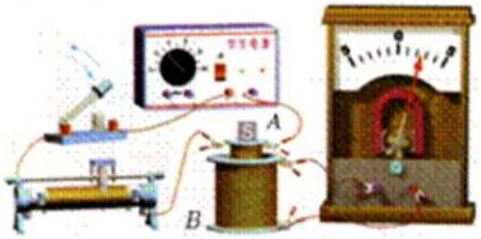
（1）探究實驗一：向線圈中插拔磁鐵，如圖所示

1.學生操作實驗，記錄觀察結果。

磁鐵的動作	錶針擺動方向
N 極插入線圈	
N 極停在線圈中	
N 極從線圈中抽出	
S 極插入線圈	
S 極停在線圈中	
S 極從線圈中抽出	

2.小組討論，歸納總結結論：當向線圈中插、拔磁鐵時線圈中會有感應電流產生。

（2）探究實驗二：模仿法拉第的實驗，如圖所示。



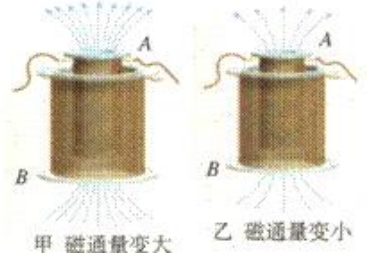
1.學生操作實驗，記錄觀察結果。

實驗操作	錶針擺動方向
開關閉合瞬間	
開關斷開瞬間	
開關閉合時，滑動變阻器不動	
開關閉合時，迅速移動滑動變阻器的滑片	

2.小組討論，歸納總結結論：當螺線管 A 中的電流發生變化時，線圈 B 中會有感應電流產生。

分析論證：

總結：對於實驗一，如圖所示，磁鐵插入線圈時磁場由弱變強，磁鐵由線圈抽出時，磁場由強變弱，即通過線圈 B 的磁場強弱變化時，可以產生感應電流。



對於實驗二，由於開關閉合、斷開及迅速移動滑動變阻器的滑片，線圈 A 中的電流迅速變化，產生的磁場也在迅速變化，又由於兩個線圈套在一起，所以通過線圈 B 的磁場強弱也在迅速變化，從而產生感應電流。

由實驗一、二可以得出結論：當通過閉合電路的磁場強弱變化時，閉合電路中可以產生感應電流。

[閱讀參考資料]

1.magnetic field

http：//en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_field#Magnetic_field_lines

2.Michael Faraday

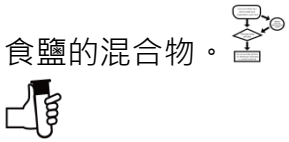
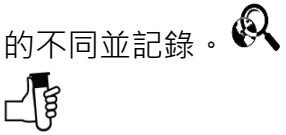
http：//en.wikipedia.org/wiki/Michael_Faraday

3.Faraday's law of induction

http：//en.wikipedia.org/wiki/Faraday%27s_law_of_induction

自然科學核心素養教學與評量示例：物質分離與鑑定　　【操作探究-定性篇】

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應化學科學習內容	INb-Ⅱ-2 物質性質上的差異性可用來區分或分離物質。	INb-Ⅲ-2 應用性質的不同可分離物質或鑑別物質。	Ab-IV-4 物質依是否可用物理方法分離，可分為純物質和混合物。 Ca-IV-1 實驗分離混合物，例如：結晶法、過濾法及簡易濾紙色層分析法。	CCa-Ⅴc-1 混合物的分離過程與純化方法：蒸餾、萃取、色層分析、硬水軟化及海水純化等。	CJb-Va-3 離子之沉澱、分離及確認。
探究活動主題	1.可以用水溶解將不同物質分開嗎？ 2.運用磁性可區別物質嗎？	1.混合後的粉末，怎麼分離？ 運用磁鐵、過濾、結晶法等分離不同的物質 2.猜猜我是誰？ 三瓶氣體的鑑別：空氣、氧氣與二氧化碳	猜猜我是誰? 三杯液體的鑑別：以過濾、結晶等方法分離物質並鑑定物質	自然水如何淨化處理？	猜猜我是誰? 陽離子的沈澱、分離與確認
探究活動說明	活動一：以溶解過濾方法簡易分離物質 1.察覺溶解的現象，並	活動一：分離粉末 1.教師指導操作，讓學生了解煮沸蒸發或降	1.讓學生觀察「清水、食鹽水和混合了碳粉的食鹽水」三杯液	1.請學生討論自然水和純水的不同，並討論該如何處理與淨化。	1.學生在調色盤上各滴三滴硝酸鋇、硝酸鉛、硝酸鋅溶液，接

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
及對應探究能力	認識有些粉末狀的調味品能溶解在水中。 2.操作果汁過濾殘渣分離、沉澱物質，了解有些物質不溶於水。 評量：依據顆粒的大小可以簡易分離物質，過濾是其中的一種方法。 3.教師提供兩種粉末(分別具有可溶與不可溶的性質例如：小蘇打粉與太白粉)指導學生設計實驗區別之。 評量：學生能說出物質	低溫度時看見鹽的析出，鹽從水溶液中分離出來。 2.教師提供鐵粉、沙粒及食鹽的混和粉末，邀請學生依據曾經學過的方式將三種粉末分離。 3.學生規劃以磁性、過濾、結晶等方法來分離物質鐵粉、沙粒、食鹽的混合物。  4.記錄操作步驟與方式並解釋運用來分離之原理並指出分離後的物種。	體。從三杯液體中各取出少許液體觀察，並將觀察結果記錄下來。 2.教師解說並示範過濾法的操作方式，提示學生可用此方法來分離這些物質。 3.請學生分別過濾三杯液體，比較三杯濾液的不同並記錄。  4 教師解說結晶法及使用錶玻璃蒐集蒸餾液體的方式，並提醒學生使用溫度計測量沸點、使用氯化亞鈷試	 2.針對上述討論結果，逐項蒐集資料討論其處理方式。例如：不溶性的固體雜質(細砂過濾)、懸浮性的固體雜質(加入明礬凝聚後過濾)、有機性雜質(活性碳)和離子(離子交換樹脂)等。 3.逐項測試以上處理方式並驗證其結果。 評量：學生能否正確找出適用的方法，及操作的正確性。 4.老師準備一份待處理	著分別依序中加入稀硫酸、稀鹽酸、氫氧化鈉，觀察哪些會有沉澱產生。 2.請學生將觀察結果製成沉澱表格。 評量：學生能否正確操作沉澱的實驗過程(包括使用滴管、取用藥品時避免汙染藥品等)與學生所記錄實驗結果的正確性。 3.教師先以範例說明如何呈現實驗的流程圖，再請學生依據上述實驗的結果，自行

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	有可溶於水與不可溶的性質。 ※延伸活動：教師提供其他廚房常見粉末，請學生操作記錄其溶解特性。 4.操作實驗可溶解和不可溶解來區分物體屬性，引導設計表格記錄實驗結果。 活動二：以磁性簡易物質分離 1.教師提問：我們曾用哪些方法可以來分離物質？引起舊經驗並引導進行閱讀、思考、討論等，歸納生	5.說學生說明並討論分離的方法與結果。 評量：能運用食鹽可溶解、鐵砂具磁性等性質，設計操作實驗，將物質分離。 活動二：猜猜我是誰？鑑別氣體 1.教師製備氧氣、二氧化碳、空氣三種氣體。提示學生三種氣體彼此不同，請學生以觀察這三種氣體。 2.告知學生三瓶氣體有氧氣、二氧化碳、空	紙檢測蒸餾液體及觀察留在蒸發皿內的物質。 5.解說完畢後，請學生分別對三杯濾液加熱，同時測量沸點，取得蒸餾液體並使用氯化亞鈷試紙測試和觀察留在蒸發皿內的物質並記錄。 6.從實驗結果中討論觀察到的內容及可以進行的推論。例如：第一杯裡面是比較單純的物質；第二杯過濾出的物質是黑色，不溶於水且顆粒比較大	的水樣品(含有泥沙、鹽類與色素)，請學生針對上述樣品，利用先前的討論與已知的測試結果，製作一個可攜式的濾水器並說明展示。(提供市售飲料的寶特瓶、棉花、海棉和其他所需材料。) 5.將學生處理過的水樣品進行以下測試：澄清度測試、導電度計測試、或總硬度測試(試紙)、餘氯測試(試紙)和硝酸鹽測試(試紙)，若不合乎標準，	設計如何將硝酸銀、硝酸鉛、硝酸鋅混合溶液分別以稀硫酸、稀鹽酸、氫氧化鈉進行分離，請學生以實驗流程圖表示之。 4.學生執行實驗設計並記錄結果，寫出如何確認沉澱為何種物質。 5.請學生發表實驗設計與結果，並請其他組學生進行檢核正確性。 評量：學生所設計的實驗流程圖與檢驗方法，並確認學生實驗結果的

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	活中常見可用性質特性分離物質的方法。 2.提問：鐵粉掉到細沙中，要如何分開？ 3.引導討論可能分離的方法並進行操作(如以肉眼挑辨、以磁鐵分離等)。 4.學生能依據實驗操作而發現較佳的分離方法(如使用磁鐵或進一步用保鮮膜包住磁鐵等) 5.學生能簡要說出探究結果、共同討論。	氣；邀請學生看如何辨別。 3.教師提供或由學生運用網路或書籍查閱等方式搜尋這三種氣體的性質資料。 4.引導學生設計鑑別三種空氣的方法與步驟並提示安全事宜。 5.安全進行實驗操作並詳實進行質性觀測記錄 (例如：利用澄清石灰水產生白色混濁檢驗二氧化碳、能否幫助點燃的線香燃燒，來鑑別氧氣與二氧化碳、線香燃燒劇	的物質；第二杯過濾出的濾液中經過加熱將液體蒸發之後，會觀察到白色的固體，該固體會溶於水，且沸點是比較高的。 評量：能正確操作過濾法與結晶法分離混合物；能依據實驗結果做出合理的推論可能的物質。 7.統整活動：教師根據實驗結果討論三杯水哪些是純物質、哪些是混合物，以及純物質和混合物之間的差異，包含能否以物理方法分離和沸點是否	則修改設計圖，並改善濾水器的製作方式。 評量：學生處理過的水樣品，能將樣品過濾為乾淨無色、不帶泥沙的水，且以導電度計測試導電度小於 5 μmho / cm 者即過關 。 6.統整活動：教師引領學生閱讀資料並進行歸納總結：釐清自然水的需求，以及不同處理方法可得到的結果分別為何。 7.課後作業：查詢資料尋找其他純化水的方	正確性 6.猜猜我是誰--未知物確認：教師預先從六種陽離子(Ca^{2+}、Ba^{2+}、Ag^{+}、Pb^{2+}、Zn^{2+}、Mg^{2+})配製含三種陽離子(每組皆不同)，請學生進行未知物的分離與確認，學生需寫出實驗規劃、相關反應式、所需器材、藥品、流程圖、實驗紀錄表格、照片與結論，並提出遇到問題的可能解決方案或實驗設計改進之處(學生可參考沉澱表或自行查詢沉澱的相關資

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	評量： 1.磁性也是可以區別物質的一種特性，舉例與驗證日常生活中可被磁性吸引或具有磁性的物質。 2.設計操作實驗的便捷性(實作時注意可將磁鐵以保鮮膜包覆，可方便取下鐵粉)。 ※統整活動：教師引導歸納總結實驗的發現，說明物質有可溶與不可溶解的性質、磁性也是可區分物質的特性。生活中有許多方法可以用來將不同物質分開。 ※生活中的應用：生活上那些時候可以運用磁性	烈程度鑑別空氣與氧氣)。 6.學生從所得結果形成解釋、發現各瓶中之氣體種類。 7.學生以簡單的口語、文字、圖示來說明辨別這三種氣體的探究歷程與結果。 評量： 1.學生從實驗結果歸納能鑑別氧氣、二氧化碳和空氣的方式，是因為其性質各不同。 2.學生能安全、確實地執行鑑別氣體的操作試驗。	固定等。 評量：能以實驗分辨純物質和混合物的不同。 8.課後作業：尋找日常生活中混合物分離的例子。	法並思考可能用來改善自己先前探究或設計的方式，以於課堂報告分享。	訊)。 評量：學生所設計的實驗流程圖與檢驗方法，並確認學生實驗結果的正確性。實驗後，學生能否確實進行廢棄物處理：銀離子與鉛離子需完全沉澱、酸鹼溶液中和後再稀釋排放之、其他試藥稀釋後排放之等。 7.統整活動：教師以沉澱實驗的圖片或影片與沉澱表引導學生統整陽離子的沉澱、分離與確認相關概念。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	來吸引物品來解決問題？生活中哪些物品是可以被磁鐵吸引的？	※統整活動：教師引導歸納總結實驗的發現，說明此三種氣體的不同性質。例如：氧氣不易溶解於水、助燃、無色無味；二氧化碳不易溶解於水、不助燃、無色無味等特性；空氣也是無色無味，它因含有 1/5 氧氣，所以也具有一些助燃性質。 ※運用：生活中有哪些例子可運用能否溶解於水中的方法來鑑別物質。空氣中還有哪些常見的氣體，它們有什麼重要的性質。			 8.課後作業：查詢離子之沉澱、分離及確認在生活與科學上的應用與價值。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
探究活動對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的探尋和提問，常會有新發現。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	ai -Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗。 ai -Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。	ai -Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah -Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。
總結性評量	1.實作的態度與表格的規劃記錄。 2.學生在學習單上畫出實驗的過程與結果。 3.學生能夠總結說明物質可以透過人體感官	1.操作的安全與步驟的正確性。 2.進行客觀的質性觀測或數值量測並詳實記錄。 3.將自己的探究結果和	1.課後作業：學生查詢其他分離與鑑定的方式。 2.實作評量：學生能分組合作，將混合了碳粉的糖水分離。正確	1.課後作業： (1)學生查詢資料，了解分離所得的經由於日常生活中的用途。 (2)查詢其他純化海水的方式。	1.實驗報告：實驗步驟、實驗照片、實驗結果記錄、結論與討論、如何改進實驗、實驗心得等。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	或工具加以區別。 4.學生可以理解科學是先經假設，再以方法和工具加以求證的流程和結果。	他人的結果(例如：來自同學)比較對照，檢查相近探究是否有相近的結果。 4.學生能夠了解物質可經由科學方法加以分離和鑑別。 5.學生可以寫出實驗假設、設計與控制變因等科學實驗流程格式的雛形。	操作實驗，並能說出混合物中物質的特性。 3.紙筆測驗。	(3)各組上台發表並分享搜尋所得的資料。 2.實作評量：能正確操作蒸餾法與萃取法，並說出其分離物質的原理。	2.課後作業：學生查詢資料的豐富度、正確性、資料整理與呈現方式、是否註明資料來源、能否提出自己的想法、或下適當的結論等。 3.紙筆測驗：學生能利用實驗結論(沉澱表)解決相關分離與鑑定的問題。

自然科學核心素養教學與評量示例：化學反應速率與平衡　　【操作探究-量化篇】

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應化學科學習內	INe-Ⅱ-2 溫度會影響物質在水中溶解的程度（定性）及物質燃燒、生鏽、發酵等現象。食	INe-Ⅲ-2 物質的形態與性質可因燃燒、生鏽、發酵、酸鹼作用等而改變或形成新物質，這些	Je-IV-1 實驗認識化學反應速率及影響反應速率的因素，例如：本性、溫度、濃度、接觸面積	CJe-Vc-2 物質的接觸面積大小對反應速率之影響。	CJe-Va-1 反應速率定律式。 CJe-Va-3 碰撞學說解釋影響反應速率的因素。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
容	物可能因受熱或接觸空氣而變質或腐化。	改變有些會和溫度、水、空氣、光等有關。改變要能發生，常需要具備一些條件。	及催化劑。反應速率的意義。		CJe-Va-4 催化劑與酵素的性質及其應用。
探究活動主題	誰快誰慢? 探討食物腐敗可能因素和快慢	誰快誰慢? 探討鋼絲絨生鏽的因素和快慢	誰快誰慢？ 溫度及濃度對反應速率有甚麼影響：以硫代硫酸鈉與鹽酸的反應來探討	誰快誰慢? 探討奈米材料的反應速率	誰快誰慢? 學生自行設計實驗以探討濃度與溫度如何影響反應速率(碰撞學說)？
探究活動說明及對應探究能力	※活動一：觀察變質的食物 1.小組觀察活動，比較新鮮的吐司和乾麵條以及發霉的吐司和腐敗的食物圖片(討論怎樣觀察這些腐敗的物品?) 2.學生指出新鮮和腐敗	※活動一：驗證鋼絲絨在潮濕的環境比較容易生鏽 1.圖示各種生活中常見的鐵生鏽圖片 2.讓學生預測、討論可能影響鐵製品生鏽的因素。 3.透過搜尋資料或實際	1.認識硫代硫酸鈉與鹽酸的反應：給學生 1M 的硫代硫酸鈉與鹽酸各 10ml，讓學生混合後觀察變化，並說出觀察到的現象。包括產生混濁及刺鼻氣味。 2.說明反應速率可以用	1.教師以模型、圖形或水蒸發的實例，引導學生思考物質表面粒子和內部粒子的活性是否有差異？ 2.教師舉例並請學生試算，1cm^3 的正立方體，若切成 1000 塊邊	1.教師引導學生思考要探討濃度對反應速率的影響，哪些為控制變因？哪一個為操縱變因？哪一個為應變變因？ 評量：學生能確認變因有：溫度、濃度、催化劑、接觸面積等，濃度

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	食物有哪些不同的地方？ 3.出示圖片和食品罐頭等實物，引導學生說出為什麼可以用這種方法儲存食物。 4.教師彙整食物變質需要一定的空氣、水分和溫度等條件，如果要儲存新鮮食物，可以用什麼方法? 評量： 1.討論及搜尋儲存食物的方法? 2.依據資料解釋為什麼	證據驗證並解釋鐵製品在潮濕(或酸性、含氧量高等等)的環境容易生鏽。 評量： 1.發表鐵生鏽的生活經驗。 2.搜尋資料驗證自己的想法。 ※活動二：實驗酸性溶液、有空氣等因素讓鋼絲絨生鏽較快 1.讓學生預測、討論、驗證、解釋酸性水溶液、有空氣時會使鐵製品加速生鏽的速度 2.實驗與記錄	「越短時間產生相同量的產物」代表反應速率越快。時間和反應速率為倒數關係。 評量：能說出為何反應速率會與時間成倒數關係。 3.說明實驗的操作方式是將定量的藥品在燒杯中混合，燒杯下有十字記號，等待十字記號被遮蓋，記錄時間(此處可視資源條件採電子器材擷取數據)。時間倒數則可視為反應速率。 4.變因討論：討論哪些	長皆為 0.1cm 的小正立方體，表面績(表面粒子數)會增加為多少倍？對反應速率會有何種影響？ 3.取出鐵釘、鋼絲絨和鐵絲粉，請學生預測三者燃燒速率的快慢，再分別以酒精燈點火，觀察並比較燃燒速率的快慢。 4.教師示範如何加熱草酸亞鐵(製備奈米鐵)，學生蒐集資料並討論以理解如此反應所得之鐵具有的型態特性。請學生自行動手	為操縱變因，其他變因為控制變因，反應速率為應變變因 2.教師引導學生思考要如何測量反應速率？ 評量：學生能說出可測量一段時間內沉澱、氣體等產生的量。 3.誰快誰慢?—請學生以雙氧水製備氧氣為例(可自行設計不同實驗主題)，設計濃度與溫度兩種不同變因對反應速率的影響之簡易實驗。 評量：學生所設計的實驗過程(包括藥品、儀器等)、變因與測量方式的

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	這些方法能減慢食物變質的速度。 ※活動二：實驗溫度影響食物腐敗快慢 5.教師提問：「從剛剛的討論，溫度可能影響食物變質的快慢，這裡有一些豆漿和一些紙杯，我們怎麼用實驗來證明呢？」進行實作探究。 6.教師引導學生能將豆漿置於不同溫度處(例如：冰箱與室溫)，經過一段時間(每堂課間或半天)，進行快慢觀	(實驗器材準備也可引導討論一次一個變因改變的重要性，每組：鋼絲絨球 2 顆、鑷子 1 支、小夾鏈袋 2 個、標籤紙、醋、透明杯 2 個 (裝清水和醋酸用；實驗 15 分鐘後記錄第 1 次，每次記錄需至少間隔 15 分鐘，若未能完成 4 次紀錄，下課後組長將裝鋼絲絨球的夾鏈袋帶回繼續記錄。) 3.比較與討論，實驗結果與資料印證方式有無差異？(例如：生活經驗以圖片證明沒有漆油漆的鐵盒因為接	因素可能會影響反應速率？討論實驗中的控制變因及應變變因。 評量：能將各項變因寫出來。 5.依照變因的規劃設計實驗。不同濃度的藥品由老師配置好，交由學生使用；溫度變因的操縱，則由學生自行設計規劃，並引導學生設計實驗記錄表格。 評量：能寫出合宜的實驗流程和紀錄表格。 6.進行實驗蒐集實驗數據，並記錄在設計好	操作，並觀察反應過程中發生的現象。 5.教師示範如何將產物由高處倒下，請學生自行動手操作，並觀察倒下的過程中發生的現象。教師特別提示安全並督導學生安全進行。 6.觀察並記錄(可視情況採攝影等實施)。請學生分組討論並推論：燃燒的物質可能是什麼？反應的產物應該是什麼？反應式可能為何？引導學生以查詢資料等方式，估計	合宜性，並以減量或微型實驗為主。 4.學生執行自行規劃的實驗，觀察並記錄相關現象與數據。 5.學生利用科技工具將實驗所得的數據繪製成關係圖(計算或以圖形模擬軟體)與找出關係式，找出濃度與反應速率的關係(建立速率定率式)，並嘗試以碰撞學說解釋濃度與溫度如何影響反應速率。 6.請學生發表實驗設計與結果(可使用科技工

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	察並記錄不同條件之樣本變質的時間。學生從過程中學習概念與探究歷程並形成生活中可運用的知識 ※活動三(統整活動)：統整溫度較高會使物質變化較快 7.總結統整物質變化有快有慢：實驗證明溫度高會使豆漿比較快腐壞，所以生活中運用冰箱來保存食物使物品比較不容易腐敗。接觸空氣也是物質容易腐壞的因素之	觸空氣會生鏽，實驗以浸泡油脂隔絕空氣討論) 評量： 1.學生完成實驗假設、設計與控制變因操作是否確實。 2.學生完整實驗紀錄。 ※活動三(統整活動)：統整容易讓鋼絲絨生鏽的環境 1.引導浸泡醋的鋼絲絨球生鏽速度比清水快而明顯。 2.水會使鐵生鏽，鐵浸泡過醋酸水溶液生鏽	的表格或試算軟體上。 評量：正確操作各項儀器，仔細測量並記錄。 7.將實驗結果運用合適軟體繪製成數據統計圖，並根據實驗結果進行討論：硫代硫酸鈉的濃度與反應速率的關係是什麼？溫度與反應速率的關係是什麼？所得結果的可能的生活運用有哪些？ 評量：能進行討論，並表達出濃度、溫度與反應速率的關係。 8.統整活動：教師針對	所製之奈米級鐵粒子表面積與一般市售鐵粉的倍數。為何會有燃燒的現象發生？ 評量：於學習單上回答出產物、反應式和燃燒速率變快的原因。 7.統整活動：教師引領學生閱讀資料並進行總結，了解表面積變大，會造成許多奈米材料的特殊性，而有不同的功能。 8.課後作業：請學生蒐集資料，找出因材料奈米化，而造成日常生活重大改變的實	具)，並請其他組學生進行檢核正確性與給予回饋。 評量：學生繪製關係圖與關係式(包括關係軸的訂定、單位等)、實驗結果、討論與提出解釋的合宜性，學生使用科技工具的能力 7.統整活動：藉由師生討論與模型活動(模型活動參見附件一)，讓學生建立碰撞學說如何解釋溫度、濃度、接觸面積與催化劑如何影響反應速率。 8.課後作業：查詢催化

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	一。 ※參考活動：實驗中發現麵包上黴菌生長快慢的原因(舊課程綱要於高年級實施) 評量： 1.觀察記錄物質腐敗，理解溫度影響快慢的差異。 2.能依據簡易量化的實驗觀察紀錄表格記錄為證據，下結論與根據蒐集的資料，統整影響物質變化快慢的因素。	的速度更快，鐵在有空氣的環境下生鏽會更快。 3.防止物質腐敗和鐵器生鏽是生活中重要的運用。 評量：學生統整說明哪些改變可使鐵加速生鏽。	濃度、溫度與反應速率的影響進行總結。 9.課後作業：查詢其他影響反應速率的因素。	例，在於課堂上分享。	劑與酵素在生活與科學上的原理、應用與價值。
探究活動對應	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的	ai-Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。	ai-Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。	ai-Vc-2 透過科學探索與科學思考對生活週	ai-Va-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
科學的態度與本質	探尋和提問，常會有新發現。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	遭的事物產生新的體驗。 ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。	象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah -Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。
總結性評量	1.學生總結食物可能因受熱或接觸空氣而變質或腐化。 2.生活舉例物質變化有快有慢。	1.學生能推論並說明引發鋼絲絨生鏽因素。 2.實作驗證自己的假設，確認引起特定物質變化快慢影響因素。 3.實驗記錄與推論應用。	1.能了解反應速率的意義。 2.知道反應速率會受濃度、溫度等因素影響。 3.能從實驗統計圖看出操縱變因和應變變因之間的關係。 4.能自行設計規劃並執	1.學習單：完成實驗產物的推測、化學反應式的推測與平衡和產物於空中倒下可自燃的原因。 2.課後作業：查詢因材料奈米化，會對那些日常生活帶來改變。	1.實驗報告：實驗設計、實驗照片、實驗設計、實驗結果記錄、結論與討論、如何改進實驗、實驗心得等。 2.課後作業：學生查詢資料的豐富度、正確性、資料整理與呈現

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
			行接觸面積和催化劑影響反應速率的定性實驗，並執行。		方式、是否註明資料來源、能否提出自己的想法、或下適當的結論等。 3.紙筆測驗：學生能利用碰撞學說與速率定律式解決化學反應速率之相關問題。

附件一

高中(進階)化學反應速率之教學參考—模型取向的教學

本參考教學活動共約八節(可依需要彈性安排)。本教學得以投影片等貫穿整個教學歷程，期間可納入傳統教學的文本/學習單的內容、師生討論、電腦動畫結合。整合性的圖、表、動畫等可納入投影片，讓科學課室的教學多元化、活潑化、具像化，以提升學生學習動機及探究能力，活動內容參見下表。

表 化學反應速率模型取向的教學活動設計

節次	教學策略	說明內容
第一節	投影片及講述教學(註 1) 師生討論	反應速率的定義與計算公式 如何藉由現象的變化測其反應速率
第二節	投影片教學(圖 1.1)及小組討論	碰撞學說及有效碰撞的定義

節次	教學策略	說明內容
	運用具體模型(圖 1.2) 角色扮演	低限能、活化能、活化複體的定義 學生藉由角色扮演了解低限能、活化能、活化複體的意義
第三節	投影片及講述教學 運用粒子模型(圖 1.3)	物質本性、濃度如何影響反應速率 濃度影響反應速率的機制
第四節	投影片教學及小組討論 推導數學公式	濃度影響反應速率的機制及速率定律式 學生練習推導出速率定律式及速率常數
第五節	投影片及講述教學 運用動畫教學(圖 1.4)	溫度影響反應速率的機制 溫度如何影響分子動能及分布曲線
第六節	投影片教學及講述教學 運用具體模型(圖 1.5) 師生討論	溫度、催化劑影響反應速率的機制 溫度、催化劑如何影響反應速率及速率常數
第七節	投影片教學及講述教學 師生討論	總結影響反應速率與速率常數(k 值)的因素及機制
第八節	投影片教學及小組討論 角色扮演(圖 1.6)	總結影響反應速率因素及機制 溫度、濃度如何影響反應速率

註 1：投影片、角色扮演內容參考自鍾曉蘭、謝進生、賴麗玉(2009)。設計多重表徵的模型教學活動以增進高二學生對於化學反應速率的科學學習與概念改變。九十七年教育部科教專案結案報告（未出版）。

