

臺北市十二年國民基本教育
特殊教育(資優)課綱
磐石學校優良課程教案

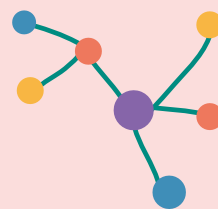


“

部定課程調整－自然科學領域

瘋狂 科學家

”



碧湖國小

馮理詮、顧 薇、周秉弘
陳聖文、林盈君、楊婷雅

臺北市資賦優異教育資源中心 印行

臺北市十二年國民基本教育
特殊教育(資優)課綱
磐石學校優良課程教案

“

部定課程調整－自然科學領域

瘋狂 科學家

”



碧湖國小

馮理詮、顧 薇、周秉弘、陳聖文、林盈君、楊婷雅



臺北市資賦優異教育資源中心
Taipei Resource Center for the Gifted and Talented

目錄



序	莊智鈞	i
推薦序一	于曉平	ii
推薦序二	吳淑敏	iii
壹、基本資料		01
貳、教學規劃說明		08
參、單元教學活動		09
第一單元 科學見習生集合		10
第二單元 科學探究的工具：建模		12
第三單元 電的科學史		14
第四單元 通路的概念		16
第五單元 串聯與並聯		20
第六單元 科學寫作與發表		24
肆、實施建議		31
伍、附錄		35

序

教育部於 103 年 11 月發布《十二年國民基本教育課程綱要總綱》，揭示：十二年國民基本教育（以下簡稱十二國教）課程發展，秉持全人教育精神及「自發」、「互動」、「共好」理念，以「成就每一個孩子—適性揚才、終身教育」為願景；且特將特殊教育納入規劃，以符應融合教育趨勢。其後，更於 108 年 7 月發布十二年國教《特殊教育課程實施規範》及《資賦優異相關之特殊需求領域課程綱要》，揭櫫資優教育課程應以學生之特質及需求規劃，依學生學習功能優異領域 / 科目進行課程調整，並得提供特殊需求領域課程及相關支持服務，以協助其適性學習及發展潛能。

為落實十二年國教特殊教育（資優）相關課程實施規範、課程綱要推動，鼓勵學校創新資優班課程發展，臺北市政府教育局特於 108 年 10 月函頒「臺北市十二年國民基本教育特殊教育（資優）課程綱要磐石學校推動計畫」（以下簡稱「資優課綱磐石學校計畫」），自 108 學年度起補助學校十二年國教資優課綱推動經費，以支持資優班教師專業學習社群運作、創新資優課程模組研發及充實創新資優課程模組教學所需之教材教具及設備設施。108-110 學年度參與學校數，共計 16 校（國小 8 校、國中 7 校、高中 1 校），並從中薦選推動成果績優學校擔任種子學校及後續辦理成果發表會、出版創新資優課程模組研發成果等，以推廣資優課綱推動經驗。

臺北市內湖區碧湖國民小學自 108 學年度起參與資優課綱磐石學校計畫，於 109 學年度獲選為績優學校，該校資優班教師團隊透過專業學習社群運作所研發之部定課程調整—自然科學領域課程模組成果：「瘋狂科學家」，於國小四年級自然科學領域課程基礎上加深加廣，結合科學建模概念，能有效建構學生科學思考概念及培養探究精神，獲得肯定。今特將該校研發之創新資優課程模組成果付梓，以提供各界推動十二年國教資優課綱參考運用。

臺北市資賦優異教育資源中心召集人
臺北市立建國高級中學校長



謹識

111 年 12 月

推薦序一

因應十二年國教的推動，各教育階段學校面臨不小的衝擊，包含教師、課程、行政運作等無不因應政策而需要調整與創新。對資優教育而言，在十二年國教總綱與特殊教育課程實施規範之規定下，各領域課程之學習時數與實施要點亦有更詳盡的依循，引導資優班重新檢視整體課程規劃之適切性。此外，教育部在 108 年同時公布資優相關之特殊需求領域課程綱要（簡稱資優特需領綱），協助資優班老師規劃包含情意發展、創造力、領導才能與獨立研究等課程，促使資優課程更加多元且全面。

而學校規劃資優課程前，除了須先掌握學生的需求與能力外，宜檢視該課程在整體資優班課程地圖的定位，甚至扣緊學校的願景與特色，確認課程設計時需掌握的前後關聯與脈絡。此外，也需要參考資優特需領綱，了解該單元課程所欲培養學生的核心素養與學習重點，包含學習表現與學習內容的選用或新增，為資優班教師加入不少教學上的挑戰。為利於資優班老師發展課程，部分學校於 106 年加入資優前導協作計畫，而臺北市亦於 108 年提出特殊教育（資優）課程綱要磐石學校推動團隊計畫，徵求願意進行課程研發與創新之資優班，108 年共有 10 所中小學加入，109 年其中被評定為績優的三校持續提出申請，願意精進其課程並編定成冊分享，而碧湖國小就是其中一所。

碧湖國小資優教師團隊發現，資優學生對自然科學領域十分感興趣，也常以此進行獨立研究，為滿足中年級學生以探索為主的學習需求，團隊師長選擇以國小四年級的自然科學領域進行加深加廣的教學設計。其以「瘋狂科學家」為單元主題進行電學的概念學習，規劃了一學期每週 1 節共 19 節的選修課程。其中，教師賦予學生科學家的角色，結合科學探究與實作，利用科學建模的歷程：觀察、定題、問題概念化、模型建立、調查研究、模型檢核、模型應用、模型重建等步驟，引發學生的思考智能與問題解決能力。此外，老師們更用心的設計一本科學筆記，引導學生探索自然科學領域的知識，建立科學家應有的思維態度與寫作能力，是具有深度的課程。

有幸在這兩年與碧湖國小教師討論、精進教學設計，看到這個課程從構想到實施、不斷修正，並正式發行成冊與各位分享，耗費老師們很多心力，實屬不易。整體課程在一般自然科學領域課程中進行學習內容的調整，過程中透過資優班老師循序漸進的引導與開放性提問，建構科學的素養。手冊教學理念說明完整、目標具體、教材與學習手冊設計精美，可供老師們參考使用，相信在此課程的學習中，既能引發學生對科學學習的興趣與問題意識，亦能厚實中年級資優學生在科學知識的基礎與推理思考的能力。

國立臺灣師範大學
特殊教育學系 教授



111 年 12 月

推薦序二

臺北市政府教育局為落實十二年國民基本教育特殊教育（資賦優異）相關課程實施規範、課程綱要（以下稱十二年國教資優相關課綱）宣導與內涵推動，聘邀學者專家入校指導，支持校內／校際資優班教師專業學習社群運作，引領學校創新資優班課程發展，研發及推廣創新資優課程模組示例，特訂定磐石學校推動計畫，鼓勵臺北市高級中等以下設有一般智能或學術性向資優班學校提出申請。臺北市內湖區碧湖國民小學自 108 學年度起參與申請，資優班教師團隊透過專業學習社群運作研發自然科學領域課程「瘋狂科學家」教學模組設計，以科學建模做為課程核心，設計適合資優學生的自然科學專長領域優良教材，除了幫助學生學習，也樹立創新資優課程模組研發的典範。

本課程參考邱美虹 (2016) 建模思考的架構，將科學建模的歷程分為觀察、定題、問題概念化、模型建立、調查研究、模型檢核、模型應用、模型重建等步驟，以科學家的思維歷程，培養學生的探究能力及問題解決能力，符應該校資優班課程願景，培養資優生成為「以專家思維解決問題的實踐者」。本人有幸受邀參與本方案計畫審查、執行過程乃至成果報告提供指導與諮詢，見證碧湖國小資優資源班教師展現創意成果，開啟資優教育更多樣的發展方向。

未來教師們可依課程需求彈性地使用課程模組，將課程拆開或重組使用。期待本書的出版，能激發更多學校團隊和師生通力合作，引領孩子邁向幸福快樂的成長歷程，共同激盪出資優教育的火花。

臺北市立大學

特殊教育學系助理教授



111 年 12 月

壹、基本資料



- **學校名稱：**臺北市內湖區碧湖國民小學
- **研發團隊：**【碧湖國小資優教師社群】
馮理詮老師、顧 薇老師、周秉弘老師、
陳聖文老師、林盈君老師、楊婷雅老師
- **課程名稱：**瘋狂科學家
- **教學年級：**國小四年級
- **課程模組屬性：**部定課程調整 (單一領域)
科目 - 自然科學領域
- **課程類型：**全學期課程 (共 19 週) - 每週 1 節

● 教學理念說明

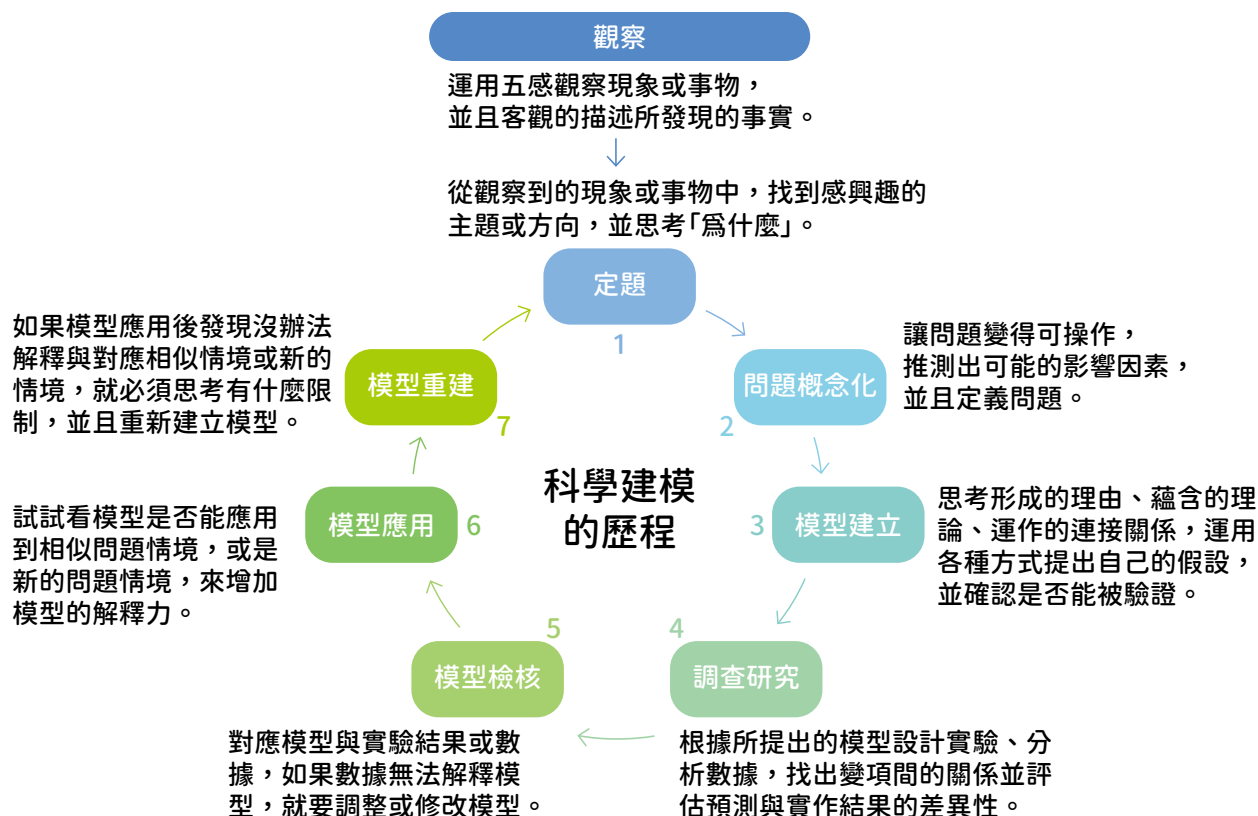
一、回應一般資優生學習特質

本課程設計採「課程即學術理性」的資優課程哲學觀點。Van Tassel-Baska (呂金燮、李乙明譯, 2003) 指出此種源於西方理性主義的課程導向, 強調透過教育使學生理解重要概念, 並使其具備分析與綜合過去知識與成果的能力。在課程內容上, 強調植基於過往概念、經驗的分析與再探索的學習。在國小階段, 自然科學領域能引起資優生的好奇心以及表現出其智力特質, 因此本課程在設計上, 希望透過分析並學習科學家的思考方式, 引導學生內化出自己的科學思考脈絡。

二、回應自然科學的領域特性

自然科學領域課程在素養導向的脈絡下, 更強調領域學科能力整合、內化與應用, 以探究與實作做為科學學習的主要方法, 引導學生理解科學核心概念。在國小階段以「主體經驗」為主, 「客體經驗」為輔, 著重視察、

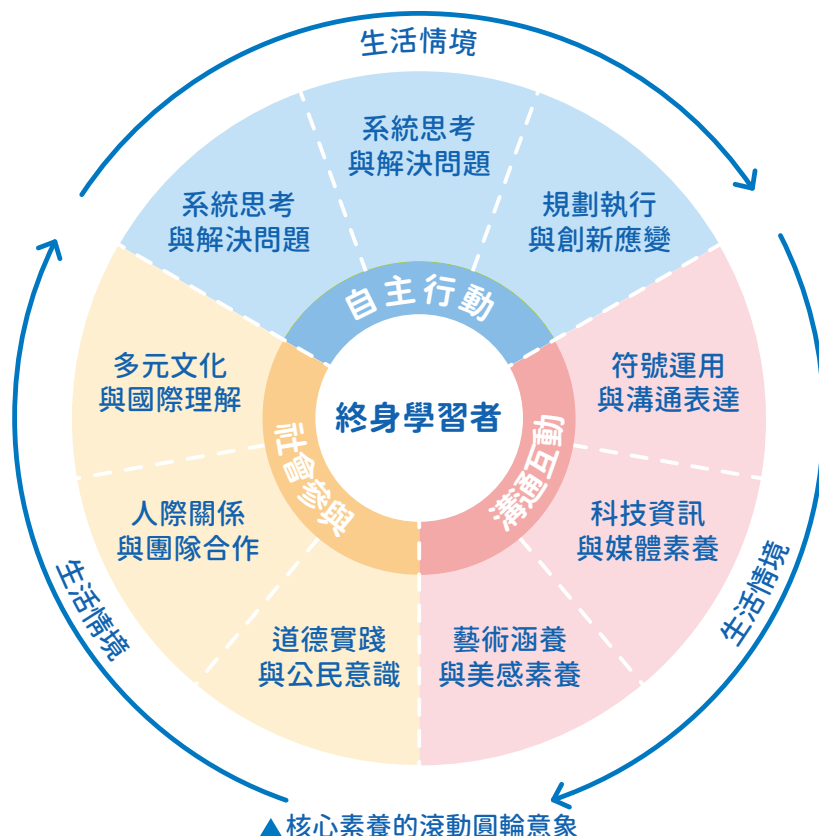
親身體驗和具體操作, 最後提出自己的看法 (國家教育研究院, 2019)。自然科學的領域特性, 能夠有系統的引導這群感官敏銳性高、好奇心強且行動力快的學生, 向著大師學習。在自然科學領綱中, 將學習表現分為科學認知、探究能力、科學的態度與本質, 而探究能力包含思考智能與問題解決, 其下又各自分有四個次項度。本課程以科學建模做為課程核心, 參考邱美虹 (2016) 建模思考的架構, 將科學建模的歷程分為: 觀察、定題、問題概念化、模型建立、模型檢核、模型應用、模型重建等步驟 (如下圖一所示), 帶動學生思考智能、問題解決能力的增進, 培養學生的探究能力。在課程中先以「科學家怎麼煉成的」單元, 引起資優生的問題意識, 透過分析、歸納, 帶入科學建模歷程, 過程中提供學生實作的機會, 透過對主體經驗的歸納發表, 逐步形成學生的科學思考。



圖一 建模思考的歷程

三、回應素養導向的需求

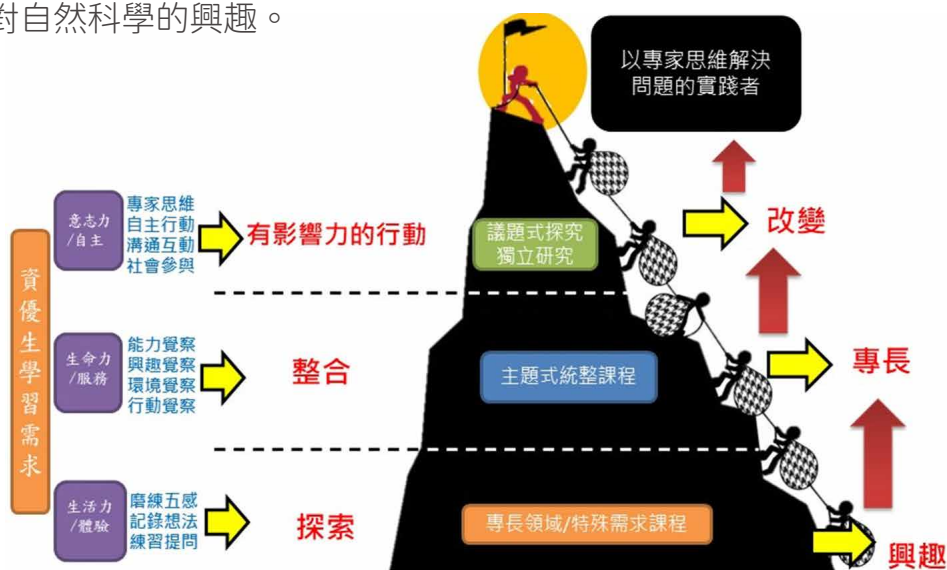
以核心素養的三面九項來看，本單元的學習徑路主要為 A2 系統思考與解決問題、A3 規劃執行與創新應變、B1 符號運用與溝通表達、B2 科技資訊與媒體素養，強調透過科學建模的教學歷程，引導學生學習問問題、拆解問題、思考分析、提出假設、規劃實驗、分析比較、製作圖表、寫作發表。



圖二 課程回應素養導向的徑路

四、回應本校資優生的需求

基於本校資優班的課程願景，中年級資優生的學習目標為「探索」，本課程中，教師賦予學生科學家的角色，在歷程中磨練五感在自然科學中的應用、練習想法的記錄與提問的技巧，培養學生對自然科學的興趣。



圖三 碧湖國小資優班課程願景

● 核心素養、學習表現與學習內容對應情形

參考課程綱要		十二年國民基本教育課程綱要自然科學領域
核心素養	總綱	A2 系統思考與解決問題 A3 規劃執行與創新應變 B1 符號運用與溝通表達 B2 科技資訊與媒體素養
	領綱	· 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件，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、科技設備與資源，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-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。

