

高級中等學校學生自主學習類型及教師指導模組

前言：

自主學習是指學習者主動執行的個別學習，學習者可在教師的協助下，確立學習目標，調整學習方法與進度，反思學習成效的個性化學習。然，自主學習的內容相當廣泛，下表僅約略分成三大學習主軸，並提出對應的學生學習面向、執行內容及教師指導模組。

● 自我探問表(對學生自主學習發展意願、方向調查)：**建議於開學前或前一學期末完成，方便教學組進行編班依據**

學習主軸	A.課程與學習
學生學習面項	A1 學科知識強化及延伸： 學生針對過去學習有所不足之科目，或有興趣再精進之學科，擬定相關學習計畫，以延伸、強化相關知識或能力的學習。 A2 開放式網路課程： 學生可自行透過網路選擇其有興趣之線上課程，自行進行相關學習。 A3 閱讀心得： 學生可針對自己喜歡或有興趣之讀物，學習如何於閱讀過程中撰寫摘要，並於閱畢後撰寫心得。
目標、方法、成果及反思	1.學習目標： 應具體可行，也就是目標明確並可達成。 例如：提升該學科的校內排名；或學會網路課程的知識、技能；或提升程式設計能力；或閱畢某一本書，針對書中的某些觀點提出自己的看法。 2.學習方法： 針對自己的學習內容，提出相對的學習方法。 例如：學科知識強化及延伸，可使用精讀或博覽的方法，或藉由反覆學習、操作練習，得到能力的提升；網路課程可反覆觀看及自做學習筆記；閱讀心得可先做摘要，蒐集相關資料，提出自己的看法。 3.計畫擬定： 本學習內容之計畫可依每週進度方式安排。 4.計畫執行與調整： 依擬定之計畫，逐週執行，並於檢核相關進度後，調整計畫執行方式。 5.進度檢核： 幫助追蹤自己的學習進度是否如原先規劃，並可以製作簡單的檢核表，進行勾選。 6.成果與反思： 自主學習內容未必會有一定的成果呈現，重點在於自主學習計畫的擬定與執行過程。

	例如：學科知識強化及延伸未必能達成自己的學習目標，所以不易呈現一定的成果，但學生可以檢視自己自主學習計畫的擬定與執行過程，擬出可以再精進的方式，此即為反思。
教師指導模組	
A1 學科知識強化及延伸： 1. 指導策略： 學科知識的指導，應以學生為學習的主體，教師只是輔佐的角色。故學習目標的擬定，應尊重學生的意見。教師可提供不同學科的學習方法供學生參考，在計畫擬定上依學生的不同能力，於逐週安排的進度上給予適當的建議。 2. 促進方式： 協助學生進行進度檢核，適時給予學習診斷，了解學生進度落後或超前之原因，以便調整其計畫之執行，進度落後有可能是時間安排不夠，或是學習方法有問題，進度超前有可能是之前擬定進度太寬鬆，教師可以督促學生適當調整。 3. 詰問討論： 學生在反思方面，可能會有學習上的盲點，教師可以詰問方式和學生討論，促使學生進行反思，而成果的部份也可以透過詰問方式，敦促學生再精進。 詰問討論可視為協助學生檢視自己在自主學習上的成效。	
A2 開放式網路課程： 1. 指導策略： 在指導學生尋找開放性網路課程以協助主題知識的強化和延伸，老師應鼓勵並協助學生經由理解或探究的過程，建構個人學習經驗。學生可依據不同學習目標和主題擬定，搜索適合的線上課程與平台。教師可提供多元類別，國內外的課程平台供學生參考。老師可引導學生先查看課程綱要，課程所需先修課目或先備能力，評估課程影片是否合適，確認課程內容深淺以符應自我需求。在課程資源選擇上，依照學生不同能力與需求，老師可於課程選定與進度安排上，給予適當的客製化建議。 2. 促進方式： 師生可根據授課大綱，課程進度表，單元影片數量，測驗內容，及評分標準等與學生一同訂定時程規劃。課程進行期間，根據時程規劃，協助學生進行課程進度規劃的檢核，了解學生進度超前與落後的原因，協助學生解決問題或適當調整進度。教師可鼓勵學生利用線上課程回饋，與課堂教師互動機制，或部分課程也有開設討論群組，以利高效吸收課程內容，逐日增加理解力。 3. 詰問討論： 教師可使用詰問的方式，促使學生達到反思，以問答互動的方式，引導學生檢視自己的學習成效，找到最適合自己的學習模式。提醒學生可彙集課堂筆記，評分與測驗內容，展出應成果。	
A3 閱讀心得： 1. 指導策略 引導學生了解書籍主題分類，進而依據個人學習興趣，決定選書方向。學生依據主題與文體設定適宜的閱讀策略，進行基礎理解，摘要相關內容掌握書籍重點。在摘要基礎上，展開深度理解，藉由寫作意圖之覺察、章節概念與知識之統整、作者觀點之詮釋，產生讀者自身的感想、啟發、評價。引導學生整理書籍中所看之客觀敘述、表達對其內容的直接感受、發現統整訊息後的意義，並依此步驟順序組織心得文章。	

