

國立臺灣師範大學理學院科學教育研究所

博士論文

Graduate Institute of Science Education

College of Science

National Taiwan Normal University

Doctoral Dissertation

提升高中聽覺障礙學生的科學素養之系列研究

Research on Improving the Scientific Literacy of High

School Students with Hearing Impairment

The logo of National Taiwan Normal University is a circular emblem with a stylized design. In the center, there is a vertical arrangement of Chinese characters. The text '林佳穎' (Lin Jia-Ying) is printed in a serif font across the middle of the emblem.

林佳穎

Lin, Jia-Ying

指導教授：邱美虹 博士

Advisor: Chiu, Mei-Hung, Ed.D.

中華民國 110 年 8 月

August 2021

中文摘要

本研究之目的為提升高中聽覺障礙學生的科學素養，從理解高中聽障生對科學家與科學之態度出發，進而發展出一系列提升高中聽障生科學探究能力、科學閱讀能力與科學知識之研究。首先，研究一使用「畫科學家測驗」以瞭解高中聽障生持有之科學家意象。並參考先前研究發展出「現代科學家檢核表」，並將 68 位高中聽障生的繪圖資料進行檢核與分析。研究結果顯示，學生持有之科學家特徵最多為整潔乾淨、男科學家、中年以上與有好奇心；學生持有之科學家類型以刻板印象為最多，並發現學生畫出無關科學家的比例偏高；此外也發現女學生持有較正面的科學家意象，男學生持有較負面的科學家意象，不同年級學生持有之科學家意象無顯著差異，並經由深度晤談發現學生對科學較不感興趣，也認為自己較不適合學習科學。

研究二以提升學生之科學探究能力為目的，指導 3 位高中聽障生參與科學展覽，以及發展出科學探究課程。本研究使用美國奧勒岡州教育部（ODE）提出之「科學探究活動評分表」分析學生之科展作品書，分析結果顯示學生之探究能力各項目分數皆高於 4 分，顯示出參與科學展覽可以培養學生之探究能力。本研究進一步分析學生實驗日誌與教師省思日記，發現有學生提及做實驗的過程很有趣，也有學生覺得自己更瞭解科學家的工作，未來可以多嘗試科學相關活動，顯示出參與科學展覽可以提升科學興趣、提升參與科學的自信心與對科學家持有正面態度。

研究三以提升學生科學閱讀能力為目的，將斷詞與科學語言遊戲教學融入細胞分裂課程中，研究對象為 7 位高中聽障生，使用細胞分裂文本斷詞測驗、細胞分裂閱讀理解測驗與細胞分裂概念理解測驗為工具，以測驗教學前後的學生學習成就表現。研究結果顯示學生的斷詞以及概念理解之前測與後測成績皆達到顯著差異（ $P<.05$ ），表示科學語言遊戲能有效提升學生的斷詞能力與科學概念理解。

研究四以提升學生科學知識為目的，研究者設計出擴增實境 DNA 課程，研究對象為 9 位高中聽障生，研究工具為 DNA 紙筆測驗和 DNA 繪圖測驗以及課程問卷。研究結果顯示，學生 DNA 紙筆測驗的前測與後測成績 ($P<.05$) 與 DNA 繪圖測驗前測與後測成績 ($P<.001$) 均具有顯著差異，表示擴增實境教學可以提升學生的 DNA 概念學習。從 DNA 繪圖分析可知，學生於教學後皆能畫出一種以上的 DNA 表徵模型，顯示出擴增實境能提升學生的模型表徵能力。本研究並發展出「DNA 心智模式評量表」，將 DNA 心智模式分為 0 至 6 等級，用以分析學生之 DNA 繪圖。分析結果顯示，教學後可以提升多數學生之心智模式層級，但學生持有之 DNA 心智模式仍未達到科學模式。

本研究進行四個研究，透過這些研究以理解聽障學生對科學家與科學之態度，並設計出能提升學生之科學探究能力、科學閱讀能力與科學知識之課程。期望本研究能提供科學教育研究者、特殊教育研究者與教學現場老師們從事研究與教學之參考，並能拋磚引玉，使得更多研究者或教師關注聽障生的科學教育。

關鍵字: 科學家意象、科學素養、科學探究、科學閱讀、擴增實境、聽覺障礙。

Abstract

The purpose of this research is to improve the scientific literacy of high school students with hearing impairment, and to develop a series of studies to understand the images of scientists held by students and improve students' scientific inquiry ability, scientific reading ability, and scientific knowledge.

The purpose of research 1 was to understand the images of scientists held by students with hearing impairment. Chambers developed the Draw-a-Scientist Test (DAST) in 1983, where students draw an image of a scientist on drawing paper for evaluation.

We used the DAST to understand the images of scientists held by students with hearing impairment. We developed the Modern DAST Checklist based on previous research and analyzed the data from drawings by 68 senior high school students from a local hearing-impaired school. The results revealed that the attributes perceived of scientists held by the students with hearing impairment included neatness or cleanliness, male sex, middle-age or older, and curiosity. Female scientist sex was positively correlated with more positive impressions, and male scientist sex was positively correlated with stereotypes of scientists. The students tended to have stereotypical images of scientists, and a high percentage of students drew pictures of unrelated scientists. In addition, we discovered that female students held more positive images of scientists, and male students held more negative images of scientists. We observed no significant differences in the images of scientists held by students in different grades. Through in-depth interviews, we learned that the students were uninterested in science and believed that they were not suitable for learning science.

The purpose of research 2 was to enhance students' scientific inquiry ability, and the subjects of the study were 3 high school students with hearing impairment. This study

used “Scientific Inquiry Test Scoring Guide” proposed by the Oregon Department of Education to analyze students’ science exhibition workbooks. The results revealed that participating in science exhibitions can cultivate students’ inquiry ability. We further analyzed the student experiment diary and the teacher’s reflection diary, and found that some students mentioned that the process of doing experiments was very interesting, and some students felt that they knew more about the work of scientists, and they could try more science-related activities in the future, showing that participating in science exhibitions can improve students’ interest in science, increase their confidence in participating in science, and have a positive attitude towards scientists.

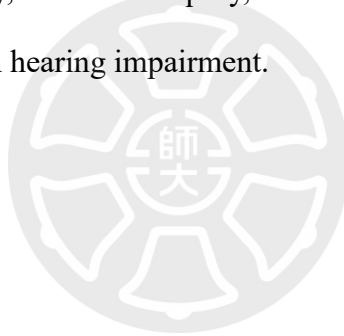
The purpose of research 3 was to use word segmentation and scientific language games to improve students’ understanding of the concept of cell division, and the subjects of the study were 7 high school students with hearing impairment. We used the text segmentation test of cell division, the cell division reading comprehension test, and the cell division concept comprehension test to measure students’ learning effectiveness. The results showed that students’ word segmentation scores and concept comprehension scores had a significant difference between the pre-test and post-test scores ($P < .05$), indicating that scientific language games can effectively improve students’ word segmentation ability and scientific concept understanding.

The purpose of research 3 was to use DNA augmented reality to improve the students’ concept of DNA, and the subjects of the study were 9 high school students with hearing impairment. The research tools are DNA paper-and-pencil test, DNA drawing test, and course questionnaire. The results showed that students’ DNA paper-and-pencil test scores and DNA drawing test scores had a significant difference between the pre-test and post-test scores ($P < .05$ and $P < .001$), indicating that augmented reality teaching can improve students’ DNA concept achievement. We also found that

students can draw more than one DNA representation model after teaching, showing that augmented reality can improve students' model representation ability. We developed the "DNA Mental Model Scale", and used this tool to analyze students' DNA drawings. The results showed that the mental model level of most students held can be improved after teaching, but the DNA mental model held by the students has not yet reached the scientific model.

This research conducted four studies to improve the scientific literacy of high school students with hearing impairment, and proposed follow-up research directions and practical applications as well as provided suggestions for future related activities.

Keywords: augmented reality, scientific inquiry, scientific literacy, scientific reading, scientist image, students with hearing impairment.



目次

中文摘要	i
Abstract	iii
目次	vi
表次	vii
圖次	viii
第壹章 緒論	1
第一節 背景與動機.....	1
第二節 目的與架構.....	8
第三節 名詞釋義.....	10
第四節 研究範圍與限制.....	13
第五節 研究之重要性.....	16
第貳章 文獻探討	17
第一節 身心障礙學生的科學教育政策.....	17
第二節 聽障學生的學習特質.....	19
第三節 聽障生學習科學之相關研究.....	24
第四節 科學素養.....	26
第五節 科學家意象與畫科學家測驗.....	30
第六節 科學探究.....	40
第七節 科學閱讀.....	54
第八節 擴增實境.....	63
第九節 心智模式與表徵.....	72
第十節 遺傳學相關教學研究.....	75
第參章 研究 1:探討高中聽覺障礙學生之科學家意象	77
第肆章 研究 2:探討透過參加科學展覽以提升聽覺障礙高中生的探究能力	109
第伍章 研究 3:探討透過斷詞與科學語言遊戲以增進高中聽覺障礙學生的細胞分裂概念理解	158
第陸章 研究 4:探討透過擴增實境教學以提升高中聽覺障礙學生的 DNA 概念理解	176
第柒章 總結	197
參考文獻	203
附錄 1	226
附錄 2	250
附錄 3	253
附錄 4	257

表次

表 2-6-1 探究要素整理表.....	42
表 2-6-2 科學探究活動之層次表.....	43
表 2-6-3 提升科學探究之重點比較表.....	43
表 2-6-4 教室探究之特徵層次表.....	44
表 2-6-5 教室探究活動設計之因素表.....	46
表 3-3-1 晤談學生基本資料.....	80
表 3-3-2 現代科學家檢核表.....	82
表 3-4-1 現代科學家意象檢核項目之統計表.....	87
表 3-4-2 男女之科學家檢核表分數分析表.....	92
表 3-4-3 各年級之科學家檢核表分數分析表.....	93
表 3-4-4 科學家意象與學習成就之關聯表.....	102
表 4-3-1 科學探究活動學生基本資料.....	112
表 4-3-2 美國奧勒岡州教育部之科學探究活動得分標準表(高中階段)-1.....	115
表 4-3-3 美國奧勒岡州教育部之科學探究活動得分標準表(高中階段)-2.....	117
表 4-3-4 教室探究活動之因素表.....	118
表 4-4-1 學生探究能力之綜合分析表.....	129
表 4-4-2 聽障生科學探究課程設計因素之分析表.....	149
表 5-3-1 語言遊戲教學之學生基本資料.....	161
表 5-3-2 文本斷詞的重點科學詞彙檢核表.....	162
表 5-4-1 學生細胞分裂文本之斷詞錯誤分析表.....	169
表 5-4-2 學生之細胞分裂成績總表.....	170
表 5-4-3 細胞分裂斷詞測驗前後測之分析.....	171
表 5-4-4 細胞分裂閱讀測驗前後測之分析.....	171
表 5-4-5 細胞分裂概念前後測之分析.....	172
表 6-3-1 擴增實境課程學生基本資料表.....	179
表 6-3-2 DNA 繪圖測驗之評分表.....	180
表 6-3-3 DNA 繪圖測驗之心智模式評量表.....	182
表 6-4-1 DNA 概念紙筆測驗前中後成績比較表.....	186
表 6-4-2 DNA 概念繪圖測驗前中後成績比較表.....	187
表 6-4-3 學生之 DNA 概念表徵分析表.....	188
表 6-4-4 學生之 DNA 心智模式層級表.....	191
表 6-4-5 擴增實境課程問卷前後測分數比較表.....	193

圖次

圖 1-2-1 研究架構圖.....	9
圖 2-6-1 探究活動的分類向度.....	46
圖 2-8-1 現實-虛擬連續系統概念.....	64
圖 2-8-2 擴增實境的發展歷史圖.....	65
圖 3-2-1 科學家意象研究流程圖.....	79
圖 3-4-1 刻板印象之科學家意象圖示.....	90
圖 3-4-2 正面印象之科學家意象圖示.....	90
圖 3-4-3 不具科學家概念圖示.....	90
圖 3-4-4 負面印象之科學家意象之圖示.....	90
圖 4-2-1 指導學生參與科學展覽之研究流程圖.....	111
圖 4-4-1 科展作品書研究動機圖例.....	122
圖 4-4-2 科展作品書研究目的圖例.....	122
圖 4-4-3 科展作品書之實驗四的圖例.....	123
圖 4-4-4 科展作品書之細菌培養步驟的圖例.....	124
圖 4-4-5 科展作品書之控制組的圖例.....	124
圖 4-4-6 科展作品書之菌落數計算的圖例.....	125
圖 4-4-7 科展作品書之耳模清潔的圖例.....	125
圖 4-4-8 科展作品書之缺少時間單位的圖例.....	126
圖 4-4-9 科展作品書之異常數據的圖例.....	127
圖 4-4-10 科展作品書之未來發展的圖例.....	128
圖 4-4-11 科展作品書之討論的圖例.....	128
圖 4-4-12 科展作品書之實驗二結果數據的圖例.....	128
圖 5-2-1 科學語言遊戲研究流程圖.....	160
圖 5-3-1 細胞分裂文本之正確斷詞結果.....	162
圖 5-3-2 斷詞練習之教學簡報範例.....	164
圖 5-3-3 常見斷詞錯誤之教學簡報範例.....	164
圖 5-3-4 命名之教學簡報範例.....	165
圖 5-3-5 取代之教學簡報範例.....	166
圖 5-3-6 打包之教學簡報範例.....	166
圖 5-3-7 拆解之教學簡報範例.....	167
圖 5-3-8 科學文本分析之教學簡報範例.....	167
圖 6-2-1 DNA 擴增實境研究流程圖.....	178
圖 6-4-1 學生之 DNA 心智模式演化歷程圖.....	192

第壹章 緒論

本研究為探討提升高中聽覺障礙學生的科學素養之研究。本章節分為五個部分，第一節為闡述本研究的背景與動機；第二節為引出研究目的與研究問題；第三節為名詞釋義，解釋本研究所使用之名詞；第四節為提出本研究的範圍與限制；第五節為提出本研究之重要性。

第一節 背景與動機

為關懷特殊族群之科學教育，並使特殊教育和普通教育接軌，教育部(2003)頒佈「科學教育白皮書」，提及應關懷特殊族群的科學教育，並給予身心障礙學生公平且適合其個別差異的科學教育機會；並於2008年頒佈「高級中等以下學校特殊教育課程發展共同原則及課程大綱」，提及應以普通教育課程為特殊教育學生設計課程之首要考量，並設計符合身心障礙學生特殊需求的補救或功能性課程。教育部於2018年頒佈「十二年國民基本教育-特殊教育課程實施規範」，此實施規範明定教師需瞭解身心障礙學生的個別需求和能力，並能依學生的需求和能力研發課程。從以上資料可知，近年來台灣的教育政策是期望能在教育現場提供特殊學生公平和適性的科學教育機會。

本研究希望能提供聽覺障礙學生一個公平和適性的教育機會，本研究所指之聽覺障礙學生是由於聽覺器官的構造缺損或功能異常，導致聽覺能力受到限制者。許多人都覺得聽覺障礙學生只是聽得較為不清楚，故認為聽覺障礙學生的學習能力和學習成就應該會與一般人相近，但許多國內外研究皆指出聽障生的學業能力明顯較一般人低落(林寶貴和黃玉枝, 1997; 盧台華, 1995; Cawthon, 2004; Kelly, 1995; Nunes & Moreno, 2002; Swanwick, Oddy, & Roper, 2005)。Qi 和 Mitchell (2012)回顧1974年至2003年間美國高中聽障生之學業能力相關研究，研究結果顯示高中聽障生的閱讀能力均低於4年級，數學解題能力約為6年級。近年來越來越多學者關注於聽障學生的科學學習和科學教育，也有許多學者提出聽障者

學習科學的教學建議，期望能提供聽障生友善的學習環境和公平的學習機會（Easterbrooks & Stephenson, 2006; Mangrubang, 2004; Moores, Jathro, & Creech, 2001; Qi, & Mitchell, 2012）。

研究者任職於北部某啟聰學校，教導聽障生自然科學之資歷為 16 年，研究者在教學現場發現多數聽障生對科學較不具興趣，也較少聽障學生選擇科學相關之大學科系就讀。國外研究也顯示聽障學生較少取得科學、科技、工程與數學（簡稱 STEM）相關的博士學位，在 1997 年至 2009 年間，每年僅有不超過 50 名聽障生獲得 STEM 博士學位，於 2010 年後開始有破百以上的聽障生獲得 STEM 博士學位（National Science Foundation, 2009; National Science Foundation, 2011; National Science Foundation, 2013），但與一般人相較之下獲得 STEM 博士學位的比例明顯偏低。Gormally 和 Marchut（2017）使用問卷調查 33 位聽障大學生的科學認同感，研究結果顯示聽障學生持有刻板科學家意象，覺得自己和科學較無關聯，並認為科學相關工作較少與人群接觸，因此較少選擇與科學相關之工作。多數的聽障生是智力正常，本研究認為聽障生應具備有學習科學之潛力，不應該剝奪聽障生學習科學的機會。本研究並發現先前研究較少從聽障生的角度去探討聽障生對科學或科學家的觀點看法。也較少研究討論何種教學法能有效提升聽障生的科學素養，故本研究認為首要任務應該是先瞭解聽障生對科學家和科學持有的態度，進一步讓學生持正確且真實之科學家意象，進而產生科學的認同感，接續才能對症下藥提出可能的教學法和教學建議，以提升學生的科學素養。

近年來台灣推行許多教育改革，教育部於 2018 年頒布「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」，提及現在生活中充斥著科技產品、各種資訊以及環境生態問題，所以國民應該具有科學素養以面對生活中與科學有關之問題。基於以上課綱內涵，研究者將研究目的定為提升聽聽覺障礙學生之科學素養。「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」認為科學素養的公民應具備科學的核心概念、探

究能力、科學態度以及對科學本質的認識。許多科學素養的研究皆提及科學素養應包括科學概念、科學活動的本質、以及科學在社會、文化中所扮演的角色這三大範疇（Bauer, 1992；Miller, 1998），但學校科學課堂中多注重於科學知識的傳遞，較少論及科學活動的本質以及科學在社會、文化中所扮演的角色（Cobern, 1996）。國家科學教育標準（National Science Education Standards, 1996）一書中分 K-4、5-8、9-12 三個年級階段，訂出一位具有科學素養的學生所應該具備的概念與能力，提及科學素養包括科學本質、科學事業及科學與社會、個人之間的關係。Miller（1998）提出三因素架構（three-constituent framework），認為科學素養包括科學知識、科學本質和科學與技術對社會的影響等三個部分。Norris 和 Phillips（2003）認為應回歸「素養」本身涵義來討論科學素養議題，提及素養包含了閱讀和書寫兩部分，有閱讀能力才能精確地學習科學，故科學閱讀不只傳播科學的工具，也是科學進行（doing science）過程中極為重要與必要的部分。國際學生能力評量計畫（Programme for International Student Assessment, PISA）也強調閱讀素養的重要性，認為提升閱讀能力可以增進學生的文本理解能力（Organization for Economic Co-operation and Development, OECD, 2016）。由以上文獻可知要提升學生之科學素養，應著重於教導學生科學知識、培養學生探究能力、提升學生對科學事業及科學與社會之認識，以及增進科學閱讀的能力。

聽障生因聽力受損而導致溝通能力和閱讀能力受限，多數聽覺障礙學生於高中畢業時之閱讀能力仍未超過國小三或四年級之程度（林寶貴、黃玉枝，1997；張蓓莉，1989；Holt, 1993; Kelly, 1995），故使用紙筆問卷或口語晤談皆不容易瞭解聽障生之科學態度、興趣和能力。Chambers 於 1983 年提出「畫科學家測驗」（Draw-a-Scientist-Test, DAST），畫科學家測驗是一項心理測驗工具，學生只需要於圖畫紙上繪製出一個人即可進行評估，受試者不具有書寫或語言能力也可以進行測驗。這研究工具廣受研究者之青睞，並廣泛運用於不同文化和不同年齡之研究對象（Emvalotis & Koutsianou, 2018; Finson, 2003; Fung, 2002; Subramaniam,

Esprivalo Harrell, & Wojnowski, 2013; Türkmen, 2008)。而學生畫出之科學家意象不只是從外界獲得科學家相關資訊，並且還融合了學生對科學家之主觀印象，所以科學家意象並非單純只是對科學家認知，研究者也可以透過學生持有之科學家意象以瞭解學生認為的科學樣貌、科學家行為與科學哲學信念(郭重吉和蔣佳玲，1995)，進而瞭解學生對科學之態度與興趣。本研究透過畫科學家測驗瞭解學生對科學家與對科學之態度，並歸納出高中聽障生對科學家的意象較不具概念，對科學較不感興趣，但有學生提及對科學實驗的印象較為深刻。為能達到提升科學素養之目的，以及補足第一個研究之不足，本研究基於第一個研究-「畫科學家測驗」之結果，接續進行了三個研究，期望能從教學上提升學生的科學知識、探究能力、對科學事業及科學與社會之認識與科學閱讀能力。

提升學生的探究能力一直都是科學教育的重點，許多研究皆指出科學探究是指當學生在從事科學探究活動時，展現出的各種處理問題與解決任務之能力(林小慧和吳心楷，2019；宋雅鈴，2009；高慧蓮，2005；蕭儒棠，2014；Lederman, 2001；Krajcik, Blumenfeld, Marx, Bass, Fredricks, & Soloway, 1998；Palincsar, Magnusson, & Vincent, 2002)。近年來越來越多政策將探究能力列為科學教育之重點，美國國家科學教育標準(National Science Education Standards, NSES)定義之探究活動包含觀察、提出問題、檢視資料、計畫科學調查和藉由實驗證據來驗證已知的資訊，且能使用工具整合、分析與解釋數據進而提出答案、解釋和做出預測，並能與他人溝通實驗之結果(National Research Council, NRC, 1996)。美國奧勒岡州教育部門(Oregon Department of Education, ODE)於2002年提出針對科學探究能力評分指標(Scientific Inquiry Test Scoring Guide)，將科學探究過程分為「形成問題或假說」、「設計研究」、「蒐集和呈現數據」、「分析和解釋結果」等四個向度(Oregon Department of Education, 2002)。美國國家研究委員會(NRC)於2011年提出「新一代的課程標準(Next Generation Science Standards, NGSS)」，其中「科學探究活動」之進行包含以下部分：1.提出疑問；2.發展與使用模型；3.

計畫並執行研究；4.分析與詮釋數據；5.運用數學及計算思維；6.建立解釋；7.從證據中形成論述；8.蒐集、評價和溝通資訊（NGSS Lead States, 2013）。教育部於2018年實施「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」，於高中階段增列「探究與實作課程」為必修課程，該課程目標為指導學生進行科學探究。「探究學習內容」著重於科學探究歷程，可分為「發現問題」、「規劃與研究」、「論證與建模」和「表達與分享」四個面向。由以上政策可知推動科學探究主要因素可分為問題與假設、設計研究、蒐集和呈現資料、分析和解釋結果、討論與分享和發展與使用模型等六種，而提升學生科學探究能力的一個有效方法即為參加科學展覽。研究指出參與科學展覽可以讓學生經歷「做科學」(doing science)的過程，並能親身體驗科學家的工作，進而從中習得問題解決方法與科學探究技能（鐘建坪和邱美虹，2014；McComas, 2011）。參加科學展覽除可以提升探究能力以外，也可以提升學生之表徵能力、創造力、動機和對科學本質之瞭解（牛其源，2019；李坤，2020；彭天音，2010；蕭佳純，2014；嚴婉尹，2008）。故本研究期望透過指導學生參與科學展覽，以提升聽障學生之科學探究能力與對科學的態度。

傳統的科學素養內涵中較少提及科學閱讀之重要性，教師在教學上也容易忽略科學文本的表徵意涵，使得學生容易產生閱讀上的困難（Norris & Phillips, 2003）。近年來科學教育開始重視科學文本理解，閱讀科學文本也逐漸成為重要的科學素養（Pearson, Moje, & Greenleaf, 2010）。但是科學文本為了表達科學專有知識或理論，文本內容常會出現不同於日常生活的語言或詞彙，使得閱讀科學文本變成困難的解謎活動（陳世文和楊文金，2006）。對閱讀能力未超過國小三與四年級的程度之高中聽障而言，閱讀科學文本必然是一件困難的事情。洪蘭、曾志朗和張稚美（1993）認為閱讀障礙最大的困難點在於缺乏一般詞彙，造成閱讀障礙的主要原因可能在於「斷詞」的困難，而非早期的西方學者認為閱讀中文的難處在於中文字結構較為複雜。在中文系統中的「字」是一個無意義的單位，

在閱讀時要先將可形成詞彙意義的字元切割，接著將「字」置於有意義的「詞」單位中，才能在認知歷程中產生意義的聯結，進行有效的識字歷程，這即是形成詞彙的第一步-「斷詞」(楊憲明，1998；廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧鈺，2012)。近年來國內有研究直接使用斷詞測驗做為研究工具，探討斷詞與閱讀之間的關係(陳雅玲，2010；黃忻怡，2011；廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧鈺，2012)，這些研究皆顯示斷詞能力與閱讀能力具有正相關性。林文杰(2007)發展了將「命名」、「取代」、「打包」、「拆解」四種科學語言遊戲融入物理教學的策略，研究結果顯示可以增進學生理解文本的語意理解及語法應用之能力。廖哲政(2009)研究指出使用科學語言遊戲教學可以破除學生溶解迷思概念，其中科學語言遊戲包含命名、打包和拆解三部分。基於以上研究，本研究認為斷詞與科學語言遊戲應是可以提升聽障生科學閱讀理解之有效方法。

善用科技可以創造較無障礙的學習環境，以及提供符合學生個別需求的教學內容，已有許多研究指出科技融入教學可提升聽障生學習科學之成就(邱淑明，2004；黃玉枝，2016；Barman & Stockton, 2002; Roald, 2002)，因此本研究認為應該可以使用新興科技協助聽覺障礙學生之科學學習，以增進學生的科學知識。2010 年與 2012 年「地平線報告(The Horizon Report)」指出擴增實境能提供深度學習、互動學習、探究學習、情境學習，以及能呈現過大、過小或難以操作的物件，故認為擴增實境在教育領域是極具潛力的(Johnson, Adams, Cummins, Estrada, Freeman, & Ludgate, 2012; Johnson, Levine, Smith, & Stone, 2010)。教育部 2016 年公布「2016-2020 資訊教育總藍圖」，指出應培養學生能有效使用資訊科技熟悉所學習的內容，促進學生的深度學習能力的培養，並結合創新科技提供學習者多元探索與實作空間。教育部於 2018 年公告之「十二年國民基本教育課程-自然科學領域綱要」之課程目標也提及，奠定持續學習科學與運用科技的基礎之重要性，認為應該培養學生運用科技學習與解決問題的習慣，為其適應科技時代生活來奠定良好基礎。本研究使用之「擴增實境」即是一種創新科技，「擴

增實境」一詞是 Azuma 於 1997 年所提出，他將擴增實境定義為一種科技，可以將 3D 虛擬物件整合於真實的情境，且具有「結合虛擬與真實世界」、「即時互動」與「運作於 3D 環境中」這三種特色。許多科學教學研究皆將擴增實境融入教學，研究結果也顯示能提升學生學習成就與動機（Chang, Chung, & Huang, 2016; Gardner & Olson, 2016; Hwang, Wu, Chen, & Tu, 2016; Vega Garzón, Magrini, & Galembeck, 2017）。近年來開始有研究使用擴增實境來教導特殊學生學習科學，透過科技提升特殊學生之科學學習成效（McMahon, Cihak, Gibbons, Fussell, & Mathison, 2013; McMahon, Cihak, Wright & Bell, 2016）。由以上文獻可知擴增實境是一個極具潛力之新興科技，除了適合使用在科學教學中，也可以使用於特殊學生的科學教學中。故本研究使用擴增實境融入教學中，期望能提升聽障學生之科學學習成效。

基於以上文獻，本研究以提升聽障生科學素養為研究目的，首先使用「畫科學家測驗」瞭解聽障生所持有之科學家意象，接續透過參與科學展覽以期培養學生之探究能力，以及使用斷詞測驗與科學語言遊戲以期增進學生科學閱讀能力，最後透過擴增實境教學以期增進學生的 DNA 概念。

第二節 目的與架構

一、論文目的

根據文獻回顧結果及研究者目前在特教教學現場所面臨的問題，本研究期望能透過一系列的研究，以提升學生之科學素養。本研究進行了四個研究，從瞭解學生之科學家意象之研究開始，接續引導出提升科學探究能力、增進科學閱讀能力與提升科學知識等三個研究。第一個研究題目為「探討高中聽覺障礙學生之科學家意象」，期望透過畫科學家測驗瞭解聽障生持有之科學家意象；第二個研究題目為「探討透過參加科學展覽以提升高中聽障生的探究能力」，期望透過參與科學展覽培養學生之科學探究能力。第三個研究題目為「探討透過斷詞與科學語言遊戲以增進高中聽覺障礙學生的細胞分裂概念理解」，期望透過斷詞與科學語言遊戲增進學生科學閱讀與概念理解能力。第四個研究題目為「探討透過擴增實境教學以提升高中聽覺障礙學生的 DNA 概念理解」，期望透過擴增實境教學增進聽障學生的 DNA 概念理解。

二、研究架構

本研究首先進行第一個研究，透過畫科學家測驗以瞭解聽障學生之科學家意象、對科學態度與對科學興趣。並基於第一個研究結果進行接續的三個研究，包含透過參加科學展覽以提升聽覺障礙高中生的探究能力與對科學的態度；透過斷詞與科學語言遊戲以增進高中聽覺障礙學生的細胞分裂概念理解、閱讀能力與斷詞能力；透過擴增實境教學以提升高中聽覺障礙學生的 DNA 概念理解、模型表徵能力與心智模式。本研究共進行四個研究，詳如研究架構圖。