學習表現	學習內容
· tr-II-1 <u>觀察教師提供的現象，使用 why 的自我提問，初步對現象進行「聚焦」，並主動從網路或文本搜尋可能的解答</u>，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，<u>並以圖畫或文字的方式進行模型的繪製或解說</u>，進而與其生活經驗連結。 · po-II-2 依據觀察、蒐集資料、閱讀、思考、討論等，<u>將 why 問題轉變為 what，使問題概念化（量化、可操弄）</u>。 · pa-II-2 能從得到的資訊或數據，形成解釋、得到解答、解決問題，<u>驗證自身思考模型的正確性</u>。 · pc-II-1 <u>能利用圖畫、文字等說明自身的建模，以口語、文字分享研究的過程與發現</u>。 · ah-II-2 透過有系統的分類與表達方式，與他人溝通自己的<u>模型構想，並透過科展的報告寫作型式，分享自己的想法與發現</u>。 ※ 備註：依據資優學生需求調整之學習表現以<u>底線及顏色</u>標示。	· INa-III-1 物質是由微小的粒子所組成，而且粒子不斷的運動。 · INa-III-5 不同形式的能量可以相互轉換，但總量不變。 · 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。 · 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。 · INe-II-8 物體可分為電的良導體和不良導體，將電池用電線與良導體接成通路，可使燈泡發光、馬達轉動。 · 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。 · INF-II-1 日常生活中常見的科技產品。 · INF-III-1 世界與本地不同性別科學家的事蹟與貢獻。 · INF-III-2 科技在生活中的應用與對環境與人體的影響。

● 議題融入：閱讀素養

● 課程架構說明

▶ 模組名稱：瘋狂科學家

▶ 領域：自然科學

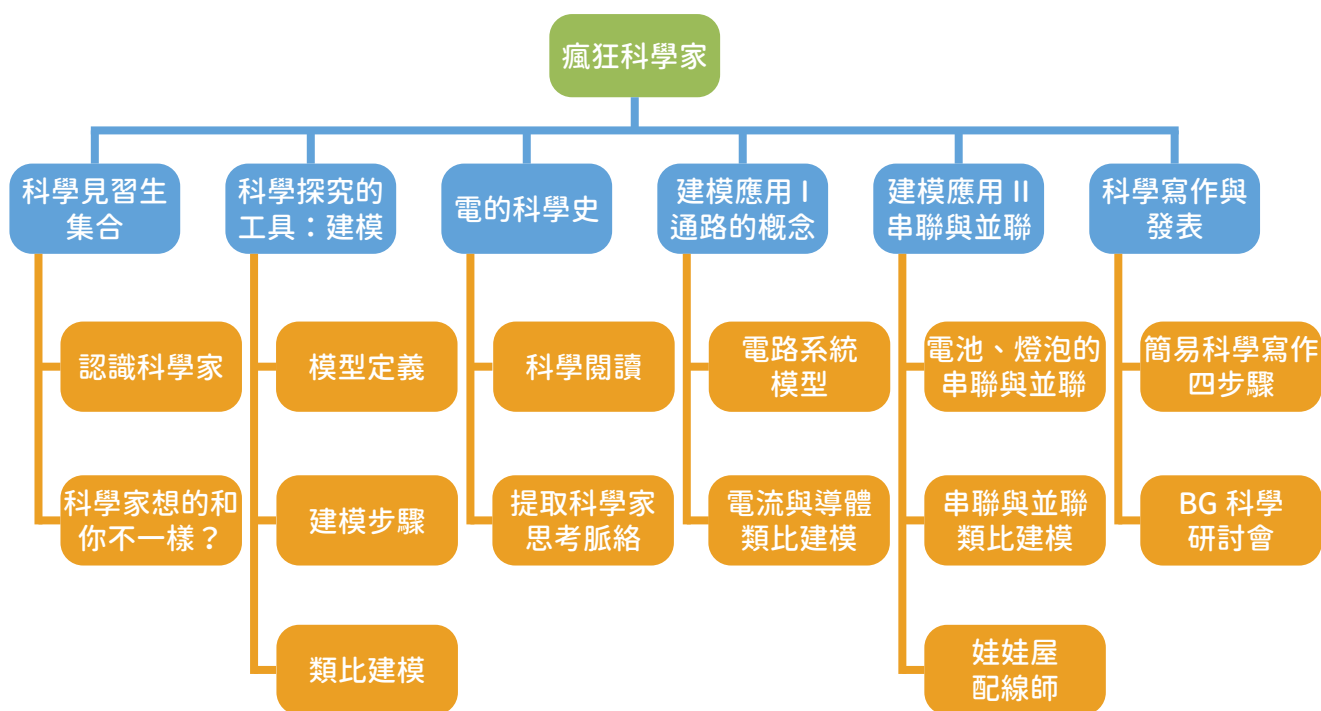
▶ 年級：四年級

▶ 教學目標：

1. 能覺察科學家的思考歷程與一般人（例如：自己）的差異。
2. 能使用科學建模的方式，對於觀察現象或問題提出類比的解釋。
3. 能在科學建模的各個步驟中，對觀察現象提出問題。
4. 能根據教師提供的閱讀材料、現象或是數據，使用科學建模的思考步驟，將其整合形成解釋或解答。
5. 在科學寫作的過程中，能清楚解釋所要表達的問題。
6. 延伸科學筆記中的建模步驟，將其轉化為科學寫作的段落內容。

▶ 總節數：19 節

▶ 課程架構圖



圖四 瘋狂科學家課程架構

► 多元評量

向度	建模能力	科學寫作
科學小學徒	- 對於現象能產生好奇，並且描述該現象特徵。 - 能思考造成現象的原因，提出猜測或推測。	能清楚闡述所要表達的問題。
科學小助手	- 能將問題分解成各項要素，回應「是什麼」造成現象。 - 以文字或圖片說明自己的想法，形成初步的模型。	能使用圖或表說明自己的概念。
科學小老師	- 能透過建立的模型，提供說明，能讓沒學過的人對科學概念有初步的了解。 - 能設計實驗步驟，有系統的蒐集資料。 - 能使用直方圖、折線圖、或是適當的表格呈現實驗結果。	能自己蒐集相關文獻，從問題假設、研究方法、結果與討論的面向說明與自己研究的關聯。
科學小專家	- 能應用模型結果於其他類似情況。 - 能藉由實驗修正或提供模型成立的證據。 - 模型能包含各要素的「特質」與「關係」。 - 能利用自己的模型解決一個新的問題。	使用科展格式的文章撰寫一篇自己的探究發現。



● 學生能力分析 (區分性教學設計)

▶ 學生先備經驗：

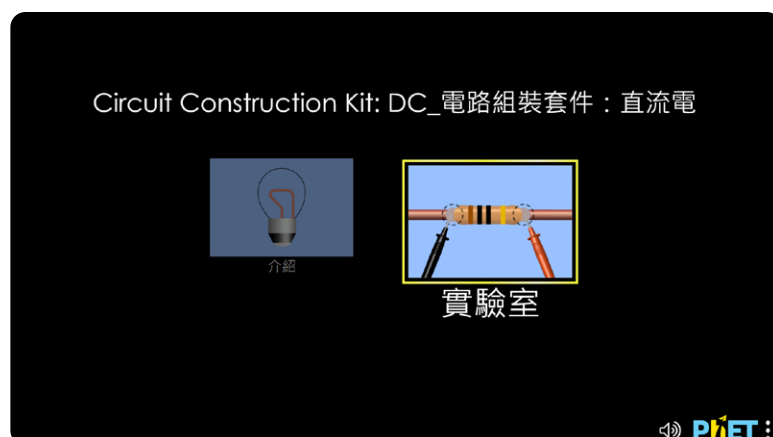
1. 學生在普通班課程中，已學過通、斷路的概念，以及電池、燈泡的串聯或並聯之連接方式。
2. 目前學生大多停留於前二個層次 (科學小學徒及小助手)，期透過科學家能力的分析，引導學生自主的往下一階段層次發展。

▶ 差異化教學設計：

學生代號	資優學習特質	目前學習層次	區分性學習需求調整
A	自然科學領域的知識多來自於主觀經驗。挫折容忍度低，較不願意進行錯誤的嘗試。	建模：科學小學徒 寫作：科學小學徒	1. 在觀察和定題的階段，可以不斷的提供二個學生回應的機會，建立自我效能感。 2. 模型建立的過程中，鼓勵學生以心智圖，先蒐集自己的想法。
B	自然科學領域的知識多來自於主觀經驗。	建模：科學小學徒 寫作：科學小學徒	
C	好奇心強，對於現象的觀察很敏銳。能夠很快的掌握事物的背後原因，並且提出解釋。寫作的邏輯脈絡清楚。	建模：科學小助手 寫作：科學小助手	1. 在課堂中的學習角提供相關主題的科學閱讀文章，鼓勵借閱。 2. 引導學生提出二個以上的模型，並且嘗試評價模型的優劣。
D	學習動機高，非常熱愛自然科學，對於普通班課本中所學的知識能主動的進行延伸探究。	建模：科學小助手 寫作：科學小學徒	3. 在科學寫作教學時除提供格式的範例外，另提供 C 生例句引導，促發科學寫作專家層次。

● 設備資源整合說明

- ▶ 設備資源：筆記型電腦、繪圖板、Ipad、3 號電池、燈泡、電線、面紙盒
- ▶ 軟體資源：PhET：線上科學實驗室 <https://reurl.cc/10exoG>



貳、教學規劃說明

單元名稱	教學內容	核心素養	學習表現	教學目標	節數
單元一 科學見習生 集合	1. 認識科學的起源。 2. 比較科學家與一般人對現象拆解方式之不同見解，分析科學家的思考邏輯。	自-E-A2	tm-II-1	1	2 節
單元二 科學探究的 工具：建模	1. 定義模型的概念。 2. 了解建模的步驟。 3. 學習定義問題及概念化問題。 4. 學習將要素、屬性、關係進行類比。	自-E-A2	tr-II-1	2	3 節
單元三 電的科學史	1. 閱讀「科學家都在做什麼？21 位現代科學達人為你解答」一書，教師以問題引導學生歸納文章重點。 2. 拆解科學文章的結構。 3. 解構作者的思考脈絡。	自-E-A2	tr-II-1 pc-II-1	1 2	2 節
單元四 建模應用 1 通路的概念	1. 以建模步驟，建構電流與導體的模型。 2. 應用類比說明的方式解釋電流與導體的關係。	自-E-A3 自-E-B2	po-II-2 pa-II-2 pc-II-1	3 4	3 節
單元五 建模應用 2 串聯與並聯	1. 以建模步驟，建構燈泡、電池的串聯及並聯概念。 2. 應用類比說明的方式分別解釋串聯與並聯的效果。 3. 以串聯及並聯的建模概念，進行娃娃屋配線的任務。	自-E-B1 自-E-B2	po-II-2 pa-II-2 ah-II-2	3 4 6	4 節
單元六 科學寫作與 發表	1. 閱讀科展文章，找出文章的結構，並分析研究者假設、實驗、結果說明。 2. 將串聯及並聯的配線結果，以科學寫作的步驟進行彙整。 3. 參考科展寫與作格式，練習以 PPT 完成研究動機、研究目的、參考文獻、研究方法、研究結果與討論、結論與建議、參考文獻的簡要敘寫。 4. 發表並互相給予評價，最後完成修正。	自-E-B1	pc-II-1 ah-II-2	5 6	5 節

※ 備註：請對照「壹、基本資料—課程架構說明」之「教學目標」閱讀本頁說明。

參、單元教學活動



- **第一單元：科學見習生集合**
教學時間：2 節
- **第二單元：科學探究的工具：建模**
教學時間：3 節
- **第三單元：電的科學史**
教學時間：2 節
- **第四單元：建模應用 1：通路的概念**
教學時間：3 節
- **第五單元：建模應用 2：串聯與並聯**
教學時間：4 節
- **第六單元：科學寫作與發表**
教學時間：5 節



● 第一單元：科學見習生集合（共 2 節課，80 分鐘）

▶ 課前準備

1. 科學筆記
2. 學生科學家識別證
3. 教師自編投影片
4. 線上影片：

(1) Peggy Sha(2020)。泛科學。網址：<https://reurl.cc/33bpx0>

(2) 電是誰發明的？人類如何從發現電到使用電？電的歷史。

網址：<https://reurl.cc/gQnEAL>

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
【第一節課】認識科學家			
一、引起動機：發現科學家養成的重要要素 (一) 發下上課的科學家身分識別證，並且告知學生使用方式。 (二) 講解科學家身份識別證下方的各項能力特質，請學生進行自評，完成第一次的能力雷達圖評估。	5 分鐘 10 分鐘	課程大綱 科學家識別證 雷達圖	完成雷達圖
二、發展活動：理解科學發展的歷程與原因 ※ 播放投影片，講述科學家的發展史，區分成如下階段： 1. 古典時代：訴諸自然崇拜或信仰。 2. 中世紀：神學、研究方法開始奠基。 3. 啟蒙時代：除魅、邏輯實證論、經驗歸納、理性演繹為主的科學，科學是靜態的「成果」。 4. 現代科學：可被否證，科學是動態的「歷程」而非「結果」，科學的內容必定有可能被證明是錯的，只是現在還沒有被否證。	20 分鐘	科學筆記 p.1-3 教師自編投影片	
三、統整活動：寫出對科學家的印象 ※ 完成學習單： 1. 嘗試設計表格，記錄上課內容。 2. 寫出自己對於科學家特質的初步印象。	5 分鐘	科學筆記 p.4-9	課程摘要記錄



教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援																											
【第二節課】科學家想的和你不一樣？																														
一、引起動機：觀察指南針 (一) 發給每一位學生指南針，並且給予 5 分鐘，請學生進行觀察。 (二) 寫下觀察發現。	5 分鐘	指南針	觀察記錄																											
二、發展活動：觀察科學家思考的不同 (一) 歸納分析：針對同學們所提出的觀察發現，設計表格，進行分類 (如：外型、構造、功能……等)，並依次發表。 (二) 科學家想的和你不一樣：播放以下影片，使學生透過影片對電的歷史有簡單的了解，並了解吉爾伯特 (Gilbert) 與波爾塔的思考及建模歷程的不同。 1. 電是誰發明的？人類如何從發現電到使用電： https://reurl.cc/gQnEAL 2. Lis 科學教材【自然系列 - 物理 電磁學 01】(電與磁的發現) 御前科學對決 https://reurl.cc/06ayrx	10 分鐘 10 分鐘	科學筆記 p.10 科學筆記 p.11 Lis 科學情境教材線上影片	完成 5W1H 表格																											
(三) 觀察科學家：記錄吉爾伯特 (Gilbert) 的思考歷程並發表	5 分鐘	教師自編投影片																												
(四) 我與科學家的差異：用 5W1H 的表格設計 (如下表)，引導學生嘗試比較自己的思考與吉爾伯特的差異。	5 分鐘	科學筆記 p.12																												
<table><tr><td></td><td>what</td><td>how</td><td>where</td><td>who</td><td>when</td><td>why</td></tr><tr><td>學生</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>科學家</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>總結</td><td colspan="6">我和科學家思考主要的差異是：</td></tr></table>		what		how	where	who	when	why	學生							科學家							總結	我和科學家思考主要的差異是：						
	what	how	where	who	when	why																								
學生																														
科學家																														
總結	我和科學家思考主要的差異是：																													
三、統整活動：比較自己與科學家的差異 (一) 發表自己統整出與科學家的思考差異。 (二) 教師引入「模型的概念」，將科學家的假設、實驗設計、成果，初步套用模型的概念進行解釋。	5 分鐘																													

● 第二單元：科學探究的工具：建模 (共 3 節課，120 分鐘)

▶ 課前準備

1. 科學筆記本
2. 請學生帶一個家中的模型過來

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
【第一節課】模型定義			
一、引起動機：模型展示 (一) 發表自己帶的模型，並說明認為它是模型的理由 (二) 學生用自己的話說明模型的定義	5 分鐘	科學筆記 p.13-14	以概念構圖 描述吉爾柏 特對電的思 考
二、發展活動：尋找教室裡不同的模型 (一) 模型的討論： 1. 形態 2. 功能	10 分鐘		
(二) 尋找模型：在資優班中，學生尋找並蒐集認為足以代表模型的物件。	5 分鐘	科學筆記 p.15	
(三) 介紹簡易思考模型概念構圖：教師以模型的定義為例繪製並解釋 (包含概念構圖中以文字框表物件、以箭頭表關聯的概念) 。	10 分鐘	科學筆記 p.16	
三、統整活動：以概念構圖作為一種模型 ※ 閱讀科學筆記 p.17：理解模型的本質、功能與表徵。	10 分鐘	科學筆記 p.17 概念構圖 簡報	
【第二節課】建模步驟			
一、引起動機 ※ 閱讀科學筆記 p.18：吉爾伯特 (Gilbert) 發現指南針傾斜之文章。	5 分鐘	科學筆記 p.18	
二、發展活動：科學家的建模思考歷程 (一) 觀賞影片：電是誰發明的？人類如何從發現電到使用電？電的歷史 https://reurl.cc/gQnEAL	25 分鐘	線上影片	
(二) 以吉爾伯特 (Gilbert) 和波爾塔的思想脈絡為例，引導學生進行分析，完成科學筆記 p.19。		科學筆記 p.19	
(三) 以吉爾伯特 (Gilbert) 的故事為例，運用科學筆記 p.20，說明建模思考的內涵。		科學筆記 p.20	
(四) 引導學生以建模思考歷程為架構，用自己的話在科學筆記 p.21 寫出吉爾伯特 (Gilbert) 在各個歷程中做了哪些事。		科學筆記 p.21	

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
三、統整活動：學生建模思考練習 (一) 播放槭樹種子飛行的影片，引導學生將初步心智模型寫在科學筆記 p.22，完成第一次的建模思考歷程，各歷程規劃如下。 1.觀察 請記錄在影片中看到的槭樹果實形狀。你認為是哪些重點 / 特色，讓它能在空中飛行？ 2.定題 寫寫看，槭樹種子模型如何飛行 (用標準種子模型)？ 3.模型建立 (1) 想一想，要如何修改模型，讓槭樹種子可以在空中停留最多的時間？為什麼你們這麼認為？ (2) 請寫下你們的假設。 4.調查研究 請將你們討論的實驗方法以下列步驟記錄： (1) 我們認為影響飛行時間的原因是：_____ (2) 實驗方法及步驟： 5.模型檢核 (1) 實際做做看，並設計圖、表，記錄你研究結果。 (2) 請歸納研究結果，提出規則，說明研究結果是否符合你們的假設？ (二) 總結本節課建模思考學習重點。	10 分鐘	影片 科學筆記 p.22	觀察翅果飛行影片 完成科學筆記 p.22 建模思考步驟記錄
【第三節課】類比建模			
一、引起動機：認識類比的用途—用易理解的概念解釋複雜概念 (一) 播放顯微鏡下的白血球影片 https://reurl.cc/bGNyLo (二) 討論身體中紅血球、白血球的功能，確認學生的先備知識。	10 分鐘	網路影片	小組討論
二、發展活動：類比的應用 (一) 閱讀科學筆記「細菌感染」，並共同討論完成學習單 (二) 以溶解為例，引導學生完成類比，並且進行資料整理。	20 分鐘	科學筆記 p.24-25 科學筆記 p.26	完成科學筆記 p.25 完成科學筆記 p.26
三、統整活動：發表與修正 (一) 學生發表自己對溶解的類比，並與其他同學進行比較。 (二) 完成本節課程摘要重點記錄。	10 分鐘	科學筆記 p.27	完成科學筆記 p.27