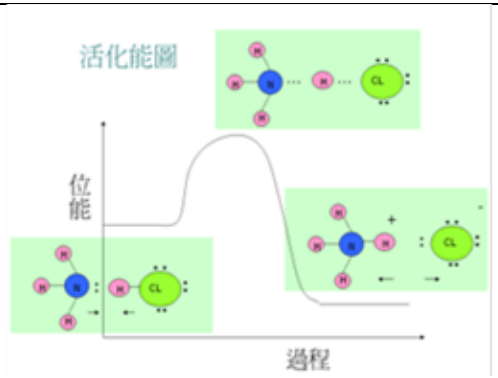


圖 1.1 電腦動畫

主要說明有效碰撞的意涵與正確位向的意義

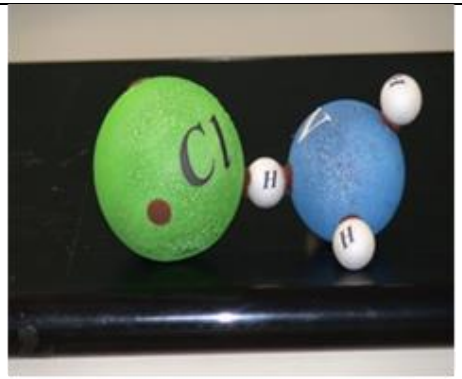


圖 1.2 具體分子模型

主要說明有效碰撞的意涵與正確位向的意義

圖 1.3 粒子模型

說明有效碰撞的意涵、濃度與溫度影響反應速率的機制

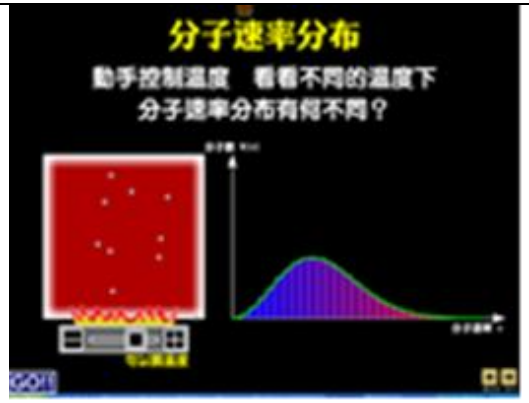


圖 1.4 動畫教學

參考資料：潘冠錡、陽季吟（2006）。氣體動力論。台北市多媒體單元教材甄選觀摩作品。網址：http：//163.21.249.238/(教學多媒體部分)

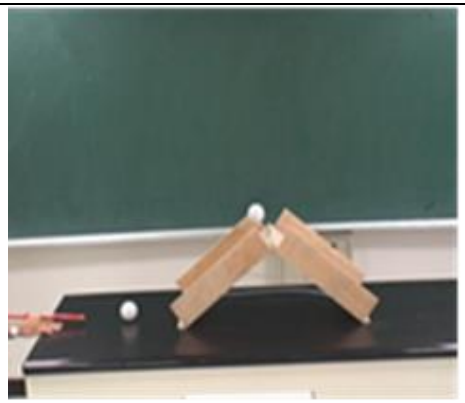


圖 1.5 活化能具體模型

說明低限能與活化能的區別、活化能與反應速率的關係、催化劑與溫度對反應速率與活化能的影響

圖 1.6 角色扮演

請四位同學手拿魔鬼粘板當 A 分子，另外四位同學手拿球當 B 分子，了解碰撞頻率與有效碰撞頻率與有效碰撞頻率分率的意涵

自然科學核心素養教學與評量示例：物質組成與元素的週期性　【思考探究-科學史】

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應化學科學習內容	INa-Ⅱ-2 在地球上，物質具有重量，佔有體積。	INa-Ⅲ-1 物質是由微小的粒子所組成，而且粒子不斷的運動。	Aa-IV-1 原子模型的發展。	CAa-Vc-2 道耳頓根據定比定律、倍比定律、質量守恆定律及元素概念提出原子說。	CAa-Va-2 波耳氫原子模型解釋氫原子光譜與芮得柏方程式。
探究活動主題	1.如何知道空氣佔有體積? 2.如何知道空氣具有重量?	物質是由小粒子所組成的嗎？如何用水來證明？	原子內部結構是什麼?	1.反應物與產物重量關係隱含著自然界的什麼原理呢？ 2.化學反應遵循著質量守恆、定比、倍比定律，這可以推測出物質組成具有什麼特性？	氫原子光譜與電子能階的關係為何？
探究活動說明及對	※活動一：空氣佔有體積 1.學生利用工具(氣球、塑膠袋、杯子倒扣於	1.學生彼此分享曾經觀察日常生活中水的蒸發、凝結的現象，以及看過雲、霧的經	1.學生從觀察陰極射線實驗推論出實驗的重要發現與道耳頓原子說衝突之處。	1.以多組沉澱反應的實驗數據，推論出質量守恆定律。 2.以多組實驗數據，引	1.學生依據學習單的製作步驟自製簡易原子分光器，並依想像與創意設計分光器的外

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
應探究能力	水中)察覺空氣在自己的四周，並觀察空氣佔有空間的特性。 2.學生察覺空氣無色、無味。 3.歸納雖然肉眼看不見、無味，但空氣佔有空間的特性。 ※活動二：空氣具有重量 1.利用類似天平的裝置將空氣裝入相同兩個氣球中置於兩側，使其達成平衡，再戳破氣球，觀察不平衡的	驗。 2.學生討論日常生活中常見的蒸發現象，例如：杯中的水位下降、濕衣服上水分的風乾等，這些水分是如何散失的？ 3.討論說出蒸發是水以看不見的小粒子狀態逸散到空氣中，這些粒子能運動離開原來的杯水表面到空氣中。 4.加熱燒杯讓水蒸發，並在燒杯上方加上裱玻璃上蓋，學生看見白霧上升(蒸發的小水	2.了解湯木生從陰極射線管實驗做出的推論：「微粒」帶負電，且體積很小。原子其他部分帶正電。 3.了解湯木生如何根據電荷相吸與相斥提出的湯木生原子模型。 4.學生可藉由「砲彈射擊一張紙時，砲彈被彈回的比喻」，來推理所看到之 α 散射實驗的過程與結果，從 α 散射實驗的結論建立拉塞福的原子模型。	導學生推論出定比定律。例如： a.學生從教師所提供的一種生成反應的多組數據(例如：分別取 1g、2g 和 3g 的氫和 8 克、16 克的氧反應，僅生成 9、或 18 克的水)進行觀察，進而訂定問題：如，「其他的反應也會有類似的現象嗎？」 b.設計、進行實驗、或由搜尋到的數據、或由老師提供的數據，運用資訊方法進行數據分析，進而從反應物、生成產物之間的	型。 評量：實作評量(自製簡易原子分光器) 2.學生利用自製分光器觀察並說明日光與氫原子光譜的有何不同？(連續光譜與不連續光譜的差異) 3.學生探討實驗結果可說明與支持光的哪些性質？ 4.教師引導學生建立光的雙重性與相關公式 5.學生從觀察氫原子光譜的波長，應用所學

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	狀態。 2.學生說明為何不平衡，了解空氣具有重量。 3.綜合活動一與活動二，說明物質具有質量，佔有體積。 評量： 1.學生能從捕捉空氣、倒扣空杯於水面下觀察，知道空氣具有體積。 2.學生從操作氣球於槓桿兩側平衡，說明空氣具有重量。 3.學生能說出空氣雖然	滴)，並在玻璃上蓋再凝結成水滴。 評量：學生說明水加熱減少生成霧，霧是小水滴。 5.擬露的操作試驗，長時間觀察靜置於燒杯中的水位也會逐漸降低，以及加上玻璃上蓋後可以看見凝結的水珠。教師可說明露是空氣中的水蒸氣在氣溫變化時，凝結產生的液體形態。了解水是由肉眼看不見的許多小粒子所組成，且粒子能不斷的運	評量：學生能正確說出原子內有一體積極小且帶正電的原子核。 5.學生比較湯木生原子模型與拉塞福原子模型之異同? 評量： 1.請學生畫出兩種原子模型並指出差異處。 2.說明為何拉塞福之實驗結果使得湯木生原子模型必須被修正。 6.學生統整出原子模型發展過程的演變，理解科學模型的演變歷程。	重量關係，發現物質的定比(定組成)定律。 c.將所得結果以圖文或模擬、數學公式、模型等報告，並進行討論和傳達。 d.教師引導閱讀資料或引道操作模擬軟體(類似 PhET(*),中" 反應物、產物和剩餘物(Reactants, Products and Leftovers)" 的模擬軟體等)應用所學並引導進行課程總結。 3.以多組的實驗數據，引導學生推論出倍比定律。	的公式計算出相對的能量。 6.藉由師生討論讓學生理解波耳如何依據氫原子光譜修正拉塞福原子模型錯誤之處。 評量：請學生畫出兩種原子模型並指出差異處。 7.統整活動：教師以氫原子模型模擬實驗(多媒體教學)引導學生建立波耳氫原子模型的相關理論與芮得柏方程式。 (氫原子模型模擬實驗(https：

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	看不見、無色，但是具有體積與重量。 ※教師總結(統整活動)： 只要具有體積、重量的就可稱為物質。 ※生活運用：可以請學生用習得的概念判斷光、水等是否為物質。 ※參考活動 1.學生操作將氣球擠壓成各種形狀。學生觀察壓下裝空氣注射筒後，放開活塞的移動情形。 2.歸納空氣具有可以被壓縮的特性。 3.學生思考空氣受到擠	動。 ※教師總結(統整活動)： 從觀察水的狀態變化，可以延伸了解需多物質是由肉眼看不見的小粒子所組成，這些粒子會有運動。 ※生活運用：粉筆、岩石等是由許多看得見的小粒子組成，風的吹拂、PM2.5 的危害等現象，能以許多看不見而且在運動的小粒子來解釋。 評量：學生說明縱使看不見水蒸氣，水蒸氣聚集也可凝結成小水滴，所以物質可由看不見的	7.學生統整並發表原子的基本結構與組成方式：分為帶正電原子核與核外帶負電的電子。 8. 統整活動：教師引導閱讀資料或引道操作模擬軟體(類似 PhET(*),中" 拉塞福散射(Rutherford Scattering)" 的模擬軟體等)應用所學並引導進行課程總結。 評量：學生能正確說出原子內部的結構。	a.例如：100 克的鉛和 7.7 克的氧反應會生成化合物 I，100 克的鉛和 15.4 克的氧反應會生成化合物 II)，引導學生觀察反應物組成元素之間的倍數關係。 b.老師再提出多組數據，由學生觀察是否有類似現象？並進一步提供其中一組化合物的分子式，引導學生討論其他化合物的可能分子式為何呢？ c.引導學生自行搜尋資料，而能提出兩個相	//phet.colorado.edu/en/simulation/hydrogen-atom) 8.探討並分辨行星模型與電子雲模型的差異。 9.探討並建立電子雲原子模型與軌域的概念。 10.統整活動：學生根據國中與高中所學的原子模型統整並發表出原子模型發展過程的演變歷程，並理解科學家如何依據證據修正模型。 評量：學生以小組發表

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	壓除了會變形外，還會有什麼特性。	小粒子組成。		同元素所組成的多組分子，並利用資訊媒體等工具進行資料分析，找出反應物組成元素之間是否有類似的倍數關係？ d.教師引導閱讀資料並利用操作模擬軟體，引導學生操作並驗證上述發現，進行課程總結。 評量：學生分組蒐集資料佐證倍比定律，並上台發表分享。 4.統整活動：引導學生討論並發表要符合此三個實驗結果，物質	正確說出原子模型發展的歷程與波耳氫原子模型如何解釋氫原子光譜。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
				的組成必須要有何特性。 評量：學生以小組發表正確說出組成物質的元素的特性。	
探究活動對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的探尋和提問，常會有新發現。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ai -Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 an -Ⅴc-2 了解科學的認知方式講求經驗證據性、合乎邏輯性、存疑和反覆檢視。 an -Ⅲ-2 發覺許多科學的主張與結論，會隨著新證據的出現而改變。	ai -Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah -Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an -Ⅴa-1 了解從事科學工作者具有一些共同的特質，例如： 邏輯思

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
			an -Ⅲ-2 發覺許多科學的主張與結論，會隨著新證據的出現而改變。		考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。
總結性評量	1.學生能推論並舉例出其他物質也具有體積與重量。 2.學生在學習單上畫出實驗的過程與結果。 3.學生透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。	1.學生能說明日常生活中和水相關的天氣現象變化原因，並藉由擬露的操作試驗與日常生活經驗結合，討論歸納水是由許多小粒子組成，而這些小粒子會不斷運動。 2.學生在學習單上以粒子的想法畫出水蒸發的過程(可評估學生是否建立物質是由肉眼看不見的小粒子所組成，粒子不斷的運	1.學生在學習單上畫出 He-4 的原子模型(可評估學生所建立的模型)。 2.學生在學習單上回答新的發現應如何修正道耳頓原子說的內容。	1.學生在學習單上以數據分析並計算出定比定律的相關練習題。 2.學生在學習單上，能依倍比定律，推論出不同組成比例之物質分子式。 3.學生能在學習單上，模仿道耳頓提出的方式，訂定元素的原子量。	1. 學生在學習單上貼上實驗紀錄(原子光譜照片等)，並記錄各色線光譜所對應的波長並利用 E=h 乘以頻率，計算出其光子能量。 2.學生在學習單上回答各色線光譜所對應之芮得柏方程式。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
		動)。 3.參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗。			
備註			(*) phET： https：//phet.colorado.edu/en/simulation/rutherford-scattering	(*)： PhET：https：//phet.colorado.edu/en/get-phet/one-at-a-time	模擬實驗 https：//phet.colorado.edu/en/simulation/hydrogen-atom

自然科學核心素養教學與評量示例：生活中的化學　　【閱讀式探究】

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應化學科學習內容	INe-Ⅱ-4 常見食物的酸鹼性有時可利用氣味、觸覺、味覺簡單區分，花卉、菜葉會因接觸到酸鹼而改變顏色。	INa-Ⅲ-3 混合物是由不同的物質所混合，物質混合前後重量不會改變，性質可能會改變。 INb-Ⅲ-1 物質有不同的結構與功能。	Ma-IV-3 不同的材料對生活及社會的影響。 Mc-IV-4 常見人造材料的特性、簡單的製造過程及在生活上的應用。	CJf-Vc-4 界面活性劑的性質與應用。 CMa-Vc-1 化學製造流程對日常生活、社會、經濟、環境及生態的影響。	CJe-Va-3 碰撞學說解釋影響反應速率的因素。 CMa-Va-2 化學化工技術與社會、法律及倫理相關議題(新聞中的化學)。
探究	食中有畫嗎？	肥皂軟硬知多少？	誰吃了保麗龍杯？	廠商為何使用塑化劑？	如何預防粉塵爆炸？

<table>
<tr><th>學習階段</th><th>3-4 年級</th><th>5-6 年級</th><th>7-9 年級</th><th>10-12 年級(共同)</th><th>10-12 年級(進階)</th></tr>
<tr><td>活動主題</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>探究活動說明及對應探究能力</td><td>※活動一：準備活動
1.教師揭示魔法食譜閱讀學習單，請學生閱讀主題與第一部份準備說明。
2.教師透過提問引導學生閱讀提取重點，例如：魔術桌巾的顏料來源是什麼？紅鳳菜水溶液如何製作？
3.教師請學生依據準備說明檢核每項器材與食材，確定是否認識各材料。</td><td>※活動一：
1.教師揭示與兩種不同肥皂的配方與製作方法，展示實際物品，感受兩種肥皂的軟硬。
(1)配方<table><tr><td>軟肥皂
成份：
蓖麻油 80 g
棕櫚油 240 g
氫氧化鈉 40 g 純水 120 cc</td><td>硬肥皂
成份：
椰子油 80 g
棕櫚油 240 g
氫氧化鈉 40 g 純水 120 cc</td></tr></table></td><td>1.閱讀一篇網路上關於保麗龍杯被熱桔茶腐蝕的文章並在文章中找出關於「客觀事實」和「推理判斷」的內容。
2.從這篇文章引出可探究的問題。
3.閱讀飲料店以保麗龍杯盛裝桔茶造成保麗龍杯腐蝕，記者採訪的報導文章。
4.請學生以科學閱讀的角度，分析文章中的摘要、動機、實驗目</td><td>1.選播塑化劑新聞的影片，並提供市售起雲劑，將之加入水中，觀察加入後的變化後，請學生討論加入塑化劑或起雲劑的目的為何？
2.教師提供閱讀資料，請小組閱讀討論後，做出簡短的重點摘要。
3.請小組閱讀討論後，回答問題 1，提出微觀模型，說明起雲劑的作用情況。</td><td>1.教師播放粉塵爆炸新聞實例[註1]：Combustible Dust：An Insidious Hazard，引導學生對於粉塵爆炸的關注。
2.請學生閱讀一篇粉塵爆炸的文章，摘要各段重點，並以小組發表各組的重點摘要(一組只需發表一段重點摘要)，每組發表後進行全班討論。
評量：學生能分析段落</td></tr>
</table>

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	※活動二：製作蔬食 1.教師指導學生依據第二部分操作說明之一美味蔬食步驟 1~3。 2.教師請學生說明如何完成紅鳳菜蔬食，並得到紅鳳菜汁，提供後續步驟使用。 3.如果結合中年級自然種菜相關的單元活動，教師可引導學生回憶種菜時的照顧與付出，並說出現在完成這份蔬食的感覺。 ※活動三：製作顏料 1.教師指導學生操作記錄步驟 4，各杯中分別	(2) 作法： a.將氫氧化鈉放入第 1 鍋內，慢慢加入水攪拌均勻，降溫至 40-50 度。(請全程戴手套，氫氧化鈉具腐蝕性，且與水混合時會產生熱氣，請小心！) b.將 2 種油混合加在第 2 鍋並加熱至 40-50 度。 c.將混合油和氫氧化鈉溶液(一面攪拌一面將氫氧化鈉溶液緩緩倒入油中。 d.攪拌 20 分鐘後休息 5 分鐘再繼續攪拌，重複此步驟到整鍋溶液呈現濃稠狀(類似美乃	的、方法、結果等章節。 5.幫這篇文章找出實驗的變因，包含操縱變因，控制變因，應變變因等。 6.將報導中的實驗結果以表格的方式整理出來。 7.找出記者報導中在實驗方法上犯的錯誤。 8.找出記者報導中，在實驗推論上犯的錯誤。從報導中記錄的實驗結果提出反駁報導中的推論。	4.查詢資料說明起雲劑中各種原料的結構和官能基，並由官能基的比較，回答問題 2，塑化劑可以取代何者製作黑心起雲劑。 5.回答問題 3，由題目提供資料分析，下游廠商最可能選擇何種起雲劑？原因為何？ 6.回答問題 4，請學生對於選擇原料時，應基於哪些原則進行考量？ 7.回答問題 5，請學生蒐集資料後，回答遇到	重點，能將自己的分析結果和同學的結果或其他相關的資訊比較 3.討論並發表相關問題：請小組依閱讀內容討論，並以小組發表各組的討論結果。 3.1 閱讀粉塵爆炸段落，請同學就問題 01 的粉塵懸浮於空氣中容易引起爆炸所提出的三個推論，判斷是否合理，並寫出原因。 3.2 閱讀粉塵的定義與分類段落，請同學將下列物質的長度由大而小排序(問題 02)：(a)粉塵、(b)直徑為 10

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	將檸檬汁、小蘇打、糖水加入紅鳳菜後會產生什麼變化？(教師指導學生可利用簡單的表格將變化記錄下來進行比較。) 2.教師提問，請學生說說為什麼會有這些不同的顏色改變？ 3.引導學生再以鹽水、白醋加入紅鳳菜汁，觀察顏色的變化，驗證學生自己剛才所說的想法是否正確。 4.引導學生歸納：酸鹼性質會造成紅鳳菜汁	滋)。 e.將以上肥皂液倒入預先準備之模具(鋁箔裝飲料盒)容器中，放置三天後再脫膜。 2.教師提問：以 50 g 蓖麻油和 300g 棕櫚油製作肥皂，和以 120g 蓖麻油和 480g 棕櫚油製作肥皂，我們能夠直接比較出兩種肥皂的軟硬嗎？ 3.教師提問：如果我們要依據配方表製作一個比較硬的肥皂，要怎樣調配成分比例？(依序回答下列問題)	9.統整活動：根據報導中的實驗結果提出自己的推論。 評量：完成學習單。	食品汙染問題時，應如何檢驗及因應處理。 8.回答問題 6，請學生判斷檢驗結果與溶出標準的關係。 9.教師總結塑化劑事件的原因、影響與因應之道。 10 課後作業：回家搜尋有關日常生活中有關界面活性劑運用的資料。 評量： 1.完成學習單。 2.資料蒐集(界面活性劑的應用、食品檢驗相關資訊與違反食品安	奈米的光觸媒、(c)10 根頭髮的直徑總和、(d)細菌、(e)邊長 1 公分的骰子。 3.3 閱讀粉塵粒子之大小與浮游濃度段落，請學生回答問題 03：相同種類的可燃性粉塵懸浮與空氣中，你認為哪一種狀況下引發粉塵爆炸的危險性最高？(請參考閱讀式探究 - 化學科範例) 3.4 閱讀易爆炸之粉塵段落，請學生回答問題 04：你認為下列哪些場所(可複選)，較不可

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	的變色反應。 ※活動四：製作桌巾 1.教師指導學生依據第二部分之三的步驟，完成魔術桌巾的創作。 2.教師引導學生推論，利用檸檬汁或白醋、小蘇打水、糖水等透明液體在白紙上的作畫痕跡，如何可能顯現出不同顏色？ 評量：教師提問，學生能回答出檸檬汁或白醋、小蘇打水、糖水分別與紅鳳菜水混和後所產生的顏色。	4.教師提問：比較兩種肥皂配方表，哪一種成分是不同的？這種成分在製作硬肥皂時，必須添加比較多還是比較少？ 5.如果依照硬肥皂成分配方調配，一樣的棕櫚油與氫氧化鈉重量，但是減少椰子油為 50g，這樣可以使肥皂變軟嗎？說說看為什麼？ 6.所以要製作軟硬適中的肥皂，你可以擬訂怎樣的配方？請寫出你獨門的配方比例。		全廠商相關刑責)。	能引起粉塵爆炸？請提出你的理由。(A)煤礦坑、(B)金礦坑、(C)麵粉工廠、(D)大理石研磨工廠、(E)壓克力切割工廠。 3.5 請同學回答問題 05：鎂粉工廠發生粉塵爆炸，工廠員工使用水滅火，反而引起新的氣爆，炸傷員工，請推論原因為何？同時，另一位員工想使用乾粉滅火器，此作法合適嗎?請說明你的想法。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	3.請學生想像剛才所創作的桌巾，圖案部分所顯現的色彩。(指導語可參考食譜：想想如何讓你的畫作可以展現出來呢？運用第二步驟所得到的靈感，預測一下畫作的色彩吧。) ※統整活動：教師以生活相關經驗來提問探究閱讀與實作內容(例如：還有哪些食物也有相同的特性，亦即遇到酸鹼會變色的特性)，並引導學生發現實驗驗證可以重複實施檢證，也可	7.比較大家的配方，你能將大家的配方依據不同的肥皂硬度排列嗎？說說看你的根據是什麼。 8.教師提問，如果同時更改配方中的兩種油的比例，所得到的肥皂配方如何比較軟硬程度？ 9.統整活動：教師根據探究內容及學生的探究過程與發現和結果，了解比較實驗時，一次只能更改一樣變因，方能看出此			3.6 閱讀爆炸產生條件與原理段落，請學生回答問題 06：燃燒三要素為何？除了燃燒三要素之外，請你以碰撞學說的觀點解釋粉塵爆炸的條件與原理。 評量：學生以小組發表說出問題的討論結果，並能將自己的分析結果和同學的結果或其他相關的資訊比較。 4.如何預防粉塵爆炸？ 只要控制粉塵爆炸的一些條件，便可以防止或降低工廠發生粉塵爆炸的機率。假設

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	收集更多的資訊，有助於形成自己的觀點。 評量： 1.依據紅鳳菜汁加入檸檬汁、小蘇打、糖的顏色變化，推測加入鹽、肥皂水、蘋果汁會有什麼變化。 2.花卉、菜葉會因接觸酸鹼的環境而改變顏色，依據紅鳳菜水的顏色變化，提出區分常見食物的酸鹼性的判別方式。	項變因的影響。 評量：學生以小組發表說出問題的討論結果，並能將自己的分析結果和同學的結果或其他相關的資訊比較。			你是廠長或安全顧問，你如何設計一些措施或裝置以預防粉塵爆炸呢？(可以文字、示意圖、設計圖或流程圖呈現。) 5.小組發表各組解決方案。 評量：學生以小組發表說出解決方案，並指出方案的合宜性 6.統整活動：教師播放【流言追追追粉塵爆破】的影片，統整粉塵爆炸的原因與防制之道。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
探究活動對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的探尋和提問，常會有新發現。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問題 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ai -Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai -Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 an -Ⅴc-3 體認科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。	ah -Ⅴa-1 了解科學工作者經常遵循某些特定的標準(例如：可推廣性、簡約性等等)判斷探究活動的可行性。 ah -Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。
總結性評量	學習單練習，透過文章以外的資訊來輔助檢視。	小組討論、實驗設計與發表。	學習單	1.學習單 2.課後作業	1.小組口頭報告 2.學習單

自然科學核心素養教學與評量示例：地表與地殼的變動　　【戶外教學、多媒體教學】

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
對應地科的學習內容	INd-Ⅱ-5 自然環境中有砂石及土壤，會因水流、風而發生改變。	INd-Ⅲ-10 流水及生物活動，對地表的改變會產生不同的影響。	Ia-IV-1 外營力及內營力的作用會改變地貌。	EIa-Vc-2 板塊邊界可分為聚合、張裂及錯動三大類型。 EIa-Vc-3 板塊邊界有各種不同的地質作用與岩漿活動。	EIa-Va-5 透過儀器對地殼變動的監測，可幫助了解板塊相互運動的狀態。
探究活動主題	是誰挖了那個洞？ 利用校園環境觀察及實驗，觀察水對土壤或砂石所產生的改變。	變色的山河？ 利用戶外踏查了解河流會搬運及堆積砂石和土壤並造成地表的變化。	褶皺不能和斷層一樣在地表附近形成嗎? 透由戶外教學讓學生觀察地表受力作用後產生的地質景觀，並進行比較分析。	板塊怎麼運動? 由學生操作互動模擬軟體(PhET 網站中板塊構造模擬 Plate Tectonics Simulation)觀察地球上板塊邊界的地質作用。	如何畫分板塊邊界？ 提供多元的媒體軟體由學生或分組探究及討論各板塊邊界上的地質特徵，以作為畫分的依據。
探究活動內容說明及對應探究能力	1.帶領學生到校園中尋找因為雨水、水龍頭或噴灌系統所產生的洞。 2.提問：請學生思考	1.帶領學生參觀河流的上中下游，並做好影像紀錄。 2.提問：說說看河流的上中下游有何不同？	戶外教學地點：南投竹山 921 車籠埔斷層保存園區 1.先讓學生觀察斷層剖面，並讓學生仔細的	1.請學生操作 PhET 網站中板塊構造模擬 Plate Tectonics Simulation，選擇「板塊運動」，利用	1.小組討論活動：利用先前舊經驗，討論三種板塊邊界上，其震源分布、地質景觀、GPS 位移量、地殼厚

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
	一下，這些洞形成的主要原因。是否只要將洞填滿即可？ 評量：學生能夠進行思考，並回答所認為的答案。 3.提問：請想一下，如果雨水或噴灌系統持續不停的沖刷，小洞會有何變化？ 評量：能說出小洞的變化，越大或越深。 4.提問：想想看，雨	並利用自己的影像紀錄進行說明！ 評量：學生能夠確實地做好影像紀錄，並說出所穿觀察到的差異。 3.提問：河流的上中下游的水流有無差異？差異為何？ 評量：重觀察中發現上中下游的水流不同。 4.提問：瀑布通常出現在河流的那一段？為什麼？ 評量：學生能夠說出河流中瀑布通常出現於河	在方格紙上描出他們觀察到的現象(可提示觀察層面、斷層面的位置和形狀變化、岩層的特徵)。 評量方式：和槽溝剖面的吻合程度[考驗觀察能力和描述能力] 2.(先確定學生都觀察到車籠埔斷層上盤的褶皺)思考這個褶皺的深度，然後先試探學生有沒有發現，在槽溝剖面觀察到的褶皺和課堂學習的褶皺相關知識是否相悖?(可提示學生判斷被扭曲的地層是否為沉積岩？沉積岩代表的地表或	軟體配置不同板塊(大陸地殼、年輕海洋地殼、古老海洋地殼)，觀察板塊邊界的變化(包含地形地貌、溫度、密度、地殼厚度)並嘗試記錄觀察結果(留意時間軸的變化：何者密度較大、是否有隱沒發生及隱沒角度、有無火山活動以及火山活動的區域為何、有無海溝形成、有無褶皺山脈的形成等)。 2.和小組學生分享自己的觀察與紀錄，比較	度分布會有哪些特徵。 2.提供全球地震分布資料庫軟體(Seismic Eruption)，請學生先利用軟體找出可能的板塊邊界位置(至少 2 種邊界類型)，並判讀推斷其可能的邊界類型。 3.同時請學生列舉為驗證板塊邊界類型尚需要哪些證據支持。 4.提供 Goolge Earth (地