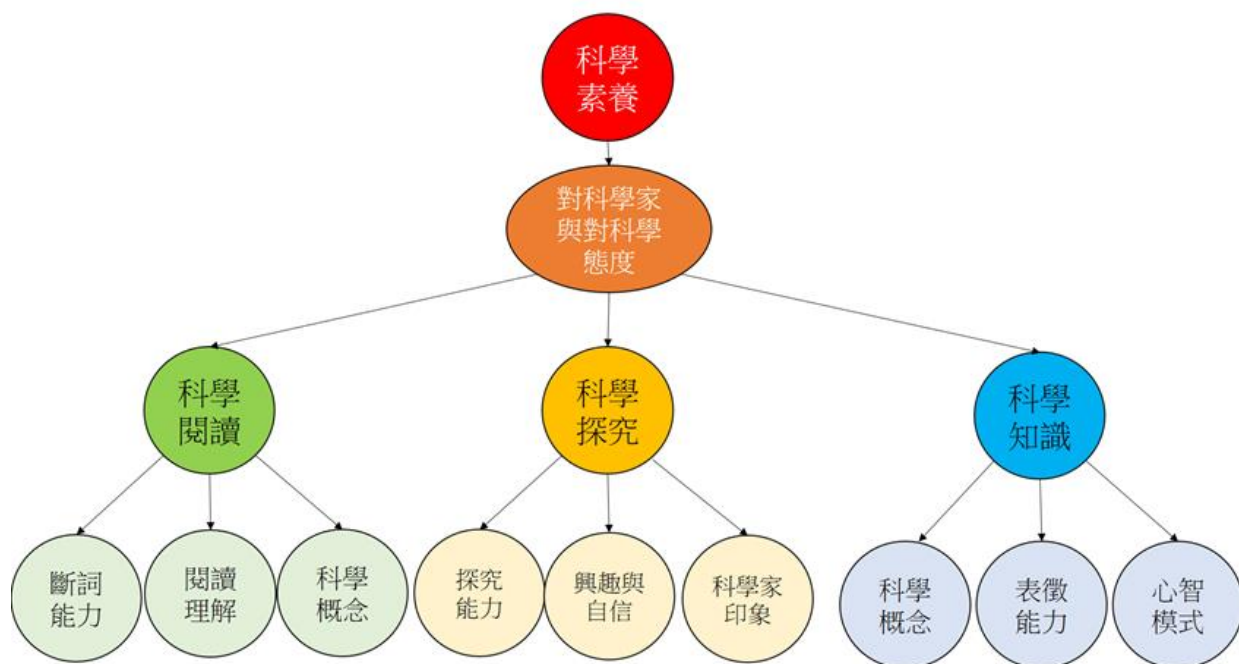


圖 1-2-1 研究架構圖

第三節 名詞釋義

本研究探討之問題涉及使用科學教育與特殊教育的術語與名詞，本節將解釋這些重要名詞的定義。

一、 高中聽覺障礙學生（**High School Students with Hearing Impairment**）

本研究定義之聽覺障礙是指由於聽覺器官之構造缺損或功能異常，致以聽覺參與活動之能力受到限制者，其優耳聽力大於25分貝，難以察覺低於25分貝之聲響。聽覺障礙學生因聽力受損，語言表達與閱讀理解的困難，本研究之研究對象為北部某啟聰學校之高中聽障學生，學生多為重度與極重度聽覺障礙，該校學生常用的溝通方式為雙語方式-同時使用口語與手語溝通。

二、 科學素養（**Scientific Literacy**）

教育部於2018年頒布「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」，提及科學素養的公民應具備科學的核心概念、探究能力、科學態度以及對科學本質的認識。國家科學教育標準（1996）提及科學素養包括科學事業及科學與社會、個人之間的關係。Norris和Phillips（2003）認為應回歸「素養」本身涵義來討論科學素養議題，有閱讀能力才能精確地學習科學，故科學閱讀不只傳播科學的工具，也是科學進行過程中極為重要與必要的部分。由以上文獻，本研究之科學素養包含對科學事業及科學與社會之認識、科學探究能力、瞭解科學的核心概念以及具有科學閱讀的能力。

三、 畫科學家測驗 (Draw-a-Scientist-Test, DAST)

本研究採用Chambers (1983) 研發的畫科學家測驗 (Draw-a-Scientist-Test, DAST)，畫科學家測驗是一種心理測驗工具，受試者不需要書面回答問題，只需要於圖畫紙上繪製出一個人，因此可以廣泛的使用在受試者身上，特別是聽障學生也非常合適使用。

四、 畫科學家測驗檢核表 (Draw-a-Scientist-Test Checklist, DAST-C)

Finson、Beaver與Cramond (1995) 研發出畫科學家檢核表 (Draw-a-Scientist-Test Checklist, DAST-C)，將學生可能持有之科學家形象特徵進行檢核與分類。本研究參考Finson、Beaver與Cramond (1995)、Subramaniam、Esprívalo Harrell與Wojnowski (2013) 以及Ferguson與Lezotte (2020) 之研究，提出現代科學家類型檢核表，以此檢核表檢核聽障生之科學家意象。

五、 科學探究能力 (Science inquiry ability)

科學探究能力是在進行科學探究活動，學生面臨問題與任務所展現的各種能力 (Krajcik et al., 1998; NRC, 1996; 2000)。本研究採用之科學探究能力包含「形成問題或假說」、「設計研究」、「蒐集和呈現數據」、「分析和解釋結果」等四個向度。

六、 斷詞 (Chinese word segmenting)

在中文系統中的每個字元間的空格是一致的，故在閱讀必須要先將可形成詞彙意義的字元切割，接著將「字」置於有意義的「詞」單位中，才能在認知歷程中產生意義的聯結，進行有效的識字歷程，「斷詞」即是形成詞彙的第一步，故

本研究採用透過斷詞測驗以瞭解學生閱讀困難之處。

七、 科學語言遊戲 (Scientific Language)

本研究採用林文杰(2007)發展之「科學語言遊戲教學」策略，「命名」是指在生活中或課文中出現的某些情況可以用一個名詞組代表；「取代」是指在生活中或課文中出現的一個詞，都可以用不一樣的詞改寫成意思相同的另一句；「打包」是指在生活中或課文中出現的兩個句子，都可以改寫成意思相同的一句；「拆解」是指在生活中或課文中出現的一個句子，都可以改寫成意思相同的兩句。

八、 擴增實境 (Augmented Reality, AR)

Azuma於1997年提出擴增實境概念，認為此科技可以將3D虛擬物件整合於真實的情境，且具有「結合虛擬與真實世界」、「即時互動」與「運作於3D環境中」這三種特色。

九、 心智模式 (Mental Model)

本研究定義之心智模式是指人們對外界事物與狀態的抽象表徵，心智模式也會影響人們對語言的理解，人們會透過內在建構的心智模式來瞭解世界，反之也可以透過感官、想像或類比而再次建構出新的心智模式 (Johnson-Laird, 1983,1999)。

第四節 研究範圍與限制

一、研究範圍

本研究之研究對象為北部某啟聰學校之高中聽障學生，第一個研究之研究對象為 102 學年度高中部一、二、三年級 68 位學生，使用「畫科學家測驗」蒐集學生之科學家意象畫作，並以用「現代科學家檢核表」將高中聽障生的繪圖資料進行檢核與分析，並透過深度晤談以瞭解學生持有之科學家意象以及對科學的態度。

第二個研究之研究對象為 103 學年度高中部一年級 3 位學生，透過指導學生參與科學展覽的過程以瞭解學生之探究能力發展。研究使用「教室探究活動設計之因素表」分析探究課程之特徵，使用美國奧勒岡州教育部（ODE）提出之「科學探究活動評分表」分析學生之科展作品書，以及分析學生實驗日誌與教師省思日記以瞭解學生對科學的態度。

第三個研究之分為兩部分，初步斷詞測驗之研究對象為 105 學年度高中部二、三年級 35 位學生，後續進行「斷詞與科學語言遊戲課程」之研究對象為 105 學年度高中部三年級 7 位學生，並使用「細胞分裂文本斷詞測驗」、「細胞分裂閱讀理解測驗」與「細胞分裂概念理解測驗」為工具，以測驗教學前後的學生學習成就表現。

第四個研究之研究對象為 105 學年度高中部三年 9 位學生，設計出 DNA 擴增實境課程，使用 DNA 紙筆測驗和 DNA 繪圖測驗瞭解學生之 DNA 學習成效與模型表徵能力；並使用「DNA 心智模式評量表」瞭解學生之心智模式層級與心智模式演變歷程；以及使用課程問卷瞭解學生對 DNA 擴增實境課程之態度與想法。

二、研究限制

本研究將從研究對象、研究主題與研究方法等三個面向討論本研究之研究限制。

（一）研究對象的限制

由於本研究是針對台北某啟聰學校之高中學生持進行研究，因聽障生樣本數稀少，不易取得大樣本資料，此為本研究主要之限制。又因為對象限為某啟聰學校高中學生，此校之學生具有同時使用手語與口語溝通之特質，故也不宜過度推論至一般學校之聽障學生。因此，本研究所得之研究結果在推論上宜多加注意，不宜過度推論。

（二）研究主題的限制

本研究所指之科學素養限於「對科學事業及科學與社會之認識」、「科學知識」、「科學探究能力」與「科學閱讀的能力」四部分，因科學素養包含面向眾多，故不宜過度推論研究結果。本研究採用科學探究能力限於「形成問題或假說」、「設計研究」、「蒐集和呈現數據」和「分析和解釋結果」四部分，因科學探究能力之研究眾多，各家提出之理論也不盡相同，故研究結果在推論上宜多加注意。本研究使用之採用科學閱讀能力限於「斷詞能力」與「閱讀理解能力」，因閱讀理解之研究眾多，各家提出之理論也不盡相同，故研究結果不宜過度推論。

（三）研究方法的限制

因聽障生之閱讀與溝通能力受限，故不易透過標準化的紙筆測驗以理解聽障學生之學習表現與學習態度，因此本研究測驗工具多為自編，為研究方法限制之一。本研究雖使用多種工具，如自編紙筆測驗（DNA 紙筆測驗、細胞分裂文本斷詞測驗、細胞分裂閱讀理解測驗與細胞分裂概念理解測驗）、繪圖測驗（畫科

學家測驗與 DNA 繪圖測驗)、深度晤談、實驗日誌、教師省思日誌、檢核表(現代科學家檢核表、教室探究活動設計之因素表、美國奧勒岡州教育部之科學探究活動評分表與 DNA 心智模式評量表),但因時間之限制,於單一個研究中,僅能使用部分工具,不易從多面向去蒐集質與量之資料,為研究方法限制之二。且因本研究實施時期為 102 學年度至 105 學年度,近年來教育界推動許多改革,研究結果不宜過度推論至今日,為研究方法限制之三。因此,本研究所得之研究結果在推論上宜多加注意,不宜過度推論。



第五節 研究之重要性

近年來台灣許多教育政策皆提及，應於教學現場提供特殊學生公平且適性的科學教育機會(教育部，2003、2008 與 2018)，本研究以提升聽障生為研究對象，因應聽障生的需求設計三個課程，以提供聽障生公平且適性的科學教育機會，此為本研究重要性之一。本研究之主題全面，為能有效提升聽障生之科學素養，從科學家意象、探究能力、閱讀能力與科學知識四方面進行研究，並採用多種測驗工具以全面瞭解學生之學習成就、學習興趣與學習態度，此為本研究重要性之二。本研究為長期且系統化的研究，此一系列之研究從 102 學年度進行至 105 學年度，每一個研究結果會引導下一研究之進行，並滾動式修正研究之目的與方法，此為本研究重要性之三。最後，本研究能有效提升學生之科學素養，本研究透過參與科學展覽提升聽障學生之探究能力，透過斷詞與科學語言遊戲提升細胞分裂文本閱讀能力，透過 DNA 擴增實境教學提升學生之 DNA 科學知識，本研究設計之課程、研究工具與研究結果，可提供未來研究者與教師參考用，此為本研究重要性之四。

第貳章 文獻探討

本章為文獻討論，從身心障礙學生的科學教育政策、聽障學生的學習特質、聽障生學習科學之相關研究、科學素養、科學家意象與畫科學家測驗、科學探究、科學閱讀、擴增實境科技促進科學概念理解、心智模式與表徵與遺傳學相關研究等十個方面進行文獻整理與討論。

第一節 身心障礙學生的科學教育政策

教育部（2003）頒佈「科學教育白皮書」，強調培養全民的科學素養，發展每個人的「創新、創造能力」與「關心、關懷態度」。科學教育政策推展包括：「科學課程、教學與評量」、「科學教育師資培育」、「大眾科學教育之推動」、「科學教育中之人文關懷」等內容，其中在「人文關懷」則提及要關懷特殊族群的科學教育。給予學習低成就、身心障礙、原住民、社會條件不利者、女性、及資優學生等與一般學生均等且適合其個別差異的科學教育機會。為因應特殊教育與普通教育接軌之融合趨勢，教育部於 2007 年開始修訂特殊教育課程大綱，於隔年 2008 年頒佈「高級中等以下學校特殊教育課程發展共同原則及課程大綱」，其理念包含以普通教育課程為特殊教育學生設計課程之首要考量，設計符合身心障礙學生特殊需求的補救或功能性課程，讓每位特殊需求學生均有充分參與普通教育課程機會，使得特殊教育課程朝向與中小學普通教育課程接軌之方向進行。教育部（2015）頒佈「十二年國民基本教育實施計畫」，本課綱以「自發」、「互動」及「共好」為理念，以「成就每一個孩子—適性揚才、終身學習」為願景，兼顧個別特殊需求、尊重多元文化與族群差異、關懷弱勢群體。在特殊教育部分，教育部（2018）年頒佈「十二年國民基本教育-特殊教育課程實施規範」，其基本理念提及需因應學生之需求，由學生的日常生活經驗出發，以設計符合身心障礙學

生學習之課程。此實施規範明定教師需要瞭解身心障礙學生之個別需求和能力，並依學生之需求和能力研發課程。由以上法規可知，臺灣之身心障礙的科學教育政策是讓每位特殊需求學生皆可充分參與科學課程，並且能依照學生個別需求，設計出符合身心障礙學生學習之科學課程。



第二節 聽障學生的學習特質

一、聽覺障礙學生定義與特質

教育部（2014）頒佈之「身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法」，定義聽覺障礙是指因聽覺器官的構造缺損或功能異常，導致聽覺參與活動之能力受到限制者，其優耳聽力大於 25 分貝，且難以察覺低於 25 分貝之聲響。許多人會誤以為聽力受損就如同近視一般，配戴助聽器即可恢復成一般人的聽力，但其實這是一種誤解，因為助聽器並不能完全修復聽障者的聽力，聽障者所聽見之聲音依舊是有缺陷的，就如同文字亂碼一樣，故聽障者仍需在腦中進行解碼工作，才能大略知道所聽到語言之意義。此外聽障生噪音的容忍度比一般人差，因為助聽器會將所有的聲音放大，所以更容易受噪音干擾，因此不論居家、上課、就業都應考慮到環境噪音的問題。聽覺障礙學生因聽力受損，聽覺經驗的限制導致訊息理解的障礙，而聽覺回饋的不足加深語言表達的困難。在閱讀理解方面，聽障學生較難念出正確字音、字詞或字序，語文能力以字形義辨別能力較好，閱讀理解較差；在語言溝通方面常有音質、音調、構音等問題，對於語音、語法、語序、複雜句、抽象概念、助詞等的學習較為困難。聽障學生常用的溝通方式可分為手語、口語及綜合溝通法（王文科、李乙明、謝建全、洪榮照、杞昭安和林玉霞等人，2015）。

二、聽覺障礙學生的學科能力

聽障學生之學科能力研究多為與閱讀能力和數學能力相關。國內外許多研究皆顯示聽覺障礙學生之閱讀能力明顯比同儕低落，多數聽覺障礙學生於高中畢業時的閱讀能力仍未超過國小三與四年級之程度（張蓓莉，1989；林寶貴、黃玉枝，1997；Holt, 1993; Kelly, 1995）。Luetke-Stalhaman和Nielson（2003）研究指出美國經過30年之教育改革，但聽障生的閱讀能力依舊難以超過國小三年級及四年級之程度。國內外聽障教育學者認為，聽障學生閱讀能力低落的主要原因是語言能力

較為薄弱（林寶貴，2006；張蓓莉，1987；陳小娟，1999；Marschark & Hauser, 2012; Paul, 2001）。學習閱讀的歷程是先會聽與說，再發展讀與寫的能力，所以要學會閱讀，必須要先具備語言概念（Chamberlain & Mayberry, 2000）。聽力正常的學生於日常生活中能與大人順暢地互動與對話，進而發展出溝通、語言與認知的能力，這些能力即是閱讀的基礎，而當閱讀能力發展出來後，又回饋促進學生的溝通、語言與認知的發展，所以閱讀與書寫的能力與溝通、語言與認知是相互回饋與影響的循環過程（陳小娟和邢敏華譯，2007）。Paul（2001）也提出，聽障生的閱讀能力呈現出高原現象，閱讀能力會侷限於三、四年級之程度，此種高原現象可能是因為三年級之閱讀，需要更複雜的語言、認知與推理能力。國內外學者也指出，聽障學生因聽覺受損，使得聽障學生的聽覺回饋和語言經驗接較為低落，即使能依靠視覺吸收管道來學習，口語發展仍較一般學生落後（林寶貴，2006；張蓓莉，1987；陳小娟，1999；Jutras & Gagné, 1999）。聽障學生較無法在自然的對話情境中發展出口語溝通和語言能力，因此常常需要透過學校的溝通課程培養口語溝通及語言能力，因此其閱讀能力會較聽力正常學生為低落（陳小娟和邢敏華譯，2007）。Marschark和Hauser（2012）研究也指出因為聽障學生缺發閱讀時所需的溝通、語言與認知能力，因此如果要促進聽障學生的閱讀能力，首先要從改善溝通、語言與認知能力做起。莊梅君和劉秀丹（2014）研究提出提升聽障學生的閱讀能力之建議，認為要先改善聽障學生之語言能力，促進聽障生的認知與思考技巧，以及提供聽障學生大量閱讀的機會，使其在閱讀中感覺到樂趣，進而培養聽障生成為積極與主動的閱讀者。

國內外研究許多也顯示聽障學生之數學能力低於同儕（盧台華，1995; Cawthon, 2004; Kelly & Mousley, 2001; Nunes & Moreno, 2002; Swanwick, Oddy, & Roper, 2005）。張蓓莉（2006）研究指出聽障生的數學成就明顯低於同儕，約落後1.5年至4年。林寶貴和錡寶香（1991）研究顯示聽障學生之數學能力雖然隨著年級進步，但高三聽障生之數學能力仍低於國小五年級的程度。Swanwick、Oddy

和Roper（2005）分析1980年至2000年間聽障生數學能力之相關研究，研究結果顯示聽障生的數學能力約落後同儕2至3.5個年級。Qi和Mitchell（2012）分析1974年至2003年間關於美國聽障學生的「史丹佛成績測驗」(Stanford Achievement Test, SAT10)之相關文獻，研究結果顯示1974年至2003年間高中畢業的聽障生之閱讀能力均低於4年級程度，數學解題能力約為6年級程度，數學計算能力可達7.5年級程度，顯示出聽障生的數學能力表現較閱讀能力好。

關於聽障生科學能力表現的研究較為稀少，有些小樣本研究或是單一學校之研究，這些研究結果也顯示聽障生之科學學業能力是低於同儕平均值（Qi & Mitchell, 2012; Vosganoff, Paatsch, & Toe, 2011）。因為聽障生之閱讀能力較為低落，因而有些研究著重於探討聽障生的閱讀能力和科學學習成就之關聯性，這些研究指出閱讀科學文本對聽障生而言是極具挑戰性，且閱讀能力、書寫能力和科學能力之間具有相關性（Marschark, Sapere, Convertino, Mayer, Wauters, & Sarchet, 2009; Vosganoff, Paatsch, & Toe, 2011）。Marschark 等人（2009）研究不同科學文本的呈現方式對聽障大學生與一般大學生學習科學概念的影響，研究結果顯示聽障生無論從書本文字或從手語影片中學習到的科學知識都較一般學生少，儘管這些聽障大學生認為他們瞭解手語勝於文字，但研究結果顯示聽障生對手語之理解比他們認為的更少，聽障生對文字之理解反而比較好，因此推論聽障生在閱讀理解上所面臨之挑戰可能比先前研究假設更加複雜。

三、啟聰學校學生之學習特質

本研究之研究對象為北部某啟聰學校學生，該校於民國 6 年建校，曾 5 度遷校，迄今已有 103 年歷史，該校設立目的是為培植聽覺障礙學生，是歷史悠久的一所特殊學校。該校學生的來源主要為北部 0 至 18 歲之聽障學生，校內 7 成以上的學生為重度聽覺障礙，校內師生溝通多使用雙語方式-手語與口語並用。因學生之聽力受限，導致閱讀能力較為低落，使得該校學生多處於文化不利的弱勢

狀態，且部分學生之家庭經濟較為弱勢，家長較為忙於生計，較難提供孩子多元之學習機會。該校課程內容依照教育部「十二年國民基本教育課程綱要」實施，並安排溝通訓練課，以加強學生語文溝通能力，提升社會適應力。該校之教科書是選用部頒審定本，並鼓勵教師因應學生之個別差異自編教材，教學也會依學生程度差異進行協同或分組教學。

四、手語使用者之特質

近年有研究指出使用手語者的理解監控能力和工作記憶能力與口語溝通者有差異，因此可能會造成聽障生在學習上較具有困難。在理解監控方面，有研究指出聽障大學生學業成就低落之原因不只是閱讀能力不佳，聽障大學生之理解監控也不如一般大學生準確（Kelly, 1996; Marschark & Wauters, 2008; Napier & Barker, 2004），這些研究結果顯示不僅閱讀能力會影響聽障生的學業成就，自我理解監控能力對學業成就的影響更大。Kelly（1996）指出聽障孩童如果缺乏母語基礎，容易導致詞彙與語法之理解較為困難，進而影響高階層的推理與理解監控能力。Napier 和 Barker（2004）研究發現聽障大學生表示他們未曾完全理解課堂講義的內容，且最多可遺失百分之五十的內容，且這些大學生表示希望能增進自己的理解能力。Marschark 和 Wauters（2008）研究指出缺乏早期、全面性和有效性之語言交流機會，可能會使得聽障生陷入雙重負擔（double burden）情況，阻礙正式與非正式的教學，也可能讓聽障學生較難以理解他們遺失的訊息，該研究並認為聽障生在閱讀過程中是明顯缺乏理解監控能力。在工作記憶部分，有研究指出聽覺障礙生接收訊息的能力和一般人無異，但因為工作記憶不佳和較難將訊息進行有效編碼，以致學習受到很大的阻礙（劉秀丹，2009; Liu, Tseng, & Liu, 2008）。劉秀丹（2009）指出手語使用者和口語使用者的音韻迴路機制和效應是相似的，但因手語使用者和口語使用者的溝通管道與性質不同，因此在工作記憶表現上具有差異，特別是口語使用者和手語使用者在短期記憶的廣度上有明顯不

同。Liu、Tseng 和 Liu（2008）比較啟聰學校聾學生及聾成人對自然手語（指聾人之間溝通的自然語言）和中文文法手語的短期記憶廣度，研究結果顯示中文文法手語的詞長和句長都明顯較自然手語長，因此推論「字長效應」可能增加聾人在工作記憶上之負荷，並指出啟聰學校較強調以中文文法手語進行教學，很可能會增加手語使用者的工作記憶的負荷，進而增加學習上的困難。



第三節 聽障生學習科學之相關研究

Moore、Jathro 和 Creech (2001) 回顧 1996 年至 2000 年間 *American Annals of the Deaf* 期刊之 130 篇研究，發現極少與聽障科學教育相關之論文，因此呼籲研究者應多關注於聽障學生的科學教育。Barman 和 Stockton (2002) 探討遠距課程對聽障學生學習地球科學概念之影響，研究結果顯示遠距學習課程可以提升學生的科學技能、科技素養、獨立學習與學習動機。邱淑明 (2003) 探討電腦教學對國中聽障生學習「生殖單元」成效，使用網頁架構的投影片、動畫、概念圖、補充資料為教材，並使用網路討論區及網際網路評量系統，研究對象為中部某啟聰學校 4 名 7 年級聽障學生，研究結果顯示 4 名學生在不同形式的評量中有不同程度的學習成就進步。Roald (2002) 訪談 5 位科學教師以瞭解影響聽障學生學習科學之重要因素，訪談結果指出教師需具備流利手語能力及科目之專門知識，在課堂中應提供學生討論機會，讓學生從實驗中學習科學，並能因學生個別需求調整與設計課程。Mangrubang (2004) 認為可以使用探究式教學法來教導基本的科學概念，文章中介紹全選科學系統課程 (Full Option Science System, FOSS)，並提出全民科學之概念，鼓勵教師使用此系統教導聽障學生。Easterbrooks 和 Stephenson (2006) 經由整理聽障等相關的文獻，提出了 20 個對於聽障生文學、科學與數學方面的教學法建議。在科學與數學方面，作者建議：1. 教師應該是有技巧的溝通者、2. 要以學生的母語教學、3. 教師必須是該科目的專家、4. 幫助學生積極學習、5. 提供視覺化組織、6. 設計真實的、問題本位的教學、7. 使用科技輔助教學、8. 使用科學專有名詞、9. 鼓勵批判性思考、10. 提供中介的文本。林佳穎 (2009) 探討多重表徵教學與傳統講述教學對於聽障學生學習「血液循環系統單元」之成效異同，對象為北部某啟聰學校 40 位高職聽障學生，研究結果顯示多重表徵組的答題正確性顯著優於傳統講述組，且於學習後能維持較長期記憶，該研究並發展出診斷式試題，將聽障生之血液循環心智模式做分類。Wang (2011) 整理 1970

年後關於聽障生科學課程中融入探究教學法之相關研究，結果顯示此類文獻僅有 12 篇，探究課程多為教師主導，較少為學生自主探究，該研究最後提出可透過全方位課程設計原理（Universal Design for Learning，UDL）設計科學課程，在課堂中應多融入探究式教學，能重視學生的個別化需求，並且注重於培養學生科學文本識讀能力。黃玉枝（2016）研究於自然與生活科技課程融入引導式探究教學，對象為高雄市立某國小啟聰班 4、5、6 年級各 1 位聽障個案，研究結果發現引導式探究教學有助於提升國小聽障學生的科學探究技能，對於操作性的科學探究技能上有較好的學習成效，但對於思考性的科學探究技能上較難有學習成效。



第四節 科學素養

一、素養的定義

最廣為眾人接受的素養定義，是指個體具有基本的聽說讀寫能力。美國國家科學教育標準（NSES）指出素養不僅要擁有讀寫能力，也需要具備相當程度的學習力（NRC, 1996）。教育部（2018）十二年國教課綱指出，「核心素養」是指一個人為了適應現在的生活及面對未來之挑戰，所應具備的能力、知識與態度，因此核心素養強調學習不僅限於學科技能與知識，也應關注生活與學習之結合。OECD 和歐盟則將個體視為是個複雜之系統，認為應該從終身學習之精神去討論素養，從人的整合發展來定義素養之內涵（Rychen & Salganik, 2003）。Beckett（2008）認為素養不能僅透過片段知識或者是單一種知識面向的累積來呈現，而是需要讓學生在特定情境下去執行任務、表現、調整以及累積而慢慢成素養。吳清山（2017）提及現今各國紛紛致力於中小學之教育改革，將以往知識導向、能力導向之教育方針，漸漸地轉移至以素養導向（competency-based）為主要教育方針，並且重視學生的知識、態度、能力與價值的培養。

從以上文獻可知，各國皆從重視學生之知識與能力，逐步轉為注重於素養能力。且素養能力是需要透過實作來整合知識、技能與態度，並在特定情境下展現出來，最終能將所學應用於生活之中，去解決生活中所遭遇之問題。

二、科學素養的定義

Hurd 於 1958 年首次提出科學素養一詞，提出科學素養的主要內涵包括：科學理解（understanding of science）、科學應用（application of science）和科學發展過程（growth of science ideas and theories）。Pella、O'Hearn 和 Gale（1966）回顧與整理 100 篇與科學素養相關文獻，並提出科學素養應具備以下六個向度：科學與社會之間的關係（interrelationships of science and society），科學家的研究倫理

(ethics that control the scientist in his work)，科學本質 (nature of science)，基本科學概念 (basic concepts in science)，科學與技術之間的差別 (differences between science and technology)，科學和人文之間的關係 (interrelationships of science and the humanities)。

Miller (1983,1998) 提出三因素架構 (three-constituent framework)，說明科學素養應包括三個向度：科學知識、科學本質與科學與技術對社會的影響。許多科學素養的研究皆提及科學素養應包括科學概念、科學活動的本質、以及科學在社會、文化中所扮演的角色這三大範疇。國家科學教育標準 (National Science Education Standards) 書中分 K-4、5-8、9-12 三個年級階段，訂出一位具有科學素養的學生所應該具備的概念與能力，提及科學素養包括科學本質、科學事業及科學與社會、個人之間的關係，並提及發展科學探究是提升全民的科學素養最有效的方法，因此建議透過探究式教學以培養學生的科學素養 (NRC, 1996)。而國際學生能力評量計畫 (Programme for International Student Assessment, PISA) 提出科學素養之定義為「一個人應具備一定的科學知識，並可運用這些知識來確認問題、獲取新知、解釋科學現象或科學有關的議題，最終能基於證據做出結論，並能理性論述科學和科技議題」(Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, 2013b)。

Coburn (1996) 研究指出學校在科學課堂中多注重於科學知識的傳遞，較少論及科學活動的本質以及科學在社會、文化中所扮演的角色。Norris 和 Phillips (2003) 認為應回歸「素養」本身涵義來討論科學素養議題，提及素養包含了閱讀和書寫兩部分，有閱讀能力才能精確地學習科學，故科學閱讀不只傳播科學的工具，也是科學進行 (doing science) 過程中極為重要與必要的部分。有些研究指出語言與認知之發展也是科學學習的關鍵，若能在科學課程中重視學生的閱讀、寫作與口說能力，則可能可以提升科學學習之成效，學生有越多的閱讀與寫作機會，越可以增進其科學概念之理解，進而提昇科學探究能力 (Jang & Hand, 2017;

Pearson, Moje, & Greenleaf, 2010; Webb, 2010)。國際學生能力評量計畫 (Programme for International Student Assessment, PISA) 也強調閱讀素養的重要性，認為提升閱讀能力可以增進學生的文本理解能力 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD, 2018)。是故，閱讀與書寫能力確實會影響學生學習科學概念或知識，所以閱讀能力應是科學素養中極為重要的核心基礎。

國內部分，教育部於 2018 年頒布「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」，提及科學素養的公民應具備科學的核心概念、探究能力、科學態度以及對科學本質的認識，期望能於課程中建構出科學素養，使學生具備科學知識、探究與實作能力和科學態度，並能於生活中有效溝通、參與公民社會議題之決策與問題解決，且能對媒體報導之科學相關內容理解並反思，進而培養求真求實的精神。翁群評 (2016) 分析學科能力測驗自然科學試題內容，發現測驗題目除測驗學生的科學知識與概念，同時也測驗學生的探究能力，例如科學推理題型所著重的推理論證、分析與發現都是屬於科學素養內涵的範疇。余曉清和林煥祥 (2017) 研究提出，大部分的臺灣學生可以達到之 PISA 的科學素養水準內涵的能力指標為「學生能在有關的線索或支持下建構與解釋，可以用程序性或是認識論知識之要素在有限制的情境中完成一個簡單的實驗，並且能識別支持科學宣稱之證據」，但是能力更佳的學生還可以「分辨基於科學證據以及理論所提出之論點、評估實驗的設計和說明自己選擇之合理性」；大部分學生能達到之閱讀素養水準內涵之能力指標為「能夠認定不同訊息間之相關性；在詮釋訊息時能整合不同部分而辨別出主要之概念；能夠展現連結、解釋、比較與評鑑文本之特性」，而擁有更高階層能力的學生還能夠「具備批判思考及即評鑑之能力、應用文本以外自己所擁有的知能進行反思以及評鑑」，顯示出具有較高層次的閱讀能力，即可運用能力更完整的學習到科學知識，進而提升科學學習。