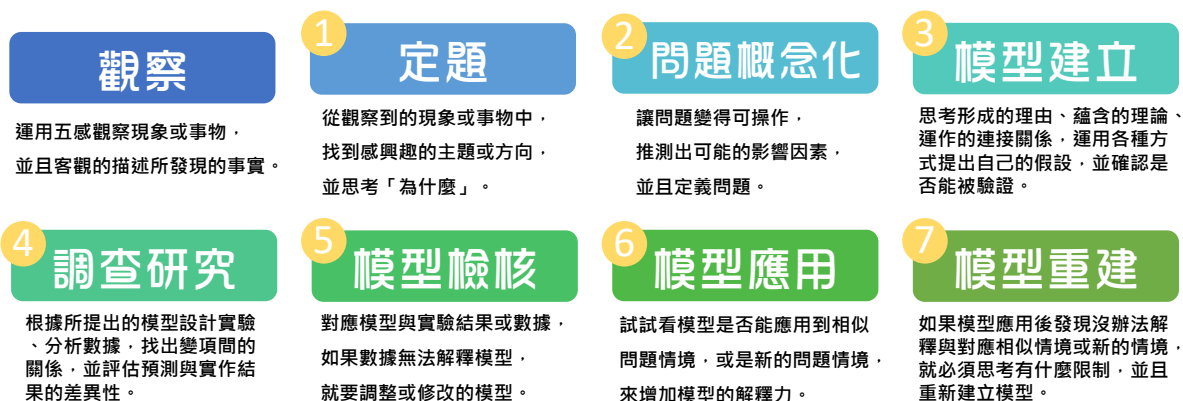
▶ 參考資料：林靜雯教授上課資料：細菌感染的類比範例。

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
(三) 播放生物電爭論影片 (第 II 集), 說明「解釋力」是判斷一個科學假說的重要依據。 1. 伽伐尼的蛙腿戰爭 II (上) https://reurl.cc/KXOvNg 2. 伽伐尼的蛙腿戰爭 II (下) https://reurl.cc/mZkNeA	5 分鐘	LIS 情境 科學教材	
三、統整活動：學生建模思考練習 ※ 比較兩位科學家所提的模型異同，並說明解釋力的差異，若解釋力為該理論或假說的適用範圍較廣，即為解釋力較佳。	10 分鐘		

● 第四單元：通路的概念 (共 3 節課，120 分鐘)

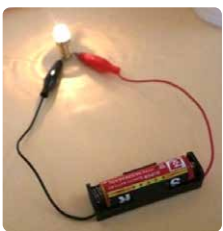
▶ 課前準備

建模步驟圖卡



教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
【第一節課】電路系統模型			
一、引起動機：複習建模思考 (一) 教師連接線路讓燈泡發亮，請學生思考：如果你是科學家，你會運用哪些思考步驟觀察讓燈泡發亮的原因？	10 分鐘		
(二) 發下建模思考步驟圖卡，請學生依自己的想法排下個人的建模思考步驟。			
		建模思考 步驟圖卡	能排出自己的 建模思考 步驟

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援										
(三) 複習舊經驗：科學建模的歷程 觀察 運用五感觀察現象或事物，並且客觀的描述所發現的事實。 ↓ 從觀察到的現象或事物中，找到感興趣的主題或方向，並思考「為什麼」。 定題 1 讓問題變得可操作，推測出可能的影響因素，並且定義問題。 問題概念化 2 模型建立 3 思考形成的理由、蘊含的理論、運作的連接關係，運用各種方式提出自己的假設，並確認是否能被驗證。 調查研究 4 根據所提出的模型設計實驗、分析數據，找出變項間的關係並評估預測與實作結果的差異性。 模型檢核 5 對應模型與實驗結果或數據，如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。 模型應用 6 試試看模型是否能應用到相似問題情境，或是新的問題情境，來增加模型的解釋力。 模型重建 7 如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。 科學建模的歷程													
二、發展活動：建模能力的規準與實作 (一) 呈現科學建模能力的規準，讓學生檢視自己目前在哪个層次，並了解未來可以往哪些方向精進自己的能力。各組學生以科學建模的架構發表其建立的模型，提出假設並具體說明原因，並藉由同儕互評，互相給予建議與回饋。	10 分鐘												
<table><tr><th>向度</th><th>建模能力</th></tr><tr><td>科學小學徒</td><td> - 對於現象能產生好奇心，並且描述該現象特徵。 - 能思考造成現象的原因，提出猜測或推測。 </td></tr><tr><td>科學小助手</td><td> - 能將問題分解成各項要素，回應「是什麼」造成現象。 - 以文字或圖片說明自己的想法，形成初步的模型。 </td></tr><tr><td>科學小老師</td><td> - 能透過建立的模型，提供說明，讓沒學過的人對科學概念有初步的了解。 - 能設計實驗步驟，有系統的蒐集資料。 - 能使用直方圖、折線圖，或是適當的表格呈現實驗結果。 </td></tr><tr><td>科學小專家</td><td> - 能應用模型結果於其他類似情況。 - 能藉由實驗修正或提供模型成立的證據。 - 模型能包含各要素的「特質」與「關係」。 - 能利用自己的模型解決一個新的問題。 </td></tr></table>	向度	建模能力	科學小學徒	- 對於現象能產生好奇心，並且描述該現象特徵。 - 能思考造成現象的原因，提出猜測或推測。	科學小助手	- 能將問題分解成各項要素，回應「是什麼」造成現象。 - 以文字或圖片說明自己的想法，形成初步的模型。	科學小老師	- 能透過建立的模型，提供說明，讓沒學過的人對科學概念有初步的了解。 - 能設計實驗步驟，有系統的蒐集資料。 - 能使用直方圖、折線圖，或是適當的表格呈現實驗結果。	科學小專家	- 能應用模型結果於其他類似情況。 - 能藉由實驗修正或提供模型成立的證據。 - 模型能包含各要素的「特質」與「關係」。 - 能利用自己的模型解決一個新的問題。			
向度	建模能力												
科學小學徒	- 對於現象能產生好奇心，並且描述該現象特徵。 - 能思考造成現象的原因，提出猜測或推測。												
科學小助手	- 能將問題分解成各項要素，回應「是什麼」造成現象。 - 以文字或圖片說明自己的想法，形成初步的模型。												
科學小老師	- 能透過建立的模型，提供說明，讓沒學過的人對科學概念有初步的了解。 - 能設計實驗步驟，有系統的蒐集資料。 - 能使用直方圖、折線圖，或是適當的表格呈現實驗結果。												
科學小專家	- 能應用模型結果於其他類似情況。 - 能藉由實驗修正或提供模型成立的證據。 - 模型能包含各要素的「特質」與「關係」。 - 能利用自己的模型解決一個新的問題。												

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
(二) 揭示任務：科學見習生們要學習科學家的思考方式，以「科學建模」的步驟探究科學現象。 1. 觀察階段：請學生仔細觀察圖片中的現象，並針對現象提出客觀的事實。 2. 定題與問題概念化階段：引導學生依據所提出的事實，進一步思考問題，讓問題變得可操作，並推測可能的影響因素。 3. 模型建立階段：分組進行小組討論，針對各組所定義的問題，思考形成的理由與運作的連接關係，並提出合邏輯的假設。	15 分鐘	科學筆記 p.44-45	完成科學筆記 p.45 題目
 三、統整活動：歸納今日重點與發布作業 (一) 歸納今日教學重點 1. 以科學建模的方式觀察電學現象，提出問題，並探討可能的影響因素。 2. 依據各組所定義的問題提出相應的假設，建立科學模型。 (二) 發布回家作業：下一次上課將進入「調查研究」階段，請依據各組在「模型建立」中提出的假設，設計相應的實驗步驟與測量方法，並準備實驗器材。 (三) 預告下次教學內容：請各組分享各自的實驗設計，根據規劃進行實驗操作。	5 分鐘	科學筆記 p.46	完成科學筆記 p.46
【第二節課】電路建模思考			
一、引起動機：完成自己的建模思考 ※ 依據上週的建模思考步驟，尚有調查研究 (實驗設計步驟) 未完成，請學生發表他們初步的建模思考，並且說明自己的調查研究步驟。	5 分鐘	科學筆記 p.47	完成科學筆記 p.47
二、發展活動：建模思考的實作與驗證 (一) 調查研究階段：根據所提出的模型設計實驗、分析數據，找出變項間的關係，並評估預測與實作結果的差異性。 1. 發下燈泡、電線、電池，開始實驗。 2. 自行設計表格進行記錄。	10 分鐘	科學筆記 p.47	
(二) 模型檢核階段：對應模型與實驗結果或數據，如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。 ※ 以記錄的資料「支持」或「駁斥」原來的模型，進行模型的精緻化，或是修正。	5 分鐘	科學筆記 p.47	

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
(三) 模型應用階段： 試試看模型是否能應用到相似問題情境或新的問題情境，以增加模型解釋力。 ※ 在科學筆記 p.48 進行模型的應用，嘗試以自己的模型解釋類似情境。	5 分鐘	科學筆記 p.48	完成科學筆記 p.48
(四) 模型重建階段： 如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新情境，請調整或重建模型。	5 分鐘	科學筆記 p.48	
三、統整活動：發表建模歷程與相關文獻閱讀 (一) 發表自己的建模歷程。 (二) 閱讀科學筆記 p.49，了解通路、斷路的概念，對照自身的建模歷程，思考是否有需要修正之處。	10 分鐘	科學筆記 p.49	閱讀科學筆記 p.49，說明自己對於通路、斷路概念的理解
【第三節課】電流與導體			
一、引起動機 ※ 整理學生之前發表的建模內容：提醒學生在「定題」或「問題概念化」的階段，大家會關注的重點都不同。仔細思考會發現，我們已知電路的接法可能會形成通路與斷路，必須形成迴路才能使燈泡發亮，那為什麼有些迴路接法正確，燈泡仍然不亮呢？是什麼在電路中跑呢？	5 分鐘	科學筆記 p.50	
二、發展活動：類比建模的應用與思考 (一) 請學生思考「為什麼形成通路燈泡就會發亮？」 (二) 當形成通路時，電是如何在通路中流動？為什麼是這樣流動？ (三) 閱讀科學筆記 p.52，從文獻中理解電路系統運作的原理，以及電流、電荷與導電的知識。 (四) 引導學生以類比的形式，完成電路系統中各要素的界定與類比，並形成較為淺顯易懂的解釋。	5 分鐘 5 分鐘 5 分鐘 15 分鐘	科學筆記 p.51 科學筆記 p.52 科學筆記 p.53-55	完成科學筆記 p.51 閱讀科學筆記 p.52 說明發現 完成科學筆記 p.53-55
三、統整活動：模型的解釋力與模型重建 ※ 提出各種情況，檢驗學生的模型解釋力：如果已經使用正確的方式將電池、電線和燈泡連接，但燈泡卻沒有發亮，可能是因為哪些因素？請學生依照其類比的形式進行現象的解釋，若有無法解釋之處，嘗試進行類比形式的修正。	5 分鐘		

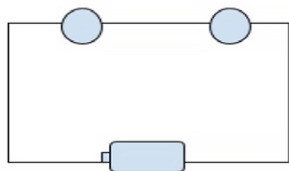
● 第五單元：串聯與並聯 (共 4 節課，160 分鐘)

▶ 課前準備

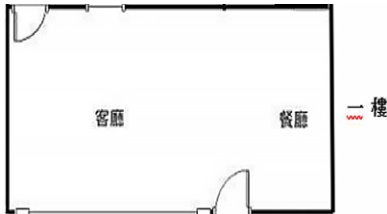
1. 科學筆記
2. 教師自編投影片
3. 均一教育平台影片

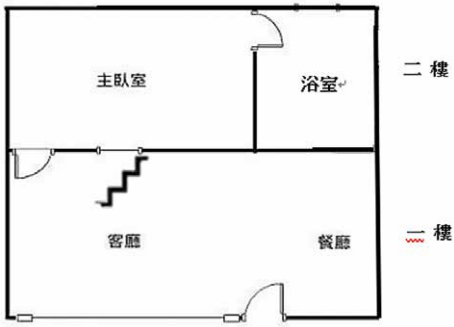
教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
【第一節課】電池的串聯與並聯			
一、引起動機： (一) 搭配科學筆記 p.56，播放均一教育平台關於電池串聯及並聯的影片。 https://reurl.cc/X5aNL3 (二) 各組動手操作電池串聯與並聯的連接。	5 分鐘	科學筆記 p.56 均一教育平台串聯與並聯概念影片	完成電池串聯與並聯的連接
二、發展活動：電池串聯與並聯的建模思考 (一) 觀察階段： 教師請學生觀察電池串聯與並聯的異同之處。運用五感觀察現象或事物，客觀描述所發現的事實，請學生先畫出電池串聯、並聯的圖，再比較他們的差異。	5 分鐘	科學筆記 p.57	完成科學筆記 p.57-62
(二) 定題與問題概念化階段： 引導學生依據所提出的事實，進一步思考問題，讓問題變得可操作，並推測可能的影響因素。	5 分鐘	科學筆記 p.57-58	
(三) 模型建立階段： 分組進行討論，針對各組所定義的問題，思考形成的理由與運作的連接關係，並提出合邏輯的假設。	5 分鐘	科學筆記 p.58	
(四) 調查研究階段： 使用有限的材料，根據所提出的模型設計實驗、分析數據，找出變項間的關係，並評估預測與實作結果的差異性。	5 分鐘	科學筆記 p.59	
(五) 模型檢核階段： 對應模型與實驗結果或數據，如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。 ※ 以記錄的資料「支持」或「駁斥」原來的模型，進行模型的精緻化，或是修正。	2 分鐘	科學筆記 p.60	
(六) 模型應用階段： 試試看模型是否能應用到相似問題情境或新的問題情境，以增加模型解釋力。 ※ 根據實驗及模型修正後的結果，教師請學生比較增加並聯的電池數後，燈泡的亮度是否會追上串聯方。	5 分鐘	科學筆記 p.60	
(七) 模型重建階段： 如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新情境，請調整或重建模型。	3 分鐘	科學筆記 p.61	

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
三、統整活動 ※ 將模型統整後，配合科學筆記，用類比的方式發表自己的想法。	5 分鐘	科學筆記 p.62	
【第二節課】燈泡的串聯與並聯			
一、引起動機 (一) 搭配科學筆記 p.63，播放均一教育平台燈泡串聯、並聯的影片。 https://reurl.cc/X5aNL3 (二) 各組動手操作進行燈泡串聯與並聯的連接。	5 分鐘	科學筆記 p.63 均一平台 燈泡串聯與 並聯概念 影片	完成燈泡 串聯與並聯 的連接
二、發展活動 (一) 觀察階段： 教師請學生觀察燈泡串聯與並聯的異同之處。運用五感觀察現象或事物，客觀描述所發現的事實，請學生先畫出燈泡串聯、並聯的圖，再比較他們的差異。	5 分鐘	科學筆記 p.63	完成科學 筆記 p.63-68
(二) 定題與問題概念化階段： 引導學生依據所提出的事實，進一步思考問題，讓問題變得可操作，並推測可能的影響因素。	5 分鐘	科學筆記 p.63-64	
(三) 模型建立階段： 分組進行討論，針對各組所定義的問題，思考形成的理由與運作的連接關係，並提出合邏輯的假設。	5 分鐘	科學筆記 p.64	
(四) 調查研究階段： 使用有限的材料，根據所提出的模型設計實驗、分析數據，找出變項間的關係，並評估預測與實作結果的差異性，引導學生設計表格記錄燈泡亮度。	5 分鐘	科學筆記 p.65	使用教師提 供的電池、 燈泡、電線 操作完成燈 泡串聯與並 聯的連接
(五) 模型檢核階段： 對應模型與實驗結果或數據，如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。 ※ 以記錄的資料「支持」或「駁斥」原來的模型，進行模型的精緻化，或是修正。	3 分鐘	科學筆記 p.66	
(六) 模模型應用階段： 試試看模型是否能應用到相似問題情境或新的問題情境，以增加模型解釋力。 ※ 例：如果電池和燈泡的數量不變，如何讓燈泡變亮，請試著畫出來，說明你的假設，並實際以這些器材連結。	5 分鐘	科學筆記 p.66	



22

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援										
(2) 任務二：請為二樓的房間和浴室裝上燈泡，房間需要比浴室亮，且有獨立開關。 材料：2 個燈泡、2 個電池、2 個開關、電線不限 ※ 引導學生先畫出設計圖，說明設計原理，建立思考模型，再使用 PhET 操作驗證。 3. 引導學生參考評量規準進行自評及互評，並鼓勵學生說明原因。 ※ 評量規準 <table><tr><th>層次向度</th><th>建模思考</th></tr><tr><td>科學小學徒</td><td>· 憑藉直覺完成設計圖，未能說出背後的科學原理。</td></tr><tr><td>科學小助手</td><td>· 能思考任務要求，畫出 1 種設計圖，並且說出背後的科學原理。 · 在 PhET 上嘗試，並能修正錯誤模型。</td></tr><tr><td>科學小老師</td><td>· 能思考任務要求，畫出 2 種以上的設計圖，並且說出背後的科學原理。 · 在 PhET 上嘗試或修正。</td></tr><tr><td>科學小專家</td><td>· 能將創意結合已知的知識，繪製設計圖，解決新的情境問題。</td></tr></table>	層次向度	建模思考	科學小學徒	· 憑藉直覺完成設計圖，未能說出背後的科學原理。	科學小助手	· 能思考任務要求，畫出 1 種設計圖，並且說出背後的科學原理。 · 在 PhET 上嘗試，並能修正錯誤模型。	科學小老師	· 能思考任務要求，畫出 2 種以上的設計圖，並且說出背後的科學原理。 · 在 PhET 上嘗試或修正。	科學小專家	· 能將創意結合已知的知識，繪製設計圖，解決新的情境問題。	8 分鐘 5 分鐘		使用 PhET 完成電路配置 依據規準完成自評與互評
層次向度	建模思考												
科學小學徒	· 憑藉直覺完成設計圖，未能說出背後的科學原理。												
科學小助手	· 能思考任務要求，畫出 1 種設計圖，並且說出背後的科學原理。 · 在 PhET 上嘗試，並能修正錯誤模型。												
科學小老師	· 能思考任務要求，畫出 2 種以上的設計圖，並且說出背後的科學原理。 · 在 PhET 上嘗試或修正。												
科學小專家	· 能將創意結合已知的知識，繪製設計圖，解決新的情境問題。												
三、統整活動：出題 (一) 請學生說明自評及各組評量結果。 (二) 請學生出題作為彼此的回家作業：如果你有一個娃娃屋，你可能會有什麼需求，根據需求可以怎麼配線，讓娃娃屋的使用者更為方便？	10 分鐘		完成配線出題										
【第四節課】娃娃屋配線師：串聯與並聯的應用與類比													
一、引起動機： ※ 回顧上週作業成果：學生分享作業配線成果，並說明原理。 二、發展活動：串聯與並聯的交互應用 ※ 延續上週娃娃屋的布題，本次安排二個題目，加強學生在設計圖完成後的說明，並且相互評價。 1. 布題一：阿文對於一樓的總開關電路設計不滿意，他希望除了總開關外，再加裝二個開關，讓客廳和餐廳能的燈泡能夠單獨被關掉，你能幫幫他嗎？ 材料：2 個燈泡、1 個電池、3 個開關、電線不限 	5 分鐘 10 分鐘	PhET	在 PhET 平台上完成任務										
2. 檢討「布題一」學生的任務完成情況，並請學生說明其建模思考。	5 分鐘												