2. 促進方式

協助學生依據書籍主題與內容程度，規劃基礎閱讀、深度理解、撰寫心得所需之週次，同時推進基礎閱讀與紀錄摘要之工作。

3. 詰問討論

分析學生所撰寫心得有無清楚結構，對內容主題的掌握是否正確，作者觀點之評析是否有理據。審閱學生之基礎閱讀能否掌握書籍重點，共同就第三者角度，閱讀學生撰寫之心得，就書籍章節進行問答，檢視學生可否發表個人感想、習得知識與觀點、並對書籍內容進行評價。

◎教材編寫：臺南二中李寶利老師、臺中女中王琇嫻老師、曉明女中黃敬堯老師

高級中等學校學生自主學習類型及教師指導模組

前言：

自主學習是指學習者主動執行的個別學習，學習者可在教師的協助下，確立學習目標，調整學習方法與進度，反思學習成效的個性化學習。然，自主學習的內容相當廣泛，下表僅約略分成三大學習主軸，並提出對應的學生學習面向、執行內容及教師指導模組。

● 自我探問表(對學生自主學習發展意願、方向調查)：**建議於開學前或前一學期末完成，方便教學組進行編班依據**

學習主軸	B.實作與練習
學生學習面項	B1 主題探索與操作： 學生在個人興趣或教師引導下，就藝能、體能或技術操作等領域的主題，練習執行符合該領域規範之探索及實驗活動，並能擬定計畫、製作紀錄或成果報告。 B2 實察體驗： 學生針對有興趣的自然環境、社會文化、政治經濟及職場體驗等不同面向主題，進行資訊蒐集、觀察體驗、田野調查、訪問晤談等學習活動，可以製定相關計畫，製作觀察紀錄、分析報告或導覽手冊。 B3 行動方案： 學生可以透過學校課程為基礎，分析某個問題/議題（可以是個人、學校、社區、社會、國家等不同層級）的成因和現況，找出相關資源與規劃解決問題的可能步驟，然後檢視可行的替代方法，最後決定將要採取何種策略，並轉化為實際計畫與行動，最後可進行小規模實驗或公開展示。
目標、方法、成果及反思	1. 學習目標： 應具體可行且目標明確。能關注學習與生活之關聯，並聚焦於有興趣之領域與主題，並能界定與形成問題。 例如：透過觀察與紀錄了解某一自然生態或職場經驗；能學習某一種舞蹈、樂器、球類運動等。 2.學習方法： 針對自己的學習內容，提出相對的學習方法。建議原則如下： (1)能瞭解掌握並運用主題實作與練習的工具、策略。 (2)能由實作與練習之結果，發現個體與外界、個體與知識、技能領域之關係。例如：實察體驗係透過觀察、紀錄及資料搜集的方法；主題探索與操作著重技巧練習與反覆操作等。 3.計畫擬定： 以每週進度進行安排。 (1)由觀察閱讀形成焦點。 (2)確定成果形式與表達工具。 4.計畫執行