由以上文獻可知，要提升學生之科學素養，除了教導學生科學知識與培養學生探究能力之外，也應該著重於提升學生對科學事業及科學與社會之認識，以及

增進科學閱讀的能力。



第五節 科學家意象與畫科學家測驗

一、科學家意象

郭重吉與蔣佳玲（1995）指出科學家意象不僅呈現出學生從外界吸收的科學家資訊，並提供了學生本身對科學家的主觀印象，因此研究者能透過學生持有的科學家意象，以瞭解學生認為的科學家樣貌、科學家行為與科學哲學信念，進而瞭解學生對科學的態度（attitudes toward science）與對科學的興趣。學生持有之對科學的態度常被視為影響學生學習科學的主要因素，如果學生認為科學很有趣、科學有益社會以及科學能提升國家競爭力，則會較容易接納科學以及從事科學相關活動，對科學的態度之研究向度可分為對科學家的態度、科學的社會意涵、對科學課程的態度、對科學的焦慮感以及對科學的興趣等（Simpson, Koballa, Oliver, & Crawley, 1994; Gibson & Chase, 2002）。反之，當學生持有科學家刻板概念或非真實的概念時，則容易讓學生也持有較負面的科學態度，進而影響學生較不願意選擇科學相關科系就讀或是從事科學相關職業，因此如果能讓學生持有正確且真實的科學家意象，可能會幫助學生於未來生活中更親近科學（Christidou, Bonoti, & Kontopoulou, 2016; Fung, 2002; Türkmen, 2008）。呂紹海與巫俊明（2008）探討學生容易對科學家持有刻板印象之原因，指出可能因為教科書中較少呈現科學家意象，或是會以簡略的傳記資料呈現科學家意象，以及因為課堂時間有限，故教師可能會將科學史相關內容列為選讀。基於以上資料，本研究認為可從對科學家的態度、科學的社會意涵、對科學課程的態度以及對科學的興趣等向度分析學生的晤談資料，進而更深入分析學生持有之科學家意象以及對科學的想法。

國外研究報告指出聽障學生較少取得科學、科技、工程與數學（簡稱 STEM）相關的博士學位，1997 年至 2009 年每年僅有不超過 50 名聽障生獲得 STEM 博士學位，2010 年後開始有破百以上的聽障生獲得 STEM 博士學位（NSF, 2009; NSF, 2011; NSF, 2013），但與一般人相較之下比例明顯偏低。Gormally 和 Marchut

(2017)使用問卷調查聽障大學生的科學認同感，研究對象為 33 位聽障大學生，並對 19 位大學生進行晤談，研究結果顯示聽障大學生持有較刻板科學家意象，且會影響學生的科學認同感，因而覺得自己和科學較無關聯，研究者指出聽障大學生傾向選擇能與人接觸之工作，較喜愛能和聽障社群接觸的工作，因認為科學相關工作較少與人群接觸，所以較不願意從事科學相關工作，該研究指出應從改變聽障生的科學家刻板印象著手，才可以提升聽障生對科學的自我認同感。

Gormally 與 Inghram (2021) 透過晤談以瞭解聽障大學生對科學之態度，研究對象為 47 位聽障大學生，結果顯示聽障生持有刻板的科學家印象，女性與非科學專科的學生選擇職業時，較重視職業的公益性、利他性和回饋聽障社群，研究者建議教師可以從真實、完整與多元的角度介紹科學家的工作，或者於課堂中呈現科學家之歷史故事，並能於課堂分享科學家工作能使社區受益，才有可能改變聽障學生對科學家之看法。

二、畫科學家測驗

(一) 畫科學家測驗之歷史

畫科學家測驗已有50年之歷史，早期研究多透過問卷方式以瞭解學生對於科學和科學家的意象 (Krajcovich & Smith Mead, 1982; Metraux, 1957)，但因填寫問卷需具備較高的讀寫能力，故較不易使用在閱讀能力較差或年紀較小之受試者，而較難以被廣泛使用。Chambers (1983) 研發畫科學家測驗 (Draw-a-Scientist-Test, DAST)，畫科學家測驗是一種心理測驗工具，受試者不需要書面回答問題，只需要於圖畫紙上繪製出一個人，即可進行評估，因此可以廣泛的使用在兒童身上。Chambers (1983) 使用畫科學家測驗蒐集了4807位國小學童的繪畫資料，歸納出實驗衣、戴眼鏡、鬍鬚 (或禿頭)、研究象徵 (科學儀器)、知識象徵 (書籍和櫥櫃)、科技 (高科技產品)、公式 (或毒物標記) 等7種常見的科學家特徵，該研究也歸納出一些具重要意義的特徵，例如：科學家和科學儀器的比例、危險符號

或者標記、燈泡、地下室或者地下實驗室、科學怪人等怪物之形象，以及保密符號，值得注意的是該研究指出小學生繪製的繪畫中，僅有28位學生畫出女科學家。Finson、Beaver和Cramond（1995）研發出畫科學家檢核表（Draw-a-Scientist-Test Checklist, DAST-C），檢核項目分為傳統刻板印象，如穿實驗衣、戴眼鏡、留鬍鬚、研究象徵、知識象徵、科技產物、科學符號；以及另類刻板印象，如男科學家、危險標記、燈泡、科學怪人、白人、保密標記、在實驗室與中年以上，該研究使用檢核表將畫圖資料轉換成數據，以便進行統計分析，並認為使用畫科學家檢核表能夠提高畫作分析的可靠性。Finson、Beaver和Cramond（1995）提出科學家檢核表後，接續有一些研究討論畫科學家測驗方法之限制並且提出改良策略（Farland-Smith, 2012; Subramaniam, Esprívalo Harrell, & Wojnowski, 2013）。Subramaniam、Esprívalo Harrell與Wojnowski（2013）提出概念框架（conceptual framework）理念，將受試者之圖畫分為正面的、刻板的、負面的和綜合的四種類型，並認為同時採用科學家檢核表和概念框架，可以更全方位的瞭解受試者持有之科學家意象。近年來許多研究發現受試者畫出傳統科學家檢核項目以外之特徵（McCarthy, 2015; Türkmen, 2008），Ferguson與Lezotte（2020）分析2003年至2018年間發表之30篇科學家意象文獻，研究結果顯示常見的現代科學家刻板印象包括男性、白種人、中老年和穿著實驗衣在室內工作，研究者並建議將快樂、好奇、努力工作、聰明、反社會、古怪與熱情等項目添加至科學家檢核表內，才能獲得更全面之現代科學家意象。

（二）跨種族之畫科學家測驗研究

在Chambers（1983）研究之後，許多研究者開始探討跨種族間持有的科學家意象之異同。Schibeci和Sorensen（1993）使用DAST對澳洲的小學生進行測驗，選擇了兩所學校進行研究，一所為農村地區學校（多為黑人學童），另一所為大都會的學校（多為白人學童），該研究要求兒童畫一張科學家的圖畫，然後由兩

個評估者對這些畫作進行分析，研究結果發現兩組的學童皆持有刻板印象，白人學童組持有的刻板印象程度更明顯，研究者推測可能是因為電視媒體所造成的刻板印象，該研究也認為DAST是有用且有效的工具，可以用來測試不同年級學童所持有的科學家意象。Sumrall（1995）對358位1到7年級的學生進行DAST測驗，並請學生回答畫出具有特定種族和性別的科學家的理由，研究結果顯示非裔美國人和歐洲裔美國人持有的科學家刻板印象會依學童的年級下降，科學家意象以歐美男性的形象繪畫比例最高。Finson（2003）使用畫科學家檢核表（Draw-a-Scientist Test Checklist; DAST-C），對191位8年級學生進行繪畫分析，包括30位白人、67位美國原住民和93位非裔美國人，研究結果顯示不同種族學生的繪畫無顯著差異，美國原住民學生和非裔學生皆多畫出白人科學家，該作者建議教師可於課堂中介紹女性科學家或是其他種族之科學家，給予學生更多元的科學家意象。Fung（2002）對675名香港小學及中學學生進行DAST測試，以瞭解學生的科學家意象，該研究發現與先前研究結果相似，年齡較大的學生對科學家持有更刻板的印象，而且科學家主要是男性，還注意到一些學生，會使用特殊的標題和評論以表達他們對科學家的看法，該研究認為DAST是一種可行且簡單的方法，如能配合訪談則可以更深入瞭解學生持有的概念。Türkmen（2008）使用畫科學家測驗研究土耳其的國小生的科學家意象，研究結果和先前的研究相似處為科學家是男性、白人、老年人、在室內做化學工作，與先前研究不同處為較少戴著眼鏡、蓄鬍、雜亂頭髮、穿實驗衣，做危險和保密的工作，該研究也發現土耳其小學生繪畫中微笑的科學家和科技標誌增加，科學家的刻板印象較以前研究略為減少，以及發現科學老師和教科書是影響學生對於科學以及科學家想法的主要因素，（如：媒體電影、雜誌及電視等）並不是重要的繪圖資訊來源。

（三）不同性別之畫科學家測驗研究

Odell、Hewitt、Bowman和Boone（1993）研究使用DAST測試93位國小、國

中及大學的受試者之科學家意象，研究結果女性較男性少具有科學家的自我形象，少數民族學生也較少具有科學家的自我形象。She（1998）用DAST測試臺灣三所小學和三所中學共297名學生（153名男生和144名女生）持有之科學家意象，研究結果顯示男學生持有較刻板的科學與科學家印象，此刻板印象會隨年紀增長而減少，8年級的女學生對女性從事科學家工作的觀念最為開放，但是這些女性學生不覺得自己能從事與科學相關的職業，因為他們擔心被標榜為比同年紀男生更具有能力的人，該研究也指出父母、同儕和老師的確會影響學生對科學和科學家的觀點，也會對學生選擇科學相關的職業產生影響。Thomas, Henley和Snell（2006）使用DAST測試212名大學生是否持有科學家刻板印象，受試者為主修心理學或計算機科學課程的100位男性和112位女性，平均年齡為21.02歲，研究結果顯示約八成男女學生畫出男性科學家圖像，顯示出即便是科學相關科系之大學生依舊具有性別刻板印象。Emvalotis和Koutsianou（2018）用畫科學家測驗測試希臘小學生的科學家意象，對象為四年級（78人）、五年級（63人）和六年級（70人）共計211名希臘小學生（110名男生和101名女生），研究結果學童持有之刻板印象與先前研究相似，男童比女童畫出更多的科學家刻板形象，比較特別的是大多數女生都畫出了女性科學家，但是各個年級之間沒有顯著差異，研究者並建議老師應於科學課堂中導入更多真實的科學家形象及其活動。

（四）使用教學介入之畫科學家測驗研究

無論是在跨種族或不同性別受試者之研究，皆顯示男性白人科學家是最常見的科學家刻板印象，故有許多研究探討如何使用教學介入改變學生的科學家刻板印象。Flick（1990）透過社區科學家計劃邀請大學科學家與國小學生交流，共有4位科學家和1名博士生參加，研究對象為兩個5年級班級的47位學生，其中一班交流的科學家為2位女性科學家；在另一個班級，1位科學家是女性，1位是男性，科學家連續3個星期每週1小時入班與47位學生交流，學生並實地參觀科學家的實

驗室。研究結果顯示入班交流後，有更多的學生畫出女性科學家，特別是男學生較入班交流前畫出更多的女科學家。Huber和Burton（1995）研究對象為9至12歲的學生（105位男生和118位女生），教學介入包含職業介紹、角色模型及動手做科學實驗，該研究結果顯示男學生在教學前持有的刻板印象比女學生多，在教學介入後男學生的刻板印象有明顯的改善。Bodzin和Gehring（2001）探討提供學生與女性科學家交流機會以及增加動手做科學活動，是否對學生的科學家意象有影響，該研究受試者為66位國小四年級與五年級學生，研究結果顯示學生較少畫出科學怪人（或神話）的意象，在教學介入後學生畫出較多的女性科學家以及較少的危險標誌。Steinke, Lapinski, Crocker, Zietsman-Thomas, Williams, Evergreen, & Kuchibhotla（2007）探討媒體對中學生的科學家意象之影響，參與者為304名7年級學生，被隨機分配到討論組、討論以並觀看女性科學家影片組及對照組，研究結果顯示男學生比女學生畫更多的男性科學家，女學生比男學生畫更多的女性科學家，男生也更常描繪科學家的刻板印象，在繪畫資訊來源部分，學生表示繪圖的主要資訊來源是媒體。

（五）教師或職前教師之畫科學家測驗研究

學生的科學家意象會因為性別、種族與文化而有差異之外，學校的科學教育與教師的科學家意象也被認為是影響學生科學家意象的重要因素。Moseley和Norris（1999）研究使用DAST-C分析194位職前教師的科學意象，其中包含了38位主修幼兒教育、82位主修國小教育、50位主修中等教育及24位已經畢業的職前教師，研究者讓受試者在科學教材教法課程中討論圖畫中的科學家之刻板印象，研究結果顯示主修中等教育及已畢業的職前教師很快地瞭解自己持有的刻板印象，並且修改繪圖內容；主修幼兒教育及國小教育的職前教師不認為自己具有刻板印象，因此研究者認為現有的科學教材教法課程，並不能讓職前教師瞭解科學的本質。Rubin、Bar和Cohen（2003）研究使用DAST調查以色列職前教師持有之

的科學家意象，研究對象多為女性，包括屬於說希伯來語和說阿拉伯語兩種文化的受試者，該研究結果與先前研究結果相似，顯示出受試者持有科學家的刻板印象包含在實驗室工作、主要是男性、多為物理學家或化學家，且受試者沒有區分科學家和發明家的差異，並發現在兩種文化中的受試者持有不同的科學家意象，大多數講阿拉伯語的學生把古典伊斯蘭科學家列為他們的主要意象，並認為該科學家是阿拉伯男性，而講希伯來語的受試者則是畫出的西方男性，該研究最後提出建議，希望能開發新的學習單元以改變職前教師的科學家刻板印象。Milford和Tippett（2013）使用DAST瞭解職前教師的科學家意象，受試者為165位主修國小教育及中等教育的職前教師，研究結果顯示職前教師的繪畫呈現出科學家的刻板印象，這些刻板印象包含具有瘋狂髮型的男性、在實驗室工作時穿著實驗衣以及戴眼鏡，該研究並分析職前教師主修的課程和先前的科學經驗，分析結果顯示主修科學課程學生具有科學家刻板印象少於非主修科學課程的學生。

Subramaniam、Esprívalo Harrell和Wojnowski（2013）研究使用DAST-C檢核表分析196位職前教師的科學家意象，研究結果在白人繪製的圖畫中的危險標誌較其他種族多，男性繪畫的危險標誌也較女性多，該研究提出概念框架（conceptual framework）理念，將學生的圖畫分為正面的、刻板的、負面的和綜合的四種類型，研究分析顯示對科學家持有正面的概念為56%（110人）、刻板的概念為30%（59人）、負面的概念為11%（22人），研究者並認為同時採用DAST-C檢核表與概念框架（conceptual framework），可以更全方位的瞭解教師持有的科學家意象。

Miele（2014）研究13名幼教職前老師的科學家意象，讓受試者於科學教材教法課程之前畫科學家意象，於課程中討論與評價自己所畫的科學家圖像，並於期末再次畫出科學家意象，研究結果顯示受試者對科學家的刻板印象減少了，對科學家意象也較為多元，與非主修科學的職前教師相比，主修科學的職前教師對科學家的看法更具包容性。McCarthy（2015）研究使用DAST測驗及DAST-C檢核表分析91名國小職前教師的科學家意象，該研究結果指出受試者畫出的科學家意象之特

徵與先前研究大致相同，且發現女科學家出現在約48%的繪圖中，以及有許多受試者畫出微笑科學家，受試者多表示科學家意象會受到電子媒體與印刷媒體影響，最後該作者建議在課程中應納入科學史和增加學生課外經驗。

（六）改良畫科學家測驗之研究

許多研究認為畫科學家測驗是有效且快速的測驗方法，但DAST的大多數研究都集中在學生的刻板印象及其對科學家的看法上，這些研究得出的數據的方式通常僅限於比例報導和簡單t檢驗等等（Finson, 2001; Fung, 2002; Miele, 2014），因此有相關研究討論畫科學家測驗方法的限制與提出改良策略（Ehrlén, 2009; Farland-Smith, 2012; Finson, Beaver, & Cramond, 1995; Losh, Wilke, & Pop, 2008）。Losh等人（2008）研究指出某些DAST研究讓受試者後測連續繪製多張圖畫，可能因此導致女性科學家和少數群體的科學家增多。此外，在較早的研究中，即使圖畫中性別不清楚，也會要求編碼者在男性和女性性別之間進行選擇，因此作者建議使用可能的或不確定的性別代碼。Farland-Smith（2012）研究對DAST測驗的提出改良建議，並提出一個新的mDAST評量方法，認為在學生測驗時應增加指導語，請學生於圖畫中說明科學家的外貌（科學家的樣子），位置（科學家的工作地點）和活動（科學家的行為），並於第二頁詢問學生4個問題：我是男孩或女孩、我畫的是男或女科學家、科學家是在室外還是在室內工作以及科學家在做什麼事情，該研究提出mDAST評量方法可以將學生的圖畫分類為具有戲劇性（Sensationalized）、傳統（Traditional）及比傳統更廣泛（Broader than Traditional）三種類型。Reinisch、Krell、Hergert、Gogolin和Krüger（2017）指出DAST測驗的優點為受試者不需具有口頭表達能力，但是不適合用於缺乏繪圖能力的受試者，以提示語可能會對繪圖造成影響而導致測驗無效，該研究受試者為兩組職前教師，第一組為79人，第二組101人，第一組受試者使用DAST測驗瞭解對科學家的概念、科學家的工作地點以及科學家的活動，第二組的受試者除了繪圖外，需要增加書

面描述以及繪畫解釋，研究結果指出作者所提出的檢核與評分表可以將受試者圖畫作更有系統的分析。

（七）畫其他人物之相關測驗研究

畫科學家測驗的理念可以快速且大量的測驗出學生的科學家意象，因此有相關研究使用畫科學家測驗之測驗原理畫出其他的人物或題材，例如畫科學教師、畫電腦學家及畫工程師等人物。Thomas、Pedersen和Finson（2001）以DAST-C為基礎發展出畫科學教師檢核表（Draw-a-Science-Teacher-Test Checklist, DASTT-C），該研究受試者為27位國小職前教師，研究將科學教師意象分為以教師中心的教師與以學生為中心的教師，作者認為此工具可以提供教師反思的機會，透過將自己描繪成科學教師，進而思考與發展出自己的科學教學理念。Knight和Cunningham（2004）為瞭解學生對工程師的想法，該研究開發出畫工程師測驗（Draw-an-Engineer-Test, DAET），受試者為384位K-12年級的學生，研究結果發現學生多認為工程師是使用工具來建造建築物，以及認為工程師是修理汽車引擎的人，且性別多為男性，最後作者提出瞭解學生對工程師和工程學的印象是非常重要的，因為學生對職業的看法與學生覺得自己能否進入此行業是緊密相關的。黃俊儒、簡妙如（2008）研究選取一則與健康醫療相關的生物科技新聞報導作為題材，請127位學生（男生59名和女生68名）閱讀後畫出生物體可能的長相，並回答科學家發明這種生物體的目的是什麼，該研究基於DAST測驗為基礎，進而改編與發展出畫科學家發明之產物測驗（Draw-What-Scientist-Created, DWSC）問卷，以瞭解學生對於科技產物所抱持的意象，研究結果指出高達52.8%的學生錯誤解讀此生物科技報導內容，學生對於科技產物之意象可以分類為六種。Hansen、Dwyer、Iveland、Talesfore、Wright、Harlow和Franklin（2017）發展出畫電腦學家測驗（Draw-a-Computer-Scientist-Test, DACST），受試者為87位4年級學生，研究發現在進行教學介入前，學生通常畫出獨自工作的男性電腦科學家，

以及畫出與科技相關的行為（例如輸入及列印），在教學介入後，更多的女學生畫了女性電腦科學家，而且畫出更具體的電腦操作行為（例如程式設計），作者認為教學介入有助於改變學生對電腦科學、電腦科學家及其工作的理解。

由以上文獻探討可知「畫科學家測驗」是一個方便快捷且能大量蒐集學生資料的方法，透過「畫科學家測驗」可以瞭解不同年齡、文化、年紀、種族、國籍的學生或是教師等人所持有之科學家意象。



第六節 科學探究

一、科學探究之定義與要素

許多研究皆指出科學探究是指當學生在從事科學探究活動時，展現出的各種處理問題與解決任務之能力（林小慧和吳心楷，2019；宋雅鈴，2009；高慧蓮，2005；蕭儒棠，2014；Lederman, 2001; Krajcik, Blumenfeld, Marx, Bass, Fredricks, & Soloway, 1998；Palincsar, Magnusson, & Vincent, 2002）。Palincsar、Magnusson 和 Vincent（2002）的研究指出科學探究應該是一個不斷的循環歷程，共分為吸引參與、預備探究、探究、預備要報告和報告等五個階段。其中預備探究包含解釋與設計、確定問題和方法與材料；探究部分包含溝通分享；預備報告部分包含主張與證據；報告部分包含解釋與其經驗間的關係。Lederman、Lederman、Bartos、Bartels、Meyer 和 Schwartz（2014）提出對科學本質觀點的科學探究評量，認為科學探究可分為：1.科學研究是從問題開始，不一定要檢驗假設；2.探究沒有單一步驟（即沒有單一的科學方法）；3.從問題來引導探究過程；4.執行相同步驟但可能不會得到相同的結果；5.探究步驟會影響結果；6.研究結論必須與收集到的數據一致；7.科學數據不等同於科學證據；8.解釋是從收集數據和已知訊息中組合得出。

國家科學教育標準（National Science Education Standards, NSES）定義之探究活動是一個多面向的活動，歷程中包含觀察、提出問題、檢視資料、計畫科學調查和藉由實驗證據來驗證已知的資訊，且能使用工具整合、分析與解釋數據進而提出答案、解釋和做出預測，並能與他人溝通實驗之結果（NRC, 1996）。有關科學探究能力的內容標準包含 K-12 年級等三個階段，其中 9-12 年級的基本探究能力包含辨認問題（identify questions）、設計科學調查（design and conduct scientific investigation）、收集和分析數據（collect and analyze data）、形成和修改科學解釋（formulate and revise scientific explanations）、瞭解和與分析另有解釋

(recognize and analyze alternative explanations)、溝通和辯證科學論證 (communicate and defend a scientific argument)。

美國奧勒岡州教育部門 (Oregon Department of Education, ODE) 於 2002 年提出針對科學探究能力評分指標 (Scientific Inquiry Test Scoring Guide)，將科學探究過程分為「形成問題或假說」、「設計研究」、「蒐集和呈現數據」、「分析和解釋結果」等四個向度 (Oregon Department of Education, 2002)。

美國的國家研究委員會 (NRC) 於 2011 年公布了「K-12 科學教育架構：實作、跨科概念和核心觀念 (Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas)」作為幼稚園到高中階段的教育方針，之後更進一步提出實務取向的新架構-「新一代的課程標準 (Next Generation Science Standards, NGSS)」，此課程架構強調跨年段、跨領域的課程，特別著重於科學與工程學的實作結合，期望可以使學生從中學習核心概念，其中「科學探究活動」是藉由以下八個方式進行：1. 提出疑問；2. 發展與使用模型；3. 計畫並執行研究；4. 分析與詮釋數據；5. 運用數學及計算思維；6. 建立解釋；7. 從證據中形成論述；8. 蒐集、評價和溝通資訊 (NGSS Lead States, 2013)。

教育部於 2018 年實施「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」，於高中階段增列「探究與實作課程」為必修課程，該課程目標為指導學生進行科學探究。「探究學習內容」著重於科學探究歷程，可分為「發現問題」、「規劃與研究」、「論證與建模」和「表達與分享」四個面向，其中「發現問題」包含觀察現象、蒐集資訊、形成或訂定問題和提出可驗證的觀點；「規劃與研究」包含尋找變因或條件、擬定研究計畫和收集資料數據；「論證與建模」包含分析資料和呈現證據、解釋和推理、提出結論或解決方案和建立模型；「表達與分享」包含表達與溝通、合作與討論和評價與省思。以上之學習內容未必有固定之步驟與順序，可依探究之主題和實作活動採循環或者是遞迴等方式來進行。在學習表現部分，透過「思考智能」與「問題解決」兩個向度去評量

學生之表現，其中「思考智能」包含想像創造、推理論證、批判思辨與建立模型；「問題解決」包含觀察與定題、計劃與執行、分析與發現和討論與傳達。

為瞭解探究能力之因素，本研究自行整理各專家學者與政策之探究要素表如表 2-6-1。分析結果發現探究因素可分為問題與假設、設計研究、蒐集和呈現資料、分析和解釋結果、討論與分享和發展與使用模型等六種。

表 2-6-1 探究要素整理表

學者或政策	Palincsar, Magnusson & Vincent (2002)	NSES (1996)	ODE (2003)	NGSS (2011)	Lederman et al., (2014)	臺灣課綱 (2018)
探究因素						
問題與假設	V	V	V	V	V	V
設計研究	V	V	V	V	V	V
蒐集和呈現資料	V	V	V	V	V	V
分析和解釋結果	V	V	V	V	V	V
討論與分享		V		V	V	V
發展與使用模型				V		V

二、科學探究之教學實施層次

本節將著重於討論科學探究之實施方式與層次，首先要討論關於科學課室內如何實施探究。Schwab (1962) 提出科學探究活動層級，且區分為四個等級，如表2-6-2。Schwab 認為第0級的科學探究活動之問題、方法和答案均由指導者提供給學生；第一級的科學探究活動之問題和方法由指導者提供給學生，答案則由學生自行尋找；第二級的科學探究活動中，指導者只提供問題，研究方法和答案皆由學生自行尋找，而第三級的科學探究活動中之問題、方法及答案皆由學生自

行尋找，學生在沒有任何指導者的提示下，自行決定研究問題、使用方法並尋找答案。

表2-6-2 科學探究活動之層次表

層次	內容	問題	方法	答案
第 0 級		提供	提供	提供
第 1 級		提供	提供	開放
第 2 級		提供	開放	開放
第 3 級		開放	開放	開放

美國國家科學教育標準（NSES）於 1996 年提出科學探究的改變，並根據探究時強調的重點不同，提出了提升科學探究之重點比較表（如表 2-6-3），內容提及科學探究活動較強調是超過一節課、使用證據與策略以形成解釋、較多探究活動和充分且公開的溝通（NRC, 1996）。

表 2-6-3 提升科學探究之重點比較表（引自 NSES, p.113）

較少強調	較多強調
1.展示和驗證科學內容的活動	1. 調查和分析科學問題的活動
2.探究僅限於一節課	2. 長時間的探究
3.教導無情境脈絡的過程技能	3. 教導具情境脈絡的過程技能
4.強調個人的過程技能，如觀察或推理	4. 使用多種過程技能，如操作、認知和程序
5.得到答案	5.使用證據和策略來發展或修改解釋
6.科學是探索和實驗	6.科學是論證和解釋
7.僅提供科學相關問題的答案	7.傳播科學解釋

8.學生能分析數據但少為結論辯護	8. 學生經常在為結論辯護後進行數據分析
9.較少時間做探究，卻留出時間來學習大量內容	9.更多時間做探究，以發展對科學內容的理解、能力、探究、價值和知識。
10.有實驗結果即結束探究	10. 將實驗結果應用於科學論證和解釋
11.材料和設備的管理	11. 想法和信息的管理
12.學生僅私下與教師交流想法與結論	12. 學生公開地交流想法和任務

美國國家科學研究會（NRC）2000 年出版「探究和國家科學教育標準：教學指南」（*Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*）一書，討論課室探究之探究教學與學習特徵，包含以下五種：1.學習者從事科學導向的問題；2.學習者在回答問題時優先考慮證據；3.學習者根據證據形成解釋；4.學習者將解釋與科學知識聯繫起來；5.學習者交流並證明解釋的合理性。其中的每一項特徵依照老師引導和學生自主的程度可分成三至四個層次，書中並指出於教室探究能完全呈現這五個特徵稱為完全的探究活動，如僅有實施部分特徵則稱為部份的探究（NRC, 2000），表 2-6-4 為教室探究之特徵層次表。

表 2-6-4 教室探究之特徵層次表（引自 *Inquiry and the National Science Education Standards*, p.29）

基本特徵	差異			
1.學習者從事科學導向的問題	學習者提出問題	學習者從一些問題中挑選出問題，提出新的問題	學習者形成或澄清由老師、教材或其他來源所提供的問題	學習者從事由老師、教材或其他資料所提供的問題
2.學習者在回答	學習者確定什麼構	學習者被指示去收	學習者被給予數據	學習者被給予數據

問題時優先考慮	成證據並收集	集某些數據	並要求分析	並告訴如何分析
證據				
3.學習者根據證據形成解釋	學習者在總結證據後形成解釋	學習者被指導從證據形成解釋	學習者被給予一些可能的方法來使用證據形成解釋	學習者被提供證據
4.學習者將解釋與科學知識聯繫起來	學習者獨立檢驗其他資源並形成解釋的聯繫	學習者被引導進入科學知識的領域和來源	學習者被給予可能的連結	
5.學習者交流並證明解釋的合理性	學習者形成合理的、合邏輯的論證以進行交流解釋	學習者被指導發展溝通交流	學習者被提供概括的指導方針以形成溝通交流	學習者被給予溝通交流的步驟和程序
多 <----- 學習者自我引導的量 ----->少 多 <----- 來自教師或是教材引導的量 ----->少				

洪振方（2003）提出另一種探究活動的分類法，認為探究活動也可分類為教師導向/學生導向、結構性/非結構性以及開放式/封閉式等三個維度，其中開放式是指探究或解題活動之過程中，有多種答案和解題路徑，而封閉式是指僅有一種答案與路徑；結構式是指給予學生一個有組織的探究活動，其中之探究計劃、實施和評量皆為有組織的；非結構式是指給予學生沒有壓力、引導與組織的探究活動。圖 2-6-1 為探究活動的分類向度圖。