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
	水可以對土壤造成沖刷作用，當大雨來時，河水或強大的流水，是否會對河川或地形造成沖刷？ 評量：學生能夠說出自我觀點並解釋。 5.實驗設計：可以利用小土丘，進行水流的沖刷實驗。 ※統整活動：教師總結學生透過活動所了解有關砂石或土壤會因為水而造成改變，透過實驗發現水流較大時改變的力量也相對較	流的上游。 5.提問：河流的中下游水流的速度及河床上的堆積物特徵有何不同？為什麼？ 評量：學生能夠說出水流速度的不同及沈積物顆粒的不同。 ※統整活動：教師總結學生透過活動所河流透過侵蝕、搬運與堆積作用改變了地表。 ※生活中的應用：要在哪些地方才有可能尋找倒鵝卵石？	地下深處的環境？等等) (因褶皺一般會解釋為在地殼較深處形成)。 評量：能點出觀察現像和理論的相悖之處。 3.請學生分組討論，試圖解釋為什麼會在這麼淺的地方(約地表下2-3 公里)形成褶皺? 評量方式：發揮想像力思考各種可能性，越能自圓其說越佳。 4.讓各組就槽溝兩側的剖面，發表他們的討論結果。 ※統整活動	他人和自己的紀錄有什麼異同之處，並且思考板塊邊界變化的原因是什麼，將討論結果整理成圖或表呈現。 ※統整活動：教師總結學生透過 PhET 網站中板塊構造模擬 Plate Tectonics Simulation 操作的觀察紀錄結果，對應地球上的真實板塊邊界情形，請學生判斷是否相符，如有不符之處，請學生提出可能的解釋。	質景觀影像)、GPS 位移量、地殼厚度分布等資訊讓學生驗證他們所辦別的板塊邊界類型，同時驗證科學家已經劃分好的板塊邊界，其邊界上的特徵是否與蒐集的資料相符合。 ※統整活動 隨機分派板塊邊界類型給各組(三種板塊邊界均須有組別討論，重複討論沒關係)，請學生根據先前的媒體資料推論該區域板塊活動過程中容易出現的地質災害類型，並推

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
	大。 ※生活中的應用：強力水柱可以將砂石沖刷掉，因此人們利用強力的水柱來清洗物品，例如：牆面、汽車...等。		5.結合學習過的內容，試圖列出有被該剖面紀錄到的地質事件，並排出先後順序；然後以小組為單位畫在A3 紙上，向同學展示(如沉積作用、斷層作用、褶皺作用、侵蝕作用...)。 評量方式：重建環境變化的完整度，例如：觀察到的事件越多越好，只要學生能自圓其說都算對。		測該地未來的地質景觀變化，同時提供相關防災策略（小組報告，各組應根據報告組別內容給予回饋）。
對應科學的態度與本	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的探尋和提	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇	ai -Ⅳ-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。	ai -Ⅴc-1 透過成功的問題解決經驗，獲得成就感。	ai -Ⅴa-1 了解科學能力是多元的，擁有熱誠是從事與科學或科

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
質	問，常會有新發現。 ai -Ⅱ-2 透過探討自然與物質世界的規律性，感受發現的樂趣。 ai -Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成品來表現自己構想的樂趣。 ah-Ⅱ-1 透過各種感官了解生活週遭事物的屬性。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。 an -Ⅱ-3 發覺創造和想像是科學的重要元素。	心。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	ah -IV-1 對於有關科學發現的報導，甚至權威的解釋(例如：報章雜誌的報導或書本上的解釋)，能抱持懷疑的態度，評估其推論的證據是否充分且可信賴。 an -IV-2 分辨科學知識的確定性和持久性，會因科學研究的時空背景不同而有所變化。		技有關的工作最重要的條件。 ah -Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an -Ⅴa-1 了解從事科學工作者具有一些共同的特質，例如： 邏輯思考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。

學習階段		3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
總結性評量	例子	能說出土壤或砂石會因為水造成改變之原因並舉例。	能說出河流對於地表的改變，觀察並分享。	請根據在車籠埔斷層保存園區的觀察，判斷下列敘述何者錯誤？(A)褶皺和逆斷層都是因壓力而形成。(B)被褶皺扭曲和被斷層錯移的岩層為沉積岩層。(C)在高溫的地下深處才能形成褶皺。 (D)褶皺可能會和逆斷層同時形成。	能舉例說明特定板塊邊界的各種地質現象。	能由震源分布、地質景觀、衛星定位等證據判別板塊邊界位置。
	對應到的能力	1.思考智能(批判思考) 2.問題解決(觀察、定題、計畫、執行)	1.思考智能(批判思考) 2.問題解決(分析、發現)	思考智能(批判思辨、推理論證)	1.思考智能(批判思辨) 2.問題解決(觀察與訂題、討論與傳達、分析與發現)	思考智能(推理論證)
備註		1.戶外教學可以各校實際環境修改。 2.僅以單一學習內容作為範例。	1.戶外教學可以各校實際環境修改。 2.僅以單一學習內容作為範例。	學生已經具備三大岩類、褶皺和斷層之成因的先備知識，並了解斷層和地震的因果關係。		學生已具備有不同邊界上震源分布與地質景觀特色。

自然科學核心素養教學與評量示例：地球與太空　　【實驗操作】

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
對應地科的學習內容	INc-Ⅲ-14 四季星空會有所不同。	INc-Ⅱ-10 天空中天體有東升西落的現象，月亮有盈虧的變化，星星則是有些亮有些暗。	Id-IV-3 地球的四季主要是因為地球自轉軸傾斜於地球公轉軌道面而造成。	EFa-Vc-1 由地球觀察恆星的視運動可以分成周日運動與周年運動。	EFb-Va-2 曆法主要是根據天體運動的規律而制定。
探究活動主題	星星會動嗎？ 透過星座盤及生活實際觀察，讓學生了解太陽及星星有東升西落的現象。	怎樣表達月亮的位置？ 由學生觀察月相，全班一起分享結果，討論月亮在不同時間時在天空中的高度與位置。	如何解釋太陽方位與四季變化的關係？ 透由手電筒(模擬太陽光)照射地球儀的活動了解地球四季成因。	如何解釋太陽視運動軌跡？ 利用星圖軟體或天球儀了解太陽及其他星體的視運動軌跡。	如何說明曆法的制訂和日月地運動之間的關係？ 提供日曆資料由學生(小組)分析討論及推算，進而比較找出各曆法的規則。
探究活動內容說明及對應探究能力	1.觀察太陽，發現太陽每天從東邊升起西邊落下。 2.提問：夜晚也會東升西落嗎？	1.提問：「月亮在天空中的位置固定不變嗎？」、「怎樣表示月亮在天空中的位置？」學生以舊經驗發表。	1.藉由當地四季竿影變化圖及太陽高度角與氣溫高低的關係圖，引導學生探究當地之太陽方位與四	1.提供學生不同緯度的地點、不同時間的太陽視運動軌跡照片，引導學生討論其的異同，建立太陽視軌跡運動的模型。教師引	1.利用中央氣象局的日曆資料表，指導學生計算出太陽日、朔望月、回歸年的精確時間長度。 評量：能計算出太陽日、朔望月、回歸年的精確時間長度到

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	評量：能夠運用想像描述星星的運動。 3.利用星座盤旋轉一天的時間讓學生觀察星星的移動！了解天體的東升西落。 評量：能仔細觀察星座盤，並說明天體的東升西落。 4.回家觀察，在同一天晚上不同時間觀察天空中的同一顆星星，你有什麼發現？ 評量：能觀察並記錄。 5.是不是所有的星	 評量：學生能發表如何標示月亮在天空中的位置。 2.提問：「用什麼工具可以觀測和記錄月亮的高度？」引導學生了解高度角，製作高度角觀測器及利用高度角觀測器進行測量。 評量：學生能製作高度角觀測器及利用高度角觀測器進行測量。 3.提問：「怎樣觀測，才能看到月亮位置的變化?」(第一	季變化的關係。 評量：能說出太陽方位與四季變化的關係。 2.正確操作手電筒照射地球儀，模擬地球公轉時，陽光會直射不同位置。 評量： (1)能依照老師的指令，演示出當地球公轉時，陽光會直射不同位置且能指出地球儀在不同(公轉軌道的)位置時，被直	入天球的概念。 評量： (1)能根據資料(教師所提供不同緯度的地點、不同時間的太陽視運動軌跡照片)進行分類(按照太陽昇落方位、移動軌跡與地平面夾角不同等)。 (2)能說明天球赤道與黃道的不同。 2.透過電子星圖軟體，模擬在不同緯度的地點，不同日期與時間(包含太陽直射分點和至點)，觀察太陽的方位角、仰角和晝夜長	分的程度。 2.從太陽日、朔望月、回歸年的週期，指引學生找出國曆(陽曆)與農曆(陰陽合曆)的設計原因。 評量：能說明國曆和農曆的平均長度和置閏的規則。 3.引導學生從國曆與農曆的生活經驗(例如：國曆新年每年固定，但春節時間每年略有差異；傳統節日中的端午節、中秋節日期不固定，但清明節則是固定日期..等例子)進行分組討論，找出曆法之間的異同，並分享探究的結果。 評量：能說明國曆是以太陽在天球上的位置來制定，日期不須考慮月相，而農曆中的二十

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	星都是東升西落？ 評量：能發現部分星星的不同。 ※統整活動：透過星座盤及實際觀察，學生依據生活經驗太陽的東升西落，延伸知識領域了解天體的東升西落，並能夠發現北極星是固定不動的。 ※生活中的應用：學生能夠運用星座盤等工具，或是ＡＰＰ軟體了解天體的運行並	種方法：同一天，每隔一小時，連續三次，觀測並記錄月亮的位置。第二種方法：同一時刻，連續三天，觀察並記錄月亮的位置。) 評量：學生能連續三次或三天，觀察並記錄月亮的位置。 4.將自己的月亮觀測記錄與同組同學分享，比對不同的觀測記錄後，將分析後的發現與全班同學分享。 評量：學生能比對自	射的位置(緯度)。 (2)能了解陽光直射的意義(或能操作出陽光直射地球的情形)。 3.分析地球儀在不同位置（日地關係）時陽光直射的情形及各地晝夜長短的差異性。 評量：能根據演示活動過程，收集相關白天(明亮部分)和黑夜(陰暗部分)的資料，進行比較分析，並歸納出各地在不同陽光入射	短的變化情形，並用統計軟體試繪出其關係圖，進而建立太陽在天球上的視運動軌跡模型。 評量： (1)能操作電子星圖軟體並能利用電子星圖軟體模擬教師指定之特定地點、時間，記錄太陽在正午時的位置(能用仰角與方位角表示)與昇落方位(能用方位角表示)與時間(精確程度：分)，並計算出晝夜長短時間。 (2)能用統計軟體繪出	四節氣也是以太陽位置來設定，所以清明節是在固定的國曆日期出現；而春節(正月初一)、端午節(農曆五月初五)、中秋節(農曆八月十五)都必須考慮月相，因此以上三個節日不會固定在國曆上的某個日期。 4.引導學生自行從新聞或傳聞中，引發關注的曆法問題(例如：每 19 歲生日的國曆與農曆會是同一天)，進行分組討論是否為真？探討其原因，並分享其結果。 評量：能說明國曆是太陽曆，主要是根據回歸年的週期制定，而農曆是陰陽合曆，除了要符合朔望月之外，也要配合回歸年的週期，因為有共同的

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
	利用其找到方位？	己及同組同學的月亮觀測紀錄，將歸納後的發現與全班同學分享。 ※統整活動：教師統整經由教學活動，學生了解月亮與太陽及天體一樣都會東升西落，而且能夠實際計算月亮的高度角。 ※生活中的應用：觀察月亮除了用高度角測量用具外，月亮高度也可利用影子的長度測量。	角時，晝夜長短變化的情形。 4.歸納統整太陽方位變化（直射與斜射）與晝夜長短和溫度高低的關係。 評量： (1)能依照先前的討論結果，畫出在春分、夏至、秋分和冬至時，地球在公轉軌道中不同的位置。 (2)能畫出太陽視運動軌跡圖(四季)。 ※統整活動：教師	特定地點、兩個不同日期的日昇或日落軌跡。 3.小組內比較說明二十四節氣中春分、夏至、秋分、冬至的太陽視運動軌跡的異同，並組與組分享結果。 評量： (1)能依據圖表或數據表達自己的想法。 (2)能用方位角、仰角、時間來說明二十四節氣中春分(夏至、秋分、冬至)當日的太陽軌跡，並說明其中的差異。 ※統整活動：	考慮因素，所以在有重複週期的出現，但又因為日月地運動週期不是整數倍關係，當微小的差異經過累積，就會出現日期上的偏差。 5.請各組學生根據太陽日、朔望月、回歸年的周期，設計一套簡潔的曆法，並能說明和分享設計的想法。 評量：能了解曆法的制定，除了要符合自然的規則外，也有人為的取捨，也要考慮簡潔好用的原則。 ※統整活動：教師整合各組的分享，主要說明回歸年、朔望月、太陽日的周期性、現行曆法的優缺點，以及讓學生們討論自行設計的曆法，並選出全班最喜歡的曆法。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
			根據各組的分享資料進行綜合性的結論對話，引導學生再次思考並推想太陽方位和四季的關係圖。	1.教師引導學生思考前述三個學習活動，藉由天球的模型來模擬說明太陽一年的運動情形。 2.請學生嘗試用天球模型來解釋不同緯度在不同日期所見太陽視軌跡。	
對應科學的態度與本質	ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的探尋和提問，常會有新發現。 ai -Ⅱ-2 透過探討自然與物質世界的規律性，感受發現的樂趣。 ai -Ⅱ-3 透過動手實作，享受以成	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ai -Ⅲ-2 透過成功的科學探索經驗，感受自然科學學習的樂趣。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受	ai-IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種	ai-Ⅴc-1 透過成功的問題解決經驗，獲得成就感。 ai-Ⅴa-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai-Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。	ai-Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah-Ⅴa-1 了解科學工作者經常遵循某些特定的標準(例如：可推廣性、簡約性等等)判斷探究活動的可行性。 ah-Ⅴa-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日

學習階段		3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
		品來表現自己構想的樂趣。 ah-Ⅱ-1 透過各種感官了解生活週遭事物的屬性。 ah -Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an -Ⅱ-3 發覺創造和想像是科學的重要元素。	學習科學的樂趣。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 an -Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。	ah-Ⅴc-1 了解科學知識是人們理解現象的一種釋，但不是唯一的解釋。 an-Ⅴc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。	常生活中科學資訊的可信度。 an-Ⅴa-1 了解從事科學工作者具有一些共同的特質，例如： 邏輯思考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。 an-Ⅴa-3 了解科學知識發展的歷史是與社會、文化、政治、經濟緊密相關。
總結性評量	例子	能操作星座盤，並說明天體的東升西落。	能正確表達自己(或同組同學的)月亮觀察記錄。	能說出或畫出(或模擬出)某地在春分到夏至之間晝夜長短與溫度的變化。	能用方位角、仰角(天頂角)描述及繪出特定緯度，特定日期當日的太陽視軌跡。	能正確說明太陽日、朔望月、回歸年的意義與時間長度，並解釋國曆與農曆的設計原理與異同。
	對應到的能力	1.思考智能(想像創造) 2.問題解決(觀察與	1.思考智能(想像創造) 2.問題解決(討論與傳	1.思考智能(推理論證、建立模型) 2.問題解決(計畫與	1.思考智能(建立模型) 2.問題解決(分析與發現)(討論與傳達)	1.思考智能(分析發現) 2.問題解決(觀察與定題、傳達)

學習階段		3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(共同)	10-12 年級(進階)
		定題、傳達)	達)	執行、討論與傳達)		
備註		以上用星座盤及觀察教導學生了解天體的東升西落，但關於北極星部分，可以情況說明給學生。	以上僅以月亮高度角為例，本單元另一課程重點為月相變化。	建議利用教具或動畫，幫助學生建構日地關係隨時間變化的動態 3D 星像模型。	建議實作導入課程，讓學生藉由動手操作透明半球模型或星空軟體建構抽象的空間概念。	因為曆法牽涉到日月地運動的週期不是整數倍關係，所以在設定上必會有所取捨，教師在講解這部分的時候，可以強調社會文化對其的影響，讓學生能夠理解科學-科技-社會之間不是截然可分的，而是互相牽涉的。 此外，雖然曆法頗為複雜，但在教學過程中，應善用突現問題、收集資料、整理歸類、分組討論的導引式教學，讓學生能主動找出問題的關鍵。

自然科學核心素養教學與評量示例：氣候變遷之影響與調適　　【科學閱讀】

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
對應地科的學習內容	INd-Ⅱ-6 一年四季氣溫會有所變化，天氣也會有所不同。氣象報告可以讓我們知道天氣的可能變化。	INg-Ⅲ-4 人類的活動會造成氣候變遷，加劇對生態與環境的影響。	Nb-IV-1 氣候變遷產生的衝擊有海平面上升、全球暖化、異常降水等現象。	ENb-Vc-2 冰期與間冰期的氣溫變化及海平面的升降，對全球生物與自然環境會造成影響。 ENb-Vc-4 因應氣候變遷的調適有許多面向與方法。	ENb-Va-1 各種不同的氣候變遷模式的研究，說明單純自然因素和加入人為因素之後的推估。 ENb-Va-2 氣候變遷的推估與未來衝擊充滿了不確定性。
探究活動主題	有「氣象病」嗎？ 提供一些與氣候變遷相關的科普文章或新聞，引導學生了解氣候變化對人類健康的影響。	溫室效應好不好？ 提供一些與全球暖化(或氣候變遷)相關的科普文章和新聞，引導學生觀察其影響。	海平面上升，淹哪裡？ 提供一些與海平面上升(或氣候變遷)相關的科普文章和新聞，引導學生探討其影響。	氣候變遷知多少？ 提供一些與氣候變遷相關的科普書籍，引導學生探討其與環境變化的可能關聯。	氣候變遷在時間與空間尺度上的差異在哪裡？ 提供(或要求)學生搜尋網路上與氣候變遷相關資料，並引導學生探究其在時空上的影響。
探究活動內容說明及對應探	1.提供學生有關氣候變遷的文章或書籍(備註)，引導學生	1.提供學生有關全球暖化的文章或書籍(備註)，並提供太	1.提供學生有關海平面上升的科普文章(備註)和幾則”消	1.提供學生有關於氣候變遷有關的科普書籍(備註)中的部	1.簡介 IPCC 氣候變遷評估報告書的概要，說明近期科學家對於氣候變遷的相關

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
究能力	在閱讀內容中，發現天氣變化劇烈導致感冒、生病的人也愈來愈多，愈來愈多研究證實，氣候改變對人類健康影響甚鉅，這種隨天氣而惡化的身心狀態，稱之為「氣象病」（Meteorotropic disease）。進而了解氣候變遷會對人的身體產生影響。 2.請各小組討論「氣候變遷」會對人體產生什麼不良的影響？並探討如何避	陽輻射透過地球大氣層的關聯圖，引導學生觀察太陽的熱輻射對地表與溫室氣體相互作用的自然現象進行閱讀及說明。引入適度的溫室效應適宜地球生物存活，如果沒有溫室效應，來自陽光的能量會很快地由地表釋放回去，地球的溫度也就會降到攝氏負 16 度 C 左右，而成為非常冷的世界。 2.提問：溫室效應好不好？ 評量：學生能依據關	失的島嶼”的新聞(例如：古里巴斯和萬那杜戴瓜島)，引導學生藉由科普文章中的數據資料了解海洋熱膨脹和融冰化導致海平面上升，威脅許多沿海社區。 評量：學生能推論海平面上升與消失的城市之間的可能關聯。 2.提供臺灣地區等高線地形圖，設定二至三個海平面上升多少公尺的情境問題，請學生探索各個情境下臺灣陸地	分圖表或文字段落，請學生判讀圖表(如：氧同位素比例的變化、氣溫變化、相對海平面變化、平均海面溫度變化、不同植物年輪寬度隨時間的變化、湖水深度隨時間的變化等)所顯示之資訊，並推論對應之可能的生物或環境變化，以文字敘寫說明。另，閱讀科普書籍中文字段落，思考其論點是否有其限制或缺失，提出自己的看法與論點。	研究。《說明：IPCC 的評估報告書中，關於氣候變遷的探討分為大氣、海洋、冰凍圈、雲與氣膠等範疇去探討變遷的結果。若深入閱讀會發現，變遷的幅度會因區域、時間尺度等因素而有所差異》。 2.提供學生 IPCC 第四次與第五次氣候評估報告書的圖表資料，請學生利用小組合作將其資重新料分為兩大類：「區域類」、「時間類」，藉此資料整理，氣候變遷在時間與空間尺度上的差異。「區域類」中提供《海洋與陸地》、《極區與其他高緯度》、《海表與其他深度的溫度變化》《洲際降雨變化》等次主題；「時

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
	免？ 評量：能依據文章內容說出氣候變遷會造成人體疾病的發生，並從小組討論中，能提出如何避免的方法。 ※統整活動：教師能依據文章的內容，引導歸納氣候變遷會造成人體疾病的發生，並從小組討論中，提出如何避免的具體可行的方法。 ※延伸活動：教師可以提供幾篇寒流或熱浪的相關文章，	聯圖，說明適度的溫室效應是一種自然現象，也適宜地球生物存活。 3.提供太陽輻射透過地球大氣層與人類因為生產與活動所產生過量的溫室氣體之關聯圖，引導學生觀察太陽的熱輻射對地表與溫室氣體相互作用的非自然現象進行說明。 4.提問：全球的暖化現象和溫室效應有關嗎？ 評量：學生能依據關聯圖，分組討論過度	有哪些範圍會被海水淹沒。 評量：能正確畫出給定的海平面上升情境下，臺灣陸地被海水淹沒的範圍。 3.請小組討論「海平面上升的前世、今生與未來」，探究造成海平面上升的可能原因以及可能產生的影響，最後，請各組發表。 評量：能說出或畫出造成海平面上升的可能原因及可能的影響	 評量：能正確說明圖表的座標與單位，圖表內數值大小或曲線高低所代表的意涵，並推論其與環境變化的可能關聯性。 2.因應氣候變遷造成的各種可能環境變化，與學生討論可能的調適面向和方法。 ※統整活動：請學生整理第二個學習活動的結果，草擬「新地球人白皮書」-因應氣候變遷所造成可能的環境	間類」類則提供不同尺度中的氣候因素變化。學生隨機分組，各組須在區域與時間類各選一次主題分析其圖表意義，同時隨機挑選一組分析全球性的氣候變遷圖表。 3.各小組公開報告後(可以海報展示或是上台報告等方式)，各組須在說明圖表中全球性與區域性上氣候變遷的差異，並試著推論其原因。 評量： A.能正確說明圖表中數值變化的趨勢，同時能選取正確的變化區間或是數值轉換的關鍵點做說明。

學習階段	3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
	讓學生延伸閱讀，引發學生未來若看到天氣的溫度有劇烈改變時，能保護自己，提高危機意識。	的溫室效應是一種非自然現象，會造成全球暖化現象發生。 ※統整活動：教師能依據文章的內容，引導歸納，說明適度的溫室效應是一種自然現象，也適宜地球生物存活。過度的溫室效應是一種非自然現象，會造成全球暖化現象發生。 ※延伸活動：教師可以提供幾篇全球暖化的相關文章，讓學生延伸閱讀，引發學生在實際生活中能養成節能減碳	(評分標準可依提出觀點的多寡給分)。 ※統整活動：最後，教師可再提供幾篇《氣候變遷地圖》中的文章，引導學生進一步思考：當海平面上升的現象發生時，我們可以如何調適和因應。	變化，討論人們可行的的具體調適行動與因應方法，完成一般社會大眾適用的行動指南。	B.能提出全球性與區域性氣候變遷的差異並推論原因。 ※統整活動 文章閱讀「矛盾！溫室氣體重建臭氧層，卻造成全球暖化。」利用蒙特婁議定書簽訂後對於臭氧層破洞的影響時事，讓學生討論政策措施對氣候變遷的影響是否具備有修復功能、而因應措施的推動除了修復外是否造成其他連帶效應的氣候變遷問題出現。以小組討論形式，思辨氣候變遷與政策措施間的連帶關係。 評量：能思辨調適政策對氣候變遷的調整是否發生效用

學習階段		3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
			的好習慣。			
對應科學的態度與本質		ai-Ⅱ-1 保持對自然現象的好奇心，透過不斷的探尋和提問，常會有新發現。 ah-Ⅱ-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的想法與發現。 an-Ⅱ-1 體會科學的探索都是由問題開始。	ai -Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ah -Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。	ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ah -IV-2 應用所學到的科學知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	ai - Vc-2 透過科學探索與科學思考對生活周遭的事物產生新體驗及興趣。 an - Vc-1 了解科學探究過程採用多種方法、工具和技術，經由不同面向的證據支持特定的解釋，以增強科學論點的有效性。	ah - Va-2 運用科學的思考模式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an - Va-1 了解從事科學工作者具有一些共同的特質，例如： 邏輯思考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。
總結性評量	例子	能說出氣候變遷會造成人體那些疾病的發生，並能提出如何避免的方法。	能正確表達適度的溫室效應及過度的溫室效應，並能了解全球暖化的原因。	請學生以概念圖(或心智圖)總結各組發表的觀點(海平面上升的原因與影響)。	能舉例說明冰期或間冰期其氣溫的變化和海平面的升降情形，以及其對某特定生物造成的影響為何。	能正確引用圖表說明氣候變遷在時空尺度上的差異。

學習階段		3-4 年級	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級	10-12 年級(進階)
	對應到的能力	1.思考智能：推理論證 2.問題解決：分析與發現、討論與傳達	1.思考智能：推理論證 2.問題解決：分析與發現、討論與傳達	1.思考智能：推理論證 2.問題解決：分析與發現、討論與傳達	1.思考智能：推理論證 2.問題解決：分析與發現、討論與傳達	1.思考智能：推理論證 2.問題解決：分析與發現、討論與傳達
備註		參考書籍： 1.「氣象病，現代文明病」- 我讀 WEDO - 天下雜誌。 2.康健雜誌 05 月號/2014 第 186 期(電子書)--「跟著天氣養生」)。	參考書籍： 1.兒童繪本類---「魔法校車--氣候大變遷」。 2.網站資料—行政院環保署兒童版。	1.參考書籍：氣候變遷地圖(聯經出版社)、天氣改變了歷史(究竟出版社)。 2.教學活動也可以”影片”取代”科普文章”，影片的長度建議不要超過 3 分鐘。	參考書籍： 1.氣候文明史：改變世界的攻防八萬年臉譜出版社 田家康。 2.氣候創造歷史 聯經出版社 許靖華。	

自然科學核心素養教學與評量示例：海水的運動　【新聞中的科學】

學習階段	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(必修)	10-12 年級(進階)
對應地科的學習內容	INd-Ⅲ-9 流水、風和波浪對砂石和土壤產生侵蝕、風化、搬運及堆積等作用，河流是改變地表最重要的力	Ic-IV-1 海水運動包含波浪、海流和潮汐，各有不同的運動方式。	EIc-Vc-2 表面海流受盛行風的影響。	EIc-Va-1 溫鹽環流是海洋下層水的流動，由海水的密度差異所驅動，具有傳送能量與調節氣候的重要功

