

# 發展國中科學課堂裡的探究式對話： 人文觀點的科學教育實踐

陳雅芊<sup>1、†</sup> 林君憶<sup>1、2、\*、†</sup>

<sup>1</sup>國立臺灣師範大學 課程與教學研究所

<sup>2</sup>國立臺灣師範大學 教育學系

## 摘要

本研究探討教師如何以溝通式教學策略發展科學課堂裡的探究式對話，聚焦於歷程中教師面臨的挑戰及實踐知識。本研究採行動研究：以5E探究階段與溝通式對話教學策略作為理論架構，設計國中八年級理化科波動與光學兩單元教案，課程實施六週期間蒐集教學影帶、教師札記及學生討論錄音、筆記作品及訪談等，作為每週反思與調整教學用。研究發現挑戰在於探究式對話時間不足、學生被動參與的行為、決定小組或全班討論的時機，以及如何使學生評估他們的理解，促進反思。研究呈現教師的思考與變通：一、以「積雪」比喻探究能力將隨時間累積，故需決定單元關鍵的探究問題且剔除不必要的活動；二、為了讓學生擁有「心流體驗」、持續探究的動機，需評估任務難易程度決定探究對話的情境——刪除過於容易的問題；太難的任務要從小組適時切換至全班討論，透過師生共同對話，逐漸提升探究與思考的品質。同時心流模型幫助初任教師漸進學習，獲得探究教學的最佳體驗；三、研究中設計課後的進階探究問題，有助於學生活用所學於理解日常現象，並促進反思。未來研究建議包含融入科學課堂探究式對話的教科書單元設計，及課堂師生對話的語意結構分析以確立探究目標的達成等。

**關鍵詞：**人文觀點的科學教育、初任教師、科學課堂對話社群、探究式教學、溝通式教學策略

## 壹、緒論

### 一、改變科學教室的文化——學習說科學

因科學促進生活進步與經濟發展緊密關

聯，自1960年代以來，科學教育常被強調為國家培育基礎與應用科學人才競賽的重要管道。科學課程考量人才培育之效率，採規範的科學觀點(canonical science perspective)，重視科學觀念與知識汲取(Aikenhead, 2006)。然

\*通訊作者：林君憶，chunylin@ntnu.edu.tw

†陳雅芊、林君憶兩位作者對本文貢獻度相當，並列第一作者。

(投稿日期：民國111年5月31日，修訂日期：民國111年9月14日，接受日期：民國111年9月14日)

而學生感知科學學習是抽象的、疏遠的現象並不少見，久而久之，學生習得為了考試而記誦知識的科學教室文化。

近年科學教育開始重視為公民生活而準備的公民科學，提倡融合人文的科學觀點(humanistic science perspective)，強調科學實作並不獨立於社會之外，它本身即是人類社會的活動(Aikenhead, 2006; Lemke, 1990)。這樣的觀點擴展了規範觀點的科學教育範疇——不只重視既定的科學，也有前瞻的科學、公民的科學；也擴展了科學教育對象——成為所有人能投入參與的經驗，使科學觀點能與個人經驗融合形成個體新的自我認同(Aikenhead)。人文科學觀點也激發我們反思學校裡的科學課程、學習活動、使用的語言及形塑的文化等。

從新冠肺炎疫情因應可見，越是高度知識分工的社會，公民越需要對話溝通、運用資料討論、謹慎思考及合作。為了培育公民科學素養，國內研發社會性科學議題的教材影片與教學，作為科普推廣及學校創新課程使用，例如林陳涌、劉湘瑤指導「打開社會事件S檔案」等節目。然而學生可能僅將社會性科學議題討論看作是傳統科學教室活動的簡單延伸(Hogan, 2002)，課程並沒有改變學生在傳統教室文化裡接收知識的習慣，或者因此發展人文的科學觀點或身分認同。研究者有感於本刊特刊徵稿評述「在這些創新課程促使學生體驗融入人文思維的科學教室活動之前，也許需要改變科學教室本身的文化」而撰寫本文。

也就是說，如何使學生理解「科學的活動」具有人性特徵，像是好奇心、創造力、批判性思考、溝通與團隊合作？Lemke (1990)指出「學科學意謂著學習說科學」(p. 1)，包

含在書寫閱讀、問題解決、指引實驗室以及生活中的實作來使用特定的語言，也像是這個社群中的人一般溝通與行動。學習說科學包含了科學課堂練習使用一般性與科學性的語言(colloquial and scientific language)，幫助學生認知到科學性語言之特徵與目的時機，如撰寫實驗報告；並知道科學性的語言並不代表所有科學的語言、並不反映科學實際上使用絕對客觀的抽象的語言生成。例如理論可能是透過好奇地觀察且運用一般性的語言來描述，運用創造力、批判思考不斷地修正而產生。

人文觀點的科學教育不只有益於公民科學，其培育學生的創造力、探究意願、溝通能力，亦是科學相關產業尋求的人才特質，凸顯了改變傳統科學教室文化的需求。過往運用行為與認知心理學來提升科學知識教學與測驗效率，現在開始拓展科學知識生成歷程的社會文化面向：「說科學」雖然不是代表所有的科學實踐，但卻是最重要的，若沒有語言作為語義資源，只有極少的科學能被完成(Lemke, 1990)。科學課堂如同科學本身也是一種社會活動，科學知識是在日常的文化中透過社會建構的、確認的、溝通的，意謂著學習科學是文化適應(enculturation)的歷程，透過參與科學課裡的對話學習科學的知與行；而教師面臨的挑戰就是如何培植學生間發展這樣的科學文化(Driver et al., 1994)。

「科學學習本身是一種文化習得」這個觀點本身是社會建構學習主義的延伸(Wolcott, 1991)，意謂著學習科學涉及學生進入一個新的論述社群，即新的文化。科學課堂開始之初我們可以從學生身上學到他們直覺的、全面的、豐富的經驗，而意義是透過社群對話逐漸構成，因此課堂裡如何形成科學的對話社群甚為關鍵。

## 二、需要鬆動學生根深柢固的學習模式與初任教師進行探究式教學的困境

Aikenhead (2006)整理實證研究指出人文科學教育的學生學習結果，支持其學習效益，包含「科學的人性面向使學生感到親近、與自己有關」；「學生成為批判的思考者、創意的問題解決者，特別是涉及日常生活中與西方科學有關的決定時」；「提升學生與科學及科技等社群溝通的能力」；「對公民社會的科學議題更感到有責任；提高學習規範科學的興趣與成就」(p. 84)。

不過，實務上必須考慮學校文化。即使臺灣的科學教育研發了不少內容豐富的探究活動，學生仍大多抱持著為考試而學習的模式。學生必須精熟自己無法使用的知識時，形成了科學學習等同背誦、不用認真思考的習慣(Aikenhead, 2006)。然而，人文取向的科學教育強調學生需要有足夠的時間練習對話(Lemke, 1990)，以橋接生活中行動取向的科學知識與學生還不熟悉的規範科學知識，目的是使學生對科學產生興趣，透過社會互動使科學成為他們自我認同的一部分(Aikenhead)。由於理念與學生經驗的矛盾，縱使教師安排探究討論活動，在考試文化下學生可能對於如何對話、對話什麼感到迷惘，甚至認為小組討論的課堂缺乏效率，使其窒礙難行。陳育霖(2016)指出探究與實作的科學課程實質上是以學習者為中心的教學歷程，幫助學生探究和建構知識；而臺灣學生無論在實驗或理論上皆較不擅長面對不確定性的問題，他們偏好遵循教師指定的步驟且對此感到安心。故科學課程實踐中的實作實驗並不一定具備探究精神。

對初任教師來說，即使在師資培育階

段獲得科學探究式教學的啟發，進入現場如何實際帶領學生說科學並促成探究對話的社群，仍充滿挑戰：若沒有合適的教材，如何轉化既有教材，設計探究課程並鼓勵對話？如何鬆動學生根深柢固的被動學習模式？教師如何有意識地使用語言，從封閉的、權威的，轉為開放的、對話的？如何踏出舒適圈，傾聽且回應學生提出各種可能的想法？考慮學校及社區的文化，如何有效運用課堂時間，在探究學習與升學考試中取得平衡？

依循著人文科學教育的理念與視角，後續研究進一步發展了結合「探究教學」與「對話溝通式教學」的模式(Hackling et al., 2010)、評估課堂裡的探究社群發展的工具(Baker et al., 2008)、帶領教師設計發展課堂探究社群的科學課(Lewis et al., 2014)等策略。這些或能有助師生實踐科學課堂的探究對話，我們試以此為實踐基礎，發展在地的與自身的實踐知識。故本研究目的為——探討教師進行探究教學歷程中，如何以溝通式教學策略(communucative approach)發展科學課堂裡的探究式對話；研究聚焦於實踐歷程裡，教師面臨的挑戰及生成的實踐知識。

## 貳、理論架構

### 一、科學探究教學及探究對話之內涵

科學教育由知識內容精熟逐漸注重科學素養的培育，強調科學探究過程。臺灣於2019年開始實行的自然科學領域課程綱要，再次強調探究教學的重要性，旨在培養學習者應具備科學素養(教育部，2018)。探究教學法其中以5E模式最為人所知(Bybee et al., 2006)，包含：E1投入(engagement)、E2探索(exploration)、E3解釋(explanation)、E4精緻化(elaboration)、E5評鑑(evaluation)。其基於

Vygotsky的社會文化觀點：學習是先透過社會性的外在對話，再內化至個人知識，進而延伸到其他情境(Bybee, 2009)。在國內部分版本教科書雖已採5E探究教學為本，根據研究者自身經驗，教師感到時間壓力或習慣限制，常讓課堂直接進入E3階段。Bybee等指出E3為關鍵階段，學生能習得專業的科學知識，然而也是離學生經驗最遙遠的階段。

同樣基於Vygotsky的學習觀點，Lemke (1990)指出從學生日常經驗切入科學，能帶入人文、多元的觀點。學習起源自社會情境中，透過對話能激發出有意義的想法；藉此，學生能探索科學課堂中的對話及學習的意義，Mortimer與Scott (2003)觀察許多不同的科學課堂，由師生互動、對話內容、發言對象等因素，教室中的對話基於兩個向度：「對話—權威」及「互動—無互動」，能區分為四種對話類型，延伸為四種溝通式教學策略如表1。

然而，儘管教學設計是探究為本的教學模式，但教師要引導學生產生科學對話並不容易。根據林淑楞(2019)探討學生科學能力與教師探究教學關係的研究，其長期觀察許多教師的探究教學，發現缺乏提問能力可能導致探究無效，而回到講述教學。因此林淑

楞建議增進「教師提問」、「學生實作」與「師生對話」的能力，有助於實施高品質的探究教學。Lemke (1990)也指出在科學探究的教學現場，比起量，教師更應注重品質。此外，曾崇賢等(2011)訪談10位具探究教學經驗的國中科學教師，發現使用5E教學模式、分組討論等具體策略的同時，更應注重學生知識概念的展現、回應與提問等，讓學生將他們的想法、對科學意義的理解呈現在黑板或口頭發表，以掌握學生學習成效。由此可見，發展具體的探究教學策略以幫助學生創造探究式對話有其必要性。

## 二、能促進探究對話之具體教學策略及檢核工具

### (一)具體教學策略

「探究式對話」是一種對話形式的論述，透過與他人互動，進行提問或針對一個科學問題進行探索與想法交流，能夠蒐集證據、解釋證據、評估證據。不同於教師導向的教學常使用提問法，以教師發動—學生回應—教師評鑑(initiate-response-evaluate)的方式主導對話——例如教師先向全班提問，由一位同學提供答案，再回到教師肯定或否決該答案。然而，若禁止學生之間的同儕對話，學生對科學探究的投入與參與可能受到

表1：溝通式教學策略

教師課室中的對話類型	互動式：多種聲音 Interactive, Many voices	無互動：單一聲音 Non-interactive, One voice
對話式：多種想法 Dialogic, Many ideas	(A)互動、對話式：具有多種聲音及多種想法；師生共同在課室中以對話進行想法的交流與探索。	(B)無互動、對話式：具有多種想法，卻只有一種聲音；課室中僅由教師一人提供多種想法，但缺乏與學生的互動。
權威式：特定想法 Authoritative, One idea	(C)互動、權威式：具有多種聲音，卻僅有特定想法；教師與學生雖然有進行對話，但教師透過預先設計的問題，引導學生至特定想法。	(D)無互動、權威式：僅有單一聲音，也僅有特定想法；教師僅提出某種特定想法，並無與學生進行其他想法上的溝通與交流。

資料來源：Meaning making in secondary science classrooms (pp. 33-40), by E. Mortimer & P. Scott, 2003, Open University Press.



限制(Lemke, 1990)。雖部分教師對於釋放主動權帶有疑慮，若實務上能透過教學設計提供有意義的探究的對話機會，能創造科學課堂裡的探究社群，讓所有學生都能投入參與其中(Lewis et al., 2014)。

Hackling等(2010)發展一種幫助科學教師建構探究對話的教學框架，其整合了Bybee等(2006)的5E模式及Mortimer與Scott (2003)的溝通式教學策略。隨著不同探究階段，教師能依據教學目的改變對話類型，如表2。

對教師而言，表2比表更具體地建議如何將溝通式教學策略融入科學探究課程設計，因應各探究階段之教學目的發展合適的對話類型，亦提醒自己留意課程是否足以讓學生產生對話。因此，研究者依據此框架設計本研究教案使用之模板來規劃教學活動。

## (二)檢核工具

依表2設計教學方案後，我們進一步選擇能幫助教師評估課堂裡探究對話發展程度的工具。美國亞利桑那州立大學研究團隊Baker等(2009)提出「探究式科學課室內的對話」(Discourse in Inquiry Science Classroom, DiISC)之量表恰好提供適當指標，幫助研究

者進行設計後與教學後的自我檢核、誼友回饋、討論反思等。根據DiISC為促進探究式科學課室中的口說對話(Baker et al., 2008, p. 6)，教學應具備五點：1.教師能夠透過問題促進學生同儕對話；2.教師能夠連結日常經驗與科學對話；3.教師應示範如何使用科學詞彙(註1)；4.教師應使學習者得以口說對話；及5.促進科學探究學習。可見DiISC的指引與Lemke (1990)、Aikenhead (2006)、Mortimer與Scott (2003)、Hackling等(2010)的人文科學教育觀點相近且不違背。

Baker等(2009)認為探究式科學課堂的教學現場中的對話是指能夠知道科學、做科學、談科學、讀和寫科學，或是前述科學方法的結合，例如做實驗、紀錄、討論等，以適當形式組織科學證據。他們提出DiISC的目的為促進美國科學課堂之探究對話社群，發展一套能評估教師發展課室中的探究式對話之程度的量表。此量表依教學策略分成五大向度，包含探究、口說對話、寫作、學術語言發展、學習原則。本研究選取DiISC其中最有關聯之「科學探究向度」、「口說對話向度」作為課程設計後、實踐後回顧之評估工具。

表2：5E探究階段、教學目的與溝通式教學策略對照表

5E探究階段 (Bybee et al., 2006)	教學目的	溝通式教學策略 (Mortimer & Scott, 2003)
E1：投入(Engage)	使學生投入並引出先備知識。	(A)互動、對話式
E2：探索(Explore)	提供學生對於現象的具體經驗，並讓學生提出自我想法。	(A)互動、對話式
E3：解釋(Explain)	針對現象發展科學解釋，並提供機會讓學生呈現他的理解。	(A)互動、對話式→ (C)互動、權威式→ (D)無互動、權威式
E4：精緻化(Elaborate)	支持學生應用理解以進行自行設計之科學調查；或應用於新情境中。	(A)互動、對話式→ (C)互動、權威式
E5：評鑑(Evaluate)	支持學生更深入去發展與重現他們的理解，並且呈現於他們的學習歷程。	(A)互動、對話式→ (C)互動、權威式

資料來源：“Talking science: Developing a discourse of inquiry,” by M. Hackling, P. Smith, & K. Murcia, 2010, *Teaching Science*, 56(1), 19.

## 參、研究設計與實施

### 一、研究方法與研究場域

本研究採行動研究法。不同於傳統研究法產出通則知識，本研究聚焦於教師作為行動主體於脈絡中產生的實踐知識——突破原本課室裡只有教師的單一聲音，發展出課室裡探究式的對話，過程中探究師生的處遇與實際需求，並回顧、再呈現、分析、辨別行動的過程，即透過持續地反思與行動考驗個人信念亦使知行合一變得可能，呈現真實的經驗知識。林佩璇(2002, 頁216)指出行動研究的個案性質有助於「檢視、詮釋課程和教學實踐如何建構、實行、與變通」；於特定的場域及文化裡平衡潛在衝突的情況下發展「新的概念結構」，對教育變革提出進一步值得探究的問題、重新定義知識、調整知識基礎的焦點，形成未來行動的公共知識。

本研究之研究場域為一所北部私立女中的八年級某班級，共39位學生。研究前先徵得校方及班級所有學生及家長的研究知情同意。根據訪談此校資深教師與現場觀察，學生多較擅長文科，較缺乏數理方面的信心，故自然科學領域教師多以建立學習興趣、引起學習動機為主要教學目標。

### 二、研究參與人員

本文兩位研究者背景皆具國立大學理學院學士及師資培育之專業訓練，而後投入課程與教學研究。第一作者擔任本研究場域之教學者，畢業於物理學系及課程與教學研究所，任教約兩年。教學者期望引導學生投入科學探究歷程與對話而非只是吸收與背誦知識，研究實施期間，兩位作者共同討論反思教學理念與實踐策略。

本研究邀請九位誼友回饋教學方案設計

及參與教學實施檢討。誼友A具物理碩士、教師資格，並認識探究式教學、方案設計及其理論基礎，研究期間透過檢視教學影帶每週與研究者討論教學情況。誼友B同為研究學校之自然領域專任教師，未參與教案設計，但到班觀課議課一次。其他誼友協助研究者於教學前調整教學方案設計，研究者徵詢具理科背景及教學經驗者回饋，每份教案與一至兩人討論。

### 三、研究流程與工具

本研究分為三個階段：研究準備、教學實踐、整體分析(圖1)。以下簡述各階段研究流程與使用之研究工具。

#### (一)研究準備階段

研究者根據研究目的進行文獻探討，確認理論架構：以5E探究階段之溝通式教學策略之理論架構(表2)設計出本研究使用之單元教案設計模板(附錄一)，再選取DiISC探究式科學課室內的對話量表中與本研究最相關之「科學探究」、「口說對話」向度作為課程設計後、教學實踐後之評估工具(見附錄二)。研究者使用附錄一設計九份教學活動方案，再使用附錄二初評教師進行這個教案時可能創造的探究對話程度，並與誼友們討論後修正教學活動(誼友根據自己的經驗提供回饋，協助了研究者提升課程流暢度、確認活動可行性、調整教學指示以形成科學對話)，最後請一位物理專業教授審視。單元章次如表3，教學方案參見附錄三。

#### (二)教學實踐階段

首先，研究者在每堂教學過程中同時蒐集研究資料，包含課堂錄影、小組錄音，以及學生的討論筆記及反思(討論及反思問題請見附錄三)，有時在課後與學生進行做簡短的

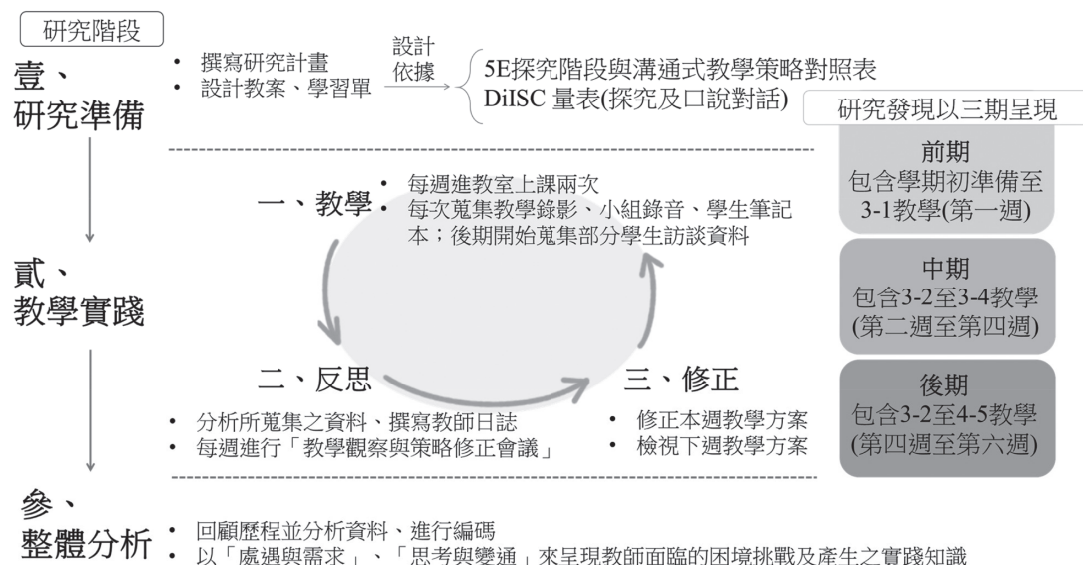


圖1：本行動研究流程圖

表3：本研究實施課程單元章次與節次表

章次	節次	教學時間(分鐘)
南一版ch3 波動與聲音的世界	3-1：波的傳播與特性	100
	3-2：聲波的產生與傳播	100
	3-3：聲波的反射	100
	3-4：多變的聲音	100
南一版ch4 光與色的世界	4-1：光的傳播	100
	4-2：光的反射與面鏡	50
	4-3：光的折射與透鏡	100
	4-4：光學儀器	50
	4-5：光與顏色	50

非正式訪談。寫下教學日誌(表格見附錄四)，包含三部分：1.課後立即記錄自己對課程實施、學生、教師表現的觀察；2.課後調閱該次課堂教學影帶及小組錄音，分析5E探究階段中的對話類型及DiISC探究、口說對話程度；3.整體評估與反思。

再者，每週進行教學觀察與策略修正會議(會議大綱見附錄五)，由研究者提供誼友A教學方案、教學影帶、小組錄音與部分逐字

稿，請誼友使用對話類型檢核表、DiISC探究與口說對話量表評分(配合單元性質評估使用策略，故不是每項目都達到最高分數)，並討論如何修正本週教學方案、檢視下週教學方案。每一至兩週進行研究討論，會議中回顧期間師生的處遇、潛在衝突與需求，共同探索科學課室裡探究式對話的意義，同時也澄清與考驗教師的行動背後的信念，逐漸對接下來的行動產生共識。

此外，該階段邀請學生進行單元結束後的正式訪談、邀請同校同領域教師諍友B入班觀課與回饋一次。共邀請七位學生參與訪談(每次一至二人)，共六次訪談。流程為單元結束後教學者請學生檢閱自己的科學筆記本，分別標記並說明最投入的活動與最無法投入的活動(反思引導見附錄六)。教師提供每位學生書面的個別回饋，並從中邀請訪談對象。訪談互動過程中，學生帶著科學筆記本來輔助說明他們標記的探索或討論活動，研究者則專心傾聽並瞭解學生的經驗、感受、期待與建議等。

### (三)資料分析階段

資料分析階段起於教學實踐至最後回顧。首先針對蒐集到的資料進行開放式編碼，分析實踐歷程中浮現的主題，例如初期資料浮現探究時間不足、或學生缺乏主動性的難題。接著審視主題來進行主軸式編碼，研究者共同辨識關鍵概念的主軸，包含可能的原因、情境、互動、策略等來達到此行動研究目的以發展教學實踐知識，如以積雪比喻重新思考學生累積探究能力的課堂時間，教師意識到能力是長時間累加，進而調整其設計。最後回顧階段梳理歷程裡的行動、發現、及思考，以時間順序分為前、中、後期，呈現如何意識到潛在衝突與矛盾、如何變通與追蹤教學調整之發現，各期以「處遇與需求」及「思考與變通」來呈現教師面臨的困境挑戰及其產生的實踐知識。其中思考與變通以主題歸納，例如關於「使學生主動」的策略分別出現於前、中、後期，出現時以#1、#2、#3等編號區別。

## 肆、研究結果

### 一、研究實施前期

#### (一)前期的處遇與需求：時間緊迫，及學生被動學習的習慣

前期包含學期初準備至3-1教學，教學後即進行研究分析、反思，有助於往後教學。首先，為確保課程設計符合學習需求，教師先充分認識學生。自暑期輔導起，常透過與學生對話或邀請學生課後填寫表單回饋，以瞭解他們的學習經驗與理解等，並與導師交流學生課堂表現。發現學生習慣講述式教學模式，雖然對日常科學現象好奇，卻不擅長提出想法或疑問。前期發現兩個重要的挑戰——探究對話的時間不足，以及需要幫助學生改變透過聽講學習的習慣，讓他們練習在小組中對話學習。

再回顧3-1教學狀況：教師依教案準備好3-1課程所需的七份學習單紙條，打算依教學步驟發下至各小組，讓學生們黏貼於筆記本上再進行討論。然而，當日下午第一堂課許多學生仍帶著睡意，未提前更換為小組座位，還有幹部在臺上宣達學校的重要事項。眼看課程未開始，時間已經過了十幾分鐘，於是教師很緊迫地發下第一張紙條，並指定討論時間；學生收到「黏貼紙條」的指令，開始仔細緩慢地貼上紙條，貼完紙條後便左顧右盼地問「現在要做什麼？」而此時，「討論時間」也差不多結束。為了抓緊下一個教學活動開始時間，教師在臺上緊盯著碼表計時，一邊手忙腳亂地準備下一份紙條，因此並未監督討論或引導學生主動思考，甚至壓縮了每次給予學生的討論時間及發表機會。因此教師與諍友A開始探討造成時間不足的可能原因，如探究活動太多或討論不夠深入，一起尋找可行解方的過程，使得教師重新振作起來。



## (二)前期的思考與變通：對話時間的擴展，及小組討論的互動引導

### 1. 時間策略#1：僅保留關鍵的探究問題來引導對話

研究者分析課堂探究歷程所花的時間(圖2)與對話類型，發現學生花大量時間在黏貼紙條，而不是討論或發表。此次E3階段難以由類型A「多種聲音、多種想法」的對話開始，而直接進入類型C→D，且E5階段略過類型A→C，學生沒有透過回顧與反思評估自己的理解，或得到教師回饋。

此外，原本學習單列有詳細說明文字欲引導學生練習特定探究能力，我們發現學生看到長段文字反而感到困難，或侷限了學生可能有的自發想法與做法。因此，我們調整後續的教學，包含預留緩衝時間、挑選核心探究活動、捨去不必要列為學習單的問題、紙條上避免複雜的提示與指令，只留下必要的說明，刪除不需要的指令，擴展時間、空間讓他們討論與操作。

### 2. 使學生主動策略#1：引導學生小組內的對話

除了討論時間不足，我們注意到學生對於分組討論較不投入。特別是因為討論需要主動，而學生過去的學習經驗比較被動，會

在分組討論中期待別人帶領，或者缺乏主動自我監控而開始聊天。在學生還未習慣主動地參與討論的情況下，教師先在學生討論時從旁擔任指引的角色。以3-1 (波的傳播)為例，當時S32不太參與對話，但他認真地看著學習單，並主動舉手示意教師過去。教師注意到此時其他組員正在聊天，以下引述師生在小組討論時的對話：「S32一邊甩動手：『老師，跳繩也算是一種波嗎？』教師：『好，大家可以跟S32一起思考，回想一下，我們剛剛學到波動是什麼呢？』S20和S25停止聊天，看了看手邊的學習單，並問道：『可以傳遞……能量？』」(課堂影音-0927)。

教師知道自己的任務並不是幫助S32找到答案，而是促進同儕對話。S32提出問題時，教師將問題帶回小組，引導同儕們產生對話。根據DiISC口說對話項目#8——教師促進同儕間的對話：教師要提供機會給小組討論、監督學生參與討論等。這項指標使教師的注意力放在最佳(即3分)的狀態：教師建構學生之間的互動以促進同儕間的對話。教師下臺至組內參與對話可以達到監督效果，也能以轉問的方式促進對話：不直接回答學生的問題，而是引導讓同組學生共同思考，逐漸地由學生聆聽及組內共同解決問題。

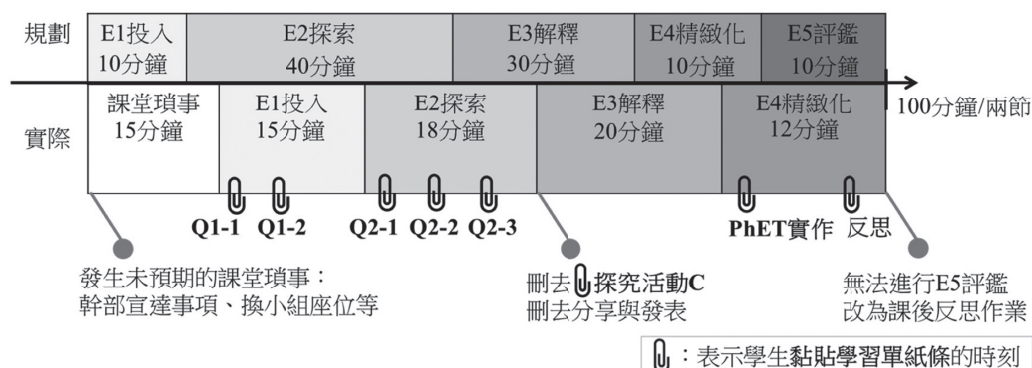


圖2：單元3-1規劃與實際時間分配比較圖

註：PhET原為縮寫自Physics Education Technology，現今已由物理延伸至數學與其他自然科學領域。

此外，研究者亦透過非正式訪談詢問學生不願意開口參與討論的原因，他們表示害怕答錯，也就是學生們寧願不回答，也不要回答錯誤。學生被動等待、害怕答錯的心態，使得協同學習在國中階段不易進行。現場許多教師會採用加分機制提高學生回應的動機，而本研究在前期也曾採用，確實能引起部分學生的回答意願。但舉手的學生，可能是為了爭取團隊獎勵等外在動機而發言，並非為了探究而對話，如此一來酬賞機制使得學習的內在價值在課堂中逐漸消失了。我們認為若要使學生能持續探究，需引發他們的內在動機、提升自我調節的學習。