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
3. 布題二：阿文想在樓梯裝設電燈，並希望能在二樓打開，二樓關掉，請問可以如何配線？（請也嘗試在紙上繪製出電路圖） 材料：一個燈泡、一個電池、二個開關、電線不限 	10 分鐘		在 PhET 平台上完成任務
4. 檢討「布題二」學生的任務完成情況，並請學生說明其建模思考。	5 分鐘		
三、統整活動：以簡報記錄配線思考 (一) 將本次上課的任務統整，並發布回家作業：以 PPT 記錄此次線上操作的思考歷程。 (二) 教師示範以任務二為例，製作投影片： 1. 第一頁：說明委託任務。 2. 第二頁：呈現自己的設計圖並發表。 3. 第三頁：呈現自己的 PhET，說明是否支持自己一開始的設計圖，並緊扣任務需求。	5 分鐘		完成回家作業 PPT

● 第六單元：科學寫作與發表（共 5 節課，200 分鐘）

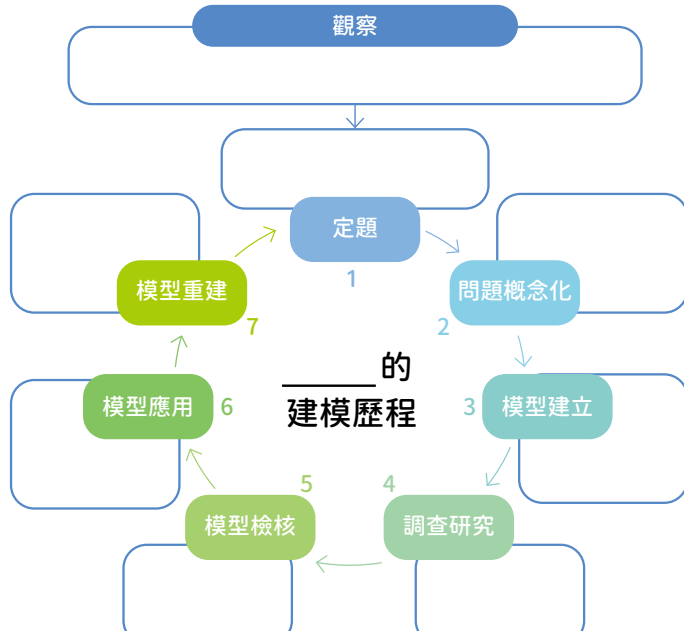
▶ 課前準備

1. 科學人雜誌
2. 昆蟲百科
3. 自然課本
4. 科展的 PPT 報告
5. 3D 印表機說明書
6. 小說
7. 散文
8. 科展作品
9. PPT
10. 學習單

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
【第一節課】科學寫作是什麼？			
一、引起動機 (一) 寫作類型分類：教師準備「科學人雜誌」、「昆蟲百科」、「自然課本」、「科展的 PPT 報告」、「3D 印表機說明書」、「小說」、「散文」，引導學生分類，思考哪一些算是科學寫作的範疇？ (二) 引導學生分類，並說明理由。	10 分鐘	科學人雜誌、昆蟲百科、自然課本、科展的 PPT 報告、3D 印表機說明書、小說、散文	能對各類的文體進行分類，並說明其分類為科學寫作的理由

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援				
二、發展活動：教師引導學生進行科學寫作重點分析 (一) 想法凝聚：從引起動機的活動中，整理學生的理由，歸納出科學寫作的重點與應避免之處。過程中需不斷的翻閱、比較、澄清各類文體的特點，引導學生凝聚出科學寫作的獨特性。 (二) 科學寫作的要與不要 <table><tr><th>要</th><th>不要</th></tr><tr><td> 1. 要有清楚的前因後果脈絡 能讓他人清楚看出寫作的目的 (如：說明某種現象的原因、解決問題或是提出觀察結果或觀點)。故以說明書而言，內容僅記載操作步驟，未敘明其產生原理，因此不算科學寫作。 2. 要有與研究相關之書籍或資料的閱讀及摘要 應能提出關於這個主題，其他人做了哪些研究？有什麼看法？ 3. 根據文章，能分析哪些問題已被解決？哪些尚未被解決？ 4. 圖表使用 若需設計實驗或觀察，以回答提出的問題，應盡量以簡要的表格呈現，避免以量化 (數字) 的方式說明。 </td><td> 不要使用模稜兩可的語句或詞彙 (如：電流有點多、燈泡有一些變亮有一些沒有……)。 </td></tr></table> (三) 釐清定義：大致上來說，只要個人寫作的內容涉及科學的相關主題，不僅是科學知識層面的，甚至是科學家或科學史的介紹，都可定義為科學寫作。舉凡一般人平時閱讀的基礎科普讀物、科學相關報章雜誌，到專業人士參考的科學專書、論文發表，甚至是學生的科學作業、實驗報告等，都屬於科學寫作的範圍。然而科學寫作有一定的範式，故有必要透過進一步與其他寫作類型比較，分析與界定其特性。	要	不要	1. 要有清楚的前因後果脈絡 能讓他人清楚看出寫作的目的 (如：說明某種現象的原因、解決問題或是提出觀察結果或觀點)。故以說明書而言，內容僅記載操作步驟，未敘明其產生原理，因此不算科學寫作。 2. 要有與研究相關之書籍或資料的閱讀及摘要 應能提出關於這個主題，其他人做了哪些研究？有什麼看法？ 3. 根據文章，能分析哪些問題已被解決？哪些尚未被解決？ 4. 圖表使用 若需設計實驗或觀察，以回答提出的問題，應盡量以簡要的表格呈現，避免以量化 (數字) 的方式說明。	不要使用模稜兩可的語句或詞彙 (如：電流有點多、燈泡有一些變亮有一些沒有……)。	20 分鐘		課堂討論參與
要	不要						
1. 要有清楚的前因後果脈絡 能讓他人清楚看出寫作的目的 (如：說明某種現象的原因、解決問題或是提出觀察結果或觀點)。故以說明書而言，內容僅記載操作步驟，未敘明其產生原理，因此不算科學寫作。 2. 要有與研究相關之書籍或資料的閱讀及摘要 應能提出關於這個主題，其他人做了哪些研究？有什麼看法？ 3. 根據文章，能分析哪些問題已被解決？哪些尚未被解決？ 4. 圖表使用 若需設計實驗或觀察，以回答提出的問題，應盡量以簡要的表格呈現，避免以量化 (數字) 的方式說明。	不要使用模稜兩可的語句或詞彙 (如：電流有點多、燈泡有一些變亮有一些沒有……)。						
三、統整活動：取得科學寫作要素的共識 ※ 依據共構的科學寫作要素，重新對各類文體進行分類並取得共識。	10 分鐘		能再次分類各類文體，取得共識，進而找出科學寫作文章。				

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援										
【第二節課】科學寫作的練習 I：知識分享的科學寫作													
一、引起動機：科學寫作的功能－有脈絡的整理知識 (一) 教師提問：請同學試著說明本學期以電路作為建模思考的學習歷程，並歸納學生的敘述方式。 (二) 與學生共同思考：如果要將這學期對於電路的理解，有條理的向其他人說明分享，有哪些是一定要放進內容中的？(如：手寫的概念構圖、調查研究的器材與步驟、建模思考的內容、最終問題解決的思考……等)	5 分鐘	科學筆記 p.71	課堂討論										
二、發展活動：建構知識分享型的科學寫作架構 (一) 教師提出科學寫作評量規準的初稿，歸納學生發言內容，並加入規準的敘寫中，形成科學寫作評量規準的共識。	5 分鐘	評量規準 草稿	完成評量 規準的共構										
<table><tr><td></td><td>科學寫作</td></tr><tr><td>科學小學徒</td><td>· 能清楚闡述所要表達的問題。</td></tr><tr><td>科學小助手</td><td>· 能使用圖或表說明自己的概念。</td></tr><tr><td>科學小老師</td><td>· 能自己蒐集相關文獻，從問題假設、研究方法、結果與討論的面向說明與自己研究的關聯。</td></tr><tr><td>科學小專家</td><td>· 使用科展格式的文章撰寫一篇自己的探究發現。</td></tr></table>					科學寫作	科學小學徒	· 能清楚闡述所要表達的問題。	科學小助手	· 能使用圖或表說明自己的概念。	科學小老師	· 能自己蒐集相關文獻，從問題假設、研究方法、結果與討論的面向說明與自己研究的關聯。	科學小專家	· 使用科展格式的文章撰寫一篇自己的探究發現。
	科學寫作												
科學小學徒	· 能清楚闡述所要表達的問題。												
科學小助手	· 能使用圖或表說明自己的概念。												
科學小老師	· 能自己蒐集相關文獻，從問題假設、研究方法、結果與討論的面向說明與自己研究的關聯。												
科學小專家	· 使用科展格式的文章撰寫一篇自己的探究發現。												
(二) 以本學期電路的建模思考學習歷程為例，引導學生將要放入科學寫作的內容按順序鋪陳，以利閱讀者理解。建議學生按照以下要項思考寫作架構： 1.確認主題：確認要介紹的主題(如：通路與斷路、電池的串聯與並聯、燈泡的串聯與並聯、串聯與並聯線路的連接與應用)。 2.提出問題：以一個問題作為第一段的敘寫重點，引起讀者的興趣。 (以通路的主題為例，第一段可以引導學生進行以下敘寫：當你有一顆燈泡、一個電池、二條電線時，如何讓燈泡發亮呢？如果你的回答是「電」的話，那我們更進一步想想，為什麼在有電的情況下，有的連接方式燈泡會亮，有的時候確不亮呢？電在連接的線路中，是怎麼跑的呢？) 3.建模思考：以建模思考的格式說明自己的思考方式與內容，詳述自己在建模思考各階段中的發現或作法，讓讀者理解自己在各階段思考的運作，以此回應一開始所提出的問題。 ※ 在此處可放入學生認為重要的資訊，例如手繪的概念構圖作為「3. 模型建立階段」的重要文件，或是研究器材、步驟、歷程的文件與照片，作為「4. 調查研究階段」的重要說明素材。	10 分鐘	科學筆記 p.44-70 											

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
 4. 歸納總結：針對一開始所提出的問題，將建模思考所得到的結論做簡單的總結，嘗試以「類比」的型式讓讀者更簡易的理解該概念。 三、統整活動：進行簡單的科學寫作 ※ 以上述歸納的架構，引導學生從過去的科學筆記中，整理出需要用的資料，以簡報方式進行知識分享型的科學寫作。 	20 分鐘		以簡報方式，參考歸納的架構完成知識分享型的科學寫作。
【第三節課】科學寫作的練習 II：科展寫作格式			
一、引起動機：在原有的知識上思考其他的可能 ※ 教師提問：這學期我們以電池、電線、燈泡作為元件，理解了通路、斷路、串聯與並聯的概念，這是很基礎的電學。在對「電」有了一定的認識基礎後，大家不妨想一想其他的小學生，在學習了這個知識後，他們會產生什麼好奇的想法？又做了什麼延伸的研究呢？ 二、發展活動：理解科展科學寫作的架構 (一) 搜尋中小學科展作品：教師先簡介中小學科展，再引導學生搜尋網站，找到以「電」為主題的科展作品。 (二) 介紹科展寫作的形式：藉由簡單的介紹，說明科展的寫作格式亦為科學寫作的形式之一。再以科展作品「靜觀奇電」為例，向學生介紹再興國小的學生，從生活中產生了對靜電的好奇，釐清為何靜電可以被歸類為「電」之後，以此主題，進行科學寫作。	5 分鐘 20 分鐘	中華民國第 45 屆中小學科學展覽會國小組化學科：靜觀奇電，再興國小。	課堂參與

教學內容	時間	教學資源	評量方式 / 教學支援																
1. 理解科展寫作的架構：引導學生了解科學寫作的格式，從目錄進行架構的理解。 (1) 從靜觀奇電的主題，推測研究的內容。 (2) 閱讀科展作品目錄，講解科展作品架構。 2. 研究內容的探究 (1) 從靜觀奇電的研究目的，引導學生思考該如何進行實驗設計，解答研究目的。 (如：根據研究目的，需要設計幾個實驗？在可觀察、可量化、可複製的科學實驗思考下，我們如何為每個目的打造實驗器材、步驟？) (2) 整理學生設計的實驗構想，對照科展內容中的實驗設計，比較其中的異同，並對自身的實驗構想進行修正。 (如：研究目的第二項說明，提到實驗者欲尋找測量靜電的方法。在量測時，可以分為「有無」、「多寡」進行思考，我們可以看到靜電容易測量其「有無」，但「多寡」的測量該以何種方式量測界定？) (3) 分配學生閱讀靜觀奇電之「研究過程與結果」章節，每一組記錄以下重點： a. 該研究歷程係為回應哪一個研究目的？ b. 解讀所用圖表的意義 (4) 記錄科展作品中，作者的假設、實驗、結果，並檢視是否具脈絡性，以利回應研究問題、研究目的。 三、統整活動：摘要記錄 ※ 教導學生科展寫作格式，以「靜觀奇電」為例，練習以 PPT 完成研究動機、研究目的、文獻探討、研究方法、研究結果與討論、結論與建議、參考文獻的簡要敘寫。	15 分鐘	教師自編投影片	口頭說出科展作品架構及內容 完成科展摘要簡報																
【第四節課】科展寫作與建模思考的連結																			
一、引起動機： ※ 列出科展寫作的格式及建模歷程的架構，引導學生思考科展寫作格式及建模歷程的內容概念，討論兩者相通之處。 <table><tr><th>科展寫作</th><th>建模歷程</th></tr><tr><td>研究動機</td><td>觀察、定題</td></tr><tr><td>研究目的</td><td>問題概念化</td></tr><tr><td>文獻探討</td><td>從文獻中重新定題、將問題概念化、建立初步的思考模型 (提出假定與推論)</td></tr><tr><td>研究方法</td><td>調查研究</td></tr><tr><td>結果與討論</td><td>模型檢核 (類似研究對照)</td></tr><tr><td>結論與建議</td><td>模型應用、模型重建</td></tr><tr><td>參考文獻</td><td></td></tr></table>	科展寫作	建模歷程	研究動機	觀察、定題	研究目的	問題概念化	文獻探討	從文獻中重新定題、將問題概念化、建立初步的思考模型 (提出假定與推論)	研究方法	調查研究	結果與討論	模型檢核 (類似研究對照)	結論與建議	模型應用、模型重建	參考文獻		10 分鐘	科學筆記 p.72-76	完成科學筆記 p.72-76
科展寫作	建模歷程																		
研究動機	觀察、定題																		
研究目的	問題概念化																		
文獻探討	從文獻中重新定題、將問題概念化、建立初步的思考模型 (提出假定與推論)																		
研究方法	調查研究																		
結果與討論	模型檢核 (類似研究對照)																		
結論與建議	模型應用、模型重建																		
參考文獻																			

教學內容		時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
二、發展活動：科展寫作與建模思考在架構及內容上的對應關係 (一) 將建模思考的步驟與科展格式對應後，可發現兩者有相通之處，可嘗試將其融入至各寫作章節，兩者對應如下表。		20 分鐘	教師自編投影片	能正確解讀研究中的圖表
科展寫作	建模歷程			
研究動機： 說明為什麼要做這個研究。	觀察、定題： 說明看到的現象(觀察)，縮小要聚焦觀察的面向(定題)。			
研究目的： 說明研究要探討的現象或回答的問題。	問題概念化： 以 Why 的問題先提出一個粗略的疑問(例：為什麼會這樣?)。以 What 的問題對現象進行元件的拆解或提出假設(例：是什麼造成這個現象呢?)。			
文獻探討： 從文獻的閱讀中建立初步的思考模型(提出假定與推論)。	模型建立： 從文獻的閱讀中建立初步的思考模型或尋求暫時性的解答。			
研究方法： 說明研究器材、步驟規劃。	調查研究： 以實驗或調查設計的方式，回應問題概念化階段所提出的疑問。			
結果與討論： 記載實驗的結果，嘗試以圖表進行表徵，使自己的說明更易被理解。再結合文獻及自身理解，對於研究結果進行討論。	模型檢核： 說明在調查研究後所呈現的數據或是現象的操弄，是否符合預期，並討論其原因。			
結論與建議： 根據研究目的，提出自己的結論，並針對後續的研究或閱讀者提出建議。	模型應用、模型重建： 延伸已知的建模思考，擴大應用情境，並不斷檢視自身思考模式是否需要調整或重建。			
參考文獻				
(二) 以靜觀奇電為例，除從架構對應彼此呼應之處以外，透過閱讀，加深學生對於各架構中內容大意的理解，並強化與建模思考之對應，從內容中探討兩者內涵相通之處。				
三、統整活動：將建模思考歷程轉換為科展寫作 (一) 使用娃娃屋配線課程中，統整活動中所做的簡報記錄，引導學生從建模步驟中，回顧並整理自己的發現歷程。 (二) 參考以下規準，將摘要記錄中的建模歷程，替換成科展寫作格式，完成一篇有關簡單的串聯、並聯差異分析的科學寫作。		10 分鐘	科學筆記 p.76	完成科學筆記 p.76

教學內容		時間	教學資源	評量方式 / 教學支援
向度	科學寫作			
科學小學徒	· 能清楚闡述所要表達的問題。			
科學小助手	· 能使用圖或表說明自己的概念。			
科學小老師	· 能自己蒐集相關文獻，從問題假設、研究方法、結果與討論的面向說明與自己研究的關聯。			
科學小專家	· 使用科展格式的文章撰寫一篇自己的探究發現。			
【第五節課】期末成果發表				
一、引起動機		5 分鐘	論壇手冊	
※ 舉辦科學論壇，彙整學生的文章印製成手冊，發給每位學生一本。				
二、發展活動：論壇型式的發表與討論		25 分鐘	學生簡報	簡報發表
※ 依序邀請學生上台發表從娃娃屋配線中，發現的電池或燈泡串聯與並聯的應用，以及面對任務時，問題解決的思考，並邀請其他同學提問。				
三、統整活動：我的科學成長之路		10 分鐘	科學筆記 p.77 評量規準	參考評量規準，完成自評，並檢視自身能力進步情形
※ 參考評量規準，進行建模能力及科學寫作能力的自評，比較期初的自評，引導學生說明自己的進步情況。				
向度	建模能力	科學寫作		
科學小學徒	· 對於現象能產生好奇心，並且描述該現象特徵。 · 能思考造成現象的原因，提出猜測或推測。	· 能清楚闡述所要表達的問題。		
科學小助手	· 能將問題分解成各項要素，回應「是什麼」造成現象。 · 以文字或圖片說明自己的想法，形成初步的模型。	· 能使用圖或表說明自己的概念。		
科學小老師	· 能透過建立的模型，提供說明，讓沒學過的人對科學概念有初步的了解。 · 能設計實驗步驟，有系統的蒐集資料。 · 能使用直方圖、折線圖、或是適當的表格呈現實驗結果。	· 能自己蒐集相關文獻，從問題假設、研究方法、結果與討論的面向說明與自己研究的關聯。		
科學小專家	· 能應用模型結果於其他類似情況。 · 能藉由實驗修正或提供模型成立的證據。 · 模型能包含各要素的「特質」與「關係」。 · 能利用自己的模型解決一個新的問題。	· 使用科展格式的文章撰寫一篇自己的探究發現。		