學習階段	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(必修)	10-12 年級(進階)
	量。			能。
探究活動主題	海面上的浪如何形成？ 提供學生有關海浪（衝浪）的新聞文章或影片，請學生討論並發表感想及看法。	誰？推動了海流！ 新聞追追追，由各組閱讀不同新聞事件，分析其中的海流流向及對事件的影響。	海水如何流動？ 分組活動，全班共閱兩則新聞事件，分析討論並推測其可能的海流流向及路徑。	海洋如何影響大氣？ 藉由新聞事件及實驗，了解水的溫度與鹽度會影響並造成海水的垂直運動，並從影片後的討論結果中，引導學生找出溫鹽環流對氣候的影響。
探究活動內容說明及對應探究能力	1.提供學生有關海浪（衝浪）的新聞文章或影片！請學生閱讀（觀看）後分組討論：有關新聞中的海浪的感想及對海浪的看法。 評量：請學生完成學習單，敘述對於海浪的感受（親身或想像）。 2.老師提問：請曾經到過海邊看過海浪的學生，說明	1.提供學生有關海流的新聞(分組活動：2 人一小組，6 人一大組，可依學生特質給不同類型的新聞事件學習單)，先組內討論，再組間分享；從新聞事件報導中找出臺灣附近的海流分布情形及海流流向。 評量：提供臺灣附近海域圖，請學生在圖上畫出海流	1.將學生分組(每六人一組)，提供學生第一則新聞：日本 311 震災漁船 3 年後漂流到台東。 http：//news.pts.org.tw/detail.php?NEENO=263361 並要求學生在地圖上標出日本宮城縣氣仙沼市、臺灣臺東縣達仁鄉的南田海岸。	1.將學生分組(每六人一組)，提供學生以下新聞： 華盛頓郵報 / 《明天過後》成真？全球暖化讓洋流變慢。 http：//www.ettoday.net/news/20150325/483422.htm 要求學生將此報導用 100 字以內的短文改寫並分享。

學習階段	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(必修)	10-12 年級(進階)
	一下經驗。 3.老師提問：請大家討論，並尋找相關資訊說明一下海浪是如何形成的？ 評量：學生可以說出形成海浪的原因。 4.活動：如何讓靜止的水盆產生浪花？浪花的大小要如何改變？ 評量：學生能夠說出利用風讓水盆的水產生浪花，並利用改變方的大小改變浪花的大小。 5.延伸活動：老師介紹人工造浪機，請學生討論人工造浪與海面上的海浪之間有何差異？並發表！ 評量：學生能夠說出人工造	位置及海流方向。 2.「誰？推動了海流」活動：請學生探究哪些因素可能推動海水流動，條列出來。 評量：學生能列出至少一項影響海流流動的因素。 3.實驗設計：請學生根據上一個步驟中討論的「可能因素」設計一個實驗，探究某特定因素與海流流動的關係。 評量：能分辨操作變因和控制變因。 4.各組發表實驗結果。 評量：能具體說出影響海流的因素為何(不論成功與否)。 ※統整活動：教師統整各組的實驗結果，引導學生歸納	評量：學生能夠正確在地圖標出上述兩個地點。 2.發下全球洋流圖，請學生推測出這艘舢舨地漂流路徑，並在洋流圖上畫出這條路徑，並組間討論哪一種可能性最高。 評量：學生要能畫出親潮→北太平洋洋流→加利福尼亞洋流→北赤道流→黑潮的路線。 3.提供學生第二則新聞： 台東南田海岸 各國垃圾 「奇幻漂流」http：//goo.gl/Aga1Xm 請學生們討論，為何南田當地的居民會說：「每年十月起逾半年期間，岸際總出現	評量：每組要能將此新聞改寫為 100 字的短文，文中強調全球暖化、溫鹽環流與北大西洋洋流之間的關係。 2.各小組進行密度流的實驗。 器材：食鹽一包、冰塊一包、每組兩支寶特瓶、藍色與紅色食用色素若干。 步驟： (1)將兩支寶特瓶裝滿水，其中一支加鹽並染成藍色，另一支則不加鹽並染成紅色。將藍色水寶特瓶倒扣在紅色水寶特瓶上，觀察其變化。接者上下兩支寶特瓶顛倒，觀察其現象與上一個實驗有何差異？ (2)將兩支寶特瓶裝滿水，其中一支染成藍色並放在冰

學習階段	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(必修)	10-12 年級(進階)
	浪與海浪的差異。 6.實驗設計：請學生設計一個實驗，觀察風速與浪的關係！ 評量：各組發表實驗結果。 ※統整活動：教師引導歸納總結實驗的發現，說海浪產生的原因主要是海面上的風推動海水表面而產生的。 ※生活中的應用：颱風來時，因為風力較大，所以相對海浪也較大，容易衝擊海岸，因此颱風來臨時不要到海邊戲水或觀浪，避免危險。	分析出促使海水流動的可能原因。	各式各樣的異國垃圾」，這段時間有什麼特殊性？ 評量：學生應答出：這段時間是東北季風的盛行季節，東北季風產生的沿岸流，將黑潮帶來的垃圾傳送到海岸線。 4.請學生組內討論：如何減少海岸漂流物上岸，並組內推舉代表分享，如果條件許可(例如：校園內有泳池或水池)，可以實地驗證哪種方法效果最好。 評量：各組至少提出一種減少海岸漂流物的方法。 ※統整活動：教師統整各組的作品，從中選評出較好的	塊中 10 分鐘，另一支則放在桌上 10 分鐘並染成紅色。將藍色水寶特瓶倒扣在紅色水寶特瓶上，觀察其變化。接者上下兩支寶特瓶顛倒，觀察其現象與上一個實驗有何差異。 評量：學生確實準備器材並進行實驗。 3.請各組學生討論其實驗的結果，並歸納其實驗現象與變因之間的關係，並向各組分享。 評量：學生能說明水的密度與溫度、鹽分多寡的關係。 4.播放溫鹽環流和電影”明天過後”中對於溫鹽環流

學習階段	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(必修)	10-12 年級(進階)
			幾件作品來說明北太平洋的洋流，並引導學生找出風與海流的關係，並彙整減少漂流物上岸的討論與實驗。	部分的影片，並讓各組討論並分享看到的現象與問題。 評量：學生能說出溫鹽環流發生的原因、位置、循環週期、對氣候的影響。 5.請學生設計一個實驗，讓原本上下會混合的兩層水，會因為哪些因素變化而不再混合，並將實驗過程用多媒體(例如：影片)的方式記錄並後製成說明溫鹽環流停止的條件和影響。 評量：學生能夠模擬出，當表層水溫增加或是表層水鹽度下降都會讓混合現象停止，並完成多媒體紀錄的製

學習階段	5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(必修)	10-12 年級(進階)
				作。 ※統整活動：教師統整各組的實驗結果，說明水的溫度與鹽度會影響密度，造成海水的垂直運動，並從影片後的討論結果中，引導學生能找出溫鹽環流對氣候的影響，以及溫鹽環流可能會因全球暖化而停止的原因與後續氣候變化。
對應科學的態度與本質	ai-Ⅲ-1 透過科學探索了解現象發生的原因或機制，滿足好奇心。 ai -Ⅲ-3 參與合作學習並與同儕有良好的互動經驗，享受學習科學的樂趣。 ah-Ⅲ-1 利用科學知識理解日常生活觀察到的現象。 ah -Ⅲ-2 透過科學探究活動解決一部分生活週遭的問	ai -IV-1 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai -IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 ai -IV-3 透過所學到的科學知識和科學探索的各種方法，解釋自然現象發生的原因，建立科學學習的自信心。 ah -IV-2 應用所學到的科學	ai - Ⅴc-1 透過成功的問題解決經驗，獲得成就感。 ai - Ⅴc-2 透過科學探索與科學思考對生活週遭的事物產生新的體驗及興趣。 ai - Ⅴc-3 體會生活中處處都會運用到科學，而能欣賞科學的重要性。 ah - Ⅴc-1 了解科學知識是人們理解現象的一種解釋，但	ai - Ⅴa-2 透過了解科學理論的簡約、科學思考的嚴謹與複雜自然現象背後的規律，學會欣賞科學的美。 ah - Ⅴa-1 了解科學工作者經常遵循某些特定的標準(例如：可推廣性、簡約性等等)判斷探究活動的可行性。 ah - Ⅴa-2 運用科學的思考模

學習階段		5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(必修)	10-12 年級(進階)
		題。 an-Ⅲ-1 透過科學探究活動，了解科學知識的基礎是來自於真實的經驗和證據。	知識與科學探究方法，幫助自己做出最佳的決定。	不是唯一的解釋。 ah - Ⅴc-2 對日常生活中所獲得的科學資訊抱持批判的態度，審慎檢視其真實性與可信度。 an - Ⅴc-3 體認科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。	式，例如：邏輯思考、精確性、客觀性等標準，判斷日常生活中科學資訊的可信度。 an - Ⅴa-1 了解從事科學工作者具有一些共同的特質，例如： 邏輯思考、精確性、心智開放、客觀性、保持懷疑、研究結果的可重覆性、誠實並符合倫理地發表研究成果等。
總結性評量	例子	繳交心得單，說明波浪實踐設計及觀察結果。能正確表達自己(或同組同學的)水波（波浪）【觀察記錄】。	繳交實驗報告書(評分項目：①分析新聞事件文本、②對新聞事件提問、③實驗設計、④實驗流程、⑤實驗結果分析)。【檔案評量】	設計一個減少海岸漂流物的方法。	設計一個實驗，讓原本上下會混合的兩層水，會因為哪些因素變化而不再混合，並將實驗過程用多媒體(例如：影片)的方式記錄並後製成說明溫鹽環流停止的條件和影響。

學習階段		5-6 年級	7-9 年級	10-12 年級(必修)	10-12 年級(進階)
	對應到的能力	1.思考智能(推理論證) 2.問題解決(討論與傳達)	問題解決(觀察與定題、計畫與執行、分析與發現、討論與傳達)	1.思考智能(想像創造、批判思辨) 2.問題解決(計畫與執行、討論與傳達)	1.思考智能(想像創造、批判思辨) 2.問題解決(計畫與執行、討論與傳達)
備註		以上僅以海面海浪為例，了解海浪的形成原因。	1.教學活動前需先準備 4~5 則有關海流的新聞，儘量找不同季節的新聞，提供學生思考季風與海流之間的關係。 2.本教學活動也可以"翻轉教學"的模式進行，課前請學生先閱讀新聞事件及課本海流的內容，課中由學生提問及討論，歸納觀察；課後給一份評量練習。 3.總結性評量以檔案評量的方式進行。		

六、化學科範例-閱讀式探究素材

(為自然科學核心素養教學與評量示例：生活中的化學【閱讀式探究】附件)

(一)閱讀式探究—3-4 年級

如何製作健康蔬食

食中有畫嗎？~ 紅鳳菜蔬食 + 魔術桌巾

第一部分：準備說明

炎炎夏日沒有胃口嗎？很多人喜歡吃蔬食，紅鳳菜是容易種植又營養的蔬菜，我們自己也可以來試試自製蔬食並來發現自然中有趣的科學現象，依據這份簡單又美味的健康配方，讓大家可以按部就班完成健康蔬食，之後又可以利用蒐集的紅鳳菜汁液與廚房常見的調味品來調製顏料，製作令人驚豔的變色桌巾，在製作中感受材料之間交互作用所產生的奇妙變化，真是一舉兩得！

獨樂樂不如眾樂樂，大家分工合作一起來完成健康蔬食，分享更覺得美味喔！每組 4~6 人皆可，找找夥伴來共同製作。工欲善其事必先利其器，請各組依據條列的器材和食材，檢核是否完整準備需要的工具和材料。

準備器材：

1.一把銳利的切菜刀。(因為銳利所以使用更要小心)

2.一塊切熟食的砧板。

3.一個食盆。(裝蔬食使用)

4.一個濾網。

5.五個透明玻璃杯。

6.一根攪拌棒

7.一張 B4 大小的白色影印紙

8.五隻大水彩筆

9.一小隻的油漆刷

10.一個 1 公升的燒杯或裝液體的容器。

準備食材：

1.紅鳳菜

2.檸檬

3.蔬食醬汁

4.小蘇打

5.糖水
6.白醋
第二部分：操作說明
一、美味蔬食
1. 將紅鳳菜切絲放入食盆中，加入冰開水冰鎮。
2. 10 分鐘後將紅鳳菜濾出，並將濾出的紫色冰水收集起來，放置在 1 公升的燒杯內備用。
3. 將紅鳳菜絲以熱水煮熟，拌入自己喜好的調味醬汁，即成美味蔬食。

二、魔術顏料
4. 準備 3 個玻璃杯，分別加入一些紅鳳菜汁(10 毫升或 4 個寶特瓶蓋量即可)，再個別加入幾滴小蘇打水、糖水、檸檬汁，觀察看看紅鳳菜汁的顏色發生什麼變化。
5. 以表格記錄這些變化，搭配使用，更能讓你的魔術桌巾有自己的設計感喔！

三、魔術桌巾
6. 先創作一幅縮小版的畫作為魔術桌巾圖案草稿
7. 運用水彩筆沾取所準備的材料(檸檬汁或白醋、小蘇打水、糖水)，依據草稿在 B4 的紙上完成畫作(注意！不同的液體用不同的水彩筆，不要混用)。
8. 以這些液體在白紙上作畫，痕跡接近透明，可以風乾或以吹風機吹乾，痕跡不容易看見。
9. 想想如何讓你的畫作可以展現出來呢？運用第二部分魔術顏料製作時所得到的靈感，預測一下畫作的色彩吧！

相關參考活動：天然指示劑—無字天書篇

■活動目標

利用生活中隨手可得的指示劑，讓小朋友了解物質的酸鹼性，並利用指示劑的變色性質，製作一幅畫與一篇神秘的無字天書。

■活動器材

深紅色玫瑰花(1 朵/人)	圖畫紙(2 張/人)	滴管(2 支/組)
研缽與杵(一付/組)	吹風機(1 個/組)	檸檬酸少許
食醋(白醋)	棉花棒(3 支/人)	洗衣粉少許
可樂(1 罐/組)	燒杯(3 個/組)	小蘇打粉少許

■引起動機

小朋友，你知道除了實驗室中的指示劑與試紙外,還有哪些可以用來測試酸鹼性的指示劑嗎?其實生活中常見的紅色玫瑰花,扶桑花(朱槿),牽牛花,紫色甘藍菜,鴨趾草等,都可以將他們的汁液當做天然指示劑用.就讓我們一起來試試看吧!

■活動過程

1.製作天然指示劑

用研缽和杵將玫瑰花片加少許的水加以磨碎，然後將花汁倒入燒杯中

2.測試水溶液的酸鹼性

（1）準備好各種溶液(如洗衣粉水、可樂、檸檬酸水...)，並加以標示

（2）分別於不同溶液中加入幾滴玫瑰花汁，觀察其變色情形，並加以記錄

（3）紀錄表

	食醋	洗衣粉	可樂	小蘇打	檸檬酸
滴入花汁後的顏色					
溶液的酸鹼性					

3.我是神奇畫家

（1） 將圖畫紙圖上一層玫瑰花汁後，用吹風機吹乾(不必全乾)

（2） 以棉花棒沾一些檸檬酸或白醋，在紙上繪圖

（3） 再以另外一汁棉花棒沾一些小蘇打水，在同一張紙上繪圖

4.神秘的無字天書

（1）再拿一張圖畫紙的一半，並用棉花棒沾檸檬汁或白醋，寫上你要寫給同組同學的一句好話，然後用吹風機吹乾

（2）拿給你的同組同學，請他用玫瑰花汁塗滿這張圖畫紙，並請他唸出你寫給他的那句話

（3）再寫一張無字天書，帶回家給你的爸媽，請他們想辦法解讀這張無字天書

■給家長的話

酸鹼指示劑本身就是一種色素，因此我們可以利用天然的色素製作天然的指示劑。但是自己製作的天然指示劑不能久存，因此要用的時候再做，效果會比較好。本活動只用了一種天然指示劑，其他如紫色甘藍菜、鴨趾草等的偏深紅色的植物，也可以有類似的效果。下次如果要檢驗物質的酸鹼性時，您就不必得去買那些實驗用的指示劑或試紙了，您不妨也試一試！

（二）閱讀式探究—5-6 年級

假天然市售清潔劑多含化學成分 臺灣醒報 (2013-05-15)

【臺灣醒報記者郭庚儒台北報導】市售清潔劑標榜天然，但卻含有化學成分！最新調查發現，5 成市售清潔劑瓶身標榜天然，成分卻含有石化類界面活性劑、人工香精等。前三軍總醫院皮膚科部主任趙昭明表示，長期接觸石化洗劑會導致皮膚脫皮和發紅，引發過敏及手部濕疹。他建議，民眾應選擇植物性界面活性劑的清潔劑，並養成閱讀成分的習慣。

弘光科技大學化妝品科技系 15 日公布「家用清潔劑認知及採購行為大調查」，結果發現，3 成的家長會考慮選購標榜天然的洗劑，而近 6 成認為瓶身上若有標示「天然」字樣，即為天然洗劑。

弘光科技大學化妝品科技系主任徐照程表示，調查也發現有 8 成以上民眾購買清潔劑時，不曾看成分標示，更有 9 成以上看不懂成分標示。而統計市售標榜天然的清潔劑中卻發現，5 成以上含石化類界面活性劑、人工香精、螢光劑，有刻意誤導民眾之嫌。

圖說：清潔劑瓶身使用天然圖像，容易誤導消費者認為成分天然。(Photo by 郭庚儒/臺灣醒報)

徐照程說，人體皮膚長期吸收石化類界面活性劑、化學合成香精及螢光劑，會造成肝腎負擔，更有致癌的風險。他呼籲廠商，若產品非使用植物來源界面活性劑、且不含人工香精、螢光劑，就不應該在瓶身上宣稱天然及使用天然圖像。

趙昭明表示，門診發現有近 3 成的民眾因使用清潔劑，而引發皮膚搔癢及過敏的症狀。他說，皮膚長期接觸石化洗劑會加重皮脂流失，進而破壞皮膚，導致脫皮和發紅，引發過敏或手部濕疹等症狀。

他說，清潔劑是生活中常見，但容易被忽略的過敏原之一，建議民眾挑選清潔劑時，應養成閱讀成分的習慣，並挑選植物性界面活性劑，同時避免成分中含有人工香精及螢光劑等刺激性化學物質。

詳全文 假天然 市售清潔劑多含化學成分-社會新聞-新浪新聞中心 http://news.sina.com.tw/article/20130515/9607209.html

（三）閱讀式探究—5-6 年級

為什麼要回收廢食用油

廢食用油經處理及再利用可以轉變為生質柴油或再製成「家務環保肥皂」，不但做到廢物利用，也更能緩和水質與土壤污染的問題好處多多，也是資源永續利用的美事一樁。

可回收的廢食用油

凡供應烹調食物所使用的油，廢棄時均可以交付回收，如有回鍋油、過期的食用油，亦屬可回收的食用油。機油、潤滑油不包含在廢食用油回收種類，不可以廢食用油混合回收。

回收管道

住戶累積一定數量(裝入 1 個保特瓶量)，交由資源回收車收運，事業單位或攤商所產生的廢食用油請委託合法回收管道做回收。

什麼樣的油脂可以做手工皂

油脂是一般的天然植物油與動物油，不管是容易取得的葵花油、橄欖油、芥花油、豬油、牛油，或是比較少見的玫瑰果油、月見草油、澳洲胡桃油等，任何可以想得到的油脂　，都可以拿來製作香皂。

如何做肥皂

原理主要是把油中的脂肪酸類予以鹼皂化。利用油脂之中的脂肪酸和氫氧化鈉之中的鹼性加水中和而產生化學變化形成具有清潔性與滋潤性的固狀物。將冷水倒入不鏽鋼鍋子後，再慢慢倒入氫氧化鈉，先輕輕拌勻，再緩緩把油倒入鍋

中，此時開始攪拌，可添加香精，在分裝在容器中，再放置在通風室內角落 2 個月後，待皂化完全即大功告成，即可使用。

手工香皂裡的鹼性物質一般採用取自於海鹽成份的「氫氧化鈉」(NaOH)，另外當然也可使用其它如：氫氧化鉀或碳酸鈉等鹼質，在此則以使用容易取得的氫氧化鈉為主。

除此之外，「水」扮演了溶化鹼性物質的角色，成了製皂中不可或缺的材料。

因此成皂原理簡單的來說是：

油脂＋（氫氧化鈉＋水）＝肥皂

手工皂洗淨力、保濕、滋潤度，則要看混入油脂的比例，基本上，每種油都有不同的功效，以下介紹幾種油脂，可單獨使用，也可以混合搭配成自己喜歡的手工皂配方：

椰子油--富含飽和脂肪酸，洗淨力強、泡沫多、做出的皂質地堅硬，若是單純只以椰子油做皂，就可以做出適合清洗碗筷、衣服的家事皂。

棕櫚油--是手工皂的基礎油，做出的皂質地堅硬，但泡沫少，對皮膚溫和，可與其他油品混合使用。

橄欖油—含豐富的維他命、礦物質、蛋白質，保濕及修護皮膚極佳，但製作上有難度，做出的皂質地較軟，但泡沫細小持久，深具滋潤，很適合用來製作洗臉皂或嬰兒皂。

其他常見的油脂還包括葵花油、大豆油、蓖麻油、葡萄籽油、甜杏仁油、荷荷芭油等數十種植物油，民眾可根據自己的喜好調配出喜愛的配方比例。

值得注意的是各配方比例在製作有時還是會有些許的差別，造成製作失敗的情況，所以初學者最好以小比例(約 500cc)的方式練習試做，若不慎失敗了，也可減少損失，成功了，又很喜歡該配方，再依比例放大製作。

剛製作好的手工皂鹼性還很高，切割時還是要戴手套，製好的皂要放在陰涼通風處二個月，待退鹼，才可使用。

手工皂是用新鮮油脂做成，不含防腐劑，僅可保存 6 個月至 1 年，不適合收藏，請儘早使用。

手工皂還是有眾多注意事項及小技巧，最好多參考相關書籍及網站資料後，再動手做。

注意！！

請在通風處進行，請戴橡膠手套及戴口罩操作。氫氧化鈉加水後可立即產生高熱(90¢J)，所以二者混合攪拌時，動作要極為小心，需避免燙傷和汁液的四濺。萬一汁液觸及皮膚，請立即以清水充分沖洗乾淨。另在攪拌初期可見鹼煙之冒出，請避免吸入。千萬不要選購其他金屬材質的鍋子，例如鋁、錫、銅、鐵材質的鍋子都不合適，因為鹼會和這些金屬起化學反應，可選用玻璃和不鏽鋼材質器具。

環保手工皂製作方法

~計算方法~								
類別	油脂種類	油量（公克）	皂化價/NaOH（塊）	氫氧化鈉量（公克）	純水量（c.c.）	INS 值	用量	硬度
回收油家事皂塊	再生油	700	0.15	105	200	61	70%	42.7
	椰子油	300	0.19	57	171	258	30%	77.4
合計數量(公克)		1000		160	370	總重量	1350	120.1

硬度計算公式：單油量/總油量*INS 值(120-170 實為正常)

700/1000*61=42 + 700/1000*258=77.4 合計=120.1

皂化值係以完全皂化 1 克油脂所需鹼之克數 油脂 INS 值影響成品的軟硬度
一般書籍建議的 INS 值在 160 不過 120～170 都算是理想的硬度

油脂種類	氫氧化鈉	INS 值	油脂種類	氫氧化鈉	INS 值
豬油	0.138	139	椰子油	0.19	258
牛油	0.1405	147	棕櫚油	0.141	145
鵝油	0.1369	130	橄欖油	0.134	109
雞油	0.1389	130	大豆油	0.135	61

準備物品：

鋼鍋 1 個、模型盒數個、網篩 1 支、長柄杓(打蛋器)1 支、口罩 1 副、防滲手套 1 雙。

材料：（硬度達 125 以上）

1. 回鍋油 700 公克椰子油 300 公克。
2. 氫氧化鈉 160 公克、冷水 370c.c.。
3. 新鮮左手香(總油量+水量的 2%以上約 30 公克)。
4. 食用鹽 2%(總油量的 2%約 20 公克)

作法：

1. 廢油先以網篩濾除殘渣。
2. 將水及左手香用果汁機打爛(越爛越好)加入食用鹽。
3. 將氫氧化鈉放入鍋內，慢慢加入左手香液攪拌均勻，降溫至 40-50 度。請全程戴手套，氫氧化鈉具腐蝕性，且與水混合時會產生熱氣，請小心！另油品混合加熱至 40-50 度(兩者溫度相差 5 度內)。
4. 開始混合油和氫氧化鈉溶液，一面攪拌一面將氫氧化鈉溶液緩緩倒入油中，至少攪拌 20 分鐘後休息再繼續攪拌，如果持續攪拌可以縮短皂化反應時間。

5. 每隔一段時間必須攪拌一次，尤其鍋邊較濃稠部分把它混合入溶液中，重複此步驟到整鍋溶液呈現濃稠狀(類似美乃滋)，進行此步驟時可以加入欲添加之香精、精油或色料。

6. 把肥皂倒入預先準備之模具容器中。放置三天後再脫膜，肥皂必須放置一個月後，才能使用(放越久越硬越好用)

小撇步

加入糖(可讓肥皂起泡)。

加入鹽(可使肥皂硬化)。

加入醋(可以除臭)。

一般水量計算：

環保皂：總鈉量*1.88~3.2=CC 數

美容皂：總鈉量*2.3~3.2=CC 數

美容皂配方

花蓮市民生社區發展協會　手工美容皂配方表　1000G

類別	油脂種類	油量	皂化價	氫氧化鈉量	純水量	INS 值	硬度
基礎	椰子油	160	0.19	30.4	71.3	258	51.6
	棕櫚油	240	0.141	33.84	79.3	145	43.5
	蓖麻油	80	0.1286	10.288	24.1	95	9.5
	橄欖油	320	0.134	42.88	100.5	109	43.6
合計		800		117	292		148.2

參考資料：花蓮市民生社區環保皂製作方式、慈光山網路資訊

宜蘭縣政府環境保護局　編製

（四）閱讀式探究—7-9 年級

熱桔汁會腐蝕杯子

小明傍晚到家裡附近的八十藍飲料店買了十杯冰桔汁和十杯熱桔汁請老闆外送到家裡。送到後小明發現所有盛裝桔汁的保麗龍杯都被腐蝕，尤其是盛裝熱桔汁的保麗龍杯都腐蝕到了穿孔的地步。小明生氣的打電話給八十藍的老闆抱怨：「你們的桔汁這麼酸，都把杯子腐蝕掉了，這樣不能喝吧！」

八十藍的老闆馬上補送了二十杯珍珠奶茶，並且解釋冰桔汁因為使用新鮮桔汁與檸檬汁，故酸性較強，為了要保冰，所以使用保麗龍杯，但是保麗龍杯無法抵抗果汁的酸性而腐蝕，所以才會造成這個狀況。

雖然店家已經給予補償，但是小明認為商品如果無法承受飲料酸性而腐蝕，就不應該販售。萬一大家沒看到杯子的腐蝕而飲用了飲料，那不是很糟糕？於是他決定要他的記者朋友小華來揭發這件事情。

一、上面這篇文章裡面，有哪些是關於桔汁腐蝕杯子這個現象「客觀事實」的描述？

_____

_____

二、上面這篇文章裡面，有哪些是關於桔汁腐蝕杯子這個現象「推理判斷」的內容？

_____

_____

三、關於這樣的狀況，你覺得以科學的想法切入的話，可以提出什麼可以研究的問題或想法？_____

_____

_____

小明的記者朋友小華，接到小明的電話後，覺得這是一個值得報導的議題。小華是一位負責任的記者，在報導一個事件之前，都會認真的查證，以免因不實的報導傷害了店家的信譽。所以他就找到了一家八十藍飲料店，詢問他們店裡販賣哪些桔汁的產品。購買了各種桔汁產品，進行實驗觀察後，寫出了以下的報導：

【龍山日報記者小華報導】泡沫紅茶店裡販售的冰桔汁、冰檸檬茶，酸酸甜甜的，喝上一杯，方便解渴，是泡沫紅茶店裡頗受歡迎的飲料。但其中卻隱藏一個陷阱，為了保持飲料的溫度，通常會以保麗龍杯盛裝飲料，但飲料所含的酸性物會將保麗龍杯加以腐蝕，造成有毒物質溶解混入飲料，喝多了反而有礙健康。

近日有網友反映，向某家連鎖泡沫紅茶店購買熱桔汁。拿到飲料打開一看，看到保麗龍杯的出現嚴重腐蝕現象，隨信更附上一張遭桔汁飲料腐蝕的保麗龍杯照片，讓人看了怵目驚心。

為了驗證網友舉發之真實性，記者專程前往該泡沫紅茶店購買各種桔汁飲料。店家的桔汁飲料共有四種分別是「正常熱桔汁」「加酸熱桔汁」「正常冰桔汁」和「加酸冰桔汁」四種。

「正常熱桔汁」就是商家平日賣出的成品，一般是榨三顆桔子加十毫升純檸檬汁，並加熱到約 60 度；「加酸熱桔汁」，則多榨三顆桔子，加二十毫升的純檸檬汁。記者認為比較兩者的腐蝕狀況就能測試「酸」對保麗龍杯的影響，屬於對照組。冰桔汁也是相同的配方，只是溫度約為 10 度左右。這四種飲料全都用保麗龍杯盛裝後，再觀察腐蝕現象，簡單的實驗，結果令人印象「深刻」。

實驗發現，「正常熱桔汁」倒入保麗龍杯後，約五分鐘後，杯子內緣靠液面處就開始出現腐蝕現象。隨著時間加長，保麗龍杯逐漸出現一層明顯的腐蝕痕跡。五分鐘後，將飲料倒掉，觀察保麗龍杯內側，可見腐蝕現象在液面最明顯，然後往杯底逐漸減輕。

至於「加酸熱桔汁」的腐蝕顯然更加嚴重，才剛調配好沒多久，靠飲料液面的保麗龍杯內緣，就馬上出現明顯腐蝕現象。放置時間越長，腐蝕越嚴重。將飲料全部倒掉後，發現杯子液面部分腐蝕相當嚴重，杯子的內側全都顯現腐蝕痕跡。

作為對照組，店家另調配兩杯冰桔汁，也發現保麗龍杯均有腐蝕現象，其中「加酸冰桔汁」腐蝕現象比「一般冰桔汁」明顯。 綜合上述實驗，得到的結論是，桔汁對保麗龍杯的腐蝕力，熱桔汁比冰桔汁嚴重、加酸比不加酸嚴重。

最後，記者再請店家擠壓「純桔汁」，不加水、不加冰，不加酸梅、也不加熱，將它倒入保麗龍杯，赫然發現保麗龍杯出現嚴重的腐蝕痕跡。腐蝕情況是所有飲料中最為嚴重的。

實驗結果證實，桔汁內含的酸性物質對保麗龍具有強力腐蝕性。一旦加熱更增添腐蝕的威力；由此看來，泡沫紅茶店若不當使用保麗龍製容器，保麗龍會被腐蝕溶入飲料內，危害飲用者的健康。

一、科學的研究報告中，都會包含以下幾個項目：

1.標題與研究主題

2.摘要：簡要的研究內容

3.實驗目的與動機：實驗想研究的目標以及為什麼要做這個實驗

4.實驗步驟：為了達成實驗目的所採取的研究方法

5.實驗結果與分析：經過實驗後得到的結果

6.實驗討論：從結果中進行分析，試著回答研究目標中提出來的問題

請找出上面這篇報導中的這六個項目，直接標示在文章上

二、記者很認真的做了實驗，他做的實驗主要包含兩個主題。請找到他的兩個實驗主題。

1.實驗主題一：

2.實驗主題二：

三、每個實驗主題都會包含三種變因。請他的實驗找出實驗的變因

1.實驗主題一

操縱變因：_____;控制變因：_____應變變因：_____

2.實驗主題二

操縱變因：_____;控制變因：_____應變變因：_____

四、把實驗結果以表格的方式整理，就更容易進行推論分析。請將他的實驗結果，以表格的方式呈現出來：

實驗方式	溫度	飲料裡的東西	實驗結果
正常熱桔汁	熱		
加酸熱桔汁	熱		
一般冰桔汁	冷		
加酸冰桔汁	冷		
純桔汁			

五、找碴

1.記者的報導中，加酸熱桔汁，是「多榨三顆桔子，多加十毫升檸檬汁」目的是『記者想測試「酸」對保麗龍杯的影響』，請問這樣的實驗方法，犯了什麼樣的錯誤？

2.他做出結論是「 實驗結果證實，桔汁內含的酸性物質對保麗龍具有強力腐蝕性，一旦加熱更增添腐蝕溶解的情形」，從他的實驗結果中，找出反駁他結論的證據。

3.請根據他的實驗結果提出你的觀點：

我認為，造成保麗龍杯腐蝕的物質，必然是一種...