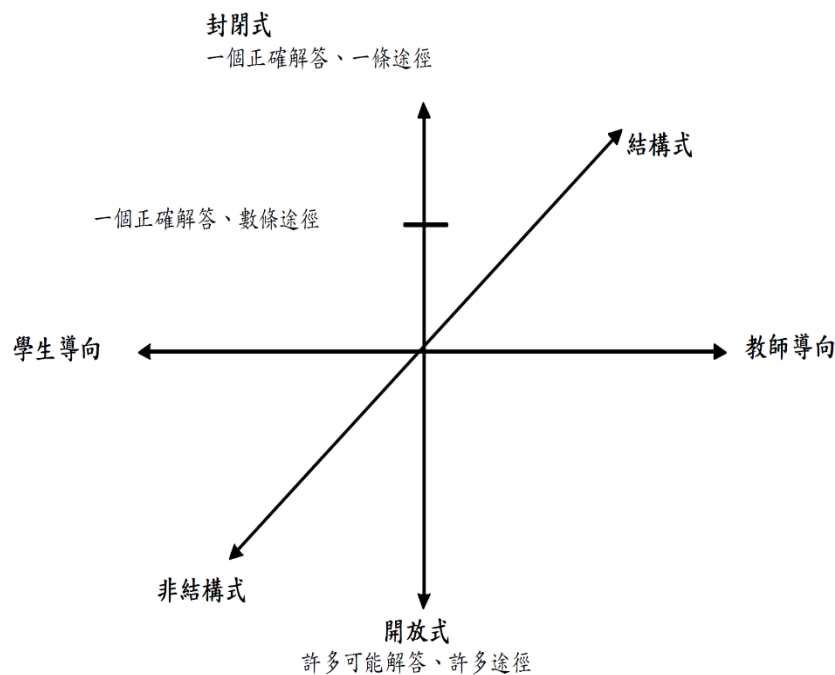


圖 2-6-1 探究活動的分類向度（引自洪振方，2003）

為瞭解教室探究活動之特徵，本研究依據各專家學者與政策，自行整理出影響教室探究活動之重要因素如表 2-6-5。分析結果發現影響教室探究活動之重要因素可分為指導者介入程度、結構化之程度、探究時間之程度、公開交流之程度與過程開放之程度之程度。

表 2-6-5 教室探究活動設計之因素表

學者或政策	Schwab	NSES	NRC	洪振方
重要因素	(1962)	(1996)	(2000)	(2003)
1.指導者介入程度 (指導問題、方法、結果等)	V	V	V	V
2.結構化之程度 (探究活動的組織化)		V		V

3.探究時間之程度	V		
4.公開交流之程度	V	V	
5.過程開放之程度			V
(單一/多種答案與途徑)			

三、科學探究能力之評量

國內外有許多研究提出科學探究能力之評量，本節接續要討論這些評量之標準與計分標準。美國奧勒岡州教育部門（Oregon Department of Education, ODE）提出科學探究活動的得分標準，包含下列的四個向度：1. 形成問題或假設（Forming a Question or Hypothesis）；2. 設計探究活動（Designing an Investigation）；3. 收集和呈現資料（Collecting and Presenting Data）；4. 分析和詮釋結果（Analyzing and Interpreting Results）。各面向的得分為 1 至 6 分（Oregon Department of Education, 2002）。以高中階段評分標準中的「收集和呈現數據」為例，5-6 分是指能蒐集與探究活動計畫一致的、全面的、完整且詳細的數據；能使用適當的單位記錄準確的原始數據；其數量和質量與計畫過程一致，並報告異常數據、能顯示適當的數據；能善用格式來闡述或突顯出分析和解釋之間的關係。4 分是指能形成可以通過蒐集和分析相關證據進行調查的問題或假設；能提供足夠的背景科學知識或初步觀察結果，為此次調查建立適當的背景；能提具體的問題或假設，可以引導有效調查的設計；3 分是指形成無法通過蒐集和分析證據進行充分調查的問題或假設；提供相關但不充分的背景訊息和或初步意見；問題或假設不夠具體，無法引導出有效的調查活動；1-2 分是指形成無法使用數據和可用資源進行調查的問題或假設；提供與調查無關的背景科學知識或初步觀察；問題或假設不能引導出有效調查的設計。

國內研究部分，高慧蓮（2005）研究採用行動研究法，邀請五位研究教師共同開發科學探究的評測工具，該研究將探究能力分為：1. 「界定問題」：包含察覺問

題、形成假設、新舊經驗聯結；2.「設計規劃」:包含蒐集資料、規劃實驗流程、預測結果；3.「分析解釋」:包含多元思考解決探究過程所發生之問題、運用儀器(器材)、運用圖表輔助紀錄；4.「實作驗證」:包含比較、解釋、彙整資料、做推論的能力；5.「溝通辯證」:溝通探究過程與批判質疑的能力，各面向又可細分為0分-3分四個等第。吳坤璋、吳裕益與黃台珠(2005)發展出科學探究能力測驗，研究對象為278位小六學生，並將科學探究能力應該分成「科學探究思考能力」以及「科學探究過程能力」來區分討論，科學探究思考能力包含推論、批判、思考三層面；而科學探究過程能力則包含觀察、分析、轉化三層面。

宋雅鈴(2009)探討發展科學探究歷程評量平台，研究對象為27位國七學生，該研究出設計生物科虛擬遊戲平台，並記錄學生操作實驗平台之歷程，該研究將科學探究能力分為「觀察」、「假設」、「實驗」、「資料搜索」四大面向，每一面向區分為三等第。何宗穎、王敏男、謝佩妤、郭幸宜、趙大衛和黃台珠(2013)探討探究「鷹架自我評估策略」對大學生的探究能力之影響，研究對象為42名大學生，並設計「科學探究能力評分準則」評量學生之探究能力表，其中「科學探究能力評分準則」評分向度參考美國奧勒岡州教育部門的科學探究能力評分標準，分為「形成問題」、「設計流程」、「處理數據」和「分析討論」等四個向度，各向度分為「溝通與傳達」、「科學知識的應用」、「科學探究的本質」三個層面，共計分為十二個分向度，每個分向度根據學生表現分為五個等第。

蕭儒棠(2014)研究探討物理辯論競賽之學生科學探究活動評量探析，評量包含「以多重表徵表示研究問題」、「設計並執行實驗，觀察待研究的現象」、「設計並執行實驗，評估模型、方程式、解答、主張」、「設計並執行實驗，測試理論模型，解釋待研究的現象」、「蒐集與分析實驗數據」與「表達科學概念」等六個向度，每個向度列有不同的評分重點，並與表現等級中明列學生應達成的目標。楊桂瓊、陳雅君、洪瑞兒和林煥祥(2015)探討參與新興科技融入探究式教學的高中學生在科學能力方面的學習成效，研究樣本為高中學生共710人，該研究使

用國際學生學習成就評量(Programme for International Student Assessment, PISA) 2015 預試 (field trial) 的情境式能力導向試題為評量工具，主要評量項目為「解釋科學現象」、「評估與設計科學探究」及「詮釋科學數據及證據」等三項科學能力。

張珮珊、賴吉永和溫嫻純(2017)發展以酵素為主題的科學探究與實作課程，並探討科學論證與科學學習成效之關聯，研究對象為南部某縣立高中學生 18 人，該研究將科學探究能力評量分為「問題」、「主張」、「問題—主張關係」、「證據」、「主張—證據關係」、「反思」、「閱讀與比較」七大向度，並依劣優分為 1 至 5 等級。林小慧和吳心楷(2019)研究探討科學探究能力評量之標準及其效度，該研究將探究能力次能力分為「觀察與定題」、「計畫與執行」、「分析與發現」及「推理與論證」，表現等級分為加強、基礎、精熟三個等級，研究對象為 605 位 11 年級學生，研究結果顯示經由 Bookmark 法所設定之科學探究能力標準適切而且有效。蔡哲銘、邱美虹、曾茂仁和謝東霖(2020)探討專題導向的探究與實作課程之學習成效，研究對象為 32 位高一學生，該研究使用之實作評量是參考「十二年國民教育基本課程綱要自然科課程手冊」中的「探究與實作課程實驗報告的評量面向與評量層級」之雙向細目表，其向度分為「適合科學探究的問題」、「能提出符合研究問題的設計」、「能分析數據」、「會製作並應用圖表」、「提出結論或建立模型」等五個向度，每個向度再區分為 1-4 等級。

四、參加科學展覽對科學探究與科學學習之影響

參加科學展覽可以讓學生經歷「做科學」(doing science)的過程，讓學生親身體驗科學家的工作，且能從中習得問題解決方法與科學探究技能(鐘建坪和邱美虹，2014；McComas, 2011)。因此，為瞭解科學展覽對學生學習科學之影響，本節著重於回顧參加科學展覽之相關文獻。

國外研究部分，Akinoglu (2008)研究探討學生對科展專題研究之評價，受

試者為 100 位六年級到八年級曾參加過科展專題研究的土耳其學生，研究結果發現學生選擇之專題題目除了會受到先前研究啟發，也會受到當代事件、科技課程主題以及學生的興趣所影響，並發現網路是獲得資訊的主要來源，學生經過專題研究歷程後，對科技課越來越感興趣，也提升了科學成就測驗成績。Kyriazi 與 Constantinou (2004) 研究探討參與科展活動對學生之繪製圖表能力之影響，受試者為 35 位 5 年級的塞爾維亞學生，研究結果顯示學生的繪製直方圖與折線圖之能力皆有明顯的提升。Jaworski (2013) 研究探討參與科學展覽對於學生的科學探究知識與科學態度之影響。參與者於科學展覽前接受科學探究的前測，科學展覽後進行科學探究的後測，研究結果顯示參加科學展覽能增加學生的科學探究知識，學生對科學的態度會影響他們想要學習的內容，科學展覽能提升參與學生的科學學習態度，對科學研究表現積極態度的學生，是那些在參加科學展覽前就表示對科學感興趣的學生。

國內研究部分，有許多研究著重於參與科展活動對學生的探究能力、表徵能力、創造力、動機和科學本質之影響(牛其源;2019;李坤,2020;彭天音,2010 ;蕭佳純,2014;嚴婉尹,2008)。彭天音(2010)探討網路科展競賽對學生科學探究能力之影響，研究對象 2006-2009 年參與台北市氣象探究網路競賽共 169 組學生，該研究建議於科展活動進行前可先培養學生的探究相關能力，針對不同學生的個別差異部份作個別能力養成。嚴婉尹(2008)探討科展經驗對科學探究技能與科學探究歷程覺知的影響，研究對象六所公立國中的 633 位學生，研究結果顯示具有參與科展經驗之學生之「測量」、「應用時間和空間關係」、「應用數字」和「觀察」等四種基本過程技能，以及「下操作型定義」、「控制變因」、「解釋資料」、「實驗」和「形成假說」等五種統整過程技能皆顯著優於無參與科展經驗之學生；具有科展經驗之學生對科學探究歷程的覺知也較比無參與科展經驗之學生較為正確。鐘建坪和邱美虹(2014)探討參加科展學生持有之模型表徵類型與其發展順序，研究對象為參與過物理科展的兩位八年級學生，研究結果顯示在相同

探究時期，學生可以建構出具體、動作、語彙、視覺和數學等多種模型，但在不同探究時期，學生一開始建構出具體與動作表徵模型，接續建構出視覺、語彙和數學模型，並從單一結構漸漸形成延伸抽象結構；經由不同的探究階段，學生會漸漸掌握科展主題探索之變因，形成科展主題之概念架構，進而發展出各種表徵模型；最後建議教師設計實驗為主之探究相關活動時，應注重與具體與動作表徵模型之介紹，接續介紹視覺和語彙等表徵模型，最後才能形成數學模型。蕭佳純（2014）探討參與過科學展覽與未參與過科學展覽的學生之內在動機與創造力之異同，研究對象有參展經驗之學生 208 名，沒有參展經驗之學生 871 名，研究結果顯示有無參加科展學生的科技創造力，從開始階段即個別差異明顯，且具有不同發展趨勢，有參加科展經驗學生的發展趨勢多為先下後上，無參加科展經驗學生的發展趨勢多為先上後下，並發現參加科展訓練的學生之科技創造力會低於初始點；在內在動機部分，有參加科展經驗學生之內在動機對開始階段的創造力有正向影響，並且也對科技創造力的成長有正向調節的效果，但內在動機對於未有參加科展經驗的學生並無影響。牛其源（2019）探討參與科展對學生的科學本質與科學態度之影響，研究對象為 172 名參與科展學生，研究結果顯示學生之科學本質和科學態度的表現皆有達中上程度，學生的科學本質與科學態度之間具有顯著的正相關。李坤（2020）探討參與科展對學生之科學學習動機與科學過程技能之影響，研究對象為 68 位國小學生及 132 位國中學生，研究結果顯示參與科展競賽學生之「科學學習動機」前後測之整體表現具有顯著差異，但參與科展競賽學生之「科學過程技能」前後測的整體表現不具顯著差異。

也有研究討論不同教學法對參與科展學生之影響（郭泓男，2013；陳健忠，2015；陳雅君，2019）。郭泓男（2013）探討科展培訓教學模組對參與科展學生的探究能力之影響，該研究參考美國奧勒岡州教育部門提出之科學探究標準，設計出一套科展培訓教學模組課程，實驗組為接受培訓教學模組課程之 11 位學生；對照組為未接受科展培訓教學模組之 11 位學生，研究結果發現實驗組學生在「實

驗設計」、「實驗操作」、「數據處理」和「分析詮釋」四個面向之得分皆與對照組達到顯著差異。蕭佳純（2014）探討參與過科學展覽與未參與過科學展覽的學生之內在動機與創造力之異同，研究對象為具有參展經驗之 208 位學生，以及未參展經驗之 871 位學生，研究結果顯示學生的科技創造力從開始階段即有明顯的個別差異，且具有不同的發展趨勢，有參加科展經驗學生的發展趨勢多為先下後上，無參加科展經驗學生的發展趨勢多為先上後下，在內在動機部分，有參加科展經驗學生之內在動機對開始階段的創造力有正向影響，並且也對科技創造力的成長有正向調節的效果，但內在動機對於未有參加科展經驗的學生並無影響。陳健忠（2015）探討心智圖和論證教學融入科學展覽教學對學生之探究能力之影響，研究對象為 9 位參與科展學生和 50 位未參與科學展覽學生，研究結果顯示心智圖與論證教學融入科學展覽活動，可以提升學生的科學探究能力，心智圖可用培養學生的論證科學議題能力、形成科學議題能力、解釋科學現象能力及提出科學證據能力。陳雅君（2019）探討實施 DII 探究課程（Differentiated Inquiry Instruction）對學生的探究能力之影響，DII 探究課程是根據學生的程度差異來進行不同程度引導，研究對象為 4 位高探究能力學生和 3 位低探究能力學生，研究發現高探究能力學生因已具備基礎之探究能力，經過 DII 課程後，部份學生之能力有更好的表現；低探究能力學生經過 DII 課程後，其觀察和定題、計劃和執行、分析和發現以及討論和傳達等能力皆有提升。

也有探討科展參與公平性對學生科學學習影響之研究（Schmidt, 2014; Schmidt & Kelter, 2017）。Schmidt（2014）探討參加科學競賽對學生的科學、技術、工程和數學（STEM）學業成就和對職業的態度之影響，研究對象為來自八所學校的 86 名七年級美國，這些學生參加了科學展覽或科學奧林匹克競賽，研究結果顯示對於大多數學生而言，參加科學競賽對他們對科學探究的理解以及對 STEM 課程和職業的態度產生了正面積極的影響，但也發現一部分學生的表現卻相反。該研究認為參與科學展覽可以提升學生對科學探究的關注力，但也讓一

些學生壓力過大而產生的對科學的消極態度，因此應該去探討科學展覽項目之複雜性與研究時間長度和複雜性是否合適該年齡之學生，且要讓學生有更多的選擇和能更深入地參與科學探究，該研究建議學生可以從參與小的專題研究計畫項目開始，從中學習小組合作並獲得成就感。Schmidt 和 Kelter（2017）探討科學公平參與性對於學生學習科學探究之影響，研究對象為來自美國三所學校的 41 名七年級學生，這些學生皆參與過科學展覽，該研究透過焦點團體會議評估學生對 STEM 職業、課程之興趣以及對科學探究的理解。該研究結果顯示公平參與科學活動能增加學生對科學探究的理解，並影響了多數學生對 STEM 課程和職業的態度。但參與科學展覽實的壓力也可能會導致學生對 STEM 領域反而持有較消極態度，過於困難複雜或過於長期的科學展覽專題，可能並不適合這個年齡段的所有學生。因此該研究建議可以發展較短期的科展專題，或提供多一些學生小組合作機會，以提高學生對科學探究的理解和增進學生對 STEM 領域的積極態度。

除了關於科展參與者之研究以外，也有些關於科展指導教師之相關研究（沈惠淳和荊溪昱，2011；陳虹樺，2013）。沈惠淳和荊溪昱（2011）探討教師指導科展的實際作法、互動方式即遭遇之困難和需求。研究對象為 97 與 98 年度參與科展的 88 所國小教師，分析問卷後發現，教師最常遭遇之問題為研究歷程過久、時間不充足和缺乏團隊支援；教師之主要需求為成立專業人才庫、組成教學團隊、獲得補假或減課。陳虹樺（2013）探討不同科展經歷的指導教師之需求，研究對象為中小學「未擔任過科展指導教師」、「首次擔任科展指導教師」、「曾擔任過科展指導教師」和「擔任過科展評審委員」等四種經驗之教師，問卷調查結果顯示，不同經驗類型教師皆對科展指導之增能研習具有高度的需求，且以首次擔任科展指導教師者的需求最高，也發現教師對於「科展指導教師的專業成長」面向之需求度為最高。

第七節 科學閱讀

一、中文閱讀理解

Gagne、Yekovich 和 Yekovich (1993) 將閱讀理解分為字義理解 (literal comprehension)、推論理解 (inferential comprehension) 及理解監控 (comprehension monitoring)，其中字義理解包含「字義取得」和「語法分析」；推論理解包含「整合」、「摘要」和「詳細論述」；理解監控包含目標的設定、策略的選擇、目標的檢視、修正與補強 (岳修平譯，1998)。柯華蕙和方金雅 (2010) 認為閱讀是一個複雜的歷程，包含了詞彙和理解兩大部分，「詞彙」是理解的基礎，學生具有越充足的詞彙量，其理解能力則會越好；「理解」則可分「部分處理」與「本文處理」兩大部分。「部分處理」是指處理少量的文本，建構初級意義單位，包括「字意搜尋」、「形成命題」和「命題組合」三部分；「文本處理」則是指較長文本的理解，包括「文義理解」和「推論」兩部分。胡永崇 (2008) 及胡永崇、黃秋霞和王智玫等 (2014) 也提及閱讀理解的主要成分包括文字處理、文意處理、理解監控處理等三個歷程。

閱讀素養是現代公民所需具備的基本素養與能力，提高臺灣學生的閱讀素養也是未來政策應該持續關注之焦點 (余曉清和林煥祥，2017)。Norris 和 Phillips (2003) 提及閱讀不僅是學習字詞的連接，更需先瞭解字義，並能瞭解字詞累積後的意義，之後再進一步加以統整文本，才能真正理解文字所傳達的科學知識。許多研究也指出語言與認知發展也是科學學習的重要關鍵，若能在科學課程中重視學生的閱讀、寫作與口說能力，或許可以提升科學學習之成效，因為提供學生越多的閱讀與寫作之機會，越可以增進其科學概念之理解，進而提昇科學探究能力 (Jang & Hand, 2017; Pearson, Moje, & Greenleaf, 2010; Webb, 2010)。國際學生能力評量計畫 (Programme for International Student Assessment, PISA) 也強調閱讀素養的重要性，認為提升閱讀能力可以增進學生的文本理解能力 (Organization

for Economic Co-operation and Development, OECD, 2018)。柯華葳、詹益綾、張建好和游婷雅（2008）針對 2006 年國小四年級學童進行的「促進國際閱讀素養研究」（Progress in International Reading Literacy Study, PIRLS）研究與報告，研究中指出閱讀素養與國家競爭力具有密切關聯，閱讀最終目的就是理解，而在 PIRLS 測驗中包含了「直接理解歷程」的「提取訊息」與「推論分析」，以及「解釋理解歷程」的「詮釋整合」與「比較評估」，該研究也指出「解釋理解歷程」是國小學生表現較弱的部分。何宗懿（2015）研究指出 2015 年 PISA 評估閱讀理解的歷程可以分成「擷取與檢索」、「省思與評鑑」（reflect and evaluate）與「統整與解釋」三個向度，這三個向度彼此之間有著極為密切的相關，因此學生必須擁有使用各種閱讀策略的能力與意願，且能具有目的性地去檢索文章訊息，才能對文本進行整合與解釋，最後進而評估或反思文本的內容。

二、中文斷詞與相關研究

（一）中文斷詞

中文系統語拼音系統不同，在拼音文字系統中，詞界限是明顯存在，所以詞彙能很快地被察覺到，但是在中文文字系統中，在中文系統中的「字」是一個無意義的單位，且每個字元間的空格是一致的，詞彙不容易立即被察覺到。因此，學生在閱讀必須要先將可形成詞彙意義的字元切割，接著將「字」置於有意義的「詞」單位中，才能在認知歷程中產生意義的聯結，進行有效的識字歷程，這即是形成詞彙的第一步-「斷詞」（楊憲明，1998；廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧鈺，2012）。洪蘭、曾志朗和張稚美（1993）認為閱讀障礙最大的困難點在於缺乏一般詞彙，造成閱讀障礙的主要原因可能在於「斷詞」的困難，而非早期的西方學者認為閱讀中文的難處在於中文字結構較為複雜。該研究指出閱讀障礙孩童可能缺乏口語或書面詞彙量，或無法運用已經學過的口語詞彙去理解書面詞彙，例如當閱讀障礙孩童看見書面詞彙「得意」兩個字時，他們不了解就是口語詞彙

「驕傲、開心」之意思，反而會使用口語唸出「得思」，顯示出閱讀障礙孩童在閱讀時將相似字混淆了，並且未察覺到詞彙辨識的錯誤，此外也會產生錯誤的斷詞，例如當閱讀障礙學生看到「他的手氣得發抖」這個句子，會將其唸成「他的『手氣』得發抖」。

（二）斷詞相關研究

許多關於中文斷詞之研究著重於探討詞界限與閱讀之間的關係，透過調整詞界線或是凸顯詞間空格，以觀察兩者與閱讀表現間的關係（林昱成，2009；陳家興和蔡介立，2016；楊憲明，1998）。有些研究指出詞間空格對於一般讀者的閱讀並無顯著成效，但對閱讀初學者或是閱讀障礙學生，明顯的詞間空格的對其閱讀有其重要性（林昱成，2009；楊憲明，1998）。Bai、Yan、Liversedge、Zang 和 Rayner（2008）提出相互抵銷假說，認為當文章插入詞間空格時，雖然能幫助讀者辨識詞彙，但因呈現方式為讀者不熟悉的形式，進而產生干擾，這兩類效應相互抵消，導致插入空格時的表現與閱讀一般文章相仿。

楊憲明（1998）之研究探討詞間、詞內之空格的調整對於中文閱讀的影響。研究對象為 28 名國小五年級閱讀障礙學生，該研究發現詞間、詞內空格比例對於會明顯影響閱讀障礙學生的句子和段落的閱讀時間，該研究並將詞與詞之間的時間隔擴大，研究結果顯示詞間距有空格可以提升閱讀障礙兒童的閱讀速度。林昱成（2009）研究探討詞間空格與不同文章排版方式對閱讀速度和閱讀理解表現之影響，研究對象為五年級的閱讀困難學生，該研究發現，閱讀障礙學生進行有詞間空格的閱讀訓練，則可提升文章之閱讀速度。陳家興和蔡介立（2016）研究透過方框將中文字串斷詞對閱讀之影響，分析有效詞邊界組、無效詞邊界組、字元邊界及控制組織表現異同，透過眼動儀以瞭解在閱讀中文文章時，詞彙與字元表徵之運作方式，研究結果顯示詞彙是閱讀時的主要處理單位，字元邊界組並無干擾效果，此結果顯示字元在早期視覺辨認之角色。

國內也有研究直接使用斷詞測驗做為研究工具，探討斷詞與閱讀之間的關係（陳雅玲，2010；黃忻怡，2011；廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧鈺，2012）。陳雅玲（2010）研究中文斷詞表現是否對中文讀寫表現具有預測力，受試者為 102 名國小四年級學生，該研究結果發現控制智商與年齡之後，中文斷詞表現與四種讀寫能力有顯著相關，中文斷詞能夠有效的預測四種讀寫能力。黃忻怡（2011）探討國小低年級學童的中文斷詞表現與閱讀之間的關係，以 157 名國小低年級學童為研究對象，研究結果發現中文斷詞和識字、閱讀流暢性均有顯著相關，中文斷詞在一年級和二年級時，對短文念讀流暢性均具有顯著的預測力。廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧鈺（2012）研究探討國小學生之聲韻覺識、聲旁表音覺識、造詞能力和斷詞能力等四種能力，與中文閱讀能力之間是否具有預測力。該以 157 名國小低年級學生為受試對項，本研究結果顯示受試者的聲韻覺識、聲旁表音覺識、造詞能力和中文斷詞等四種能力，和中文閱讀能力有顯著的相關。楊文金（2011）研究指出，科學文本具有斷字成詞特性，建議教師於教學中多留下一些語言線索，詳細解釋名詞涵義或因果關係，以幫助讀者理解，或者先在可能斷詞困難之地方加註標記，例如「光合作用.依.反應順序.的.先後，可.分成.兩階段」，即可避免學生將文句斷成「光.合作.用…」。

近年台灣有關中文字詞分析之相關研究，常常使用中央研究院詞庫小組所研發之中文斷詞系統 CKIP（Chinese Knowledge and Information Processing），該系統之特色為將文章斷詞，進而辨識未知詞以及附有詞性標註，研究者可依據斷詞結果，擷取出所需詞彙作分析（陳世文和楊文金，2005；黃純敏，2019；黃純敏、陳聰宜和詹雅筑，2014）。由以上研究可知，探討詞彙界限與閱讀理解具有密切關聯，中文斷詞與閱讀流暢性也具有相關性，故本研究將採用斷詞測驗與中央研究院詞庫小組所研發之中文斷詞系統為測驗工具，以分析聽障學生之閱讀與理解能力。

三、科學文本

傳統的科學素養內涵中較少提及科學閱讀之重要性，教師在教學上也容易忽略科學文本的表徵意涵，使得學生容易產生閱讀上的困難（Norris & Phillips, 2003）。近年來科學教育開始重視科學文本理解，閱讀科學文本也逐漸成為重要的科學素養（Pearson, Moje, & Greenleaf, 2010）。陳世文和楊文金（2006）研究指出科學文本為了表達科學專有知識或理論，文本內容常會出現不同於日常生活的語言或詞彙，這些科學詞彙具有一些特徵，使得閱讀科學文本變成困難的解謎活動。故本節接續要討論科學文本所具有的一些特徵。Wellington 和 Osborne（2001）指出科學閱讀（science reading）有狹義與廣義兩種定義，前者是指在科學課中從科學教科書裡獲得資訊；後者則泛指從童書、雜誌、新聞等媒體獲得科學資訊，作者並認為科學語言的使用可能有以下問題：（1）科學詞彙或術語較為艱深，並且有許多科學詞彙有著不同的意義；（2）未給予科學詞彙很明確的定義，學生容易與日常生活用語混淆；（3）科學詞彙或術語的誤解會造成迷思概念且難以改變。Yarden（2009）將科學資訊傳播的文本的類型分為原始科學文獻（primary scientific literature, PSL）、改編原始文獻（adapted primary literature, APL）、教科書（textbooks）與新聞報導版本（journalistic reported versions, JRV）四大類，這四種類型的文本的作者、目標聽眾、內容、結構、主要體裁以及所呈現的科學面貌都不相同。在真實科學情境中，科學資訊傳播文本之類型主要為原始科學文獻（PSL）與改編原始文獻（APL），作者主要為科學家或科學教育學家，其目標對象主要是科學家或者是學生，文本體裁都屬於論證式的體裁，且皆符合當代科學本質的觀點。而在學校科學情境中，科學資訊傳播文本之類型主要是新聞報導版本（JRV）以及教科書（textbooks），作者主要是科學新聞記者、科學家或科學教學育家，目標對象主要是一般大眾或者是學生，文本體裁不一（包括敘事、說明或論證），教科書會包含學科概念結構，但上述二者之內容都較缺乏證據之呈現。值得注意的是教科書的文本因為主要目的為把傳遞知識給學生，所以主要體裁多

為說明式，內容多為提及科學事實，呈現的科學多為確定的，因此對於科學知識也未能反映當代的科學本質觀。

也有一些關於「名詞組」的研究，程琪龍（1994）指出「名詞組」是由修飾語加上中心詞所構成的，修飾語有指示、序數、修飾、類別和限定五種功能。一個小句的深度階代表一個小句內有多少詞組，一個詞組的深度階則代表了一個詞組內有多少詞。Halliday（1993）指出名詞組具有分類的潛勢，名詞組除了能精確陳述事物外，也可以說明其他類別之存在，即具有分類的功能，例如：「綠色植物」中的「綠色」為修飾語，「植物」為中心詞，此名詞組除了可以限定所指為綠色的植物外，還隱含著尚有「非綠色」的植物存在。此外，深度階越高的名詞組，其蘊含的語言訊息量越多，例如「染色體」是一個名詞，如加上「同源」成為「同源染色體」，即為深度二度的名詞組，如再加上「成對的」成為「成對的同源染色體」，則為深度三度的名詞組，如再加上「細胞核內」成為「細胞核內成對的同源染色體」，則為深度四度的名詞組，深度階越高的名詞組因為訊息越大，也越容易造成閱讀困難。陳惠如（2009）探討低識讀能力學生對「血糖的恆定」文本之閱讀理解情形，發現學生對過程詞（包含動詞或動詞組）都有閱讀困難，且深度越深的名詞組會使學生產生越多的閱讀困難，以及零代詞會影響學生之閱讀理解。該研究建議教師除了重視科學內容教學外，也應重視科學語言教學，才能使學生提升閱讀科學文本之技能。

陳世文和楊文金（2006）提及科學文本常常出現技術性術語（technical terms），這些術語常常有特定的科學意義，若缺乏這些術語可能會無法建構系統化的科學概念，而且這些術語是日常生活中很少使用到，因此可能會造成學生閱讀上的困難。這些技術性術語可以分為三類，第一類是「微觀詞彙」（microscopic terms），微觀的意思是指學生無法直接觀察到這些詞彙所指概念，例如原子和原子核；另一類是「鉅觀詞彙」（macroscopic terms），鉅觀是指這些詞彙所指涉的實體是相當鉅觀的，且無法透過直接的觀察或操作來學習，例如太陽系和行星；第三類是