肆、實施建議



● 模組發展歷程



● 模組成效評估

一、學生省思

- (一) 科學家的思考一開始看起來好像很複雜，但我們練習了很多次的建模思考，我覺得就是要先找到一個有趣的東西，問自己為什麼會發生一些現象，再規劃執行，看結果是不是跟自己想的一樣，實際做了之後覺得很好玩，而且可以用在生活中，像上完課後，我就一直想水果電池的串聯結果跟一般電池的串聯會有什麼不一樣嗎？我做了之後發現，水果電池的輸出不太穩定，燈泡都會一下比較亮一下比較暗，伏打真的很厲害，做出了一個能穩定提供電的電池，後來再看了影片後，我之後想要嘗試做一個伏打電池。
- (二) 科學家和一般人的思考最不一樣的地方，我覺得是他們很會發現問題，我也有覺得指南針一直朝下，可是我就沒有像吉爾伯特 (Gilbert) 一樣去問為什麼會這樣，並且提出假設，然後找資料去看對不對。所以我覺得應該要用五感觀察發生在身邊的事，常常問為什麼會這樣？是什麼造成這樣？這應該就能更像科學家一樣的思考。
- (三) 我覺得自然課很好玩，而且在資優班有很多時間可以一直試，我想了很多奇怪的線路連接方式，後來才發現這些可以被歸類為串聯或並聯，有些也可以合在一起用，老師請我依照自己的連接方式去想一下可以應用在哪些情境，然後畫出一個設計圖，我也覺得很好玩。我覺得燈泡串聯比較不常用到，但是並聯時又要想一下開關怎麼設計，也很傷腦筋，可是一直試之後，試出來時覺得很有成就感。
- (四) 我們用 PhET 的操作，實際組成了串聯與並聯的連接方式，電池和燈泡的串聯和並聯有不同的應用情況，例如：雖然燈泡串聯時，可以用一個開關開啟所有燈泡很方便，但壞掉一個燈泡後，所有就都不能用了，我才發現原來燈泡並聯的用處是什麼。

二、教師省思

- (一) 模型的評量規準應該更貼近每一個單元的教學重點，例如通路、斷路的概念，在規準上宜區分為學生是初步模型、修正後的模型二個部分，而後者應更具解釋力 (如：納入電流、電阻的概念)。
- (二) 在建模的各個步驟中，都應在評量規準上標明學習的重點，讓學生有所依循，教師亦應依此進行評量，避免僅單一的在實驗驗證階段進行評量 (如：評量時可區分為概念解釋力、類比對應情形、PhET 實作、比較學生之間的模型差異等)。

- (三) 在課程中教師呈現多種模型時，可搭配解釋性的文字，讓學生講出來，也是一種模型表徵。
- (四) 在中年級的教學中，類比模型在課堂中可靈活的應用，引導學生解釋模型，題目設定時也可直接使用類比的方式提問，引導學生更進一步解釋科學原理。
- (五) 科學寫作是讓學生像科學家一樣發表，要以建立模型的「目的」當作核心來檢核，要達到什麼目標，以至於要選擇怎麼樣的寫法，思考如何讓社群中的受眾理解。
- (六) 科學寫作也看課程中老師想要強調哪些能力，例如：強調論證、類比(鑲嵌在發表中，如何解釋結構性)，可思考是哪一塊想要強調的？如何加強？亦可以結合科展中「緒論、研究目的、研究方法」的部分，但研究結果的表達方式可更多元(論證突顯、類比建模連接原因強化解釋性)，回應研究目的。
- (七) 教師教學時，宜先釐清該主題的科學模型為何(目標模型的組成與關係)？希望學生最後學到怎樣的模型？所建立的模型之功能/目的為何？此現象是否有多種不同的模型展現？

● 模組使用建議

本次的課程設計，大概可分為建模思考教學、通路及斷路的建模思考、串聯及並聯的建模思考、科學發表等單元，引導學生建模思考時，可考量學生先備經驗，將各個單元鑲嵌於教師原來的教學之中。

● 學生成品展現

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

- 科學見習生集合
- 認識模型
- 科學建模的歷程
- 類比建模
- 電的科學史
- 通路的概念
- 電流與導體
- 串聯與並聯
- 科學寫作與發表

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

- 科學見習生集合
- 認識模型
- 科學建模的歷程
- 類比建模
- 電的科學史
- 通路的概念
- 電流與導體
- 串聯與並聯
- 科學寫作與發表

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

- 科學見習生集合
- 認識模型
- 科學建模的歷程
- 類比建模
- 電的科學史
- 通路的概念
- 電流與導體
- 串聯與並聯
- 科學寫作與發表

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

- 科學見習生集合
- 認識模型
- 科學建模的歷程
- 類比建模
- 電的科學史
- 通路的概念
- 電流與導體
- 串聯與並聯
- 科學寫作與發表

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

課程模組內容

	彈脆	沁滲	語謔	棋任	希希	濃老	離老
水	強者	殺手	大胃王比賽者	白血球	一個人	人的胃	游泳池
鹽巴	弱者	人	比賽的食物	細菌	食物	食物	游泳的人
溶解度	強者越不穩定，強者越多，強者越穩定	殺手殺人	比賽者的食物	白血球滅菌殺菌的數量	飽食量(可以吃多少)	胃所能消化食物的量	游泳池裡的人游得下多少
沉澱	存活的細菌	死人的屍體	吃不完的食物	還沒滅菌殺菌的食物	吃下的食物	胃吃不下，就出來的食物	游泳池裡的人游不下
飽和溶液	強者沒辦法讓弱者更強	殺手把死人的屍體處理掉	比賽者吃不下	白血球數量減弱	吃不下的人	胃吃不下，就出來的食物	游泳池裡的人游不下
未飽和溶液	強者能繼續讓弱者更強	殺手把死人的屍體處理掉	比賽者的屍體被處理掉	白血球數量增加	還沒吃飽的人	胃還有空間可以裝下人的屍體	游泳池裡的人游得下

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

課程模組

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

模組內容

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

課程模組內容

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

模組內容

瘋狂科學家養成之路

科學見習生集合

認識模型

科學建模的歷程

類比建模

電的科學史

通路的概念

電流與導體

串聯與並聯

科學寫作與發表

課程模組內容

伍、附錄



● 自編教材

教材類型	名稱	資源下載	對應課程內容
學習單	科學筆記 	https://reurl.cc/6LmbOd 	於各堂課中使用

● 參考資料

資料類型	名稱	資料來源	對應課程內容
書目	國小四下自然課本奇妙的電	康軒出版社	課程各單元
	水變成冰是哲學問題？12位大哲學家×11次劃時代重要翻轉，一部寫給所有人的自然科學哲學史	麥田出版社	第一單元
影音資源	電是誰發明的？人類如何從發現電到使用電？ 	https://reurl.cc/gQnEAL 	第一單元
	Lis 科學教材御前科學對決 	https://reurl.cc/06ayrx 	

顯微鏡下的白血球



<https://reurl.cc/bGNyLo>



第二單元

Lis 科學教材

伽伐尼的蛙腿戰爭 I (上)



<https://reurl.cc/KXOvNg>



Lis 科學教材

伽伐尼的蛙腿戰爭 I (下)



<https://reurl.cc/mZkNeA>



第三單元

Lis 科學教材

伽伐尼的蛙腿戰爭 II (上)



<https://reurl.cc/rZK4gb>



Lis 科學教材

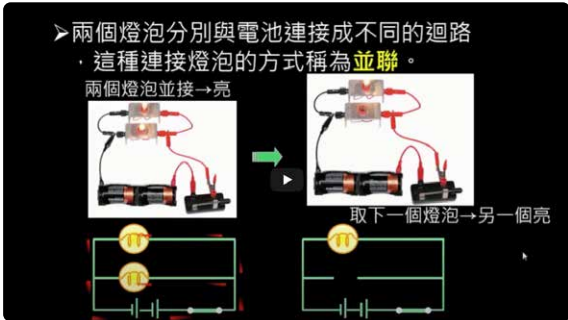
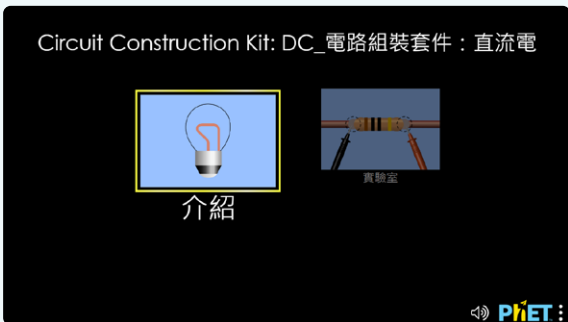
伽伐尼的蛙腿戰爭 II (下)



<https://reurl.cc/eWV76m>



影音
資源

影音資源	均一教育平台串並聯的概念 	https://reurl.cc/X5aNL3 	第五單元
網路資源	如何成為科學家 	https://reurl.cc/33bpx0 	第一單元
網路資源	PhET 線上電路操作 	https://reurl.cc/7jbLNk 	第五單元
其他	科展說明書	中華民國第 45 屆中小學科學展覽會國小組化學科 靜觀奇電。再興國小。	第六單元



「瘋狂科學家」選修課程



科學筆記

見習生：_____



某天，你進入了一間神祕的房間……

「這裡是哪裡？看起來好像是一間實驗室……」

「哇，好久沒有客人來了耶！」

「是誰在說話？」

「哈囉~你靠近一點！」

「……？」

「再靠近一點啦！」



歡迎來到瘋狂實驗室！

我們是見證過無數的科學家誕生，

並且吸收了無數科學知識，

附身在燒杯和酒精燈上的實驗室精靈！

能夠進入這間實驗室的人，

都對科學抱持著興趣與熱忱，最後也獲得偉大的成就！

看來你就是下一個被實驗室選上的人呢！

但想要成為一位成功的科學家並不容易，

過程中要經歷許多學習與挑戰呢！

你準備好要和我們一起瘋狂一下了嗎？



Ready?
Go~~~



01. 科學家的起源



HOW TO 成為科學家？

許多人小時候都夢想成為「科學家」，不過，說到了科學家，你腦袋中浮現的只有那穿著實驗服的研究人員嗎？那就太小看科學家了！



每個年代都有屬於當時的科學家，他們嘗試透過自己的方式去理解世界、獲得知識。那麼，你想成為的，究竟是哪一種科學家呢？

古典時代：問天問大地，宇宙到底從何而來？

讓我們將時間拉回古典時代，這時候的科學家，對於大自然總有各式各樣的問題：宇宙的起源是什麼？世界是由什麼東西組成的？人之所以為人，與動物不同的是什麼？



西元前 600 年左右，泰利斯 (Thales) 提出了一個非常關鍵的問題：「什麼是萬物之原？」。這個問題為何這麼重要呢？因為他在解答的過程中，放棄了原本的神話體系，而是改以理性和自身的觀察去理解世界，進而提出了自己的答案：「水是萬物之原」。泰利斯思考的方式影響了後世無數人，也因此被尊為哲學之父。

除了用具體的事物去解釋萬物，也有哲學家另闢蹊徑，用抽象的概念去理解世界，像是畢達哥拉斯便認為「數學」才是一切的解答。他將世界區分為「可感知」的部分以及「可理喻」的部分，並相信「可感知」的東西總會有缺陷，而「可理喻」的事物則是完美且永恆的，比如數學。畢達哥拉斯非常重視論證的重要性，強調人們應該先「假設」，而後通過演繹去導出結論，這樣的思考方法，也讓他提出了著名的畢氏定理。

此外，發現浮力的阿基米德、研究幾何的歐幾里德、定義哲學的亞里斯多德也都是非常重要的人物。如果你想成為像他們一樣的科學家，首先，可以先從學會如何「對話」下手，無論東方或西方，追求知識的人們常常通過對話與討論去辯證道理，在不斷詰問的過程中，推翻或驗證所學所知，進而獲得新的省思。順帶一提，這時的學者們也有一項厲害的隱藏技能，便是「成為雕像」（咦），如果想要流芳百世，在這時候成為科學家最划算了（喂）。

中世紀：鍊金術鍊出實驗器材

從西羅馬滅亡之後，到文藝復興之前，被稱作「黑暗時代」，不過，這段時期的各項發展並不是真正停滯了，相反地，這時候開始出現了許多科學探究的方法，像是羅傑·培根 (Roger Bacon) 便推崇以實驗來獲得知識，而非針對各個典籍進行辯論。他 16 歲左右進入牛津大學就讀，學習幾何、音樂、天文，並閱讀了希臘先哲的著作。畢業後，他開始教授哲學與數學，更自掏腰包打造出一間實驗室。

如果你不喜歡讀書，卻還是想跟科學沾上一點兒邊該怎麼辦？那你可千萬別錯過中世紀的「全民運動」——鍊金術。中國的煉丹術煉出了不少死皇帝（？）阿拉伯與波斯的鍊金術則鍊出了許多實驗器材：燒杯、試管與蒸餾設備，此外，他們也發明出蒸餾、昇華、結晶等等實驗方法，更成功提煉出純酒精、硝酸、硫酸等物質，對於往後化學的發展起到了關鍵的作用。



所以說，如果你想成為中世紀的科學家，可以選擇進入宗教體系或是去大學就讀，畢竟當時的宗教與教育可說是息息相關。同時，你也必須學習拉丁文，因為當時幾乎全仰賴拉丁文傳授知識。當然啦，進入教會其實也有些風險，因為你必須命夠大，才能躲過異端指控、逃離宗教審判。

科學革命：站在巨人的肩膀上，看見不一樣的世界

接下來到了啟蒙時代，也是近代歐洲科學大爆發的時代。啟蒙時代並不是一個彈指突然出現的，而是承襲著文藝復興的力道，以及歐洲活字印刷術發明的契機（對，中國的畢昇比他早了四百年）。這時候訊息流通的速度加快了許多，系統化的科學研究方法也應運而生。



站在巨人的肩膀上，我們從此到達了更遠的地方。

在認識這時代的科學家前，先讓我們談談那位提出「我思故我在」的哲學家笛卡兒，他認為人們應該對一切都抱持著懷疑的態度，要大膽假設、小心求證，他更在《談談方法》(Discours de la méthode) 一書中提出了四個重要的方法：

1. 不接受任何自己不清楚的事物
2. 將難題拆解、一一解決
3. 解決問題時依照先易後難的順序逐步解決
4. 綜合檢驗所有部分，看看是否真的解決了問題

這種逐步拆解的方法讓人們得以確實地解決各式複雜的問題，而他批判的精神也大大影響了後人們從事科研的態度。此時代還有伏爾泰、孟德斯鳩、盧梭等等知名的哲學家，讓社會充滿著求知的能量，以理性去思考各種問題，改善人們的社會和生活。

仰望星空的人們，也促進了科學革命的發生。哥白尼在 16 世紀發表了《天體運行論》，提出日心說，而伽利略則在 17 世紀利用自己製作的天文望遠鏡，發現了木星的衛星系統、金星的盈虧變化，這些天文現象支持了日心說，督促人們不得不以新的觀點重新審視宇宙。

牛頓正是在此時站上了巨人的肩膀，於 1687 年發表《自然哲學的數學原理》（*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*，簡稱 *Principia*），而埃米莉·沙特萊（*Émilie du Châtelet*）則將其翻譯成法文、加上解說和註釋，使得牛頓的著作得以普及。三大運動定律、萬有引力定律，自此徹底顛覆了人類對於世界的認知。

覺得自己絕不可能成為像是牛頓一樣的大大？其實，回望過去種種的研究和科學成果，都不是單靠一時一地一人所為，而科學家也絕不僅只有一種樣貌。只要我們永遠懷著探索未知的好奇心，學好笛卡兒老大說的「大膽假設、小心求證」，或許，就能離科學家更近一步吧！

全文引自：

Peggy Sha(2020)。泛科學。網址：

<https://pansci.asia/archives/189281>



那麼多時期的科學家，他們有什麼不一樣嗎？請你設計一個表格，簡單記錄下來，每個時期至少寫出二點你發現的特色。

同學們，我也很好奇，你們覺得科學家是什麼？他們應該具備哪些條件呢？請把這些答案寫在第二題吧！



一、請設計一個表格，記錄各個時期科學家的特色：
(至少二項)

二、你覺得科學家的工作是在做什麼呀？要有哪些特質才能成為科學家呢？

02. 科學家想的和你不一樣？



同學們，
你們有看過指南針嗎？



- 請觀察這個指南針，並且記錄分享你的發現：
- 請試著綜合同學的發現，並且將大家的發現進行分類：

經過我長久以來的觀察，我發現一般人和科學家的思考方式是不一樣的！

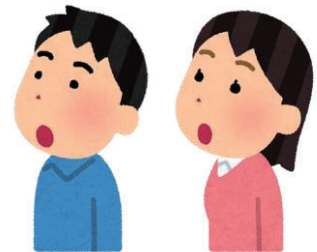


是哪裡不一樣呢？

舉例來說，如果看到這邊有一個指南針，一般人和科學家分別會想到什麼呢？



哦！是指南針欸！



一般人

指南針指向的地方是南方嗎？
為什麼會一直指向同一個方向呢？
為什麼指針會向下傾斜呢？



科學家



科學家看到現象後會提出問題，比起一般人的思考多了好奇與探究的精神！

在16世紀，有個科學家發現了指南針的指針，有一些特別的現象，我們來看看他的故事吧。



請問這個科學家對指南針的觀察，和你有哪些不同之處？

	what	how	where	who	when	why
我						
科學家						
總結	我和科學家思考主要的差異是：					



科學家與一般人思考上最大的差異有三：

- 1.對現象充滿好奇心
- 2.有系統的思考方式：科學家們通常會根據現象，提出一個假設，然後透過資料蒐集、實驗等方法，來驗證自己的想法。
- 3.能用圖、表、文字或符號向大家說明他的發現

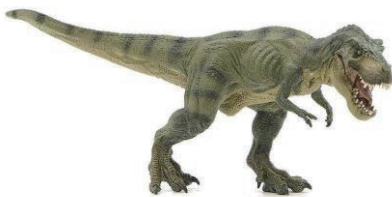
03. 認識模型

嘿，阿燈！
你聽過「模型」嗎？



沒有欸，那是什麼？

一般來說，生活中的模型經常指的是實物的「縮小」或「放大」，例如：縮小版的恐龍模型、汽車模型，或是放大版的細胞、昆蟲模型。



←以實物「縮小」的模型

以實物「放大」的模型→



我們透過對於實物的觀察，建立模型，也透過了這個模型向大家解釋自己的觀察。

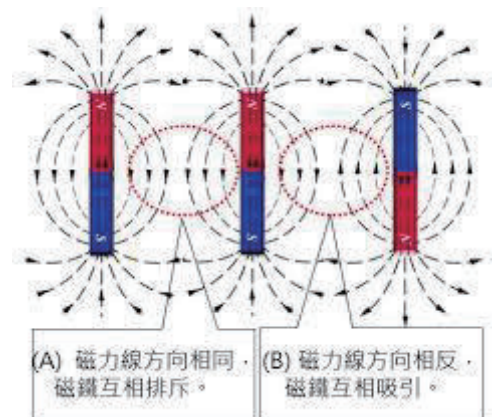
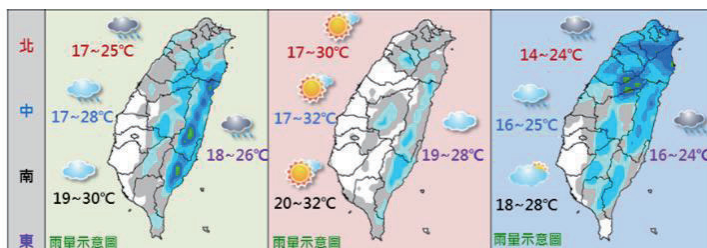