## 二、研究實施中期

### (一)中期的處遇與需求：學生對小組討論的感受不同、缺乏對於自己學習狀態的反思

中期包含3-2到3-4的教學。從講述轉變為探究對話的課堂，對學生來說其實相當困難：除了學習模式需要重新建構之外，對於協同學習意義大多一知半解。研究根據Mortimer與Scott (2003)指出學生之間的對話更容易在小組中形成，因此教師依照學生的學習成就與特質採異質分組，分組亦參考孩子的意見，希望學生能在課堂中自在地參與。然而，訪談發現部分的學生喜歡小組討論時的開放思考；部分學生則希望教師多講述，減少討論答案未立即明確的問題。不夠自律的學生認為小組討論就是自由時間，而討論內容「不會考」，考試導向的學習心態是探究學習的阻礙。此外，訪談時學生也會向老師「許願」，S35表示組員都比較內向，沒有人敢發言，希望能跟另一組的S15同組，他認為跟會引導討論的同學一起，有助於學習。然而教師意識到沒有最好的分組方式，

學生像是一團團絲線，他們的喜好有複雜的因素在其中。重要的是讓學生理解到自己能學會和不同人一起思考。因此在實施中期，幫助學生能主動參與對話，以及深化協同學習的意義是發展課堂探究對話的關鍵。協作不僅是向他人分享自己的想法，而是當任務挑戰的時候，比起獨立思考，同儕互相激盪思考，產生新想法且持續交換意見，能提高完成學習任務的可行性。

### (二)中期的思考與變通：由學生的文化引入科學探究對話，以及以心流幫助反思學習狀態

#### 1.使學生主動策略#2：將學生的文化及想法引入科學課堂，使同儕對話討論自然進行

以3-4 (多變的聲音)為例，研究者進行此課程前，利用十分鐘讓自願擔任DJ的學生為全班播放不同類型的樂曲，班上同學聆聽了約十種不同風格的音樂，並透過文字寫下感受。教師向學生說明下堂課的準備：

教師：「不同的曲風，能帶給我們不同的感受。而這些歌曲之所以讓人有感覺上的差異，正是因為在科學上透過不同的聲音要素，拼湊出不同的風格。下堂課，我們要一起到實驗室進行活動，體驗聲音的各種要素。你們可以帶上能夠發出聲響的小道具來實驗室和大家分享。」(課堂影音-1026)

原先教案設計並無先聆聽樂曲的部分，研究者稍作改變使得科學課堂與學生文化更靠近，希望藉此引起了他們對科學的好奇且引發主動參與實作。下一節闖關活動中，不依照原先教案中要求學生以特定操作方式進行，教師

改請學生各組負責指定項目，自己設計讓其他組同學來體驗。例如，教師僅提供橡皮筋和隨手取得的紙盒，A組S21將橡皮筋繞在紙盒上，並調整橡皮筋的鬆緊來改變音調。研究者從旁注意到他們遇到了紙盒受橡皮筋綑綁而凹陷無法彈奏的問題，與同組組員討論後放置立可帶於紙盒中，成功解決問題。B、C組同學聽聞訝異的驚呼聲，拉著同學去「看表演」，形成課堂同儕的科學對話：

B組S05：「我們去看S21他們那組！他在彈歌曲耶！」

B組S07：「他們怎麼做到的呀？」

A組S21一邊操作：「這每條繩子的鬆緊度不同，妳們可以拉看看！」

C組S23：「哦！所以鬆緊度不同，會讓橡皮筋的聲音有些比較高音，有些比較低音？」

A組S21：「嗯嗯！越緊的聽起來是……(彈出較高音)，而越鬆的則是……(彈出較低音)。」(課堂小組錄音-1028)

原本「無聆聽樂曲」以及「要求以特定方式進行聲音要素體驗」的設計，教師改從學生生活經驗引起學習動機，再由學生來設計體驗活動，流暢地建立科學與學生日常的連結。教師從旁觀察學生之間的對話，當下並不參與或評價，而是讓學生自由地進行科學對話，符合DiISC探究項目#1教師建立一個支持學生探究的學習環境；項目#2教師引導學生進行提問，此單元學生有興致地提出了自己所攜帶的口簧琴，各組也在闖關之時

對彼此提出與解釋科學問題，教師在下堂課引導學生回顧、提供回饋。此次課堂的同儕對話充分，因此在DiISC口說對話項目#7至#11，教師與誼友B皆認為是3分表現。

2.使學生主動策略#3：以「心流」模型協助師生意識自己的學習狀態及回到最佳體驗的策略

研究者邀請同校教師誼友B進班觀察3-2教學，他回饋學生進行探究和討論時，不容易完成任務可能是因為他們未進入「心流狀態」。Csikszentmihalyi (1990/2020)於《心流》一書中指出：當人具有足夠能力和技巧去面對相應程度的挑戰時，較容易進入心流，而這個狀態能夠讓人感受到成就感及愉悅，增進學習擁有感(見圖3標註心流的位置，如A1點)。倘若挑戰太過簡單，人們可能會覺得無趣(A2點)，此時應該要提高挑戰；而當挑戰太困難，我們缺乏足夠能力時，則可能感到焦慮，需要增進自我技能(A3點)才能回到心流狀態(A4點)。在3-3教學後緩衝的空堂，研究者將心流理論帶入課堂的反思活動，在個人反思裡，學生真誠地面對自己的學習狀態，多數認為自身處於A3的位置，

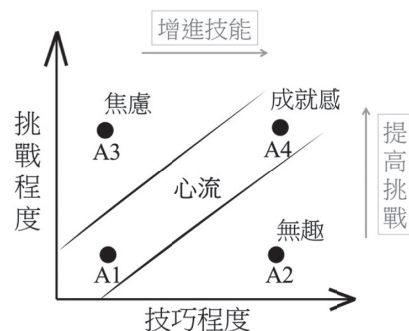


圖3：心流理論模型

資料來源：Csikszentmihalyi, M. (2020)。心流：高手都在研究的最優體驗心理學(張瓊懿譯；頁122)。行路。(原作出版於1990年)

因為自己的理化成績待加強，希望能提升能力以回到心流狀態。學生認知到自己的學習狀態後，教師一方面敦促他們能尋找調適狀態的方法，同時也掌握時機向學生說明與同儕進行對話討論的優勢：當挑戰可能超過我們自己能解決的時候，與同儕一起對話思考能讓彼此具備更足夠的能力，面對更高的挑戰，如此再進入心流狀態而獲得學習的喜悅與成長。

而心流也幫助初任教師自我反思，轉變遭遇困境時的心態。其實在研究實施過程，教師自己也曾經歷一段低潮期，儘管先在課程設計上作了充分準備，嘗試轉化教學模式的過程需要承受一些壓力，包含了學生學習適應與成效、校方或導師的觀感、家長的看法等，更多的是對自己的探究教學能力感到焦慮。心流模型幫助研究者看見在探究教學經驗還不足的情況下，如何投入探究教學最佳體驗——透過漸進地設定探究教學的挑戰，逐次地增加帶領學生探究的能力，讓心境能平穩下來投入自己的學習歷程。

### 三、研究實施後期

(一)後期的處遇與需求：決定小組與全班式對話的時機，以及發展幫助學生評估理解的策略

研究實施後期涵蓋4-1至4-5的教學。經過前期研究的反思和修正策略，引導學生主動參與同儕對話等協同學習模式，順利減少許多問題。學生適應了探究與協作後，研究者在後期設定教學的挑戰是能更進一步觀察學生的課堂對話來決定小組與全班式對話的時機，使探究歷程能保持在任務挑戰與學生能力相符合的心流之中。原本5E探究階段的溝通式教學策略僅指出對話模式，完全沒有提及對話的規模切換。然而透過訪談學生，研究者發現1.各個小組中的對話品質會受到

成員的個性與討論能力左右，太難的任務會使部分小組無法達到學習目標，而且2.有的學生喜歡小組的探究討論；有的學生則覺得小組討論太過發散無法抓到重點，更喜歡由老師引導的全班對話。進而瞭解到小組對話與全班對話之間應「適時」切換的需求。

此外，研究者分析學生在單元教案的反思單(附錄三)及反思任務(附錄六)的學習成果，發現有些學生在筆記本上僅寫幾個籠統的單詞，如「覺得有趣」、「收穫很多」，但並未進一步指出具體學習經驗。因此本研究需要找出能促進學生反思的有效策略。由於文獻中指出在整合型的教學單元中嵌入的評量活動不只能評估學生發展的理解，也能促進他們反思自己的思考(National Research Council, 2006)，研究者留意到促進反思的可能策略在於活用與單元主題相關的探究評量活動。

(二)後期的思考與變通：掌握對話的規模與時機，以及運用自選的進階探究使學生展現理解

1.優化探究對話經驗的策略：以心流來決定小組對話與全班對話的切換時機

當學生面對的挑戰與其能力相當，更容易擁有心流體驗。心流模型除了幫助學習者掌握自己的學習狀態，在本研究中也幫助教學者反思探究教學過程中，需要依據學生當下的理解程度與任務的挑戰程度決定對話的規模的切換。也就是說，研究者依此剔除過於容易、會讓學生感到無趣的問題；而當任務具有挑戰性，個人無法解決時就可以仰賴小組對話的力量；而當小組沒有足夠能力去解決整個問題，需要適時地切換至更多人能交換意見的全班討論，教師能引導促進同儕對話。一方面，透過小組協作、全班討論，學生能具備足夠能力以處理更高的挑戰而進



入心流狀態，持續探究思考的動機，而不會因為過於焦慮而放棄。

另一方面，學生在小組內對話的目的，經常是共同探索、交流彼此的想法。研究者思考，當教師適時地引導小組進入全班式對話，能繼續將「多種聲音、多種想法」之對話擴展到全班討論，且在E3解釋階段可以由教師協助引導課堂的對話類型A→C→D，收斂至教科書中的科學學習內容。透過「小組切換至全班式討論」的對話模式，能夠讓討論能開展也能逐漸透過思考收斂為「多種聲音、一種想法」，教師參與其中示範科學對話或詞彙之使用(DiISC口說對話項目#10)，學生的對話能學習從日常語言轉為切換為正規的科學語言。而「全班討論切換至小組討論」的對話模式，能讓對於正規的科學語言感到抽象的學生，有機會回到小組中跟同伴討論，切換為日常的語言對話以確認或澄清個人理解(Lemke, 1990)。

以4-1 (光的傳播)為例，教師與學生討論光與視覺：「為什麼我們看得見東西？又我們看得見影子，影子也是東西嗎？」首先讓學生先獨自思考、寫下想法。約兩分鐘後，讓學生與隔壁同學交換想法，觀察發現學生對彼此的回答感到好奇，認真地討論。當學生都陸續停下討論前，教師再轉為全班式討論，此時完全不需要抽籤或指定回應，便有許多學生主動舉手想要分享剛剛討論的結果。以下節錄全班的討論對話如下：

S15：「能看見物和影子的原理不同，但都和光有關係！能看見物體是因為刺激眼睛，能看見影子是因為反射。」教師將S15想法寫在黑板上，並回應：「瞭解，有沒有其他同學有別的想法的？」S35反駁  
S15：「看見物體也是因為光的反

射！應該……不是刺激……吧？」

教師在黑板上連結S35回應至S15對於看見物體的想法，澄清物理上物體反射了光線，生物上眼睛受到光線的刺激而產生視覺。教師邀請學生繼續：「這很有趣，還有同學想分享的嗎？」S27補充S15：「影子是因為光照到不透明體，所以後面形成黑黑的。」教師轉成圖像呈現在黑板上，與S27確認語意：「妳的意思是這樣嗎？很有意思！」

(緊接著) S21舉手再提問：「老師，如果依照剛剛說能看見物體是因為光，那為什麼我在房間關燈後一開始看不見，但一陣子後就能看見一些？」

教師將問題拋給全班思考：「這是一個很棒的發現，大家應該都有這樣的經驗，妳們可以想想看可能是什麼原因？」S27：「摠……可能是因為適應了？」教師針對瞳孔縮放原理進行補充：「對，這是關於生物科的問題……(下課後S21前來與教師討論顏料問題)」(課堂影音-1101)

第一段全班討論符合Mortimer與Scott (2003)「多種聲音、多種想法」的對話，再逐漸收斂到「多種聲音、一種想法」。學生們在與同儕對話的過程中，能以暫定的想法參與全班討論，再透過彼此激盪與確認，由老師的從旁引導，確認了問題成功解決的樣子，容易讓學生投入探究本身、擁有心流經驗。這段討論中，我們也發現低成就的學生也投入參與探究對話，可以見到高成就的學生也能透過向他人說明而重新整理自己的理解，而如第二段全班對話所示，將自己的科學知識連結至其他領域的學習。

## 2.時間策略#2：課堂的時間如「積雪」而不是流水，探究能力會隨著重要的探究經驗而累積

前期處遇分析可見時間對教師來說是一大挑戰，當舉凡大大小小所有任務都被鎖定在既定的時間裡，時間就像佐藤學(1999/2019)比喻為「流水」均質地前進，不再回頭。為了不超時，反而失去了專注於學生學習當下的時間。

然而，整個歷程中，時間的挑戰不斷地被重複思考。在多次教學並與研究團隊、誼友討論後，我們悟得探究學習的技巧是需要透過不同的機會累積和成長。學生若要掌握探究學習，課堂需要如佐藤學(1999/2019)比喻為「積雪」這種特異化的時間。具體的做法是時間有限的情況下，將不同的探究能力透過不同的單元學習而累積。因此每個單元的課程設計可以選擇符合該單元最重要的探究能力，每次挑選最重要、最符合學生在此單元需要發展的探究能力，讓學生每次有足夠的時間主動運用探究能力獲得成就，長時間下來能透過不同課次累積所需要的各種的探究與對話能力。

透過重新建構對課堂時間的想像，我們就能下決心剔除這堂課不必要的內容，將課堂聚焦於關鍵的探究與對話技巧。例如本校另有教師開設科學探究與實作課，進行部分理化探索實驗，因此本課程第四單元進行探究式對話時，即以科學探究與實作課活動作為E2階段的共同經驗做為基礎。以單元4-3(光的折射與透鏡)為例，原先E2設計——讓學生觀察折射現象，再透過「討論與傳達」(課綱學習重點pc-IV-2)(教育部，2018)延伸應用以折射定律探討生活中的折射現象——確定學生獲得探索經驗，已完成各種透鏡的成像觀察，便重新思考學生在此課次的關鍵，

改帶領學生繪圖「建立模型」(tm-IV-1)(教育部)來認識光的折射定律，瞭解不同位置的物體經過凸凹透鏡折射之成像大小與性質。再將討論與傳達移至單元4-4(光學儀器)以連結4-3。而學生基於科學探究與實作課共同的真實探索經驗，也能夠接著在理化課投入討論，聚焦於思考、對話與筆記本的撰寫。

## 3.使學生主動策略#4：「進階探究」將課堂延伸至生活中，促進師生評估理解程度與探究能力

教師原希望透過反思，引導於學生檢視自己的學習歷程、釐清概念，僅有少數同學能透過寫作達成，如單元3-2中E5階段S35寫下「組員(S21)說在耳朵旁邊搥風會有聲音，我突然想到睡覺時蚊子在旁邊飛很少，可是蝴蝶從旁邊飛過卻沒有翅膀震動的聲音，後來上網查到好像一秒振動20次以上才会有聲音」(學習單-1021)。可見他受同儕對話啟發思考，由生活例子再次理解聲音產生需有振動。然而並非所有學生能順利撰寫反思，推測可能是問題不夠明確。反而是本研究裡每個課次提供學生自選的「進階探究」問題(附錄三)，提供學生課後從中選擇一個問題來實作，同時也能評估自己的理解，過程中學生能反思自己的思考。研究建議移除原教案中，每個課次對國中學生來說不夠具體的反思問題。

本研究中「進階探究」的設計初衷是將學科學習內容連結至學生的日常，使科學觀點能與個人經驗融合形成個體新的自我認同(Aikenhead, 2006)。例如，某位學生可能覺得自己科學成績不好，但邀請他選擇一個與生活情境相關的進階探究的問題進行課後探究，激發學生自己思考或與同儕討論而更感興趣。研究發現相較於學習單E5評鑑的反思問題，教師在各單元所設計主題式進階探究，不但能具體

地連結科學與日常經驗，藉由學生課後探索重新思考課程中科學知識及應用所學的探究技巧的機會，教師能評估學生的理解及探究能力，也能促進學生反思自己的思考。

研究者在各課次設計不同的進階探究問題，讓學生自己選擇一個問題來探究，在三、四單元結束後一起進行報告：以3-1(波的傳播與特性)為例，探討「兩個石頭在平靜水波相遇時的狀況」；以4-2(光的反射與面鏡)為例，探討「日常中常看到大型貨車死角造成傷亡，何謂視線死角？又我們應如何避免此種車禍？」從學生的書面報告中，也能看見學生探究成果及科學思考。課堂中可能會存有對於不同問題思考討論的時間限制，課後學生反而有機會獨立規劃並進行探索，使他們再次連結科學與日常經驗，也有助於學生發展探究對話。以下分別呈現兩單元進行探究的學生作品(如圖4，放大圖見附錄七)。

S28是第一個表示已完成此報告的學生，作品如圖4(a)，教師利用課餘時間關心他的報告的撰寫細節，也藉機瞭解他對於這個

活動的想法。他選擇3-1波動單元，探討兩個石頭在平靜水波相遇時的狀況。以下節錄部分非正式訪談之對話。

教師：「我覺得你的報告很精彩，能不能跟我分享你如何做這份報告呢？」

S28：「我其實大概只花了30分鐘，我算是用想像的方式思考這個問題。」

教師：「我看到你寫到這些步驟，所以你用想像的方式進行這些操作嗎？」

S28：「是的！」

教師：「兩個石頭同時落下去到靜水面上，所以你想像會看到什麼畫面？」

S28：「嗯……應該是會產生兩個水波，像漣漪那樣！」

教師：「對，那如果這兩個水波相遇，它們會發生什麼事？」


主題：3-1 進階探究

方法：想像／將兩顆石頭同時落入平靜的湖面觀察

步驟：一、準備兩顆石頭  
二、找到有湖或水的場合(一定要處於平靜)  
三、將兩顆石頭同時落入水面  
四、觀察變化並記錄

結果與發現：  
當兩顆石頭落入平靜的水面時，湖面會產生振動，並出現以落入點為中心的圓形波，逐漸向外擴展。

感想：我個人覺得這實驗結果會如同兩顆足球碰撞後的反彈，因為這兩波是向外擴展的，我想這跟下雨很像，會如其他圓形波碰撞，形成反彈，然後落下時會發出滴滴答答的雨聲，兩是介質，由此推論，石頭在此實驗也是介質。



(a) 3-1波的傳播與特性

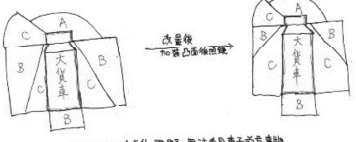
探究主題：4-2 (一) 如何減少駕駛的視線盲區

視線盲區一般分為三種：前盲區、側盲區、後盲區，這些盲區會因駕駛位置與駕駛位置不同而產生不同的盲區，以下將討論造成視線盲區的盲區。

- 前盲區：這是指駕駛座前方，由於駕駛座的位置，駕駛人的視線，如果沒有很強的透視盲區的控制，則盲區會因駕駛位置與駕駛位置不同而產生不同的盲區。
- 後盲區：這是指駕駛座後方，由於駕駛座的位置，駕駛人的視線，如果沒有很強的透視盲區的控制，則盲區會因駕駛位置與駕駛位置不同而產生不同的盲區。
- 側盲區：這是指駕駛座側方，由於駕駛座的位置，駕駛人的視線，如果沒有很強的透視盲區的控制，則盲區會因駕駛位置與駕駛位置不同而產生不同的盲區。

影響：前盲區、後盲區、側盲區，由於駕駛座的位置，駕駛人的視線，如果沒有很強的透視盲區的控制，則盲區會因駕駛位置與駕駛位置不同而產生不同的盲區。

減少盲區碰撞的發生。



A: 前盲區：僅能看見前方的視野，無法看見車前或車後  
B: 側盲區：位於區域無法看見任何事物  
C: 後盲區：可透過後視鏡看見後方的事物

(b) 4-2光的反射與面鏡

圖4：學生進階探究書面報告



會繼續傳遞嗎？還是會反彈？」

S28：「嗯……好像是會繼續傳遞，也許會重疊？」

教師：「我覺得妳的想法很有趣，不過妳在這裡寫出妳覺得兩個波相遇的時候會如同足球般的反彈，為什麼妳會這麼認為呢？」

S28：「阿，我這裡應該要修正一下！應該是重疊，不是反彈！」

教師：「嗯……所以妳可以發現，這些想法都很有意思，但如果我們要驗證這些想法，是不是可以試著做一些小實驗來操作，妳覺得如果要操作看看這個現象，妳會需要什麼東西？要用什麼記錄呢？」

S28：「大概就是兩個石頭跟一個靜止的水域吧！然後，準備一本筆記本？」

教師：「如果妳要向大家呈現妳的具體發現，也許拍照，甚至錄影會是滿好的呈現方式。在進行這種進階探究的時候，有自己的想法固然重要，但我們可以試著從文獻資料、小實作等進行更深入的探討！期待之後妳向同學們分享妳的實作成果！」（學生訪談-1223）

可以從這段師生對話的過程中見到，S28反思自己初次的獨立探究，對話的過程中

修正了原本的想法。進階探究不只有助於反思，更令人驚訝的是這項活動受學生歡迎，分享時學生對於彼此的作品感到好奇且相當專注。有些學生與同儕約兩三人共同討論合作，還有些學生主動選擇兩個主題進行探討與分享。儘管學生初次進行獨立探究，其能力還有成長空間，教師觀察到學生投入探究問題的情境、活用單元的概念或者簡單的實作來展現自己的想法。雖然目前是由教師設定主題使學生連結生活現象與科學觀念，實際探究對話的教學過程發現學生能聯想到許多有趣的現象(包含跳繩是不是波動、為什麼相機鏡頭是圓的，但是照片卻是方的)，在課堂中無法仔細探討，但能納入課後學生自由選擇的進階探究問題，鼓勵學生發現問題的能力。未來研究能繼續探討：(1)師生在自由的課後探究問題時，如何互動使學生逐漸累積探究與實作的能力、主動性，例如S28的例子能進一步引導學生嘗試以繪圖思考水波的現象、及實作觀察探討，引導「交互作用」跨科概念的探究；(2)評估這些提供給學生選擇的探究問題作為評量活動，如何設計能使所有學生都有機會展現他們的理解與探究能力，可參考Next Generation Science Standards建議，使用美國Achieve (2019)出版用於評估「科學評量的認知複雜度」架構，來設計不同程度的問題。

## 伍、研究結論與建議

### 一、研究結論

本研究探討教師如何以溝通式教學策略發展科學課堂裡的探究式對話，聚焦於歷程中教師面臨的挑戰及獲得的實踐知識。以5E探究階段與溝通式對話教學策略作為理論架構，研究設計八年級理化科波動與光學兩單元，課程實施六週期間蒐集教學影帶、教師



札記及學生討論錄音、筆記作品及訪談等，作為每週反思與調整教學用。依實施的前期、中期、後期的處遇與需求及思考與變通呈現研究發現。

在研究實施前期，我們的處遇與需求主要是探究式對話時間不足及學生難以轉變被動學習的習慣。此時研究者的思考聚焦於如何擴展探究對話的時間、如何引導小組之中的對話互動：策略包含保留關鍵的探究活動與問題來引導對話，及先透過教師參與來引導學生小組內的對話。

到了中期我們發現學生對小組討論的感受不同、缺乏對於自己學習狀態的反思。訪談發現學生個人學習的習慣與喜好產生對於小組討論感受差異。因此幫助學生主動參與對話，意識到自己的學習狀態及理解協同學習的意義是此時的課題。對此策略包含將學生的文化及想法引入科學課堂，使同儕對話討論更自然地進行；及以「心流」模型協助師生意識自己的學習狀態，透過協作、調整任務難易程度、逐漸增加探究技巧，作為最佳體驗探究式對話的方法。

後期透過觀察學生對話及訪談，發現需要適時地決定小組與全班式對話的切換時機，以及發展幫助學生評估理解、反思思考的策略。文獻中5E探究階段的溝通式教學策略僅指出各階段理想的對話模式，並沒有提及對話規模的轉換。研究者認為掌握對話的規模與時機，適時地將「小組討論切換至全班討論」，能繼續將「多種聲音、多種想法」之對話擴展到全班討論，且在E3解釋階段可以由教師引導課堂對話，收斂至教科書中的科學學習內容、教師示範科學對話或詞彙的使用，學生能學習從日常語言轉為切換為規範式的科學語言。而「全班討論切換至小組討論」的對話模式，能讓對於正規的科

學語言感到抽象的學生，有機會回到小組中跟同伴討論，切換為日常的語言對話以確認或澄清個人理解。此外，課堂的時間如「積雪」而不是流水，在時間有限的情況下，不同的探究能力可以透過不同單元而累積。而教師依單元設計的「進階探究」問題，研究發現學生樂於課後從中選擇一個問題來實作，藉由日常現象評估自己的理解，也能透過師生對話引導學生進一步反思自己的思考。其他E5階段設計值得參考的策略，如Pols等(2022)發現中學生進行物理探究後，請他們再轉由物理知識的消費的觀點，思考利用探究結果作某危險情境的判斷依據，學生更主動地採用科學的標準來重新審視自己方才探究歷程及推論的可信度，同時理解其重要性。

整體來說，本研究中學生達成單元之探究目的情形如何？研究者透過分析課堂討論、課後訪談、5E探究筆記及自選的進階探究作品等，發現經引導學生能積極運用探究對話及思考方法獲得概念理解，更積極嘗試活用所學的科學在生活情境。然而，原設計E5階段目的未完整達成：我們發現僅少數學生能透過反思寫作重現自己的理解，卻在自選的進階探究中(以單元的概念理解及探究能力為評量效標)，多數學生能提出自己的推理並與同儕討論，展現其學習遷移。故未來研究者仍需著力反思問題的設計及學生科學寫作引導。

## 二、建議

根據研究發現，研究者建議未來研究可考慮兩個方向：第一，持續研究初任教師的探究對話教學實踐，也可更進一步分析課堂師生對話如何達成單元探究目的。Barnes(1992)指出一位教師的教學專業框架是在教學

場域中互動而生成的，展現在教師如何詮釋自己的角色、以及特定的情境中可使用的策略等：幾乎所有教師開始建構自己的教學框架時機，都可以追溯到學生時期觀察自己的老師時；接著大學階段更透過專門專業課程及教育實習奠定了這個框架的基礎；而真正形塑框架的關鍵時期則發生在教學生涯的頭一兩年，當他們必須密切與學生及同校資深同事互動的時候，內在的價值與外在的經驗共同創造了特定的教師框架。本研究中的教師在師資培育過程中獲得自然科學領域探究教學的專業培訓，緊接著於進入教學現場之初進行本研究，即使預作充足準備、懷抱滿腔熱血，如同Barnes所說，初任教師仍可能對於既有的文化或學生固有學習模式感到挫折卻步。本研究過程研究籌備期間即以科學探究的課堂對話作為內在指引，教師到現場互動的處遇與需求與誼友反思並帶回研究場域研討，得以逐步深入思考各種教學現場的狀況與變通方式，確立了自己對於科學教師角色的專業認同、也擴展了發展科學課堂裡的探究對話可使用的策略。建議未來能持續研究初任教師於探究教學經驗中累積的實踐知識。例如，Lewis等(2022)出版了DiISC 2.0版及觀察指引，透過多人使用時一起觀課、討論、理解其向度內涵，能支持校內科學教師社群的教師專業發展。當教學實踐轉變時如何影響學習？Böheim等(2021)輔導19位高中教師進行為期一年課堂對話的教學實踐，研究發現當教師教學轉變時，提供了學生動機的支持性學習環境，調查發現這些學生的學習主動性、投入程度更高。目前本研究受限於焦點定在實踐歷程裡的挑戰與知識，未來研究還可以系統性地進行語意結構分析，課堂裡學生探究社群的對話如何實現單元的探究目標等。

第二，立基於目前以5E探究模式設計的教科書單元與在地課堂實作，研發融入溝通式教學策略、自由探究課題的教科書，指引師生共創科學課堂的探究式對話社群。本研究投入相當心力籌備探究課程，並由課堂學生參與探究活動，形成多種聲音、多種想法的對話，逐漸收斂至多種聲音、單一想法的類型，常在E3解釋階段或E4精緻階段使用教科書幫助學生熟悉規範式的科學知識，再進入E5評鑑階段與進階探究。Schwartz等(2005)研究指出，先讓學生腦力激盪不同想法促使創新，再提供明確指引提高效率的教學方式，比講述式教學能產生更多學習遷移。如同本研究透過5E課程中融入探究式對話，來鼓勵創新並收攏至理解以提高效率；再於最後階段融入進階探究課題來促進學習遷移，使學生運用概念於自選的生活情境探究，深化並展現自己的理解。基於此教學實踐的基礎，未來教科書也能教孩子說科學嗎？能創造新的探究文化嗎？我們認為隨著國內教科書已轉向採用探究階段的設計，若再融入溝通式教學策略，師生可跟著書中的探究歷程在課堂中形成對話的探究社群。教科書設計可參考本研究及國外國中科學教科書單元研究(林君憶，2020)，採探究敘事的方式，結合日常語言及科學語言來引導學生進行探究對話；並在單元結束時，鼓勵學生活用學到的科學觀念與探究方法來進行自選主題的探究。期望未來能讓更多學生一起在課堂練習說科學、做科學，甚至喜歡科學，進而改善科學教室的文化。

## 附註

- 1.該團隊近期發表DiISC 2.0版，其口說對話向度移除第(3)項，詳見Lewis等(2022)。

## 誌謝

本研究承蒙國家科學及技術委員會專題研究計畫(110-2410-H-003-093-)經費補助，作

者感謝參與本研究之誼友與學生等人，及於研究初期提供諮詢回饋的陳育霖與陳麗華教授、後期提供寶貴意見之匿名審查委員。

## 參考文獻

佐藤學(2019)。學習革命的願景：學習共同體的設計與實踐(黃郁倫譯)。天下文化。(原作出版於1999年)

[Sato, M. (2019). *The vision of the learning revolution: Design and practice of learning community* (Y.-L. Huang, Trans.). Commonwealth Publishing. (Original work published 1999)]

林君憶(2020)。支持教改實踐的教科書設計：以日本中學校理科教科書中生物單元之論述分析為例。教育研究集刊，66(3)，37-75。https://doi.org/10.3966/102887082020096603002

[Lin, C.-Y. (2020). Textbook design to support the enactment of educational reform: Discourse analysis of a biology unit in a Japanese junior high school science textbook. *Bulletin of Educational Research*, 66(3), 37-75. https://doi.org/10.3966/102887082020096603002]

林佩璇(2002)。行動研究的知識宣稱——教師實踐知識。國立臺北師範學院學報，15，189-207, 209。

[Lin, P.-H. (2002). Making claims to teachers' practical knowledge in action research. *Journal of National Taipei Teachers College*, 15, 189-207, 209.]