	依擬定之計畫，逐週執行，並於檢核相關進度後，調整計畫執行方式。 5.進度檢核 幫助追蹤自己的學習進度是否如原先規劃，並可以製作簡單的檢核表，進行勾選。 6.成果與反思： 自主學習內容未必會有一定的成果呈現，重點在於自主學習計畫的擬定與執行過程。例如：球類運動、樂器學習等，未必能達成自己的學習目標，所以不易呈現一定的成果，但學生可以檢視自己自主學習計畫的擬定與執行過程，擬出可以再精進的方式，此即為反思。 另外，此部分的學習成果可以有下列的形式： (1) 實察紀錄、分析報告、導覽手冊。 (2) 活動企劃書、解決方案報告書（含實驗成果分析）、展覽活動。 (3) 練習操作歷程記錄、主題成果報告。
教師指導模組	
B1 主題探索與操作： ● 指導策略： 透過引導幫助學生發現自身的學習需求，挖掘過往未發現的學習熱情、探索學習主題的可能性。學生在回顧反思時，遇到的問題可能琳瑯滿目，有時無法完全解決，教師在盡力協助學生後，可放寬心相信學生的問題解決能力。用「評價」鼓勵學生過去的表現，讓學生逐漸獲得成就感；同時也給予「指導」，讓學生在自主學習的路上不斷進步 ● 促進方式： 協助學生目標規劃，幫助學生找出需要的學習資源，探索資源的過程可以透過反覆提問與聚焦。引導學生思考需要什麼學習任務才能達成目標和成果，協助學生適時調整學習方法並檢視學習成效，主要目標在於讓學生發揮主動性、落實點子、了解自身作品來龍去脈、展現解決問題的能力與自信。鼓勵學生以影像紀錄過程與成果，並提醒學生紀錄學習收穫與反思，讓學習歷程兼顧客觀足跡及主觀詮釋。 ● 詰問討論： 引導學生進行反思三部曲：描述自身變化、提出下一步清晰的行動、給自己學習上的建議。如：通常在社群媒體上看什麼內容？追蹤什麼特定的社群帳號？讀書之餘通常都在做什麼事？什麼事是不用別人鼓勵也會想去的？做什麼事會讓你有成就感？有過樂此不疲，甚至忘了要吃飯的經驗？有什麼事情和他人分享時會滔滔不絕、特別開心呢？有什麼事是你覺得很酷、很有趣的？你覺得成果會是什麼樣子？	
B2 實察體驗： ● 指導策略 教師透過引導和提問，協助學生建立基礎認知，釐清自己蒐集資料的視角與方法，是客觀觀察還是實際參與觀察，有目的、有系統地計畫，在自然狀態或田野場域對客觀事物進行觀察，選擇合宜的紀錄和輔助工具，理解觀察現象的狀態，進而去挖掘這個狀態可能存在的意義。觀察對象以近鄰的人、事、地、物為佳，選題原則建議「由近而遠」，觀察和發現內容則是「由外而內」，透過觀察和蒐集資料，層層發掘、逐步深入，應避免先入為主，影響客觀性。 ● 促進方式 啟動聽聞與感知，進行人、事、地、物的觀察並與之互動，可用田野手札、社群媒體、APP 等工具。教師可依計畫執行中，學生行前擬定的計畫表作為檢核基準，定期追蹤檢核其進度，並引導學生覺察實察前未納入設想的變因或實察中遭遇的問題，進而協助學生提出解決問題的方法。利用工具或多媒體綜整並呈現田野觀察、田野感知以及田野解釋或詮釋的成果。教師透過工具和提問引導學生檢核計畫與實踐的落差，進行反思與調整。	

● 詰問討論： 引導學生深入思考實察中實質物件存在的意義為何？意象的表徵特質為何？交雜在人與時空間互動的脈絡理論又是什麼？此外，自己從實察中瞭解了什麼？發現了什麼？如何再調整和修正？進而思索自己在實察中的定位，是客觀觀察還是參與融入。釐清方向後，自我檢視哪些內容可能是在自己的文化習慣和主觀價值思維所進行的觀看和感知。若遇實察過程中觀看感知的意象與自己想像出現落差，則可進一步蒐集資料開展延伸探究、驗證並或連結生命經驗。
B3 行動方案： ● 指導策略 教師在帶領同學進行行動方案時，應從引導學生發現問題出發，並協助同學界定問題、判斷出問題的重要性；在確認問題後，教師可引導同學針對問題，查詢相關的資料進行研究；在對問題有一定程度的理解後，試提出可行的解決方法；最終，將解決方法轉化為可實際執行的行動方案。教師可以學生經驗可及的事件為範例，讓學生理解要執行行動方案應該要包含的步驟與程序。 ● 促進方式 在還未確認行動方案的目標前，可使用合適的表單，如NEWS定位法，帶領學生找出待解決的問題，與可能的行動方案發展方向；在確認行動方案目標後，提供同學工作行事曆、甘特圖、一頁企劃書(OGSM)等表單，以利同學規劃方案進行的進度；在學生執行行動方案時，透過定期的團體報告，掌控同學的進度與促進班上同學的相互學習；在成果彙整前，協助各組同學檢核最終的紀錄是否完備。 ● 詰問討論 在行動方案執行完畢並完成總結報告後，引導同學進行反思，無論行動結果成功或是失敗，從最初的問題界定、過程中時間的規劃、方法的安排與結果的彙整，是否有可以再更精進之處。教師以提問的方式引導學生思考，逐步排除問題，並反思此次行動方案的經驗可以如何影響到自己未來的學習。

◎教材編寫：彰化女中劉麗菁老師、新北市秀峰高中褚天安老師、新北市中正高中孫細老師、師大附中蕭煜修老師

高級中等學校學生自主學習類型及教師指導模組

前言：

自主學習是指學習者主動執行的個別學習，學習者可在教師的協助下，確立學習目標，調整學習方法與進度，反思學習成效的個性化學習。然，自主學習的內容相當廣泛，下表僅約略分成三大學習主軸，並提出對應的學生學習面向、執行內容及教師指導模組。