但這跟科學有什麼關係啊？

你說到重點了！模型的應用遠遠不止於此，你有想過自己的思考和想法也可以做成模型嗎？你有想過一系列的複雜現象，例如天氣的變化、磁力的應用也能用模型來表示嗎？



對欸，我好像有在電視上看過天氣變化圖，也有在書上看過磁力線的示意圖，難道這些都是模型嗎？



沒錯！事實上，科學家早以將上述「建立模型」的技術，做為他們溝通和探索的工具了。接下來，我們就要學習如何跟科學家一樣，以「模型」做為表達自己思考的工具，以及使用「模型」，嘗試對於一種現象進行探索。



原來如此！
那在這之前，先讓我們一起來
找找看生活中有哪些模型吧！

◆ 請你想一想、找找看，日常生活中有哪些模型呢？

1.我在教室中發現的模型有：

2.我在課本中發現的模型有：



不過，說了那麼多，
到底要怎麼建立模型呢？

嘿嘿，就讓我來告訴你吧！





瘋狂科學家的重點整理

■ 我覺得「科學家的模型」指的是：

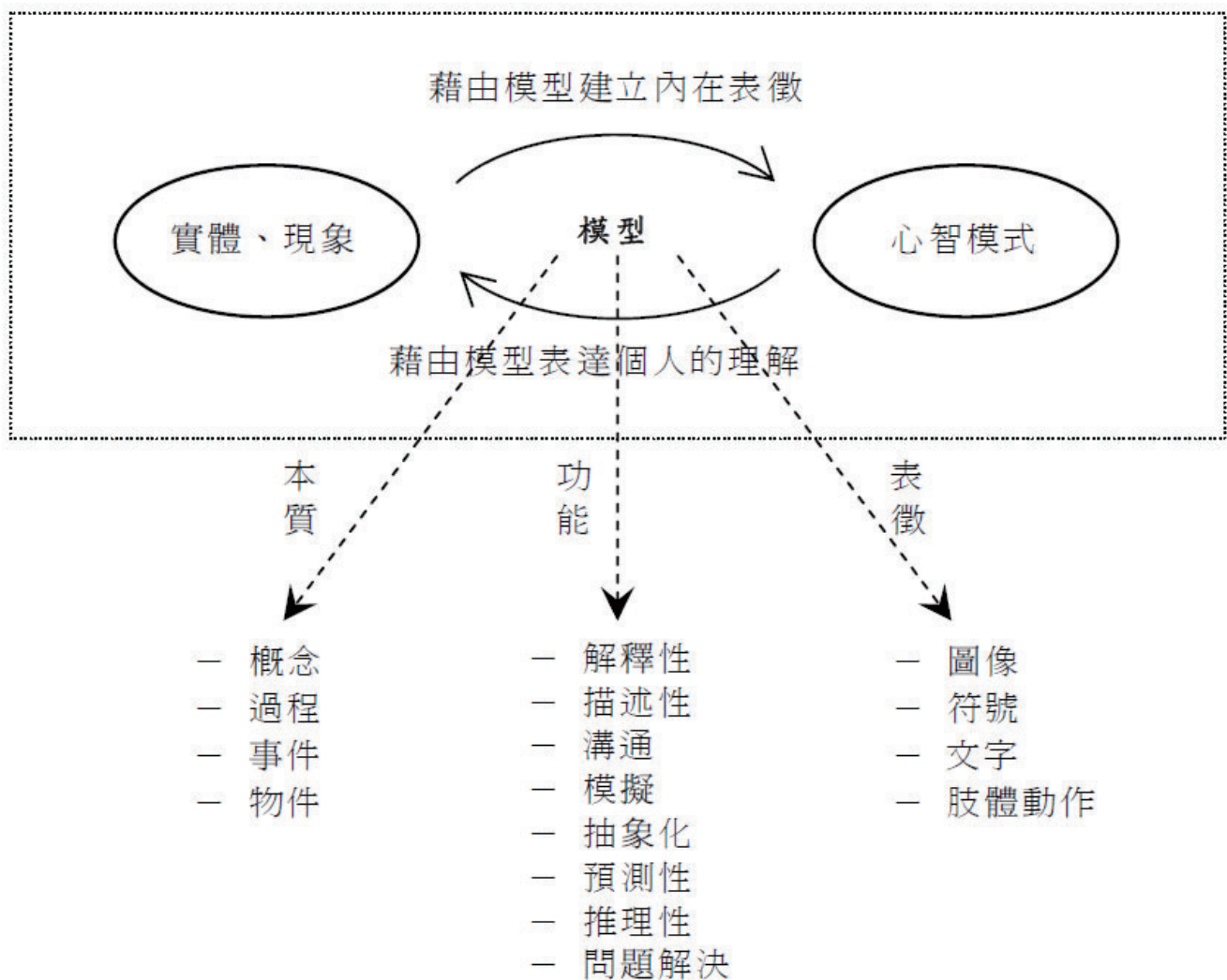
■ 我覺得「模型的功能」有：

■ 我時常使用到的模型有：

看來，你們已經了解什麼是模型了呢！
我這邊有一張以前科學家整理出來關於模型的圖，看在你們對科學也如此瘋狂的份上，就和你們分享吧！



▼ 模型、心智模式、實體或現象之關係



圖片引自：邱美虹、劉俊庚（2008）。從科學學習的觀點探討模型與建模能力。科學教育月刊，314期，2-20。

04. 科學建模的歷程

我們來閱讀科學家的探究故事，
一起看看科學家是如何建立模型的吧！



電磁學的始祖－吉爾伯特

作者/曹盛威(引自LIS科學史)

16世紀末，英國御醫吉爾伯特發現指南針在北邊的地方，磁針不能維持水平，會微微向下傾斜指向地板，而越往北邊走，磁針向下的幅度就越大。吉爾伯特決定研究這個問題，他找了當時最新出版的自然百科全書，由波爾塔所著作的《自然魔法》來看。

波爾塔在《自然魔法》中對電與磁的敘述，仍然沿襲著古希臘泰勒斯的想法，認為摩擦後的琥珀會產生跟天然磁鐵一樣的吸引力。吉爾伯特看到這裡，本可以把指針往下的原因，歸納成自己在旅行的時候，因為鞋子或是其他東西與地板摩擦，在地板上產生了吸引力，讓指南針往下傾斜。但是吉爾伯特沒有這樣做，他打算直接做實驗，試試看摩擦後的琥珀是不是真的可以讓指針轉動。沒做不知道，一做嚇一跳，摩擦後的琥珀對於磁針的影響，可說是微乎其微，之後，他把摩擦後的琥珀與指南針用細繩垂釣，放在鐵礦旁邊，發現指南針會轉動，但是琥珀動都不動。

看到這個現象的吉爾伯特，決定寫信給波爾塔，說摩擦後的琥珀與磁鐵雖然都有吸引力，但可能是不一樣的東西。不過波爾塔並沒有理會吉爾伯特的建議，仍然認為摩擦後的琥珀產生的是磁力，琥珀在鐵礦旁邊動都不動，是因為琥珀摩擦的不夠多，產生的磁力不夠大。但是，吉爾伯特無論怎麼摩擦琥珀，都不能像指南針一樣，會因為鐵礦靠近而產生轉動，在換了其他東西靠近之後，吉爾伯特發現，除了鐵礦會讓指南針產生轉動外，其他的東西對指南針沒什麼影響，跟琥珀差不多，這讓吉爾伯特開始猜想，會不會只有特定的物品，會讓指南針轉動。

在測試過大量物品後，吉爾伯特發現，磁鐵只能對鐵礦或磁鐵產生吸引力，而摩擦後的琥珀，則是東西被磨得夠細，都有可能被琥珀吸起來。因此，吉爾伯特決定捨棄波爾塔的舊理論，認為摩擦後的琥珀與磁鐵兩者的吸引力，應該是不同的事情，他把磁鐵的吸引力稱做「磁力」，這個詞是源自於當初發現第一個磁鐵礦的島嶼-「瑪格尼西亞」(Magnisia)，把摩擦後琥珀的吸引力稱做「電力」，這個詞是源自於琥珀的希臘字(ηλεκτρονίων, electron)。

引用網址：<https://lis.org.tw/posts/121>



這個故事真有趣，兩位科學家對於科學現象的思考很不一樣呢！
現在讓我們一起來分析看看吧！

一、吉爾伯特發現了什麼現象或疑問？

--

二、吉爾伯特和『自然魔法』的作者波爾塔，他們二個人對於指南針會向下傾斜的現象解釋，最大的分歧點在哪裡？

吉爾伯特	波爾塔

三、吉爾伯特為了解答這個現象或疑問，他採取很有策略的方式，請把他解決問題的步驟寫下來。

步驟	解決問題的方法
1	
2	
3	

沒錯！科學家會在尋常的事物中發現不尋常，接著開始進行研究。而科學家在建立科學模型時，有一定的思考過程：



觀察

運用五感觀察現象或事物，並且客觀的描述所發現的事實。

從觀察到的現象或事物中，找到感興趣的主題或方向，並思考「為什麼」。

定題

1

讓問題變得可操作，推測出可能的影響因素，並且定義問題。

問題概念化

2

科學建模的歷程

模型建立

3

思考形成的理由、蘊含的理論、運作的連接關係，運用各種方式提出自己的假設，並確認是否能被驗證。

調查研究

4

根據所提出的模型設計實驗、分析數據，找出變項間的關係，並評估預測與實作結果的差異性。

模型檢核

5

對應模型與實驗結果或數據，如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。

模型應用

6

試試看模型是否能應用到相似問題情境，或是新的問題情境，來增加模型的解釋力。

模型重建

7

如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。



原來如此！只要能夠善用上述「科學建模歷程」的步驟，就可以幫助我們建立科學模型了！

接下來請你試著從吉爾伯特的故事中，
找找看他做了哪些事情能夠對應到
「科學建模歷程」的步驟吧！



觀察

定題

1

模型重建

7

問題概念化

2

模型應用

6

模型建立

3

模型檢核

5

調查研究

4

吉爾伯特的
建模歷程

做得很好！現在，換你試試看了！
請觀察影片中的現象，並且試著以「科學建模」的步驟像科學家一樣思考吧！



觀察

定題

1

模型重建

7

問題概念化

2

模型應用

6

的
建模歷程

模型建立

3

模型檢核

5

調查研究

4



瘋狂科學家的重點整理

■ 我認為「科學家」和「一般人」在思考上的差異是：

■ 我學到科學家在進行「科學建模」時的步驟有：

■ 科學家在定義問題時，會以「Why」、「What」和「How」的方式來思考，我覺得：

✓ 以「Why」來思考的目的是：
舉例來說：

✓ 以「What」來思考的目的是：
舉例來說：

✓ 以「How」來思考的目的是：
舉例來說：

05. 類比建模



原來科學家在探究問題的時候，要注意那麼多細節，且會運用到那麼多專業的方法啊！

是啊，唯有嚴謹的探究過程，才能讓得到的研究結果更加準確哦！
那麼我們終於可以繼續瘋狂的討論科學了！阿燈，你有看到上次那個生病的科學家嗎？他跟我說他會生病是因為有細菌跑到他身體中，他被感染了，但是沒關係，身體裡的白血球會.....



等等！你講得好複雜！
實在是太難了，我都聽不懂！

真拿你沒辦法，就讓我試著用類比模型來跟你說明吧！





為了讓某些抽象且複雜的概念能輕易被理解，科學家也會將類似的概念，運用「**比喻**」的方式一對一的對應關係，來解釋不容易觀察到的現象，這種模型稱為「**類比模型**」。

現在請你閱讀以下文章，並試著對應出類比模型：

細菌感染

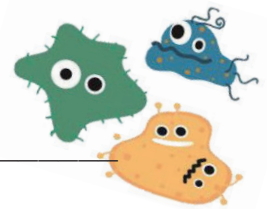
平常老師都會要我們勤洗手，要是沒有保持良好的衛生習慣就容易生病，但到底為什麼會生病呢？

生病的其中一個原因叫「細菌感染」。科學家認為，當有害的細菌跑到身體裡大肆破壞，就會讓我們生病，也就是細菌感染，這時身體會派出白血球細胞跟細菌對抗。這就好像當有敵軍入侵我們的領土，國家會派軍隊去跟他對抗，保護自己。不過和打仗不一樣的是，白血球沒辦法像軍隊把敵人趕跑，只能把敵人完全消滅。

細菌和白血球會互相廝殺，要是白血球一直無法消滅細菌，身體就會越來越虛弱，相反地，要是白血球成功把細菌殲滅，身體就能恢復健康。

就像打仗時兩軍會互相對戰，要是我軍遲遲無法擊敗敵軍，國家便面臨滅國危機，相反地，要是我軍打敗敵軍，就能得到勝利，戰爭就結束了。

閱讀完了嗎？請依照上面的文章，嘗試對應看看！



- 細菌好像是：_____
- 白血球好像是：_____
- 身體好像是：_____
- 細菌感染好像是：_____
- 治療好細菌感染好像是：_____

引自：林靜雯（2008）。類比建模。建模教學工作坊簡報。臺北市。



看來你已經知道要怎麼對應出適當的類比模型了！
現在，我們再來練習一次看看！
完成後也可以和大家比較看看，你們的類比模型有哪些相同或不同：

水的溶解

爸爸媽媽在做菜時，一定會有一個步驟就是將鹽巴灑上，但是你曾經想過，為什麼我們在享用這些食物時，卻從來沒有吃到鹽巴的顆粒呢？

最主要的原因是因為鹽巴會溶解在水中。科學家發現，當水量固定時，如果不斷的將鹽巴加入水中，最終鹽巴就會無法再被水溶解，沉澱在杯子底部。

原來一定量的水，所能溶解的鹽巴是有極限的，而這個現象稱為水對鹽巴的「溶解度」。當水無法再繼續溶解鹽巴時，科學家稱這種狀況為「飽和溶液」，反過來來說，水如果還能繼續溶解鹽巴，則稱為「未飽和溶液」。

閱讀完了嗎？請依照上面的文章，嘗試對應看看！

物件

- 水好像是：_____
- 鹽巴好像是：_____
- 沉澱好像是：_____
- 飽和溶液好像是：_____
- 未飽和溶液好像是：_____

屬性

- 溶解度好像是：_____

關係

- 溶解好像是：_____



瘋狂科學家的重點整理

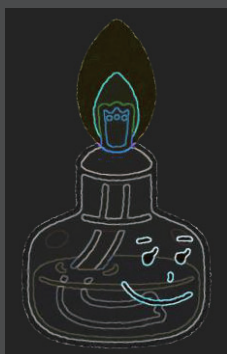
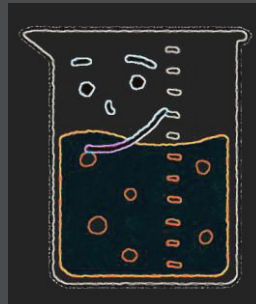
■ 我覺得「類比模型」的功能是：

■ 我知道一個較好的「類比模型」要符合的條件有：

■ 我發現生活中還有許多現象可以用「類比模型」來解釋：

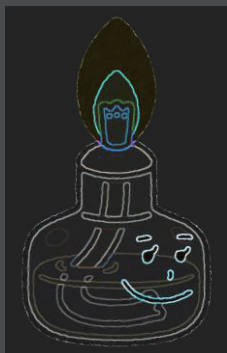
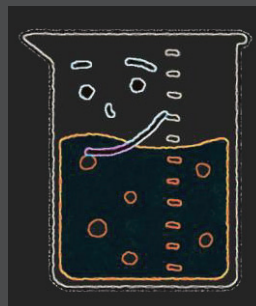
06. 電的科學史

看來你對於科學建模已經有一定的了解呢！
.....咦？怎麼突然停電了？



可能是太久沒有人來實驗室了.....
話說，你知道電是怎麼來的嗎？

我沒有想過這件事欸.....
對欸，為什麼我們隨手打開一個
開關就可以有電讓燈泡發亮呢？



哼哼，這次就換我來告訴你
電在科學史上的發展啦！

生活中的電：來自自然界

- 自然界的電：閃電



靜電

- 乾燥的天氣，手觸摸門把或其他金屬物品，會有「觸電」的感覺，有時還會伴隨聲響與光點。
- 冷天氣脫毛衣時會有嘩啵聲響，在暗室中還可以看到藍白色光點。
- 梳頭髮的時候，有時頭髮會被梳子吸起來。



現代生活

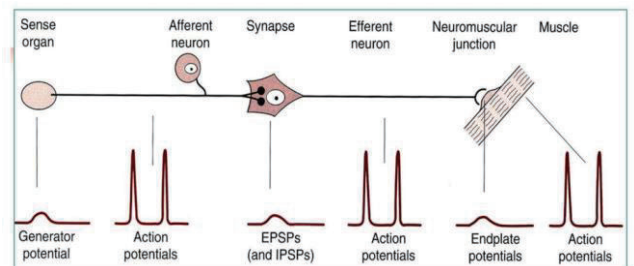
- 電話、電視、電腦、電燈、電冰箱、電熱水器...
- 食、衣、住、行、育、樂的電。



pixtastock.com - 39196688

還有一些不易看到的電現象

- 每個人身體內部都靠電信號維持正常運作。
 - 神經與肌肉的電信號
 - 極端的例子：電鰻
- 水手航行在大海中，遇大雷雨時，可能產生所謂的「聖艾爾摩之火」。



電的歷史

泰勒斯(Thales)

- 用羊毛摩擦琥珀，可以讓琥珀具有神奇的力量，吸引其他物體。



電學之父：吉爾伯特(Gilbert)

- 區辨電力和磁力。
- 確定電叫做：Electricity。



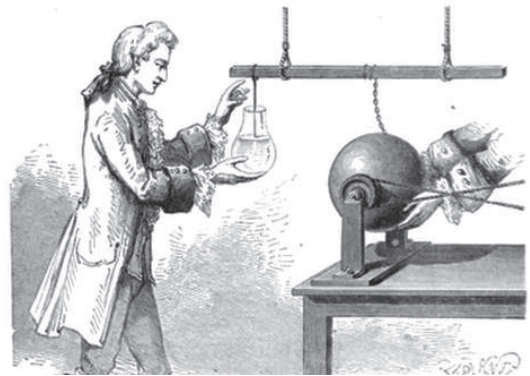
杜費(du Fay)

- 1733年提出其實只有二種電荷，就是正電荷和負電荷。
- 同性相斥、異性相吸。



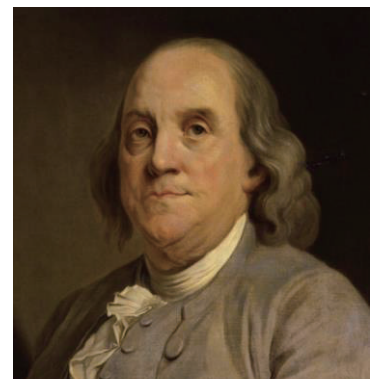
荷蘭科學家：穆休布羅克 (Musschenbroek)

- 1745年成功儲存電。
- 萊頓瓶



富蘭克林(Franklin)

- 40歲看到萊頓瓶的表演。
- 用風箏研究閃電。
- 天電（閃電）與地電（摩擦生電）是一樣的，閃電是一種電的現象，不是上帝生氣啦。



義大利醫生：伽伐尼(**Galvani**)