林淑楞(2019)。探討學生科學能力與教師探究教學實務的關係。科學教育學刊，27(4)，251-274。https://doi.org/10.6173/CJSE.201912\_27(4).0003

[Lin, S.-F. (2019). Investigating the relation between students' scientific competences and their teacher's inquiry teaching practices. *Chinese Journal of Science Education*, 27(4), 251-274. https://doi.org/10.6173/CJSE.201912\_27(4).0003]

教育部(2018)。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。https://reurl.cc/MNeAOp

[Ministry of Education. (2018). *Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary, junior high schools and general senior high schools—Natural sciences*. https://reurl.cc/MNeAOp]

陳育霖(2016)。教育現場為什麼需要探究與實作課程。科學研習月刊，55(2)，19-27。

[Chen, Y.-L. (2016). Jiaoyu xianchang weishenme xuyao tanjiu yu shizuo kecheng. *Science Study Monthly*, 55(2), 19-27.]

曾崇賢、段曉林、靳知勤(2011)。探究教學的專業成長歷程——以十位國中科學教師的觀點

- 為例。科學教育學刊，19(2)，143-168。https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1902.04
- [Tseng, C.-H., Tuan, H.-L., & Chin, C.-C. (2011). The process of teachers' inquiry teaching professional development—The perceptions of 10 experienced junior-high science teachers. *Chinese Journal of Science Education*, 19(2), 143-168. https://doi.org/10.6173/CJSE.2011.1902.04]
- Csikszentmihalyi, M. (2020)。心流：高手都在研究的最優體驗心理學(張瓊懿譯)。行路。(原作出版於1990年)
- [Csikszentmihalyi, M. (2020). *Flow: The psychology of optimal experience*. (C.-Y. Chang, Trans.). The Walk Publishing. (Original work published 1990)]
- Achieve. (2019). *A framework to evaluate cognitive complexity in science assessments*. https://bit.ly/3ReGcGH
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.
- Baker, D. R., Beard, R., Bueno-Watts, N., Lewis, E. B., Özdemir, G., Perkins, G., Wong, S., & Yaşar-Purzer, S. (2008). *Discourse in inquiry science classrooms (DiISC): Reference manual* (Technical Report No. 001). The Communication in Science Inquiry Project, Arizona State University.
- Baker, D. R., Lewis, E. B., Purzer, S., Watts, N. B., Perkins, G., Uysal, S., Wong, S., Beard, R., & Lang, M. (2009). The Communication in Science Inquiry Project (CISIP): A project to enhance scientific literacy through the creation of science classroom discourse communities. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 259-274. https://bit.ly/3feVVbz
- Barnes, D. (1992). The significance of teachers' frames for teaching. In T. Russell & H. Munby (Eds.), *Teachers and teaching: From classroom to reflection* (pp. 9-32). Falmer Press.
- Böheim, R., Schnitzler, K., Gröschner, A., Weil, M., Knogler, M., Schindler, A.-K., Alles, M., & Seidel, T. (2021). How changes in teachers' dialogic discourse practice relate to changes in students' activation, motivation and cognitive engagement. *Learning, Culture and Social Interaction*, 28, Article 100450. https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2020.100450
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. https://bit.ly/3lrTe9C
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. https://reurl.cc/QW-Wk0o
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12. https://doi.org/10.3102/0013189X023007005



- Hackling, M., Smith, P., & Murcia, K. (2010). Talking science: Developing a discourse of inquiry. *Teaching Science*, 56(1), 17-22.
- Hogan, K. (2002). A sociocultural analysis of school and community settings as sites for developing environmental practitioners. *Environmental Education Research*, 8(4), 413-437. <https://doi.org/10.1080/1350462022000026818>
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing. <https://reurl.cc/855Med>
- Lewis, E., Baker, D., Watts, N. B., & Lang, M. (2014). A professional learning community activity for science teachers: How to incorporate discourse-rich instructional strategies into science lessons. *Summer*, 23(1), 27-35. <https://reurl.cc/yymmNX6>
- Lewis, E. B., Baker, D. R., Lucas, L. L., Tankersley, A., Hasseler, E., Rivero, A., & Holding, B. (2022). *Discourse in inquiry science classrooms, DiISC version 2.0 (User's manual for an observation research instrument)*. <https://reurl.cc/WqqQYO>
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Open University Press.
- National Research Council. (2006). *America's lab report: Investigations in high school science*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11311>
- Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., & de Vries, M. J. (2022). 'Would you dare to jump?' Fostering a scientific approach to secondary physics inquiry. *International Journal of Science Education*, 44(9), 1481-1505. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2083251>
- Schwartz, D. L., Bransford, J. D., & Sears, D. (2005). Efficiency and innovation in transfer. In J. P. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective* (pp. 1-51). Information Age Publishing.
- Wolcott, H. F. (1991). Propriospect and the acquisition of culture. *Anthropology & Education Quarterly*, 22(3), 251-273.

(因字數考量，本稿件全文請上中華民國科學教育學會官網<http://www.ase.org.tw>/瀏覽並下載)

# Fostering Discourses of Inquiry in a Junior High School Science Class: Teaching Practice in Humanistic Science Education

Ya-Chien Chen<sup>1,†</sup> and Chun-Yi Lin<sup>1,2,\*,†</sup>

<sup>1</sup>Graduate Institute of Curriculum and Instruction, National Taiwan Normal University

<sup>2</sup>Department of Education, National Taiwan Normal University

## Abstract

This study explores communicative approach in instruction to develop discourses of inquiry in a science classroom. It focuses on the challenges faced by the teacher and the practical knowledge gained through the process. Action research was conducted: Lesson plans for the wave and optics units in Grade 8 physics were developed based on communicative approach of the 5E instructional model; during the six-week implementation, data were collected and analyzed for weekly reflections and adjustments. These data include class recordings, the teacher's reflection notes, student work, and student interviews. Results reveal challenges including insufficient time for discourse of inquiry, passive student behaviors, how to determine the proper moments for small group or general class discussions and how to enable students to assess their understanding and promote reflection. The teacher's considerations and actions in addressing these challenges indicate the following: (1) Teachers can determine essential tasks and questions while eliminating unnecessary ones during lesson planning by conceptualizing students' inquiry skills as akin to snowflakes accumulating over time. (2) In order to have students own the "flow experience" for inquiry, teachers need to facilitate modes of discussion according to task difficulty; removing tasks that are too easy, and switching from small groups to general class discussions when the tasks are more difficult. Thus, students would gradually gain inquiry skills and knowledge through participation in quality dialogue with others. Meanwhile, the flow model helps the teacher own an optimal experience for inquiry-based teaching. (3) Advanced inquiry tasks helped students reflect by connecting science with daily life. Further research is suggested to incorporate communicative approach into the design of inquiry-based science textbooks as well as analyze semantic structures of discourse to better understand how inquiry goals are achieved.

**Key words:** Humanistic Science Education, Novice Teachers, Scientific Classroom Discourse Communities, Inquiry-Based Teaching, Communicative Approach

---

\* Corresponding author: Chun-Yi Lin, [chunylin@ntnu.edu.tw](mailto:chunylin@ntnu.edu.tw)

† Two authors contributed equally to this manuscript.

## 附錄一 教學方案模板

教學活動方案						
單元				教學時間	節課（分鐘）	
教學對象	國中二年級學生			教材來源	改編自南一版	
學習重點（整合學習內容與學習表現）						
學習內容				學習表現		
教學資源				教學重點		
探究活動						
教學流程（5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型）						
教學階段（5E） +時間（分鐘）	教師教學活動（△） 學生學習活動（▲）			溝通式教學策略 師生對話類型		
	藍色底+：學習單 請觀課者特別留意（☆）			理想	實際	
E1 投入	例如： ▲學生透過思考、討論並記錄 ▲學生分享並進行全班討論 ▲學生仔細聆聽 ▲學生小組討論並進行 <b>探究活動</b> ▲學生小組合作 △教師提出問題 Q △教師展示 △教師提供 △教師介紹專有名詞 △教師播放影片 △教師引導			(A)		
E2 探索				(A)		
E3 解釋				(A)		
				↓		
				(B)		
E4 精緻化				↓		
	(D)					
E5 評鑑	(A)					
	↓					
	(B)					
DiISC 策略選用說明						
探究	1	2	3	4	5	6
口說對話	7	8	9	10	11	

## 附錄二 探究式科學課室內的對話 DiISC（探究與口說對話）

特殊標記說明：灰底：備註、反例 (Baker *et al.*, 2008)

探究 (Inquiry) 評分指標	
<b>1. 教師建立一個支持學生探究的學習環境。</b>	<b>觀察者圈選： 0 1 2 3</b>
教師應提供學生... a. 能夠實踐具體探索的指導方針與時間 b. 能夠分析數據的工具和技術 c. 能夠闡述 (elaborate) 概念性理解的機會 反例：實作活動不支持探究，例如剪紙片。	0 = 教師僅進行講述、建立詞彙表。 1 = 低層次的探究、直接指導及收斂性活動。 2 = 中等層次的探究，發散性活動。 3 = 高等層次的探究，開放式的探索。
<b>2. 為進行調查 (investigation) (實務或其他方式)，教師需引導學生進行系統性的提問。</b>	<b>觀察者圈選： 0 1 2 3</b>
教師應提供以下機會給學生... a. 提出關於自然世界的問題 b. 根據問題提出解釋 c. 區分科學問題和非科學問題 反例：提出事實為答案的問題、非科學問題（如：這間旅館有沒有鬧鬼？） 不需要解釋答案的問題。	0 = 由教師提出問題。 1 = 機會有限，多為死記硬背的食譜式活動。 2 = 學生被引導以產出可被研究的科學問題。 3 = 學生產出問題並能夠解釋背後科學的推理。
<b>3. 學生有機會單獨或以分組形式設計和規劃對自然世界的探索。</b>	<b>觀察者圈選： 0 1 2 3</b>
教師應提供以下機會給學生並指導... a. 單獨計劃和進行科學調查 b. 分組計劃和進行科學調查 c. 在進行調查之前證明程序的合理性 反例：由教師提供程序；學生不須經過討論或提問便可以跟著步驟操作。 註：這裡的調查 (investigation) 指的是學生進行具體實踐活動或是方法，以這個探索的目的去設計一個計畫以執行。為了一個題目去找資料也可以算 investigation。	0 = 沒有活動。 1 = 學生被期望設計相同的程序。 2 = 學生設計出一個程序，但不需要證明。 3 = 學生設計、計劃並證明他們探索主題的方法。
<b>4. 提供早期階段科學探索的機會：進行觀察、記錄數據、建構邏輯表示 (e.g. 圖表)。</b>	<b>觀察者圈選： 0 1 2 3</b>
教師應提供以下機會給學生... a. 透過進行活動以建立觀察	0 = 沒有探索。 1 = 從事探索的機會有限。



<p>b. 記錄和使用數據</p> <p>c. 以能夠呈現圖形（<b>pattern</b>）和/或連結（<b>connections</b>）的邏輯形式，記錄與重現數據。</p> <p>反例：沒有數據蒐集；不要求學生以圖形呈現數據。</p>	<p>2 = 學生蒐集或操縱（<b>manipulate</b>）數據。</p> <p>3 = 廣泛探索。</p>
<p><b>5. 提供後期階段科學探索的機會：透過主張（<b>claims</b>）和證據來解釋現象，做預測和建構模型（<b>models</b>）。</b></p>	<p>觀察者圈選：    0        1        2        3</p>
<p>教師應提供以下機會給學生...</p> <p>a. 提出主張、提供證據和發展解釋</p> <p>b. 利用數據和邏輯修改他們的解釋和模型</p> <p>c. 進行預測並建立模型</p> <p>反例：教師告訴學生應做出什麼結論；活動前沒有進行預測；活動後沒有建立模型。</p>	<p>0 = 不使用科學數據解釋。</p> <p>1 = 教師主導，偶爾使用聲明和證據。</p> <p>2 = 學生產生科學解釋與模型。</p> <p>3 = 學生得以產生科學解釋與模型，而教師指導學生評估他們的科學解釋以進行修改。</p>
<p><b>6.產生科學論點並建構關於誤差限制與來源等批判性對話。</b></p>	<p>觀察者圈選：    0        1        2        3</p>
<p>教師應提供以下機會給學生...</p> <p>a. 思考以其他方法來詮釋數據，及利用科學知識與邏輯以產生科學論證</p> <p>b. 辨別對於數據詮釋的限制與例外</p> <p>c. 討論誤差對結果的影響，並提出建議方法以減少蒐集數據的誤差</p> <p>反例：討論聚焦於單一解釋或主張；討論強調確定性。</p>	<p>0 = 不評價科學論證或結論。</p> <p>1 = 教師提供了可能誤差的來源。</p> <p>2 = 學生自行思考出誤差的來源並尋找替代的解釋。</p> <p>3 = 教師指導學生修改和評估他們的科學解釋、替代方案及誤差來源。</p>
<p><b>口說對話（<b>Oral Discourse</b>）評分指標</b></p>	
<p><b>7.教師透過問題促進對話（師生對話）。</b></p> <p>教師的問題應該要...</p> <p>a. 需要進行分析與比較</p> <p>b. 是為發散性問題，並具有多個可能答案</p> <p>c. 能透過提問的方式引導學生提出更多資訊，並能夠幫助學生評估自己的回答與找出自己的推理脈絡。</p> <p>反例：Questions do not ask for reasons or evaluation.</p>	<p>觀察者圈選：    0        1        2        3</p> <p>評分細則：</p> <p>0 = 教師沒有進行提問。</p> <p>1 = 教師以*IRE 模式進行提問，多為收斂性問題。</p> <p>2 = 教師提問發散性問題，但未使所有學生投入討論。</p> <p>3 = 教師探究學生的理解，並引導學生進行同儕間的對話。</p> <p>*註：IRE 模式：Initiation 教師提問、Response 學生回應、evaluation 教師評價</p>

<b>8.教師促進同儕間的對話。</b>	<b>觀察者圈選： 0 1 2 3</b>
<p>教師應該要...</p> <p>a. 提供機會給小組討論；教師須開放空間讓學生針對科學問題與任務進行協商，以提出不同想法。</p> <p>b. 監督學生參與小組與全班式討論</p> <p>c. 透過學生之間的演示，促進全班式的討論。</p> <p>反例：教師直接提供許多想法，讓學生進行討論。</p>	<p>0 = 沒有任何學生之間的對話發生。</p> <p>1 = 教師允許學生對話。</p> <p>2 = 教師監督著學生進行同儕間的對話。</p> <p>3 = 教師建構學生之間的互動以促進同儕間的對話。</p>
<b>9. 教師建立日常經驗與科學對話間的連結。</b>	<b>觀察者圈選： 0 1 2 3</b>
<p>教師應該要...</p> <p>a. 針對性別議題的對話討論要特別敏銳（注意用詞，不應表現出刻板印象）</p> <p>b. 時常連結青少年日常與科學對話</p> <p>c. 區分單詞日常意義（everyday meaning）與科學意義（scientific meanings）</p> <p>反例：溝通內容與團隊角色將反映出性別刻板印象</p>	<p>0 = 教師僅教授科學知識但並未建立連結。</p> <p>1 = 教師提出多個例子但並非所有學生共同經歷過。</p> <p>2 = 教師提供清楚且相關的例子，並建立與科學之連結。</p> <p>3 = 教師將例子延伸並確保學生有科學上的理解。</p>
<b>10.教師示範科學對話或詞彙。</b>	<b>觀察者圈選： 0 1 2 3</b>
<p>教師應該要示範如何...</p> <p>a. 使用科學術語（terminology）</p> <p>b. 在解釋時使用連接詞（為什麼—因為）</p> <p>c. 從證據中論證、比較和分析</p>	<p>0 = 教師未進行示範。</p> <p>1 = 教師使用科學對話或詞彙但並未解釋。</p> <p>2 = 教師使用科學對話或詞彙並解釋其意義。</p> <p>3 = 教師直接以明確的模型進行科學對話與詞彙的使用。</p>
<b>11.教師使學生投入於課堂討論科學本質。</b>	<b>觀察者圈選： 0 1 2 3</b>
<p>教師應提供以下機會給學生...</p> <p>a. 討論科學是試探性且易出錯的</p> <p>b. 對於重複實驗以懷疑和開放的態度討論結果和方法</p> <p>c. 投入分享知識（合併科學本質）</p> <p>反例：針對事實進行討論；教師視科學必然為真。</p>	<p>0 = 未討論到科學本質。</p> <p>1 = 教師有傳播關於科學本質的訊息。</p> <p>2 = 全班或是小組有進行科學本質的討論。</p> <p>3 = 教師促進全班深入討論關於科學本質的概念。</p>

註：引自 Baker, D. R., Beard, R., Bueno-Watts, N., Lewis, E. B., Özdemir, G., Perkins, G., Wong, S., & Yaşar-Purzer, S. (2008). Discourse in Inquiry Science Classrooms (DiISC): Reference Manual.

### 附錄三 教學方案

各單元 DiISC 初步評分總表 .....
3-1 波的傳播與特性 .....
3-2 聲波的產生與傳播 .....
3-3 聲波的反射 .....
3-4 多變的聲音 .....
4-1 光的傳播 .....
4-2 光的反射與面鏡 .....
4-3 光的折射與透鏡 .....
4-4 光學儀器 .....
4-5 光與顏色 .....

表 各單元 DiISC 初步評分總表

單元	探究						口說對話				
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11
3-1 波的傳播與特性	2	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
3-2 聲波的產生與傳播	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3
3-3 聲波的反射	2	2	1	1	1	2	3	3	3	3	3
3-4 多變的聲音	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0
4-1 光的傳播	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3
4-2 光的反射與面鏡	2	2	1	2	2	3	3	3	2	3	3
4-3 光的折射與透鏡	2	2	1	0	2	0	3	3	3	3	0
4-4 光學儀器	2	3	0	3	2	1	3	3	3	3	2~3
4-5 光與顏色	2	3	2	2	1	1	3	3	3	3	1

註：科學課室對話量表（DiISC）（探究與口說對話）詳見附錄一。

### 附錄三-1 3-1 教學活動方案

#### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	3-1 波的傳播與特性	教學時間	2 節課 ( 100 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第三單元第一節
對應學生在理化課之外的「科學探究與實作課 <sup>1</sup> 」課程內容：彈簧波的觀察			
學習重點 ( 整合學習內容與學習表現 )			
1. 學生可以透過想像創造 ( ti-IV-1 ) 與觀察 ( po-IV-1 )，以水、彈簧、PhET 模擬器瞭解在日常經驗中如何產生波動，並透過討論與傳達 ( pc-IV-2 ) 理解波動性質 ( 波動只傳遞能量，而不傳遞介質 )。 2. 透過動手實作驗證自己想法，而獲得成就感 ( ai-IV-1 )；透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣 ( ai-IV-2 )。 3. 學生可以透過分析與發現 ( pa-IV-2 ) 辨別波動的種類 ( 橫波和縱波 )，並以科學名詞說明波動的特徵 ( 波峰、波谷、波長、振幅、頻率、週期 )。 4. 學生可以透過討論與傳達 ( pc-IV-2 )，建立頻率與週期的關係，並舉例說明。 5. 學生可以透過數值量測 ( pe-IV-2 ) 週期波的波長、週期與頻率，並能理解波速、頻率與波長的關係。			
學習內容		學習表現	
Ka-IV-1 波的特徵， 例如：波峰、波谷、波長、頻率、波速、振幅。 Ka-IV-2 波傳播的類型，例如：橫波和縱波。 說明： 1-1 觀察波的產生與移動，了解波動的振幅、頻率、波長及波速。 2-1 歸納實驗結果，知道橫波與縱波的定		<b>探究能力-思考智能 ( t )</b> —想像創造 ( i ) <b>ti-IV-1</b> 學生能夠透過團體討論的過程，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。 <b>探究能力-問題解決 ( p )</b> —觀察與定題 ( o ) <b>po-IV-1</b> 學生能夠從學習活動、日常經驗，進行各種有計畫的觀察。 —討論與傳達 ( c ) <b>pc-IV-2</b> 學生能利用口語、影像 ( 例如：攝影、錄影 )、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式表達完整之探究過程與發現。 —計劃與執行 ( e ) <b>pe-IV-2</b> 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。	

<sup>1</sup> 由於本校在排課為此年段學生設立一門科學探究與實作課程 ( 每週 1 節 )，由另一位自然科教師負責。使得原本每週 5 節的理化課縮減為每週 4 節。此外，在該門課進行的內容涵蓋理化課程中的重點探索實驗，因此在第四章的 E2 探索經驗多在該門課進行探索，再回到理化課堂進行科學對話。



義與區別。	—分析與發現 ( a )		
補充：	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。		
1. 何為波動：受外力而產生形式以傳遞能量。	科學態度與本質 ( a )		
2. 波動性質：波動僅傳遞能量，不傳遞介質。	—培養科學探究的興趣 ( i )		
3. 波速、頻率與波長的關係。	ai-IV-1學生能夠動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。		
	ai-IV-2學生能夠透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。		
教學資源			
彈簧 ( 含緞帶 ) 8 個、童軍繩 8 條；PhET 網頁軟體：繩波模擬器、物理好好玩網。			
PhET 繩波模擬器 (繩波)	PhET 波的介紹 (水波、聲波、光波)	物理好好玩網 軟體版：波動動畫 (波浪舞、橫波、縱波)	物理好好玩網 網頁版：基礎波動、橫波縱波 3D 圖
			
探究活動			
探究活動 A：波動的產生			
Q1-1 下雨天時，我們時常可以看到路上有些積水，隨著雨滴落下產生一圈一圈的漣漪，為什麼會有這樣的現象呢？			
Q1-2 試想看看生活中有哪些因為外力而產生的波動？而這些波動是如何產生的呢？請紀錄組員的分享並歸納出產生波動的條件。			
探究活動 B：波動的形式 ( 以繩波、彈簧波為例 )			
Q2-1 試以剛剛討論的方式製造出連續繩波，透過繪圖方式記錄後仔細觀察，並以文字描述妳們這組所產生波動之特徵。			
Q2-2 若有一條繩子，妳們可以透過什麼方式將能量透過繩子傳遞出去呢？而這樣的甩動方式可能會看到什麼樣的圖形？			
Q2-3 彈簧螺旋的造型使彈簧可以透過前後壓縮產生不同於繩波的波形；試以每秒固定的次數，製造出穩定的波源 ( 左右甩動及前後壓縮 )。以繪圖與文字描述波動之特徵；可試著與繩波比較，描述妳的發現。注意：請小心操作避免打結。			
探究活動 C：用科學詞彙描述波動			
聽完同學們的分享與老師的介紹之後，試著以這些波動的科學詞彙來修正妳們對於波動的敘述。請與組員們討論後，修正於小白板上；並在妳的科學筆記本上紀錄 ( 標示出波峰、波谷、振幅、波長、平衡位置等波動特徵 )。			

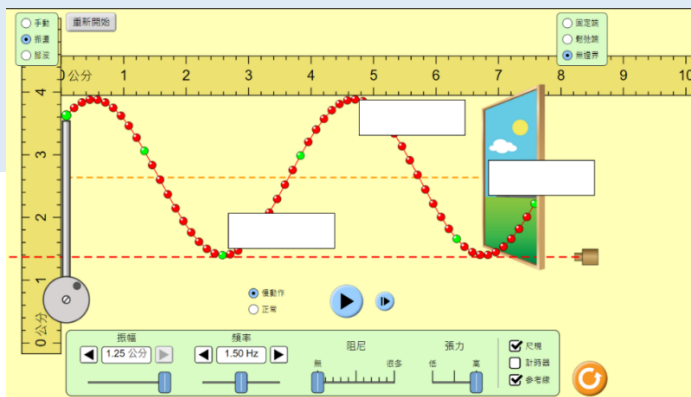
<b>進階探究</b> ：兩個水波的相遇（選作）				
此為留下一個議題讓學生自行挑戰，或是教師利用期末時間讓學生選作；不會在本堂課進行操作。				
教學流程（5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型）				
5E 教學階段 （時間）	教師教學活動（△） 學生學習活動（▲）		溝通式 教學策略 師生對話類型	
	藍色底+■：學習單 請觀課者特別留意（☆）		理 想	實 際
第 1 節課開始				
E1 投入 （10 分鐘）	<p>△教師引導同學們進入情境(下雨天時造成漣漪的原因)；自日常經驗中引進波動的概念。</p> <p>▲學生進行探究活動 A</p> <div>知識點：藉由外力產生擾動之處稱為波源，此現象稱為波動；而波動會傳遞能量（課本 p.84）。</div> <div>■探究活動 A</div> <p>Q1-1 下雨天時，我們時常可以看到路上有些積水，隨著雨滴落下產生一圈一圈的漣漪，為什麼會有這樣的現象呢？</p> <p>Q1-2 試想看看生活中有哪些因為外力而產生的波動？而這些波動是如何產生的呢？請紀錄組員的分享並歸納出產生波動的條件。</p>			A 互 動 、 對 話 式
☆E2 探索 （15+15+10 分鐘）	<p><b>真實情境之探究學習</b></p> <p>此單元的探究目的為瞭解波動傳遞能量且依照需要介質有無可區分力學波與非力學波，依照介質振動與波傳遞方向分成橫波與縱波。我們設計提供簡易的教學道具繩子與彈簧波，先讓學生在未提供太多指示的情況下去進行觀察，包含如何產生波，以及波動的外觀。而實際探索過程中，教師注意到部分小組的學生能夠操作並繪圖，而部分學生則難以理解「如何正確甩動以觀察到標準圖形」而受到限制。此時教師會下去個別指示，讓各組學生嘗試不同種甩動的方式，並繪製簡易圖形，以便後續針對不同波形歸納波的特性。</p> <p>△教師在同學們討論完 Q2-1 後，提供童軍繩；並從旁觀察學生們討論狀況。針對小組討論，教師可以給予一些指引：</p> <p>請大家先自行寫看看，若有疑問可以小聲討論；等大家完成得差不多，可以跟組員分享妳的想法；在聆聽組員的想法時，可以用不同顏色的筆記錄下來，這有助於幫助我們紀錄想法，筆記本不是紀錄正確答案，而是大家的想法喔！</p>			A 互 動 、 對 話 式