● 自我探問表(對學生自主學習發展意願、方向調查)：**建議於開學前或前一學期末完成，方便教學組進行編班依據**

學習主軸	C.專題及研究
學生學習面項	C1 實作實驗： 為驗證或熟練各類課程中所學過的知識或實驗，擬定自我進行實驗的計畫，透過觀察、測量、記錄、檢討等實作步驟，學習相關儀器和工具的使用技巧，並依照已知的實驗步驟與方法，動手組裝儀器或操作設備，以瞭解相關概念、理論與定律。 C2 專題製作： 整合所學的知識和技能，針對個案問題、科技應用、文化藝術、社會議題等主題，擬定專案企劃，進行實務製作。藉由問題分析、資料蒐集、實踐操作，完成一個完整的專案，並呈現最終的製作成果。 C3 獨立研究： 針對有興趣的主題，自己發現研究問題，產生研究假說、設計研究方法，最後獨立完成研究。獨立研究的過程包括：界定研究問題、擬定研究計畫、文獻蒐集與分析、運用研究工具、資料分析與詮釋、研究成果展現。
目標、方法、成果及反思	一、學習目標： 應針對有興趣的主題或學習內容，提出明確的實驗或實作項目、專題製作目標或獨立研究計畫。 例如： 1. 透過實地進行操作來觀察、驗證或熟練各類課程中所學的知識或實作實驗』，如：以生物的「DNA粗萃取」，觀察不同材料與介面活性劑對萃取的影響；或依據教學文章或書本實作電腦程式操作。 2. 針對個案問題進行專題製作，如：遠端遙控防疫機器人、商業行銷企畫專題、門禁管理系統(專題製作)。 3. 對特定問題進行探究：短期降雨機率預測方法研究、海水淡化方法探討(獨立研究)。 二、學習方法： 1. <u>實驗實作</u> 實驗實作的學習方法如下：確立實驗實作目標，瞭解實驗實作所需的材料、工具、方法與步驟，進行實驗操作或設備操作，在實驗過程中仔細觀察與紀錄，將蒐集到的資料加以分析、整理成實驗報告或完成實作成品。 2. <u>專題製作</u> 專題製作的學習方法如下：針對有興趣的主題廣泛蒐集相關資料，建立專題製作的目標後，針對待解決的問題進行分析與調查，提出解決問題的構想後，著手進行實踐操作，並提出專案的實踐成果或作品。 3. <u>獨立研究</u>

	獨立研究的學習方法如下：透過文獻探勘或觀察生活周遭的現象，提出待研究或解決的問題，再針對問題蒐集與閱讀相關文獻，瞭解研究問題的背景知識，並界定研究問題的範疇；學習如何採用適當的研究方法，蒐集、分析與整理資料，以回答研究問題，最後學習學術寫作的技巧，將研究結果整理成完整的報告。 三、計畫擬定： 學習計畫之擬訂建議依照實驗實作過程、專題製作階段，或研究歷程合理分配時間，建議分成：界定問題、解決問題，以及結果整理三大階段，再針對每一個階段擬定細部的子目標。 四、計畫執行及調整： 依照擬定之計畫依序執行，若遭遇困難或特殊情形，應適時調整計畫進度、時程，或修正學習內容。 五、進度檢核： 根據界定問題、解決問題以及成果產出等三個歷程擬訂細部子目標，建立實驗實作、專題或研究進度與期程，作為進度檢核的依據。 六、反思或成果： 專題及研究類的學習成果，通常以實驗紀錄、實作成品、學術海報、專題報告、專題成品或研究報告等形式呈現。學習反思可以包含：規劃與執行能力、問題解決歷程回顧及檢討。
教師指導模組	示例
C1 實作實驗： 1.指導策略： 檢視高中各領域課程的學習內容，包含學科知識內容、學習評量試題、自然科探究實作主題等，協助學生對有興趣的主題進行實作實驗，協助其瞭解過程中需要觀察的要點、器材與儀器的使用操作，相關數據如何量測、紀錄與分析等程序，最後可整理成報告或完成實作成品，以幫助學生深入瞭解該主題的相關知識，並期最終能建立自我學習的成就感。 2.促進方式： 首先請學生找出有興趣的實作實驗主題，並分享可能的過程步驟與時程規劃。根據時程與步驟，學生訂定相關進度的自我檢核表，教師可協助與引導同學檢核進度，對於遭遇障礙或進度落後的學生，協助重新梳理其思考的盲點。過程中，協助與指引學生如何操作相關器材、儀器與工具，以完成數據紀錄分析或實作作品。最後，提醒學生比較實驗與實作的最終結果，是否符合最初的目標設定，並可適切地整理過程紀錄與最後結果，以作為自我的學習成果。 3.詰問討論： 實作實驗類型的學習主要是為了為驗證或熟悉所學的知識與器材操作，偏向具有一定範圍的知識內容，且最終結果也會較為明確。因此，老師可協助學生確認選擇該實作實驗主題的理由，另外所遭遇的困難為何？究竟是學理上的問題？儀器操作的問題？或是數據結果的分析方法？ 最後，如何透過過程紀錄來反思整個學習的歷程，幫助學生克服未來可能遭遇同樣的問題。	C1 實作實驗示例一： 1. 以生物的「DNA 粗萃取」為例 DNA 位於真核生物細胞的細胞核中，欲萃取DNA 需要由外至內利用物理方法及化學方法破壞細胞構造，並析出 DNA。 (1)引導學生分析課本知識內容與實驗步驟，協助學生找到可延伸的主題：不同的生物材料（如不同倍體的水果、動物的不同組織細胞等）所萃取 DNA 的差異、不同的介面活性劑（如陽離子、陰離子、兩性離子、非離子界面活性劑等）所萃取DNA 的差異、不同濃度的食鹽水對DNA 溶解度的差異、不同的蛋白酶（如鳳梨酵素、木瓜酵素、嫩精等）所萃取 DNA 的差異等。 (2)協助學生擬定延伸實驗的研究計畫及實驗步驟：以「不同倍體的水果所萃取DNA的差異」為主題，確認實驗器材及裝置（不同倍體的水果、洗碗精、食鹽、蛋白酶、酒精、水、燒杯、試管、玻棒等）、釐清實驗中的操縱變因（不同倍體的水果）及應變變因（粗萃取 DNA 的產量）、擬定實驗步驟、DNA 的產量如何量測及量化。 (3)協助學生依計畫執行實驗操作，多次實驗後，將記錄下來的 DNA 產量進行統計及分析，並指引學生討論實驗結果是否符合預期：多倍體植物的倍體數愈高，其 DNA 量愈多。 最後，引導學生將該實作實驗的過程進行統整，並協助學生反思執行過程中是否遭遇到新的困難？可以提出什麼策略去克服與突破？自我在學習學科知識及實驗操作上又因此有什麼樣的成長？將之整理成學習成果。