- 解剖青蛙發現腿在動。
- 電力來自青蛙本身：認為生物本身就有電流。

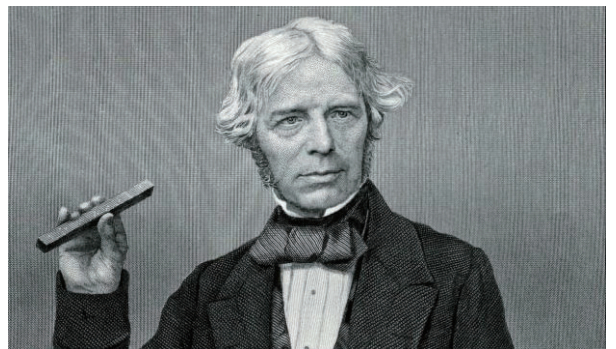


伏打(Volta)



- 懷疑生物有電流的說法，認為「電力來自外界」而不是青蛙本身。
- 做出伏打電池。

法拉第(Faraday)



- 做出了世界第一台發電機。





泰勒斯：
琥珀



杜費：
正電荷、
負電荷



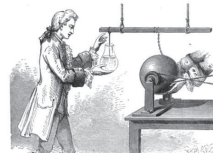
富蘭克林：
電荷守恆定
律



伏打：
做出第一個
電池



吉爾伯特：
區分電力、
磁力



穆休布羅克：
萊頓瓶存
靜電



伽伐尼：
青蛙、生物電



法拉第：
做出第一個
發電機



在很早之前，人類就已經發現「電」這種東西，但實際上使用電，大約是近200年的事。現在，讓我們好好了解電的科學史，請你仔細觀看影片，並將電學發展過程中重要的里程碑記錄下來！

電的科學史



西元前6世紀—米利都的泰勒斯

- 用布摩擦後的琥珀會吸引如羽毛等輕小的東西



一講到電的科學史，
燈就亮了！



07. 通路的概念



看來你們都已經很清楚電在科學史上的發展了呢！

但是阿燈，你還沒有回答我的問題欸！



什麼問題啊？

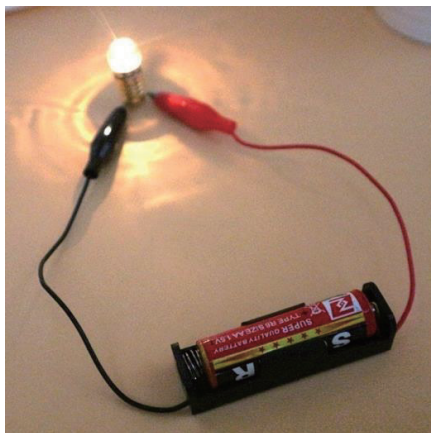
就是「燈泡為什麼會發亮」啊！



原來你是真的不知道啊.....
剛好，我前陣子整理實驗室時找到了許多合適的器材，我們一起來像科學家一樣，探究這個問題吧！



請你仔細觀察下圖這個現象，
並以科學建模的方式思考與探究：



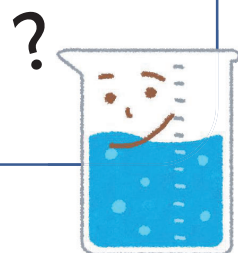
觀察

運用五感觀察現象或事物，並且客觀的描述所發現的事實。

🔊 我觀察到：

定題

從觀察到的現象或事物中，找到感興趣的主題或方向，並思考「為什麼」。



問題概念化

讓問題變得可操作，推測出可能的影響因素，並且定義問題。

模型建立

思考形成的理由、蘊含的理論、運作的連接關係，運用各種方式提出自己的假設，並確認是否能被驗證。



1 個電池



1 個燈泡



5 條電線

- 請試著畫出如何組裝上述這些材料，才能讓燈泡發亮？
- 請寫出為什麼這樣組裝燈泡會亮呢？

🗨️ 我覺得連接方式是：

🗨️ 我認為這樣組裝燈泡會亮的理由是：

調查研究

根據所提出的模型設計實驗、分析數據，
找出變項間的關係，並評估預測與實作結果的差異性。

🔍 我的研究步驟是：

🔍 我的研究器材有：

模型檢核

對應模型與實驗結果或數據，
如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。

🔍 實驗的結果跟我預期的一樣嗎？

- ☐ 與預期一樣：往下一步模型應用
- ☐ 與預期不一樣：修正假設，思考哪裡可能有問題

模型應用

試試看模型是否能應用到相似問題情境，
或是新的問題情境，來增加模型的解釋力。



1 個電池



1 個燈泡



1 條電線

- 請試著畫出如何組裝上述這些材料，才能讓燈泡發亮？
- 請寫出為什麼這樣組裝燈泡會亮呢？

🗨 我覺得連接方式是：

🗨 我認為這樣組裝燈泡會亮的理由是：

模型重建

如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，
就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。

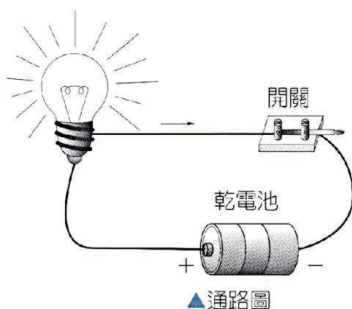


恭喜你完成了「通路概念」的科學建模！
為了慶祝你們有所成就，我這邊有一些科學家們整理的相關知識，我們一起來看看吧！



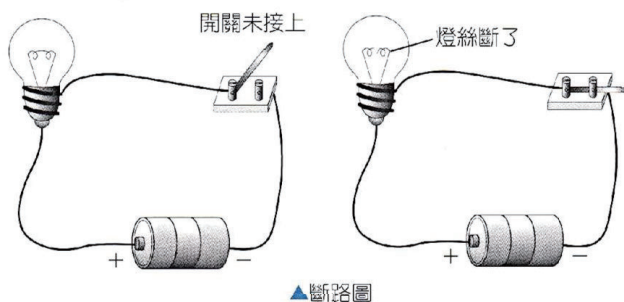
通路、斷路

(一) 通路：電流流通時的電路，稱為通路。形成通路時，電器會將電能轉變為光能、熱能、動能等，而產生發光、發熱、運動等現象。



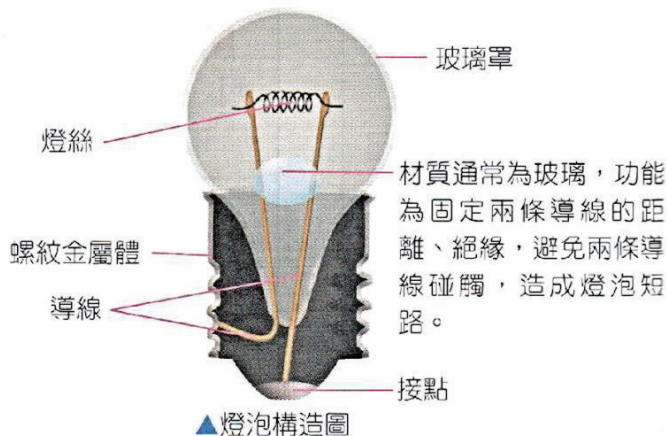
(二) 斷路：電流被切斷的電路，稱為斷路。

1. 一個迴路中的某段路線不相連接；例如開關未接上、電線或燈絲斷了等，則燈泡熄滅。
2. 控制電路，使電流流通或切斷的裝置，稱為開關或電鍵。



燈泡裡燈絲和導線的連接情形

燈泡為什麼會發亮？內部構造如何？只要透過燈泡構造圖來觀察，就不難理解了。導線的一端連接接點，另一端接到螺紋金屬體上，所以電流通過螺紋金屬體後，從接點處流經燈泡，形成通路，燈泡才會發亮。



引自：康軒文教事業（2018）。自然與生活科技教師手冊第四單元：奇妙的電。
臺北市：康軒。

08. 電流與導體



哇，你們經歷過一次完整的科學建模，往科學家之路更邁進一步了！

欸阿燈，我發現在科學建模的過程中，除了原本正在探究的問題之外，還會發現許多新的問題呢！



像是哪些問題啊？

在「定題」或「問題概念化」的階段，大家會關注的重點都不同。而且只要仔細思考就會發現，除了通路的概念，似乎還有許多因素會互相影響，但到底是為什麼呢？我好想知道啊！



沒錯，其實很多科學原理是緊密連結、相互影響的，看來你已經準備好要更進一步的探索電學世界了，讓我們一起航向浩瀚的科學宇宙吧！



科學家在探究問題的過程中，總是會遇到新的挑戰與難題。
現在讓我們一起來思考與釐清，在上次探究過程中所遇到的問題吧！

- 為什麼形成通路燈泡就會發亮？

- 當形成通路時，電是如何在通路中流動？為什麼是這樣流動？

- 如果已經使用正確的方式將電池、電線和燈泡連接，但燈泡卻沒有發亮，可能是因為哪些因素？

物件	可能的原因



經過了問題討論與實驗驗證，你們已經越來越接近科學知識的真理了！現在，就讓我們一起來破解「電的秘密」吧！

● 為什麼當電路形成通路時，燈泡會發光？

電路系統是利用導線將電源及各種電器連接成的迴路。當電路系統形成通路時，電源釋出能量，經由導線將能量傳遞給電器，而電器將獲得的電能轉換成其他形式的能量。故將電池(電源)、電線(導線)與燈泡(電器)正確連接時，電池會釋放出電能，而燈泡將經由電線接收到的電能轉換成光能與熱能。

● 為什麼電會在電路系統中流動呢？

所有物質中，都存在著帶「**電荷**」的粒子，電荷是物質的一種物理性質，分為「正電荷」與「負電荷」。當帶電荷的粒子在電路中移動，就會產生「**電流**」。

● 為什麼帶電荷的粒子會移動呢？

當電路系統形成通路時，電池內部會產生化學反應，使電池兩端產生電能較高的正極，以及電能較低的負極，形成「**電位差**」。這時，帶電荷的粒子就會由能量較高的電位處(電池正極)往能量較低電位處(電池負極)移動，進而產生電流。所以當電路接通後，電流由正極經電線流向負極，而電池的化學作用則把電荷經電池內部推送到正極，再流向電線，如此循環流動。

● 為什麼有些物質可以導電，有些物質則不行？

物質的導電性取決於電流通過的阻礙程度，也就是「**電阻**」。當電阻較小時，帶電荷的粒子較容易通過，故導電性較佳。反之，當電阻較大時，帶電荷的粒子則固定在原處，不易移動，故導電性較差。

電阻較小的物質稱為「**導體**」，如銀、銅、金等金屬類。導電性最佳的金屬為銀，第二佳的金屬為銅，但因為銀的價格較高，所以目前的電線主要以銅做為材料。而電阻較大的物質則稱為「**絕緣體**」，如玻璃、硬橡膠、乾的木柴等。



要確定是否正確的理解科學概念，就要運用到類比建模啦！閱讀完科學文章後，請你試著思考電路系統的概念，並對應出適當的類比模型！

● 小提醒：一個好的類比模型要符合的條件

- ✓ 讓看不見的現象，或抽象、複雜的概念容易被理解
- ✓ 能貼切比喻所對應的現象
- ✓ 能一對一的對應關係
- ✓ 能對應到越多種物件、屬性或關係

物件

- 電路系統好像是：_____
- 電流好像是：_____
- 帶電荷的粒子好像是：_____
- 電池好像是：_____
- 電線好像是：_____
- 燈泡好像是：_____

屬性

- 電阻好像是：_____
- 電位差好像是：_____

關係

- 電池連接電線好像是：_____
- 電線連接燈泡好像是：_____



要確定是否正確的理解科學概念，就要運用到類比建模啦！閱讀完科學文章後，請你試著思考電路系統的概念，並對應出適當的類比模型！

- 請畫出一個通路、一個斷路的電路系統，嘗試用你所設計的比喻來解釋為什麼你畫的答案是這樣？

我的概念構圖



有時候，我們在類比時，會有一些比喻方式不夠完整，無法解釋整個現象，現在就請你來想一想，是否有更好的比喻方式呢？

- 經過對應後，你設計的比喻是否需要修改？（模型重建）
 - ☐ 是，需要修改。
 - ☐ 是，需要修改，但我不知道要怎樣修改。
 - ☐ 不是，不需要修改。
- 如果需要修改，哪裡修改了呢？請將修改的地方畫線標示出來。

- 修改過的比喻，還能不能解釋第一題的現象？
 - ☐ 能 ☐ 不能

09. 串聯與並聯的概念



杯杯，在知道了電路系統的概念後，你知道它在生活中如何被應用嗎？

我不太清楚耶，但我們上課時有提到過串聯與並聯，與這個有關嗎？



很好喔杯杯，我們今天就來介紹串聯與並聯吧！

太好了！我一直搞不清楚串並聯的方式在電池、燈泡上的應用.....

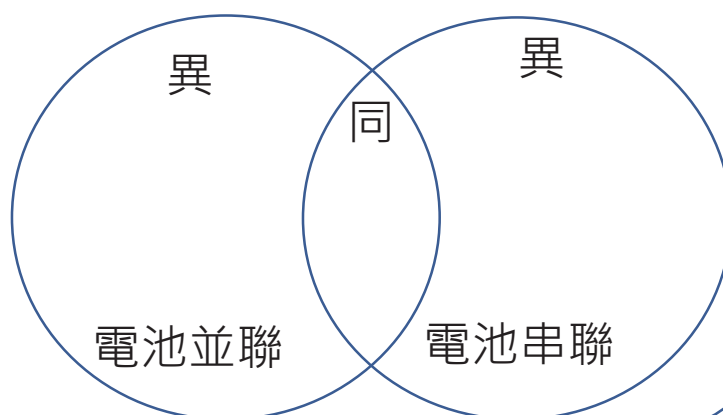


杯杯，不要急！其實你掌握了建模步驟後，只要稍稍用心，就能掌握串並聯的概念了喔，接下來我們就開始吧！

觀察

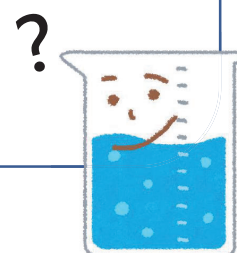
運用五感觀察現象或事物，並且客觀的描述所發現的事實。
請先畫出電池串聯、並聯的圖，再比較它們的差異

🔊 我觀察到：



定題

從觀察到的現象或事物中，找到感興趣的主題或方向，並思考「為什麼」。



問題概念化

讓問題變得可操作，推測出可能的影響因素，並且定義問題。

👉 可能是因為_____因素，造成_____

模型建立

思考形成的理由、蘊含的理論、運作的連接關係，
運用各種方式提出自己的假設，並確認是否能被驗證。

👉 根據我的假設，請用圖片或文字表示該因素與燈泡的關係

調查研究

根據所提出的模型設計實驗、分析數據，
找出變項間的關係，並評估預測與實作結果的差異性。
你可以運用下列材料，組成電池的串聯與並聯的迴路進行比較。



電池4顆



燈泡2顆



電線不限

🔍 我的研究步驟是：

🔍 我的研究器材有：

🔍 我的實驗記錄：

模型檢核

對應模型與實驗結果或數據，
如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。

🔍 實驗的結果跟我預期的一樣嗎？

☐ 與預期一樣：往下一步模型應用

☐ 與預期不一樣：修正假設，思考哪裡可能有問題

模型應用

試試看模型是否能應用到相似問題情境，
或是新的問題情境，來增加模型的解釋力。

🔍 電池串聯的應用情境：

🔍 我的組裝方式：

🔍 我認為這樣的情境適用電池串聯的理由是：

🔍 電池並聯的應用情境：

🔍 我的組裝方式：

🔍 我認為這樣的情境適用電池並聯的理由是：

模型重建

如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。



要確定是否正確的理解科學概念，就要運用到類比建模啦！請試著用「比喻」的方式來說明你的想法哦！

- 承上題，嘗試用你所設計的比喻來解釋為什麼你畫的答案是這樣？

我的概念構圖

模型重建

如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，
就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。



有時候，我們在類比時，會有一些比喻方式不夠完整，無法解釋整個現象，現在就請你來想一想，是否有更好的比喻方式呢？

- 經過對應後，你設計的比喻是否需要修改？（模型重建）
 - ☐ 是，需要修改。
 - ☐ 是，需要修改，但我不知道要怎樣修改。
 - ☐ 不是，不需要修改。
- 如果需要修改，哪裡修改了呢？請將修改的地方畫線標示出來。
- 修改過的比喻，還能不能解釋第一題的現象？
 - ☐ 能。 ☐ 不能

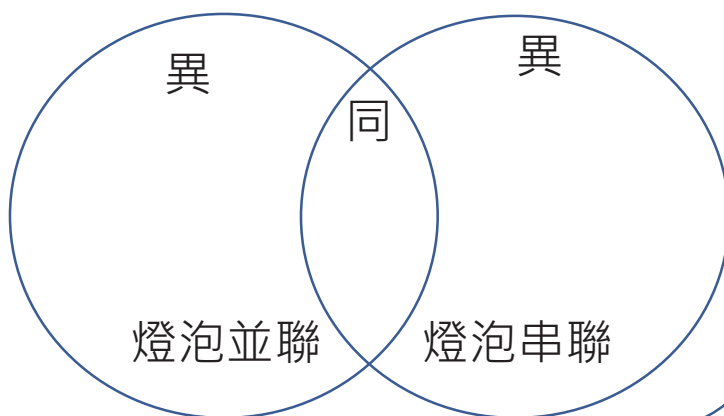


在講解完電池的串聯與並聯後，你知道燈泡也可以用串聯或並聯連接嗎？接下來就讓我們以科學建模的方式思考與探究吧！

觀察

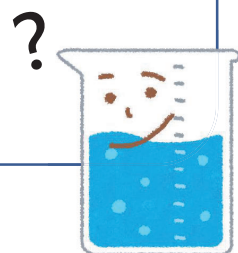
運用五感觀察現象或事物，並且客觀的描述所發現的事實。
請先畫出燈泡串聯、並聯的圖，再比較它們的差異

🔊 我觀察到：



定題

從觀察到的現象或事物中，找到感興趣的主題或方向，並思考「為什麼」。



問題概念化

讓問題變得可操作，推測出可能的影響因素，並且定義問題。

👉 可能是因為_____因素，造成_____

模型建立

思考形成的理由、蘊含的理論、運作的連接關係，
運用各種方式提出自己的假設，並確認是否能被驗證。

👉 根據我的假設，請用圖片或文字表示該因素與燈泡的關係

調查研究

根據所提出的模型設計實驗、分析數據，
找出變項間的關係，並評估預測與實作結果的差異性。
你可以運用下列材料，組成燈泡的串聯與並聯的迴路進行比較。



電池2顆



燈泡4顆



電線不限

🔍 我的研究步驟是：

🔍 我的研究器材有：

🔍 我的實驗記錄：

模型檢核

對應模型與實驗結果或數據，
如果數據無法解釋模型，就要調整或修改模型。

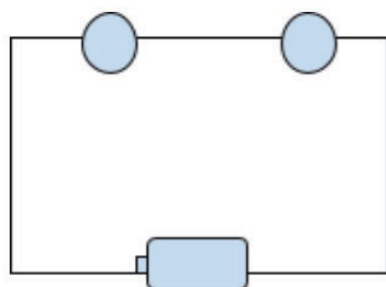
🔊 實驗的結果跟我預期的一樣嗎？

☐ 與預期一樣：往下一步模型應用

☐ 與預期不一樣：修正假設，思考哪裡可能有問題

模型應用

試試看模型是否能應用到相似問題情境，
或是新的問題情境，來增加模型的解釋力。



- 請看上圖，如果電池和燈泡的數量不變，如何讓燈泡變亮，請試著在PhET中畫出來，並說明你的假設。

🔊 我的組裝方式：

🔊 我認為這樣組裝燈泡會更亮的理由是：

模型重建

如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。



要確定是否正確的理解科學概念，就要運用到類比建模啦！請試著用「比喻」的方式來說明你的想法哦！

- 承上題，嘗試用你所設計的比喻來解釋為什麼你畫的答案是這樣？

我的概念構圖

模型重建

如果模型應用後發現沒辦法解釋與對應相似情境或新的情境，
就必須思考有什麼限制，並且重新建立模型。



有時候，我們在類比時，會有一些比喻方式不夠完整，無法解釋整個現象，現在就請你來想一想，是否有更好的比喻方式呢？

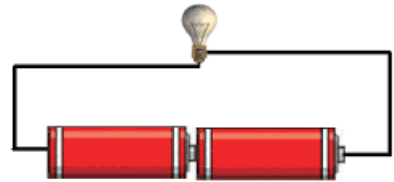
- 經過對應後，你設計的比喻是否需要修改？（模型重建）
 - ☐ 是，需要修改。
 - ☐ 是，需要修改，但我不知道要怎樣修改。
 - ☐ 不是，不需要修改。
- 如果需要修改，哪裡修改了呢？請將修改的地方畫線標示出來。
- 修改過的比喻，還能不能解釋第一題的現象？
 - ☐ 能。 ☐ 不能