	<p>▲學生進行探究活動 B-1。</p> <p>■探究活動 B-1：</p> <p>Q2-1 若有一條繩子，妳們可以透過什麼方式將能量透過繩子傳遞出去呢？而這樣的甩動方式可能會看到什麼樣的圖形？</p> <p>Q2-2 試以剛剛討論的方式製造出連續繩波，透過繪圖方式記錄並標示波源後，仔細觀察波的外觀，並以<u>文字描述</u>妳們這組所產生波動之<u>特徵</u>（沒有正確答案，試著用妳們的話說明妳們觀察到的樣子）。</p> <hr/> <p>△教師協助連結波動可以傳遞能量，而彈簧也能夠作為傳遞能量的介質；教師提供大彈簧，讓學生思考如何產生彈簧波；並從旁觀察學生們討論狀況。教師在此階段可以試著幫助他們內化，以科學詞彙連結日常經驗</p> <p>▲學生進行探究活動 B-2。</p> <p>■探究活動 B-2：</p> <p>Q2-3 彈簧螺旋的造型使彈簧可以透過前後壓縮產生不同於繩波的波形；試以每秒固定的次數，製造出穩定的波源（左右甩動及前後壓縮）。以<u>繪圖與文字描述</u>波動之<u>特徵</u>；可試著與繩波比較，描述妳的發現（沒有正確答案，試著用妳們的話說明妳們觀察到的樣子）；與組員討論後請將你們組討論最後的結果，完整寫在小白板上。注意：請小心操作避免打結。</p> <p>（1）左右甩動 （2）前後壓縮 （3）與繩波之比較</p> <hr/> <p>△教師帶領學生思考 Q：波動的傳遞除了傳遞能量之外，是否會傳遞介質？視情況以波動動畫（波浪舞）或請數位同學上台演示，說明波動不傳遞介質。</p> <p>▲學生觀察，並全班式討論。</p>		
☆E3 解釋 （30 分鐘）	<p>△教師安排同學們將小白板貼於教室周圍，並提供時間請同學們先到各組瀏覽；給予提問機會，再請同學們分享；學生分享時，教師記錄關鍵問題於黑板上，並依據同學的回應，幫助比較波動差異與記錄重要內容；教師在同學們提出解釋後，介紹科學詞彙以建立共同語言，協助同學們進行有效溝通。教師給予口頭指引：</p> <p>去看看大家的分享，記錄妳的發現與疑問；請仔細傾聽同學們的分享及老師的介紹，將妳的筆記寫在科學筆記本上，這將有助於我們進行下一個任務喔！</p> <p>▲學生們透過小白板與各組進行交流，並能夠提出問題；再以組別為單位，進行表達、分享，並針對同學們提出的問題進行解釋。</p>	A 互 動 、 對 話 式 ↓ B 互	

	<p>知識點：傳遞能量的物質稱為介質，依照是否需要介質可分為力學波與非力學波（課本 p.84~86）；波的科學名詞（先介紹波峰、波谷；再介紹波長、振幅、平衡位置）（課本 p.89）。</p> <hr/> <p>△教師在同學們以科學詞彙進行討論與修正時，從旁觀察並給予立即性回饋，引導與協助各組以正式語言進行描述。</p> <p>▲學生進行探究活動 C：使用科學詞彙修正對於波動的敘述，並能夠以共同語言進行評鑑。</p> <p><b>■探究活動 C</b></p> <p>聽完同學們的分享與老師的介紹之後，試著以這些波動的科學詞彙來修正妳們對於波動的敘述。請與組員們討論後，修正於小白板上；並在妳的科學筆記本上紀錄（標示出<u>波峰、波谷、振幅、波長、平衡位置</u>等波動特徵）。</p> <hr/> <p>△教師演示 PhET 波動模擬器（繩波、水波）及物理好好玩網（橫波與縱波、水波），以視覺化呈現波動，並以動畫說明全波的定義；介紹波動產生的分解動作，並解釋頻率、週期等名詞；說明波速、頻率與波長的關係。</p> <p>再以全班式討論，說明頻率、週期在生活中的用法（頻率：每天吃三餐；週期：捷運每五分鐘一班車、女生月經週期為 28 天等……）。</p> <p>▲學生透過觀察與全班式討論，能夠瞭解各種波動的產生及科學名詞的應用。</p> <p>知識點：每秒振動次數稱為頻率，單位為 1/秒（1/s）或赫茲（Hz）；每次完整振動所需時間稱為週期，單位為秒（s）（課本 p.86）；波速、頻率與波長的關係（課本 p.91）</p> <hr/> <p>△教師補充力學波與非力學波（光波、電磁波）的分類，引導學生將波動種類（橫波、縱波、力學波、非力學波）整合成一張心智圖，並視情況請同學分享。</p> <p>▲學生整理心智圖與分享。</p> <p>知識點：依照介質振動方向與波傳遞方向的關係，可將波動分為橫波與縱波（課本 p.85、90）；波動僅傳遞能量，不傳遞介質（課本 p.84）。</p>	動、權威式 ↓ D 無互動、權威式	
☆E4 精緻化 （10 分鐘）	<p>△教師試情況進行各組間的 PhET 練習，或以全班式進行紀錄。</p> <p>▲學生完成學習單</p> <p><b>■</b>聽完老師的介紹之後，可透過小組討論，<u>在妳的科學筆記本上</u>完成以下任務：</p> <p>（1）請掃描以下 QR code（PhET 繩波模擬器），調整至出現下列畫面。並於下圖空格中填入「波峰、波谷、平衡位置」，完成下表（需在數</p>	A 互動、對話	



值後方標示單位)。



波長	振幅	頻率	週期	波傳遞方向	介質振動方向	波動種類 (橫／縱波)

(2) 呈上題，依照波速、頻率與波長的關係，利用推理，求出此繩波的波速(需列出計算過程並標示單位)。

式  
↓  
B  
互動、權威式

E5 評鑑  
(10 分鐘)

▲學生完成反思單

△教師給予個別回饋

🧠 反思單

- 今天哪一段討論讓你覺得印象深刻，並想想看生活中還有哪些波動？
- 波動一定看得見嗎？有沒有什麼不可見的波動，也具有傳遞能量的性質？

△教師口頭說明進階探究：

請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。(每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等)

A  
互動、對話式  
↓  
B  
互動、權威式

### 進階探究：兩個水波的相遇 (選作)

△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。(Hint：可利用寶特瓶鑽洞作為穩定波源。)

📌 進階探究：想像今天有兩顆石頭同時落入平靜的湖面，此時湖面會有什麼景象？兩波相遇是否會如同兩顆足球碰撞般的反彈？或產生其他變化？試進行操作並紀錄你的觀察，查詢相關資料探討這個現象。

## 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第二節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
探究	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	2	3	3	3	3	1
	在本課程中，教師建立了支持學生探究的環境，但對於探究主題是由教師引導，並非學生自行發想題目，因此在#1 無法達到開放式探究，預估為 2 分；在設計活動中，雖由教師提出許多問題，但也期望學生可以透過討論進行科學對話，因此在#2 應可達到 3 分；學生在本課程中在實作之前進行先進行規劃與討論，透過小組合作的形式規劃產生波動的方法，因此在#3 應可獲得 3 分；在本課程中，學生能夠進行觀察、建立波動模型，因此在#4 應可獲得 3 分；由於在學生建構模型後，教師會帶領學生評估彼此的模型，因此在#5 應可獲得 3 分；本課堂中雖有紀錄數據，但少有測量與探討誤差，因此在#6 應僅獲得 1 分。					
口說對話	#7	#8	#9	#10	#11	
	3	3	3	3	3	
	在本課程中，教師設計了許多問題讓學生與同儕間進行對話，部分為開放性問題，期許能使學生投入討論，因此在#7 應可獲得 3 分；在同儕對話的過程，教師會至小組間巡視，並促進學生之間參與討論，期許能夠在#8 獲得 3 分；本課程藉由日常生活中的波動經驗做為開端，延伸至繩波、彈簧波等，並透過小組討論與評鑑彼此，因此在#9 應可獲得 3 分；教師在本節課會介紹關於波動的科學術語，雖然波動名詞難以解釋由來，但透過探究活動可以讓學生瞭解波動詞彙的使用，因此在#10 應可獲得 3 分；在本堂課我們探討了波動是否真的不傳遞介質，藉由此探究設計讓學生思考，造成與科學不一的原因為何，藉此探討科學本質，因此在#11 應可獲得 3 分。					

## 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整

5E	探究活動	保留 O 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E1	探究活動 A： 波動的產生	O	連結生活經驗，學生能提出多種想法。
E2	探究活動 B： 波動的形式	⊙	調整為僅以彈簧操作（聚焦於相同教材），並讓小組操作後再由教師演示，保留初始探究經驗。
E3	探究活動 C： 用科學詞彙描述波動	X	時間掌控不佳，無足夠發表機會。
E4	PhET：繩波模擬器	O	學生各組以手機操作，能引起學習動機及多種聲音對話，但時間較不足，無充分收斂分享。

## 附錄三-2 3-2 教學活動方案

### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	3-2 聲波的產生與傳播	教學時間	2 節課 ( 100 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第三單元第二節
對應此校設立之「科學探究與實作課」課程內容：聲音頻率的變化			
學習重點 ( 整合學習內容與學習表現 )			
1.學生可以透過思考、實作、討論 ( pc-IV-2 ) 瞭解物體快速振動能夠產生聲音。 2.學生可以透過知道聲波的波動種類 ( 橫波、縱波 )。 3.學生可以透過教師播放影片 ( 波以耳電鈴實驗 ) 瞭解聲音的傳播需要仰賴介質 ( 力學波 )。 4.學生能夠透過數據分析判斷聲音的傳速性質 ( 在固體介質中最快，液體其次，氣體最慢，而真空無法傳聲 )；探討聲音的傳播與介質狀態有關，真空狀態無法傳聲；且進一步思考除了空氣外的傳聲介質之應用。			
學習內容		學習表現	
Ka-IV-3 介質的種類、狀態、密度及溫度等因素會影響聲音傳播的速率。 說明： 3-1 利用音叉、聲帶的振動現象或其他實驗，說明聲音是因為物體快速振動所產生，以及聽覺是如何產生的。在空氣中傳播的聲波，其速率與密度、溫度及濕度等因素有關。		探究能力-思考智能 ( t ) —想像創造 ( i ) ti-IV-1 學生能夠透過團體討論的過程，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。 探究能力-問題解決 ( p ) —觀察與定題 ( o ) po-IV-1 學生能夠從學習活動、日常經驗，進行各種有計畫的觀察。 —分析與發現 ( a ) pa-IV-1 學生能分析歸納、製作圖表、整理數據。 —討論與傳達 ( c ) pc-IV-2 學生能利用口語、影像 ( 例如：攝影、錄影 )、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞表達完整之探究過程與發現。 科學態度與本質 ( a ) —培養科學探究的興趣 ( i ) ai-IV-1 學生能夠動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 ai-IV-2 學生能夠透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。	
教學資源			
音叉、水盆；聲波在不同介質傳速之數據 youtube 影片：骨傳導耳機原理介紹影片 ( 聽力公主 )、肯特管實驗、波以耳實驗 ( 胡子 )			

影片（胡子）波以耳電鈴 （ 4:47~5:51 ） 	肯特管（ 演示縱波 ） （ 0:11~1:00 ） 	影片（ 聽力公主 ） （ 01:39~03:12 ） 
---	---	--

### 探究活動

#### 探究活動 A：聲音的產生

Q1-1 如何產生一個聲音？

Q1-2 根據妳們討論的結果操作看看，寫下實作結果與發現。

Q1-3 綜合上述，試歸納產生聲音的條件為何？

#### 探究活動 B-1：波以耳電鈴實驗

Q2-1 影片中，將鬧鐘放置於玻璃罐，請問從鬧鐘到我們的耳朵，聲音經過了那些介質？

Q2-2 將空氣抽走後，會發現鬧鐘還在振動，但卻沒有聲音；由此現象我們可以推論出什麼？

#### 探究活動 B-2：肯特管實驗

#### 探究活動 C：不同介質的聲速

Q3.請根據教師提供之數據，討論聲音的傳速與介質的關係？

#### 探究活動 D：太空中聲音探討

Q4-1 電影中的星際大戰總是伴隨著震耳音效，請問實際上太空中是否有聲音？


Q4-2 太空人完全無法聽到任何聲音嗎？能聽到自己的聲音嗎？

#### 進階探究：

（一）為什麼對著吹著風的電風扇講話會聽不清楚？（選作）

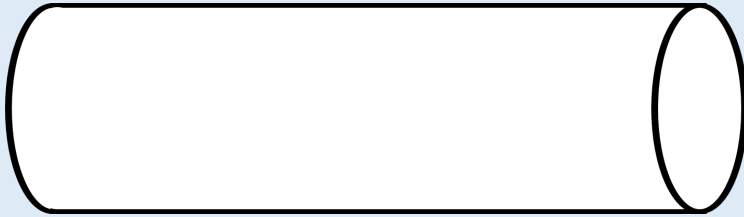
（二）順風講話還是逆風講話清楚？（選作）





### 教學流程（5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型）

5E 教學階段 （時間）	教師教學活動（△） 學生學習活動（▲）	溝通式 教學策略 師生對話類型	
	藍色底+  ：學習單 請觀課者特別留意（☆）	理想	實際
E1 投入 （10分鐘）	△教師藉由全班式討論，分享聲音有趣的現象（例如：呼嘯而過的機車、穿過操場的鐘聲回音、考試振筆疾書的氣氛、靠近耳朵輕聲細談的敲敲畫...）。引起學生動機，試問學生除了用聽覺外，如何「感受」聲音的存在。 ▲學生進行全班式討論關於聲音的各種現象。	A 互 動 、 對	



		話式	
☆E2 探索： (30分鐘)	<p><b>真實情境之探究學習</b></p> <p>此單元的探究目的為理解聲音的產生與傳播，是需要發聲體快速振動，並需要由介質傳遞。研究者建立的情境乃是讓學生自行產生聲音，並思考如何產生聲音及感受。與誼友們討論後認為「聽見聲音」乃非聾啞人士的日常生活中的經驗，也怕讓學生認定課程內容為製造聲音而非探討原理，因此在此階段的設計將重點放在聲音產生的必要條件之討論。</p> <p>▲學生進行探究活動 A。</p> <p><b>探究活動 A</b></p> <p>Q1-1 如何產生一個聲音？請與組員先討論<u>透過何種方式</u>能夠產生聲音，並讓對方「<u>感受到</u>」聲音是<u>如何產生</u>，具體說明應<u>如何進行</u>。</p> <p>Q1-2 根據妳們討論的結果操作看看，寫下妳們的實作結果與發現（請注意音量，避免影響他人）。</p> <p>Q1-3 綜合上述，試歸納產生聲音的<u>條件</u>為何？</p>	A 互動、對話式	
☆E3 解釋：分享、表達 (30分鐘)	<p>▲學生分享在 E2 探索後的發現，並說明各種產生聲音的方式。</p> <p>△教師在同學們分享之後，進一步以演示敲擊音叉，並靠近水盆，呈現更明顯的振動。</p> <p>▲學生觀察音叉產生聲音的過程中，水有什麼動靜；並進行全班式討論 Q：為什麼水花會產生噴濺；透過歸納得出產生聲音的共同點——<b>振動</b>。</p> <p>知識點：聲音是由物體振動而產生（課本 p.92）。</p> <p>△教師以影片演示波以耳電鈴實驗（4:47~5:51）；介紹聲音需要透過介質傳播，並引發學生思考與全班式討論 Q。</p> <p><b>探究活動 B-1</b> 波以耳電鈴實驗</p> <p>Q2-1 影片中，將鬧鐘放置於玻璃罐，請問從鬧鐘到我們的耳朵，聲音經過了那些介質？</p> <p>Q2-2 將空氣抽走後，會發現鬧鐘還在振動，但卻沒有聲音；由此現象我們可以推論出什麼？</p> <p>知識點：聲音的傳播需要介質，是為力學波；除了空氣以外，其他物質也可以做為傳聲介質（課本 p.94）。</p> <p>△教師以肯特管影片演示聲音為縱波；可以提及傳聲筒活動，視情況安排使否進行操作。</p> <p><b>探究活動 B-2</b> 肯特管實驗</p> <p>影片中利用肯特管呈現聲音傳遞保麗龍球的振動狀況，作為幫助傳聲的介質，由此可推論聲波在空氣中的傳播屬於（橫波／縱波）；試於下圖中<u>畫出</u>保麗龍球的排列所呈現的樣子。</p>	A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式 ↓ D 無互動、權威	

	<div></div> <p>▲學生觀察，能夠理解聲音的傳播為縱波（疏密波）。</p> <div>知識點：聲音為縱波（課本 p.93）。</div> <p>△教師提供聲音在不同介質中的傳聲速度數據；並與交通工具之時速進行比較（汽車 40-180km/hr；火車 80-200 km/hr；飛機 500-1800 km/hr），讓學生瞭解聲速差異。</p> <p>▲學生進行探究活動 C：學生透過分類方式，試得出聲音傳速在固體最快，氣體最慢之結論。</p> <div><div>探究活動 C</div><p>Q3.請根據教師提供之數據，討論聲音的傳速與介質狀態的關係？</p><table><tr><th>介質</th><th>聲速（m/s）</th><th>聲速（km/hr）</th></tr><tr><td>真空（沒有空氣）</td><td>—</td><td>—</td></tr><tr><td>0°C空氣</td><td>331</td><td>1191.6</td></tr><tr><td>15°C空氣</td><td>340</td><td>1224</td></tr><tr><td>純水</td><td>1490</td><td>5364</td></tr><tr><td>海水</td><td>1520</td><td>5472</td></tr><tr><td>松木</td><td>3320</td><td>11952</td></tr><tr><td>鋼</td><td>5200</td><td>18720</td></tr><tr><td>玻璃</td><td>5500</td><td>19800</td></tr></table><p>註：引自張振華（2019）。物理與生活（120）。台灣：新文京。</p><p>▲請同學們分享發現，並由教師總結。</p><div>知識點：聲速會受到介質種類、密度、溫度等影響；在空氣中，聲音的傳速隨溫度影響；聲音在介質中的傳速固體最快、液體其次、氣體最慢、真空無法傳聲（課本 p.95）。</div></div>	介質	聲速（m/s）	聲速（km/hr）	真空（沒有空氣）	—	—	0°C空氣	331	1191.6	15°C空氣	340	1224	純水	1490	5364	海水	1520	5472	松木	3320	11952	鋼	5200	18720	玻璃	5500	19800	威式
介質	聲速（m/s）	聲速（km/hr）																											
真空（沒有空氣）	—	—																											
0°C空氣	331	1191.6																											
15°C空氣	340	1224																											
純水	1490	5364																											
海水	1520	5472																											
松木	3320	11952																											
鋼	5200	18720																											
玻璃	5500	19800																											
☆E4 精緻化 （15 分鐘）	<p>△教師引導學生進行小組或全班式討論；並視情況可多補充太空人的溝通方式為無線電，將聲音轉為電訊號以便於真空中傳遞；除此以外，聲音也可透過體內傳遞，因此太空人仍可聽到自己的聲音，以此複習聲音的傳聲仰賴各種介質。</p> <p>▲學生進行探究活動 D</p> <p>以簡短小組討論或全班式討論，思考是否違背真空就完全沒有聲音的科學概念；進一步得出除了透過空氣作為介質之外，也可以透過其他物質傳遞聲音。</p>	A 互動、對話式 ↓ B																											

	<p> <b>探究活動 D</b> 太空中聲音探討</p> <p>Q4-1 電影中的星際大戰總是伴隨著震耳音效，請問實際上太空中是否有聲音？</p> <p>Q4-2 太空人完全無法聽到任何聲音嗎？能聽到自己的聲音嗎？</p> <p><b>知識點：</b>聲音需要透過介質傳遞，屬於力學波（課本 p.94）。</p> <p>△教師可補充「骨傳導耳機」介紹影片（01:39~03:12）</p> <p>▲學生以全班式討論說明氣導耳機與骨導耳機的差別。</p>	互動、權威式	
E5 評鑑 (15 分鐘)	<p>▲學生透過討論完成學習單上的題目。</p> <p> <b>牛刀小試</b></p> <p>Q5-1.聲音產生的條件？試舉例說明。</p> <p>Q5-2.聲音傳播的條件？試舉例說明。</p> <p> <b>反思單</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>我們今天做了哪些探究活動呢？我有提出什麼有趣的想法？</li> <li>在全班的分享中，我們班哪位同學提出來哪個想法讓你覺得很有意思？為什麼？</li> </ol> <p>△教師口頭說明進階探究：</p> <p>請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。（每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等）</p>	A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式	
<p>進階探究：</p> <p>（一）為什麼對著吹著風的電風扇講話會聽不清楚？（選作）</p> <p>（二）順風講話還是逆風講話清楚？（選作）</p> <p>△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。</p> <p> <b>進階探究：</b></p> <p>（一）為什麼對著吹著風的電風扇講話會聽不清楚？（選作）</p> <p>炎炎夏日，小朋友總喜歡對著電風扇講話體驗那種發出奇怪的聲音的感受；試探討為什麼對著吹著風的電風扇講話會聽不清楚，並藉此現象說明聲音與風的關係。</p> <p>（二）順風講話還是逆風講話清楚？（選作）</p> <p>在前進的機車上與家人對話時，或是在新竹、澎湖等風大的地區，有時會覺得講話不清楚，請問風對於聲音傳遞的影響為何？試進行探討。</p>			

## 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第三節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
探究	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	3	3	3	1→3	3	0
	在本堂課中，#1 教師提供機會讓學生先進行討論，想像如何產生聲音，並進行實作以凸顯聲音的產生，因此有 3 分；#2 在小組討論中，教師提出了一些情境，透過對話的方式應可以引導學生提出疑問，3 分；#3 學生可以透過小組進行實作的規劃（如何產生聲音，並探討能夠以其他感官感受），3 分；#4 學生在本單元中有進行探索，但多是文字敘述的紀錄，雖有探討不同介質中的聲速數據，但並未進行分析，也並未建立圖形，原為 1 分，修正後加上肯特管繪製縱波模型便可改善，1→3 分；#5 在學生進行活動前，小組有先透過討論進行規劃，也有透過一些情境問題讓學生提出解釋，3 分；#6 在本單元較無評估誤差與評價科學論證，因此為 0 分。					
口說對話	#7	#8	#9	#10	#11	
	3	3	3	3	3	
	在本堂課中，#7 及 #8 教師建立許多問題讓學生投入於全班式與小組式討論，並能夠促進同儕間對話，因此兩者均為 3 分；#9 教師以日常生活中許多有關於聲音的現象並延伸至聲波的性質，因此有 3 分；#10 教師有使用科學詞彙，說明聲音為縱波，並以影片與動畫呈現聲波的模型；在本堂課有探討「宇宙為真空，但難道就完全沒任何聲音嗎？」，進一步思考真空與無聲並非是直接相關，因此應有 3 分。					

## 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整

5E	探究活動	保留 O 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E1	探究活動 A： 聲音的產生	⊙	改以全班式共同分享聲音產生的原理，再讓小組討論如何感受聲音並歸納產生聲音的條件。
E2	探究活動 B-1： 波以耳電鈴實驗	O	以影片播放此實驗，影片引起學習動機但雜音過多，實驗效果不明顯，須由教師多補充解釋。
	探究活動 B-2： 肯特管實驗	X	經調整後暫時剔除此活動，先讓課程時間聚焦於學生較容易觀察且產生對話的活動。
E3	探究活動 C： 不同介質的聲速	O	藉由數據讓學生感知不同介質中聲音的傳遞速率，但學生在日常經驗中較難以觀察聲音，且尚無分析數據的探究經驗，因此須由教師多加引導方能產生探究對話。
E4	探究活動 D： 太空中聲音探討	O	藉由波以耳電鈴實驗延伸至電影情節，引起學生動機，並由全班式討論共同思考聲音在太空中的傳遞狀況，學生能產生對話回應科學問題。



### 附錄三-3 3-3 教學活動方案



#### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	3-3 聲波的反射	教學時間	2 節課 ( 100 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第三單元第三節
學習重點 ( 整合學習內容與學習表現 )			
<ol style="list-style-type: none"> <li>學生可以透過觀察 ( po-IV-1 ) 與討論 ( pc-IV-2 ) 瞭解聲音在日常生活中的反射現象。</li> <li>學生透過繪圖 ( pc-IV-2 ) 瞭解回音的產生及特性。</li> <li>學生可以透過想像創造 ( ti-IV-1 ) 聲波反射的原理，瞭解音樂廳的構造中的反射原理。</li> <li>學生能夠透過觀察與定題 ( po-IV-1 ) 及數據比較 ( pa-IV-1 )，瞭解人耳聽到的頻率範圍及超聲波應用。</li> <li>學生透過思考與討論 ( ai-IV-2 )，能夠分享發現科學的樂趣之外，應察覺在應用的便利下，對自然造成的危害與影響。</li> <li>學生能夠應用所學 ( ah-IV-2 ) 與解釋自然現象的原因 ( ai-IV-3 )。</li> </ol>			
學習內容	學習表現		
Ka-IV-4 聲波會反射，可以做為測量、傳播等用途。 Ka-IV-5 耳朵可以分辨不同的聲音，例如：大小、高低和音色，但人耳聽不到超聲波。 說明： 4-1 介紹聲波反射的意義和回聲對生活的影響。例如，能利用聲音的反射測量距離、如何消除回聲等。	<b>探究能力-思考智能 ( t )</b> —想像創造 ( i ) <b>ti-IV-1</b> 學生能夠透過團體討論的過程，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。 <b>探究能力-問題解決 ( p )</b> —觀察與定題 ( o ) <b>po-IV-1</b> 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。 —分析與發現 ( a ) <b>pa-IV-1</b> 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。 —討論與傳達 ( c ) <b>pc-IV-2</b> 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。		

5-2 說明超聲波的定義，並比較各種動物的聽覺範圍，知道人耳的聽覺範圍比大多數動物要少很多。		<b>科學態度與本質 ( a )</b> —培養科學探究的興趣 ( i ) <b>ai-IV-2</b> 學生能夠透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 <b>ai-IV-3</b> 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。 —養成應用科學思考與探究的習慣 ( h ) <b>ah-IV-2</b> 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。		
教學資源				
紙捲、不同動物能聽見聲音頻率之數據；youtube 影片。				
網站 ( 吸音棉 )	科博館大耳朵	影片 健康巴哥： 聲音頻率影片	影片 科研市集： 超音波清洗器	網站 紐西蘭音樂廳： 加強反射
				
探究活動				
<b>探究活動 A：</b> 造成聲波反射的原因 Q1 從上述大家分享的各種聲音反射的例子中，回想我們在生活中有時候可以聽到回音，有時候沒有回音；難道沒有聽到回音的時候就代表聲音沒有發生反射嗎？試以各種情境歸納出能夠造成聲音反射的原因。				
<b>探究活動 B：</b> 聲波反射的應用 Q2-1 聲波的反射有很多應用，根據大家的分享與討論，請畫下一個你印象深刻的聲波應用（應以箭頭畫出聲音的傳遞方向，並標記出原聲與回聲）。 Q2-2 試想想看，原聲與回聲聽起來會有什麼差別？				
<b>探究活動 C：</b> 人耳能聽到的頻率上限 Q3-1 向組員分享你們能聽到的頻率範圍，並記錄下來。 Q3-2 仔細聆聽老師介紹關於超聲波的定義與應用，並記錄下來。 Q3-2 從下表動物們能聽見的頻率範圍，思考看看自然界中各種動物與人類聽覺的差異，可挑選妳有興趣的動物進一部探討他們的溝通方式（選作）。				
<b>探究活動 D：</b> 音樂廳與電影院的設計 Q4-1 從照片中，可以發現電影院、音樂廳的哪些設計是有助於減少聲音反射，避免干擾？ Q4-2 在音樂廳的設計中，有些地方需要增強聲音反射至特定位置；請問若要增強聲音反射，可以做什麼調整？				
<b>探究活動 E：</b> 聲波反射在距離測定上的應用 在環境聲速每秒 340 公尺，人類若要清楚聽到並分辨回聲與原聲（人耳接收到原聲與回聲				

的時間差為 0.1 秒以上才能分辨)，則人需要與障礙物距離至少多遠？

教學流程（5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型）


5E 教學階段 (時間)	教師教學活動 (Δ) 學生學習活動 (▲)	溝通式教學策略 師生對話類型	
	藍色底+  ：學習單 請觀課者特別留意 (☆)	理想	實際
E1 投入 (5 分鐘)	Δ教師提出問題進行全班式討論反射在日常生活中的現象(山洞、山谷、空禮堂... )。 ▲學生自由分享。 妳們覺得反射是什麼呢？在生活中，哪裡可以察覺到回聲的存在？	A 互動、對話式	
☆E2 探索： (25 分鐘)	<p><b>真實情境之探究學習</b></p> <p>此單元的探究目的是透過探究能理解聲音遇到障礙物也會返回原介質的反射現象。學生以自己或同儕間共同聲音的反射經驗，思考回應問題，在本單元因難以克服教學場所的限制，因此並無直接讓學生再次體驗「回聲」。研究者與誼友討論後認為回聲經驗如體育課進入空禮堂時的感受，是所有學生都曾有的經驗，因此直接進入討論以探索回聲背後的原理。</p> <p>Δ教師提出問題，建構學生之間的討論；在學生們分享後，教師引導學生將聲波反射的例子進行歸納，探討產生回聲的條件為遇到<b>障礙物</b>。</p> <p>▲學生進行探究活動 A</p> <p>知識點：聲波遇到障礙物後，返回原介質的現象，稱為聲波的反射；而反射回的聲音稱為回聲（課本 p.96）。</p> <p>探究活動 A</p> <p>Q1 從上述大家分享的各種聲音反射的例子中，回想我們在生活中有時候可以聽到回音，有時候沒有回音；難道沒有聽到回音的時候就代表聲音沒有發生反射嗎？試以各種情境歸納出能夠造成聲音反射的原因。</p> <p>Δ教師引導學生思考聲音反射的應用（耳朵、加油棒、樂隊、打雷、聽診器、科博館大耳朵、倒車雷達等，進而連結到有些動物的視覺不好，可透過發出與接收回聲溝通或移動）；並提出問題讓學生探討原</p>	A 互動、對話式	