C1 實作實驗示例二：

1. 以地球科學的「測量相對濕度」為例：

基於驗證學科知識「欲得知相對濕度（relative humidity），可將空氣塊降溫並測量水氣開始凝結時的溫度，即為露點溫度（dew point）；藉由氣溫及露點溫度便可計算相對濕度。」教師可引導學生了解此一實作中的觀察重點為「水氣凝結」的現象，設計能逐漸降溫且能清楚看出發生凝結現象的裝置。透過重複多次的測量，記錄水氣開始凝結時的溫度，再以科學方法進行數據處理，最後運用飽和水氣壓曲線（The saturation vapor pressure curve）計算所處環境的相對濕度。

(1) 實驗裝置的設計階段可先由教師提供有限的材料，如溫度計、水杯、鋁罐、塑膠滴管、冰塊及水等，讓同學繪製裝置示意圖並列出操縱變因、應變變因以及操作步驟等。此實驗的操縱變因為溫度，如何有效控制溫度改變並即時記錄為檢核重點；應變變因則為水氣凝結的現象，如何正確判斷水氣「開始」凝結的時刻則是關鍵，若同學於此處遭遇判斷障礙，可引導其思考飲料罐從冷藏櫃中取出後表面凝結的現象作為類比。

(2) 多次實驗所得的數據應使用科學方法進行分析，以國際標準化組織訂定之不確定度量測標準（ISO GUM）計算平均值±不確定度，為露點溫度的測量結果。

(3) 將露點溫度和氣溫用於計算得知相對濕度後，可進一步與其他濕度測量儀器進行比較，如電子式溼度計、毛髮濕度計或乾溼球溫度計等。經由各種儀器的原理探討或同時測量之結果比對後加以總結，除了展現更深入的自我學習成果外，也可以針對本次實作設計之露點溫度測量裝置加以優化。

實作實驗主要以驗證所學知識為出發點，著重的面向包括對於實驗操作的嚴謹、測量紀錄的詳實、數據分析的正確以及設計裝置的優化等。教師於過程中可適時提醒並引導同學排除障礙，但同學須能反思歷程並產出成果報告，以達成自主學習的核心精神。

C1. 實作實驗示例三：

➤ 化學科「手工肥皂的認識與製作」為例：

1. 利用提問與關鍵字指引學生進行資料蒐集與實作：

- (1) 肥皂的功用為何？基本化學原理是什麼？--引導學生查詢並說明肥皂的清潔原理(去污過程)與簡易皂化反應的化學原理。
- (2) 手工皂有哪些製作方式？適用的情形為何？--學生查詢並熟悉各種手工皂的製作方式與其優缺點，探討製作方式的限制(know how)。
- (3) 為何手工皂比一般市售香皂貴?貴的就比較好嗎？-- 學生查詢並區分一般市售香皂與冷製手工皂的異同處，回答上述的問題。