（五）閱讀式探究--10-12 年級共同

起雲劑變致癌物！黑心廠商添加 DEHP 塑化劑惹禍(2011 年 5 月 24 日)

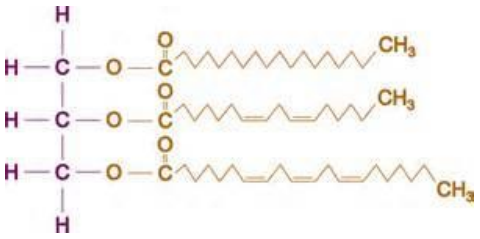
日前，衛生署執行「偽劣假藥聯合取締小組」計畫，進行市售食品產品監測時，發現康富生技益生菌保健食品居然含有來自一般用於塑膠軟化的塑化劑之一：DEHP。衛生署循線稽查後發現是由昱伸香料有限公司供應的「起雲劑」所造成，掀起了臺灣食品史上最大的食品汙染風波。

參考網址：http://www.nownews.com/n/2011/05/24/523445

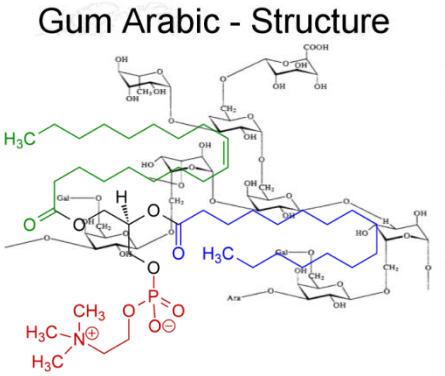
【起雲劑的用途與成分】

食品業者為了讓食品的外觀能夠看起來具有白霧感及濃稠感，讓消費者覺得用料實在，也讓各種成分在產品中均勻散布，往往加入起雲劑（cloudy agent）。它是合法的複方食品添加物其成分包括了水、乳化劑、食用油（如棕櫚油）和食用膠（如阿拉伯膠）等，分別說明如下：

食用油：由脂肪酸和甘油所形成的酯類化合物，下圖為結構之一：



阿拉伯膠：為包含胺基酸的多醣類物質。

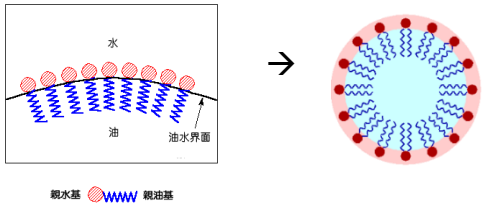


乳化劑：同時具有親水基(可溶於水)與有機親油基(可溶於油)的分子，例如：卵磷脂(帶電部份為親水端；碳鏈則為親油端)

【起雲劑的原理】

起雲劑的作用原理，是因其組成份具有乳化(emulsion)或分散(dispersion)的性質。起雲

劑的成分含有水和食用油，但水和食用油並無法互相混合，必須加入乳化劑才可以混和。而乳化劑為界面活性劑的一種，是同時具有親水基(可溶於水)與有機親油基(可溶於油)的分子，當水中同時含有油和水時，乳化劑分子會將親水基團(紅色圓球)曝露在水中，而親油端(藍色線)則溶於油後互相聚集，此時形成微胞(micell)，而微胞粒子直徑較大，約為 1~100 奈米之間，且表面帶有電荷，故因電性互斥，而能穩定的如同膠態溶液分散水中，並看到白濁的現象。

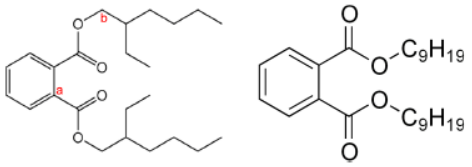


乳化作用本來是使不同屬性的液體能攪和的均勻，譬如油水混合成膏狀的食品，像是冰淇淋、美乃滋和沙拉醬等，但只要產品需要調和不同類的物料，都有機會用到，其技術原理雖相同相似，不同行業使用的劑料卻是天壤之別。

【使用塑化劑的原因】

起雲劑雖然是無毒的添加劑，但成分中含有食用油容易腐敗，產生油耗味，保持期限不長，且成本較高，故唯利是圖的不肖廠商昱伸、賓漢兩間公司，違法使用屬於四級毒性化學物質的 DEHP(鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯)及 DINP (鄰苯二甲酸二異壬酯)，製作非法的黑心起雲劑。兩者的分子結構式如下所示，兩者皆為鄰苯二甲酯類，並有八個碳以上的碳鏈。

以塑化劑製成的起雲劑，早在 1980 年代前就已出現在臺灣市面上，因這類起雲劑顏色純白、保存期限比原本的起雲劑長 6、7 個月，且能夠稀釋飲品的份量也更大，因此不少起雲劑製造商紛紛跟進，尋求這款非法配方。原配方製得的起雲劑不僅顏色偏黃，當存放一段時間後還會有油臭味產生，產品穩定度較差；塑化劑則穩定度較高，價格更是便宜許多，而逐漸在市場上取得優勢。



DEHP　　DINP

【塑化劑的危害】

DEHP 及 DINP 為塑化劑分子，本來是用以加入塑膠中，增加塑膠材料的柔軟度，並不適合食用。但若以塑膠容器或包材 (尤其是 PVC 類) 儲存食物時，DEHP 會微量溶出，並殘留在食物中。由國內外對市售食品塑化劑殘留量的調查中，均可發現 DEHP 等塑化劑的蹤影。

DEHP 的殘留量在每毫升茶飲料中為 $2.0 \times 10^{-6} \sim 4.8 \times 10^{-6}$ 毫克，每毫升植物油則為 $8.35 \times 10^{-4} \sim 2.39 \times 10^{-3}$ 毫克。目前美國規定 DEHP 每日總攝取量（TDI）管制值為每人每公斤 20.微克。我國亦於 99 年 11 月 22 日公告修定「食品器具容器包裝衛生標準」增訂塑膠類中 DEHP 之溶出限量標準為 1.5ppm 以下，而食品中則不得添加 DEHP。

DEHP 是一種環境賀爾蒙，被生物攝入體內後，會干擾生物體內的賀爾 蒙，被懷疑與女童性早熟有關，也具有抗雄性激素的效果，與男童性器官發育不全、及男性精蟲數量不足等有關。除此之外，DEHP 也被國際癌症研究署認定為人類可能的致癌物。所幸 DEHP 在體內 2~3 天即會代謝排出，多喝水是加速排出的極佳之道。

小明想要在課堂中做塑化劑相關的科學短講，為了想提高同學的興趣與理解，製作了以下的投影片：

圖片來源：引自 http://old.ohmygod.org.tw/teachersay/teachersay199.htm

問題 1：第三張投影片，小明想要表達出起雲劑加入飲料後的微觀現象，試依文章內容討論並畫出其微觀現象。

問題 2：第五張投影片，小明想要表達出塑化劑取代了起雲劑的其中一種成分，原起雲劑配方中各物質的結構如文章所示，且已知官能基相同的物質，會有類似的特性與用途，試查詢起雲劑的各種成分原料結構與官能基，並比較塑化劑的結構推論，塑化劑可用以取代起雲劑中的何種成分？並試製作投影片呈現。

問題 3：第六張投影片，小明想要呈現 A 家廠商決定添加起雲劑的抉擇過程，故查詢各上游廠商起雲劑的各項資訊，呈現如下表，試問 A 廠商若純以經濟考量做決定，應購買

何家廠商的起雲劑？

廠商	起雲劑售價(每公斤)	保存期限(月)	可生產 600mL 運動飲料(瓶)
昱 X	100 元	15 個月	50000
X 漢	120 元	15 個月	60000
良心	250 元	6 個月	30000

問題 4：小華正要創業，並以果汁和運動飲料為其主要的製作目標，當小華要選擇所添加的起雲劑時，試討論有哪些因素是其選擇起雲劑時應考量的因素？並蒐集資料了解若選擇不當時，其可能受的刑責為何？教師引導：應兼顧經濟、刑責和社會責任等

問題 5：小明買到一瓶飲料，但擔心是否受到塑化劑汙染，他可以將飲料送到何處去檢驗呢？流程為何？

問題 6：某檢驗員在 100mL 的果汁中驗出 0.7 毫克的 DEHP，請你判斷此果汁是否超標違規？

（六）閱讀式探究--10-12 年級進階

如何預防粉塵爆炸？

【孫英哲、詹智淵／彰化報導】彰化縣埔鹽鄉一家腳踏車零件研磨拋光工廠，昨工人作業時，突發生粉塵爆炸，造成 6 名工人燒燙傷送醫，其中 2 人傷勢嚴重，未脫離險境。

工廠員工表示，受傷的工人當時正在研磨拋光機台前作業，突然一聲巨響，就到聽到工人哀號聲，立即報案，出事故的機台操作區，專門做鎂鋁合金腳踏車零件研磨拋光，空間累積不少粉塵，可能因研磨火花或靜電火花釀災，真正原因待火調人員鑑識。

(新聞引自 http：//www.appledaily.com.tw/appledaily/article/headline/20141102/36183308/)

粉塵爆炸是非常危險的，假設你是廠長或安全顧問，你如何設計一些措施或裝置以預防粉塵爆炸呢？請同學閱讀下列文章後，回答相關問題，並找出合宜的預防措施。

粉塵爆炸

可燃性粉塵在空氣中的濃度達到爆炸下限時，遇到火源，極有可能產生爆炸的狀況，輕則毀損設備，重則造成人員傷亡。

粉末狀之可燃性固體在空氣中以分散(懸浮)之狀態存在時，與爆炸性混合氣體相同，當供給熱能時則起爆炸。以鎂粉為例，粒子愈小表面積則大而對單位質量之燃燒速度則增大。

由粉末狀之固體與空氣混合物之爆炸稱為粉塵爆炸。木材、澱粉、鋁粉等粉塵以適當之

比率使懸浮於空中時則呈易爆炸狀態。不易揮發之液體如重油，倘以霧狀懸浮於空氣中時具有與固體粉塵相同之易爆狀態。

通常粉塵之爆炸物與混合氣體之爆炸相比，粉塵爆炸壓力之上升速度較緩，但最大壓力則大約相等，惟爆炸壓力之持續時間較長，是為特徵。因此。粉塵爆炸力之破壞力相當大，倘含有金屬或合金粒子時，其發熱量更大，有時飛散後附著於周圍之可燃物而引起另一場火災。

粉塵的定義與分類

係來自土石、岩石或礦物等之無機物或木材、穀物等有機物質，經粉碎、剪斷、鑽孔、研磨、衝擊、裝袋或爆炸等產生，而懸浮於空氣中之固體粒子（一般粒徑大致為 100μm 以下，μm =0.1 微米= 10^{-6}m），其化學成份與其原發生源之母體物質大致相同。

若拿奈米尺寸和極細小的東西比較：一奈米相當於一微米（μm）的千分之一；一個病毒大約是一微米的十分之一；一個細菌大約是一微米；人類頭髮直徑，一般在 20 微米至 50 微米之間。

一般來說，凡是呈細粉狀態的固體物質均稱為粉塵。能燃燒和爆炸的粉塵叫做可燃粉塵；浮在空氣中的粉塵叫懸浮粉塵；沉降在固體壁麵上的粉塵叫沉積粉塵。某些廠礦生產過程中產生的粉塵，特別是一些有機物加工中產生的粉塵，在某些特定條件下會發生爆炸燃燒事故。

粉塵粒子之大小與浮游濃度

粉塵常以大小不同之狀態存在，但能懸浮於空氣中為必要條件。通常可認為在 100μm 以下時則有爆炸之可能。雖然不像氣體有明確之爆炸界限，但於單位體積中需存有一定量以上之粉塵時始能爆炸。支配懸浮之因素有蓄電性及水分之吸附性等。

各種粉塵之爆炸較氣體，火藥類為難，粉塵之爆炸界限不易測定，但通常之數字為 25-45mg/L~80mg/L。

易爆炸之粉塵

農產品工廠在磨粉，乾燥、篩選過程中易產生粉塵，其他如煤礦內之碳粉塵，加上礦內之甲烷也能形成爆炸條件。歐美之濕度較其他地區低，且易產生靜電，粉塵爆炸之頻率則高，臺灣屬於高溫多濕地帶，所以粉塵爆炸較少發生，濕度超過 50%時可防止塵爆。

充分乾燥之可燃物只要在空氣中浮游狀態存在時供應適當能量則有爆炸之可能。易爆炸之粉塵例列於下表 1。

表１　易爆炸之粉塵

類 別	粉 塵 名 稱
農產物	澱粉、棉花、稻穀、豆類
金屬類	鋁、鎂、鐵、錳、矽、鈦、鋅
塑膠系	醋酸纖維、硝酸纖維、木質素樹脂
	酚樹脂、聚乙烯、聚苯乙烯、合成橡皮
其 他	煤炭、硫黃、木屑

爆炸產生條件

空氣與粉塵混合物之爆炸難易受下列因素之影響：引燃溫度，最小引燃能量，最低爆炸濃度，昇壓率(Rate of pressure rise)，以上因素可當作粉塵爆炸分析指標。

粉塵爆炸條件一般有三個：

（１）可燃性粉塵以適當的濃度在空氣中懸浮，形成人們常說的粉塵雲；

（２）有充足的空氣和氧化劑；

（３）有火源或者強烈振動與摩擦。

爆炸原理

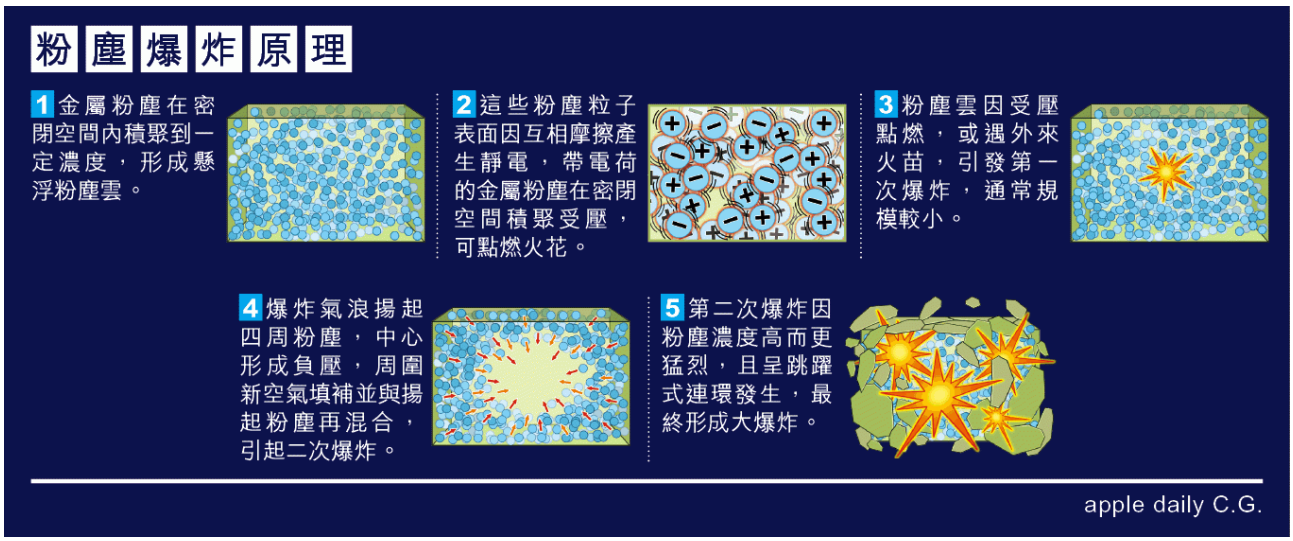
粉塵的爆炸可視為由以下三步發展形成的：

第一步是懸浮的粉塵在熱源作用下迅速地乾餾或氣化而產生出可燃氣體；

第二步是可燃氣體與空氣混合而燃燒；

第三步是粉塵燃燒放出的熱量，以熱傳導和火焰輻射的方式傳給附近懸浮的或被吹揚起來的粉塵，這些粉塵受熱汽化後使燃燒循環地進行下去。

隨著每個循環的逐次進行，其反應速度逐漸加快，通過劇烈的燃燒，最後形成爆炸。這種爆炸反應以及爆炸火焰速度、爆炸波速度、爆炸壓力等將持續加快和升高，並呈跳躍式的發展。



圖片引自 https：//tw.images.search.yahoo.com/images/view;

參考資料：

1.粉塵爆炸：引自 http：//blog.yuntech.edu.tw/meworksv2a/meworks/page1.aspx?no=8016

2.粉塵爆炸：引自 http：//www.43577.com/show/559676.shtml

※文章重點摘要

1. 粉塵爆炸
2. 粉塵的定義與分類
3. 粉塵粒子之大小與浮游濃度
4. 易爆炸之粉塵
5. 爆炸產生條件
6. 爆炸原理

※請同學閱讀上述文章後，回答相關問題：

問題 01：

粉塵懸浮於空氣中，溶液引起爆炸，就以下的推論的合理性，圈選「是」或「否」，並寫出你的理由。

以下推論是否合理？	是或否	你的理由
物質的顆粒越小，單位質量的表面積越大，則燃燒速率越快。	是 / 否	
物質的顆粒越小，沉降速度小，則懸浮	是 / 否	

載空氣中的時間越長。		
物質的活性越大，引爆所需能量較小，與物質顆粒大小無關。	是 / 否	

問題 02：

請同學將下列物質的長度由大而小排序：(以代號作答)

(a)粉塵、(b)直徑 10 奈米的光觸媒、(c)10 根頭髮的直徑總和、(d)細菌、(e)邊長 1 公分的骰子

問題 03：

下表示相同種類的可燃性粉塵懸浮與空氣中，你認為哪一種狀況下引發粉塵爆炸的危險性最高？你判斷的理由為何？

選項	粉塵粒徑(微米)	單位體積內的粉塵質量(mg/L)	理由
A	100	20	
B	100	40	
C	50	40	
D	50	20	

問題 04：

你認為下列哪些場所(可複選)，較不可能引起粉塵爆炸？請提出你的理由。

(A)煤礦坑　(B)金礦坑　(C)麵粉工廠　(D)大理石研磨工廠　(E)壓克力切割工廠

問題 05：

鎂粉工廠一開始發生粉塵爆炸時，工廠員工迅速使用一大桶水滅火，反而引起新的氣爆，炸傷員工，請推論原因為何？同時，另一位員工想使用乾粉滅火器，此作法合適嗎?請說明你的想法。

問題 06：

燃燒三要素為何？除了燃燒三要素之外，請你以碰撞學說的觀點解釋粉塵爆炸的條件與原理。

※如何預防粉塵爆炸？

只要控制粉塵爆炸的一些條件，便可以防止或降低工廠發生粉塵爆炸的機率。假設你是廠長或安全顧問，你如何設計一些措施或裝置以預防粉塵爆炸呢？(可以文字、示意圖、設計圖或流程圖呈現)

捌 新舊課綱之課程實施銜接分析與建議

捌、新舊課綱之課程實施銜接分析與建議

十二年國教各領綱之實施，承續在國中小九年一貫課程綱要、99 高中課程綱要的基礎上。有鑑於十二年國教課綱乃自各教育階段一年級開始逐年實施，因此本課程手冊之第一章中首先針對新舊課綱差異進行分析，本章則進一步提出銜接分析與建議。

當學生從六年級（使用舊課綱）升上七年級（使用新課綱），以及九年級（使用舊課綱）升上普高十年級(使用新課綱)時，下一個學習階段的學習內容中因增刪或調移等產生知識點的缺漏或新增，以及學習表現的差異而產生銜接需求，需要教師參考銜接教材、蒐集補充學習資源進行銜接教學，以協助學生之學習。

本章「銜接分析」主要包含兩類型：必要性銜接與支持性銜接，針對兩類銜接提供銜接建議。分述如下：

1.必要性銜接：意指七年級、十年級學生學習十二年國教課綱時所缺漏且必要的學習內容中的知識點，針對此類銜接，建議研發素養導向的銜接教材與實施銜接教學。實施銜接教學以融入與統整於新學習階段之適當學習單元為原則。

2.支持性銜接：意指七年級、十年級學生學習十二年國教課綱時：

（1）學習內容中新增的概念或知識：建議教師教學時可以於新學習階段之適當學習單元中提供補充的學習資源。

（2）學習表現的差異：本章提出教學實施建議供教師參考。

十二年國教課綱普通型高中自然科學領域的學習內容，已與國中學習內容進行統整，將國民所需之自然科學基本能力與素養之內容統合在國高中的自然科學課程中，因此與舊課綱（九年一貫課程綱要、99 課綱）之間會有一定程度的不同。由於十二年國教課綱係七年級及十年級同時開始實施，會面臨國小升國中及國中升高中部份學習內容無法銜接的情形。因此提出國中舊課綱與高中十二年國教課綱必修課程之實施銜接分析與建議，提供高中自然科學領域教學的參考。

一、六升七年級-生物科

（一）支持性銜接

主題	次主題	十二年國教新增或調移產生之學習內容差異	教學實施建議
生物的構造與功能（D）	次主題：動植物體的構造與功能(Db)	INb-III-7 植物各部位的構造和所具有的功能有關，有些植物產生特化的構造以適應環境。	1.銜接國中階段 Db-IV-6 藉由觀察葉片、莖、花、果實內的維管束，認識維管束在植物體內的分布與其構造，並了解其運輸功能。 2.教師可先了解學生對蒸散作用的理解情形，再適時補充蒸散作用的相關概念，進行探究為主的活動。
	生物體內的恆定性與調節(Dc)	INB-III-6 動物的形態特徵與行為相關，動物身體的構造不同，有不同的運動方式。	1.銜接國中階段 Dc-IV-5 生物體能覺察外界環境變化、採取適當的反應以使體內環境維持恆定，這些現象能以觀察或改變自變項的方式來探討。 2.教師可於相關單元融入並介紹動物行為，如於消化作用單元融入"獵食"行為，於生殖單元融入求偶、育幼等生殖行為。

二、九升十年級

（一）生物科

1.必要性銜接

為符合十二年國教之素養導向之精神，解決國、高中內容重複問題，並因應高中必修生物學分數縮減為 2 學分之設計，生物科係將國中教材與高中必修教材合併設計，將中學生所需之基本生物學知識、素養分散於國中生物與高中必修生物課程內容中，不論是基於面對生活的需要，或是將來分流後作為選修生物的學習基礎，對於未來的高中生而言，均須完整學習完國中生物與高中必修生物之內容。

由於新課程是 7 年級與 10 年級的學生同步實施，所以當年度的 8、9、10 年級學生會因課程設計差異而漏失某些課程，其中有些內容的難度較高，學生無法自學習得，所以學習舊課程之學生仍須補足相關知識內容。據此標準，分析生物科國中階段新舊課綱內容之差異與銜接建議如下表：

主題	次主題	十二年國教新增或調移產生之學習內容差異	發展銜接教材建議說明
生物體的構造與功能（D）	生物體內的恆定性與調節(Dc)	Dc-IV-3 皮膚是人體的第一道防禦系統，能阻止外來物，例如：細菌的侵入；而淋巴系統則可進一步產生免疫作用。	針對所需授課內容，建議學校安排之授課節數 2 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：免疫相關概念較為抽象，學生無法自行閱讀理解，且有銜接高中選修生物(BDb-Va-7 動物體的防禦構造與功能)需求。
演化與延續（G）	生物多樣性(Gc)	Gc-IV-3 人的體表和體內有許多微生物，有些微生物對人體有利，有些則有害。 Gc-IV-4 人類文明發展中有許多利用微生物的例子，例如：早期的釀酒、近期的基因轉殖等。	針對所需授課內容，如微生物的多樣性與微生物對人類生活的影響，建議學校安排之授課節數 2 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：銜接教材可結合科學史及生活實例，且有銜接高中選修生物(BDb-Va-7 動物體的防禦構造與功能)需求。
生物與環境（L）	生物間的交互作用(La)	La-IV-1 隨著生物間、生物與環境間的交互作用，生態系中的結構會隨時間改變，形成演替現象。	針對所需授課內容，例如演替現象，建議學校安排之授課節數 1 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：對於自然保育及生物多樣性課程有銜接必要性。可運用生態圖片或影片的呈現。
科學、科技、	環境汙染與防	Me-IV-6 環境汙染物與生物放大的關係。	針對所需授課內容，例如生物放大作用的現象與影

主題	次主題	十二年國教新增或調移產生之學習內容差異	發展銜接教材建議說明
社會及人文（M）	治（Me）		響，建議學校安排之授課節數 1 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：對於自然保育及生物多樣性課程有銜接必要性。可運用實際案例教學。

（二）物理科

1.必要性銜接

物理科針對學習舊課綱的學生修習新課綱之必修物理時，所需之重要概念重新說明與加強，以利新、舊課綱的銜接。

2.支持性銜接

主題	次主題	十二年國教新增或調移產生之學習內容差異	教學實施建議
資源與永續發展(N)	能源的開發與利用(Nc)	Nc-IV-4新興能源的開發，例如：風能、太陽能、核融合發電、汽電共生、生質能、燃料電池等。 Nc-IV-5新興能源的科技，例如：油電混合動力車、太陽能飛機等。 Nc-IV-6臺灣能源的利用現況與未來展望。	1.針對Nc-IV-4與Nc-IV-5，可於相關單元中融入教學，可以科普文章閱讀方式，由教師補充或學生自行閱讀。 2.Nc-IV-6 可於課程教學中，由學生調查臺灣發電廠的能源利用現況，以分組報告或討論方式了解未來能源利用的可能發展。