	<p>聲與回聲有什麼差別，視討論情況給予提示：波長、波速、頻率都不變，僅有振幅發生變化。</p> <p>▲學生全班式討論；再進行探究活動 B。</p> <div>知識點：聲波反射的應用有傳聲筒及聽診器等（課本 p.97）。</div> <div><b>探究活動 B</b></div> <p>Q2-1 聲波的反射有很多應用，根據大家的分享與討論，請畫下一個你印象深刻的聲波應用（應以箭頭畫出聲音的傳遞方向，並標記出原聲與回聲）。</p> <p>Q2-2 試想想看，原聲與回聲聽起來會有什麼差別？</p>								
☆E3 解釋 （20+25分鐘）	<p>▲學生分享討論結果。</p> <p>△教師在學生們分享時，邊記錄於黑板上；再進行統整與說明回聲定義、應用、聲波反射的應用、聲波回聲與原聲的差別。</p> <hr/> <p>△教師播放影片（健康巴哥：測試所聽見的頻率），並提供不同動物能聽見聲音頻率之數據，並說明<b>超音波與次聲波</b>的定義與應用：（1）超音波清洗器（可播放影片）；（2）超音波檢查（孕婦可透過超音超產檢是因為組織密度不同造成反射強度不同，轉換成影像）；（3）超音波洗牙。</p> <p>△教師視情況介紹關於動物們相關應用：</p> <p>（1）有時候貓咪與小狗會亂叫是因為某個東西產生了聲音，是我們聽不到的；（2）海豚有特別的生理構造，氣孔吐氣產生壓力發出超音波，從下顎很多脂肪很棒接收器傳達到內耳接收到獵物；（3）蝙蝠有特別的肌肉構造，他們耳朵很大；（4）鯨魚的聲音低於 14 赫茲，次聲波也能偵測地形，人類將鯨魚的聲波訊號轉為可聽見的訊號，稱為鯨魚的歌聲，而鯨魚發出聲音偵測海底地形是因為研究指出低頻聲音在海底傳達的距離比較遠，很有效的方式；而人類潛水艇也是利用低頻聲音曾測海底地形。</p> <p>▲學生進行探究活動 C：學生透過聲音頻率測試影片，探討並記錄同組組員能聽見之頻率界線為何。</p> <div><b>探究活動 C</b></div> <p>Q3-1 向組員分享你們能聽到的頻率範圍，並記錄下來。</p> <p>Q3-2 仔細聆聽老師介紹關於超聲波的定義與應用，並記錄下來。</p> <p>Q3-2 從下表動物們能聽見的頻率範圍，思考看看自然界中各種動物與人類聽覺的差異，可挑選妳有興趣的動物進一步探討他們的溝通方式（選作）。</p> <table><tr><th>動物</th><th>低頻（Hz 赫茲）</th><th>高頻（Hz 赫茲）</th></tr><tr><td>蟋蟀與蟬</td><td>2</td><td>6,000 (6kHz)</td></tr></table>	動物	低頻（Hz 赫茲）	高頻（Hz 赫茲）	蟋蟀與蟬	2	6,000 (6kHz)	A 互 動 、 對 話 式 ↓ B 互 動 、 權 威 式 ↓ D 無 互 動 、 權 威 式	
動物	低頻（Hz 赫茲）	高頻（Hz 赫茲）							
蟋蟀與蟬	2	6,000 (6kHz)							



	大象	17	10,000 (10kHz)
	人類	20	20,000 (20kHz)
	牛	23	35,000 (35kHz)
	夜蛾	25	50,000 (50kHz)
	貓咪	30	65,000 (65kHz)
	馬	55	33,500 (33.5kHz)
	狗	60	45,000 (45kHz)
	猴子	110	45,000 (45kHz)
	海豚	160	150,000 (150kHz)
	老鼠	1,000	90,000 (90kHz)
	蝙蝠	3,000	120,000 (120kHz)
	知識點：人類能聽見的頻率範圍平均為 20-20000 赫茲；超過 20000 赫茲的聲波稱為超音波或超聲波；超聲波的應用包含清潔儀器、醫用診斷等（課本 p.99）。		

☆E4 精緻化 (15 分鐘)	(一) 音樂廳與電影院的設計			A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式
	△教師準備一些電影院、音樂廳、錄音室的照片，引起全班式討論關於聲音反射的設計（反射板、吸音布幔、吸音棉、布面座椅）。			
	▲學生進行探究活動 B			
	■探究活動 D			
	Q4-1 從照片中，可以發現電影院、音樂廳的哪些設計是有助於減少聲音反射，避免干擾？			
	Q4-2 在音樂廳的設計中，有些地方需要增強聲音反射至特定位置；請問若要增強聲音反射，可以做什麼調整？			
	知識點：障礙物的材質、形狀大小，以及聲源與障礙物的距離，皆會影響聲波反射的效果（課本 p.98）。			
	(二) 聲波反射在距離測定上的應用			
	△教師複習聲速的計算方法，並以讓學生知道人類辨別兩個聲音，需要至少間隔 0.1 秒以上。			
	▲學生透過聲速計算：若環境聲速為每秒 340 公尺，為使回聲與原聲間隔 0.1 秒以上，則聲源與障礙物的距離至少為 17 公尺（此距離將隨著環境聲速影響而不同）。			
	■探究活動 E			
在環境聲速每秒 340 公尺，人類若要清楚聽到並分辨回聲與原聲（人耳接收到原聲與回聲的時間差為 0.1 秒以上才能分辨），則人需要與障礙物距離至少多遠？				

E5 評鑑 (10 分鐘)	<p>△教師引導學生進行組內筆記交流與分享，並視情況請同學們分享。</p> <p>▲學生透過討論分享本堂課所學、完成反思單。</p> <p> <b>反思單</b></p> <p>1.這堂課帶給我什麼思考？有什麼有趣的發現，或是妳覺得困難的部分？</p> <p>2.這些學習經驗如何幫助我看日常生活中的科學現象？在生活中有沒有其他關於聲音，而妳還很好奇的部分？</p>	A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式	
	<p>△教師口頭說明進階探究：</p> <p>請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。(每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等)</p>		

#### 進階探究：海洋聲音汙染—聲霧（選作）

△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。

#### 進階探究

人類利用智慧與科技，創造了許多超聲波的應用；在不影響人類聽覺的情況下，也能夠達到我們各種目的，然而在其他動物的耳中，這些卻是一種環境的噪音，無時無刻充斥在他們的生活環境中。試探討關於聲音對其他動物的影響，尋找夠改善或替代的方法？除此以外，是否有其他超音波的應用對生態造成的影響？提出妳的反思。

## 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第三節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
探究	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	2	1→2	1	1	1	2
	#1 在本課程中，教師帶領學生進行討論式探究，但可能沒有足夠開放式探索，僅透過想像發散想法，因此為 2 分；#2 學生比較難在此產生問題，但可以透過引導學生對現象產生疑問，進而引起學生的好奇心可改善，2 分；#3 本單元較為生活化，從現象去討論關於反射，因此較少實作可供學生自行設計，1 分；#4 在本單元少有數據的討論與紀錄，因此 1 分；#5 學生難以產生模型，但能夠思考如何應用聲波，因此有 1 分；#6 教師可以引導學生思考是否有其他因素影響反射等，應有 2 分。					
口說	#7	#8	#9	#10	#11	
	3	3	3	3	3	

對話	<p>在本課程中，#7 和#8 教師提出了許多問題促進全班與小組式討論，學生與同儕之間能夠進行對話，因此均為 3 分；#9 有許多與生活中聲音的連結，因此為 3 分；#10 教師也有介紹超聲波等科學詞彙，3 分；#10 教師在本堂課中會提及超聲波的應用在科學上的便利性，但可能會影響生態等，與生物領域等相關反思可以促進學生討論科學本質的概念，因此為 3 分。</p>
----	---

### 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整

5E	探究活動	保留 O 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E1	—	—	全班分享關於聲音反射在生活中的現象。
E2	探究活動 A： 造成聲波反射的原因	⊙	原設計讓學生以小組探討並歸納聲音產生反射的條件，而其實在 E1 階段便能夠延伸到此學習內容，因此不須重複回到小組討論，由教師引導學生提出想法、對話，再歸納即可。
	探究活動 B： 聲波反射的應用	⊙	此一活動中 Q2-1（繪製聲音反射的應用）設計讓個人完成，學生普遍能連結經驗，並完成任務，但在 Q2-2 中歸納原聲與回聲的差異，學生未有相關物理量的理解，因此由教師引導全班討論歸納為佳。而以能量角度解釋聲音的傳遞是為科學語言的模型建構。
E3	探究活動 C： 人耳能聽到的頻率上限	O	播放影片（健康巴哥）讓全班站起來，聽不到該頻率時便坐下，學生能看見全班共同參與課堂，也藉此引起學生動機。而數據延伸至其他動物的聽覺雖設計為選作，但較無法在課堂中進行，應放置於進階探究。
E4	探究活動 D： 音樂廳與電影院的設計	⊙	原設計向學生分享音樂廳等照片，考量到時間並善用課本資源，教師以課本上的圖片引起學生進行全班簡易討論圖片中與聲音反射有關的設計。
	探究活動 E： 聲波反射在距離測定上的應用	⊙	原設計讓學生以數學學科中的先備經驗計算速度，然而學生較無法獨立處理計算問題，因此改由教師引導學生練習聲音反射的速度推算。再由此結果呼應 E1 聲音反射產生之條件。

### 附錄三-4 3-4 教學活動方案

#### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	3-4 多變的聲音	教學時間	2 節課 ( 100 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第三單元第四節
學習重點 ( 整合學習內容與學習表現 )			
1. 學生可以透過想像創造 ( ti-IV-1 )、有計畫的觀察 ( po-IV-1 )，思考產生聲音的方式。 2. 學生可以透過客觀的模型 ( an-IV-1 )，利用聲音三要素 ( 響度、音調、音色 ) 描述聲音的不同特性；並能夠透過討論與傳達 ( pc-IV-2 ) 以口語或實物表達探究過程與發現。 3. 學生可以透過動手操作驗證自己的想法 ( ai-IV-1 )；並透過同儕討論分享科學發現的樂趣 ( ai-IV-2 )。 4. 學生可以透過討論科學本質 ( an-IV-1 ) 認識噪音的危害及減少噪音的方法。			
學習內容	學習表現		
<b>Ka-IV-5</b> 耳朵可以分辨不同的聲音，例如：大小、高低和音色。 <b>Me-IV-7</b> 對聲音的特性做深入的研究可以幫助我們更確實防範噪音的汙染。 說明： 5-1 經由自製樂器或樂器表演，知道聲音可由音量、音調及音色來描述。可以自由軟體讓學生看到不同樂器的音色和波形的關係。了解弦的鬆緊、空氣柱的長短、鼓的大小如何影響波形。 7-1 以生活實例，引導學生認識噪音的來源與危害。	<b>探究能力-思考智能 ( t )</b> —想像創造 ( i ) <b>ti-IV-1</b> 學生能夠透過團體討論的過程，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。 <b>探究能力-問題解決 ( p )</b> —觀察與定題 ( o ) <b>po-IV-1</b> 學生能夠從學習活動、日常經驗，進行各種有計畫的觀察。 —討論與傳達 ( c ) <b>pc-IV-2</b> 學生能利用口語、影像 ( 例如：攝影、錄影 )、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞表達完整之探究過程與發現。 <b>科學態度與本質 ( a )</b> —培養科學探究的興趣 ( i ) <b>ai-IV-1</b> 學生能夠動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。 <b>ai-IV-2</b> 學生能夠透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。 —討論科學本質 ( n ) <b>an-IV-1</b> 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。		

教學資源			
<p>※請學生各組提早準備可以發出聲音的物品（建議使用資源回收、寶特瓶等，避免攜帶貴重樂器到校）。本堂課在實驗室進行。</p> <p>不同水位的寶特瓶、鐵尺、試管、頻率不同之音叉、附有共鳴箱之音叉、phyphox 軟體、分貝儀 app 軟體、影片。</p>			
科技大觀園： 共振棒 	科學不一樣： 地震共振 	共振現象 	3rd Viewer 動物聽覺頻率範圍 
phyphox 載點 	分貝檢測儀載點 	八爪按摩器演示共振 	—
探究活動			
<p><b>探究活動 A：</b>各種聲音的產生</p> <p>根據妳們各組所攜帶的物品，試先以討論的方式，想像可以透過什麼方式針對同一個物品產生不同「大小聲、高低音、特色」的聲音？</p> <p><b>探究活動 B：</b>闖關活動——體驗聲音的各種要素</p> <p>教師提供吉他、試管、音叉、phyphox 軟體，讓學生以組為單位到各站點進行探索體驗關於響度、音調、音色的差別。</p> <p><b>進階探究：</b>共振現象造成的災害（選作）</p> <p>此為留下一個議題讓學生自行挑戰，或是教師利用期末時間讓學生選作；不會在本堂課進行操作。</p>			
教學流程（5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型）			
5E 教學階段 （時間）	教師教學活動（△） 學生學習活動（▲）		溝通式 教學策略 師生對話類型
	藍色底+  ：學習單 請觀課者特別留意（☆）		理想 實際



E1 投入 ( 10 分鐘 )	<p>△教師引起學生動機，提出問題：有哪些形容聲音的形容詞？</p> <p>▲學生進行簡易小組討論並分享。</p>	A 互動、對話式																	
☆E2 探索 ( 40 分鐘 )	<p><b>真實情境之探究學習</b></p> <p>教師於課前請學生帶領全班播放各種音樂，建立學生日常聽到不同曲風的情境，再請學生下次攜帶發聲物品，以利於學生將聲音三要素的體驗與辨別連結至日常生活中。此單元的探究目的乃是瞭解聲音三要素（響度、音調、音色）之差異。</p> <p>△教師引導學生們討論製造不同「大小聲、高低音、特色」的聲音；並讓學生分享與演示（類似小型音樂會）。教師準備三個寶特瓶（燒杯）（水位高度不同）、一把鐵尺、吉他等物品備用。</p> <p>▲學生進行探究活動 A</p> <p><b>探究活動 A-1</b></p> <p>Q1-1 根據妳們各組所攜帶的物品，試先以討論的方式，想像可以透過什麼方式針對同一個物品產生不同「大小聲、高低音、特色」的聲音？試分別寫下妳們覺得可能可行的做法。</p> <table border="1" data-bbox="336 1189 1300 1402"> <tr> <td colspan="4">本組使用的物品：_____（兩種以上物品則自由在筆記本補充）</td> </tr> <tr> <td>產生不同的……</td> <td>大小聲</td> <td>高低音</td> <td>特色</td> </tr> <tr> <td>可能可行的做法</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>△教師視情況從旁給予協助。</p> <p>▲學生進行分享並由同儕給予建議與回饋。</p> <p><b>探究活動 A-2</b></p> <p>Q1-2 試以剛剛討論的結果與同學們給的回饋，進行實際的操作；記錄妳們的發現，若遇到問題請討論如何解決，並記錄修正策略。</p> <p>△教師視情況從旁給予協助。</p> <p>▲學生各組進行分享與發表。</p> <p><b>探究活動 A-3</b></p> <p>Q1-3 請完成各組的評分，紀錄各組怎麼操作，並選出妳覺得最能夠凸顯「大小聲、高低音、音色」之組別，與組員分享並統計最後的評分結果。</p> <table border="1" data-bbox="336 2024 1300 2072"> <tr> <td>簡要紀錄各組</td> <td>大小聲</td> <td>高低音</td> <td>特色</td> </tr> </table>	本組使用的物品：_____（兩種以上物品則自由在筆記本補充）				產生不同的……	大小聲	高低音	特色	可能可行的做法				簡要紀錄各組	大小聲	高低音	特色	A 互動、對話式	
本組使用的物品：_____（兩種以上物品則自由在筆記本補充）																			
產生不同的……	大小聲	高低音	特色																
可能可行的做法																			
簡要紀錄各組	大小聲	高低音	特色																

同學的分享與發現			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

我覺得最能夠凸顯大小聲的是：\_\_\_\_\_，最能夠凸顯高低音的是：\_\_\_\_\_，最能夠突現聲音特色的是：\_\_\_\_\_。

△教師從旁紀錄學生們的分享與關鍵問題。

▲學生分享：請獲選組別上台重新演示，並針對操作方式進行更詳細的說明。

△教師根據學生們的分享，帶領全班進行討論，歸納出三種描述聲音的方式：響度、音調、音色。視情況安排「分站活動」設置四個站點：吉他、試管、音叉、phyphox（音色）。

▲學生進行探究活動 B：完成分站任務，到各站點體驗聲音的特色。

#### （1）吉他

△教師展示吉他。

▲學生透過撥弄不同粗細或長短的吉他弦，理解弦的粗細影響聲音的尖銳程度。

知識點：弦線越細、緊、短，受到撥動時產生的音調越高（課本 p.104）。

#### （2）試管

△教師展示不同水位高低的試管。

▲學生透過三個水位高低不同的試管，透過輕彈或是吹氣的方式產生聲音。吹氣時，音調會隨著空氣柱減少而變高音；輕敲時，音調會隨著水位增加而變低音。

知識點：敲擊時，液體為主要振動體，液體柱越短音調越高；吹氣時，空氣為主要振動體，空氣柱越短音調越高（課本 p.104）。

#### （3）音叉

△教師提供音叉及附有共鳴箱的音叉。

▲學生透過相同力道敲擊，比較共鳴箱的影響，並說明發現。



知識點：樂器會透過共鳴箱的設計以增加響度（課本 p.107）。

#### （4）phyphox（波形）

△教師提供以平板使用 phyphox 軟體。

▲學生利用軟體看見自己的波形，並繪圖紀錄。

	<p>知識點：不同發音體具有獨特的發音特性，這種特性稱為音色（課本 p.108）；音叉振動僅發出單一頻率，波形單純（課本 p.109）。</p> <p><b>探究活動 B</b></p> <p>Q2 請到各站體驗聲音的產生，並完成下表（若空間不夠可自行紀錄於筆記本空白處）。</p> <table border="1" data-bbox="336 465 1294 1193"> <thead> <tr> <th>站點</th><th>任務</th><th>妳的發現與紀錄</th><th>妳還做了什麼操作，有什麼新的發現？</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>吉他</td><td>請撥弄粗細不同的弦，或壓緊吉他弦，感受弦在不同粗細與長短的音高差別？</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>試管</td><td>請輕彈試管表面或摩擦邊緣，感受不同水位的高低有什麼差別？</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>音叉</td><td>輕輕敲擊後進行比較，兩次敲擊下，發出的聲音有什麼不同？</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>phyphox</td><td>透過 phyphox 軟體，試畫下兩種不同聲音的波形。</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	站點	任務	妳的發現與紀錄	妳還做了什麼操作，有什麼新的發現？	吉他	請撥弄粗細不同的弦，或壓緊吉他弦，感受弦在不同粗細與長短的音高差別？			試管	請輕彈試管表面或摩擦邊緣，感受不同水位的高低有什麼差別？			音叉	輕輕敲擊後進行比較，兩次敲擊下，發出的聲音有什麼不同？			phyphox	透過 phyphox 軟體，試畫下兩種不同聲音的波形。				
站點	任務	妳的發現與紀錄	妳還做了什麼操作，有什麼新的發現？																				
吉他	請撥弄粗細不同的弦，或壓緊吉他弦，感受弦在不同粗細與長短的音高差別？																						
試管	請輕彈試管表面或摩擦邊緣，感受不同水位的高低有什麼差別？																						
音叉	輕輕敲擊後進行比較，兩次敲擊下，發出的聲音有什麼不同？																						
phyphox	透過 phyphox 軟體，試畫下兩種不同聲音的波形。																						
<p>☆E3 解釋 (30 分鐘)</p>	<p>△在同學們分享後，教師說明不同物理量所呈現之波形差異；補充響度的單位與能量的關係，並介紹分貝儀 app 軟體</p> <p>▲請同學們分享音調、響度、音色的物理名詞解釋、影響因素等；測試討論時的分貝數。</p> <p>知識點：響度的單位為分貝 (dB)，最小聲音為 0 分貝；每增加 10 分貝，能量增為十倍（課本 p.107）。</p> <hr/> <p>△教師說明噪音的定義，並說明不同響度下造成的影響；以及噪音防治的目的與法規。</p> <p>知識點：50 分貝以上會干擾學習；長期處於 70 分貝以上會令人煩躁；110 分貝以上會影響聽力（課本 p.110）。</p>	<p>A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式 ↓ D 無</p>																					

		互動、權威式	
E4 精緻化 (15 分鐘)	<p>△教師連結樂器容易失去音準，因此需要透過調音讓樂器的音調正確（才不會走音）。透過提供音叉與共鳴箱，說明共振現象是因為頻率相同而使得彼此共振；視情況播放共振現象影片、頭部按摩棒共振影片等。</p> <p>▲學生進行全班式討論 Q 什麼是共振現象？為什麼會有共振現象？</p> <p>知識點：當兩個物體振動頻率相同時，其中一個開始振動時，在附近的另一相同頻率物體也會隨之振動，此現象稱為共振現象（課本 p.105）。</p>	A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式	
E5 評鑑 (5 分鐘)	<p>▲學生透過小組討論找出班上平時響度最大最小、音調最高最低、波形特色最特別之人，並以今天所學的科學詞彙描述看看！</p> <p>妳最特別</p> <p>Q3 找出班上響度最大最小、音調最高最低、波形特色最特別之人，並以今天所學的科學詞彙描述看看。</p> <p>反思單</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>我們在課程中的哪一個部分妳最有興趣？為什麼？</li> <li>我們班哪位同學提出來哪個想法讓妳覺得很有意思？為什麼？</li> </ol> <p>△教師口頭說明進階探究： 請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。（每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等）</p>	A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式	
進階探究：共振現象造成的災害（選作）			

△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。

#### ■進階探究：

在本單元中，我們知道雙方不接觸的物體，若頻率相同，則會產生共振現象。試探討在全球是否有哪些地區是受到共振而造成災害？試查詢相關資料，並進行說明。

### 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第三節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
探究	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	3	3	3	3	3	0
	#1 教師請學生自行準備能夠發出聲音的物品，透過討論的方式進行預設步驟與實際操作，因此有達到開放式的探索，3 分；#2 教師在同學們分享時能夠建構學生與同儕間引起問題，3 分；#3 學生有機會以小組（E2）或單獨（分站活動）的方式進行探索，3 分；#4 學生進行大量觀察，3 分；#5 學生在實作之前有先進行討論預測模型，並由同儕給予回饋協助修正，3 分；#6 在本堂課少有談論誤差來源。					
口說對話	#7	#8	#9	#10	#11	
	3	3	3	3	0	
	#7 及#8 教師建立滿多元的問題與探究活動幫助學生進行對話，與同儕間的討論，3 分；#9 教師連結日常經驗，3 分；#10 教師有使用科學術語介紹聲音的要素（振幅、頻率、波形），3 分；#11 在本堂課少有談論科學本質。					

### 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整

5E	探究活動	保留 O 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E1	—	⊙	研究者提早將此活動於前一堂課於教室抽空進行，並改以讓學生組成一 DJ，幫助全班同儕挑選不同風格的樂曲，記錄當下的感受。藉此引起學習動機。也藉此機會提前向學生預告下堂課將在實驗室進行，並說明可以攜帶一些簡易樂器。
E2	探究活動 A： 各種聲音的產生 （在實驗室進行）	⊙	原設計要讓學生們有機會進行小型音樂會比賽，但因為此活動與另一門科學探究與實作課活動相似，因此刪去探究活動 A-2 及 A-3，僅讓各組完成 A-1，不依序讓各組分享。







	探究活動 B： 體驗聲音各種要素 (在實驗室進行)	⊙	原設計讓學生分組體驗各站點的任務，而實施時改闖關活動的形式，各組負責特定主題，由學生組內討論出如何向他組同學介紹並引導體驗活動。而本堂課的活動較少，因此學生能充分將時間聚焦於體驗活動。
--	---------------------------------	---	--

## 附錄三-5 4-1 教學活動方案

### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	4-1 光的傳播	教學時間	2 節課 ( 100 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第四單元第一節
對應此校設立之「科學探究與實作課」課程內容：針孔成像觀察			
學習重點 ( 整合學習內容與學習表現 )			
<ol style="list-style-type: none"> <li>學生可以透過觀察 ( po-IV-1 ) 瞭解光在均勻介質中以直線傳播；並透過思考、討論 ( pc-IV-2 ) 理解人眼能看到物體是因為物體的光進到眼睛，能看影子是因為光線被障礙物阻擋。</li> <li>學生可以透過想像創造 ( ti-IV-1 )、討論與傳達 ( pc-IV-2 )，探討針孔成像在生活中的應用 ( 樹蔭下的光點 )；且透過同儕討論，探討科學的樂趣 ( ai-IV-2 )。</li> <li>透過推理論證 ( tr-IV-1 )，以日常經驗中理解光和聲音都是波動；以看到閃電和聽到雷聲經驗理解光與聲音的傳聲速度之差異，進一步探討光與聲音在不同介質中的傳聲速度。</li> <li>學生可以透過計畫並執行實作 ( pe-IV-1 )、建立模型 ( tm-IV-1 )，探討針孔變化與成像關係，驗證光的直進性。</li> <li>學生可以透過口語、文字或繪圖 ( pc-IV-2 ) 表達探究過程與發現，理解針孔成像的原理、成像性質。</li> </ol>			
學習內容		學習表現	
Ka-IV-6 由針孔成像、影子實驗驗證與說明光的直進性。 Ka-IV-7 光速的大小和影響光速的因素。 說明： 6-1 經由簡易的針孔成像教具、影子活動，讓學生實際操作，討論出成像大小與光源、針孔紙屏三者間相對距離的關係，驗證與說明光的直進性質。		<b>探究能力-思考智能 ( t )</b> —想像創造 ( i ) <u>ti-IV-1</u> 學生能夠透過團體討論的過程，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。 <b>探究能力-問題解決 ( p )</b> —觀察與定題 ( o ) <u>po-IV-1</u> 學生能夠從學習活動、日常經驗，進行各種有計畫的觀察。 —討論與傳達 ( c ) <u>pc-IV-2</u> 學生能利用口語、影像 ( 例如：攝影、錄影 )、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式表達完整之探究過程與發現。 —建立模型 ( m ) <u>tm-IV-1</u> 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。 —計劃與執行 ( e )	

7-1 說明光速的大小和影響光速的因素。	<div>pe-IV-1</div> 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（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。 <b>科學態度與本質（a）</b> —培養科學探究的興趣（i） <div>ai-IV-2</div> 學生能夠透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。		
教學資源			
1. 雷射筆、噴霧器、皮尺 2. 針孔成像裝置：手機作為光源、洋芋片蓋子作為針孔、描圖紙作為紙屏。 <b>註：</b> 參考影片：教師準備數個，在課前也請學生各組都先至少做一個（所需材料：洋芋片紙筒、描圖紙，手機投影針孔成像的光源）	針孔成像實驗影片 	針孔成像影片:多孔 	
探究活動			
<b>探究活動 A：</b> 視覺的產生 Q1-1：為什麼在黑暗的教室中我們難以看見同學，卻可以在白天清楚的看見窗外景色？能看見東西的關鍵是什麼？ Q1-2：上學路上，可以在太陽底下看見影子，試想影子也是一種東西嗎？影子的產生與光有什麼關係？ Q1-3：妳們覺得能看見同學們、窗外景色和影子的原理相同嗎？有什麼不同呢？為什麼？ Q1-4：根據上述討論，聲波的傳播與光的傳播有什麼不同？ <b>探究活動 B：</b> 樹蔭下的光點（針孔成像） Q2-1：樹蔭下的光點是什麼？為什麼妳會這麼認為呢？ Q2-2：試以光源、針孔、紙屏，模擬太陽在樹蔭下的成像，並說明成像大小與什麼有關？ <b>探究活動 C：</b> 改變針孔探討成像變化 <b>進階探究：</b> 為什麼對空氣中噴水霧能夠看見光線？（選作） 此為留下一個議題讓學生自行挑戰，或是教師利用期末時間讓學生選作；不會在本堂課進行操作。			
教學流程（5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型）			
5E 教學階段 （時間）	教師教學活動（△） 學生學習活動（▲）		溝通式教學策略 師生對話類型
	藍色底+  ：學習單 請觀課者特別留意（☆）		理想 實際