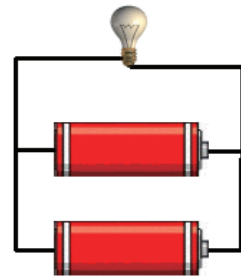
恭喜你完成了「串並聯概念」的科學建模！為了慶祝你們有所成就，我這邊有一些科學家們整理的相關知識，我們一起來看看吧！

● 電池的串聯與並聯

(一)電池的串聯：兩個以上的電池，將一個電池的正極與另一個電池的負極相接，稱為電池串聯，就像手電筒中乾電池的接法。電池串聯時的總電壓為各電池電壓之和。



(二)電池的並聯：幾個電池的正極都接在一起，負極另接在一起的接法，稱為電池的並聯。電池並聯時的總電壓等於單一電池的電壓。

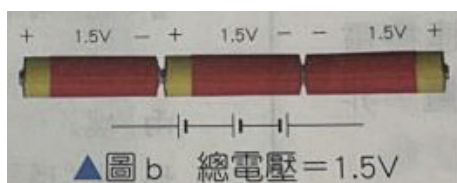
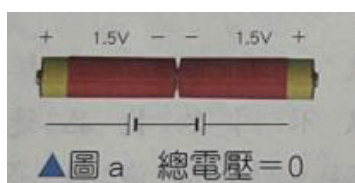


(三)生活中的應用：在生活中為了得到較大的電流，一般使用電池的時候，都採用串聯，如手電筒或收音機的電池，都是串聯。

(四)電池並聯的情況，在日常生活中較少用到，因為它無法像電池串聯一樣，提供較大的電壓，但電池並聯的好處是使用時間較長，且電流較穩定。

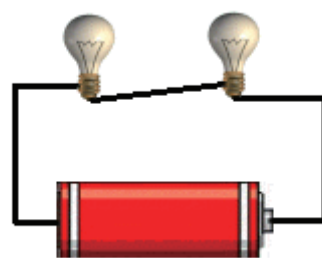
● 如果電池只有正極對正極相接、或是只有負極對負極相接時，會產生什麼效果呢？

當電池只有一端相接，且是同極相接時，則電壓會互相抵消。

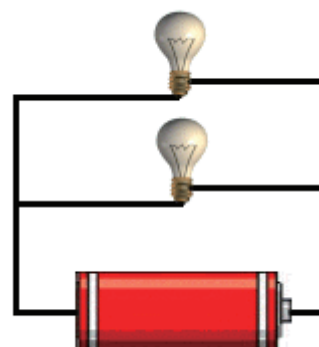


● 燈泡的串聯與並聯

(一)燈泡的串聯：是指幾個燈泡在電路上連成一串的接法。燈泡串聯時，因為燈泡有電阻，電阻會增大，電流會變小，所以每一個燈泡兩端電壓變小，導致燈泡變暗，由於這些燈泡都在同一條電線上，所以主要有一個燈泡壞了，就會形成斷路，所有的燈泡都不會亮。



(二)燈泡的並聯：數個燈泡的一端相連接，連到電池的一極，另一端相連接，連到電池的另一極。這二端都有正常的電壓，所以可以維持正常的亮度。如果其中一個燈泡損壞了，也不影響其他燈泡的亮度。

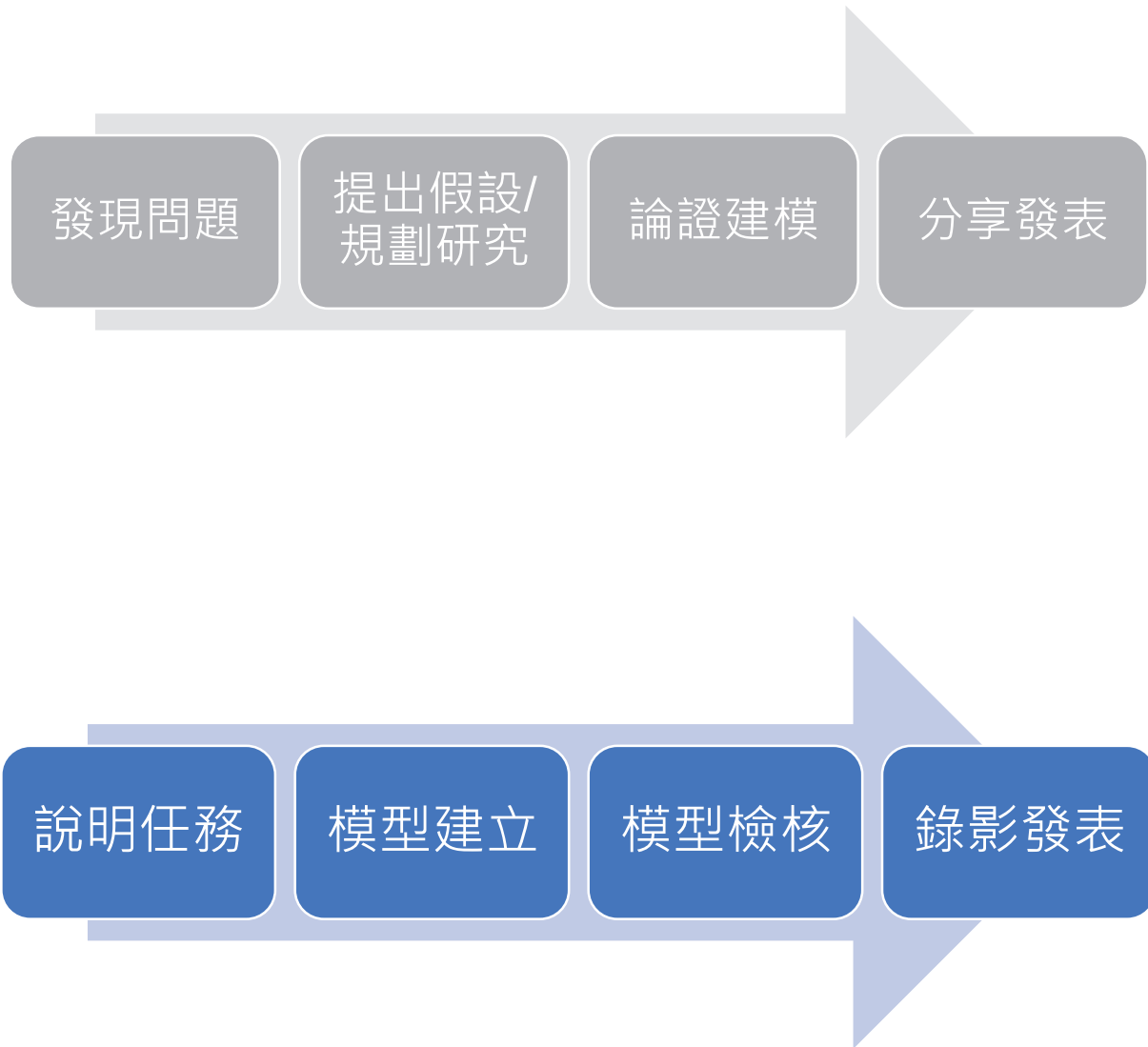


(三)生活中的應用：在生活中為了避免一顆燈泡壞了，而造成所有的燈泡都不亮的情況，家中燈泡的連接便適合採用並聯的方式。

引用：康軒文教事業（2018）。自然與生活科技教師手冊第四單元：奇妙的電。
臺北市：康軒。

10. 科學寫作

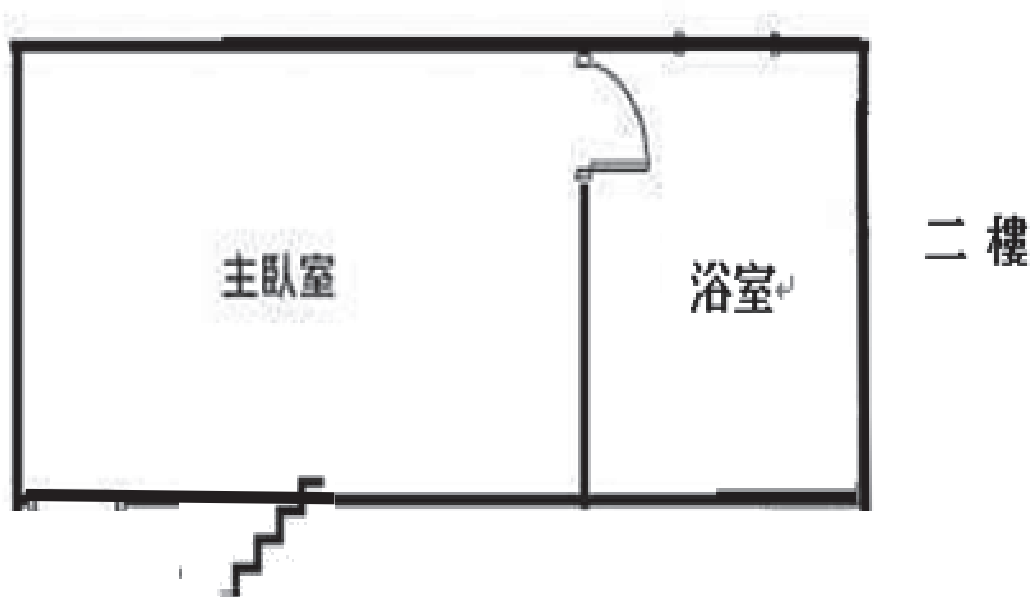
科學寫作初嘗試



寫作示例

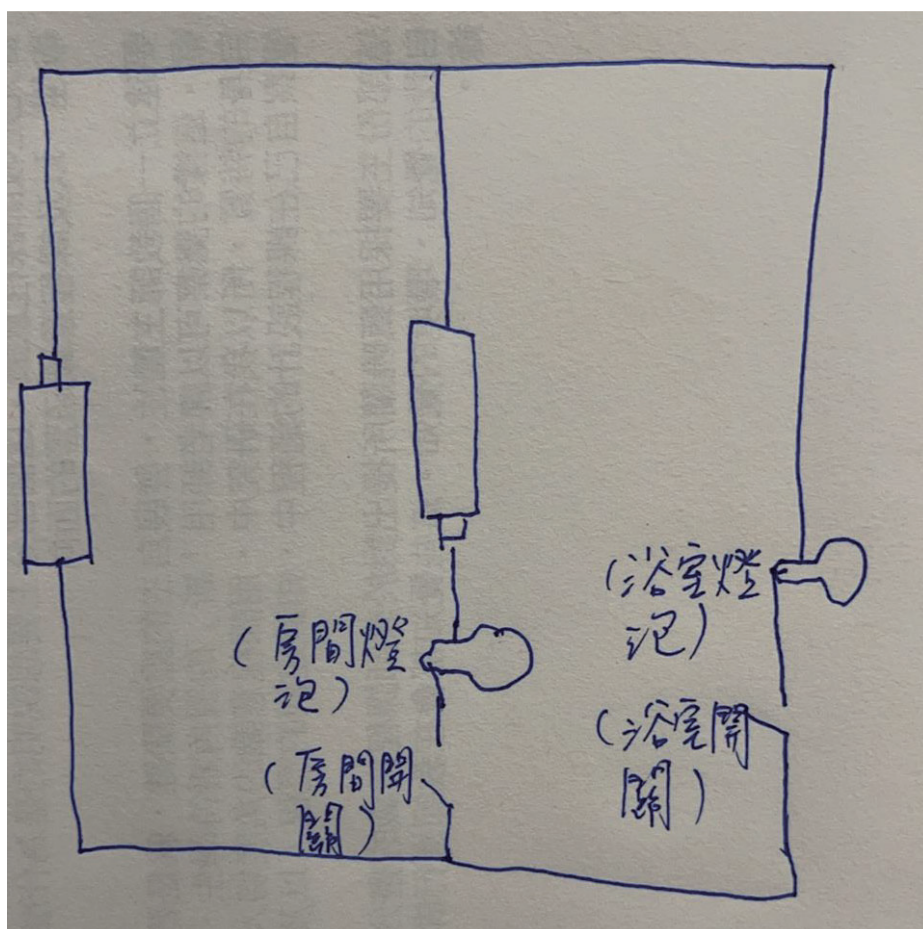
今天接到一個委託，我要幫阿文的娃娃屋的房間和浴室裝上燈泡，阿文希望房間比浴室亮，並且臥室和浴室各有獨立的開關。平面圖如右所示。

※材料：2個燈泡、2個電池、2個開關、電線不限



寫作示例

我的設計圖

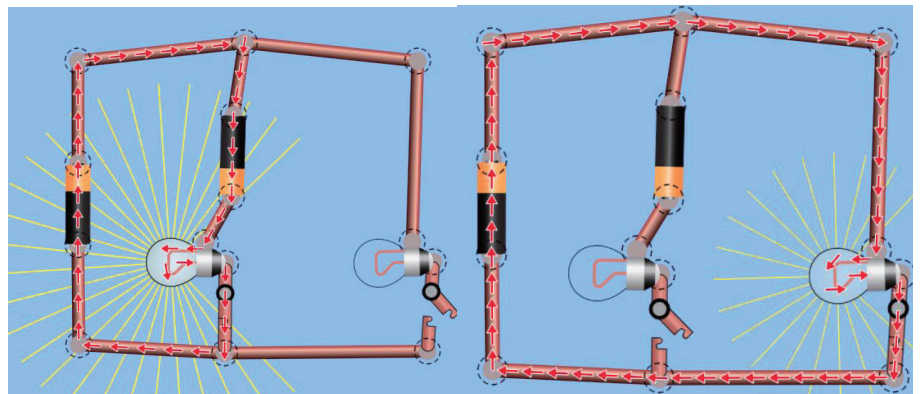


我的設計原理

因為房間的燈要比浴室還亮，所以我將房間的燈用「電池串聯」的方式提供房間的燈泡電源，而浴室的部分跟房間部分則採用「燈泡並聯」的方式，讓它們各自有獨立的開關

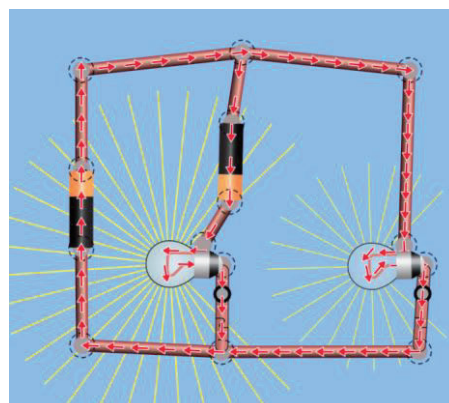
寫作示例

在房間開關與浴室開關各自分別打開時，燈泡會發亮，故符合委託「房間和浴室需要有獨立開關」的需求。



寫作示例

在房間開關與浴室開關同時打開時，房間燈泡會比浴室燈泡亮，故符合委託「房間要比浴室亮」的需求。



作業格式

- 完成三頁或四頁簡報
- 說明你接收到的任務
- 在紙上畫出設計圖，寫下使用串聯或並聯配線的原因
- 在PhET上繪製並截圖在PPT上，說明結果是否支持你的設計
- 拍攝影片講解上傳

科學家的建模思考規準

規準 向度	科學小學徒	科學小助手	科學小老師	科學小達人
建模能力	- 對於現象能產生好奇心，並且描述該現象特徵。 - 能思考造成現象的原因，提出猜測或推測。	- 能將問題分解成各項要素，回應「是什麼」造成現象。 - 以文字或圖片說明自己的想法，形成初步的模型。	- 能透過建立的模型，提供說明，讓沒學過的人對科學概念有初步的了解。 - 能設計實驗步驟，有系統的蒐集資料。 - 能使用直方圖、折線圖、或是適當的表格呈現實驗結果。	- 能應用模型結果於其他類似情況。 - 能藉由實驗修正或提供模型成立的證據。 - 模型能包含各要素的「特質」與「關係」。 - 能利用自己的模型解決一個新的問題。

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

臺北市十二年國民基本教育特殊教育 (資優) 課綱磐石學校優良課程教案：部定課程調整 - 自然領域：瘋狂科學家 / 馮理詮, 顧薇, 周秉弘, 陳聖文, 林盈君, 楊婷雅作. -- 臺北市：臺北市資賦優異教育資源中心, 民 111.12

面； 公分

ISBN 978-626-7250-30-3 (平裝)

1.CST：特殊教育 2.CST：科學教育 3.CST：教學方案

529.55

111021532

**臺北市十二年國民基本教育 特殊教育(資優)課綱磐石學校優良課程教案
部定課程調整－自然科學領域
瘋狂科學家**

發行人：莊智鈞

總編輯：王曼娜

作 者：馮理詮、顧 薇、周秉弘、陳聖文、林盈君、楊婷雅

執行編輯：許 婷、劉巧璇、王偉齡

出版者：臺北市資賦優異教育資源中心

地 址：臺北市中正區南海路 56 號

電 話：(02) 2332-7125

傳 真：(02) 2304-6696

承印者：藝形實業有限公司

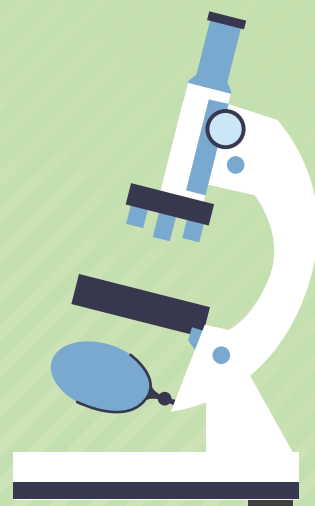
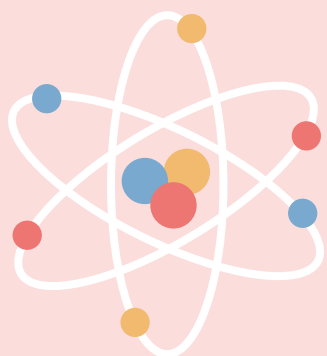
電 話：(02) 2366-1988

出版日期：中華民國 111 年 12 月



臺北市資賦優異教育資源中心

Taipei Resource Center for the Gifted and Talented



ISBN 978-626-7250-30-3



9 786267 250303