「屬性詞彙」(attributive terms)，例如正電、負電和電中性等等，屬性詞彙是用來描述微觀詞彙的性質，例如電子具有「帶正電」的屬性，此概念更為抽象且難以理解。陳世文和楊文金（2009）研究指出，教科書的陳述方式分可為表達單一語意關係的陳述方式，例如陳述「A 與 B 是 C」或「C 是由 A 和 B 組成」；或是表達雙重語意關係的陳述方式，其例如：使用「分為、分成、含（有）、包含、包括、（具）有和除了」等七種陳述方式，這些詞彙同時具有動詞及連接詞形式，可用來表達雙重語意關係，而表達單一語意關係的陳述方式屬於外隱陳述，此方式能較清楚呈現詞彙的語意關係。但是科學教科書中常會使用內隱陳述，例如「神經元包含細胞本體和神經纖維」，教師可將上句改寫為「神經元包含細胞本體和神經纖維兩部分」，這樣的陳述方式可減少語意關係辨識錯誤的發生。研究並建議盡量將內隱陳述轉化為外顯陳述來表達，雖然教科書文字無法立即改變，但教師是動態的解說角色，可解釋這些陳述方式表達之語意關係。

楊文金（2011）研究指出科學文本具有以下幾個特性：斷字成詞、零代詞、邏輯詞（或）、虛擬動詞。在斷字成詞部分，該研究並建議教學者可以多留下語言線索，或是在可能發生斷詞困難的地方加註標記。在零代詞部分，漢語常常在文章中省略主語或賓語，而造成許多理解歧異，教師可以於文本中將主詞放回去，協助讀者釐清因果關係。在邏輯詞（或）部分，「或」具有許多意義，在科學文本中「或」可以表示「等同」、「與」、「所有」、以及「排斥」的或和「兼容」的「或」，等意義，因此該研究建議教師除了教科書內容外，也應教導學生科學語言。虛擬動詞是指把表達動作的動詞變成表示實體的名詞後，則必須找出另一個動詞以便敘述，例如把動詞「推」與「拉」變成名詞「力」，就必須加入動詞「施…於」或「受…作用」，該研究建議是教師於課堂中應選擇適當的漢語語詞來使用，或是徹底釐清「虛擬動詞」的意義。陳世文、古智雄和楊文金（2018）探討科學文本中的科學詞彙歧義（lexical ambiguity），這種歧義是指在科學文本中同一個科學詞彙會產生多種不同意思，例如氫可以表示「氫氣」、「氫原子」或「氫元素」

等意涵，作者建議文本中應明確解釋歧義詞彙，在語境部分加強鋪陳，以及文本中要精確解釋歧義詞彙。

本節最後要討論聽障科學文本之相關研究，Marschark 等人（2009）探討不同的科學文本呈現方式對聽障大學生與一般大學生學習科學概念之影響，受試者為聽障 20 位聽障大學生與 20 位聽力正常大學生，聽障生的科學文本以書本或美國手語影片呈現，一般大學生科學文本則以書本或聲音呈現。研究結果顯示聽障學生從書本或是從手語影片中學習到的科學知識都比一般學生少，因此作者推論聽障學生在閱讀理解上所面臨的挑戰可能比之前研究假設更加複雜。由以上文獻可知，科學文本具有詞彙歧義、名詞組、斷字成詞、零代詞、邏輯詞（或）、虛擬動詞等特質，皆是造成學生閱讀具有困難之主因。因此，對閱讀能力侷限於小學三至四年級的高中聽覺障礙學生而言，閱讀科學文本必然會是一件艱困的任務。

四、科學語言遊戲

林文杰（2007）發展出將「命名」、「取代」、「打包」、「拆解」四種科學語言遊戲融入物理教學的策略，研究結果顯示可以增進學生理解文本的語意理解及語法應用之能力，其中「打包」是指在生活中或課文中出現的兩個句子，都可以改寫成意思相同的一句；「命名」是指在生活中或課文中出現的某些情況可以用一個名詞組代表；「取代」是指在生活中或課文中出現的一個詞，都可以用不一樣的詞改寫成意思相同的另一句；「拆解」是指在生活中或課文中出現的一個句子，都可以改寫成意思相同的兩句。廖哲政（2009）研究指出使用科學語言遊戲教學可以破除國二學生之溶解迷思概念，其中科學語言遊戲包含命名、打包和拆解三部分，其中命名是指利用語法將一小句改成名詞的方式，打包指可以將多事件「濃縮」為一事件的方法，拆解是事件之間的分解，也就是打包的反向過程，該研究結果顯示「科學語言遊戲」教學策略能提升學生學習成效，學生也能較長時間保留概念。粘福揚（2009）探討語言遊戲融入教學對國二學生學習燃燒概念之影響，

使用「打包、拆解、命名和取代」四種方式融入教學，該研究結果顯示科學語言遊戲教學後能提升教學成效。蘇子傑（2011）研究探討科學語言遊戲教學對國三學生學習燃燒概念之影響，採用「打包、拆解、命名和取代」四種方式融入教學，該研究結果顯示科學語言遊戲教學後能提升教學成效。歐守娟（2011）探討科學語言遊戲融入教學對國三學生學習溶解概念之影響，採用「打包、拆解、命名和取代」四種方式融入教學，結果顯示可以改善學生持有之溶解迷思概念，但因教學時間較長，該研究建議可調整於輔導課或社團進行，並增加實作內容。

從以上研究可知透過透過「命名」、「取代」、「打包」、「拆解」可以逐步拆解科學文本，並破除學生之迷思概念，故本研究採用林文杰(2007)與廖哲政(2009)提出之研究所使用之科學語言遊戲為測驗工具。



第八節 擴增實境

2010 年與 2012 年「地平線報告 (The Horizon Report)」指出擴增實境能提供深度學習、互動學習、探究學習、情境學習，以及能呈現過大、過小或難以操作的物件，認為擴增實境在教育領域是極具潛力的 (Johnson, Adams, Cummins, Estrada, Freeman, & Ludgate, 2012; Johnson, Levine, Smith, & Stone, 2010)。教育部於 2018 年公告之十二年國民基本教育課程-自然科學領域綱要之課程目標也提及應該培養學生運用科技學習與解決問題的習慣，為其適應科技時代生活來奠定良好基礎。本研究使用擴增實境融入教學，期望透過擴增實境技術將抽象之概念具體化，以促進聽障學生的科學概念理解。

一、擴增實境之定義與發展

(一) 擴增實境的定義

Milgramet 和 Kishino (1994) 指出廣義的擴增實境是指透過模擬提示增加使用者的自然回饋，同時也提及擴增實境是以虛擬實境之形式呈現，且會透過使用頭戴式顯示器以觀看真實環境。Azuma (1997) 指出擴增實境科技具有「將 3D 虛擬物件整合於真實情境」、「即時互動」和「運作於 3D 環境中」等三種特色。Höllerer 和 Feiner (2004) 指出擴增實境系統能整合虛擬訊息至真實環境中，且能透過聲音、影像以及其他形式反饋，讓使用者在真實的環境中接受到訊息，此外擴增實境系統也在真實環境補充了一些訊息，因此並非是完全人造的虛擬環境。Ludwig 和 Reimann (2005) 指出擴增實境科技是連結人類和電腦的新科技，透過擴增實境能真實景象中加入虛擬物件，例如能於真實景象提供即時影像。

Zhou、Duh 和 Billinghurst (2008) 提出擴增實境是一種科技，透過擴增實境能夠及時產生虛擬的圖像，並且能將圖像覆蓋在真實物件上。Yue 和 Yaoyuneyong (2011) 指出擴增實境是一種科技之泛稱，此科技可以於真實情境中投影出文字

影像或者影片。Klopfer 和 Squire (2008) 指出擴增實境光譜之概念，認為擴增實境提供的訊息量如同光譜，輕度的擴增實境能在真實環境中提供使用者較少量的虛擬訊息，重度的擴增實境則能在真實環境中提供大量的虛擬訊息。Cheng 和 Tsai (2013) 指出近年許多研究使用之擴增實境系統較少呈現出 3D 虛擬物件，因此提出擴增實境是非必要於真實情境中提供 3D 虛擬物件或訊息。

由以上文獻可知，擴增實境之定義越來越廣泛，從一開始限定於使用頭戴裝置與呈現 3D 虛擬影像，近期則多使用手持行動裝置與呈現多媒體訊息。因此可知，擴增實境之定義是隨著科技進步而變動的。

(二) 擴增實境的歷史

Heilig 於 1955 年首次提出 Sensorama 一詞，認為在未來能夠帶領閱聽者進入螢幕內，並透過各種感覺以感受影片（引自 Yuen, & Yaoyuneyong, 2011）。1960 年代，Sutherland 研發出頭戴式裝置，並透過此裝置建構出虛擬環境（Sutherland, 1968）。1975 年，Kruege 研發出 Videoplace，使用者可以在此空間內和虛擬物件互動（引自 Yuen, & Yaoyuneyong, 2011）。1992 年，Caudell 首次提出擴增實境（Augmented reality, AR）一詞，並設計出能將虛擬圖像呈現在真實環境的系統，以幫助飛機技工學習電纜組裝（Caudell & Mizell, 2004）。1994 年，Milgram 和 Kishino 提出現實-虛擬的連續系統（Reality-Virtually continuum）概念，認為真實環境和虛擬環境為此連續系統之兩端，兩端之間存有混合實境（Mixed Reality），而擴增實境較為接近於真實環境，如圖 2-8-1 所示。

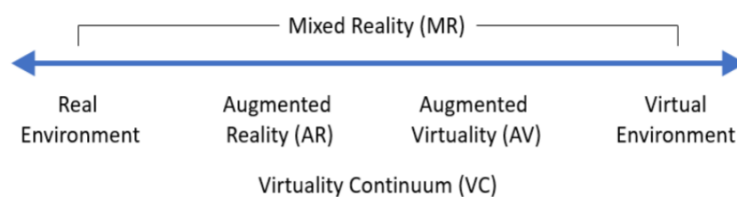


圖 2-8-1 現實-虛擬連續系統概念

2000 年之後，關於擴增實境的相關科技如雨後春筍般地冒出，例如擴增實境遊戲、擴增實境導覽、擴增實境書籍和擴增實境手機 APP 等，本研究整理擴增實境的發展歷史圖如圖 2-8-2。

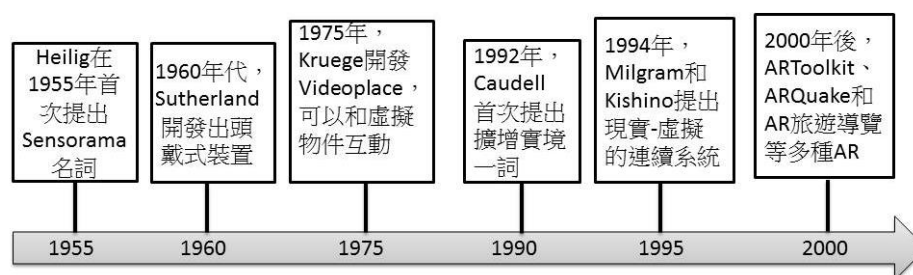


圖 2-8-2 擴增實境的發展歷史圖

二、擴增實境在教學上的使用

(一) 擴增實境的使用目的

科技始於人性，但是很少研究說明與討論使用擴增實境科技之目的性，多數研究皆討論擴增實境對教學的助益（Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca, Baldiris, Fabregat, & Graf, 2014; Chen, Liu, Cheng, & Huang, 2017; Cheng & Tsai, 2013; Radu, 2014; Wu, Lee, Chang, & Liang, 2013），但較少研究討論基於何種目的去使用擴增實境。Wu 等人（2013）研究指出教學法可分為注重於學生角色、教學任務或位置等三項，並引申提及未來研究可以重新思考情境化、真實性與投入感等三個教育之重要議題，因此 Wu 等人（2013）提出的情境化、真實性與投入感等三大議題應可以做為發展擴增實境之目的，即是可將研究之目的分為注重於真實性、注重於情境脈絡和注重於投入性等三項。此外，近年來也有研究使用擴增實境教導特殊學生學習科學（McMahon, Cihak, Gibbons, Fussell, & Mathison, 2013; McMahon, Cihak, Wright, & Bell, 2016），這些研究透過科技以提升特殊學生之科學學習成效，其研究目的為注重學生之個別需求；也有一些研究設計具有鷹架功

能之擴增實境，於擴增實境中設置提示系統，以期望能透過步驟與訊息之提示以提升不同程度學生的學習成效(Ibáñez, Di-Serio, Villarán-Molina, & Delgado-Kloos; Yoon, Elinich, Wang, Steinmeier, & Tucker, 2012)，這些研究之研究目的應為注重於提供輔助鷹架。基於以上文獻可知，擴增實境之使用目的應可分為注重於真實性、注重於情境脈絡、注重於投入性、注重於個別化以及注重於輔助鷹架等五大類型。

(二) 擴增實境之設計理論

Cheng 和 Tsai (2013) 提出基於圖像辨識之擴增實境 (Image-Based AR) 能透過圖像辨識以呈現 3D 物件，而基於位置辨識之擴增實境 (Location-Based AR) 能透過定位系統 (如網路或 GPS) 於特定位置呈現相關之訊息。而且，基於圖像辨識之擴增實境能提升空間能力、實作練習技巧與概念理解；基於位置辨識之擴增實境能用在探究學習中，故該研究提出可將心智模式理論、情境認知理論、空間認知理論與社會建構學習理論作為未來擴增實境相關研究的理論基礎。除上述四種理論，也有研究使用其他理論作為設計基礎，例如 Atwood-Blaine 和 Huffman (2017) 於研究中設計擴增實境遊戲，透過對話式闖關遊戲來鼓勵學生參與科學，故此研究應為以遊戲學習理論為設計理論；也有研究同時使用兩種理論，如 172.

Montoya、Díaz 和 Moreno (2017) 研究同時使用到多媒體學習理論與多重表徵理論，設計出靜態和動態內容之擴增實境，該研究比較靜態和動態內容之呈現順序差異性對學生學習的影響；Chiang、Yang 和 Hwang (2014) 研究設計出能同時呈現圖片與文字之擴增實境，並於擴增實境介面中設計出提問、調查、創造、分享與回饋等功能，故此研究應為使用多媒體學習理論與探究學習理論為設計理論；Enyedy、Danish、DeLiema 和 David (2015) 研究設計一系列關於牛頓力學的擴增實境系統和相關之活動，用以幫助學生構建出力學概念，故此研究應為以建模理論為設計基礎。Ibáñez、Di-Serio、Villarán-Molina 和 Delgado-Kloos (2015)

研究設計之電學擴增實境含有查詢系統，此系統可以提供學生鷹架支持，透過此系統能提升學生的自我監控能力，故此研究應為以鷹架理論為基礎理論。從以上文獻可知，擴增實境之設計理論基礎應可分為多媒體學習理論、多重表徵理論、空間能力理論、情境學習理論、探究學習理論、鷹架理論、建模理論和遊戲學習理論。

（三）擴增實境之教學功能

Azuma（1997）提出擴增實境是一種科技，透過擴增實境能將 3D 虛擬物件整合於真實情境中，且擴增實境具有「結合虛擬與真實世界」、「即時互動」和「運作於 3D 環境中」等三種特色。Shelton 和 Hedley（2002）指出擴增實境可以使用於天文學和地理學等學科，這些科目之特徵是較難於真實世界中體驗，而擴增實境教學能夠將難以體驗之課程以可觀察之形式呈現出來。Yuen 和 Yaoyuneyong（2011）指出擴增實境適用於探究性之活動，能夠幫助高層次任務（high-level task）的完成，培養學生的表徵轉換能力、建立合適模型能力、培養創造力以及論證能力。Cheng 和 Tsai（2013）指出基於圖像辨識的擴增實境能夠提升空間能力、實作練習技巧和概念理解，基於位置辨識的擴增實境能夠用於探究學習。Wu 等人（2013）指出擴增實境能夠將學習內容以 3D 呈現、提供合作學習之機會、提供情境學習之機會、提供學習者存在感、即時感和沉浸感、能將不可見物質可視化等特徵。也有研究認為擴增實境能夠提供學生技術練習之機會，McMahon、Cihak、Gibbons、Fussell 和 Mathison（2013）指出透過擴增實境能讓學生反覆學習食物營養成分，以確定食物中是否有含有過敏原；也有研究指出擴增實境能夠提供學生個別化的需求，McMahon、Cihak、Wright 與 Bell（2016）研究依據特殊學生的個別需求設計出合適的擴增實境，該研究設計出科學詞彙 AR 以協助學生學習科學詞彙。由以上文獻可知，擴增實境應有將概念可視化、提供 3D 虛擬、提供模擬情境、提供沉浸感、增進小組合作、提供模型建立、提供探究實作、提供個

別化設計與提供技術練習等教學功能。

三、擴增實境在特殊生科學教育領域之相關研究

蔡浩軒和孟瑛如（2020）分析國內 2011 年至 2019 年關於擴增實境用在特殊教育之 22 篇實證研究，研究結果顯示語文領域與國小階段最常將此技術應用於教學，自閉症（26%）、學障（17%）和智障、聽障與情障（13%）為較多研究之障礙類型，也發現自然科學等科目則尚無相關研究，最後該研究呼籲可以多發展自然科目相關的擴增實境教學。

在國外研究部分，因應學生的特殊需求來設計擴增實境的研究依舊稀少，Garzón、Pavón 和 Baldiris（2019）分析 2012 年至 2018 年間發表在科學期刊與研討會的 61 篇文獻，分析發現與科學領域僅有一篇文章用於特殊教育領域之研究，該篇文章設計出心肺復甦擴增實境程式，並指出擴增實境可以用於幫助視障學生學習心肺復甦概念。Garzón、Pavón 和 Baldiris（2019）分析結果顯示僅有 2.5% 的研究會針對學生的特殊需求來設計擴增實境，此結果與 Bacca 等人（2014）研究和 Wu 等人（2013）研究相符，至今依舊只有少數擴增實境會依照用戶的特殊需求所設計，故該研究認為為來研究應該要審視教育環境的多樣性，並使用擴增實境來解決多樣性的問題，研究者應開始考慮無障礙教學環境之設計。

本研究自行整理國外 2005 年至 2017 年間使用擴增實境來教導特殊學生學習科學之研究，發現僅有三篇是用於特殊生之科學教育領域（Cascales-Martínez, Martínez-Segura, Pérez-López, & Contero, 2016; McMahon, Cihak, Gibbons, Fussell, & Mathison, 2013; McMahon, Cihak, Wright & Bell, 2016），例如 McMahon、Cihak、Wright 與 Bell（2016）依據特殊學生的個別需求設計出科學詞彙 AR，協助 1 名自閉大學生與 3 名智能障礙大學生學習科學詞彙；McMahon、Cihak、Gibbons、Fussell 和 Mathison（2013）讓 7 名智能障礙大學生透過擴增實境來反覆學習食物營養成分，並確定是否有過敏原；Cascales-Martínez、Martínez-Segura、Pérez-López、

和 Contero (2016) 研究設計了認識錢幣擴增實境程式，幫助 22 位國小各種障別的特殊學生認識錢幣與數學計算。由以上文獻資料可知，將擴增實境使用在特殊生科學教育領域之相關研究依舊稀少，因此本研究認為應該多發展相關的研究與教學法。

四、擴增實境的相關回顧論文

Zhou 等人 (2008) 回顧 1998 年至 2007 年間於發表於 ISMAR 研討會的擴增實境相關論文，回顧與分析之重點為分類擴增實境的互動科技、分類擴增實境的追蹤科技和分類擴增實境的載具類型，該文章提及 3D 追蹤之主要困難在於場景之複雜性與目標物件之移動，並認為頭戴式裝置是最直接與便利的載具，但具有笨重和無法長戴的缺點，而投影式載具有不易移動的缺點，並認為移動式載具可能會是未來的趨勢，最後提及將擴增實境研究從實驗室帶入業界仍是一個挑戰，但學術界與工業界皆認為擴增實境技術在眾多領域中皆具有極大之發展潛力。Yuen 和 Yaoyuneyong (2011) 論文回顧了擴增實境使用之領域，並聚焦於教育領域的五種擴增實境類型，包含擴增實境遊戲、擴增實境書籍、幫助物件建模的擴增實境、基於發現學習的擴增實境與幫助技術練習的擴增實境，文章並提出未來可能之發展方向。Cheng 和 Tsai (2013) 回顧性論文指出擴增實境引設備不同可分為基於圖像辨識之擴增實境 (Image- Based AR) 與基於位置辨識之擴增實境 (Location-Based AR)，基於圖像辨識之擴增實境是指透過圖像辨識以呈現出 3D 物件，基於位置辨識之擴增實境是指透過定位系統 (如網路或 GPS) 並於特定位置呈現出相關訊息。而基於圖像辨識之擴增實境能提升空間能力、實作練習技巧與概念理解；基於位置辨識的擴增實境能用於探究學習。該研究並指出較多基於圖像辨識之擴增實境會去討論學習互動經驗，較多基於位置辨識的擴增實境研究會去討論學習成效和學習過程的影響，文中也指出於未來研究可使用心智模式、空間認知、情境認知與社會建構學習等四種理論架構為理論基礎。Wu 等人 (2013)

指出擴增實境之教學方法可分為注重於學生角色、教學任務和位置等三類，並討論不同種類之擴增實境如何幫助學生學習。注重於學生角色之擴增實境能夠提供學習者存在感、即時感和沉浸感，例如透過虛擬情境或嚴肅遊戲(serious games)以提升學生之投入感(engagement)；注重於教學任務之擴增實境能將學習內容以 3D 形式呈現，或能將虛擬之物件疊加在真實物件上或真實環境中，因此能使得概念或物件可視化，以提升概念之真實感(authenticity)；注重於位置之擴增實境能夠結合行動載具和網路科技，以提供學生情境學習、社會互動和合作學習等機會，也可以作為正式教學和非正式教學之橋樑，例如於博物館使用科學擴增實境能夠引發學生學習動機。該研究提到未來之擴增實境研究可以重新思考真實性、情境化和投入感等三個教育上重要之議題，以及思考擴增實境是否會增加學生之認知負荷，最後建議擴增實境也可以用於特殊需求學生和終身教育中使用。Radu (2014) 回顧 26 篇擴增實境文獻，分析擴增實境之有效性、擴增實境和其他多媒體教學之成效比較。分析結果顯示，與其他多媒體相較之下擴增實境具有之使用缺點如下：1.需要更高的注意力：使用擴增實境會產生隧道視覺(tunnel vision)效應，導致學生忽略某些重要部分或無法正確執行團隊任務；2.擴增實境系統較不易親近，部分文獻指出擴增實境地圖較其他地圖難以使用，擴增實境頭戴式裝置不方便學生使用；3.課堂互動較差，文獻指出非擴增實境的課室中，學生與教師間有更多探索和角色扮演活動；4.對高成就學生較無效，成績優異的學生在沒有使用擴增實境的傳統教室中，反而獲得更好的學習成就。Tsai、Shen 和 Fan(2014) 分析了 19 篇發表在 SSCI、SCI-EXPANDED 和 A&HCI 期刊之文章，期間為 2003 年至 2012 年，分析的重點為 AR 發表數量趨勢研究對象、研究領域、研究方法與發表者國家。Bacca 等人(2014) 分析了 2003 年-2013 年間共 32 篇文獻，回顧與分析的重點為使用領域、研究目的、優點、限制、有效性、擴增實境類型、研究樣本及研究方法等等，該研究特別指出特殊學生的需求在相關研究未提及，認為特殊學生之需求可做為未來研究重點。Chen 等人(2017) 回顧 2011 年至

2016 年間的擴增實境文獻，共選取了 55 篇文章，回顧與分析的重點為擴增實境之文章發表國家、研究領域、研究方法、研究樣本數、在教育環境的用途、優勢，特徵和有效性等因素。Akçayır 和 Akçayır (2017) 對教育環境中使用擴增實境之文獻進行了系統性回顧，共選擇了 68 篇文獻進行分析，回顧與分析的重點為出版年份、學習者類型、擴增實境使用的科技以及擴增實境的優勢和挑戰等因素，該研究顯示過去四年中擴增實境研究的數量有所增加，擴增實境的最大優勢在於促進了學習成績的提升，最大的挑戰在於對學生而言使用擴增實境是困難的。Arici、Yildirim、Caliklar 和 Yilmaz (2019) 回顧 2013 年至 2018 年發表之 62 篇擴增實境文章，分析結果顯示行動學習、科學教育、科學學習和數位學習是使用最多的關鍵字，而近期研究議題較為行動學習，研究變量主要為學生學習成就、動機和態度，該研究並發現行動載具和圖像辨識的擴增實境最常被研究者所使用。



第九節 心智模式與表徵

一、心智模式

心智模型理論確切的起源是眾說紛紜的，多數人認為是起源於19世紀Peirce的著作「邏輯」（Logic）一書中所提出，或是二戰期間 Craik 的心理學研究中所提出。Craik 在1943年著作「解釋的性質」（The Nature of Explanation）書裡提及，如果生物體在腦中能具有統整外部真實情境與自身可能的行動「小規模模型」（small-scale model），此模型可以嘗試各種不同的方案，得出最好的結論並做出反應，並能利用過去的知識來處理現在和未來所面臨的問題，並能找出更全面、更安全、更好的方式處理所面臨的緊急情況（Jonson-laird, 2013）。

Norman（1983）提出心智模式是一種提供學習者使用或學習的系統，可用以傳達或教導目標，人們透過與此系統的交互作用，會不斷地修正自己的心智模式，使之運作順暢。並認為心智模式有以下特性：心智模式是不完整且不科學的，；人們執行心智模式的能力極為有限；心智模式是不穩定的，人們對於使用心智模式時極容易遺忘其細節；心智模式沒有明顯的界線，很容易混淆是在建構或是在操作。心智模式是節約的，人們寧可出體力而不願花時間在心智的繁雜上。Johnson-Laird（1983,1999）提出人們透過感知理解世界，透過思考能夠預測世界變化並且做出選擇並行動，這些都是依靠心智模式的運作。心智模式是對世界的抽象和類比的表徵，會影響人們對語言的理解，人們會透過內在建構的心智模式來瞭解世界，反之也可以透過感官、想像或類比而再次建構出新的心智模式。

Vosniadou和Brewer（1992）提出心智模式動態的結構，人們是會根據問題之目的、問題的類型或是其他狀況而有不同的心智模式，心智模式是從概念結構所產出的，因此也會受限於這些概念結構。Vosniadou（1994）研究兒童對地球形狀、日夜循環、熱與力等四個概念的心智模式，研究結果顯示兒童解釋自然現象時有以下三種模式：1.初始模式（initial model）：基於日常生活之經驗，是由一些基

礎之信念所組成，而且沒有受到任何文化上或是科學上的球形地球所影響；2.綜合性模式（**synthetic model**）：結合初始的心智模式之觀點與球形地球之觀點。基於觀察與經驗、文化背景及科學知識所調和之解釋；3.科學模式（**scientific model**）：與科學觀點相同，但當兒童具有科學模式時，也可能同時擁有初始模式，也就是說兩種模式能夠同時存在，依兒童遭遇的情況來使用之。Rickheit和Sichelschmidt（1999）認為心智模式是人們理解外在物體、狀態或事件的方式，可以被視為是一種能將外在事物、結構和過程表達出來的內在表現。因此，外在的推理過程也被解釋為是操縱內部模型的過程。心智模型可以被視為一種符號結構，人們可以使用心智模式描述一個系統之目的、結構內容、狀態和功能。

二、表徵

表徵概念早期是以Bruner的認知表徵理論為基礎，Bruner（1973）研究指出人們的認知發展是由內外兩種歷程引導出來，人們的知覺、思考和推理是內向的心理歷程，而教育是一種外向的歷程。介於內外歷程之間還有一種內在模型，稱為表徵系統（**system of representation**），是指人們在處理外界事物時所使用的一套法則。Bruner並把認知發展分成三個學習階段：1.動作表徵期：即靠動作來認識瞭解周圍的世界以獲得知識；2.影像表徵期：即經照片、圖像等物體知覺所留在記憶中的心像來獲得知識；3.符號表徵期：能運用符號、文字、語言來獲得知識。

Salomon（1979）研究指出符號可以視為表徵，表徵也由不同的符號系統組合而成。所以任何物體、記號、事件、模式、圖畫等，皆稱為符號，符號本身可以表徵、提供或者是展現某些意義，這一些符號本身提供了字元或是編碼元件，經某些規則或者是約定成俗，將它們加以組合與安排後就成為了能夠表達某些意義的基模（**schemes**）。Paivio（1991）提出雙元編碼理論，認為人們表徵系統可分為文字與非文字兩類，文字表徵系統主要處理語言相關之訊息，非文字表徵系

統則是處理圖像與空間的訊息。此兩種表徵是分開儲存與處理，非文字表徵系統將訊息傳送到文字表徵系統的速度較快，兩種表徵的互相連結，使人們能接受更有深度與廣度的知識。

Ainsworth (1999) 將多重表徵主要分類為三種功能：1.互補功能：表徵可分為文字表徵與非文字表徵，兩種表徵的能互相連結與交互作用，補足彼此之不足，提供更深度與廣度的知識；2.限制詮釋功能：分為熟悉性限制及內在特性限制。熟悉性限制是使用較熟悉的表徵來幫助理解一個較不熟悉的表徵，例如：類比。內在特性限制：表徵之訊息量較為不足、較為抽象或不熟悉時，會使用第二個表徵以限制之前呈現的訊息，讓人們可以從限制範圍中做出正確推論；3.建構功能：多重表徵能讓學生對於知識有較深層的瞭解，提高知識的抽象化、延伸性及表徵之間的關連性。Boulter 和 Buckley (2000) 提出以表徵的方式和表徵的屬性兩個不同的維度來分類及解釋模型，表徵的方式主要分為具體的 (concrete)、言語的 (verbal)、視覺的 (visual)、數學的 (mathematical)、動作的 (gestural) 等五種方式，並且又可再細分為單一或混合的表徵方式，例如同時使用視覺與數學的表徵，即為視覺與數學之混合表徵方式。

第十節 遺傳學相關教學研究

遺傳學是生物學是核心領域之一（Fisher, Wandersee, & Moody, 2001），因生物科技快速發展，故學習遺傳學可幫助學生認識生物科技發展後衍生的一些社會議題，所以遺傳學知識應為科學素養的未來公民所必需瞭解的（Browning & Lehman, 1988; Mertens & Hendrix, 1990）。許多學者提及學習遺傳學需要理解三大主題，包括孟德爾古典遺傳的遺傳主題（genetic model）、細胞分裂主題（cell division）與分子表現主題（molecular model）（Duncan, Rogat, & Yarden, 2009; Pavlova & Kreher, 2013; Roseman, Stern, & Koppal, 2006; Williams, DeBarger, Montgomery, Zhou, & Tate, 2012）。在遺傳主題部分包括受精、生殖和遺傳物質之知識，探討親代遺傳基因給子代的機制；細胞分裂（cell division）主題中包含有絲分裂（mitosis）與減數分裂（meiosis）兩種，有絲分裂主要的功能為細胞增殖，而減數分裂的功能為形成生殖細胞；分子表現主題包含基因表現產生蛋白質的機制。吳貞儀、林陳涌和張永達（2016）指出遺傳學包含微小分子（核苷酸和等位基因）、巨大分子（染色體和蛋白質）、細胞與生物體等生物組成層級（organizational level），也包含生殖、細胞分裂（有絲分裂和減數分裂）、受精及基因表現等的生物過程。