<p>E1 投入： 演示、觀察、討論 (5分鐘)</p>	<p>△教師以生活經驗中的陽光和聲波連結；以雷射筆演示光在水霧中所呈現的直線性質，說明光的直進性。教師提出科學問題。 Q 我們能聽見聲音，是因為什麼呢？那我們能看見物體，又是因為什麼？光和聲音的傳播有什麼不同？ ▲學生觀察並進行全班式討論。</p> <p>知識點：光在真空或均勻介質中以直線的方式傳播（課本 p.134）。</p>	<p>A 互動、對話式</p>	
<p>☆E2 探索： 討論、實作、觀察、記錄 (10+5+30分鐘)</p>	<p><u>真實情境之探究學習</u> 在本單元中的探究目的為使學生瞭解看見物體的原理極光的直進性質，而與誼友共同討論認定視覺也是生活中經驗，不需要特別體驗。因此在此探索階段以專注地對話引起動機，透過學生先個人思考，進而與隔壁同學進行互動分享，最後再帶回全班式討論，有很好的探索效果，學生在足夠思考時間後更加踴躍地與同儕對話，並引起他組成員開啟更深層的思考。</p> <p>△教師藉由舊知識，引起學生思考聲音的傳播與光的傳播關係（聲音需透過介質傳遞，而光則不需透過介質）。</p> <p>▲學生進行探究活動 A。</p> <p> <b>探究活動 A：</b> 請同學們針對以下問題進行思考與討論，以<u>文字描述</u>或是<u>繪圖說明</u>記錄於科學筆記本上。（Hint：可以試著從光的傳播路徑思考。） Q1-1：為什麼在黑暗的教室中我們難以看見同學，卻可以在白天清楚的看見窗外景色？能看見東西的關鍵是什麼？ Q1-2：上學路上，可以在太陽底下看見影子，試想影子也是一種東西嗎？影子的產生與光有什麼關係？ Q1-3：妳們覺得能看見同學們、窗外景色和影子的原理相同嗎？或是有什麼不同呢？為什麼？ Q1-4：根據上述討論，聲波的傳播與光的傳播有什麼不同？</p> <p>知識點：當光遇到不透明體時，將會在後方形成影子（課本 p.137）； 人眼可見物體的原因為光線進入眼睛、光在不同介質中的傳播速度（課本 p.138）</p> <hr/> <p>△教師展示樹蔭下光點的圖片，提出科學問題，請同學們分享並引導全班討論。 ▲同學們進行討論，並整理於白報紙以進行分享。</p>	<p>A 互動、對話式</p>	



註：引自

<http://jjpclass.blogspot.com/2010/05/blog-post.html>



註：引自

<https://blog.xuite.net/aatctw/twblog/133145385>

### 探究活動 B-1：樹蔭下的光點

Q2-1：樹蔭下的光點是什麼？為什麼妳會這麼認為呢？

請先進行思考後，寫在自己的科學筆記本上；再與組員討論後，一起整理於白報紙上，並以文字描述或繪圖說明。

△教師提供針孔成像裝置，學生也可自行準備；引導同學們進行探究活動 B。

Q2-2：試以光源、針孔、紙屏，模擬太陽在樹蔭下的成像，並說明成像大小與什麼有關？

▲學生進行探究活動 B。

### 探究活動 B-2：(活動已在科學探究與實作課程進行，不重複操作)

試以光源、針孔、紙屏，模擬太陽在樹蔭下的成像，並說明成像大小受到什麼因素影響，而有什麼變化？；詳述如何操作。進行實作觀察時，可將計畫草稿記錄於科學筆記本中，再一起整理至白報紙上。

1.請畫出妳們的針孔成像裝置圖（標記出光源、針孔、紙屏），並用皮尺量測距離與成像大小，標記於圖上相應位置。

2.試舉出三個實作結果，說明妳做了什麼改變，發現成像有什麼變化？

(1) 調整針孔和光源的距離為\_\_\_\_\_，成像...？

(2) 調整\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的距離為\_\_\_\_\_，成像...？

(3) 其他（任何方法，不限於距離的調整）：

3.請將上述實驗結果延伸至「樹蔭下的光點」，試以(1)針孔成像解釋樹蔭下的光點是如何造成的？畫出太陽、樹葉、地面，並連連看至相對應的名詞（光源、針孔、紙屏）

(1) 樹蔭下的光點是什麼造成的？繪出樹蔭下的光點示意圖

太陽●




樹葉●

●紙屏

●針孔



	地面●	●光源		
E3 解釋： 分享、表 達、介紹 ( 30 分 鐘 )	<p>△教師安排同學們將白報紙貼於教室周圍，並提供時間請同學們先到各組瀏覽；給予提問機會，再請同學們分享；學生分享時，教師記錄關鍵問題於黑板上；教師在同學們提出解釋後，介紹針孔成像原理、性質及成像大小關係；以雷聲與閃電補充光的傳聲速度與介質的關係。</p> <p>▲學生們透過白報紙與各組進行交流；再以組別為單位，進行表達、分享，並針對同學們提出的問題進行解釋。</p> <p>知識點：針孔成像的原理、成像大小及成像性質（課本 p.136）。</p> <p>教師口頭說明：</p> <p>去看看大家的分享，<u>記錄妳的發現與疑問</u>；請仔細<u>傾聽同學們的分享及老師的介紹</u>，將<u>妳的筆記</u>寫在科學筆記本上，這將有助於我們進行下一個任務喔！</p>		A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式 ↓ D 無互動、權威式	

<p>☆E4 精緻化 (進階探討針孔成像) (15 分鐘)</p>	<p>△教師引導學生進一步討論，改變針孔的大小、數量或是形狀，所產生的像有會有什麼變化。</p> <p>▲學生分別挑選進行 (或僅以原理討論)；各組選擇不同任務 (改變針孔大小、增加針孔數量、改變針孔形狀)，並討論分享發現。</p> <p> <b>探究活動 C-1</b></p> <p>聽完同學們的分享與老師的介紹之後，試想看看若是<u>改變針孔大小</u>、<u>增加針孔數量</u>、<u>改變針孔形狀</u>，光源在紙屏上所產生的實像會有什麼不一樣？請各組依據所抽到的指示操作，並將<u>操作細節與發現</u>記錄於筆記本上，若是提早完成可嘗試別的觀察或討論！</p> <p>知識點：針孔成像的原理、成像大小及成像性質 (課本 p.136)。</p>	<p>A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式</p>													
<p>E5 評鑑 (5 分鐘)</p>	<p>△教師引導學生進行分享，並以全班式討論檢視實作成果。</p> <p>▲學生從同儕間的分享，記錄於科學筆記本，並完成任務。</p> <p> <b>探究活動 C-2 (活動在科學探究課程進行，不重複操作)</b></p> <p>請仔細聆聽同學們的分享，重新以<u>文字敘述</u>或是<u>繪圖說明</u>完成下列表格。若空間不夠，可記錄於筆記本空白處。</p> <table border="1" data-bbox="349 1234 1264 1597"> <tr> <th>操作項目</th><th>改變針孔大小</th><th>增加針孔數量</th><th>改變針孔形狀</th></tr> <tr> <td>報告組別 (分享人)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>他們的發現</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p> <b>反思單</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>今天的活動中，妳覺得班上誰的分享讓你收穫最多？為什麼？她說了什麼呢？</li> <li>今天的課程中，是否使你更了解這些自然現象背後的原理？想一想生活中是不是還有其他關於光的特殊現象可以用光的原理去解釋？</li> </ol> <p>△教師口頭說明進階探究：</p> <p>請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。(每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享)</p>	操作項目	改變針孔大小	增加針孔數量	改變針孔形狀	報告組別 (分享人)				他們的發現				<p>A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式</p>	
操作項目	改變針孔大小	增加針孔數量	改變針孔形狀												
報告組別 (分享人)															
他們的發現															

	喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等)		
進階探究：為什麼對空氣中噴水霧能夠看見光線？有沒有其他方法或現象也可以看到光線？（廷得耳效應）（選作）			
△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。（Hint：可利用水中滴入少許顏料以雷射筆進行照射。）			
■進階探究：為什麼對空氣中噴水霧能夠看見光線？試想除了噴水霧的方法，是否有其他方法也可以使我們看見光的傳播路線呢？而這些方法的共同點是什麼？我們如何以實驗驗證光的直進性？			

## 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第三節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	3	3	3	2	3	0→3
探究	<p>在本堂課中，#1 有許多機會讓學生進行分享與討論，也有透過全班式討論進行師生對話，並且讓他們進行實作探討針孔成像，因此是一個開放支持學生探究的環境，因此為 3 分；#2 在針孔成像活動中，從開放的問題讓學生嘗試改變因素觀察成像大小，從中學生會產生問題並與同儕進行討論，也需透過分享向全班解釋科學概念，3 分；#3 學生有機會以小組合作進行實驗規畫，因此為 3 分；#4 學生需要透過觀察建立針孔成像模型與測量數據，但僅觀察成像大小與距離的關係，並未針對數據處理，因此僅有 2 分；#5 學生在 E2 階段透過探究關於針孔成像的性質，因此在 E4 階段可透過預測模型的方式思考若改變針孔大小等因素，以光的直進性質思考成像結果，因此應有 3 分；#6 本認為在本堂課沒有進行數據處理；但在 E2 階段，學生可以透過實作探討成像結果，各組成像會受到許多因素的影響，教師也可以引導學生討論造成各組間差異的原因，思考減少誤差的方法，因此應能獲得 3 分。</p>					
口說	#7	#8	#9	#10	#11	
	3	3	2	3	3	

對話	<p>在本堂課中，#7 學生有許多機會可以進行全班與小組的討論，教師的問題是開放式的，學生得以表現出各種想法，因此為 3 分；#8 繼全班式討論後，透過探究活動去進行驗證針孔成像，期間也會促進同儕間的對話，因此為 3 分；#9 教師以日常經驗中的樹蔭光點作為例子，除此以外，少有其他針孔成像的例子，因此僅有 2 分；#10 教師有解釋光的直進性、針孔成像等科學詞彙，並以針孔成像模式讓學生探究，因此有 3 分；#11 在各組針孔成像的模型中，教師可以多引導學生討論各組差異，並探討造成誤差的原因，說明科學本質的意義。</p>
----	--

### 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整

5E	探究活動	保留 O 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E2	探究活動 A： 視覺的產生	O	改以全班式討論視覺產生之原理。教師先讓學生個人思考，數分鐘後在讓學生與鄰近同學分享，簡易討論小結論後再由教師請學生們向全班發表想法，促成「多種聲音、多種想法」的對話形式。
	探究活動 B： 樹蔭下的光點 (針孔成像)	⊙	由於本活動與另一門科學探究與實作課活動雷同，因此聚焦於討論為主，無進行重複探索。而教師以日食下的樹蔭光點作為例子，並有部分學生有此經驗連結。引起學生動機。
E4	探究活動 C-1： 改變針孔探討成像變化	X	因剔除了探究活動 B，因此本活動僅以討論方式進行，由教師帶領全班思考抽象的針孔成像(作圖)，在此一階段，學生較無與生活中的連結，對話較屬於知識權威。

## 附錄三-6 4-2 教學活動方案

### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	4-2 光的反射與面鏡	教學時間	1 節課 ( 50 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第四單元第二節
對應此校設立之「科學探究與實作課」課程內容：各種面鏡的成像觀察			
學習重點 ( 整合學習內容與學習表現 )			
<p>1. 學生可以透過觀察與想像 ( ti-IV-1 ) 瞭解在反射在生活中的現象。並透過討論與傳達 ( pc-IV-2 ) 延伸探討光的反射現象。</p> <p>2. 學生可以透過批判思辨 ( tc-IV-1 )、建立模型 ( tm-IV-1 )、推理論證 ( tr-IV-1 )，思考光的反射定律 ( 光依照反射定律照射至特定位置 ) 與事實現況 ( 教室中的每位同學均能看到光點 ) 的差異，瞭解漫反射的原理。</p> <p>3. 學生可以透過口語、文字或繪圖 ( pc-IV-2 ) 表達探究過程與發現；並能夠培養科學探究的本質 ( ah-IV-1 )；且透過與同儕的討論 ( ai-IV-2 )，分享科學發現的樂趣。</p>			
學習內容		學習表現	
<p>Ka-IV-8 透過實驗探討光的反射。</p> <p>說明：</p> <p>8-1 透過雷射光教師示範實驗，使學生看到光路徑，強調光在任何表面發生反射時，均會遵守反射定律，且光具有可逆性。</p> <p>8-2 學生能正確畫出入射線、法線和反射線的位置，以及說明入射角與反射角的關係。</p> <p>8-3 透過實驗觀察面鏡的成像情形與物體到面鏡距離有關。</p>		<p><b>探究能力-思考智能 ( t )</b></p> <p>—想像創造 ( i )</p> <p><b>ti-IV-1</b></p> <p>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。</p> <p>—推理論證 ( r )</p> <p><b>tr-IV-1</b></p> <p>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确性。</p> <p>—批判思辨 ( c )</p> <p><b>tc-IV-1</b></p> <p>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。</p> <p>—建立模型 ( m )</p> <p><b>tm-IV-1</b></p>	



	<p>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。</p> <p><b>探究能力-問題解決 ( p )</b></p> <p>—討論與傳達 ( c )</p> <p><b>pc-IV-1</b></p> <p>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。</p> <p><b>科學態度與本質 ( a )</b></p> <p>—培養科學探究的興趣 ( i )</p> <p><b>ai-IV-2</b></p> <p>透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。</p> <p><b>ah-IV-1</b></p> <p>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。</p>
教學資源	
雷射筆、平面鏡、凸面鏡、凹面鏡	<p>影片：純陽光烤肉爐</p> 
探究活動	

**探究活動 A：反射定律**

Q1-2 打撞球時，透過調整球桿角度，可以利用反射使得最多球能夠進洞。試以遇到障礙物而發生反射的現象，說明光如何反射？請以文字詳述並繪圖說明光源位置與傳遞方向。

**探究活動 B：漫射不符合反射定律嗎？**

Q2-1 根據反射定律，光會往哪個方向反射？試於下圖畫出光的路徑，並依此判斷哪一位觀察者最可能可以看到光點。

Q2-2 從教師所演示的雷射筆光點，我們發現大家都可以看到黑板上的光點；請依照此現象繪出光的路徑。

Q2-3 為什麼會有這種現象？是因為反射定律在這裡不成立嗎？我們有沒有什麼辦法可以驗證？

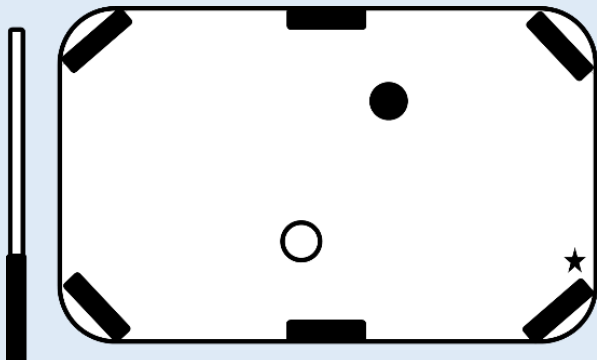
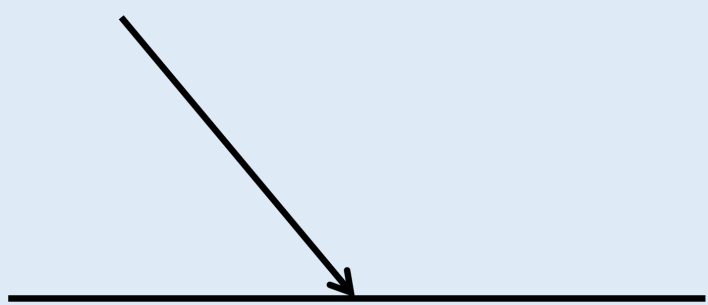
**進階探究：**此為留下一個議題讓學生自行挑戰，或是教師利用期末時間讓學生選作；不會在本堂課進行操作。

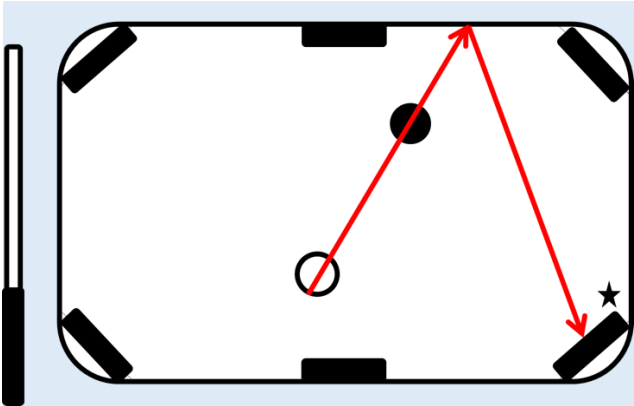
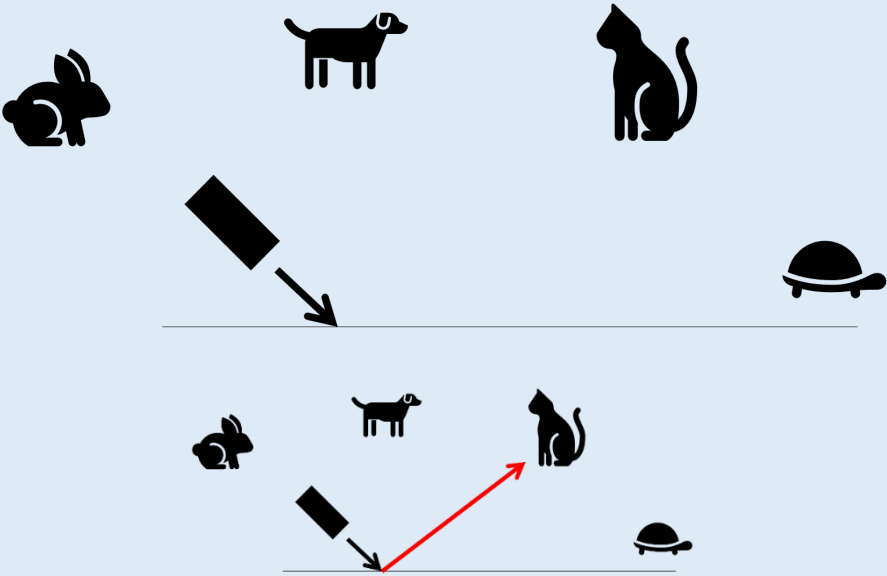
(一) 如何減少駕駛的視線盲區？(選作)

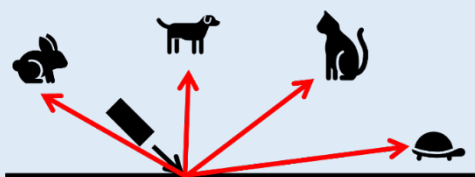
(二) 論反射與散射(繼 4-1 進階探究：廷得耳效應)(選作)

**教學流程 (5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型)**

5E 教學階段 (時間)	教師教學活動 (△) 學生學習活動 (▲)	溝通式教學策略 師生對話類型	
		理想	實際
E1 投入 (5 分鐘)	<p>△教師藉由舊知識(能看見物體是因為光線進入眼睛)，引起學生思考能從平面鏡看到自己，光線的路徑應該為何。</p> <p>▲學生進行 2 分鐘討論，並請數位同學向全班分享。</p> <p>知識點：光遇障礙物會發生反射現象(課本 p.139)。</p> <p>■討論活動：</p> <p>Q1-1：我們可以看見物體是因為光線進入眼睛，試想我們從鏡中看見自己，也是光線進入眼睛嗎？這個光是怎麼來的？試以<u>繪圖</u>說明光的路徑。</p>	A 互動、對話式	
☆E2 探索 (5 分鐘)	<p><u>真實情境之探究學習</u></p> <p>此單元的探究目的是學生能夠理解光線與到障礙物也會有反射的現象，進而認識到生活中的平面鏡、凸面鏡與凹面鏡也是反側原理的應用。而本校的科學探究與實作課程已經安排讓學生體驗各種面鏡的成像觀察，因此在理化課的探索階段，將重點置於針對反射現象進行對話，以歸納出反射定律的內容。</p> <p>△教師引導同學們結合日常經驗以具體概念說明反射定律，再延伸</p>	A 互動、對話式	

	<p>至光的傳播也符合反射定律；並藉此說明光的可逆性。</p> <p>▲學生進行探究活動 A。</p> <p>■探究活動 A：</p> <p>Q1-2：打撞球時，透過調整球桿角度，可以利用反射使得最多球能夠進洞。(1) 若是要以球桿撞擊母球（白球）後，再由母球撞擊黑球使得黑球進入星星洞口。畫畫看，<u>球桿應如何擺放</u>，以及兩球的<u>行徑路線</u>為何？。</p>  <p>(2) 試以光遇到障礙物而發生反射的現象，說明光如何反射？請以<u>文字詳述並繪圖指出光源位置與傳遞方向</u>。</p> 		
E3 解釋 ( 5 分鐘 )	<p>▲學生上台繪圖與口頭分享；</p> <p>△教師在學生分享之後以學生們之解釋，引導歸納出反射定律，並介紹科學詞彙（入射線、反射線、法線、入射角、反射角、物距、像距、虛像）。</p> <p>知識點：反射定律（課本 p.140）、平面鏡成像原理與成像性質（課本 p.141）。</p>	A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威	

		式↓D 無互動、權威式	
☆E4 精緻化 ( 15+15 分鐘 )	<p>( 一 ) 漫反射 ( 本活動參考自：鄭志鵬，2020 )</p> <p>△教師以任務單請學生繪出光線可能的路徑，確認學生再次理解光的直進性與反射定律；接著以雷射筆演示 ( 在教室各處的學生都能看見光點 )，引導學生畫出真實情境中光的反射路徑，指出疑似與科學定律不符合的事實現況，引導同學們進行批判性反思反射定律與漫反射的差異。</p> <p>△若是經過數分鐘後學生無法討論，則教師進一步以「游泳池的天花板波光粼粼、夕陽照射到海面上是因為海面不穩定 ( 較大尺度的漫反射 )」引導。</p> <p>▲學生進行探究活動 B。</p> <div data-bbox="336 1189 936 1232" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">知識點：反射定律、漫反射 ( 課本 p.142 )</div> <p>■探究活動 B：</p> <p>Q2-1：根據反射定律，光會往哪個方向反射？試於下圖畫出<u>光的路徑</u>，並依此判斷<u>哪一位觀察者最可能可以看到光點</u>。</p> 	A 互動、對話式↓B 互動、權威式	



Q2-2：從教師所演示的雷射筆光點，我們發現大家都可以看到黑板上的光點；請依照此現象繪出光的路徑。

Q2-3：為什麼會有這種現象？是因為反射定律在這裡不成立嗎？我們有沒有什麼辦法可以驗證？

△教師先在黑板上畫上探究活動 B 的圖示；請學生分享時，教師記錄關鍵問題於黑板上；教師在同學們提出解釋後，介紹漫反射原理。

▲學生以組別為單位，進行表達、分享，並針對同學們提出的問題進行解釋。

知識點：漫反射（課本 p.142）。

### （二）凸凹面鏡的應用

△教師帶領全班以反射定律思考光在凸凹面鏡的傳播路徑；說明光徑圖中的科學詞彙與成像性質；並連結至日常經驗思考凸凹面鏡的應用（檯燈燈罩、鐵湯匙、純陽光烤肉爐、巷口超商凸面鏡）。

▲學生依照反射定律繪出平行光在凸凹面鏡的反射路徑，並探討生活中凸凹面鏡的應用。

### ■腦力激盪！

聽完同學們的分享與老師的介紹之後，試想看看若是平行光照射在凸面鏡與凹面鏡，光線應該如何反射呢？凸面鏡與凹面鏡在生活中有那些應用呢？

（1）請畫出光的傳播路徑，並標示出主軸、焦點、入射光、反射光。

（2）關於凸凹面鏡的應用，請分別寫出至少一個。

知識點：凸凹面鏡的應用（課本 p.143～144）。

E5 評鑑  
（5 分鐘）


△教師給予正式評鑑與回饋。

▲學生完成任務於科學筆記本。

■原來如此！請根據平面鏡的成像原理與反射定律，試判斷兔子可以看到那些夥伴？試說明妳們判斷的方式，並標示出兔子看見夥伴的光的路徑。

A  
互動、對話式  
↓  
B  
互動



	<div data-bbox="379 257 1220 757" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="336 757 1275 1043" data-label="List-Group"> <p> <b>反思單</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 妳在今天的討論中，最令妳印象深刻科學概念是？請再多舉一個例子？</li> <li>2. 夕陽西下時，在靜止的湖面可以看清楚夕陽；而浪花拍打的海上卻難以看清楚圓形的夕陽，試以今天所學的知識說明看看為什麼會有這個現象？</li> </ol> </div> <div data-bbox="336 1043 1275 1330" data-label="Text"> <p><b>△教師口頭說明進階探究：</b> 請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。（每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等）</p> </div>	、權威式	
<b>進階探究：</b> （一）如何減少駕駛的視線盲區 （二）論反射與散射			
<p><b>△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。（Hint：可利用網路資源探討後照鏡的利弊分析，並利用光的直進性質繪圖說明盲區位置。）</b></p> <p><b>■進階探究：</b></p> <p>（一）如何減少駕駛的視線盲區？（選作） 公車或是大貨車經常發生因為視線盲區造成的車禍事件，為什麼會有視線盲區？為減少視線盲區，通常會利用後照鏡的改良增加駕駛視野，請問後照鏡的選擇對於駕駛有什麼影響？有沒有什麼辦法可以讓駕駛或車商減少駕駛盲區，試針對上述問題進行探究，以<u>文字敘述與繪圖說明</u>。</p> <p>（二）論反射與散射（繼 4-1 進階探究：廷得耳效應）（選作） 當我們把雷射光照射在平面鏡時，會發生反射；當我們把光源照射到較為混濁的水溶液（例如：牛奶）時，光線會散開，試探討為什麼有此兩種現象？</p>			

## 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第四節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
探究	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	2	2	1	2	2	3
	<p>在本堂課中，#1 教師建立充足討論機會，也提供時間讓學生進行探索，但並未讓學生能夠自行選擇探索方式，僅透過想像與討論，因此僅有 2 分；學生透過教師提出疑問，在進行小組討論（漫反射）時應能夠產生科學問題，在 E3 階段後應能夠解釋自己產出的問題，但由於未設計檢核機制，因此僅有 2 分；#3 在本堂課學生可以透過觀察與討論進行批判思考，儘管並未讓學生自行操作相關的實作，但探討漫反射與反射定律的相關性應能視為一種探索，因此應有 2 分；#4 學生在本堂課沒有進行數據紀錄，但有繪製光學圖形，因此應有 2 分；#5 學生在此階段產生光學模型，也有針對漫射與反射定律進行光路預測，因此在此應可獲得 3 分；#6 本堂課有安排批判思考與討論科學本質，因此應可獲得 3 分。</p>					
口說對話	#7	#8	#9	#10	#11	
	3	3	2	3	3	
	<p>在本堂課中，#7 教師提供一些問題進行全班式與小組討論，能夠讓學生進行同儕對話，3 分；#8 教師提出問題後會進行巡視，視學生狀況決定是否給予進階提示，因此在討論過程中教師能夠建構學生之間的互動，3 分；#9 教師以日常經驗（平面鏡、撞球、巷口凸面鏡、烤肉爐等）進行應用的介紹，但不一定是學生共同經歷過，教師將此應用安排於 E1 及 E4，期望應能夠達到引起動機與延伸應用的理解，2 分；#10 教師在 E3 介紹反射定律的相關詞彙，並透過探究活動以想像建立模型，與科學詞彙連結，因此 3 分；#11 教師在本節有探討反射定律與漫反射之差異，並先以違反定律的疑問引起學生進行思考，因此在科學本質的討論上應可獲得 3 分。</p>					

## 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整



5E	探究活動	保留 O 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E1	討論日常中反射現象	⊙	原設計讓學生自由透過 4-1 直進性質推論至反射現象，並繪出光的反射路徑。經調整後改以教師引導全班連結日常中平面鏡現象。

E2	探究活動 A： 反射定律	X	此任務（由圖繪製撞球路徑）過於簡易，因此剔除此做為討論活動，改以個人完成。
E4	探究活動 B： 漫射與反射定律	⊙	教師在演示雷射筆的光點後，引起學生的學習動機，因此決定不讓學生回到小組，直接以全班式討論探討漫射與反射定律的差異。而由教師引導探討此批判性的問題（漫射不符合反射定律嗎？），能夠有效幫助學生看見彼此的思考，並由教師紀錄同學們的想法於黑板上，促進科學對話。


## 附錄三-7 4-3 教學活動方案

### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	4-3 光的折射與透鏡	教學時間	2 節課 ( 100 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第四單元第三節
對應學生在理化課外的「科學探究與實作課」課程內容：各種透鏡（凸、凹透鏡與三稜鏡）的成像觀察			
學習重點（整合學習內容與學習表現）			
1. 學生可以透過觀察與定題（po-IV-1）瞭解在光的折射現象。並透過討論與傳達（pc-IV-2）延伸應用以折射定律探討生活中光的折射現象。 2. 學生可以透過推理論證（tr-IV-1）、分析與發現（pa-IV-1），將三稜鏡的折射現象延伸至凸凹透鏡。 3. 學生可以透過建立模型（tm-IV-1）瞭解不同位置的物體在經過凸凹透鏡時，所成像之大小與性質，並能夠透過製作圖表（pa-IV-1）以光徑圖說明凸凹透鏡成像原理。 4. 學生可以透過圖像與口語表達（pc-IV-2）解釋原理與作圖過程；並與同儕討論（ai-IV-2）獲得瞭解科學意義的樂趣。			
學習內容		學習表現	
Ka-IV-8 透過實驗探討光的折射規律。 說明： 8-3 透過實驗操作凸透鏡與凹透鏡，觀察物體與透鏡間的距離會影響像的大小、正倒立與位置，了解成像原理。 8-4 說明視深與實際深度的成因與差異。		<b>探究能力-思考智能（t）</b> —推理論證（r） <u>tr-IV-1</u> 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确性。 —建立模型（m） <u>tm-IV-1</u> 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。 <b>探究能力-問題解決（p）</b> —觀察與定題（o） <u>po-IV-1</u> 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。 —分析與發現（a） <u>pa-IV-1</u>	