（三）化學科

1.必要性銜接

化學科於十二年國教課綱中，特別參照學生的認知發展歷程，將化學由巨觀到微觀的發展歷程，重新調整安排至各學習階段中，強調學習內容的縱向連貫，並改善國、高中內容重複的問題；此外，亦簡化 7~9 年級的化學計量部分，改以實作課程加深學生對觀念的理解。為因應此調整，學習舊課綱的學生修習新課綱之必修化學時，需將部分重要的概念重新說明與加強，並針對新增實作課程的原理說明補充，以利新、舊課綱的銜接。

主題	次主題	十二年國教新增或調移產生之學習內容差異	發展銜接教材建議說明
物質組成與特性(A)	物質組成與元素的週期性(Aa)	Aa-IV-1原子模型的發展。	針對原子結構發展史(包含：電子、質子和中子的發現歷程，歷史上實驗對科學模型理論改變的影響，並了解科學家如何依據證據修正模型)，建議學校安排之授課節數 2 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：十二年國教課綱在國中部分，原子模型發展課程中將會融入科學史，讓學生分辨科學知識的確定性和持久性，會因科學研究的時空背景不同而有所變化，而非權威不可變的知識，藉以理解科學本質就是在證據中存疑和反覆檢視。高中部分僅簡單複習原子模型，故為必要性銜接。

主題	次主題	十二年國教新增或調移產生之學習內容差異	發展銜接教材建議說明
物質的結構與功能（C）	物質的分離與鑑定（Ca）	Ca-IV-1實驗分離混合物，例如：結晶法、過濾法及簡易濾紙色層分析法。	針對濾紙層析法實驗，建議學校安排之授課節數 1 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：十二年國教課綱國中部分增加了濾紙層析法（不牽涉原理），故為必要性銜接。
物質的反應、平衡及製造(J)	水溶液中的變化(Jb)	Jb-IV-4 溶液的概念及重量百分濃度(P%)、百萬分點的表示法(ppm)。	1.針對百萬分點濃度(ppm)建議學校安排之授課節數 0.5 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：十二年國教課綱國中部分，增加了 ppm 的說明。強調環境汙染中的空氣汙染、水汙染應以百萬分點濃度來表示，並可銜接高中化學必修部分探究與實作的相關課程。 2.pH 計的介紹和實作，建議學校安排之授課節數 1 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：讓學生學習如何校正及使用 pH 計。
	酸鹼反應(Jd)	Jd-IV-2 酸鹼強度與 pH 值的關係 Jd-IV-3 實驗認識廣用指示劑及pH計	
	有機化合物的性質、製備及反應(Jf)	Jf-IV-1有機化合物與無機化合物的重要特徵。 Jf-IV-3酯化與皂化反應。	針對分辨有機物與無機物的差異實驗，建議學校安排之授課節數 1 節，並提供學生銜接教材。 補充說明：十二年國教課綱國中部分，增加以實作方式將麵粉、糖粉和食鹽加熱，進一步比較實驗結果，說明有機物與無機物的差異。

2.支持性銜接

主題	次主題	十二年國教新增或調移產生之學習內容差異	教學實施建議
物質組成與特性(A)	物質組成與元素的週期性(Aa) 物質的形態、性質及分類（Ab）	Aa-IV-2原子量與分子量是原子、分子之間的相對質量。 Aa-IV-3純物質包括元素與化合物。 Ab-IV-4物質依是否可用物理方法分離，可分為純物質和混合物。	1.九年一貫課綱國中部分並未特別提到純物質、混合物。十二年國教課綱國中部分，希望藉由純物質與混合物的認識學習簡易物質分離純化的技術，並且藉此探討物質的性質和分類。 2.元素與化合物的理解上，十二年國教課綱可以以「水電解」的實驗切入。 3.原子(量)和分子(量)已於國中階段說明，此部分高中必修部分僅做簡單複習。 4.十二年國教課綱國中部分在質量守恆單元中，建議結合科學史。 5.建議高中教師於課堂內相關單元增加以下說明： (1)簡易物質分離法。 (2)「水電解」實驗。 (3)原子量和分子量。
物質的結構與功能(C)	物質的分離與鑑定(Ca)	Ca-IV-2化合物可利用化學性質來鑑定。	1.九年一貫課綱國中部分並未特別提到純物質、混合物。十二年國教課綱國中部分，希望藉由純物質與混合物的認識學習簡易物質分離純化的技術，並且藉此探討物質的性質和分類。

主題	次主題	十二年國教新增或調移產生之學習內容差異	教學實施建議
			2.教師於課程教學中，在相關單元，如兩不同物質發生化學反應產生氣泡或沉澱、物質的酸鹼性或導電性等，融入教學。並可以筆試或實作方式，評量學生辨認化合物。
物質的反應、平衡及製造(J)	物質反應規律(Ja)	Aa-IV-2原子量與分子量是原子、分子之間的相對質量。	1.十二年國教課綱國中部分特別作了負面表列，不教複雜的莫耳及亞佛加厥數。僅止於「莫耳」這個名詞的介紹。 2.建議高中教師應於課堂內相關單元說明莫耳與亞佛加厥數的相關計算。
		Ja-IV-1 化學反應中的質量守恆定律。	1.十二年國教課綱國中部分在質量守恆單元中，建議結合科學史。 2.針對質量守恆科學史部分，可融入高一必修課程中延伸說明，例如：於課程教學中，提供科普文章，由學生自行閱讀有關質量守恆定律科學史。

（四）地球科學科

十二年國教課綱普通型高中地球科學科的學習內容，已與國中縱向統整，將國民所需之地球科學基本能力與素養之內容統整在國民中學與高中的必修課程中，因此與舊課綱之間會有一定程度的不同。由於十二年國教課綱係自 107 學年度的七年級及十年級同時開始實施，在 107、108 及 109 學年度均會面臨高中新生在其國中階段實施的是九年一貫課綱，原高中舊課綱部份學習內容在十二年國教課綱中已移至國

中階段，但在九年一貫課綱中是欠缺或不足的，將可能發生國高中學習無法銜接的情形。因此提出國中舊課綱與高中十二年國教課綱必修課程之實施銜接分析與建議。

102 課綱普通高中 課程內容細目與預期學習成果	十二年國民基本教育 國中次主題與學習內容	分析	銜接建議
1-2-2 探索地球歷史的方法與限制 ● 知道研究地球歷史的方法，如可利用地質記錄、化石研究及放射性元素定年法等，並知道這些研究方法有其限制，體會科學探索有其過程。	地層與化石(Hb) Hb-IV-2 解讀地層、地質事件，可幫助了解當地的地層發展先後順序。	地質紀錄（地質事件）移至國中內容。	若學生在國中並未學習相關概念，在高中進行「地層與化石(Hb)」單元時應加以補充。
3-1-3 固體地球的結構 ● 知道固體地球是由三大岩類所組成，並知道三大岩類的特徵。	組成地球的物質(Fa) Fa-IV-2 三大類岩石有不同的特徵和成因。	三大岩類基本概念移至國中內容。	若學生在國中並未學習相關概念，在高中進行「組成地球的物質(Fa)」單元時應加以補充；但同時應注意部份深入概念已移至高中加深加廣選修，因此此處的補充毋須過度深入。
3-3-1 火山帶與地震帶 ● 知道火山或地震在某些地帶常發生。	地表與地殼的變動(Ia) Ia-IV-4 全球地震、火山分布在特定的地帶，且兩者相當吻合。	火山與地震帶移至國中內容。	若學生在國中並未學習相關概念，在高中進行「地表與地殼的變動(Ia)」單元時應加以補充。

玖 其他課程規劃建議

玖、其他課程規劃建議

十二年國教以”自主學習、適性揚才”為原則，學生除必修課程外，可依需求修習校訂課程。學校可依據學校條件發展特色，依照學生興趣、性向、能力與需求開設多元選修之學習課程，依總綱多元選修規劃說明：「本類課程由各校依照學生興趣、性向、能力與需求開設，各校至少提供 6 學分課程供學生選修。本類課程可包括本土語文、第二外國語文 (含新住民語文)、全民國防教育、通識性課程、跨領域/科目專題、實作(實驗)及探索體驗、大學預修課程或職涯試探等各類課程。」本項次乃提供學校或教師開課與設計實作(實驗)及探索體驗、大學預修課程或職涯試探等各類課程課程之參考，且能適時連結其他領域/科目，以滿足學生興去、性向、能力與需求。

一、生物科

除了部定選修的內容外，針對大學不同性質學系之需求，建議規劃 5 個課程供學生選修，每個類型的課程為 2 學分。

課程名稱	課程內容說明	備註
生物多樣性	以介紹動物多樣性和植物多樣性的內容為主，彌補目前課程生物分類、形態等相關內容欠缺之不足。	適合森林系、園藝系、植物系、動物系、生物系等傳統生物學學系走向的學生，或是對於生物分類、認識有興趣之其他學生。
微生物多樣性	以介紹細菌、病毒等微生物的內容為主，彌補目前課程生物分類、形態等相關內容欠缺之不足。	適合微生物系、醫學系等生科相關領域學系走向的學生，或是對於微生物有興趣之其他學生。
應用生物學	介紹生物科技的基本學理、工具，與在日常生活中的應用實例。	適合生科系、生技系等相關領域走向的學生，或對生物科技感興趣之其他學生。
生物之美	介紹生物世界中的各種奇特生物，欣賞其特殊的形態、造型、行為模式或適應方式。	提供給喜愛生物，對生物觀察感興趣的學生。
仿生科技	介紹仿生科技的基本內容與走向，讓學生了解生物的一些奇特結構，並探討這些特殊結構背後的科學原理與可能應用。	提供給對仿生科技感興趣之學生。

（一）生物多樣性

課程規劃說明		本課程適合森林系、園藝系、植物系、動物系、生物系等傳統生物學學系走向的學生，或是對於生物分類、認識有興趣之其他學生。以介紹動物多樣性和植物多樣性的內容為主，彌補目前課程生物分類、形態等相關內容欠缺之不足。
學分數		2
必選修		校訂選修
開課年級		10-12 年級
每週授課節數		2 節課
先修科目		必修生物
課程描述		1. 讓學生能真正了解生物分類及分類的依據。 2. 課程前半先建立學生分類相關的知識，之後再指定題目由學生分組搜集資料並報告。 3. 學生能判斷網路資源的正確性，並完成報告。
課程目標		1. 了解分類的方法及生物多樣性。 2. 了解目前動植物分類的狀況。 3. 學會搜尋相關資料，並進行口頭報告和討論。
進度安排	第 1 週	課程內容簡介
	第 2~4 週	**生物的分類及命名、分類群的演變** 介紹五界代表性生物及病毒 介紹 NCBI 網站資源
	第 5~8 週	**動物的分類** 動物的分類特徵 常見動物門的介紹
	第 9~12 週	**植物的分類** 植物的起源 植物的鑑定和分類 常見植物門(維管束植物及無維管束植物)的介紹
	第 13~17 週	**學生報告** 讓學生分組報告，每組由指定的題目中(如無脊椎脊索動物 invertebrate chordates、哺乳類 mammals)，挑選不同動植物的分類，進行資料搜集後，報告目前分類的現況以及分類的依據。

	第 18 週	期末課程意見交流與反饋

（二）仿生科技

課程規劃說明		本課程設計希望學生藉由本課程的學習，能對仿生科技有所認識，能藉由對生物界中一些特殊現象的觀察與研究，探詢這些現象背後的相關設計與原理，並試著將這些原理應用在日常生活中。
學分數		2
必選修		校訂選修
開課年級		10-12 年級
每週授課節數		2 節課
先修科目		必修生物、必修化學、必修物理
課程描述		1. 本課程介紹將以自然界的現象觀察和介紹為軸心，並試著讓學生能學習利用自然科學領域所學之相關知識、技能，對這些現象進行相關的研究，除希望學生能認識這些自然現象背後的科學原理外，也希望學生能思考這些原理的可能生活應用，讓學生了解科學的發展與對生活可能造成之影響。 2. 課程以教師介紹、學生實際觀察和實作探討等方式並行，除了知識的教授外，希望學生能有實際操作的機會，鼓勵學生以主動探究的精神，進行相關活動的進行。 3. 利用不同的主題，引導學生蒐集資料，並進行探討與論證。
課程目標		1. 有基本觀察能力，並能對奇特的自然現象進行探討。 2. 以科學的態度面對問題，懂得科學方法及科學態度。 3. 不畏懼科學，甚至愛上科學。 4. 學會搜尋相關資料。
進度安排	第 1 週	課程內容簡介、仿生科技概述
	第 2~5 週	**蓮葉效應** 讓學生觀察、並討論蓮葉效應的現象與原理 分組討論、報告蓮葉效應的可能應用方向
	第 6~9 週	**生物吸附** 讓學生觀察討論不同類型的生物在吸附力上的表現，並讓學生認養不同的對象，針對這些吸附類型的原理進行研究與報告。

	第 10~13 週	**強韌的蜘蛛絲** 認識臺灣的常見蜘蛛，並探討不同種類蜘蛛絲的特性。 讓學生分組討論蜘蛛絲具有高強度與高塑性的可能原因與蜘蛛絲的可能應用。
	第 14~17 週	**彩蝶飛揚** 認識蝴蝶的物理色與化學色。 觀察蝴蝶鱗粉的微細結構，並探討蝴蝶物理色的成因與相關原理的可能應用。
	第 18 週	期末課程意見交流與反饋

（三）微生物多樣性

課程規劃說明		本課程的對象為微生物學系、醫學系等生科相關領域學系走向的學生，或是對於微生物有興趣之其他學生。
學分數		2
必選修		校訂選修
開課年級		10-12 年級
每週授課節數		2 節課
先修科目		必修生物
課程描述		1. 本課程介紹以必修生物為基礎，結合生活中的實例，增加學生對微生物的基本認識。 2. 課程以實際操作為主，鼓勵學生主動探究生活中的微生物學，由體驗中覺察微生物在人類生活中不可或缺的角色。 3. 透過經典的科學史實驗，引導學生發現問題、解決問題的科學態度與邏輯。
課程目標		1. 具有基本微生物學常識，能對媒體報導內容進行批判性思考。 2. 學會使用科學邏輯面對問題，並運用科學方法及科學態度分析問題。 3. 不畏懼科學，甚至愛上科學。 4. 學會搜尋相關資料，內化科學資料能力。
進度安排	第 1 週	課程內容簡介
	第 2~4 週	**微生物與人類疾病** 從新聞、報導或日常生活中常見的人類疾病來認識微生物的種類。 介紹微生物的類別，以病毒、細菌、真菌、線蟲、寄生蟲等為主的生活

		史及特性。
	第 5~7 週	**微生物與農業** 透過種植與觀察，認識植物與微生物的共生關係。 透過新聞、報導認識微生物在農業上的利與弊。
	第 9~11 週	**微生物與食品** 透過水果酒的釀製培養天然酵母。 透過優格的實作認識乳酸菌。 透過麵包的實作認識酵母菌。
	第 12~14 週	**微生物與鑑識科學** 透過參訪活動，認識微生物在鑑識科學上的應用。 透過推理小說閱讀、影集觀賞、攝影作品，連結科學與生活之美。 透過小組合作，創作與微生物相關的文創作品。
	第 15~18 週	**微生物與遺傳工程** 回顧基因工程的概念。 探討基因工程與微生物的關聯性。

（四）生物之美

課程規劃說明	本課程設計是以喜愛生物、對生物觀察感興趣的學生為對象。課程內容分別從不同角度，如巨觀與微觀、單純與多樣、短暫與長久、動作與靜態等，透過實物、圖片、影片及音樂等素材及媒介，讓學生實際使用各類感官去體認生物之美。
學分數	2
必選修	校訂選修
開課年級	10-12 年級
每週授課節數	2 節課
先修科目	無
課程描述	1.介紹生物世界中的具有代表性或特殊性的生物，欣賞其形態、造型、行為模式或適應方式之美。 2.說明這些生物之美背後的故事或科學原理。 3.介紹觀察及記錄生物的基本工具及方法。
課程目標	1.學生能關心周遭的生物，並有進一步觀察及了解的意願。 2.具備基本的觀察能力，並懂得如何透過合適的工具(如解剖顯微鏡)來協助觀察。

		3.學生能欣賞生物世界不同層次、不同類型的美感，並因此更加愛護及尊重各種生命。
進度安排	第 1 週	課程內容簡介
	第 2 週	**如何感受生物之美** 介紹視覺、聽覺、嗅覺、味覺及觸覺等人體的感官，並透過生物影片、音樂及實物等引導學生專注於體驗。
	第 3~5 週	**巨觀世界的生物之美** 介紹動物大遷徙、櫻花盛開、魚群洄游等等壯闊的生物景象，讓學生欣賞數大的生物之美，並了解生物世界順應時節運作的韻律。
	第 6~8 週	**微觀世界的生物之美** 介紹微生物、小型昆蟲、植物孢粉等等各類微小精巧的生物構造及設計，讓學生目睹生物世界的種種驚奇及不可思議，並說明其背後的原理或故事。
	第 9~10 週	**觀察生物之美的工具** 望遠鏡、解剖及光學顯微鏡等工具的原理介紹及實際操作。
	第 11~12 週	**紀錄生物之美的方法** 錄影、錄音、拍照、繪圖等方法要點介紹及實際操作。
	第 13~14 週	**動靜皆美的生物世界** 欣賞並比較相同生物主題的動態畫面及靜止瞬間，讓學生感受不同層次的生物之美。
	第 15~17 週	學生作品分享
	第 18 週	課程意見交流與反饋

二、物理科

規劃課程應以學生為主體，考量學生的程度和能力，故以下列出的建議課程內容中，主題、教學時數及先後次序皆可彈性調整或補充，使學生能在教師周延引導下進行有效的學習。

（一）十大經典物理實驗

課程規劃說明		本課程藉由介紹西方科學實驗的起源、經典物理實驗及諾貝爾物理獎的相關歷史，讓學生了解科學方法、科學態度及科學本質。
學分數		2
必選修		校訂選修
開課年級		12 年級
每週授課節數		2 節課
先修科目		必修物理
課程描述		本課程介紹以必修基礎物理為基礎，經由科學史的說明，增加學生對科學實驗的認識，讓學生能真正了解物理發展的歷程。
課程目標		從物理學家解決科學演進的標竿問題過程了解科學方法、科學態度，進而探究他們的創意思維。
進度安排	4 - 6 節	簡介西方科學實驗的起源
		測量地球圓周長
		自由落體實驗 (可用實驗輔助)
		加速度實驗 (可用實驗輔助)
	20 節	稜鏡分解太陽光 (可用實驗輔助)
		扭秤實驗
		光的干涉 (可用實驗輔助)
		傅科擺
	6 – 8 節	油滴試驗
		發現原子核
		電子干涉試驗
		(1)諾貝爾物理獎的相關實驗簡介 (2)分組報告
參考資料		[1] The Beginnings of Western Science: The European Scientific Tradition in Philosophical, Religious, and Institutional Context, Prehistory to A.D. 1450, by David C. Lindberg. [2] The Clockwork Universe: Isaac Newton, the Royal Society, and the Birth of the Modern World by Edward Dolnick. [3] Science's 10 Most Beautiful Physics Experiments by George Johnson.

（二）生活中的物理

課程規劃說明		此課程藉由一般生活中探討及討論應用中的物理及科學原理
學分數		2
必選修		校訂選修
開課年級		12 年級
每週授課節數		2 節課
先修科目		必修物理
課程描述		1.本課程介紹將以必修物理為基礎，結合生活應用，增加學生對科學的基本認知，並多用日常生活的例子、讓同學能真正了解科學。 2.本課程實驗部分與高二自然科學探究與實作相同，此課程類似專題，因此課程內容是以具備自然科學基礎為主，課程內容也加深加廣。 3.課程以實際操作為主，鼓勵學生以主動探究的精神，進行相關物理活動。 4.加入社會議題，引導學生蒐集資料，並進行探討與論證。 5.以下實驗活動請教師自行選取時數 32 小時即可。
課程目標		1.有基本科學知識，對媒體科學報導內容，有判斷能力。 2.以科學的態度面對問題，懂得科學方法及科學態度。 3.不畏懼科學，甚至愛上科學。 4.學會搜尋相關資料。
進度安排	2-4 節	課程內容簡介(時數可由老師自行調整)
	2-4 節	**製作潛水艇～浮力** 利用保特瓶潛水艇模型，演示潛水艇應用浮力原理控制上浮下沉的方法。
	2-4 節	**光之合體計(LED 光混合器)** 1.紅光、藍光、綠光是三原光，三原光不同的組合會混成各種顏色的光。 2.利用光三原光的 LED 做成混光器，利用白臘、矽條等半透明均勻物質可以讓混合光線均勻易見。 3.光混合器中，調整可變電組可以個別改變三種顏色的 LED 的亮度。
	8 節	**吸管怪手(液壓系統**基本原理介紹 … 近年來**液壓**設備的運用非常普遍，在我們日常生活中到處都可看到**液壓**應用的實例) 1.以蛋糕盒子做鏟斗，並將吸管剪成 4 片後，以釘書機釘住。

		2.將吸管分別打洞做軸承，組合成伸縮臂裝置。 3.底座以吸管打洞組合後，以便當盒做底座。 4.針筒與吸管的連接處，以橡皮筋綁住。
	8 節	**千斤頂（針筒千斤頂）** 透過針筒製作微型裝置的千斤頂，藉由液體的導流，到舉重的目的。 以三通、止逆閥及針筒組合成微型裝置的千斤頂，方便學生理解帕斯卡原理及設置儲水槽的原因。
	2-4 節	**燈光亮起來** 認識電漿球，認識坊間使日光燈發亮的氣功表演，可能是類似的物理現象。
	16 節	**綠色能源** 簡介與實作(史特林引擎的自製、風力發電、太陽能發電或其他有關綠色能源之實驗) 。 核能存續問題的討論與辯論。

（三）科學英文導讀

課程規劃說明	透過科技應用，真實趣事，或演示教具引入主題，帶領學生閱讀科學性的英文專文，並表達自己的理解。學習單的設計需考量學生的背景知識與能力，搭配周詳的引導與鋪陳。
學分數	2
必選修	校訂選修
開課年級	11-12 年級
每週授課節數	2 節課
先修科目	必修物理
課程描述	1.閱讀科學英文專文，除了需要英文閱讀與物理概念以外，還需包含公式、圖、表的理解及邏輯推理能力。 2.題材包含常見的科技產品，抽象原理的應用，真人趣事，生活中的物理，統整多項物理或跨學科的原理。 3.善用各種工具(包含文字，公式，圖，表)，表達自己的理解。 4.除了英文閱讀理解之外，還需批判思考能力，包含邏輯瑕疵的指認，概念有待澄清之質疑，鍛鍊提問與尋求解答的習慣與能力。
課程目標	1.釐清物理概念，體會物理在生活的應用。 2.強化資訊搜尋的技巧，與批判思考能力。

		3.鍛鍊科學寫作之能力。 4.提升英文閱讀的能力。 5.培養尊重智慧財產的態度。
進度安排	4-6 節	**微波爐的發明與使用安全** Vollmer, M. (2004). Physics of the microwave oven. *Physics Education*, *39*(1), 74-81. Parker, K., & Vollmer, M. (2004). Bad food and good physics: the development of domestic microwave cookery. *Physics education*, *39*(1), 82-90. (可結合微波爐的有趣演示：Hosack, H., Marler, N., & Maclsaac, D. (2002). Microwave Mischief and Madness. *The Physics Teacher*, *40*(5), 264-267.) 1.結合電子所受的電力與磁力，以解釋電子形成螺旋軌跡的原因。 2.透過 Maxwell 方程，解釋電子繞行螺旋可發出電磁波(微波)。 3.微波爐的發明與物理實驗的關係。 4.微波爐的使用技巧與安全性。 5.微波爐相關之其他科技產品（另外查資料，如：手機）。 6.連結靜電學(電場/電力/電偶極/尖端效應)，電磁波屏蔽，及熱學。
	2-4 節	**想要飛高高~~** Silverman, M. P. (1998). Flying high, thinking low? What every aeronaut needs to know. *The Physics Teacher*, *36*(5), 288-293. 1.坐在躺椅上突然被提高到 3000 公尺高，該如何是好？真人趣事探討熱學與力學。 2.除了給定的文獻閱讀，還能從文獻找出相關新聞。 3.統整：牛頓力學，理想氣體方程，靜流體壓力，與高空的溫度與密度…等。 4.理解科學模型的概念，並比較不同模型之差異。 5.閱讀並理解方程式的意義，並指認相關方程式間的邏輯瑕疵。 6.進一步找資料，以解釋原有論文不夠周詳之處。
	2-4 節	**GPS 與相對論** Mungan, C. E. (2006). Relativistic effects on clocks aboard GPS satellites. *The Physics Teacher*, *44*(7), 424-425.

		1.相對論雖然涉及抽象概念與複雜數學，但透過周延的引導，仍可讓學生領略其中基礎概念。 2.透過 GPS 的時間修正，展現相對論影響日常生活的一面，也同時體會廣義相對論與狹義相對論的意義，及兩種理論的區別。 3.熟悉 GPS 的相關資訊(如高度)與背後的物理(如：牛頓力學，萬有引力，力學能)。 4. (另查資料)延伸到赤道與南北極間的時間比較，及地球非完美球形的影響。
	2-4 節	**太陽的溫度與黑體輻射** Biermann, M. L.,et al., (2002). Wien’ s law and the temperature of the Sun. *The Physics Teacher*, *40*(7), 398-400.
	2-4 節	**熔岩燈的奧秘** Leif, T. R. (2008). Lava lamp. *The Physics Teacher*, *46*(4), 219-221.
	2-4 節	**跳遠的物理** Tan, A., & Zumerchik, J. (2000). Kinematics of the long jump. *The Physics Teacher*, *38*(3), 147-149.