	(4) 如何製作手工皂？如何找到合適的材料與配方？如何依據環境條件找尋最適合的配方？--學生查詢並應用「皂化價」、「硬度」、「水量」的意義、功用與如何找到最適合的配方。 (5) 實作找尋手工皂製作的環境條件或變因為何？如何控制或操作變因?--學生試作並嘗試調整溫度、鹼水(鹼的種類、鹼與水的比例等)、控制攪拌要點與速率、Trace 痕跡(區分種類、適用情形與如何改善)等。 (6) 探討是否皂化完成與如何改善皂化過程？--學生試作並區辨皂化的完成度與改進方式。 (7) 添加物的功用與種類、適用的情形為何？--學生試作並探討添加物的適用性 (8) 如何入模、脫模、美化產品？ (9) 探討手工皂如何熟成及其原理？ 2. 協助學生優化實作工具、過程與呈現成果： 手工皂製作過程中則需要不斷與學生進行進度確認並以筆記的形式記錄下所實作製作的重點過程與所遇到的問題。可利用各式圖表(心智圖、流程圖、甘特圖等)的方式協助學生掌握時間與規劃自主學習的架構。並適時地進行保養品加工相關知識與技能的指導，協助學生突破困難點，並學習新的知能。 3. 協助學生製作學習歷程： 最後則是引導學生對於過程中所遇到的問題與實作作結果進行反思與討論。如何優化實作的環境條件、配方或工具等，並且說明自己遇到困難的解決策略。
C2 專題製作： 1.指導策略： 專題製作指導策略在不同學門應該略有不同，但是在中學階段因尚未接觸太多專業研究因此具有較多的概略性與共同性元素。在共同性的部分 What、Why、How，可以是專題製作的起點。What(想要做什麼專題)、Why(為什麼要做這一個專題)、HOW(打算如何做這一個專題)。經過 3W 的思考與討論確認主題後，即可指導學生進入資料蒐集與整理的階段，並且與專題主題進行對應。接著引導學生就所蒐集的資料進行整理與分析並歸納出專題製作主軸方向。社會科學學門則可開始進入專題研討的部分，自然科學或科技學門則可開始進行實體(物)製作與測試。最後則是就研討結果或實體製作與測試結果進行結論撰寫與反思。 2.促進方式 與學生共同研擬各專題設計製作過程之步驟與時程。根據時程與步驟訂定里程碑，適時的引導與檢核學生進度，並對於進度落後或遇到障礙的學生給予資料收集、發展方案與設計上的引導。研究法及邏輯思考的引導則會對於學生突破盲點有所助益。其他	C2 專題製作示例一： 1. 「科技專題」為例: 在協助學生進行科技專題製作時除利用 3W 進行主題引導與確認外並可導入工程設計流程或 PBL 的概念，並透過 STEAM 與 STS 來擴大學習與專題的廣度。專題製作流程由界定問題開始，透過蒐集資料、發展方案、預測分析、原型製作、測試修正、最佳化到最後完成作品或完成設計。但是完成作品並非必然是指導時必須掌握的重點，因為部分學生專題項目可能不易完成實際作品，但透過電腦模擬或是製作縮尺比例成品進行預測分析亦能夠達到學習的目的。過程中應鼓勵學生過程中教師需要協助學生尋求適切的加工方式、材料、並指導或引導部分技能的學習如繪圖軟體、加工機具操作等。 2. 「指導小型乒乓球投擲機器人」為例： (1) 首先需先界定投擲的距離與範圍，是否可以調整方投擲方向等功能上的基本目標。 (2) 收集相關資料，例如投擲機構有哪些已知的方式可供參考、轉向機構如何設