	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。 —討論與傳達 (c)	
	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。	
	科學態度與本質 (a)	
	ai-IV-2 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。	
教學資源		
吸管、透明杯、雷射筆、碗、硬幣、三稜鏡、凸透鏡、凹透鏡、透鏡滑軌組	物理好好玩網： 折射的原因、透鏡 	光在水裡和空氣表面的反射與折射 
探究活動		
<b>探究活動 A：折射現象</b> Q1-1 從影片中，我們可以看到光線自水中射向空氣中時，光的偏折狀況為何？試畫出光的路徑圖。 Q1-2 請和妳的組員們討論，根據光的直進性，若將光源置於空氣中，則光的路徑應為何？試畫出光徑圖。		
<b>探究活動 B：碗裡的硬幣（折射定律）</b> Q2-1 請同學們在恰好看不到硬幣的位置，慢慢加入水，妳看到了什麼現象？並思考為什麼會有這個現象呢？試以文字或是繪圖說明（Hint：折射定律）。 Q2-2 根據折射定律，我們知道光從水中射向空氣時，因為光在空氣中的傳速較快，因此光會偏離法線；試根據上述畫出硬幣進入眼睛的光徑圖。		
<b>探究活動 C：三稜鏡的折射現象</b> 若是光線通過三稜鏡、一正一反、一反一正的三稜鏡組合時，光的路徑為何？試根據折射定律繪出平行光入射後的光路（請標出箭頭方向）。		
<b>探究活動 D：凸凹透鏡的成像原理</b>		
<b>進階探究：凸凹透鏡成像實作</b> 此為留下一個議題讓學生自行挑戰，或是教師利用期末時間讓學生選作；不會在本堂課進行操作。		



教學流程（ 5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型）				
5E 教學階段 （時間）	教師教學活動（△） 學生學習活動（▲）		溝通式 教學策 略 師生對 話類型	
	藍色底+  ：學習單 請觀課者特別留意（☆）		理 想	實 際
第 1 節課開始				
☆E1 投入 （5 分鐘）	△教師提供吸管與透明杯；呈現折射現象引起學習動機。再連結生活經驗說明光線發生偏折的例子（湖的深淺、游泳池內的人看起來比較矮、折斷的吸管、眼鏡後方較小的眼睛...等）引起學生動機，探討生活中折射現象。 ▲學生進行全班式討論 Q 從這些現象中，我們看到的像與實物有些差異，這是為什麼呢？有哪些例子也是因為光線透過不同介質進到我們眼睛而產生偏折的現象？			A 互動、對話式
☆E2 探索 （25 分鐘）	<u>真實情境之探究學習</u> 本單元的探究目的為認識光的折射原理，應用則是在下一單元 4-4。因此在此單元，教師以雷射光做共同演示，讓學生共同觀察雷射光的直線前進現象，以及遇到不同介質時的折射現象。根據前幾次的經驗，再與誼友討論後這個現象的操作不適合讓各組進行探索，而是吸引全班一起觀察，再一起形成科學對話更有助於達到本單元的探究目的。而在第二部分的凸凹透鏡成像性質，由於學生已再科學探究與實作課完成觀察，因此教師確認學生已具備經驗後，便在理化課上聚焦於成像原理的繪圖與解釋，不再重複進行觀察。 （一）雷射光的折射現象 △教師藉由舊知識（透過水霧觀察，光線為直線前進；光在不同介質中，傳速不同），引起學生思考若是光從空氣進入水中，發生了介質的改變後，光的傳遞方向會發生什麼變化。 △教師透過播放影片（光在水與空氣的折射），使學生看見光線在不同介質中的折射現象；教師提出任務指示。 ▲學生進行探究活動 A。 <div>知識點：光在不同介質中的傳遞速度不同，因此造成行進方向偏折，是為折射現象（課本 p.146）。</div>			A 互動、對話式

**探究活動 A：**

依照教師影片演示，可知道光線在不同介質中的折射現象；並能夠依據舊知識（光的可逆性）進一步思考若是改變光源位置，則偏折狀況為何。

Q1-1：從影片中，我們可以看到光線自水中射向空氣中時，光的偏折狀況為何？試畫出光的路徑圖。

介質：\_\_\_\_\_

介質：\_\_\_\_\_



Q1-2：請和組員們討論，根據光的直進性，若將光源置於空氣中，則光的路徑應為何？試畫出光的路徑圖。（請在聽完教師的解釋後標記入射光、折射光、入射角、折射角及法線等科學詞彙）。

介質：\_\_\_\_\_

介質：\_\_\_\_\_



**（二）碗裡的硬幣**

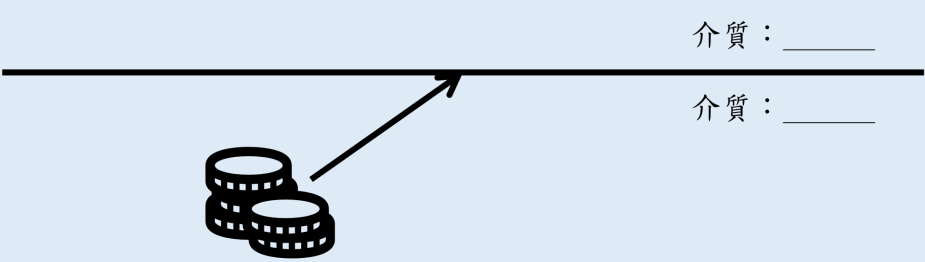
△教師提供水盆、硬幣、水；讓學生在看不到硬幣之位置慢慢加入水觀察發現；教師在此階段需要巡視各組給予協助。

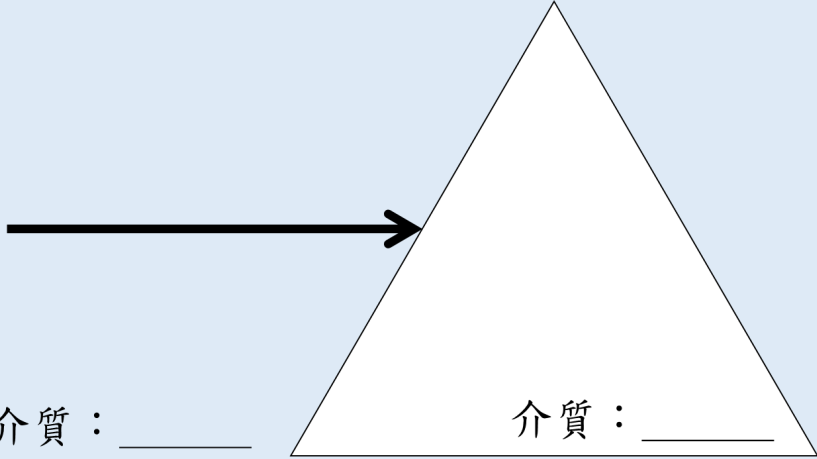
▲學生進行探究活動 B。

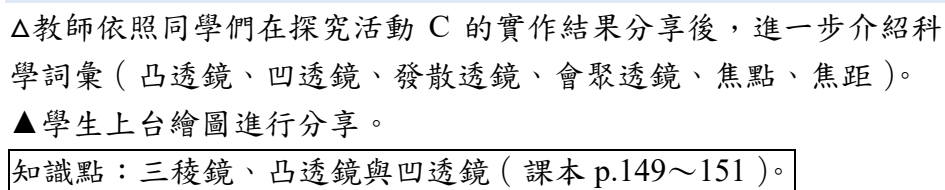
**探究活動 B：（此活動已在科學探究與實作課進行，不重複操作）**

Q2-1 請同學們在恰好看不到硬幣的位置，慢慢加入水，妳看到了什麼現象？並思考為什麼會有這個現象呢？試以文字或是繪圖說明（Hint：折射定律）。

Q2-2 根據探究活動 A，我們知道光從水中射向空氣時，因為光在空氣中的傳速\_\_\_\_（較快），因此光會\_\_\_\_（偏離）法線（折射定律）；以及硬幣本身的光是來自外在光源的反射；試根據上述畫出硬幣進入眼睛的光徑圖。（應標示出入射光、折射光、法線、入射角、折射角）。

			
--	--	--	--

<p>E3 解釋 ( 20 分鐘 )</p>	<p>△教師在學生分享之後，以學生們之解釋進一步說明光的折射現象與生活中視深的關係。引導學生使用科學詞彙描述（入射光、折射光、入射角、折射角及法線）。</p> <p>▲學生進行討論，並上台參與繪圖與分享探究活動 B 成果（Q2-2）。  <b>知識點：折射定律與生活中折射現象（課本 p.147～148）。</b></p> <hr/> <p>△教師藉光線在水傳至空氣，或是空氣傳至水會發生偏折，進一步以雷射光與三稜鏡演示光線自空氣進入固體介質，再從固體介質折射至空氣時，光線二次折射後的路徑。教師可演示波動動畫（物理好好玩網）。</p> <p>▲學生進行探究活動 C，進一步以光線通過三稜鏡折射的原理，思考平行光通過兩個三稜鏡（不同擺放位置）光的路徑為何。</p> <p><b>探究活動 C：</b>      根據老師三稜鏡的演示，試想畫畫看若是光線通過三稜鏡、一正一反、一反一正的三稜鏡組合時（如下圖），試依照折射定律繪出平行光的光徑。</p> 	<p>A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式 ↓ D 無互動、權威式</p>	
----------------------------	---	--	--



△教師依照學生解釋後，進一步說明凸凹透鏡成像原理，並挑選部分作圖，說明物體在不同位置時所對應像的大小與性質，並確保學生理解；接著視情況以教師講述或小組競賽（讓學生以小組為單位進行上台繪圖），介紹凸凹透鏡成像作圖。完成作圖後，教師演示折射動畫（物理好好玩網），以視覺化呈現透鏡成像以統合本日課程內容。

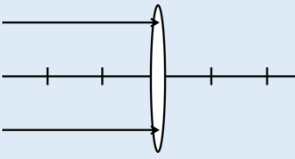
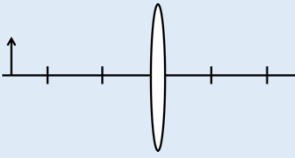
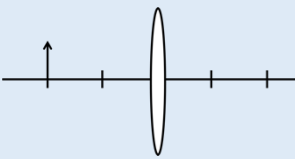
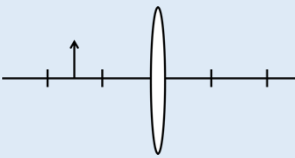
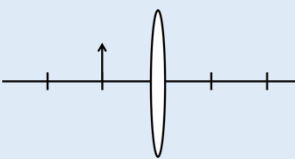
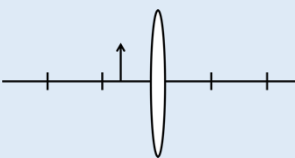
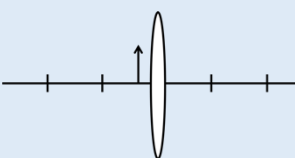
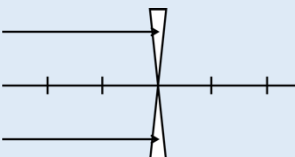
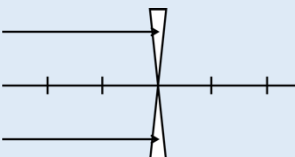
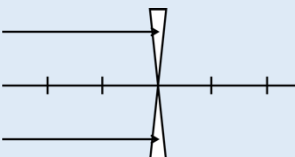
▲學生仔細聆聽並跟著教師完成範例作圖，以清楚瞭解凸凹透鏡之成像原理；再進行探究活動 D。

請仔細聆聽老師介紹凸凹透鏡的成像原理，並完成下表，請標記出  
 折射光箭頭，並區分實線（實像）與虛線（虛像）。

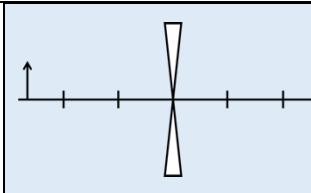
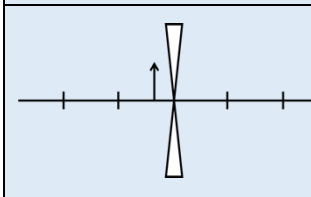
1.作圖原理：①\_\_\_\_\_；②\_\_\_\_\_

物體位置	成像性質	備註（應用）
------	------	--------

A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式

								
								
								
								
								
								
								
<p>(二) 凹透鏡 (____透鏡)</p> <p>1.作圖原理：Φ _____ ； ∅ _____</p> <p>2.物體在不同位置時的成像作圖表</p> <table><tr><th>物體位置</th><th>成像性質</th><th>備註 (應用)</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table>			物體位置	成像性質	備註 (應用)			
物體位置	成像性質	備註 (應用)						
								
↓ D 無互動、權威式								



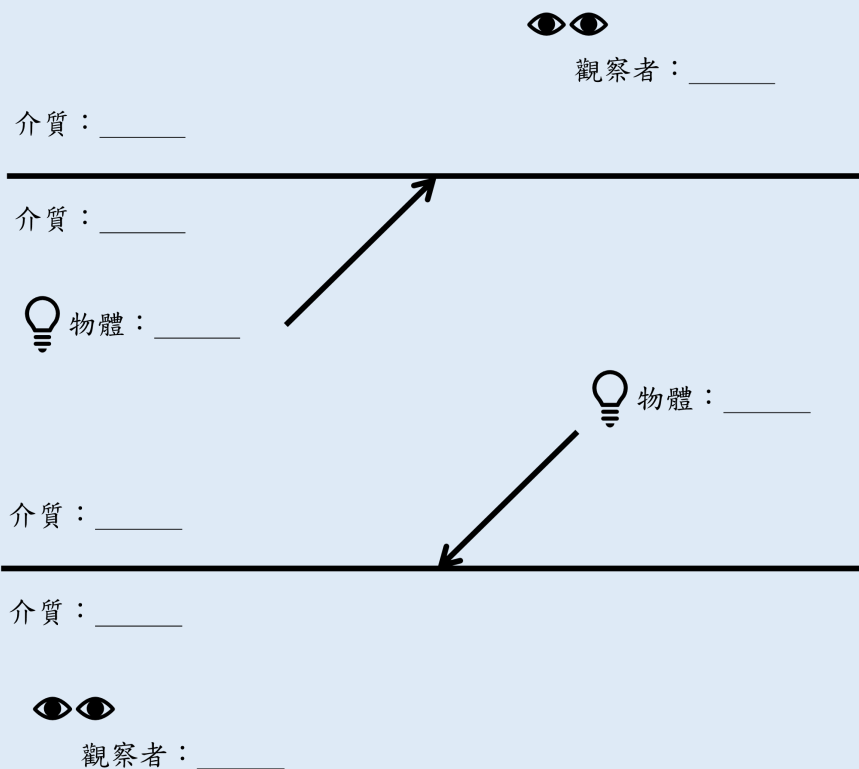
					
					
	<div>(三) 妳的整理與發現</div> <div>知識點：凸透鏡與凹透鏡之成像原理與作圖（課本 p.154~156）。</div>				

△教師複習透鏡原理為光的折射，最後以全班式討論引發學生以今日所學之折射定律，進一步思考「水中蛙看天上鳥、天上鳥看水中蛙、人看大氣層外星星、太空人看地球人」折射等折射現象，視情況以任務單進行現場評鑑與分享或課後作業。

▲學生完成任務於科學筆記本，並記錄同學們的分享。

#### ▣原來如此！

請根據折射原理，試繪出「水中蛙看天上鳥、天上鳥看水中蛙、人看大氣層外星星、太空人看地球人」的光的路徑。請記得能看見物體的原因，光線應從物體射向觀察者喔！（每個人挑選一到兩個完成，並跟組員分享妳的作圖成果與妳判斷觀察者所見應為更高、更低或更深、更淺。）



#### 🧠反思單

1. 從今日所學，試想看看凸凹透鏡在生活中還有哪些應用呢？
2. 今天的討論與作圖活動中，有沒有妳覺得比較困難的地方？

△教師口頭說明進階探究：

請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。（每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等）

☆E5 評鑑  
(10 分鐘)

A 互動、對話式  
↓  
B 互動、權威式

進階探究：凸凹透鏡成像實作（選作）	
△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。	
<div>■進階探究：凸凹透鏡成像實作</div> 透過凸凹透鏡滑軌組，試改變透鏡、物體位置；探討物體分別在凸凹透鏡前不同位置，所形成像之位置、大小與性質；紀錄實驗操作流程，並將成像結果拍照並說明。（選作）。	

## 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第四節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
探究	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	2	2	1	0	0→2	0
	#1 在本單元，以原理作圖為主，因此較無進行開放式探究，2 分；#2 學生透過競賽方式學習，教師從旁記錄錯誤，應可視為紀錄學生的問題，也期許學生在小組討論可以進行提問，2 分；#3 學生能夠透過小組思考圖形建模，但必須理解成像原理，仍較為權威式，因此僅有 1 分；#4 學生在本單元無任何數據蒐集；#5 學生本無討論誤差來源，但教師若在課堂中說明薄透鏡可忽略二次偏折等估計，則應可改善為 2 分；#6 學生在本單元不評價科學論證。					
口說對話	#7	#8	#9	#10	#11	
	3	3	3	3	0	
	在本課程中，#7 及#8 教師有透過一些問題讓學生思考，引起同儕間的對話，因此應為 3 分；#9 教師有連結日常生活經驗說明折射現象，3 分；#10 教師以折射定律說明凸凹透鏡成像原理，因此有 3 分；#11 在本單元較無談論科學本質的概念。					

## 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整

5E	探究活動	保留 O 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E2	探究活動 A： 折射現象	⊙	考量到需要提早完成段考進度，因此壓縮了影片及討論時間。教師以課本教材中的圖片讓學生建立折射概念。將時間挪至探究活動 C 及活動 D。
	探究活動 B： 碗裡的硬幣（折射定律）		

E3	探究活動 C： 三稜鏡的折射現象	O	此一單元的內容較為抽象，且偏權威知識的概念，因此在研究者評估學習者狀態後決定由教師以板書講解光的路徑圖。而學生雖然較少對話，但能參與光學圖形建模。
E4	探究活動 D： 凸凹透鏡的成像原理		

## 附錄三-8 4-4 教學活動方案

### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	4-4 光學儀器	教學時間	1 節課 ( 50 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第四單元第四節
學習重點 ( 整合學習內容與學習表現 )			
1.學生可以透過想像創造 ( po-IV-1 )、思考與討論 ( pc-IV-2 ) 瞭解藉由光的折射原理，以及光學透鏡在生活中的應用 ( 複式顯微鏡、照相機、眼睛與眼鏡 )；並透過繪圖加深學習。 2.學生可以透過觀察 ( tr-IV-1 ) 日常生活中的透鏡應用，覺察以科學解決實務問題的方法。 4.學生可以透過探討同儕間的觀察結果 ( pc-IV-1 )，瞭解近視眼鏡與遠視眼鏡之矯正原理，並能以折射原理說明配戴者視野中，以及觀察他人眼鏡後眼睛的成像性質。 5.學生可以透過所學的折射定律，應用於生活中解釋工具原理；能透過與同儕討論獲得成就感 ( ai-IV-2 )、分享科學發現的樂趣 ( ai-IV-2 )。			
學習內容	學習表現		
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、眼睛、眼鏡及顯微鏡等。說明： 9-1 以人的眼睛構造說明和透鏡的關係，瞭解近視和遠視的成因，並知道配戴何種透鏡矯正視力。 9-2 以生活中常見儀器，說明透鏡的應用。 補充：教師可以視情況補充角膜塑型片與隱形眼鏡。	探究能力-思考智能 ( t ) —想像創造 ( i ) 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。 探究能力-問題解決 ( p ) —觀察與定題 ( o ) 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。 —討論與傳達 ( c ) 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。 科學態度與本質 ( a ) 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。		
教學資源			



數字字卡、顯微鏡、相機、近視眼鏡、遠視眼鏡

探究活動

**探究活動 A：**生活中透鏡的應用——複式顯微鏡

Q1 我們在生物課時，學過如何操作顯微鏡；試以顯微鏡的功能及操作方法，探討關於透鏡的應用。

(1) 複式顯微鏡的功能為何？成像大小與原物的關係為何？

(2) 若妳在以複式顯微鏡觀察微生物時，牠往妳顯微鏡視野中的右上方移動，妳應該要怎麼調整載玻片的位置？

(3) 根據上述討論，若要滿足以上兩點，哪一種透鏡最有可能是複式顯微鏡內部的透鏡？

**探究活動 B：**光學儀器原理

**探究活動 C：**同學們的眼鏡

Q2 聽完老師介紹各種光學儀器的原理，試以透鏡成像性質判斷近日眼鏡與遠視眼鏡在他人眼中，眼鏡會有什麼變化？並進一步觀察同學們的眼鏡，找找看哪些同學配戴近視眼鏡，那些同學配戴遠視眼鏡呢？並說明妳如何判斷？


**進階探究：**


此為留下一個議題讓學生自行挑戰，或是教師利用期末時間讓學生選作；不會在本堂課進行操作。

(一) 如果我們的眼睛無法調整焦距？(選作)

(二) 試設計一個望遠鏡；並探討如何提升倍率，並作設計上的改良？(選作)

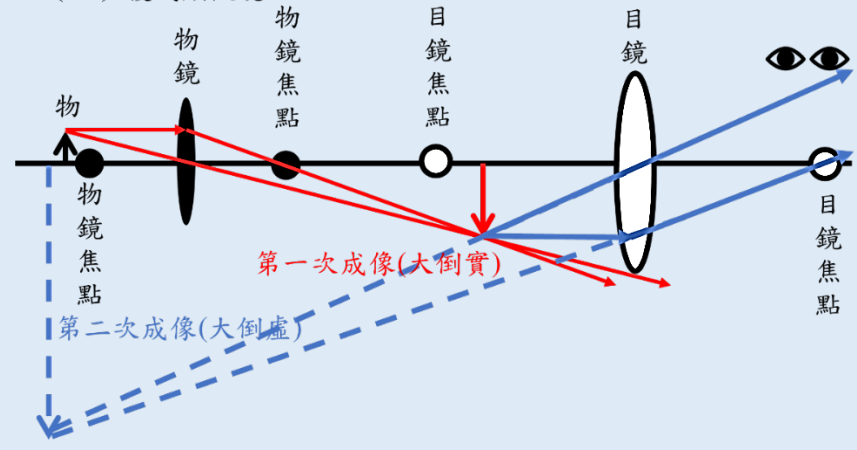
教學流程 (5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型)

5E 教學階段 (時間)	教師教學活動 (△) 學生學習活動 (▲)	溝通式 教學策略 師生對話類型	
	藍色底+  ：學習單 請觀課者特別留意 (☆)	理想	實際
E1 投入：全班式討論 (5 分鐘)	△教師藉由舊知識 (4-1~4-3 關於光的傳播、光的反射定律、光的折射定律、光在凸凹透鏡的成像性質)，引起學生思考透鏡在生活中的應用 (複式顯微鏡、照相機、眼鏡與眼鏡)。 ▲學生以全班式討論一同將透鏡連結至日常生活中的應用，並藉由討論試想這些應用的用途。	A 互 動 、 對 話 式	
☆E2 探索：小組式討論 (5 分鐘)	<u>真實情境之探究學習</u> 本單元的探究目的乃是延伸前單元 4-3 光的折射，讓學生認識不同光學儀器的應用原理。研究者考量學習內容為原理的認識，而非操作，因此與誼友討論後認為不需要將這些儀器如顯微鏡帶至	A 互 動 、	

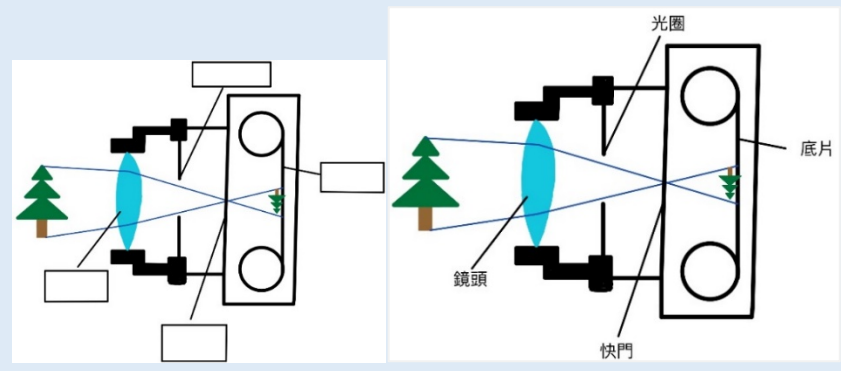
	<p>班上，直接從學生國一生物課曾操作過的經驗（物體移動方向與像的移動方向為左右相反）之現象帶至理化課中，並以 4-3 的先備知識進行連結以說明。故本單元的探索內容會注重在功能與原理的討論，無實物操作。</p> <p>△教師提出問題</p> <p>▲學生進行探究活動 A</p> <p>■探究活動 A：</p> <p>Q1 我們在生物課時，學過如何操作顯微鏡；試以顯微鏡的<u>功能</u>及<u>操作方法</u>，探討關於透鏡的應用。</p> <p>（1）複式顯微鏡的功能為何？成像大小與原物的關係為何？</p> <p>（2）若妳在以複式顯微鏡觀察微生物時，牠往妳顯微鏡視野中的<u>右上方移動</u>，妳應該要怎麼調整載玻片的位置？</p> <p>（3）根據上述討論，若要滿足以上兩點，哪一種透鏡最有可能是複式顯微鏡內部的透鏡？</p> <p>知識點：生活中有許多光學儀器會使用到透鏡（課本 p.157）。</p>	對話式	
<p>☆E3 解釋： 分享、表達、介紹 （25 分鐘）</p>	<p>△教師在學生分享之後，以學生們之解釋為基礎，詳細說明光學儀器中透鏡的應用；除了複式顯微鏡、相機、眼睛、眼鏡之外，教師也能稍微談及手機、隱形眼鏡、數位相機、投影機等透鏡應用。</p> <p>知識點：各種光學儀器的原理（課本 p.157～159）。</p> <p>■探究活動 B：</p> <p>仔細聆聽老師對於各種光學儀器的介紹與說明，試著完成下列表格並紀錄筆記於科學筆記本上。</p> <p>（一）複式顯微鏡</p>  <p>The diagram illustrates the optical components of a compound microscope along a horizontal axis. From left to right, it shows: an object (物) with an upward arrow, an objective lens (物鏡), the objective focal point (物鏡焦點), the eyepiece focal point (目鏡焦點), an eyepiece lens (目鏡), and the eyepiece focal point (目鏡焦點) marked with a small circle. An eye icon is positioned to the right of the eyepiece lens, looking through it.</p>	A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式 ↓ D 無互動、權威	

式

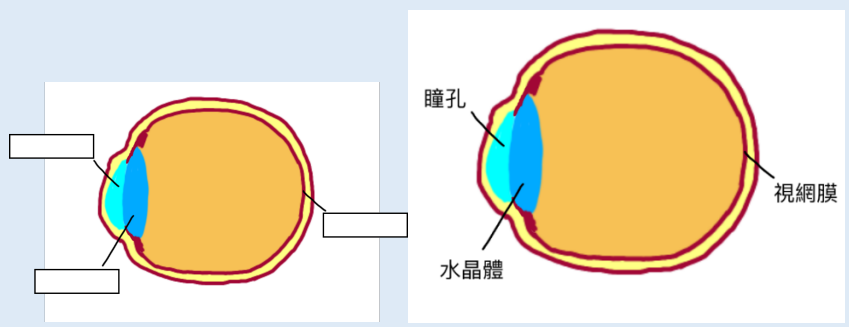
(一) 複式顯微鏡：



(二) 照相機

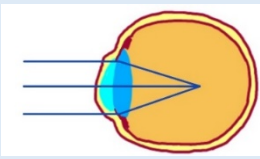
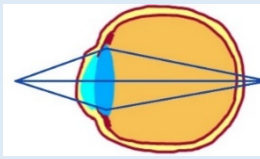
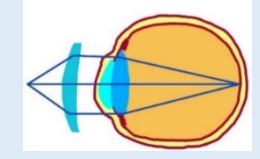



(三) 眼睛



(四) 眼鏡

視力異常	近視眼	遠視眼
水晶體異常	眼球前後之距離太 ___或水晶體焦距過 ___	眼球前後之距離太 ___或水晶體焦距過 ___

	<p>圖示</p> 					
	<p>矯正</p>	<p>配戴__透鏡</p>	<p>配戴__透鏡</p>			
	<p>結果</p>					
<p>☆E4 精緻化 ( 5 分鐘 )</p>	<p>△教師提出科學問題，並準備近視與遠視眼鏡各一副，幫助學生比較兩種透鏡成像性質；除此，教師可以多介紹關於造成視力近視或遠視的原因（可能是天生或後天用眼習慣影響），也可以帶學生討論關於假性近視（睫狀體太過於緊繃，水晶體變得扁扁胖胖的，焦距過短；可透過散瞳劑改善）等健康問題。</p> <p>△教師可視情況補充角膜塑型片與隱形眼鏡：人眼構造中，水晶體前的角膜也是有屈光的功能，且屈光的能力比水晶體大，水晶體負責微調讓光線對焦。因此可透過角膜塑型片，讓角膜調整到正確的形狀。而眼鏡的度數量測的方式是有距離的，隱眼的屈光度不需要這麼大就可以讓光線匯聚，所以度數不用這麼大（眼鏡跟隱眼的屈光度換算，近視度數若大於 300，則大概取度於少 25 度，即 275 即可。</p> <p>▲學生進行探究活動 C，簡易分享發現即可。</p> <p>觀察同學們的眼鏡，透過所學之透鏡成像性質與眼鏡的原理，試判斷哪位同學配戴遠視眼鏡。</p> <p><b>探究活動 C</b></p> <p>Q2 聽完老師介紹各種光學儀器的原理，試以透鏡成像性質判斷近日眼鏡與遠視眼鏡在他人眼中，眼鏡會有什麼變化？並進一步觀察同學們的眼鏡，找找看哪些同學配戴近視眼鏡，那些同學配戴遠視眼鏡呢？並說明妳如何判斷？</p>					<p>A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式</p>
<p>E5 評鑑 ( 10 分鐘 )</p>	<p>△教師引導同學們交換批閱彼此的上課筆記，並透過討論方式進行提問與修正。請每一組整理今日所學，各派一位分享 30 秒～1 分鐘（複式顯微鏡、相機、正常眼、近視眼、遠視眼、老花眼）。</p> <p>▲學生進行分享並透過筆記交換批閱，檢核今日學習成果。</p> <p><b>反思單</b></p> <p>1. 這堂課的學習過程中，哪個部分對妳來說比較困難或有趣？</p>					<p>A 互動、對話</p>