（四）進階物理 A

課程規劃說明		1. 本課程以高中選修物理為基礎，深入探究重要的物理課題。 2. 課題在科學、工程、社會議題上都有其重要性。 3. 本課程可加深學生對物理的理解，增進學生的科學素養。
學分數		2
必選修		校訂選修
開課年級		12 年級
每週授課節數		2 節課
先修科目		11 年級選修物理
課程描述		1. 本課程對高中選修物理之相關課題做更深入的探討。 2. 本課程以觀念的探索及課題之精熟為主。 3. 課題、教學時數及先後次序皆可彈性調整。
課程目標		1. 讓學生了解科學展過程，以培養其探究能力。 2. 使學生能有清楚物理概念及良好物理基礎。 3. 培養學生解題能力。
內	8~10 節	**力學**

容與教學時數		簡諧運動，圓周運動 重力與刻卜勒定律 碰撞 角動量、轉動慣量、力矩
	2~4 節	**熱力學** 熱力學第一定律 熱傳導
	6~8 節	**光學** 幾何光學 光的干涉與繞射
	8~10 節	**電磁學** 電場與電位 電容 電路
	4~6 節	**量子現象** 光的量子性質 物質波的性質和實驗證據
	8~10 節	**流體** 壓力與浮力(複習) 連續方程式 伯努利定律

（五）進階物理 B

課程規劃說明	1.本課程以高中選修物理為基礎，深入探究重要的物理課題。 2.課題在科學、工程、社會議題上都有其重要性。 3.本課程可加深學生對物理的理解，增進學生的科學素養。
學分數	2
必選修	校訂選修
開課年級	12 年級
每週授課節數	2 節課
先修科目	11 年級選修物理
課程描述	1.本課程選擇高中選修物理內既有課題做更深入的探索。 2.課題的選擇在精不在多。

		3.本課程以觀念的探索為主，輔以實驗。 4.本課程所需數學工具如微分、排列組合、機率皆包含於高中數學範圍中。
課程目標		1.讓學生了解科學展過程，以培養其探究能力。 2.讓學生能依據問題自行運思或經由合作討論來建立模型。 3.讓學生能運用科學方法從探究所得形成解釋。 4.讓學生能發現新知，理解相關的社會議題，並解決問題。
內容與教學時數	6~8 節	**質點的運動** 引入微分建立位移、速度、加速度、角動量、轉動慣量、力、力矩間的關係。
	8~10 節	**熱力學第一、第二定律** 能量守恆。 熵的概念。 使用能源的效率(可用實驗輔助)。
	10~12 節	**電磁波的形成** 電容和平行板電容器，(可用實驗輔助)。 位移電流。 電磁波，(可用實驗輔助)。 狹義相對論及其和電磁學之關係。
	6~8 節	**物質波和薛丁格方程式** 物質波的性質和實驗證據，(可用實驗輔助)。 薛丁格方程式的建立與應用。 波函數的解釋。

（六）看電影學科學

課程規劃說明	觀賞電影，分析其中的相關情節，透過學習單的設計，讓學生討論並了解其中應用的物理及科學原理。
學分數	2
必選修	校訂選修
每週授課節數	2 節課
先修科目	選修物理
課程描述	1.本課程以選修物理概念為基礎，探討電影情節設計上結合那些物理原理，讓學生了解科學與電影結合的例子，甚至由電影情節引導未來

		科技的創新與發明的例子。 2.本課程實施時盡量鼓勵學生間主動探究的精神，發揮想像力嘗試如何進行部分電影中科學情節的改造，或是討論哪些電影中的科技有可能在不久的將來呈現。 3.以下項目請教師自行選取時數 32 小時即可。
課程目標		1.學生能理解並欣賞或批判電影中科學情節內容之能力。 2.讓學生了解，以科學原理為基礎的電影，比較能引起觀眾共鳴，並想多看幾遍，以了解其故事或科學創意。 3.激發學生科學與生活應用的想像力。
進度安排	2 節	1.課程內容簡介。 2.萬有引力、引力位能及力學能守恆原理說明。
	8~10 節	**萬有引力、力學能守恆與重力彈弓效應** 1.說明如何重力彈弓效應原理做加速或減速太空船，可參考”世界末日、星際效應、星際爭霸戰影集”等電影的部分情節。 2.引導學生收集太陽及各行星的資料及目前位置後，欲由地球發射太空船脫離太陽系，則分組設計並說明一條最省燃料的軌道。
	8~10 節	**高速運動中的宇宙觀** 1.狹義相對論中近光速運動座標的時空觀。 2.觀賞及討論部份電影中的時空情節，如“回到未來、星際爭霸戰、星際效應、星際迷航、星際大戰”等。 3.分組討論並報告，如何以電影形式呈現高速運動中的時空現象。
	6~8 節	**電影中的科學概念及科技討論** 1.分段觀賞幾部經典電影中，分析討論其科學理論、未來科技呈現的可能性等。 2.建議的影片有“ 回到未來系列、星際大戰系列、星際爭霸戰、星際效應、世界末日、2012、007 系列”等。
	6~8 節	**電影中不可能的物理** 分段觀賞數部電影，仔細觀察，分析討論其科學理論，找出違反物理原理的片段。

三、化學科

（一）生活中的化學

課程規劃說明		本課程設計是以文組傾向學生的通識教育為目標，希望學生藉由本課程的學習，能對化學在生活的現象、原理和應用有所認識，而在面對生活中的科學問題時，可自行搜尋資料探究、判斷並獨立思考，進而解決問題。
學分數		2
必選修		校訂選修
開課年級		10~12 年級皆可
每週授課節數		2 節課
先修科目		必修化學
跨領域/科目		家政科、公民科
課程描述		1. 本課程將以必修化學的核心概念為基礎，跨科結合日常生活的實例，拓展學生對化學的基本認知，並可應用於日常生活中。 2. 課程以實作為主，鼓勵學生主動學習，進行相關化學跨領域的探究活動。 3. 融入社會議題，引導學生蒐集資料，並進行小組討論、論證與發表。
課程目標		1. 學生藉著先前習得的基本科學知識，對媒體的科學報導內容，進行判斷思考。 2. 學生面對相關科學在社會所引發的議題，懂得以科學方法進行資料蒐集、分析與問題解決。 3. 引導學生在能力範圍內設計具有挑戰性的實作內容，並且思考實作和探究問題之間的連結與啟發。 4. 引導學生體認並反思科學能幫助人類創造更好的生活條件，但並不能解決人類社會所有的問題，科技發展有時也會引起環境或倫理道德的議題。
進度安排	第 1 週	課程內容與評量方式簡介
	第 2~4 週	**界面活性劑** 結合家政科與化學科，介紹與實作界面活性劑相關課程，例如：起雲劑、化妝品與防腐劑等。 從新聞報導、科學文章或日常生活用品，分組報告界面活性劑的應

		用。
	第 5~8 週	**塑膠** 介紹與實作課程(例如：如何辨認與回收不同種類的塑膠、如何淨塑等) 。 塑膠使用問題的探討(影響、危害與防治) 。
	第 9~11 週	**食品添加劑** 結合家政科與化學科，介紹與實作食品添加劑相關課程。例如：如何檢驗豆干絲中過氧化氫、金針花中的二氧化硫等。 從新聞報導、科學文章或日常生活用品，分組報告食品添加劑的應用
	第 12~14 週	**鑑識科學** 簡介與實作(例如：如何檢驗指紋與血跡) 。 參觀內政部警政署刑事警察局。
	第 15~18 週	**能源** 結合家政科與化學科，簡介與實作如何轉製備生質柴油。 結合公民科與化學科，討論與辯論核能存續問題的公民議題、參觀核能發電廠。

(二)進階化學

課程規劃說明	本課程設計是為未來理科專業的學生所設計，目的在於希望學生能以實作的方式，探究現象背後的原理原則，進一步結合理論與實際面，以科學方法進行資料蒐集、分析與問題解決，為高等教育紮下更厚實的基礎。
學分數	2
必選修	校訂選修
開課年級	11~12 年級皆可
每週授課節數	2 節課
先修科目	必修化學
跨領域/科目	資訊科技、家政科
課程描述	1.本課程介紹將以加深加廣化學為基礎，將課程中所學的相關化學知識，結合實作，應用於問題的解決。 2.增加學生進階的化學智能，以利高等教育之銜接。 3.引導學生從閱讀科學書籍、研究報告或參考資料等既有的相關數據中，體驗科學探究重視實作經驗證據的使用、合乎邏輯的推論，以及

		探究結果的再現性。 4.引導學生在能力範圍內設計具有挑戰性的實作內容，並且思考實作和探究問題之間的連結與啟發。
課程目標		1.引導學生學習分析、歸納數據的邏輯、關聯或規律，並與對照組或其他研究結果比較異同。 2.引導學生學習將收集測量的資料數據納入已有的知識或理論系統，比較其間的異同、是否相容、一致或連貫。 3.引導學生使用多元的表達方式，如讀書報告、小組討論、分組製作壁報、影音媒體或口頭報告，並在表達與溝通的過程中，正確運用科學名詞、符號或模型，以呈現自己或理解他人的探究過程與成果。 4.引導學生在小組發表中，聆聽他組報告內容，嘗試提出疑問、可行的解決方案或未來研究的方向等。
進度安排	第 1~2 週	**課程內容簡介** 1.課程內容與評量方式簡介。 2.實驗報告的書寫方式與資料蒐集方式。 3.器材與儀器準確度的檢驗與比較。
	第 3~6 週	**酸鹼反應** 1.以生活中的酸性與鹼性物質為重點，學習資料蒐集的方法 2.以酸鹼滴定方式，決定生活中重要酸性(或鹼性)物質的酸(或鹼)的含量，並學習數據處理的方法。 3.可用的主題： 如何測量可樂中的 H_3PO_4 和 $H_2PO_4^-$ ？ 如何計算彈殼中碳酸鈣的含量？
	第 7~10 週	**氧化還原反應** 例如： 1.蒐集氧化劑和還原劑在食品中的應用，以及生活中常見的抗氧化劑實例。 2.以氧化還原滴定方式，決定生活中重要氧化劑(或還原劑)的含量，並學習數據處理的方法。 3.可用的主題： 如何測定紅酒中的乙醇含量。 如何測定漂白水的有效濃度。

	第 11~14 週	**反應速率** 1.學習並練習 Arduino 檢測器的使用。 2.利用 Arduino 檢測器，組裝簡易比色計，測定反應速率。 3.可用主題： 如何測量螢光棒的反應速率。 如何測定丙酮的碘化反應反應速率級數與速率常數。 4.引導學生利用資料處理軟體分析科學研究數據以建立量化關係的模型。
	第 15~18 週	**化學平衡** 1.利用 Arduino 檢測器，組裝簡易比色計，並比較由肉眼和比色計所測得的平衡常數差異。 2.可用主題： 如何測量鐵硫氫根離子的平衡常數。 如何測量醋酸的酸解離常數。 如何由可樂中的 H_3PO_4 和 $H_2PO_4^-$ 含量，測定 H_3PO_4 的平衡常數。

四、地球科學

（一）濕地包含的花花世界

課程規劃說明	本課程以濕地為例，在跨科的模式下規劃戶外課程。地點可以調整成學校附近的博物館、社區環境或生態公園，可以直接帶到現場學習，學習主權宜放在學生身上，讓學生在幾次活動中探索-討論-聚焦-再討論，從中習得學科外也能學會研究的方法。
學分數	2
必選修	校訂選修
開課年級	10-12 年級
每週授課節數	2 節課
先修科目	無
課程描述	1.利用學校附近或短車程的公家資源，例如：植物園、公園、濕地、博物館或特殊的展示館，在花費最少的情況下完成課程。(本案以濕地為例) 2.學生能對周遭環境更了解，亦能將書本知識應用於生活中。

		3.課程中可以併行許多跨領域的課程內容。
課程目標		1.知道濕地和防洪的關係。 2.能將不同學科的內容融會貫通。 3.能在參觀過程中思考不同面向的問題。
進度安排	第 1 週	**背景知識建立** 讓學生藉網路建立考察地點的時空背景或地質特徵。
	第 2 週	**光影探究** 在學校先行演練如何從光影關係知道方位、建築物方位及高度。
	第 3 週	**大地測量** 由學生設計小實驗測量學校附近建築物高度及方位。
	第 4 週	**濕地探險 1** 觀察濕地的特徵。(包含利用大地測量的方式估算濕地大致面積。)
	第 5 週	**濕地探險 2** 針對與前次不同的方向探索濕地。例如：生態、人文...等。
	第 6 週	**當洪水來...** 使用新聞紀錄或影片，了解濕地對洪水的貢獻。並探討當濕地貢獻疏洪功能後，對民眾可能造成的影響。
	第 7 週	**濕地探險 3** 針對防洪的角度再次探索濕地。此次除探索外也需驗證上堂課的討論內容。
	第 8 週	**學校附近的防洪功能** 探索學校附近的防洪設施。
	第 9 週	**我心中的城堡** 依照平均降雨量、地勢、地質成分...等分析學校所處城市可能遇到的洪水災害及預防方式。

（二）氣候變遷與永續環境課程

課程規劃說明	此課程案例雖主要以加深加廣選修課程類型為主，但在課程設計中亦考量十二年國教總綱訴求與自然科領域綱要的核心素養，考量銜接大學階段的加深加廣課程中，置入多元的課程設計元素，唯一綜合性的選修課程示例。 本課程以自然科學領域十九項議題中的環境教育-氣候變遷為課程主題，在課程規劃中包含針對氣候變遷學科主題加深加廣；透過以學生為主體

		的科學探究實作課程；配合戶外教學的參訪作為職涯試探；同時利用議題式的論證與批判等訴求融入課程。藉由議題式的課程主題-氣候變遷輔以多元化、學生為主體的課程設計，希冀除了讓學生獲得加深加廣的專業知識外，亦能獲得科學探究實作與批判思考的能力。 備註：本課程為高中基礎地科學科中心種子教師 103 學年度開發課程
學分數		2
必選修		校訂選修
開課年級		11-12 年級皆可
每周授課節數		2 節課
先修科目		基礎地球科學必修
課程描述		1.加深加廣必修基礎地球科學中氣候變遷相關概念。 2.設計科學探究實作情境，以落實學生主體與動手做想法。 3.議題式論證課程，訓練學生批判思辨能力。 4.配合戶外教學，將概念應用於現實生活亦為職涯試探。
課程目標		1.了解氣候變遷的現象與調適的應變方法。 2.培養科學探究實作能力。 3.訓練學生批判思考與問題解決的能力。
進度安排	第 1 週	**動手認識天氣系統** 利用歷史衛星資料紙模型，觀察與分析天氣系統。
	第 2 週	**認識沙塵暴** 利用真實的氣象資料分析沙塵暴分布的時空特徵，讓學生從中訓練科學探究實作中的資料分析與結論能力。
	第 3 週	**氣象站參訪** 利用引導學生規劃執行戶外參訪，訓練學生團隊合作與聯繫的整合能力，同時具學生職涯探索的意義。
	第 4 週	**氣象觀測與應用** 利用身邊容易感受且數據取得方便的天氣變化主題，進行一系列的科學探究歷程。希冀學生能藉由課程中的討論與釐清，建立科學研究的相關能力。
	第 5-6 週	**歷史與氣候變遷** 藉由閱讀科普書籍及網站資料，並結合歷史課學過的知識，歸納古今中外歷史中，人類曾面臨哪些氣候及環境問題，於人類文明或王朝的衝擊

		及影響。
	第 7 週	**永續校園** 以學生生活經驗出發，探討校園熱效應調適的應採取策略。藉此訓練學生認識氣候變遷調適與培養問題解決能力。
	第 8 週	**能源** 透過學科專業知識的認識與活動課程，引導學生思考與調整能源使用的態度。
	第 9 週	**氣候變遷下的成長極限** 在學期課程的結尾，舉行以氣候變遷與調適為主題的論辯會，培養學生歸納與批判思辨的能力。

拾 課綱 Q&A

拾、課綱 Q&A

Q 問題	A 回答
Q1.新舊課綱如何過渡？是否有銜接問題？	A1： 十二年國教將於 108 年之一年級、七年級及十年級實施，其中七年級與十年級將會有銜接的需求，銜接分析請參考「捌、新舊課綱之課程實施銜接分析與建議」。
Q2.新舊課綱主要差異為何？	A2： 此次新舊課綱差異說明如下： 一、本次課綱之發展，建立在舊課綱原有良好基礎並配合學生學習與科技與社會發展之需要，而酌予修訂。十二年國教課綱在結構和體例之呈現部分，展現不同年段和不同自然學科之間，橫向、縱向的良好連貫與聯絡。而在新課程實施方面，則強調科學探究，期使學生學習過程中，其所學知識能充分活化、獲得良好之科學學習經驗，從而能喜好科學、展現科學之素養，奠定未來持續發展的良好基礎。以下為幾項主要差異： (一)規劃為十二年一貫的科學素養培育課程：本次課程將原先國中小九年一貫和高中課程分別規劃之方式，重新整合規劃成為國小、國中至高中教育階段一貫之完整自然科學領域課程。 (二)重視學生的學習表現：學生在學習「核心科學概念內容」之外，同時重視學生在「探究能力」和「科學的態度與本質」兩方面的「學習表現」，使學生能知能行，進而得以充分之科學素養，因應未來其個人或社會發展之需要。 (三)呈現完整的科學學習地圖：新課程中所釐訂之三個面向：「核心概念」、「探究能力」、「科學的態度與本質」，均依據學生學習能力與培育未來公民科學素養的目標，逐步加深加廣，形成更完整的學習地圖。 (四)配合提供整合概念、能力等的教學示例：為有助落實三面九項的設計於未來之實際教學實施，配合領綱之發布，將出版本課程手冊，其中並提供各科之教學示例，以供後續課程發展與教學設計的參考。 (五)提供運用統整科學知能之學習經驗：在核心概念設計中，除重視科學體系中固有之生物、物理、化學、地科之學科概念發展

Q 問題	A 回答
	外，更在國小、國中、高中教育階段，強調科際整合，培育學生跨學科思考與處理問題的知能。 (六)規劃高中部定必修學分應含三分之一跨科目之主題式探究與實作課程內容；本課程強調統整性之跨科概念，為科學核心素養能力之實踐。 二、各科說明如下： (一)化學科： 1. 十二年國教課綱強調在知識學習過程中，培養學生的探究能力與素養，因此強調實作與解決問題的能力，甚至將實驗融入在課綱中。 2. 國中階段之新舊課綱最大差異為對將學習內容做較為嚴謹之規範，同時將實驗入綱，並新增科學、科技、社會、及人文及永續發展主題之相關次主題學習內容，主要建議以資料蒐集、議題討論等方式進行教學與學習。 3. 高中（必修）階段之新舊課綱最大差異為簡化學習內容份量與減少重複學習之相關內容，而其中有機化學物的製備與反應的部分僅提及與日常生活相關的內容。 4. 高中（選修）階段之新舊課綱最大差異為排除複雜計算、複雜反應等學習內容。 (二)生物科： 1.十二年國教課綱係以素養為導向，強調的是學生的能力與素養而非僅以知識為主，故較看重學生實作與解決問題的能力。且十二年國教課綱強調由國小至高中的連貫性，強調同學科不同年段間的連貫，與不同學科間的橫向關聯，較注重整體的考量。 2.依據學生的認知發展特質，規劃生物內容知識的學習主軸，較為抽象微觀的生物內容知識，主要是安排在第五階段，例如：遺傳、生殖、演化大部分的概念內容安排在十年級。 3.強調學習者的主體性，以及鼓勵自發探索自我與生活環境，將個人日常生活中能觸及的自然現象，平衡安排在各階段，讓不同階段的學生可以規劃內容範圍與深度均合宜的探討主題。例

Q 問題	A 回答
	如：消化系統與消化作用、循環系統的可觀察現象移至第二、三階段，光合作用、呼吸作用的能量轉換則安排在第五階段。 4.聚焦在重要的學科內容知識與探究技能，凸顯科學教學的目標是在於培養學生基於內容知識與探究技能，呈現為具體的學習表現，而非著重記憶瑣碎知識或訓練解題技巧。例如：不僅是了解生物保育或環境保護工作現況，而是能進行環境調查，蒐集及判讀書面資料，長期觀察、記錄發生的事件，實地檢測非生物因子的變化，轉化並詮釋數據的趨勢代表的意義，及這些變化對於生物產生的影響。 5.更加反映真實科學的面貌，兼重思考與實作，強調由運用科學知識與探究技能來解釋自然現象及解決生活中的問題。例如：學習生物體的組成層次及構造與功能，由鑑賞進而運用生物構造與環境間的關係，來創造發展能改善人類生活的工具，例如了解魚類、鳥類的體型，參酌其特徵來設計船或飛機等交通工具的外型。 6.尊重學科內容完整性，強調各學科間的橫向關聯，例如：營養素、食品安全、遺傳疾病篩檢等，健康教育科由第二階段(三、四年級)開始教導，建立學生在第三階段(五、六年級)學習生物需要能量與消化系統、第四階段(七年級)學習遺傳疾病的基礎。 7. 高中教育階段之新舊課綱差異對照請參閱本課程手冊「壹-新舊課綱比較」。 (三)物理科：請參閱「壹、發展沿革與特色」十二年國民基本教育自然科學領域課程綱要與 99 課綱差異對照表，以及課程手冊 522 頁至 527 頁。 (四)地球科學： 十二年國教課綱強調的是學生在地球科學整體的素養與探索能力，故強調學生的實作、探究與學問的解決。且十二年國教課綱強調從國小階段到高中階段的連貫性，著重於不同階段的學習連貫性及地球科學與其他學科間的橫向關聯，相對於舊課綱而言，十二年國教課綱更重視整體自然科學領域的學習考量。
Q3.新舊課綱在國民	A3：

Q 問題	A 回答
小學教育階段之學習內容有何具體改變？	相較於九年一貫課綱自然與生活科技學習領域，十二年國教課綱自然科學領域學習內容規劃，在國民小學階段有以下的主要改變： 一、 領域名稱：學習領域名稱從九年一貫課綱之「自然與生活科技」改為「自然科學」，科技領域在國小教育階段未獨立設科，可結合議題融入本領域當中。 二、 學習內容組織與呈現方式：原九年一貫課綱，本領域課綱係以八個基本能力要項來開展規劃各階段學習內容，並以附錄來規劃教材內容細目，十二年國教課綱則以學習重點（區分學習表現與學習內容），九年一貫課綱中有關科學態度、思考智能、科學技能、科學與技術本質重新統整成為學習表現部分，其餘部分與教材內容細目則納入學習內容部分。 三、 基本能力指標與學習重點：九年一貫課綱以學生完成該階段課程應表現之能力指標之方式敘寫，而十二年國教課綱在學習表現部分延續此一寫法，但在學習內容部分則採取具體敘明具體學習內容（核心概念與跨科概念），並在附錄學習內容說明當中，對於學習內容細目，學習情境等做進一步的闡述。 四、 跨科統整：在十二年國教課綱素養導向之課程目標下，國小階段學習表現與學習內容強化課程內容之統整性，以三大學習課題、七大跨科概念為組織核心概念之架構，消除分科概念間之壁壘設計，引導教科書編輯與教師教學計畫從跨科概念、生活社會議題或大概念等取向發展，以達到課程目標。 五、 階段間銜接與調整：為減少國小與國中階段課程銜接之落差，將部分原屬國中教育階段之學習內容如「粒子概念」、「能量形式與轉換」及「細胞概念」等內容，以調整合適呈現方式納入國小階段學習內容，也根據教學實務回饋對國小中、高年級不同階段學習內容做必要之調整。 六、 核心概念與跨科概念：重新檢視教材細目，並以核心概念與跨科概念作為檢核選擇學習內容之指標，去除枝節零碎之學習內容。

Q 問題	A 回答
	七、 永續發展：回應「自發、互動、共好」之課程理念，國小部分特別強調「科學與生活」與「資源及永續性」之跨科概念與內容，以連結科學、科技與社會、生活、環境倫理與自然界永續發展的相關議題。
Q4. 國民中學教育階段跨科統整的需求為何?有何具體作法?	A4： 國民中學教育階段以分科為主，跨科為輔，以下針對現場的需求、定義與具體作法分別進行說明： 一、科學概念常因其性質而被劃分在某個領域（學科）中，但科學探究的歷程是不分學科的綜合應用。在九年一貫課綱中已將生物、物理、化學、地球科學、科技等學科（以下簡稱各學科）整合成「自然與生活科技」學習領域，然而在課程實際執行上由於師資、評量與環境等諸多配套條件不足影響下，無法落實課程原先規劃理想。十二年國教課綱研議過程中正視此一問題，並做務實調整。 二、在課程實施要點中規範教材研發原則為「國中教育階段教材編寫原則以分科為主、跨科為輔，跨科內容約佔教學時數六分之一左右，並宜以實驗、實作或探究方式進行跨科單元之教學」。在課綱「時間分配」中也規範國中階段「...除各學科系統性知識的教學規劃外，每學期至少設計一個單元/主題，實施跨科概念的探究與實作學習」。 三、在各學科內容規劃，除學科系統核心概念發展，也針對需要他科內容作為學習先備知識，或在後續學習延伸統整之部份預為規劃安排，並在各學科學習內容說明中有「跨科題材」一欄，列出各學科學習內容可以統整教學之科學概念。 四、課綱學習內容規劃「從原子到宇宙」、「能量與能源」及「全球氣候變遷與調適」等三個跨科題材實例供參考，依教學時數之規定，另外三個跨科題材則由教科用書編者自行研發，可參考課程中所訂定的七個跨科概念。除此之外，鼓勵現場教師也可根據課綱學習內容、地區特性、教師專長等自行發展合適跨科學習之內容。
Q5.這次高中自然科學課程必修學分	A5： 各科說明如下：

Q 問題	A 回答
由 16 學分降至 12 學分，又要「深化學習」以呼應素養學習，「核心概念」是哪些？如何落實減量？	一、生物科： 生物科之核心概念內容以及核心概念內容與素養的呼應情形請參見本課程手冊之敘述。在縱向部分，以國小、國中、高中課程內容的連貫性做整體考量，刪除彼此重複之部分。在橫向部分，則是與社會、健體領域學科進行橫向彙整，針對彼此重複部分內容進行刪減。在其他部分，則是以實際的需求為考慮，減低課程之難度，而將較艱深之部分留待大學時教授。 二、物理科： (一)課綱所列主題就是「核心概念」。 (二)由於時數減少，過去在物理課程中重複出現的題材，已依情況刪減。 (三)另外高一與國中的部份，屬於通識素養課程，所以不強調較艱難的數學推導，因此也已適當地刪減需要計算的內容。 三、化學科： 針對與「核心概念」的部分是由本領域共同研議出國民在自然科學上應具備之素養，因此有了跨科的知識統整，可以減少重複的學習。另外，將「粒子」概念向下延伸至國小高年級學習，藉以深化在國中教育階段物質結構的理解。自然科學領域強調實作的學習，許多「核心概念」的建立，是由實驗操作中領悟，可減少記憶式學習。 四、地球科學： 地球科學的「核心概念」是由自然科學領域的學者專家與中小學教師所共同研議，提出現代國民在自然科學（包含地球科學）領域應具備之基本素養，因此超越舊有分科學習的框架，強調跨科的知識統整。過去「地科」與「地理」重複出現的題材，已有所區分、減少。另外，地科戶外教學與實作活動，已規劃於自然科學探究與實作課程內容中進行，故可因應此次十二年國教課綱中自然科學課程時數減少的情況。
Q6.本次課程強調「核心素養」，它與「探究能	A6： 十二年國民基本教育自然科學核心素養的重要目標，為培養學生在面對問題時擁有科學思辨的能力，能解答生活中的疑惑、進而

Q 問題	A 回答
力」、「核心概念」的關係為何？(課綱中的核心概念是否有完整的課程地圖，使現場教師或教科用書編者能有完整概念來從事細部的單元教學？)	解決問題。為達成此目標，擬訂自然科學核心素養的內涵包含有三：(一) 提供學生探究學習、問題解決的機會並養成相關知能的「探究能力」；(二) 協助學生了解科學知識產生方式和養成應用科學思考與探究習慣的「科學的態度與本質」；(三) 引導學生學習科學知識的「核心概念」。藉由此三大內涵的實踐，培育十二年國民教育全人發展目標中的自然科學素養。
Q7.本次自然科學課綱如何呼應素養導向總綱理念？	A7： 十二年國民基本教育課程綱要總綱中強調培養以人為本的「終身學習者」，擬訂「自主行動」、「溝通互動」、「社會參與」等三大面向，作為各教育階段間的連貫以及各領域/科目間的主軸。自然科學核心素養中注重觀察、邏輯思考、推理判斷，進而依據習得知識規劃實驗操作，以達解決問題能力之培養等內涵，符合總綱中「自主行動」之「系統思考與問題解決」、「規劃執行與創新應變」之項目；而強調運用圖表表達發現成果、適當使用媒體(網路、書刊等)和科技資訊，及欣賞科學之美等各項內涵，符合總綱中「溝通互動」之「符號運用與溝通表達」、「科技資訊與媒體素養」、「藝術涵養與美感素養」之項目；至於培養能與他人合作學習探究科學，進而主動關心環境公共議題及發展愛護地球環境的情操，符合總綱中「社會參與」之「道德實踐與公民意識」、「人際關係與團隊合作」、「多元文化與國際理解」之項目，考量自然科學核心素養內涵具有多元性及獨特性，表內各項具體內涵在運用上與其他項之核心素養仍具有彈性調整及整合應用的方式。自然科學領域課綱乃是以九年一貫課綱、NGSS(Next Generation Science Standards)及世界各國自然科學課程綱要為重要參考基礎進行研擬。
Q8.為何學習表現是呈現在「探究能力」和「科學態度與本質」?與	A8： 基於培養國民基本科學素養之基本理念與課程目標，本領域學習重點涵蓋科學概念認知、探究能力及科學的態度與本質等三大範疇，較傳統所指稱之認知、技能與情意三大面向，更為強調科學核

Q 問題	A 回答
傳統的認知、情意、技能有何差別？	心素養，並更可呼應當代科學教育潮流；各學習階段課程應根據學習者身心發展特質、社會與生活需要等以合適方式將三者整合組織之。在「學習表現」部分將呈現在「探究能力」與「科學的態度與本質」兩個向度各階段學習者之具體表現而「學習內容」部分則呈現各學習階段具體科學學習內容；此種呈現方式亦可與總綱之學習表現與學習內容相互搭配。
Q9.如何評量「核心素養」或「探究能力」？	A9： 請參考本課程手冊所提供之「自然科學核心素養教學與評量示例」。
Q10. 「核心素養」和「學習內容」、「學習表現」的關係為何？教學如何實施？有案例可參考嗎？	A10： 自然科學領域學習表現與學習內容可相互對照，對於核心素養有清楚的呈現，三者之相互關係請參考課程綱要附錄之「自然科學學習重點與核心素養呼應表」。關於教學實施案例請參考本課程手冊所提供之「自然科學核心素養教學與評量示例」。
Q11.學生的「學習表現」或「科學素養」是否有「基礎」、「待加強」、「精熟」之分？課綱有提供這樣的資訊幫忙現場教師透過評量結果，更精準界定學生學習層次與成就標準等級？	A11： 自然科學領域課程綱要並未分為「基礎」、「待加強」、「精熟」，本次學習表現皆根據學習者身心發展特性，做十二年分階段且具連貫性之縱貫規劃，其評量方式可參考自然科學領域「課程綱要」中「實施要點-課程評量」之建議。現場教學評量可參考本課程手冊所提供之「自然科學核心素養教學與評量示例」。
Q12：十二年國民基本教育自然科學領綱中，有關信效度之意涵為何？	A12： 一、信度(reliability)代表測量時，數據精密的程度(precision)，例如：學生在收集數據時對同樣實驗進行多次測量，數據如都很接近，代表信度較佳；效度(validity)則代表所用的測量方法是否恰當量測著所要被測量的事物，例如：要量測同學的