如繪圖及預測分析軟體相關資訊(知識)與加工技術上的指導亦有助於學生進度上的推展。鼓勵學生團隊合作彼此互相協助及觀摩學習，透過學生交流與互動增加完成增強彼此對於完成專題之信心與支持。 3.詰問討論 鼓勵及引導學生對於專題製作時所遭遇的問題加以記錄，並且記錄下當時所選擇的解決方案。透過對專題完成後的結果(作品)進行測試與論證引導學生對於過程中所遭遇的問題與解決方案進行反思與討論，如果再有機會製作一次是否會採用原來的方案解決問題或是進行研究探討。同樣的研究設計或作品設計方案如果再有機會重新設計是否會採用同樣的設計。引導學生進行反思，並透反思社會科學、自然科學、科技與社會等關係幫助學生思考與成長。	計或是旋轉裝置有那些已知或常用的型態，其功能與限制為何?以作為設計之參考。 (3) 透過 STEAM 模式將平常課程中所學習的科學、科技、數學、藝術、工程相關原理加以應用，進行設計。此一過程中教師則需加入有關材料選擇與應用的引導讓學生可以選擇適切的材料進行設計。 (4) 可進行電腦繪圖並藉以透過電腦軟體進行預測分析或是透過紙筆計算方式分析前一步驟的設計可達成功能(或目標)的百分比或結果。 (5) 原型製作時教師應適時引導各項加工機具或儀器的操作使用的方法並指導安全使用規範。 (6) 測試並驗證設計與預測分析之結果是否相符。作為修正改進的依據。 (7) 透過驗證結過進行設計與製握方式的修正並達到最佳化。 3.過程中則需要不斷與學生進行進度確認並以工程筆記的形式記錄下所專題製作的重點過程與所遇到的問題。可利用甘特圖或是里程碑的方式協助學生掌握時間。並適時地進行機械加工相關知識與技能的指導，協助學生突破困難點，並學習新的知能。 4.最後則是引導學生對於過程中所遇到的問題與專題製作結果進行反思與討論。如過再有機會進行是否選擇相同的途徑(方向)進行，並且會以何種問題解決的策略來完成。 C2 專題製作示例二： 1. 以【大型機器人專題製作】為例： 大型機器人專題因為複雜度較高，所以可以採取系統概念，將各項功能進行分項次系統設計與製作，將大專題分割成數項小專題進行，或是以模組化的概念先行設計規劃主系統再將各項功能模組嵌入主系統中運行都可有項降低專題難度並且擴大參與學生人數與規模。 進行大型機器人的系統分拆以下列出幾項做法供參考。 (1)以底盤為做為系統分拆的基礎建立專題：底盤部分主要為無刷馬達控制與相關程式撰寫(包含不同底盤控制形式，例如：六輪或八輪平行驅動、四輪麥克納姆輪、四輪向量控制驅動輪或足部行走模式)。上部結構與各項獨立功能則包含有氣壓控制系統、槓桿機構、電源控制系統、高低速旋(迴)轉組件控制，以及利用 P.I.D.比例積分微分控制 (Proportional-Integral and Derivative Control) 回授控制等細項專題。 (2)以模組功能作為分拆的基礎建立專題：則可以底盤為基礎加上部結構之基本框架，建立模組概念。將各項功能以模組化設計進行整體結構佈局，因此在電源
---	--

	系統、氣壓系統及各項傳動系統之設計皆須考量於基本架構中形成專題之主體，各項模組功能則成為專題之次系統以 plug-in 的方式存在。 機器人移動底盤設計與實驗、無刷馬達的控制原理與程式設計、氣動活塞控制與槓桿機構、旋轉 U 型管測量大氣壓力裝置、利用駐波測量線密度裝置、運用傅利葉分析驗證都卜勒效應實作、PID 控制馬達轉速實作、以控制乒乓球旋轉射出軌跡驗證白努力效應實作等。 2. 自製實驗裝置示例： 實驗裝置的製作過程可以下列五項步驟實施：第一部份是實驗裝置材料的尋找與選擇，第二部份是選擇加工方式(設備)與組裝，第三部份是電源系統與系統控制架置，第四部份是量測裝置架設與數據擷取，第五部份是實驗裝置驅動與程式設計。 (1) 實驗裝置材料的選擇可考量下列因素，是否容易取得、加工難易度、學校是否具備相關的加工設備、材料的單位成本以及實驗或專題物件所需的結構強度等。例如完成後的實驗設備或專題成品必須具備耐衝擊的結構強度，那金屬或是高強度塑膠就是比木材更適合的材料選擇。 (2) 加工方式(設備)與組裝除了基本的木工與金工手工工具外應是多是學校可以提供的設備之外，具備動力的加工機具則需考量校內或教室內之情況，一般而言 3D 列印機、雷射切割機、電動手工工具等建議購置，其他如車床、銑床、CNC、折床、、等具備較大動力或可進行精密數值控制加工的設備則因為售價較高則屬於選擇性設備。組裝方式主要需考量結構材質，木材、金屬材料塑膠材料皆有不同組裝與接合方式，基本有膠合、釘接、鉸接、焊接、銲接、熔接等組裝方式。 (3) 電源系統與控制系統可視實驗裝置或專題作品的複雜度做選擇，如果希望系統總重較低基本電源可以是電壓 7.4~11.1 的小型鋰電池，如果重量不拘可考量電壓 12V 且高電量的鉛酸電池。控制系統部分，如果所需工作電壓與電流量不高或較小型的系統可以可採用較簡單的控制訊號與電力供應方式(如Arduino 搭配馬達需驅動板以 PWM 訊號控制等)。但是如果是電流量大的系統，就需要將控制訊號及電力系統進行區隔，採用大電流(工作電流)由配電盤(PDP, Power Distribution Panel)供電的方式，控制系統則由控制單元(器)以獨立網路系統如 CAN bus 以小電流進行控制訊號傳輸，可提高系統的穩定
--	---