	<p>印象最深刻的地方是？</p> <p>2. 妳有近視或遠視嗎？如果妳的眼睛視力正常，試以今天所學的知識想想看可以如何保護眼睛？為什麼？如果妳有矯正眼睛，試以簡短文字說明妳配戴的眼鏡，以及矯正的原理。</p> <p>3. 如果我們想使用相機拍攝近物，請問應該將鏡頭往前還是往後推？試以相機之透鏡成像原理解釋為什麼？</p> <p>△教師口頭說明進階探究： 請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。（每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等）</p>	<p>式 ↓ B 互 動 、 權 威 式</p>	
<p>進階探究：</p> <p>（一）如果我們的眼晴無法調整焦距？（選作）</p> <p>（二）設計望遠鏡</p>			
<p>△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。</p> <p> 進階探究：</p> <p>（一）如果我們的眼晴無法調整焦距？（選作）</p> <p>試根據本單元所學習之光學儀器成像原理，比較眼睛與照相機的構造與成像原理，試探討若是我們的眼晴中的水晶體無法調整焦距，則在生活上會遇到什麼問題，以及我們應如何解決問題？</p> <p>（二）試以本章所學，設計一個望遠鏡；並探討如何提升倍率，並作設計上的改良？（選作）</p>			

## 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第四節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
探 究	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	2	3	0	3	2	1



	<p>#1 中等層次的探索，因為僅是透過教師帶領學生畫圖，難以讓學生自行探究瞭解其光學原理，2 分；#2 相機與眼睛成像都可以用光學角度來解釋，而本堂課學生先透過思考討論，才說明成像原理，因此應有 3 分；#3 本單元比較沒有辦法安排自己設計東西的規劃，因此為 0 分；#4 教師有帶領學生進行光學作圖，透過建構光學模型以理解知識，因此應為 3 分；#5 本單元是透過 4-3 折射定律去連結透鏡的應用，從生活中的應用去推測使用透鏡之種類，因此有 2 分； #6 在本單元要讓學生思考誤差，對學生來說有點難度，但若以生物角度探討造成近視遠視的因素則有很多（例如：先天性近視或是後天），論物理誤差則可能可以說明成像的位置會受到曲率問題影響，但不容易引導學生思考關於曲率問題，故 1 分。</p>				
口 說 對 話	#7	#8	#9	#10	#11
	3	3	3	3	(生物角度)2~3
	<p>在本課程中，#7 老師提供了機會給學生思考進行小組討論，因此有 3 分；#8 若是在小組內討論順利進行，則有 3 分；#9 課堂中有許多與生活連結，3 分；#10 教師使用折射原理解釋各種應用之光路圖，因此在科學術語上應有 3 分；#11 以物理角度在本單元較難探討誤差問題，但若以生物角度，則可以帶領學生談論近視得成因為其實是部分猜測，可以引導學生去思考造成近視遠視的成因，那麼就可以獲得 2~3 分。</p>				

### 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整

5E	探究活動	保留 ○ 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E2	探究活動 A： 生活中透鏡的應用—— 複式顯微鏡	○	<p>由學生的生物課操作顯微鏡之經驗引起學期動機，藉此連結至生活中的各種光學儀器之應用。本單元原設計偏屬知識權威，因此預設沒有較為強烈的「多種聲音、多種想法」策略。然而，單元的性質與學生的經驗相較於 4-2 及 4-3 更為深刻，因此學生能提出延伸的科學問題（詳見第四章第四節之結果討論）</p>
E3	探究活動 B： 光學儀器原理		



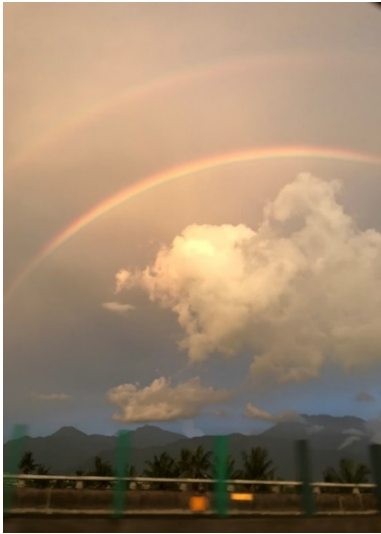
E4	探究活動 C： 同學們的眼鏡	X	在介紹光學儀器中的眼鏡時便會以學生們彼此的視力狀況引起動機，因此探究活動 C 的問題與前方重複，因此剔除此討論活動，僅作為學習單。
----	-------------------	---	---

## 附錄三-9 4-5 教學活動方案

### 一、教學活動方案

教學活動方案			
單元	4-5 光與顏色	教學時間	1 節課 ( 50 分鐘 )
教學對象	國中二年級學生	教材來源	改編自南一版 第四單元第五節
學習重點 ( 整合學習內容與學習表現 )			
<p>1. 學生可以透過想像創造 ( ti-IV-1 ) 與觀察 ( po-IV-1 ) 瞭解光的色散。</p> <p>2. 學生可以透過計畫執行 ( pe-IV-1 )，並透過小組思考、討論 ( pc-IV-1 )，藉由光的色散現象理解白光是為各色光混合之混合光。</p> <p>3. 學生可以透過觀察 ( tr-IV-1 ) 透明物體與透明體在各色光所呈現之顏色，覺察物體與所呈現顏色的原理；教師可補充說明光的三色光成因是基於人類的生理構造，視網膜的三種錐狀細胞對紅、綠、藍光感應最強；瞭解三色光在日常生活、植物界、商用電器方面的應用。</p> <p>4. 學生可以透過與同儕的討論 ( ai-IV-2 )，分享科學發現的樂趣；並透過動手實作 ( ai-IV-1 ) 驗證自己想法，而獲得成就感。</p>			
學習內容	學習表現		
Ka-IV-10 陽光經過三稜鏡可以分成各種色光。 Ka-IV-11 物體的顏色是光選擇性反射的結果。 說明： 10-1 觀察光線經三稜鏡折射後成各種色光。 11-1 操作色光與顏色的實驗，觀察並了解色光對物體顏色變化的影響，說明顏色是光進入眼睛後所引發的一種視覺感受，知道不透明物體所顯示的顏色，與物體表面吸收與反射光的特性有關。知道透明物體的顏色由透射光決定。	<p><b>探究能力-思考智能 ( t )</b>            —想像創造 ( i )  <b>ti-IV-1</b>            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。</p> <p><b>探究能力-問題解決 ( p )</b>            —觀察與定題 ( o )  <b>po-IV-1</b>            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。</p> <p>—計畫與執行 ( e )  <b>pe-IV-1</b>            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。</p> <p>—分析與發現 ( a )</p>		

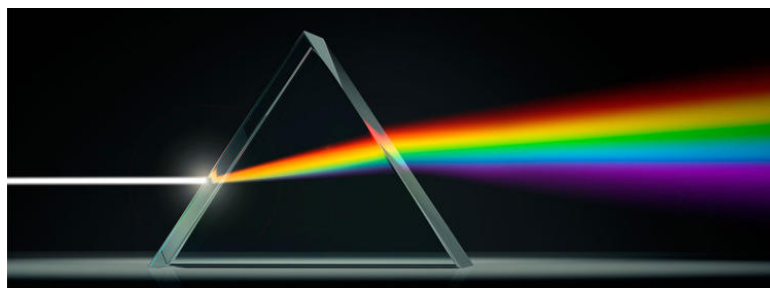
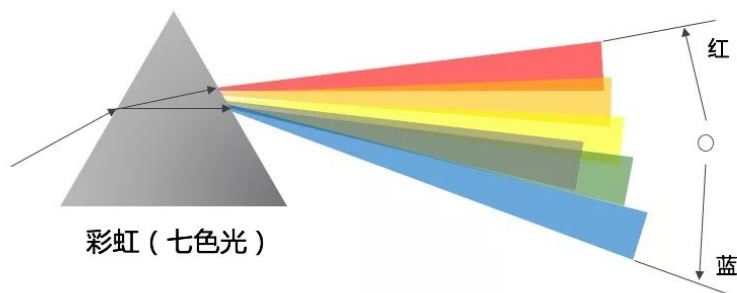
	<p><b>pa-IV-1</b> 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。 ——討論與傳達 (c)</p> <p><b>pc-IV-1</b> 能理解同學的探究過程和結果(或經簡化過的科學報告)，提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案。 科學態度與本質 (a) ——培養科學探究的興趣 (i)</p> <p><b>ai-IV-1</b> 動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。</p> <p><b>ai-IV-2</b> 透過與同儕的討論，分享科學發現的樂趣。</p>
教學資源	
手電筒、紅綠藍壓克力板、各色色卡(白紅綠藍黑)、含蓋紙箱、LED 紅綠藍三色光源組、白紙	<div> <div>wiki：白光色散</div>  </div> <div> <div>影片：螢幕顯示器</div>  </div>
探究活動	
<p><b>探究活動 A：光的色散</b> Q1 根據折射定律，我們可以知道紅色雷射光在經過三稜鏡時會因為介質變化而發生偏折；根據教師的影片演示，光源若替換白光時，除了發生偏折以外，還能看見七彩而分散的色光，試想這樣的現象，我們可以推得白光可能具有什麼性質？(Hint：光的可逆性)</p> <p><b>探究活動 B：物體呈現的顏色</b> Q2-1 請以手電筒將白光光源照射色卡，並觀察三張色紙所呈現的顏色；再以壓克力板作為不同色光的調節器，觀察三張色卡在三種光源下所呈現的結果；並以此結果試著以光的三原色歸納出物體所吸收與反射的色光為何？ Q2-2 請以手電筒將白光光源穿透壓克力後，觀察後方白紙所呈現的顏色；並以此結果試著以光的三原色歸納出光在穿過透明體後，所吸收與透射的色光為何？</p> <p><b>探究活動 C：植物生長與色光的關係</b> Q3 植物照射的光線會影響他們生長嗎？ 以色光與顏色的原理思考，外表呈現綠色的植物，為什麼會呈現綠色？這樣的原理是否會影響植物行光合作用？</p> <p><b>進階探究：</b> 此為留下一個議題讓學生自行挑戰，或是教師利用期末時間讓學生選作；不會在本堂課進</p>	

行操作。 (一) 光的三原色與顏料三原色 (選作) (二) 植物照射的色光與植物生長的關係 (選作)			
教學流程 (5E 教學階段／時間／溝通式教學策略對話類型)			
5E 教學階段 (時間)	教師教學活動 (△) 學生學習活動 (▲)		溝通式 教學策略 師生對話類型
	藍色底+  ：學習單 請觀課者特別留意 (☆)		理想      實際
E1 投入 (5 分鐘)	<p>△教師藉由彩虹的成因引起動機，並透過演示說明產生彩虹的條件須有小水滴，並帶領全班思考彩虹的形成與水滴有關，白光透過水滴能夠形成七彩的顏色；再以影片呈現白光經過三稜鏡會色散，讓學生進行探討。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>▲學生透過觀察演示，引發好奇並進行思考。</p>		A 互動、對話式
E2 探索： 小組式討論 (10 分鐘)	<p><u>真實情境之探究學習</u></p> <p>本單元的探究目的為光的色散與物體的成色原理。考量到在科學探究與實作課中，學生已具備觀察白光進入三稜鏡會產生色散的探索，因此在課堂中僅以多媒體材料喚起經驗，並注重於討論此現象與色光疊加的性質（白光為各種色光的混合光）。而在物體成色方面，則以投影機產生不同色光以觀察不同物體的成色效果，再讓學生回到小組進行討論。</p> <p>△教師連結學生舊知識（雷射光自空氣進入三稜鏡後會發生偏折），引起學生思考若是白光經過三稜鏡也會發生偏折；以 gif 動圖演示白光光波射向三稜鏡的動畫。教師提出問題。教師巡視小組討論，視</p>		A 互動、對話式

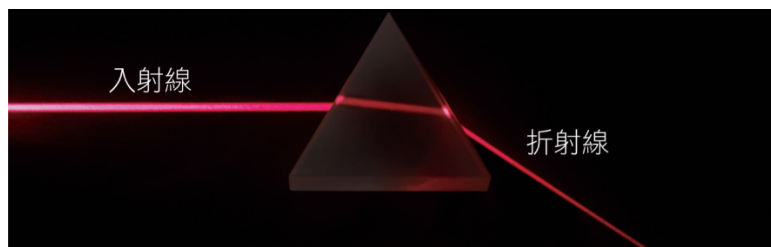


情況提供提示：可以從光的可逆性思考，若是由各種色光沿著原路設回原方向，則可混合成白光。

▲學生進行探究活動 A。以全班式討論思考單色光與白光經過三稜鏡的結果的差異，並思考與彩虹的關聯性。



註：引自 <https://www.ruten.com.tw/item/show?22017480556279>



■探究活動 A：(活動已在科學探究與實作課程進行，不重複操作)

Q1 根據折射定律，我們可以知道紅色雷射光在經過三稜鏡時會因為介質變化而發生偏折；根據教師的影片演示，光源若替換白光時，除了發生偏折以外，還能看見七彩而分散的色光，試想這樣的現象，我們可以推得白光可能具有什麼性質？(Hint：光的可逆性)

知識點：光的色散、白光為混合光(課本 p.161)。

E3 解釋：  
分享、表  
達、介紹  
(15 分  
鐘)

▲學生與全班分享討論結果。

△教師在學生分享之後，以學生們之解釋為基礎，介紹光的色散及牛頓的推論，說明白光為混合光。進一步以生物學的生理構造(視網膜上有視錐細胞與視桿細胞，其中視桿細胞用以感受光的強度，而視錐細胞則用以辨別顏色。貓狗動物然沒有人類豐富的顏色，但他們對光的感受度很敏銳，這有助於他們在夜間進行捕食或移動，是演化後的結果)，簡要說明產生人類視覺的三種錐狀細胞分別對紅、

A  
互  
動  
、  
對  
話  
式

綠、藍光感應做強烈，由此介紹光的三原色（紅、綠、藍）；並說明進入眼中的色光混合後，即為眼睛所判斷的顏色。教師可視情況補充其他動物的視覺或溝通方式，連結 3-4 超聲波等應用。

知識點：可見光譜、光的三原色（課本 p.161）。

△教師複習舊經驗（能看見物體是因為光線進到眼睛），並連結白光為混合光的性質；引導學生探討顏色與光的概念。

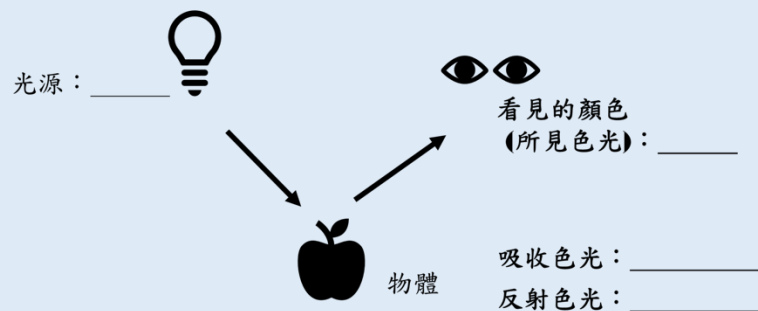
▲學生進行探究活動 B。

知識點：光與物體顏色（課本 p.162～164）。

**探究活動 B**（活動已在科學探究與實作課程進行，不重複操作）

（一）不透明體

Q2-1 請以手電筒將白光光源照射色卡，並觀察三張色紙所呈現的顏色；再以壓克力板作為不同色光的調節器，觀察三張色卡在三種光源下所呈現的結果；並以此結果試著以光的三原色歸納出物體所吸收與反射的色光為何？（例如：\_\_\_色卡在\_\_\_色光源呈現\_\_\_色，是因為\_\_\_色卡吸收了\_\_\_光、反射了\_\_\_光。）



白光光源 紙卡顏色	紅光光源	綠光光源	藍光光源
白色			
紅色			
綠色			
藍色			
黑色			

（二）透明體

Q2-2 請以手電筒將白光光源穿透壓克力後，觀察後方白紙所呈現的顏色；並以此結果試著以光的三原色歸納出光在穿過透明體後，所吸收與透射的色光為何？（例如：\_\_\_色壓克力板，在白色光源後

↓  
B  
互動、權威式  
↓  
D  
無互動、權威式

	<p>方呈現___色，是因為___色壓克力板吸收了___光、透射了___光。)</p> <div><p>光源：_____</p><p>壓克力板：_____ 白紙</p><p>看見的顏色 (所見色光)：_____</p></div> <table><tr><th>壓克力板</th><th>白光光源</th><th>紅光光源</th><th>綠光光源</th><th>藍光光源</th></tr><tr><td>紅色</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>綠色</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>藍色</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	壓克力板	白光光源	紅光光源	綠光光源	藍光光源	紅色					綠色					藍色						
壓克力板	白光光源	紅光光源	綠光光源	藍光光源																			
紅色																							
綠色																							
藍色																							
E4 精緻化 ( 10 分鐘 )	<p>△教師播放顯示器的影片，證明顯示器是由三原色光組成，並說明各種應用（手機螢幕、電腦螢幕、植物）。教師可以視情況進一步說明光線被吸收之後，轉成其他能量的形式，延伸至下一單元熱學。</p> <p><b>探究活動</b>：植物照射的光線會影響他們生長嗎？</p> <p>以色光與顏色的原理思考，外表呈現綠色的植物，為什麼會呈現綠色？這樣的原理是否會影響植物行光合作用？</p>	A 互動、對話式 ↓ B 互動、權威式																					
E5 評鑑 ( 10 分鐘 )	<p>▲學生與全班分享討論結果；完成反思單。</p> <p>△教師在學生分享之後，請同學們分別交換批閱，並至組間巡視確保每組理解正確。</p> <p><b>反思單</b></p> <p>1. 在今天的課程中學習到很多與顏色相關的知識，試著以今天所學的知識，介紹妳房間的光源，以及物品所呈現的顏色呢？試想看看如果今天要營造一個哈利波特密室的情境，妳會以什麼光源進行設計？</p> <p>2. 試想想看，西瓜攤販在販售切片西瓜時，根據色光與顏色的原</p>	A 互動、對話式 ↓ B																					

	<p>理，應以什麼光源照射讓西瓜看起來更紅潤呢？但實際上妳在水果行看到的光源通常是什麼光？試想想看為什麼？說明為什麼妳這麼判斷？</p> <p>△教師口頭說明進階探究： 請在完成反思單後，跟同學討論關於進階探究的主題。（每人於此學期應選擇 1~2 個進階探究於課餘時間完成探索與規劃，可尋找對於相同探究主題有興趣的夥伴，我們將於 11 月底進行迷你報告分享喔！約一張 A3 單面即可，包含探究主題、方法、探索步驟、結果呈現等）</p>	互動、權威式	
<p>進階探究：</p> <p>（一）光的三原色與顏料三原色（選作）</p> <p>（二）植物照射的色光與植物生長的關係（選作）</p>			
<p>△教師提供任務單說明情境，但不在課堂操作，將由學生保留探究機會，視情況安排於後續課程，提供學生選作發表。</p> <p>■進階探究：</p> <p>（一）光的三原色與顏料三原色（選作） 根據本單元所學習之色光原理，試想看看光的三原色跟美術課的顏料三原色有什麼差別呢？試查詢相關資料，並以實驗進行驗證。</p> <p>（二）植物照射的色光與植物生長的關係（選作） 根據物體所呈現顏色與吸收光的關係，我們知道綠色植物無法在特定光源下進行光合作用；試想看看如何提供植物最佳的環境，以助於植物生長？試查詢相關資料，並以實驗進行驗證。</p>			

## 二、實施前 DiISC 策略選用說明（實施後成果評分詳見第四章第四節）

DiISC 策略選用說明（實施前）						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
	2	3	2	2	1	1
探究	#1: 2 教案所傳授的知識比較單純，但其中的探究活動讓教案有較為發散性的活動。 #2: 3 教案當中有許多系統性的提問。#3: 2 學生以探究活動的內容為主要的依據。#4: 2 探究活動 B 確實有提供學生操縱實驗變因的機會。#5: 1 教案整體偏向驗證光線的特性與定性的描述。#6: 1 探討誤差的部分比較不是本章節的重點。					
	#7	#8	#9	#10	#11	
口說對話	3	3	2→3	3	1	
	#7: 3 及#8: 3，教師在本堂課中有提出一些問題讓學生討論與同儕對話，因此均為 3 分。#9: 2 覺得教案例子以外的知識延伸、推廣並沒有很多；若是加上生物學角度說明人眼構造造成光的三原色，並進一步以手機螢幕、顯示器說明，便可改善。#10: 3，在本堂課有介紹色散、可見光等科學詞彙；#11: 1 有提到牛頓的理論，但未談及太多					

關於實驗誤差或易出錯的概念，在高中階段才會說明光的本質，在國中階段不談。

### 三、5E 各階段探究活動實施狀況及策略調整

5E	探究活動	保留 O 調整 ⊙ 刪去 X	策略調整及實施狀況
E2	探究活動 A： 光的色散	O	為提示學生由光的可逆性思考，並對照圖片反推白光為混合光等性質。此為較為權威知識的概念，學生儘管在小組討論也難以呈現「多種聲音、多種想法」的對話，因此研究者將此討論收斂回全班式討論，且可以將時間更聚焦於後續重點討論。
E3	探究活動 B： 物體呈現的顏色	⊙	由於學生在另一門可已操作過不同色光照射色卡的活動，因此在理化課堂中便聚焦於原理討論，學生們在組內熱絡地參與討論，完成學習單。並且能夠應用於日常對話。
E4	探究活動 C： 植物生長與色光的 關係	⊙	研究者讓學生們去討論關於植物顏色及其行光合作用之所需光能，而學生也對此科學原理感到興趣，引起學習動機。

## 附錄四 教學反思日誌檢核表

《教師教學反思日誌檢核表》日期：			單元：			檢核／備註						
課 後 立 即 填 答	(一) 關於課程	1. 上課節奏與流暢性如何？										
		2. 學生進行討論的狀況如何？										
		3. 學生進行探究活動狀況如何？										
	(二) 關於學生	4. 口說對話表現最為熱烈的小組：										
		5. 口說對話表現最不佳的小組：										
		6. 探究實作表現最為精熟的小組：										
		7. 探究實作表現最為不佳的小組：										
	(三) 關於教師	8. 有哪個部分覺得做得很好？										
		9. 有哪個部分覺得有待改進？										
		10. 有注意什麼突發狀況？										
其他：												
調 閱 教 學 影 帶 及 小 組 錄 音 分 析	(四) 對話類型 A：互動、對話式 B：互動、權威式 C：無互動、對話式 D：無互動、權威式	對應教案，透過影帶及錄音觀察課室中的師生對話，並記錄於實體狀況各階段的對話類型。										
		5E	E1 投入		E2 探索		E3 解釋		E4 精緻化		E5 評鑑	
		預期	A		A		A ↓ B ↓ D		A ↓ B		A ↓ B	
		實際										
	(五) DiISC 自評 0／1／2／3	對應教案，透過影帶及錄音觀察課室中的教師在探究及口說對話量表中的策略實施程度，並記錄於 DiISC 紀錄表。										
		探究						口說對話				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(六) 整體評量		綜合上述，給予本堂課文字評價與自我反思，並提出改善精進之策略方法，撰寫與教學反思日誌中。										



## 附錄五 教學實踐分析與策略修正之會議大綱

《教學實踐分析與策略修正之會議》		討論日期：  上課日期：										
應提供協同研究者以下資料：  教學方案、影帶、錄音、部分逐字稿、對話類型檢核表、DiISC 評分檢核表。		參與討論人：  協同研究者										
一、本週課程師生對話類型與 DiISC 評分討論												
(一) 5E 探究歷程中的師生對話類型檢核表												
5E		E1 投入	E2 探索	E3 解釋	E4 精緻化	E5 評鑑						
理想		A	A	A→B→D		A→B	A→B					
實際	研究者											
	協同研究者											
(二) DiISC 評分檢核表得分（研究者與協同研究者各自獨立評分）												
量表		探究						口說對話				
項目編號		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
教案設計時（研究者）												
教學實施後（研究者）												
協同研究者												
二、教學方案調整												
(一) 修正本週教學方案												
(二) 檢視下週教學方案												

## 附錄六 單元後反思任務設計

為了幫助學習者反思學習歷程，及追蹤研究者發展科學探究式對話歷程及教學策略之改進，研究者在實施階段每單元結束後，引導學習者進行歷程性的整體反思。透過設計問題與活動，帶領學生以科學筆記本回顧單元學習狀況，並針對科學探究對話歷程進行檢視。每單元實施後，研究者發下黃色及藍色笑臉貼紙（張數不限），請學生檢閱自己的科學筆記本，將貼紙黏貼於該處，並依照任務進行文字說明。口頭任務說明如下：

請回顧科學筆記本。（1）將妳最投入的探究討論活動貼上黃色笑臉，簡易說明為什麼很喜歡這段討論。在這個討論中也許妳覺得妳很有成就感、貢獻了很多想法（覺得有挑戰性的）；又或是妳遇到挑戰，而讓妳覺得妳必須投入去解決困難；也許是在這個討論中，最能夠連結妳的日常經驗，激發了妳提出很多不同的想法？（2）將妳最無法投入的探究討論活動貼上藍色笑臉，簡易說明為什麼覺得很難投入。有沒有哪些是妳覺得比較不吸引妳？可以分享為什麼，以及妳有什麼建議？這可以幫助我們反思，也能夠幫助教師瞭解教學活動設計上可以做什么調整，妳們的回答並不會直接影響成績，而是為了讓我們或讓未來的學妹們在理化課有更好的學習，因此可以放心回答！

## 附錄七 進階探究學生作品例子

### (一) 單元 3-1 波動

主題：3-1 進階探究

方法：想像／將兩顆石頭同時落入平靜的湖面觀察


步驟：

- 一、準備兩顆石頭
- 二、找到有湖或水的場合（一定要處於平靜）
- 三、將兩顆石頭同時落入水面
- 四、觀察變化並記錄

結果與發現：

當兩顆石頭落入平靜的水面時，湖面會產生振動，並出現以落入點為中心的圓形波，逐漸向外擴展。

感想：我個人覺得這實驗結果會如同兩顆足球碰撞般的反彈，因為這兩波是向外擴展的，我想這跟下雨很像，會和其他圓形波碰撞，形成反彈，然後落下時會發出滴滴搭搭的雨聲，雨是介質，由此推論，石頭在此實驗也是介質。



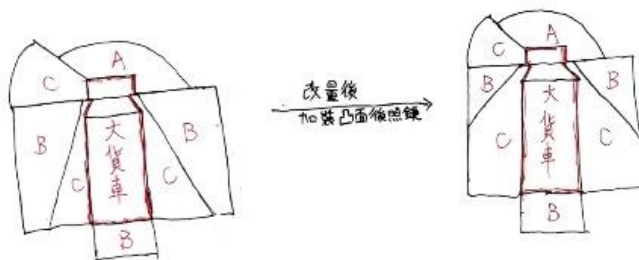
### (一) 單元 4-2 光的反射

#### 探究主題：4-2 (一) 如何減少駕駛的視線盲區

視線盲區一般分為三種：前盲區、後盲區、後照鏡盲區，這些盲區容易使駕駛員開車時發生交通事故，以下將討論造成視線盲區的原因。

1. 前盲區：造成因素，車的高度，座椅的高度，車頭的長度，駕駛人的身材等……如果沒有很好的控制前盲區的距離，很容易發生追尾事件。
2. 後盲區：指從後車門開始向外側展開有大約30度的區域在反光鏡的視察之外，如果後車的車頭在前車的後車門附近時，前車的反光鏡是看不到有車的，如果不注意的話，極易發生刮蹭事故。
3. 後視鏡盲區：後視鏡無法完全地收集到車身周圍的全部資訊，因為後照鏡面鏡過小，能夠照射的範圍，僅限於車輛後的空間，而車身大部份看不見的空間，便容易與其他車輛發生碰撞。

影響：於是相較於平面後照鏡，改變過後的凸面後照鏡，能夠縮小成像，擴大駕駛的視線範圍，減少車輛碰撞的發生。



- A：半盲區：僅能看到遠方的視野，無法看見車子前方事物
- B：全盲區：於此區域無法看見任何事物
- C：可見區：可透過後照鏡看清後方的事物