黃台珠、鄭世暖、林明輝、蘇懿生、張學文和趙大衛（1994）研究指出遺傳學中專有名詞（如基因和染色體）、符號概念（如顯隱性）、事件概念（如減數分裂），皆屬於較抽象之概念，也會需要透過數學符號來加以表示與計算結果，因此使得遺傳學的教學更為困難。Lewis 和 Wood-Robinson（2000a）研究也提及遺傳學學習困難原因，認為遺傳學之基本結構的概念多分布於生物課程中之不同單元，各種基本結構之間的物理關係並沒有被緊密的連結以及被明確地呈現，因此造成學生缺乏融貫的概念結構。此外也有許多研究指出造成遺傳學學習困難的原因，在於科學文本，因為學生無法對陌生且眾多的專有名詞產生有意義的聯結，

因而造成學生上的概念混淆（Lewis & Wood-Robinson, 2000a, c; Lewis & Wood-Robinson, 2000b; Oztap, H., Ozay, E., & Oztap, F., 2003）。此外也有許多研究指出，學生的學習遺傳學的困難是源於教材圖示與教學方法不適切所導致（楊坤原和張賴妙理，2004；Lewis et al., 2000a; Mertens & Walker, 1992; Oztap et al., 2003）。楊坤原和張賴妙理（2004）回顧分析自 1970 年至 2000 年，共計 48 篇遺傳學迷思概念相關文獻，該研究提及遺傳學迷思概念的來源與成因可以分為個人、家庭與社會文化以及學校教學三大類。該研究指出學生對細胞分裂、有性生殖、基因、染色體、孟德爾遺傳定律、突變與遺傳工程等七類概念均存有迷思概念，大部分遺傳學迷思概念具有跨年齡、跨文化的特性，也發現有些遺傳學的迷思概念的內容與遺傳學史上出現的想法十分相近，該作者並提出以下建議：透過實際的遺傳學解題，以提供學生學習與應用遺傳學概念之機會、澄清減數分裂過程及其相關概念在遺傳學上之意義、依認知同化的原理與科學史上概念發展的順序來設計教學、選擇適合學生認知發展的教學策略和教具、透過診斷測驗以發現學生持有的迷思概念。

從以上文獻可知，遺傳學概念是生物學是核心領域之一，遺傳學知識也為科學素養的未來公民所必需瞭解的核心知識。且遺傳學具有概念較為抽象、需以數學符號表示與計算結果以及文本中有眾多的專有名詞等特質，對學生學習上造成一定程度的困難，故本研究以遺傳學為教學之單元，期望透過有效的教學法以促進聽障生之學習成效。

第參章 研究 1:探討高中聽覺障礙學生之科學家意象

由前一章的文獻回顧可知，台灣的教育政策是期望在教育現場能提供特殊學生公平且適性的科學教育機會，研究者在教學現場發現多數聽障生對科學較不具興趣，也較少聽障學生選擇科學相關之大學科系就讀。為達到提升聽障生素養之目的，因此第一個研究想透過聽障生的眼光來看科學，以瞭解聽障生對科學是持有何種態度，又因聽障生閱讀能力與口語溝通能力受限，故本研究採用畫科學家測驗為研究工具，透過此工具以瞭解學生持有之科學家意象與對科學之態度，進而提出教學上的反思。

第一節 研究目的與問題

為瞭解高中聽覺障礙學生持有之科學家的意象與持有之對科學態度，本研究採用 Chambers (1983)「畫科學家測驗」為研究工具，讓高中聽覺障礙學生透過畫圖來表達自己對於科學家的想法，並輔以半結構式晤談，期望透過晤談深入瞭解高中聽覺障礙學生對科學家之印象、科學的社會意涵、對科學課程之態度與對科學之興趣。本研究之研究目的與研究問題如下：

一、研究目的

- (一) 瞭解高中聽覺障礙學生持有之科學意象。
- (二) 瞭解不同性別的高中聽覺障礙學生持有之科學意象。
- (三) 瞭解不同年級的高中聽覺障礙學生持有之科學意象。
- (四) 探討高中聽覺障礙學生對科學家的印象及對科學課程的態度和興趣。

二、研究問題

- (一) 瞭解高中聽覺障礙學生持有之科學意象為何？
- (二) 比較不同性別的高中聽覺障礙學生持有之科學意象為何？
- (三) 比較不同年級的高中聽覺障礙學生持有之科學意象為何？
- (四) 探討高中聽覺障礙學生對科學家的印象及對科學課程的態度和興趣為何？



第二節 研究流程

本研究流程圖如圖 3-2-1。本研究首先蒐集與閱讀科學家意象之相關文獻，選定畫科學家測驗為測驗工具，並發展出「現代科學家意象檢核表」。接續進行畫科學家測驗及個別晤談，最後進行資料分析與結果討論。

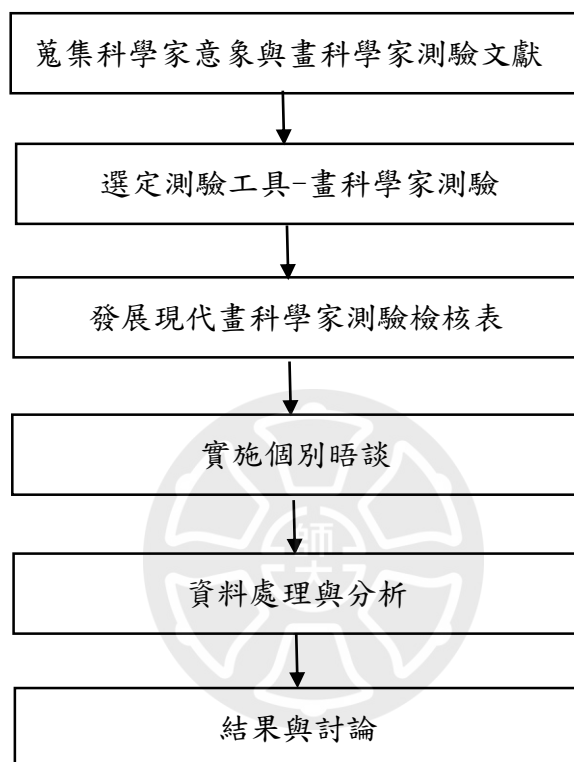


圖 3-2-1 科學家意象研究流程圖

第三節 研究方法

一、研究對象與場域

本研究場域北部為某啟聰學校，該校專收聽覺障礙學生，每班人數皆不超過 10 人。研究對象為 102 學年度高中部一、二、三年級的學生，選取全校高一生 23 人（13 名男性和 10 名女性）、高二生 21 人（14 名男性和 7 名女性）以及高三生 24 人（17 名男性和 7 名女性），共有 68 人。因受試學生中有 20 名學生（29%）之畫作與科學家無關，因此接續研究著重於分析與科學家相關之 48 位學生的繪畫資料。

本研究並進行半結構式晤談，晤談時間約為 20 至 30 分鐘，晤談對象以學期自然總成績為依據，選取成績為班級前 25% 的兩名學生為高組學生，成績為班級後 25% 的兩名學生為低組學生，以及生一名中組學，共 5 位學生為晤談對象（3 名男性和 2 名女性），晤談學生資料如表 3-3-1。

表 3-3-1 晤談學生基本資料

學生代號	性別	聽損程度 (身障手冊)	智力(TONI-3)	自然科 成績	溝通方式
D01	男	重度(90 分貝以上)	102	高組	口語為主，口語清晰。
C01	女	中度(70-89 分貝)	109	高組	口手語並用，口語較不清晰。
H01	男	重度(90 分貝以上)	85	中組	口語為主，口語清晰。
W01	男	中度(70-89 分貝)	80	低組	手語為主，較少口語。
K01	女	重度(90 分貝以上)	82	低組	手語為主，較少口語。

二、研究工具

(一) 畫科學家測驗 (Draw-A-Scientist-Test)

本研究使用 Chambers (1983) 研發之「畫科學家測驗」(Draw-A-Scientist-Test, DAST) 為測驗工具，又因聽障學生之閱讀理解能力較為低落，故本研究於施測時除使用手語打出「科」、「學」、「家」三個字，也同時打出「從事科學研究的人」作為解釋，並且以板書寫出「科學家」三個字，以確定學生瞭解測驗的意義。

(二) 現代科學家檢核表 (modern DAST-C, moDAST-C)

本研究參考 Finson、Beaver 和 Cramond (1995)、Subramaniam、Esprivalo Harrell 與 Wojnowski (2013) 以及 Ferguson 和 Lezotte (2020) 等人之研究，提出現代科學家類型檢核表如表 3-3-2。將科學家類型分為刻板印象、正面印象、負面印象和不具科學家概念等 4 種類型，其中刻板印象之檢核項目有 12 項，正面印象之檢核項目有 8 項，負面印象之檢核項目有 8 項。又因許多研究會將畫出女科學家或非白人科學家等特徵視為學生持有較真實之科學家意象 (Emvalotis & Koutsianou, 2018; Finson, Beaver, & Cramond, 1995; Subramaniam, Esprivalo Harrell, & Wojnowski, 2013)，因此本研究認為女科學家和非白人科學家兩個特徵應屬重要的檢核項目，故將這 2 項特徵列入其他印象檢核表項目中。

表 3-3-2 現代科學家檢核表

科學家	檢核內容	符合 不符 不確定	參考依據
意象			
正面印象	畫出科學家面帶笑容或開心等特徵。 畫出科學家享受工作之特徵。 畫出科學家有同伴一起工作之特徵。 畫出科學家聰明與優秀等特徵 (如以文字寫出聰明優秀或畫出科學家具有較大比例的頭)。 畫出科學家衣著整潔或環境乾淨等特徵。 畫出科學家有好奇心或有創意等特徵 (如觀察、發現或探究等行為)。 畫出科學家在室外工作之特徵。 畫出科學家有益社會之特徵 (如研究有助於社會發展)。		1. Subramaniam, Esprivalo Harrell, & Wojnowski (2013) 2. Ferguson & Lezotte (2020)
負面印象	畫出科學家行為瘋狂。 畫出科學家形象髒亂。 畫出科學家過度疲累。 畫出科學家焦躁憤怒。 畫出科學家危害社會(如製作爆炸物等)。 畫出危險標記(如禁止或危險等標記) 畫出科學怪人。		1. Finson, Beaver, & Cramond (1995) 2. Subramaniam, Esprivalo Harrell, & Wojnowski (2013) 3. Ferguson & Lezotte (2020)

	畫出保密標記（如機密或保密等標記）。	
刻板印象	畫出科學家穿實驗衣。 畫出科學家戴眼鏡。 畫出科學家留鬍鬚（或光頭）。 畫出研究象徵（如研究器材與設備等）。 畫出知識象徵（如書本、書與白板等）。 畫出科技產物（如高科技產品）。 畫出科學符號（如計算公式）。 畫出男科學家。 畫出白人科學家。 畫出燈泡。 畫出科學家在實驗室工作。 畫出年紀中年以上的科學家。	Finson, Beaver, & Cramond (1995)
不具科學家概念	所畫的圖與科學家無明顯關係。	參考高中聽覺障礙學生之繪圖結果
其他印象	畫出女科學家。 畫出非白人科學家。	1. Finson, Beaver, & Cramond (1995) 2. Emvalotis & Koutsianou (2018) 3. Subramaniam,

(三) 半結構式晤談

本研究透過半結構式晤談以深入瞭解學生持有的科學家意象。半結構式晤談之題目由一位任教於啟聰學校 12 年之教師，以及一位年資 12 年之國中自然科教師進行專家審查。晤談問題分為四大方向：

- 1.請解釋你畫的圖畫（科學家在哪裡？做什麼事情？使用何種器具？）
- 2.你畫的科學家是男生或女生？為什麼畫男生或女生科學家？
- 3.你覺得科學對社會的影響為何？
- 4.你喜歡科學嗎？希望未來從事科學相關工作嗎？

三、資料分析

(一) 現代科學家檢核表分析

本研究採用現代科學家檢核表（modern DAST-C, moDAST-C）進行各檢核項目的人次比例分析、科學家意象類型分析，以及不同性別和年級的學生之檢核表分數等三個向度之分析。本研究首先呈現各項檢核項目的人次比例，分析學生持有之科學家特徵。以及使用斯皮爾曼等級相關（Spearman Rank Correlation）分析男科學家特徵、女科學家特徵和其他檢核表項目的相關性，並使用費雪精確檢定（Fisher's Exact Test）分析男女學生之科學家檢核表項目之人次比例是否有差異。在科學家意象類型部分，本研究將學生畫作依檢核項目計分，學生畫作如符合該印象之檢核內容即計 1 分，不符合與不確定皆不計分。又因正面印象檢核項目有 8 項、負面印象檢核項目有 8 項和刻板印象檢核項目有 12 項，所以需將分數除以該印象之檢核項目數量即可換算出符合比率，符合比率最高的印象即為學生持有之科學家意象。最後，本研究比較不同年級和不同性別學生之正面印象、負面

印象與刻板印象的檢核表分數異同，本研究使用 Kruskal-Wallis 檢定分析不同年級學生之檢核表分數，以及使用 Mann-Whitney U 檢定分析男女學生之科學家檢核表分數。

本現代科學家檢核表由兩位科學教育博士候選人進行專家審查，其中一位任教於啟聰學校 12 年，另一位亦為年資 12 年之國中自然科教師。檢核表內容部分，由兩位專家分別就檢核表內容的適當性與語句的合宜性進行討論，以建立專家效度。

（二）晤談資料分析

本研究使用半結構式晤談以瞭解學生之科學家意象，晤談過程全程錄音並筆記，晤談後將資料轉錄成文字檔並進行編碼，並依照資料種類、時間與學生代號進行編碼，例如：I20130603_SD01 表示在 2013 年 6 月 3 日晤談 SD01 學生，I 表示晤談資料。本研究採用質性描述分析，從「對科學家之印象」、「科學的社會意涵」、「對科學課程之態度」、「對科學之興趣」與「不同成就學生之科學家意象」5 個面向分析學生之晤談資料。

第四節 研究結果

本節將從「高中聽覺障礙學生的科學家意象」、「不同性別之高中聽覺障礙學生的科學家意象」、「不同年級之高中聽覺障礙學生的科學家意象」與「探討高中聽覺障礙學生對科學家的印象及對科學課程的態度和興趣」四部分做討論與分析。

一、高中聽覺障礙學生之科學家意象

（一）現代科學家檢核表項目分析

現代科學家意象檢核項目之統計表如表 3-4-1，從表 3-4-1 可知最多高中聽障生所持有的科學家特徵為整潔乾淨、男科學家、有好奇心與中年以上等四項；刻板印象部分，前 5 高之特徵為科學家、中年以上、白人、研究象徵與留鬍鬚，本研究並發現沒有學生的圖畫提及保密標誌和燈泡；正面印象部分，前 3 高之特徵為整潔乾淨、好奇心與面帶笑容；在負面印象部分，前 3 高之特徵為煩躁憤怒、過度疲累、行為瘋狂與科學怪人。值得注意的是，女學生（5 人，25%）比男學生（0 人，0%）畫出較多女科學家，且女科學家皆為女學生所畫，但女學生（16 人，80%）也比男學生（18 人，64%）畫出較多的男科學家，但是有 9 位學生（8 男和 1 女）的圖畫難以判斷性別，本研究推論是因為有 8 位男學生畫出性別難以判斷的科學家圖畫，因此使得男生整體畫出男性科學家之比例降低，本研究結果也顯示，雖然高中聽障生持有的刻板印象類型與先前研究有部分相同，但也發現學生持有整潔乾淨和有好奇心等與以往不同之科學家特徵，因此本研究推論隨著時代之演變可能產生新的科學家特徵（Ferguson & Lezotte, 2020; McCarthy, 2015; Türkmen, 2008），故需更多檢核項目才能更全面去瞭解現代的科學家意象。

本研究並使用斯皮爾曼等級相關分析（Spearman Rank Correlation）以瞭解男科學家特徵、女科學家特徵和其他檢核表項目的相關性，研究結果指出男科學家和戴眼鏡（ $r=.35$ ， $p<.05$ ）、留鬍鬚（ $r=.52$ ， $p<.01$ ）、中年以上（ $r=.64$ ， $p<.01$ ）等

三項刻板印象具有正相關性；女科學家和有同伴 ($r=.46, p<.01$)、非白人科學家 ($r=.55, p<.01$)、享受工作 ($r=.41, p<.01$) 等三項正面印象具有正相關性，以及與實驗室內 ($r=.32, p<.05$) 一項刻板印象具有正相關性，從以上結果可知，男科學家特徵和較多刻板印象有顯著正相關性，女科學家特徵和較多正面印象有顯著正相關性。

表 3-4-1 現代科學家意象檢核項目之統計表

檢核項目	總人數 人數 (%)	年級			性別	
		高一 人數 (%)	高二 人數 (%)	高三 人數 (%)	男 人數 (%)	女 人數 (%)
刻板印象						
男科學家	34 (71)	14 (88)	10 (63)	10 (63)	18 (64)	16 (80)
中年以上	24 (50)	9 (56)	8 (50)	7 (44)	13 (46)	11 (55)
白人	22 (48)	10 (63)	6 (38)	6 (38)	13 (46)	9 (45)
研究象徵	20 (42)	6 (38)	10 (63)	4 (25)	11 (39)	9 (45)
留鬍鬚	19 (40)	9 (56)	7 (44)	3 (19)	9 (32)	10 (50)
實驗室內	17 (35)	7 (44)	7 (44)	3 (19)	8 (29)	9 (45)
穿實驗衣	15 (31)	5 (31)	7 (44)	3 (19)	8 (29)	7 (35)
戴眼鏡	11 (23)	3 (19)	5 (31)	3 (19)	4 (14)	7 (35)
科技產物	10 (21)	2 (13)	4 (25)	4 (25)	5 (18)	5 (25)
科學符號	4 (8)	3 (19)	1 (6)	0 (0)	1 (4)	3 (15)
知識象徵	4 (8)	1 (6)	2 (13)	1 (6)	2 (10)	2 (7)
燈泡	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
正面印象						
整潔乾淨	46 (96)	15 (94)	16 (100)	15 (94)	26 (93)	20 (100)

好奇心	24 (50)	8 (50)	10 (63)	6 (38)	12 (43)	12 (60)
面帶笑容	15 (31)	5 (31)	5 (31)	5 (31)	6 (21)	9 (45)
享受工作	13 (27)	4 (25)	5 (31)	4 (25)	4 (14)	9 (45)
有同伴	11 (23)	1 (6)	5 (31)	5 (31)	3 (11)	8 (40)
聰明優秀	9 (19)	5 (31)	3 (19)	1 (6)	3 (11)	6 (30)
在室外	8 (17)	2 (13)	5 (31)	1 (6)	4 (14)	4 (20)
有益社會	2 (4)	1 (6)	0 (0)	1 (6)	0 (0)	2 (10)
負面印象						
煩躁憤怒	6 (13)	2 (13)	3 (19)	1 (6)	5 (18)	1 (5)
過度疲累	4 (8)	2 (13)	1 (6)	1 (6)	4 (14)	0 (0)
行為瘋狂	4 (8)	1 (6)	0 (0)	3 (19)	4 (14)	0 (0)
科學怪人	4 (8)	1 (6)	0 (0)	3 (19)	4 (14)	0 (0)
危害社會	3 (6)	0 (0)	1 (6)	2 (13)	3 (11)	0 (0)
形象髒亂	2 (4)	1 (6)	0 (0)	1 (6)	2 (7)	0 (0)
危險標示	2 (4)	2 (13)	0 (0)	0 (0)	2 (7)	0 (0)
保密標記	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
其他印象						
女科學家	5 (10)	0 (0)	5 (31)	1 (6)	0 (0)	5 (25)
非白人科學家	5 (10)	1 (6)	3 (19)	1 (6)	0 (0)	5 (25)
難以判斷性別	9 (19)	2 (13)	4 (25)	3 (19)	8 (29)	1 (5)

註：1.本表格僅分析畫圖內容與科學相關之 48 位學生資料。

2.一、二、三年級皆為 16 人，男生 28 人，女生 20 人。

（二）高中聽覺障礙學生持有之科學家類型分析

本研究採用現代科學家檢核表將學生之畫作依檢核項目計分，以瞭解學生持有的科學家意象類型，並且將與科學家無關之畫作歸類為不具科學家印象。研究結果顯示，聽障生最多持有之科學家意象為刻板印象（23 人，34%），其次為正面印象（22 人，32%）、不具科學家印象（20 人，29%），和負面印象（3 人，4%）。圖 3-4-1 為刻板印象的科學家意象圖示，該學生畫出一位蓄鬍的老年男性，且於圖畫上方標記愛因斯坦，此圖畫符合刻板檢核項目的男性科學家、白人、中年以上和有鬍鬚等特徵，且畫中無明顯的正面或負面特徵。圖 3-4-2 為正面印象的科學家意象，該生畫的科學家是衣著整潔且面帶微笑地在戶外進行月相觀察，在夜晚仍持續不斷地研究，此圖畫符合正面檢核項目的整潔乾淨、具有好奇心、面帶笑容、享受工作和在室外等正面特徵，雖然該圖也符合男科學家和研究象徵（望遠鏡）等刻板印象特徵，但是正面印象是符合比率最高之印象。圖 3-4-3 為不具科學家概念的圖示，該學生所畫的圖畫與科學家無明顯關係之卡通人物。圖 3-4-4 為負面印象的科學家意象圖示，該生畫出科學家是衣著髒舊、露出鼻毛、雙眼紅腫、站在桌上，且手持冒煙爆炸物品，此圖畫符合負面檢核項目的形象髒亂、過度疲累、行為瘋狂和危害社會等負面特徵，雖然該圖也符合男科學家、研究象徵（實驗器材）和知識象徵（黑板與科學符號）等刻板印象特徵，但是負面印象是符合比率最高之印象。

本研究發現最多高中聽障生持有的科學家印象雖為刻板印象，顯示出科學家刻板印象是普遍存在於不同族群之中，且學生持有正面印象和刻板印象之人數相近，顯示出學生對科學家的印象會較為傾向正面。值得注意的是，本研究發現高達三成的學生畫出無關科學家的圖畫，特別是男學生近四成畫出的科學家無關之圖畫，先前研究顯示僅有低於 5% 受試者畫出與科學家無關的畫作（黃孝宗，2000；鄭豔齡，2013），而且這些畫作常會被當成無效資料而捨棄，故先前研究很少討論和分析與科學家無關的畫作，但是本研究發現畫出無關科學家無關畫作的數量

遠遠高於先前的研究，所以無法當成無效資料而捨棄不去討論。研究也指出透過學生持有的科學家意象能瞭解學生認為的科學的樣貌、科學家行為與科學哲學的信念（郭重吉和蔣佳玲，1995），故本研究推論畫出無關科學家畫作之學生應該對科學也是較不具概念。本研究推論高比例學生不具科學家概念的原因，或許是因為科教科書會以簡略之傳記資料來呈現科學家意象，且多數教師會將科學史課程列為選讀（呂紹海和巫俊明，2008），以及聽障生的課程可因學生需求做調整，將課程內容簡化或是減量，因此也會導致聽障生較少有機會接觸到科學家相關知識，又因本研究對象為北部某啟聰學校學生，有研究指出使用手語者的理解監控能力和工作記憶能力會較一般人落後，使聽障學生較難理解和監控在學習過程中遺失的知識（劉秀丹，2009; Liu, Tseng, & Li, 2008; Kelly, 1996; Marschark & Wauters, 2008; Napier & Barker, 2004），所以即便教師於課堂上或測驗中使用口語、手語和文字教學，但是聽障學生的知識理解和吸收仍具有困難。



圖 3-4-1 刻板印象之科學家意象圖示



圖 3-4-2 正面印象之科學家意象圖示



圖 3-4-3 不具科學家概念圖示



圖 3-4-4 負面印象之科學家意象之圖示

二、不同性別的高中聽覺障礙學生之科學家意象分析

由表 3-4-1 資料可知，男學生較多持有之科學家特徵為整潔乾淨、男科學家、中年以上與白人；女學生較多持有之科學家特徵為整潔乾淨、男科學家和好奇心。刻板印象部分，男學生較多持有之科學家特徵為男科學家、白人和中年以上；女學生較多持有之科學家特徵為男科學家、中年以上和留鬍鬚；正面印象部分，男學生較多持有之科學家特徵為整齊清潔、好奇心和面帶笑容；女學生較多持有之科學家特徵為整齊清潔、好奇心、面帶笑容和享受工作。負面印象部分，男學生較多持有之科學家特徵為煩躁憤怒、過度疲累、行為瘋狂和科學怪人；女學生較多持有之科學家特徵為煩躁憤怒。

本研究並以費雪精確檢定 (Fisher's Exact Test) 分析不同性別學生的科學家檢核表項目之人次比例差異，研究結果顯示女學生有 4 項檢核項目的人次比例和男學生相比較下有顯著差異，分別為女科學家 ($\chi^2(1) = 7.65, p < .01$)、非白人科學家 ($\chi^2(1) = 7.65, p < .01$)、享受工作 ($\chi^2(1) = 5.46, p < .05$) 和有同伴 ($\chi^2(1) = 5.55, p < .05$)。許多研究將畫出女科學家或非白人科學家等特徵，視為學生持有較真實之科學家意象 (Bodzin & Gehringer, 2001; Bohrmann & Akerson, 2001; Emvalotis & Koutsianou, 2018; Finson, Beaver, & Cramond, 1995; Subramaniam, Esprívalo Harrell, & Wojnowski, 2013)，本研究結果顯示女科學家皆為女學生所畫出，且發現女科學家和正面印象有較高的相關性，因此本研究推論女學生可能較男學生持有更真實與更正面之科學家意象。

本研究使用 Mann-Whitney U 檢定分析不同性別學生的科學家意象檢核表分數，表 3-4-2 是男女之科學家檢核表分數分析表。由表 3-4-2 資料可知，女學生的科學家刻板印象分數比男學生高，但男女學生的科學家刻板印象分數並無顯著差異 ($Z=1.41, p=.16$)；女學生之科學家正面印象分數比男學生高，且男女學生之科學家正面印象分數具有顯著差異 ($Z=3.27, p < .001$)；男學生之科學家負面印象分數比女學生高，且男女學生之科學家負面印象分數具有顯著差異 ($Z=2.57, p$

< .05)。從研究結果可知，男女生的科學家刻板印象無顯著差異，但是女學生比男學生持有較正面之科學家印象（She, 1998），男學生比女學生持有較負面的科學家印象。

表 3-4-2 男女之科學家檢核表分數分析表

組別	平均數（標準差）	Z	p
刻板印象			
男生組	3.46（2.46）	1.41	.16
女生組	4.70（2.89）		
正面印象			
男生組	2.07（1.56）	3.27	< .001
女生組	3.50（1.47）		
負面印象			
男生組	1.00（1.28）	2.57	<.05
女生組	0.20（0.52）		

註：1.總人數 48 人，男生 28 人，女生 20 人。

2.刻板印象滿分為 12 分，正面印象滿分為 8 分，負面印象滿分為 8 分。

三、不同年級的高中聽覺障礙學生之科學家意象分析

由表 3-4-1 資料可知，高一學生較多持有之科學家特徵為整潔乾淨、男科學家和白人；高二學生較多持有之科學家特徵為整潔乾淨、男科學家與研究象徵；高三學生較多持有之科學家特徵為整潔乾淨、男科學家和中年以上。刻板印象部分，高一學生較多持有之科學家特徵為男科學家、白人、留鬍鬚和中年以上；高二學生較多持有之科學家特徵為研究象徵、男科學家和中年以上；高三學生較多持有之科學家特徵為男科學家、中年以上、研究象徵和科技產物。正面印象部分，

高一學生較多持有之科學家特徵為整齊清潔、好奇心、面帶笑容和聰明優秀；高二學生較多持有之科學家特徵為整齊清潔和好奇心；高三學生較多持有之科學家特徵為整齊清潔、好奇心、面帶笑容和有同伴。負面印象部分，高一學生較多持有之科學家特徵為煩躁憤怒、過度疲累和危險標記；高二學生較多持有之科學家特徵為煩躁憤怒和危險標記；高三學生較多持有之科學家特徵為行為瘋狂和科學怪人。

本研究並使用 Kruskal-Wallis 檢定分析不同年級學生的科學家意象檢核表分數，表 3-4-3 是各年級之科學家檢核表分數分析表。由表 3-4-3 可知，高一學生是持有科學家刻板印象分數最高之年級，高二學生次之，高三學生最低，而且三者於統計上無顯著差異；持有科學家正面印象分數最高者為高二學生，高三學生次之，高一學生最低，而且三者於統計上無顯著差異；持有科學家負面印象分數最高者為高二學生，高三學生次之，高一學生最低，而且三者於統計上無顯著差異。以上結果顯示，不同年級學生持有的科學家意象皆無顯著差異（Emvalotis & Koutsianou, 2018），未有隨年紀增長而更具有刻板印象的趨勢。

表 3-4-3 各年級之科學家檢核表分數分析表

組別	平均數 （標準差）	χ^2	p
刻板印象			
高一組	4.63 （2.92）	3.00	.22
高二組	4.31 （2.80）		
高三組	3.00 （2.16）		
正面印象			
高一組	2.56 （1.36）	0.47	.79
高二組	3.06 （1.84）		
高三組	2.38 （1.78）		

負面印象

高一組	0.69 (1.20)	1.56	.46
高二組	0.75 (1.00)		
高三組	0.63 (1.20)		

註：1.總人數 48 人，各組皆為 16 人。

2.刻板印象滿分為 12 分，正面印象滿分為 8 分，負面印象滿分為 8 分。

四、探討高中聽覺障礙學生對科學家的印象及對科學課程的態度和興趣

本節透過半結構式晤談以進一步瞭解學生持有的科學家意象。本研究首先使用現代科學家檢核表分析 5 位晤談對象的圖畫，檢核結果顯示學生持有的科學家意象類型如下：D01 和 C01 為高組學生，持有之科學家意象為刻板印象，H01 為中組學生，持有之科學家意象為負面印象，W01 和 K01 為低組學生，且不具科學家意象概念。接下來將從「對科學家之印象」、「科學的社會意涵」、「對科學課程之態度」、「對科學之興趣」和「科學家意象與學習成就之關聯」等部分進行討論。

（一）對科學家之印象

1. 刻板印象與負面印象

C01 於晤談中提到男科學家、中年以上、研究象徵（藥劑）、知識象徵（書本）和科技產物（機器人）等刻板印象，「他從書上學到知識，自己畫圖片設計機器人，綠色的藥做一做會變成悠遊卡刷卡或是金融卡，很特別的東西，可以使用」（I20130604_SC01）。D01 也提及男科學家、中年以上、光頭、實驗衣和在實驗室內等刻板印象，「他研究的衣服都穿白色的，他是光頭，年紀有點大，是老人」（I20130604_SD01），以上之印象極為符合 Chambers（1983）提出之科學家刻板印象，顯示出 C01 和 D01 兩位學生持有的科學家印象較為傳統刻板，與使