Q 問題	A 回答
	身高，卻使用著磅秤，這時的效度應較不佳，所得結果的準確度(accuracy)也會較低。 二、信效度在統計學上有許多的代表方式。在國民基本教育階段之自然科學領域探究中所討論的信效度，並不要求學生使用統計學上複雜的計算或專業軟體；惟在學生能力所及且探究目的有需要時，教師亦可適度引導，提升探究之品質。 三、茲針對十二年國民基本教育自然科學領域各教育階段分述如下： (一)國小教育階段：希望學生能了解測量的目的與應變項，能視必要性進行適當次數的測試，並了解多次測量的意義。 (二)國中教育階段：除國小教育階段應具的能力之外，並應進一步能根據問題特性、資源（如設備、時間）等因素，規劃具有可信度（如多次測量等）之探究活動。 (三)高中教育階段：除國中教育階段應具的能力之外，並應能對較複雜的探究主題(例如：需辨明多個自變項或應變項者)，依據問題特性、學習資源（設備、時間、人力等）及期望之成果，來規劃具有恰當信效度的探究活動並能進行探究。 四、對信效度之要求，應視學生能力、研究主題、設備條件及預期達成目的等不同實際情況，酌予調整。
Q13.國小、國中、高中必選修，在不同學習階段「核心概念」發展重點為何？如何區隔？	A13： 各科說明如下： 一、生物科 (一)國小 3-4 年級：本階段學生的認知發展處於具體操作期，自然科學領域（生物）課程主要目標在於引發興趣，故著重觀察、親身體驗，而非整體概念的全面建立。內容以生活經驗為主。 (二)國小 5-6 年級：本階段學生的認知發展處於具體操作期，故課程應延續具體操作，但應強化閱讀能力，並培養資料記錄整理的基本能力。除定性的描述，嘗試發展定量的描述能力，以接續 7 年級課程。內容以生活常見生物為主。 (三)國中：本階段部分學生雖已進入抽象思考期，但多數學生仍處在具體操作期，課程概念以具體操作為主，但可嘗試發展抽象思考的概念，需適當培養實驗設計與操作、資料記錄、數據整

Q 問題	A 回答
	理與解讀、繪製圖表等科學基本能力。數據整理除定性的呈現外，需發展定量的呈現。內容則以國民生活中所需之生物學基本常識為主。 (四)高中必修：本階段學生大多已進入抽象思考階段，課程概念可較大幅放入微觀和抽象的層次，需強化資料記錄、整理數據、繪製圖表等科學能力，需能了解數據表示的意義，數據的呈現需有因果關係。以學生的探究歷程為主軸，知識與探究能力兩者並重。內容為統整性之內容，以生命的組成、延續、變異和演變為軸。 (五)高中選修：本階段學生已進入抽象思考階段，課程可大幅放入微觀和抽象的層次。強化將數據量化與呈現因果關係的科學能力。內容則以銜接大學相關科系之學習需求為主，較強調學理的完整性。 二、物理科： 關於「核心概念」發展的重點，在選修部份，讓學生能夠在進大學後，有能力接受大學課程為目標，而出現於高一與國中課程的概念，也要能夠銜接高二、三選修物理的內容，但是高一與國中的課程，應注意以下幾點： (一)強調物理是經驗(現象)科學。 (二)強調問題的起源與脈絡，要透過實驗來介紹物理現象的規律性，不要過早把重點放在「數學推導」，如果可能最好以歷史上的關鍵實驗為例，也就是說物理教育不要像以往那般過度依賴數學推導，而要包容生物科(強調現象)與歷史科(強調脈絡)的觀點。 三、化學科： (一)國小階段：學生處於具體操作觀察學習階段，化學內涵是搭配自然現象與日常生活情事感知，培養如何觀察、記錄整理及閱讀相關資料的基本能力 (二)國中階段：此階段強調實驗(實作)的學習，藉由重要實驗的操作，建立學生對於物質世界的認識，隨之加入知識性內容的學習，學生可以逐步建立抽象思考概念。

Q 問題	A 回答
	(三)高中共同：課程內容以國民生活中所需之化學基本常識為主，需能了解物質的變化與周遭環境或日常生活的相關性。統整概念與議題式的課題融入「自然科學探究與實作」課程，使所學化學知識能與生活結合。知識與探究能力兩者並重。 (四)高中進階：本階段學生學習已進入邏輯的思考階段，課程可大幅放入微觀和抽象的層次，並能作數據處理與探討因果關係。內容則強調學科知識內容的完整性，並能銜接大學相關科系之學習。 四、地球科學科： (一)國小階段：此階段的學生處於觀察學習階段，地球科學是透過國小學生對於自然現象觀察與日常生活感受，培養如何觀察、記錄地球科學自然現象與知識的基本能力。 (二)國中階段：此階段強調學生實作的學習，藉由重要地球科學自然現象（如月相、潮汐及天氣等）的觀察與初步探究分析，建立學生對於地球科學自然現象的系統性知識。 (三)高中必修：此階段強調現代國民所需之地球科學基本知識為主，需要了解地球科學的自然科學現象變化與日常生活的相關性。 (四)高中選修：此階段強調地球科學領域的進階知識，為銜接大學相關科系之學習做準備。
Q14.生物多樣性保育議題及概念在國小、國中、高中各階段發展為何？	A14： 茲分階段說明如下： 一、國小：主要目標在於認識周遭常見生物，著重在體驗生命形式的多樣性，不要求建立完整概念。藉由觀察常見的生物類群與覺察周邊生物與環境的互動關係，培養學生認識生物的能力，並藉由欣賞生物之美來培養關懷、熱愛生命的情操。 二、國中：以簡單但完整的生物分類體系為主軸，訓練學生藉由特徵研判來分類生物。在認識多樣性生物的過程中，除了讓學生認識、欣賞各生物類群外，也強調生物與人類生活的關係，著重人類活動會改變環境及影響其他生物的生存，以建立學生生物多樣性保育的概念。 三、高中：簡述影響生物多樣性的變因，但著重在證據的邏輯分析

Q 問題	A 回答
	與歸納。說明生物多樣性包含遺傳多樣性、物種多樣性及生態系多樣性三個面向。藉由探討遺傳多樣性流失的影響、影響物種多樣性及生態系多樣性的變因、這三個面向間的相互影響、生物多樣性流失的原因和生物多樣性的保育策略，來建立學生生物多樣性保育及永續發展的意識。
Q15.本次新舊課綱之「地球科學」學習內容差異為何？	A15： 在 104 年 5 月初國教院提供之「地球科學」課綱學習內容初稿中，高中地科必修科目（2 學分）的學習內容部分內容有較地科選修科目（4 學分）為多的現象，經過地科小組委員的研議修訂後，已減少部分地科必修科目的學習內容而增加部分地科選修科目的學習內容，故此現象業已排除。 另在十二年國教課綱「地球科學」學習內容中，國小 5-6 年級新增「海水的運動 - 波浪」的學習內容，以提早奠定國小學童對海水相關概念了解，以便和國中相銜接。
Q16.自然科學領綱如何處理「天然災害」議題融入？(臺灣天災多，如何在有限的時間中，在地科內容中增加天然災害與防治項目、聖嬰現象對臺灣雨量可能的影響相關內容，以提高學生思考解決問題的能力？)	A16： 在自然科學領域之學習內容架構中，有三個次主題與「天然災害」議題相關，分別是「天然災害與防治」、「永續發展與資源的利用」及「氣候變遷之影響與調適」等次主題。許多與「天然災害」及「氣候變遷」議題相關的學習內容，例如：「聖嬰現象包含複雜的海氣交互作用，會造成短期氣候變化」與「氣候變化有多重時間尺度的特性」等概念，皆納入地球科學目的課綱中，詳細內容可參閱本課程手冊中。
Q17.高中必修學分數三分之一自然科學探究與實作課程內容設置與總	A17： 自然科學探究與實作課程依總綱素養導向學習設計，同時具有跨學科的內涵，茲說明如下： 一、總綱自然科學領域設定必修為 12 學分，物理、化學、生物、

Q 問題	A 回答
綱的相符性？	地球科學各為 2~4 學分，預留了領綱的彈性。 二、自然科學探究與實作課程的內容根據跨科概念設計，但也含括在物理、化學、生物、地球科學的範疇內。 三、自然科學探究與實作課程內容以領域課程的方式實施，並未新增科目。
Q18.為何需另設不分科之自然科學探究與實作課程內容，而非融入各學科進行？	A18： 一、「自然科學探究與實作」課程的教學目標乃在彰顯自然科學各科共同的「探究」核心素養，並且接軌符合國際趨勢的「做中學」。 二、課程採議題或問題導向學習，服膺跨科概念，譬如能源、尺度、環境等的務實面，亦能兼顧學科問題的探究，可廣可深。 三、跨科概念符合世界趨勢，美國 NGSS 也是採取統整課程，著重研究經歷的體驗。
Q19.「自然科學探究與實作」何以須列為必修，而非選修？	A19： 一、「探究」為自然科學各科共同核心素養，「實作」為自然科學各科共同學習手段。 二、「自然科學探究與實作」可連結「思辨、論證」等高階思考學習，以及「表達、溝通」的現代公民基本能力。 三、「自然科學探究與實作」的進階學習可另外以校訂必、選修課程實施。
Q20.自然科學探究與實作課程內容如何評量？	A20： 自然科學探究與實作課程內容的評量方式如下： 一、本課程宜用多元評量，教師可依課程目標，同時評量學生學習的歷程與成果。多元評量除成就評量與檔案評量，宜包括實作評量：如實察紀錄、學習單、小論文、思考實驗/實驗(察)計畫、實驗(察)報告、數位評量、口頭發表和成品發表等。數位評量有別於傳統紙筆測驗，應能善用多媒體之特性，結合動畫、聲音與影片呈現與真實情境更為接近之測驗情境。 二、此外，E-portfolio 資料、學習歷程皆可建檔。
Q21. 各校的教學資源與設備不一，	A21： 本課程可採下列方式加強落實：

Q 問題	A 回答
自然科學探究與實作課程內容要如何真正落實？	一、「自然科學探究與實作」課程核心是探究，教學以實踐或體驗課程發展為基礎。各校可從生活或在地議題切入實施，善用手邊裝備為起點發展教材教法。 二、本課程建議每班超過 25 名學生應增加一名不同學科的教師搭配共同授課。本課程教學以課程發展為基礎，也建議教育部另行規劃師資培訓、實作資源、設施、裝備暨相關管理配套措施。 三、本課程建議學科中心提供教師專業進修管道，教師願意有新的學習，學生的學習才能落實。 四、建議各教育階段依學校班級規模編配實驗室專長管理人員，或由各科專任教師減授鐘點後協助。
Q22.自然科學探究與實作課程內容佔高中必修 12 學分三分之一，其與校訂必選修之 4 學分是否相同?	A22： 高中自然科學探究與實作課程內容屬於部定必修學分；校訂必修課程以專題、跨領域/科目統整、實作(實驗)等課程類型則屬於校訂必修學分，兩門課程係為獨立不相屬之課程。
Q23. 自然科學領域「自然科學探究與實作」之教材、教法與評量要如何落實？	A23： 「自然科學探究與實作」之教材、教法與評量相關建議可參考本課程手冊「肆、學習重點解析」中的「教材教法建議」內容，。各校可依在地或校本的主客觀條件，盡量組成跨科教師社群，以共備方式進行課程發展。
Q24. 自然科學領域「自然科學探究與實作」之課程模組要如何設計？	A24： 一、「自然科學探究與實作」之課程模組設計可參考本課程手冊「柒、教學單元案例」。該案例乃依領綱附錄所示「自然環境與環境保育問題探究」模組。表格以四欄臚列：探究議題、探究學習內容、實作學習內容和學習內容說明。「探究議題」、「探究學習內容」和「實作學習內容」與附錄內容大致一致。「探究議題」扼要描述了該議題下可探究的科學相關問題與可實施的學習策略。詳細的探究問題以及相呼應的實作

Q 問題	A 回答
	的學習內容、方法、活動和過程則陳明於最後一欄的「學習內容說明」。 二、除了前述提供的案例，學校可參考學科中心種子教師的課程發展經驗來設計校本課程，尤其鼓勵教師社群依據總綱、領綱精神自行設計其他的教學模組。但是校本課程與新的模組仍需檢驗教材教法的學術研究之依據，更需評估學生在探究與實作能力和素養上的學習與發展。
Q25.關於國中每學期 1/6 時數跨科主題的學習內容應包含哪些?	A25： 領綱中已提供的 3 個跨科主題，其學習內容(含編碼)需編寫進教科書中(但不一定要寫在同一單元)，其他三個跨科主題不提供學習內容，由課程設計者自行組合跨科的主題和次主題，建議可以從學習內容架構表中找出某一跨科概念，以及其所包含的主題、次主題及學習內容，從中挑選適合、相關的學習內容進行編寫即可，且同一跨科主題可以含 2 個以上的跨科概念。最後，課綱的學習內容是最基礎的內容，因此已列出的條目將作為教科書審查的依據，其他的內容可視學生學習進度、能力而增加，但學習內容說明的負面表述及老師自行補充的內容不應出現在教科書和考試中。
Q26.十二年國教自然科學領綱高中生物科之青蛙解剖相關內容如何進行教學?	A26： 一、108 課綱必修與加深加廣選修皆未規定生物課程必須進行活體解剖。 二、108 課綱內容規定學生的基本能力，相關教學活動由教學現場依學生條件與需要，自行安排合適的替代教學，例如影片、教學模型、3D 廣增實境…等。

Q&A 附件

十二年國民基本教育課程綱要【物理科】課程綱要與九年一貫、高中 99 課綱之差異對照表

一、高中【基礎】物理課程綱要與 99 課綱差異對照表

課綱 學分數	99 課綱 2 學分	參考節數	十二年國教課綱 2 學分	參考節數	說明
主要內容	一、緒論	1.5	一、科學的態度與方法	2	1. 99 課綱以物理學探討的方向及其涵蓋的範疇為主 2.十二年國教課綱以針對科學的態度與方法，從科學史一脈相承、發展與演化的方向做介紹，強調物理傳承的脈絡。
	二、物質的組成 四、物質間的基本交互作用	2.5 +3	二、物質的組成與交互作用	6	將 99 課綱原來分散成兩章的『物質的組成』和『交互作用』，統整成第二章，強調物質與交互作用的關聯，讓課程介紹的脈絡更加清楚
	三、物體的運動	5	三、物體的運動	4	1.將所有比較偏向定義與計算的部分，挪往高二傳授，高一課程僅針對『伽利略到牛頓對運動學的發展沿革與貢獻』這類歷史傳承做介紹。 2.增加示範實驗力學能守恆與運動。 3.刪除示範實驗摩擦力。

課綱 學分數	99 課綱 2 學分	參考 節數	十二年國教課綱 2 學分	參考 節數	說明
	五、電與磁的統一	3	四、電與磁的統一	8	1.在新課綱的架構下，有關波動的介紹，和光與電磁波緊密結合，呈現一個更完整、更有脈絡的介紹。 2.增加電磁波相關部分
	六、波	6	無		聲波與國中重疊部分刪除，與電磁波相關部分移至第四章。
	七、能量	5	五、能量	7	章節順序調整，內容沒有變化。
	八、量子現象	4	六、量子現象	4	章節順序調整，內容沒有變化。
	九、宇宙學簡介	2		0	調整成附錄
	附錄、現代科技	0			刪除

二、高中【選修】物理與 99 課綱之比較

【測量與不確定度】

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99 課綱	參考節數
測量與不確定度	1.不確定度評估 2.不確定度組合 3.物理量的因次	2	無，但有「測量與誤差」之實驗。	0

【力學】

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99 課綱	主要內容	參考節數
一、運動學	1.直線運動	13+2	運動學	直線運動	約略13+2
	2.簡諧運動			簡諧運動	
	3.平面運動			平面運動	
	4.等速圓周運動			等速圓周運動	
二、牛頓運動定律	1.力的性質	8+2	牛頓運動定律	力的性質	8+2
	2.牛頓第一運動定律			牛頓第一運動定律	
	3.牛頓第二運動定律			牛頓第二運動定律	
	4.牛頓第三運動定律			牛頓第三運動定律	
三、動量與角動量	1.動量	7	動量與牛頓運動定律的應用	動量	7
	2.動量守恆			動量守恆	
	3.質心運動			質心運動	
	4.角動量			角動量	
四、萬有引力定律	1.萬有引力定律	4	萬有引力定律	萬有引力定律	4
	2.地球表面的重力與重力加速度			地球表面的重力與重力加速度	
	3.行星與人造衛星			行星與人造衛星	
	4.克卜勒定律與萬有引力定律				
五、功與能量	1.功與功率	12	功與能量	功與功率	12
	2.動能與功能定理			動能與功能定理	
	3.位能			位能	
	4.力學能守恆			力學能守恆	

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99 課綱	主要內容	參考節數
六、牛頓運動定律的應用	1.碰撞	8	碰撞	彈性碰撞 非彈性碰撞	4
	2.摩擦力		牛頓運動定律	牛頓運動定律中一節	
	3.靜力學及應用實例		靜力學	移動平衡 力矩及轉動平衡 靜力平衡 靜力學應用 重心與質心 靜力學應用實例	8+2

【熱學】

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99 課綱	主要內容	參考節數
熱學	1.回顧絕對溫度及理想氣體狀態方程式	5	熱學	熱容量與比熱 物質的三態變化與潛熱 焦耳實驗與熱功當量 熱膨脹 理想氣體方程式	10+1
	2.氣體動力論 2-3 氣體分子運動速率分布			氣體動力論	

【波動、聲音與光】

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99 課綱	主要內容	參考節數
波動與聲音	1.波的傳播	10+4	波動	波的傳播	10+2
	2.振動與波			振動與波	
	3.週期波			週期波	
	4.波的反射和透射			繩波的反射和透射	
	5.波的疊加原理			波的重疊原理	
	6.駐波			駐波	
				水波的反射與折射	

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99 課綱	主要內容	參考節數
				水波的干涉與繞射	
	7.基音和泛音		聲波	聲波的傳播 基音和泛音	4+1
	8.聲音的共振(或共鳴)			聲音的共振	
	9.海更斯原理			海更士原理	
光學	1.光的波動說	12+4	幾何光學	拋物面鏡成像 球面鏡	10+2
	2.折射現象及全反射			折射現象 全反射	
	3.透鏡原理及應用			薄透鏡	
	4.光的干涉與繞射現象		物理光學	光的波動說 光的干涉與繞射現象	6+2

【電磁現象】

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99 課綱	主要內容	參考節數
一、靜電學	1.庫侖定律	8+2	靜電學	庫侖定律	10+2
	2.電力線與電場			電力線與電場	
	3.電位能、電位與電位差			電位能、電位與電位差	
二、電流	1.電動勢與電流	5+2	電流	電動勢與電流	6+3
	2.電阻與歐姆定律			電阻與歐姆定律	
	3.電流的熱效應及電功率			電流的熱效應及電功率	
三、電流的磁效應	1.電流的磁效應	8+2	電流的磁效應	電流的磁效應	8+2
	2.載流導線的磁場			載流導線的磁場	
	3.載流導線在磁場中所受的力及其應用			載流導線在磁場中所受的力及其應用	
	4.帶電質點在磁場中的運動及其應用			帶電質點在磁場中的運動及其應用	
四、電磁感應	1.法拉第電磁感應定律與感應電動勢	9+2	電磁感應	法拉第電磁感應定律與感應電動勢	10
	2.冷次定律			冷次定律	

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99課綱	主要內容	參考節數
	3.電場變化所感應的磁效應			發電機與交流電	
	4.發電機，變壓器與交流電			變壓器	
	5.電磁波與光速 電磁波實驗			電磁波	

【量子現象】

十二年國教課綱	主要內容	參考節數	99課綱	主要內容	參考節數
量子現象	1.電子的發現	18+2	近代物理	電子的發現	17+2
	2.X 射線			X 射線	
	3.量子論的發現			量子論的發現	
	4.原子結構 法蘭克-赫茲試驗			原子結構	
	5.物質波			物質波	
	6.原子核			原子核	
	7.守恆律				

【實驗】

十二年國教課綱 實驗名稱	課綱內容	參考節數	99 課綱實驗名稱	課綱內容	參考節數
			測量與誤差		2
			靜力平衡	靜力學	2
一、自由落體與物體在斜面上的運動	運動學	2	自由落體與物體在斜面上的運動	運動學	2
二、牛頓第二運動定律	牛頓第二運動定律	2	牛頓第二運動定律	牛頓第二運動定律	2
			金屬的比熱	熱學	1
三、水波槽實驗	波動與聲音	2	水波槽實驗	波動	2
四、氣柱的共鳴	波動與聲音	2	氣柱的共鳴	聲波	1
五、折射率的測定及薄透鏡的成像	光學	2	折射率的測定及薄透鏡的成像	光學	2

十二年國教課綱 實驗名稱	課綱內容	參考節數	99 課綱實驗名稱	課綱內容	參考節數
六、干涉與繞射	光學	2	干涉與繞射	光學	2
七、等電位線與電場	靜電學	2	等電位線與電場	靜電學	2
八 歐姆定律與電路 (刪除惠司同電橋實驗)	電流	2	歐姆定律與電路	電流	3
九、電流天平	電流磁效應	2	電流天平	電流磁效應	2
十、認識電磁波	電磁波	2			
十一、電子的荷質比認識	電子的發現	2	電子的荷質比認識	電子的發現	2

十二年國民基本教育國民中小學暨普通型高級中等學校
自然科學領域課程綱要課程手冊研發計畫成員

總計畫主持人：國家教育研究院課程及教學研究中心 洪詠善主任

總計畫共同主持人：靜宜大學教育研究所 黃政傑終身講座教授(跨領域小組召集人)
國立中正大學教育學院 蔡清田院長(核心素養工作圈召集人)
淡江大學教育學院 潘慧玲院長(議題工作圈召集人)
國立中正大學師資培育中心 林永豐教授(核心素養工作圈委員)
國家教育研究院課程及教學研究中心 范信賢副研究員(退休)
國家教育研究院課程及教學研究中心 李駱遜副研究員
國家教育研究院課程及教學研究中心 蔡曉楓助理研究員
國家教育研究院課程及教學研究中心 林明佳助理研究員
國家教育研究院課程及教學研究中心 鄭章華助理研究員
國家教育研究院課程及教學研究中心 吳文龍助理研究員

自然科學領域課程手冊研發成員

計畫主持人：國立臺灣大學大氣 陳泰然教授

計畫共同主持人：國立臺灣大學 劉緒宗院長
國立臺灣大學 陳竹亭名譽教授
國立臺灣大學 高涌泉教授
國立臺灣大學 陳俊宏教授
國立臺灣大學 楊明仁教授
國立臺灣師範大學 張俊彥主任
國立臺中教育大學 黃鴻博教授

研究員：國家教育研究院課程及教學研究中心 黃茂在副研究員
國家教育研究院課程及教學研究中心 吳文龍助理研究員

研發成員：

學者專家：(按姓氏筆劃排序)

國立臺灣大學森林系	丁宗蘇教授
國立臺灣大學生命科學系	丁照棣副教授
中國文化大學地質所	王　鑫教授
國立中央大學物理系	朱慶琪教授
國立臺灣師範大學科教所	邱美虹教授
國立臺灣大學生命科學系	李心予教授
國立臺灣師範大學地球科學系	吳朝榮教授

國立屏東科技大學生物機電工程系	李柏旻副教授
國立清華大學物理系	林秀豪教授
國立臺灣大學地質學系	林日白副教授
朝陽科技大學應用化學系	卓重光副教授
國立臺灣大學物理系	胡崇德教授
國立中央大學太空科學研究所	郝玲妮教授
國立臺灣師範大學	姚清發教授
國立交通大學物理所	高文芳教授
國立臺北教育大學	連啟瑞教授
國立臺灣大學物理系	陳義裕教授
國立臺北科技大學化工系	陳生明教授
國立臺灣師範大學師資培育學院及物理學系	陳育霖助理教授
國立臺灣師範大學科學教育研究所	張文華教授
國立臺灣師範大學生命科學系	張永達副教授
臺北市立大學理學院	許民陽教授
臺北市立教育大學	黃萬居教授(退休)
國立臺灣師範大學物理學系	傅祖怡教授
國立臺灣師範大學地球科學系	傅學海教授
國立臺灣大學物理系	傅昭銘教授
國立臺灣大學生命科學系	閔明源教授
國立臺灣師範大學化學系	葉名倉教授
義守大學生物科技系	楊智惠教授
國立臺灣師範大學	賈至達教授
國立臺灣師範大學地球科學系	管一政教授
國立臺灣大學地質系	鄧茂華教授
國立臺灣師範大學科學教育研究所	劉湘瑤教授
國立臺北教育大學	盧玉玲教授
長榮大學科技工程與管理學系	賴信志副教授

教師代表：(按姓氏筆劃排序)

臺北市立萬華國民中學	王美玲教師
南投縣埔里鎮水尾國民小學	左漢榮主任(退休)
高雄市鼓山高級中學	朱元隆教師
臺中市德化國民小學	李永烈校長
台南市永康區復興國民小學	李文獻主任
臺北市立大安高級工業職業學校	李文華教師

高雄市立高雄女子高級中學	呂雲瑞教師
臺北市萬芳高級中學	邱怡禎教師
宜蘭復興國民中學	吳月鈴教師(退休)
彰化縣立線西國民中學	林莞如教師(退休)
高雄市立高雄高級中學	林比亨教師(退休)
臺中市長億高級中學	林宣安教師
國立蘭陽女子高級中學	林冠宏教師
臺北市麗山高級中學	周家祥教師
國立政治大學附屬高級中學	柯若萍教師
臺北市立松山高級中學	翁雪琴老師
國立新莊高級中學	陳偉民老師
高雄市立五福國民中學	陳宗慶校長
臺北市福德國民小學	陳怡文教師
國立臺南一中	郭人仲教師
高雄市鼓山高級中學	莊福泰校長
國立基隆女子高級中學	張仁壽教師
臺北市立萬華國民中學	張嫈嫈主任
高雄市立高雄女子高級中學	張家齊老師
臺中市立臺中第一高級中等學校	許瑋琇老師
國立新竹高級中學	許慶文教師(退休)
臺北市立中山女子高級中學	曹雅萍教師
桃園市青溪國民小學	萬榮輝校長
宜蘭縣立羅東國民小學	葉鴻楨教師
新北市樹林區文林國民小學	鄭旭泰校長
臺北市龍山國民中學	鄭志鵬教師
高雄市立高雄女子高級中學	蔡靜誼教師
新北市立新北高級中學	鍾曉蘭教師
苗栗縣公館鄉公館國民小學	謝祥宏教師

研究助理：國家教育研究院課程及教學研究中心 劉淑華、劉怡君、卓如吟、張家綺專案助理

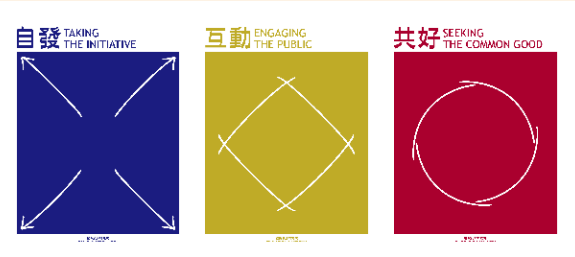
電子全文可至國家教育研究院網站 http: //www.naer.edu.tw 免費取用，歡迎各界參考利用。

※本院保有本書所有權，欲利用本書全部或部份內容，需徵求同意或書面授權，引用時請註明出處。

十二年國民基本教育課程綱要

國民中小學暨普通型高級中等學校

自然科學領域課程手冊



國家教育研究院
National Academy for Educational Research
www.naer.edu.tw