	性。 (4) 量測裝置架設與數據擷取，可以使用手機、相機等易取得的工具，利用手機的 APP 進行聲、光、加速度計、磁力計、影像紀錄等方式。也可在系統中佈建或是獨立佈建一般電子感測元件如超音波、雷射溫度探針、光電感應器、電壓電流測量元件等進行觀察紀錄或測量。 (5) 實驗裝置驅動與程式設計建議採用可程式化控制的驅動元件(組件)，以提昇系統的控制變因穩定度與適應性。程式語言可採用 C++、Labview、JAVA 等常見的程式語言。 實驗裝置製作通常可區分五個部份；第一部份是實驗裝置材料的尋找與選擇，第二部份是加工方式與組裝，第三部份是電力網路與控制網路架置、第四部份是量測裝置架設與數據擷取、第五部份是實驗裝置驅動與程式設計。以上會依學生實驗裝置設計的種類與精準度要求程度而有差異。(1)實驗裝置材料的選擇與取得：建議學生材料的選擇盡量以日常生活當中便宜且容易取得為原則，考慮材料是否易於加工？(2)加工方式與組裝：加工方式有利用手工具、電動工具徒手加工，3D 列印機印製組件，雷射切割機等方式，亦可視學校設備彈性學習加工機具，如：車床、銑床、線切割機、CNC、折床等進行精密加工。(3)電力網路與控制網路架置：若為小型實驗裝置，建立使用 Arduino 進行動力控制。若為大型的實驗裝置如機器人機構測試，需要將電力系統與控制網路進行區隔。電力系統可採用 PDP(Power Distribution Panel)、VRM(Voltage Regulator Module)進行電力分配，控制網路可採用 PWM、CANbus 等資訊傳遞方式。(4)量測裝置架設與數據擷取：建議可盡量使用手機、相機等易取得的工具，使用手機的 APP 進行聲、光、加速度計、磁力計、影像紀錄等方式。或是電子零件材料行可取得之溫度探針、光電感應器、電壓電流測量元件等。(5)實驗裝置驅動與程式設計：實驗裝置的驅動與控制方式，建議學生盡量採用可程式控制的驅動元件，以提昇系統的控制變因穩定度。程式語言可採用 C++、Labview、JAVA 等容易入門的語言。
C3 獨立研究： 1.指導策略： 老師在協助學生進行獨立研究時，應鼓勵學生創新性和自主性，提供必須的指導和支持，以幫助學生完成研究。學生無論是透過生活觀察、媒體新聞，課本延伸等而產生的研究興趣，或者是因教師專長給予主題，文獻查找與閱讀是獨而立研究最開端且重要的一環，教師可以透過關鍵字的指引，指導並協助學生透過查找文獻與整理分析，由研究方向出發，進而界定出學生有意願與感興趣的研究問題。執行時，教師須協助學生找到所需的相關資源和工具，例如實驗室、實驗器材、數據庫等。 2. 促進方式：	C3 獨立研究示例： 1.利用關鍵字指引文獻蒐集與探討方向： 若以指導「太陽磁暴對地球的影響」的獨立研究為例：在最初進行文獻探討的關鍵字可能為：太陽磁場、太陽磁暴、地球磁場、太陽風與極光等等，透過文獻閱讀理解後可能得到造成磁暴的來源：太陽的日冕物質拋射（CME）與太陽表面弱磁場區域太陽風生成的共轉交互作用區（CIR），進而知道地球被磁暴干擾的測量指標 Dst，這便進入更核心的關鍵字。 2.協助學生找到所需的相關資源和工具： 教師可提供 NASA 太陽觀測的 SOHO 資料庫與地球接收到的高能粒子、磁場資

師生共同擬定研究時程，根據時程定期檢核學生進度，適度在研究過程、資料蒐集、資料分析.....各環節給予評價與建議，並了解其落後或超前的原因，幫助學生解決研究中存在的問題和不足，提供改進或升級的建議。也可以鼓勵學生之間進行交流與合作，分享研究成果與經驗，相互學習與支持。 3. 詰問討論： 研究是在執行、初步結果分析與調整研究方法，不斷除錯的過程中進行，以求得最終成果。在每個除錯的歷程，教師以提問的方式促使學生進行反思，例如：若改變某變因，結果會是如何？並且提醒學生得紀錄每個步驟，如此不僅可以幫助進度追蹤，還可利於學習成果的展現。	料庫CDAWeb，讓學生進行資料分析。 3.提供改進或升級的建議： 在完成初階探究後，除了以地磁暴擾動指數Dst分析之外，老師可以提示同學是否有其他相關地球面對磁暴的對應指標，比如地球電流量測量？增加更多變因的探討，以釐清指標間的關聯性。
---	--

◎教材編寫：岡山高中郭銘哲老師、師大附中王靖華老師、南科實中蔡汶鴻老師、新北高中鍾曉蘭老師、明倫高中廖怡甄老師、建國高中葉昭松老師

◎素材提供：師大附中王靖華老師、范穎芳教師、蕭煜修老師、竹南高中邱鳳梅老師、臺北市復興高中邱奕寬老師、桃園高中龍佩君老師、臺中女中王琇嫻老師