用現代科學家檢核表檢核的結果相同，顯示出本檢核表有其可信度。

H01 於晤談中表示科學家衛生習慣不好、較為瘋狂、時常睡眠不足和發明的產物被使用於戰爭等多項負面特質，顯示 H01 對科學家持有較負面之印象，也與使用現代科學家檢核表檢核的結果相同，顯示本檢核表有其可信度。H01 晤談摘要如下：

「畫出鼻毛是因為他衛生不好，他一直在研究，好幾個小時沒有睡覺，他一直跑來跑去，弄到鞋子都壞了，藥水噴到衣服，衣服都髒掉了，科學家收入比較不穩。科學家太執著於研究沒有去了解社會，太瘋狂的去做研究，沒有想清楚他發明這個東西的目的是什麼，有人會利用他做戰爭的東西，逼他做很多事情，所以科學家有很多苦衷，科學家會扯上政治關係，最後他又收錢，因為他沒有資金的援助」(I20130530_SH01)。

2. 不具科學家概念

本研究晤談 K01 與 W01 時，兩位學生都表示知道要畫出一位科學家，但是自己並不瞭解「科學家」的意思，所以就畫出自己想畫的人物或物品，顯示 K01 與 W01 較不具有科學家概念，此結果也與使用檢核表檢核的結果相同，顯示本檢核表具有可信度。K01 學生於晤談中表示認為科學家會自己煮飯以及照顧自己，且認為「科學」之意思是設計和畫畫，科學家的「家」之意思是住家，認為科學家和 Pucca 卡通人物很像，但其實自己並不太確定科學家的意思：

「(科學家) 她自己煮飯，吃東西，科學家的家是住家的意思，科學家和圖畫中的 Pucca (手上拿筷子) 很像，她會工作，也會溜走去親男生，科學很難解釋 (沉默不語)，國中有學過自然科學，自然科學是畫畫和設計」(I20130530_SK01)。

另一位學生 W01 則畫出一台跑車，晤談時該生表示知道科學家和跑車不同，但因為自己不瞭解科學家代表之意義，所以就畫出自己喜歡的跑車，「我知道科學家和跑車不同，我不知道科學是什麼（沉默），不知道科學家是什麼（沉默），我喜歡跑車就畫了跑車」（I20130530_SW01）。

由以上結果可知，學生對於畫科學家測驗的施測解釋僅有部分理解，且對於自然課的授課內容之吸收程度也有限。由 K01 學生的解釋可知該生錯誤理解文法手語中的「科學家」之涵義，此結果與 Marschark 等人（2009）研究發現相符，顯示聽障學生對手語的理解是有局限性的，學生對手語的理解或許不如自己預期的好，此結果也與先前研究結果相似（王文科、李乙明、謝建全、洪榮照、杞昭安和林玉霞等人，2015；張蓓莉，1989；林寶貴、黃玉枝，1997；Holt, 1993; Kelly, 1995; Luetke-Stallman & Nielson, 2003; Paul, 2001），顯示出聽障生的文字理解能力低落以及表達能力受限，因此影響學生對於科學家意義之理解。

3. 性別刻板印象

本研究接續晤談學生畫男科學家的原因。因 K01 與 W01 兩位學生不具有科學家概念，故本節無法對兩位學生進行性別刻板的分析。H01 學生表示因為社會上具有刻板印象，多數人會覺得女性較不適合當科學家，而且自己也認為男性科學家比較多，晤談摘要如下：

「很多人都覺得很多女生不適合做科學家，因為女生比較適合做家庭主婦，因為社會需要女生去做比較輕鬆，不會像科學家的工作。像女生會做警察的工作，我理解，可是社會上會有刻板印象，我覺得男性科學家比較多」（I20130530_SH01）。

C01 則表示畫男科學家是因為在書本中看過男科學家，但是自己覺得男女都

可以當科學家，晤談摘要如下：

「(男科學家)以前有畫過，在書裡面看過的圖片，科學家可以是男生也可以是女生」(I20130604_SC01)。

D01 則表示在網路上看到較多男科學家，自己雖然覺得男女生都可以當科學家，但還是較常看到男科學家，晤談摘要如下：

「在(網路)找科學家的時候大部分是男生，有一部分女生，可是女生比較難畫，...科學家有男生也有女生，因為人人平等。每個人都有自由要學什麼，都有夢想要去做什麼，不應該被限制的」(I20130604_SD01)。

由以上分析可知，兩位學生不具科學家概念，一位學生覺得男性較適合當科學家，另兩位學生雖瞭解社會中有女科學家，也知道科學家可以是男生也可以是女生，但是從書籍或者網路所接收到之科學家相關訊息仍以男性科學家較多，因此影響他們畫科學家的選擇。因此本研究推論，雖然三位學生都畫出男性科學家，但搭配晤談後發現兩位學生並沒有持有性別刻板印象，故本研究建議除了使用繪圖方式蒐集資料外，仍需要搭配晤談方法，才能確實了解學生是否具有性別刻板印象。

(二) 科學的社會意涵

本節著重於討論科學對社會的影響。晤談 K01 和 W01 兩位學生後發現，兩位學生皆不瞭解科學意涵，也無法回答科學的社會意涵等問題，例如 K01 表示，「科學很難解釋(沉默不語)，自然科學是畫畫和設計」(I20130530_SK01)。H01 學生則認為科學產物可能會危害社會，因為科學產物可能被不當的使用，「比如

說他（科學家）製造出來的東西，用在建設方面的時候，不小心把別人炸死，人民就說禁止再製造」（I20130530_SH01）。以 D01 學生認為科學對社會可能有好處也可能有壞處，「農藥，化學農藥對身體不好，（科學）可以對社會有好處也可以有壞處，像那個複製人，會影響社會，複製人沒什麼好處的，你如果複製一樣的人，不是就濫用人權」（I20130604_SD01）。C01 學生提及科學可以幫助環境變乾淨，可能對社會有益處，「有機器人幫忙，自動幫忙清潔，這些機器人幫忙整理家裡，讓家裡變乾淨」（I20130604_SC01）。

由以上結論可知，學生認為的科學對社會之意涵較為分歧，並不是和先前研究所述的學生多認為科學對社會是具有正面之影響（黃孝宗，2000；Subramaniam, Esprivalo Harrell, & Wojnowski, 2013），晤談中有學生反而提及不當使用科學對社造成傷害。

（三）對科學課程之態度

本節接續進行晤談以瞭解學生對科學課程之態度，晤談 K01 和 W01 學生時，兩位都表示國中學習自然相關課程，但並不太理解上課教學的內容，例如 K01 表示，「國中有教過自然科學，但很難懂（沉默）」（I20130604_SK01），晤談提問學生對於自然課程的喜好時，這兩位學生皆沉默不語。

透過晤談也發現 H01 學生覺得科學課程較為無聊且過於學術，在上課的時常常背公式和解題，所以自己不喜歡科學和數學課程，晤談摘要如下：

「科學這個東西，數學很深很麻煩，會搞得自己很累，理化一直在教化學公式，一直在教我們算算算，沒有其他的，很無聊也很煩躁，很無聊的東西，不喜歡」（I20130530_SH01）。

C01 學生則認為科學課程中需要去學習很多新知，自己感覺內容艱深難懂，

也覺得科學沒有太大用處，晤談摘要如下：

「以前國小還好，四年級學習到很多新的自然知識，上國中後學習化學，但是很奇怪的，覺得（化學）很難也看不懂，覺得沒有用，不知道那是什麼東西。我覺得科學包含很多很多，像是太陽系，有一些星星和飛船，科學是想要知道很多東西，像是很多像星星的知識，要常常吸收知識」（I20130604_SC01）。

D01 學生則表示科學的某些部份是很困難，但是有些部分比較容易，認為自己可以多方面嘗試，晤談資料如下：

「科學有部分很難，有的很有趣，可以去試試看，有的簡單有的難，覺得要背化學的名稱例如 Al 元素，還有背公式比較難，但是可以去試試看，化學和自然科學裡有很多算式，覺得有點難，要仔細算，要有一點信心，再去試試，就會有成就感」（I20130604_SD01）。

D01 學生也表示對科學實驗課程有很深的印象，自己做實驗成功時會很有成就感，但是做實驗時比較危險，所以要謹慎小心，晤談摘要如下：

「國一自然老師常常去做實驗，可以吸收很多知識，國二就換老師，化學老師，老師很久才只一次去做實驗，只有一次而已，國二到國三只有一次，我記得國二去做一次，我印象深刻，（老師）說要細心做實驗，要有耐心，我們做實驗成功之後很有成就感，我覺得做實驗比較危險，做的時候要小心，不要隨便亂做。三年級就沒有做實驗了，只有國一有（做實驗），因為國二國三化學比較嚴格，要求我們成績要好一點，但

是他很有耐心教我們，解釋很有耐心」(I20130604_SD01)。

從以上結果可知，多數的晤談學生覺得科學課程很難理解，並且覺得上課的內容較為學術，所以自己不太理解科學課程的內容，此研究結果和 Kelly(1996)、Napier 和 Barker (2004) 以及 Marschark 和 Wauters (2008) 之研究結果相似，顯示出學生並未監控到自己科學課程理解的缺漏，以致在學習科學過程中遺失多訊息而不自覺，導致後續的科學學習成就之落後。值得注意的是，有一位學生提及對實驗課印象深刻，自己實驗成功會感到有成就感，故本研究推論學生雖然對於科學課程較不具有興趣，但對於實驗課程的興趣應會較高。

(四) 對科學之興趣

本節晤談學生以瞭解學生對科學之興趣。晤談 K01 和 W01 兩位學生後發現，兩位學生皆不瞭解科學的意涵，也都覺得科學很難懂，例如 K01 表示，「科學很難解釋(沉默不語)，國中有教過自然科學，但很難懂(沉默)」(I20130530_SK01)。H01 學生則表示自己的理化成績不好，也較不喜歡學習科學，並且覺得科學家的數學能力要很好，所以認為自己較不適合學習科學，「我的理化成績沒有那麼好，地科成績比較好，生物也還不錯，太學術課的比較不喜歡，像數學還有理化都不喜歡，我覺得科學家數學要很好，我不適合學習科學」(I20130530_SH01)。C01 學生表示科學課程要學習得很多新知，科學家要具有有聰明和努力的特質，但是自己對科學的興趣不大，也認為自己較不適合當科學家，「我覺得科學家要很聰明、很努力、很有創意。我對科學的興趣一般般，我覺得我好像不適合學科學」(I20130604_SC01)。D01 學生則認為可以多方面嘗試，自己也要有信心去學習科學，並提及自己對科學具有一些興趣，但是對其他學科的興趣更高，晤談摘要如下：

「我對科學有一點興趣，但是對歷史比較有興趣，因為我常常看書，看過考古相關的書籍，可以去檢查去看看古蹟，挖挖東西，我對這個比較有興趣，裡面也有一些化學的部分。我特別喜歡埃及，還有希臘文化，埃及很神祕，金字塔我覺得很酷」(I20130604_SD01)。

本研究結果和 Gormally 和 Marchut(2017)以及 Gormally 和 Inghram(2021)的研究結果相似，皆發現聽障生多覺得自己和科學較無關聯，且對科學課程較不感興趣，並認為自己較不適合學習科學。

(五) 科學家意象與學習成就之關聯

本節著重於討論學業成就和科學家意象之關聯，表 3-4-4 為科學家意象與學習成就之關聯表。在「科學家意象類型」部分，從晤談資料可得知兩位低組學生為皆不具科學家意象概念，一位中組學生持有負面的科學家意象，兩位高組學生持有刻板的科學家意象。在「性別刻板印象」部分，兩位低組學生因不具有科學家意象概念，所以無法分析其性別刻板印象，一位中組學生覺得男性較適合當科學家，應為具有性別刻板印象，兩位高組學生覺得科學家可以是男生或是女生，但是在書籍或網路呈現出較多的男性科學家形象，因此他們選擇畫男性科學家。在「科學之社會意涵」部分，兩位低組學生不理解科學對社會的意涵，一位中組學生則認為科學對社會有危害，一位高組學生則認為科學對社會可能有好處也可能有壞處，另一位高組學生則提及科學對社會有益。對「科學課程之態度」部分，有四位學生覺得科學很難理解，另一位高組學生則認為自己可以多方面嘗試，而且特別提及喜歡科學實驗課程。在「對科學之興趣」部分，有四位學生皆認為自己對科學較不感到興趣，且認為自己較不適合學習科學，另一位高組學生表示對科學具有一些興趣。由以上資料可知，高成就的學生傾向持有較為正面之科學家印象，因此也會較勇於學習科學；中成就的學生傾向於持有較為負面之科學家印

象；低成就的學生則較不具有科學家意象。

表 3-4-4 科學家意象與學習成就之關聯表

學生 代號	自然科 成績	科學家意象 類型	性別刻板印象	科學之社會意涵	科學課程之 態度	對科學之 興趣
D01	高組	刻板印象	男女皆可當科學家	有好有壞	勇於嘗試， 喜歡實驗課	有點興趣
C01	高組	刻板印象	男女皆可當科學家	有益處	覺得困難	無興趣
H01	中組	負面印象	男性適合當科學家	危害社會	覺得困難	無興趣
W01	低組	不具科學家概念	不具科學家概念	不瞭解科學意涵	覺得困難	無興趣
K01	低組	不具科學家概念	不具科學家概念	不瞭解科學意涵	覺得困難	無興趣



第五節 討論與建議

本節將從「高中聽覺障礙學生所持有之科學家意象」、「不同性別與年級之高中聽覺障礙學生持有之科學家意象」與「解高中聽覺障礙學生對科學家的印象及對科學課程的態度和興趣」三部分做討論。以及從「可多採用現代科學家檢核表來檢核學生持有之科學家意象」、「教學上宜使用關鍵字，培養學生表達能力與自我監控力」、「宜融入女科學家故事、科學益於社會之議題與探究與實作活動」與「對未來研究之建議」等四部分提出一些建議與看法。

一、討論

(一) 高中聽覺障礙學生所持有之科學家意象

研究結果顯示較多高中聽障生持有的科學家特徵是整潔乾淨、男科學家、中年以上和有好奇心。刻板印象部分，較多學生畫出之科學家特徵為男科學家、中年以上、白人、研究象徵和留鬍鬚，而且沒有學生提及保密標誌和燈泡；正面印象部分，較多學生持有的科學家特徵為整潔乾淨、好奇心和面帶笑容；負面印象部分，較多學生持有的科學家特徵為煩躁憤怒、過度疲累、行為瘋狂和科學怪人；並發現女科學家的特徵和科學家正面印象有較高之相關性，男科學家的特徵和科學家刻板印象有較高之相關性。高中聽障生畫出男科學家、中年以上、白人、研究象徵和留鬍鬚等刻板印象與先前之研究結果相似（Chambers, 1983; Ferguson & Lezotte, 2020; Finson, Beaver, & Cramond, 1995），顯示科學家刻板印象是普遍存在的。本研究結果也顯示高比例學生之畫作提及整潔乾淨和有好奇心等科學家特徵，這些特徵為先前研究較少提及，但是近年來有研究指出受試者畫出越來越多不同以往檢核表的科學家特徵（Ferguson & Lezotte, 2020; McCarthy, 2015; Türkmen, 2008），因此本研究推論隨著時代之演變可能產生新的科學家特徵，故本研究建議需要使用更多面向之檢核項目，才能更全面去瞭解現代學生持有的科

學家意象。從分析學生持有之科學家類型的結果可知，學生較多持有刻板印象，次之為正面印象、不具科學家印象和負面印象，值得注意有近三成之學生畫出和科學家無關的畫作，此比例遠高於先前的研究結果(黃孝宗, 2000; 鄭豔齡, 2013)，本研究認為很值得在未來做相關研究探討其原因。

(二) 不同性別與年級之高中聽覺障礙學生持有之科學家意象

本研究結果顯示「不同年級之學生持有之科學家意象」並無顯著差別，也並無隨著年紀增長而更具有刻板印象，但是「不同性別的高中聽障生持有之科學家意象」有所差異，女學生在 4 項檢核項目的人次比例和男學生相比之下有顯著差異，分別是女科學家、非白人科學家、享受工作和有同伴，研究結果也顯示女學生的科學家正面印象檢核表分數顯著高於男學生，男學生的科學家負面印象檢核表分數顯著高於女學生，且女科學家皆是女學生所畫出，因許多研究將畫出女科學家或非白人科學家等特徵視為學生持有較真實之科學家意象 (Bodzin & Gehringer, 2001; Bohrmann & Akerson, 2001; Emvalotis & Koutsianou, 2018; Finson, Beaver, & Cramond, 1995; Subramaniam, Esprívalo Harrell, & Wojnowski, 2013)，故本研究結推論女學生可能較男學生持有更真實與更正面之科學家意象。

(三) 瞭解高中聽覺障礙學生對科學家的印象及對科學課程的態度和興趣

本研究透過深度晤談以進一步瞭解高中聽障生對科學家之印象和對科學課程的態度與興趣。研究結果顯示 5 位學生持有的科學家意象與使用現代科學家檢核表檢核的結果相符，顯示出本檢核表是具有可信度。值得注意的是本研究也發現畫出與科學家無關畫作的學生，也對科學較不具有概念，且錯誤理解科學家者三個字的意義。許多研究指出聽障者的閱讀能力以及表達能力受限 (王文科、李乙明、謝建全、洪榮照、杞昭安和林玉霞等人, 2015; 張蓓莉, 1989; 林寶貴、黃玉枝, 1997; Holt, 1993; Kelly, 1995; Luetke-Stalhaman & Nielson, 2003; Paul,

2001)，故本研究推論因為閱讀與表達能力受限，導致聽障生對於科學家與科學意涵之不理解，因而產生和表達出錯誤的科學家與科學之概念。本研究認為有部分之聽障學生之手語語言能力是較為低落，這些聽障學生可能沒有能順暢的溝通管道，這個問題是值得多加關懷與注意。

此外，也發現雖然有三位學生畫出男科學家，但是搭配晤談後發現兩位學生並未持有性別的刻板印象，因此本研究認為仍需要搭配晤談，才能確實地瞭解學生是否持有性別的刻板印象。在「科學對社會的意涵」部分，研究結果顯示學生認為科學對社會的影響較為分歧，並非像先前研究指出的學生多認為科學對社會具有正面之影響（黃孝宗，2000；Subramaniam, Esprivalo Harrell, & Wojnowski, 2013），學生反而提及不當使用科學會對社會造成傷害。在「對科學課程之態度」部分，多數學生皆覺得科學課程很難理解，也覺得上課的內容太學術與無聊，且認為科學對自己是較無用處的，但有學生提及對科學實驗課之印象深刻；在「對科學之興趣」部分，多數學生覺得自己和科學較無關聯，也對科學課程較不感興趣，並認為自己較不適合學習科學。在「科學家意象與學習成就之關聯」部分，高成就學生較傾向持有較為正面之科學家印象，中成就學生較傾向於持有較為負面之科學家印象，低成就學生較傾向於不具科學家意象。因許多研究指出學生如果對科學家持有刻板概念或非真實概念，則容易對科學持有較負面之態度，進而不願意就讀科學相關科系或是從事科學相關職業（Christidou, Bonoti, & Kontopoulou, 2016; Fung, 2002; Türkmen, 2008）；反之若學生認為科學是有益社會或是科學是很有趣的，則會較容易從事科學相關之活動（Simpson, Koballa, Oliver, & Crawley, 1994; Gibson & Chase, 2002）。因此，本研究結果是對聽障科學教育敲響了一個警鐘，提醒教育圈應該要重新檢視聽障生科學教育，並且能在推動過程中投入更多的資源。

二、建議

(一) 可多採用現代科學家檢核表來檢核學生持有之科學家意象

近年來許多研究指出現代學生畫出之科學家特徵和過往不同，並建議使用更多元之檢核項目方已更全面去瞭解學生持有的科學家意象（Farland-Smith, 2012; Subramaniam, Esprívalo Harrell, & Wojnowski, 2013）。而本研究參考先前研究提出現代科學家檢核表，本檢核表提供了更全面的檢核項目，而且使用此檢核表可以協助研究者將學生的科學家意象分為四類。從研究結果也顯示本現代科學家檢核表具可信度，以及使用此檢核表可以更全面的瞭解學生持有的科學家意象，故本研究建議未來的研究者可以多採用本檢核表以檢核學生持有的科學家意象。

(二) 教學上宜使用關鍵字，培養學生表達能力與自我監控力

本研究果顯示近三成學生畫出和科學家無關的圖畫，這些學生即使已經學習過自然科學相關課程，但學生對科學家的概念依舊一知半解。有許多研究指出使用手語者之理解監控能力與工作記憶能力與一般人有落差，使得聽障學生較難理解與監控在學習過程中遺失了多少知識（劉秀丹，2009; Liu, Tseng, & Li, 2008; Kelly, 1996; Marschark & Wauters, 2008; Napier & Barker, 2004），且 Marschark 等人（2009）研究顯示聽障學生對手語的理解比他們認知的要少，對文字理解反而表現較好，因此本研究建議在教導使用手語的聽障學生時，如有重要概念需講解時，除需使用手語解釋外，更應該於黑板或白板上使用文字書寫關鍵字以提示學生，並且能時時確認學生的學習狀況，此外，也要培養學生的表達能力，教師能於課堂中提供學生充分之表達機會，讓學生能使用手語、口語或文字表達想法，並能立即給予回饋，也要培養學生自我監控的能力，教導學生透過作筆記、自我提問或放聲思考等方法來監控自己的學習狀況。

（三）融入女科學家故事、科學益於社會之議題與探究與實作活動

許多研究指出於科學課程中融入科學史和科學家故事等內容，可以幫助學生理解較真實和多元的科學家意象(鄭豔齡, 2013; Bodzin & Gehringer, 2001; Finson, 2003; Flick, 1990; McCarthy, 2015)，因本研究結果顯示女科學家特徵和正面印象有較高之相關性，因此建議可以透過介紹女性科學家的研究歷程、生平事蹟和貢獻，以增進學生對科學家的正面印象。此外 Gormally 與 Inghram (2021) 研究也指出聽障學生傾向選擇公益性、利他性和能回饋聽障社群的工作，故本研究建議於課堂中提供科學家工作能使社區受益的案例，才能更較有效地改變聽障學生對科學家之看法。本研究也從晤談中發現有學生提及科學實驗課程很有趣，覺得做實驗成功很有成就感，故本研究建議教師在科學課程中可多融入探究與實作活動，以提升學生之科學興趣和科學學習成就。

（四）對未來研究之建議

本研究為初步探討高中聽障學之科學家意象研究，建議後續研究可進行較深入之探討，以瞭解高比例聽障生不具科學家意象之原因。本研究主要使用畫科學家測驗以瞭解學生的科學家意象，建議未來可以使用簡單問卷或是增加晤談人數，以蒐集更多的質性和量化資料，以更全面地瞭解聽障生的科學家意象。本研究並建議未來研究者可研發提升聽障生真實科學家意象的課程，進行更多的實證研究，以建立更為完整的研究證據，瞭解教學介入對聽障生持有的科學家意象之影響。

三、本研究之啟示

研究一結果顯示，聽障高中生近三成畫出無關科學家的畫作，比例明先高於先前研究，顯示出聽障生對科學家或科學之印象皆是較為陌生的，且經由深度晤談發現學生多對科學不感興趣，也覺得科學較適合聰明的學生學習，也覺得科學

課程較為枯燥困難，但有一位學生提及對做實驗印象深刻。因此，研究一結果，接續進行下一個研究，期望學生能透過參與科學展覽以培養科學探究能力與科學興趣。



第肆章 研究 2:探討透過參加科學展覽以提升聽覺障礙高中生的探究能力

從研究 1 結果可知高中聽障生持有之科學家類型以刻板印象為最多，並發現學生畫出無關科學家的比例偏高，此比例遠高於先前研究；且經由深度晤談發現高中聽障生對科學較不感興趣，也認為自己較不適合學習科學，但有學生提及對做實驗印象深刻。基於研究 1 的結果，本研究設計一系列的科學探究活動，期望學生能透過參與科學展覽，以提升科學探究能力與科學興趣。

第一節 研究目的與問題

許多研究指出科學探究是指當學生在從事科學探究活動時，展現出的各種處理問題與解決任務之能力（Lederman, 2001; Krajcik, Blumenfeld, Marx, Bass, Fredricks, & Soloway, 1998; Palincsar, Magnusson, & Vincent, 2002; 林小慧和吳心楷, 2019; 宋雅鈴, 2009; 高慧蓮, 2005; 蕭儒棠, 2014）。參加科學展覽是一個提昇學生探究能力的方法，參加科學展覽可以讓學生經歷「做科學」(doing science)的過程，讓學生親身體驗科學家的工作，且能從中習得問題解決方法與科學探究技能（鐘建坪和邱美虹, 2014; McComas, 2011）。為了提升聽障學生的科學素養，本章研究注重於探討如何提升聽障學生之科學探究能力。基於以上文獻，本研究之研究目的與研究問題如下：

一、研究目的

- （一）瞭解參加科學展覽對高中聽障生的「探究能力」之影響。
- （二）瞭解參加科學展覽對高中聽障生的「對科學的態度」之影響。
- （三）分析與反思「聽障生科學探究課程」之設計。

二、研究問題

- (一) 參加科學展覽能否提升高中聽障生的探究能力？
- (二) 參加科學展覽能否改變高中聽障生對科學的態度？
- (三) 設計聽障生科學探究課程之應注意重點為何？



第二節 研究流程

本研究流程圖如圖 4-2-1。本研究首先蒐集科學探究與參與科學展覽之相關文獻，設計出科學探究課程以及科學探究能力評量標準。指導學生參與台北市科展競賽過程中全程記錄與觀察學生表現，並透過學生實驗日誌、教師省思日記與科展報告書以分析學生之探究能力表現，最後進行結論與討論。

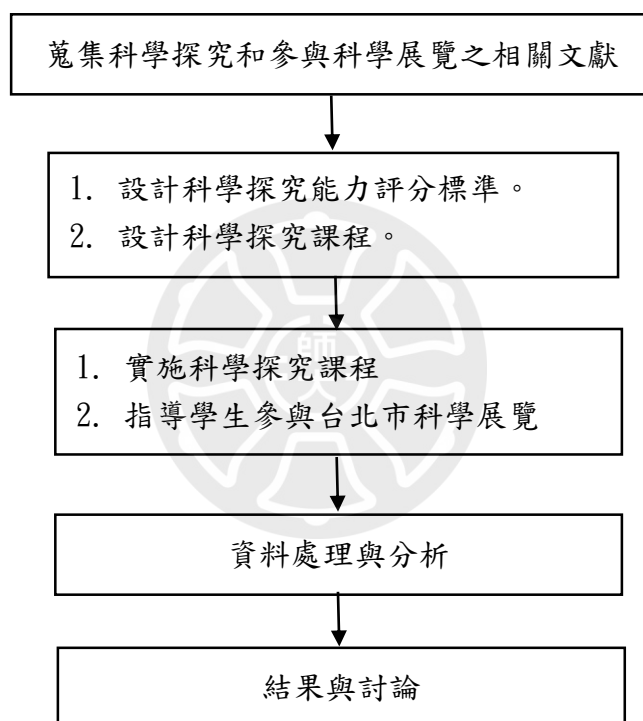


圖 4-2-1 指導學生參與科學展覽之研究流程圖

第三節 研究方法

一、研究對象與場域

本研究場域為北部某啟聰學校，此校專收聽覺障礙學生，班級為小班制，每班人數皆不超過 10 人。本研究的研究對象為 103 學年度高中部一年級 3 位學生，智力介在標準分數 82-109 之間，皆配戴助聽器，學生資料如表 4-3-1，本研究以學期自然總成績為依據，前 25%之學生為高組學生，成績為班級後 25%之學生為低組學生，中間 50%為中組。本研究於 103-104 學年度進行一系列探究實作課程，並於暑假期間至中央研究院進行科學專題研究。

表 4-3-1 科學探究活動學生基本資料

學生代號	性別	聽損程度 (身障手冊)	智力 (TONI-3)	自然科 成績	溝通方式
A	女	重度 (90 分貝以上)	102	高組	口語為主，口語清晰。
B	男	重度 (90 分貝以上)	85	中組	口語為主，口語清晰。
C	女	重度 (90 分貝以上)	109	高組	口語為主，口語可辨識。

二、課程設計

本研究設計為期11個月的聽障生科學探究課程，設計重點為提升學生之探究能力，課程內容包含課程指導、進行實驗、撰寫小論文、報告與參與科學展覽競賽，各課程簡述如下：

(一) 討論生活中的問題

於課堂中請學生分享聽障者生活中所遭遇的不便，引導學生從自身的不便出發，思考並討論期望有哪些科學或科技能協助聽障者解決問題，使生活更便利。

(二) 腦力激盪

聚焦於聽障者息息相關的「助聽器」以及生活常見的「抗菌」兩者為討論主題，讓學生透過腦力激盪提出各種想法並發表，嘗試整理出可能成為科展題目的想法，期望學生可從討論中練習形成合適的研究問題。

(三) 科展介紹

介紹臺北市第48屆中小學科學展覽之計畫、包含展覽歷史、展覽目的、展覽組別、展覽科別、展覽內容與應遵守之規則等等。

(四) 提出好題目或好假設

給予學生4篇科展作品題目，分別為：1.「細菌隱形殺手（國小組-生物科）」、2.「洗菌高手（國中組-生活與應用科學科）」、3.「各種濃度酒精對手部殺菌之效果（高中組-生活與應用科學科）」、4.「乳酸菌的逆襲-細菌素抗菌作用之探討（高中組-生物（生命科學）科）」。經由教師引導讓學生討論這些問題的好壞、問題的發展性和猜想能驗證假說之研究方法。

(五) 實驗設計

請學生聚焦於評論「細菌隱形殺手（國小組-生物科）」篇研究的實驗步驟是否合適，實驗內容能否回答研究問題或假設，以及實驗步驟是否有受到其他變因干擾的可能性，以及是否有可以改進的部分，最後報告可行的研究設計與方法。

(六) 至中研院進行專題研究

本研究於七與八月帶領學生進行專題研究，學生於週六和週日整天於中央研究院進行研究，於過程中讓學生學習提出問題與架設、設計實驗、實驗方法與分

析與解決問題。

(七) 修正研究題目

第一次進行環境細菌調查實驗後，請學生根據結果，再次討論與確定題目。

(八) 修正研究設計

進行環境細菌調查實驗後，請學生根據結果，再次討論與確定研究方法。

(九) 數據分析

進行抑菌實驗，請學生討論數據呈現方式是否合適，實驗數據能否回答研究問題，以及實驗數據是否有受到其他變因干擾的可能性、實驗產生的誤差之因素，以及是否有可以改進的部分。最後教導學生使用EXCEL進行數據分析與製圖。

(十) 研究結果分析

進行抑菌實驗，請學生討論分析方式是否合適，能否用實驗數據解釋結果，研究結果是否合理，研究結果是否能回答研究問題或假設，以及是否有可以改進的部分。

(十一) 小論文寫作教學

老師分析論文寫作內容要素，請學生小組討論科展之作品名稱、摘要、研究動機、研究目的、研究設備及器材、研究過程或方法、研究結果、討論、結論、參考資料及其他等部分，以及寫出科展計畫書初稿。

(十二) 學生專題計畫發表

請學生進行科展計畫書發表，計畫內容必須包括作品名稱、摘要、研究動機、

研究目的、研究設備及器材、研究過程或方法、研究結果、討論、結論、參考資料等內容。教師於報告後給予回饋，學生修正後繳交科展計畫書。

三、研究工具

(一) 科學探究活動得分標準表

本研究參考美國奧勒岡州教育部研發之科學探究活動得分標準表作為學生探究能力之評量工具，以評斷學生科展作品報告書，探究活動得分標準表如表 4-3-2 與表 4-3-3。

表 4-3-2 美國奧勒岡州教育部之科學探究活動得分標準表（高中階段）-1

	形成問題或假設	設計探究活動	
	根據觀察和科學原理，制定可以透過蒐集和分析相關訊息以進行調查的問題或假設。	設計可控的實驗、實地調查或其他系統化的調查，以提供足夠的數據來回答問題或檢驗關於自然世界的假設。	
5/6**	-形成一個問題或假設，可以通過實證數據的蒐集和分析進行調查，通常指向對現有科學關係（例如相互作用、依賴性、相關性、因果關係）的更廣泛理解或有可能導致新的科學知識。 -提供全面的（有據可查的）背景科學知識和觀察結果，為此次調查建立詳細的背景。 -問題或假設明確引導出有效或創新的調查設計。	-提出精確和有效的活動設計，且具有科學邏輯、安全和合乎道德的步驟。 -完整的定義、控制和監測相關變數，具有系統化的調查步驟，且具有清楚明確與可調整的特質。 -提出一種設計，該設計能得到優良的質量和數量之數據以解決問題或假設，並能調查可能的關係。	5/6**
4	-形成可以通過蒐集和分析相關證據	-提出一個具有科學邏輯、安全和合乎道	4

	進行調查的問題或假設。 -提供足夠的背景科學知識或初步觀察結果，為此次調查建立適當的背景。 -提具體的問題或假設，可以引導有效調查的設計。	德的步驟，該步驟可以很容易地遵循。 -具有明確的相關變數，並定義一個系統化的、具有明確步驟的調查過程。 -提出一個設計，該設計將提供充足質量和數量的數據來解決問題或假設。	
3	-形成無法通過蒐集和分析證據進行充分調查的問題或假設。 -提供相關但不充分的背景訊息和或初步意見。 -問題或假設不夠具體，無法引導出有效的調查活動。	-提出一個具有科學邏輯、安全和合乎道德的步驟，該步驟可以很容易地遵循，但具有科學或邏輯的錯誤或遺漏。 -確定相關變數，但沒有明確定義系統化的調查步驟。 -提出之活動設計能得到之數據的質量和數量無法有效的解決問題或假設。	3
1/2*	-形成無法使用數據和可用資源進行調查的問題或假設。 -提供與調查無關的背景科學知識或初步觀察。 -問題或假設不能引導出有效調查的設計。	-提出一個狹隘的科學邏輯、安全或道德之步驟，且此步驟難以遵循。 -僅能確定部分變數或提出缺乏足夠詳細訊息的調查步驟。 -提出之活動設計能得到之數據的質量和數量完全無法解決問題或假設。	1/2*
** 5:表示主要（大部分）已完成，6 為所有已完成。 * 2:表示主要（大部分）已完成，1 表示完成較少或缺失。 數據是指證據或記錄，可能需要或不需要透過轉換來傳達結果。			

表 4-3-3 美國奧勒岡州教育部之科學探究活動得分標準表（高中階段）-2

	收集和呈現數據 蒐集、組織、充分展示適當的數據，以	分析和解釋結果 總結和分析數據，識別不確定性。得出	
--	--	--	--

	促進科學分析和解釋	一個有效的結論，解釋它如何得到證據的支持，並傳達科學調查的結果	
5/6**	-蒐集與探究活動計畫一致的、全面的、完整且詳細的數據、使用適當的單位記錄準確的原始數據。 -其數量和質量與計畫過程一致，並報告異常數據、能顯示適當的數據。 -並能善用格式來闡述或突顯出分析和解釋之間的關係。	-得出一個有效和全面的結論，能解決問題或假設，確定數據中的關係，並明確解釋數據如何支持結論。 -使用結果來分析和批評產生不確定性因素的設計和步驟，並討論這些因素會如何影響結果，並提出有見地的改進、修正或延伸。 -使用相關專業術語報導調查結果，解釋數據中可能的模式，並在需要時提出替代的合理解釋。	5/6**
4	-蒐集與探究活動計畫一致的數據 -使用適當的單位和標示去記錄準確的原始數據。 -以有組織的格式來顯示適當的數據，且能有效幫助科學分析和解釋。	-得出解決問題或假設的有效結論，並使用數據明確支持該結論。 -提供證據證明設計、程序和數據已經過審查，以辨認不確定因素的來源，並討論這些可能如何影響結果。 -使用相關專業術語報導調查結果，識別數據中可能的模式，並提出合理解釋。	4
3	-蒐集與探究活動計畫一致，但可能不完整的數據。 -記錄準確的原始數據，但單位或標籤不正確或缺少某些單位或標籤。 -以可理解的方式傳達適當的數據，但可能有些不完整或雜亂無章。	-得出解決問題或假設的結論，但僅部分得到證據支持。 -提供最少的證據證明設計、程序和數據已經過審查，以確定不確定性因素的來源。 -使用過於籠統的術語來報導調查結果，	3

		並提出合理但不完整的解釋。	
1/2*	-記錄數據與探究活動計畫不一致。 -記錄不準確的數據並且缺少單位和標籤或顯示出不準確。 -不完整或雜亂無章的數據。	-得出的結論與問題或假設沒有明確的關係，並且得到證據的支持最少。 -提供不正確的證據，其設計、步驟或數據被發現具有不確定性。 -使用不準確的術語報導研究報告或提出不準確的解釋。	1/2*
** 5:表示主要（大部分）已完成，6 為所有已完成。 * 2:表示主要（大部分）已完成，1 表示完成較少或缺失。 數據是指證據或記錄，可能需要或不需要透過轉換來傳達結果。			

（二）教室探究活動之因素表

本研究參考 Schwab（1962）提出之「科學探究活動之層次」、美國國家科學教育標準（NSES）（1996）年提出之「提升科學探究之重點比較表」、美國國家科學研究會（NRC）（2000）年「探究和國家科學教育標準：教學指南」一書中之「教室探究之特徵層次」與洪振方（2003）提出「探究活動的分類三向度」，進一步提出「教室探究活動之因素表」如表 4-3-4，其中向度包含：1.結構化之程度（探究活動的組織化）；2.指導者介入程度（指導問題、方法、結果等）；3.過程開放之程度（單一/多種答案與途徑）；4.公開交流之程度；5. 探究時間之程度。

表 4-3-4 教室探究活動之因素表

基本特徵		層次	
1.結構化之程度	探究之設計、實施和評	探究之設計、實施和評	探究之設計、實施和評
（探究活動的組織化）	量皆為有組織的	量部分有組織的	量皆沒有組織的

2.指導者介入程度	指導者提供問題、方法、 (問題、方法、結果等) 結果	指導者提供部分的問 題、方法、結果	指導者未提供問題、方 法、結果
3.過程開放之程度	探究或解題活動之過程 (單一/多種答案或途 徑)	探究或解題活動之過 程中，僅有一種答案與一 種解題路徑	探究或解題活動之過程 中，有一種以上的答 案或解題路徑
4.公開交流之程度	師生間以及學生間僅私 下交流	師生間以及學生間能 部分公開交流	師生間以及學生間能充 分公開交流
5.探究時間之程度	短期探究:僅一堂課	中期探究:一個月的探 究活動	長期探究:一個月以上 的探究活動

(三) 資料與編碼

本研究分析之資料為學生實驗日誌、研究者省思日記與科展作品報告書。編碼方式依序為資料種類、時間與學生或老師代號。例如：D20140714_A 表示在2014年7月14日A學生之實驗日誌，其中D表示實驗日誌，O表示研究者省思日記。分析之資料種類如下：

1. 學生實驗日誌

本研究要求學生於每次實驗都要詳細寫下實驗日誌，無論實驗成功或失敗，都務必留下紀錄。本研究對學生之實驗日誌進行分析，期望從中瞭解學生科學探究能力的發展過程與特徵。

2. 研究者省思日記

研究者於參與科展過程中，全程陪同學生並觀察紀錄實驗。從觀察紀錄資料可以瞭解學生參與科展之歷程，也能提供研究者做為反思的參考。

3. 科展作品報告書

本研究要求學生繳交科展作品報告書（如附錄一），內容包含作品名稱、摘要、研究動機、研究目的、研究設備及器材、研究過程或方法、研究結果、討論、結論、參考資料等內容。本研究將分析學生之科展作品報告書，以瞭解學生科學探究能力之發展歷程。

（四）研究者與自我對話

本研究之研究者也是課程之執行者，在課程之省思與對話部分，本研究採取自我對話法，詳實將指導學生參與科展經歷之故事記錄下來，並且在撰寫過程中不斷與自我對話，重新反思此課程執行之價值。



第四節 研究結果

以下將從「參加科學展覽對高中聽障生的探究能力之影響」與「參加科學展覽對高中聽障生之對科學的態度之影響」與「分析與反思聽障生科學探究課程」三部分做討論與分析。

一、參加科學展覽對高中聽障生的探究能力之影響

本節以美國奧勒岡州教育部研發之科學探究活動得分標準表作為評量工具，使用此評分表評量學生之科展報告作品書(附錄一)，以瞭解學生之探究能力。本節從形成問題或假設、設計探究活動、收集和呈現數據和分析和解釋結果四方面進行分析，各面向的得分為 1 至 6 分。

(一) 形成問題或假設

根據美國奧勒岡州教育部之科學探究活動得分標準表，一個好的問題與假設是可以通過實證數據的蒐集和分析進行調查，對現有科學關係更廣泛理解或有可能導致新的科學知識，問題或假設能明確引導出有效或創新的調查設計，且能提供全面的（有據可查的）背景科學知識和觀察結果。接續將分析學生之科展報告作品書之內容並給予評分。

首先，要分析研究問題是否能透過實證數據的蒐集和分析進行調查。學生之科展報告作品書並沒有直接條列出研究問題，但可以從研究動機（如圖 4-4-1）與研究目的（如圖 4-4-2）可知研究問題為想要去解決聽障者耳朵不舒適的情況，並探討耳模、細菌、清潔劑與運動之間的關係，這些問題是可以透過實證數據的蒐集和分析進行調查。

不同的是我們聽障者必須長時間戴著耳模，長時間戴著耳模讓我們感到不舒適，特別是在運動後耳朵容易搔癢和紅腫。是什麼原因導致耳朵搔癢和紅腫呢？有什麼方法可以避免耳朵的不舒適感呢？



圖一 耳模與助聽器



圖二 佩戴耳模圖

圖 4-4-1 科展作品書研究動機圖例

貳、研究目的

- 一、探討耳模與其他物品的細菌量間之異同。
- 二、探討不同的清潔劑對耳模上細菌是否具有抑菌或殺菌效果。
- 三、探討運動後，不同的清潔劑對耳模上細菌是否具有抑菌或殺菌效果。
- 四、探討配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道細菌量間之異同。
- 五、探討運動後，不同的清潔劑對外耳道上細菌是否具有抑菌或殺菌效果。
- 六、研發具有抑菌效果的耳模清潔劑。

圖 4-4-2 科展作品書研究目的圖例

接續要分析問題能否明確引導出有效或創新的調查設計，該作品書基於研究問題，發展出 6 個研究目的：1.探討耳模與其他物品的細菌量間之異同；2 探討不同的清潔劑對耳模上細菌是否具有抑菌或殺菌效果；3.探討運動後，不同的清潔劑對耳模上細菌是否具有抑菌或殺菌效果；4.探討配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道細菌量間之異同；5.探討運動後，不同的清潔劑對外耳道上細菌是否具有抑菌或殺菌效果；6 研發具有抑菌效果的耳模清潔劑。分析後發現，這六個研究具有連續性，每個研究可以引導出新的調查設計，並且能引出新的科學知識-瞭解造成聽障生耳朵不適原因與研發出有效耳模清潔劑。這些問題可以提供全面的觀察結果資料，對現有科學關係（例如相互作用、依賴性、相關性、因果關係）更廣泛理解，但是科學背景知識部份提供較少。

由上述之分析結果可知，學生科展作品書之形成問題或假設部份，符合一個

好的問題與假設是可以通過實證數據的蒐集和分析進行調查，可能導致新的科學知識，問題或假設能明確引導出有效或創新的調查設計，且能提供全面的觀察結果，對現有科學關係更廣泛理解對現有科學關係（例如相互作用、依賴性、相關性、因果關係）更廣泛理解，惟較缺乏提供全面的（有據可查的）背景科學知識，故評分為 5 分。

（二）設計探究活動

根據美國奧勒岡州教育部之科學探究活動得分標準表，一個好的探究活動是具科學邏輯、安全和合乎道德，具有系統化的調查步驟，該設計能得到優良的質量和數量之數據以解決問題或假設，並能調查可能的關係。接續將分析學生之科展報告作品書之內容並給予評分。

首先要分析科學邏輯、安全和合乎道德部份，從學生之科展報告作品書可以發現，且這些本研究進行六個實驗，分析後發現這六個實驗之實施設計具有邏輯性、連續性，例如：實驗四（如圖 4-4-3）指出由實驗三結果得知，只清潔耳模無法有效的抑制細菌生長。因此，實驗四想瞭解外耳道的在細菌增長中扮演的角色，故先探討配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道細菌量間之異同。且實驗設計能有效的執行，從研究方法（如圖 4-4-4）可知此六個實驗也皆未使用危險藥品與器材，又因為該實驗為抑菌實驗，實驗之樣本為細菌，並未傷害動物或以動物做為研究樣本，故也符合道德規範。

（四）戴耳模會讓外耳道變成人體細菌培養箱，戴耳模的環境有利細菌生長

實驗四：由實驗三結果得知，只清潔耳模無法有效的抑制細菌生長。因此，實驗四想瞭解外耳道的在細菌增長中扮演的腳色，故先探討配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道細菌量間之異同。

本實驗先使用無菌棉花棒採集配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道採集細菌，並分別將濕棉花棒接種於 LB 培養基上後，最後，將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量。研究結果如下圖。

圖 4-4-3 科展作品書之實驗四的圖例

(二)、細菌培養

1. 使用無菌棉花棒沾取無菌水後，取下耳模、外耳道及其他物品上的細菌置入固體培養基中，放入 37°C 培養箱培養 24 小時。
2. 挑選耳模細菌培養皿中的單一菌落置入含有 LB 培養液的錐形瓶中，放入 37°C 培養箱培養 16 小時之後，再取菌做接續實驗。

圖 4-4-4 科展作品書之細菌培養步驟的圖例

接續要分析研究之變數處理，調查步驟之系統性、明確性與可調整性。從學生作品報告書中可發現，該研究並未明顯或完整的定義相關變數，研究中皆有控制組，用以控制和監測相關變數（如圖 4-4-5），且具有系統化的調查步驟，這些步驟清楚明確，例如：該實驗得到的菌落數多高於 300，故「研究方法(四)抑菌實驗-菌落數計算」（如圖 4-4-6）中提及雖然應該記錄為 TNTN，但是會以肉眼觀察，並討論出數量多寡之共識。此外也發現，後一個實驗會依據前一個實驗結果所設計，故具有可調整的特質。

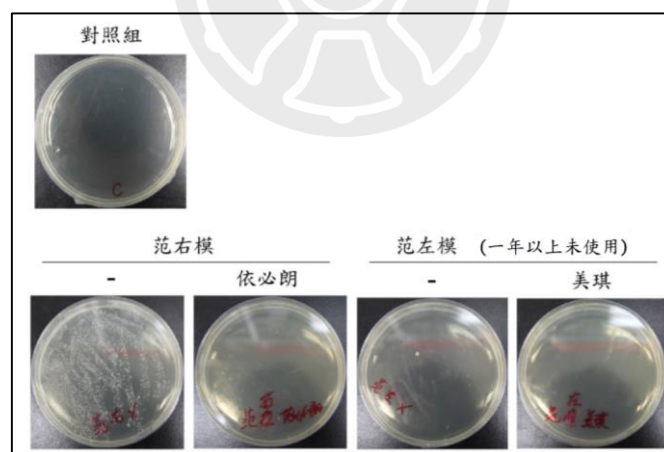


圖 4-4-5 科展作品書之控制組的圖例

(四)、抑菌實驗-菌落數計算

1. 本實驗採用塗抹法計數，用肉眼來觀察所有平板上之菌落數。透過塗抹法可以得知出菌落形成單位（Colony Forming Unit, CFU）。通常 CFU 計數數量是介於 30-300 之間。
2. 如果所計數的數量高於 300，則表示過多菌落數無法計算，記錄為 TNTC（Too Number To Count）；如果所計數的數量低於 30，則表示過少菌落數無法計算，記錄為 TFIC（Too Few To Count）。
3. 本研究之實驗得到的菌落數多高於 300，雖然應該記錄為 TNTN，但是本研究還是會以肉眼比較數量的多寡。將會由三位研究者共同討論，比較出菌落數量的多寡。

圖 4-4-6 科展作品書之菌落數計算的圖例

最後，要分析透過實驗設計能否得到良好的數據以解決研究問題。分析發現實驗一至六實驗皆可以的到良好的數據，最後也設計出有效的耳模清潔劑（如圖 4-4-7），以解決聽障者耳朵不適之問題，並且也調查出運動後的耳道會產生大量的細菌，所以耳道也需要清潔之實驗結果，表示該實驗能調查出可能之關係。

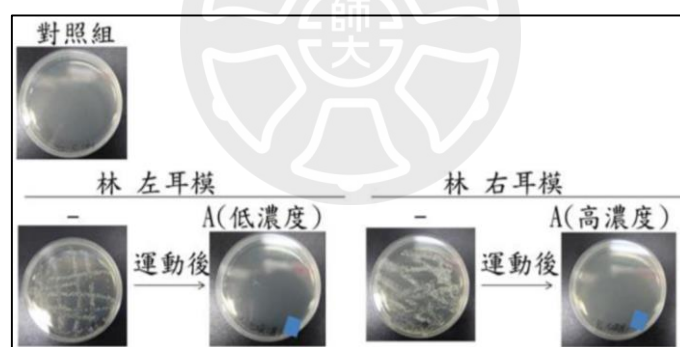


圖 4-4-7 科展作品書之耳模清潔的圖例

由上述之分析結果可知，學生科展作品書之設計探究活動符合具科學邏輯、安全和合乎道德，具有系統化的調查步驟，該設計能得到優良的質量和數量之數據以解決問題或假設，並能調查可能的關係，惟該研究並未明顯或完整的定義相關數，故評分為 5 分。

（三）收集和呈現數據

根據美國奧勒岡州教育部之科學探究活動得分標準表，一個好的探究活動應該能詳實蒐集數據、正確呈現數據與善用圖表解釋研究結果。接續將分析學生之科展報告作品書之內容並給予評分。

首先要分析詳實蒐集數據部份，學生之作品書中所蒐集之資料與研究目的欲蒐集之資料一致，每個實驗之紀錄完整，惟發現學生作品書之表三中有顯示時間單位（分鐘），但在細菌生長曲線圖中缺少時間單位（如圖 4-4-8）。接續，要分析正確呈現數據部份，學生之作品書中能顯示適當的數據，但並未在報告書解釋異常數據，例如學生作品書之表三中的依必朗混和菌之 OD 值明顯偏高（0.82），但並未討論原因（如圖 4-4-9）。最後，要分析善用圖表解釋部份，學生之作品書能善用格式來分析和解釋之間的關係，例如：從學生作品書之表三與圖五可以看出不同清潔劑之殺菌效果。

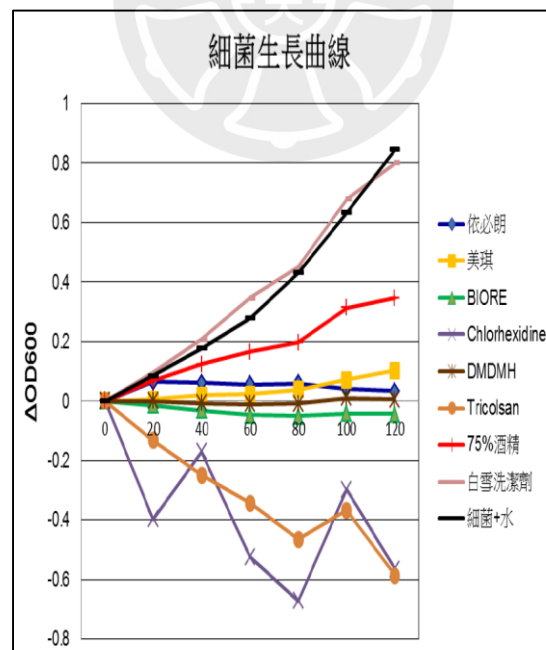


圖 4-4-8 科展作品書之缺少時間單位的圖例

表三 不同時間點的混合菌液之 OD600 值							
時間點(分鐘)	0	20	40	60	80	100	120
混合菌液							
依必朗	0.82	0.885	0.881	0.875	0.879	0.862	0.853
美琪	0.293	0.299	0.312	0.316	0.331	0.364	0.395
BIORE	0.336	0.323	0.305	0.289	0.285	0.295	0.292

圖 4-4-9 科展作品書之異常數據的圖例

由上述之分析結果可知，學生科展作品書之收集和呈現數據部份，達到可以詳實蒐集數據與善用圖表解釋研究結果，惟未在報告書解釋異常數據，故評分為 4 分。

(四) 分析和解釋結果

根據美國奧勒岡州教育部之科學探究活動得分標準表，一個好的探究活動應該能詳細提供全面的結論、討論不確定因素與使用專業用語傳達研究結果。接續將分析學生之科展報告作品書之內容並給予評分。

首先，要分析提供全面的結論部份，從學生之作品書中可以發現研究結果能回答研究問題，每個實驗結果都能達成研究目的，每個實驗結果都能明確解釋數據如何支持結論，提供讀者有效和全面的結論。接續要分析結果是否有討論不確定因素，從學生之作品書中可以發現，較少討論造成產生不確定因素之步驟，但在未來發展部分（如圖 4-4-10）有提及如何改進與延伸實驗。

五、未來發展

本研究目前初步瞭解戴耳模造成耳朵搔癢的原因、清除耳模及外耳道細菌的方法以及研發出較好的耳模清潔劑。將來的研究方向有以下幾點:1.進一步去研究耳模清潔劑 A 是否會損傷矽膠耳模; 2.探討能否使用耳模清潔劑 A 清除助聽器上的細菌;3. 探討能否使用耳模清潔劑 A 清除一般耳機上的細菌。

圖 4-4-10 科展作品書之未來發展的圖例

最後，要分析是否能使用專業術語報導，從學生之作品書分析可知文章中多使用專業術語報導研究結果，並且能解釋數據之涵義，例如實驗二結果顯示（如圖 4-4-11），Triclosan、CHX 和 BIORE 具有殺菌效果，DMDMH 和依必朗具有抑菌效果，美琪、白雪和水不具有抑菌效果，明確分辨出抑菌與殺菌不同效果，並能提出替代的合理解釋（如圖 4-4-12），能根據研究數據進行全面的討論，例如討論為什麼某些清潔劑不選用、為什麼只清潔耳模的抑菌效果是有限的、為什麼運動會促使耳模細菌快速生長與什麼方法能有效防止耳模細菌生長。

研究結果顯示，在稀釋 10 倍的條件下，Triclosan、CHX 和 BIORE 具有殺菌效果，DMDMH 和依必朗具有抑菌效果。美琪、白雪和水不具有抑菌效果，而稀釋 10 倍的 75%酒精也不具有抑菌效果。

圖 4-4-11 科展作品書之實驗二結果數據的圖例

陸、討論

一、為什麼某些清潔劑不選用

從實驗一的混合菌液之細菌生長曲線圖可以得知，Triclosan、CHX 和 BIORE 具有殺菌效果，DMDMH 和依必朗具有抑菌效果，美琪、白雪和水不具有抑菌效果。雖然結果顯示 Triclosan 及 BIORE（含有 Triclosan）清潔劑具有良好的殺菌效果，但是從網路搜尋得知 Triclosan 具有致癌風險，所以本實驗排除使用含有 Triclosan 的清潔劑。

如圖 4-4-12 科展作品書之討論的圖例

由上述之分析結果可知，學生之科展作品書的分析和解釋結果部份，可以達到詳細地提供全面的結論、使用專業用語傳達研究結果與提出替代的合理解釋，惟在研究結果中較少看到討論不確定因素之相關內容，故評分為 5 分。

（五）學生探究能力之綜合整理

本節以美國奧勒岡州教育部研發之科學探究活動得分標準表作為評量工具，使用此評分表評量學生之科展報告作品書，以瞭解學生之探究能力。評量結果顯示，在形成問題或假設部份，學生之作品書符合：1.通過數據的蒐集和分析進行調查；2.對現有科學關係更廣泛理解或有可能導致新的科學知識；3.問題或假設能明確引導出有效或創新的調查設計，且能提供全面的觀察結果，故得分為 5 分。設計探究活動部份，學生之作品書符合：1.科學邏輯、安全和合乎道德；2.系統化的調查步驟；3.能獲得優良之數據，並能調查可能的關係，故得分為 5 分。收集和呈現數據部份，學生之作品書符合：1.詳實蒐集數據；2.正確呈現數據；3.善用圖表解釋，故得分為 4 分。分析和解釋結果部份，學生之作品書符合：1.提供全面的結論；2.使用專業用語傳達研究結果；3.提出替代的合理解釋，故得分為 5 分。分析後發現各個面向之得分皆為高於 3 分，為中等以上，故本研究認為此科學探究課程可以培養學生之探究能力。學生探究能力之綜合整理如表 4-4-1。

表 4-4-1 學生探究能力之綜合分析表

向度	符合條件	不符合條件	分數
形成問題或假設	1. 通過數據的蒐集和分析進行調查 2. 對現有科學關係更廣泛理解或有可能導致新的科學知識	提供全面的背景科學知識	5

	3. 問題或假設能明確引導出有效或創新的調查設計，且能提供全面的觀察結果	
設計探究活動	1. 科學邏輯、安全和合乎道德 2. 系統化的調查步驟 3. 能獲得優良之數據，並能調查可能的關係	並未明顯的定義相關數 5
收集和呈現數據	1. 詳實蒐集數據 2. 正確呈現數據 3. 善用圖表解釋	4
分析和解釋	1. 提供全面的結論 2. 使用專業用語傳達研究結果 3. 提出替代的合理解釋	討論不確定因素 5

二、參加科學展覽對高中聽障生之對科學的態度之影響

本節將著重於討論參加科學展覽是否會影響聽障生對科學的態度，並從提升科學興趣、提升參與科學的自信心與對科學家持有正面態度等三部份進行分析。

(一) 提升科學興趣

從學生實驗日誌可以發現，有學生表示對於科學探究活動緊張又期待，也覺得很有趣，C 生之實驗日誌紀錄如下：

「到了助聽器公司與胡博士、自然老師會合，一起來做耳模，順便討論一下殺菌的結果，在做耳模的過程中，既緊張又期待...我心想做耳模這個活動好有趣噢。」(D20140714_C)。

有學生表示參加科學探究活動讓他感到很興奮，實驗結果成功也讓他很有成就感，B 生之實驗日誌紀錄如下：

「這是一個很棒的經驗！我在那裏看到好多化學儀器，我心裡好興奮，他們還給我白色的袍子，心想我好像成為他們的一份子！我印象最深刻的是-胡博士說我們這次做得很好！我們有聽胡博士的指揮，一次就做對了！所以我們做出來的實驗成果會是成功的！我好開心」(D20140705_B)。

也有學生表示，實驗成功的經驗讓他很開心，因此自己也更積極地思考研究進行的方向。A 生之實驗日誌紀錄如下：

「後來我們在討論下週六要做什麼的時候，胡博士忽然傳來圖片，說我們禮拜六養的細菌真的跑好多出來，我們一起看了照片之後直呼好噁心～代表我們成功了，我們都很開心，自然老師也說我們很棒！下週六再去的時候，我們要開始挑菌，來殺死它們，看看要用怎麼方法才可以殺死更多的細菌。」(D20140707_A)。

從教師省思日記也可以看出，有學生在國中時覺得參與科展是一件很難的事情，自己對參與科展也沒興趣，但是實際參與做實驗之後，覺得做研究很有趣，自己因此更喜歡自然科學，也覺得未來可以多嘗試學習科學。教師省思日記紀錄如下：

「今天學生回到學校繼續上課，我問了一下學生對做實驗的想法。A 生說之前在國中有看過同學參加科展，但是覺得很難也沒有興趣，所以沒

想過參加科展，去做實驗後覺得很好玩也很有趣，很多器材都是第一次看到，覺得很新奇，...因為參加科展我更喜歡自然科學，覺得未來可以多嘗試科學。」(O20140707_T)。

也有學生一開始覺得與科展是一件有點困難的事情，但實際做研究之後覺得蠻有趣的，但未來較不會選讀科學類的大學。教師省思日記紀錄如下：

「C 生說一開始覺得實驗有點困難，但跟著做也就學會了，覺得蠻有趣的，但大學還是希望選藝術大學，比較不會選自然科學方面的大學」(O20140707_T)。

從以上資料可知，經歷科學探究課程後，A、B、C 三位學生皆提及做研究很有趣、很開心、很新奇與提供成功經驗。所以本研究認為在此歷程中三位學生都提升了科學興趣。

(二) 提升參與科學的自信心

從學生實驗日誌可以發現，有學生表示實驗結果成功讓他很有成就感，覺得自己也可以往科學發展。B 生之實驗日誌紀錄如下：

「胡博士說我們這次做得很好!我們有聽胡博士的指揮，一次就做對了!所以我們做出來的實驗成果會是成功的!我好開心!並且老師告訴我們身為聽障生不應該自限!其實聽障生也是可以往科學的方向去發展!」(D20140705_B)。

有學生表示在實驗過程中學會實驗技術，而且長時間做實驗都不喊累，覺得

自己很厲害，很有成就感。C 生之實驗日誌紀錄如下：

「博士教我們先小小的試管準備好，在蓋子上面寫上數字，這樣在做實驗的時候，就會比較好分辨，也不會搞不清楚了，再來就是博士要教我們技術，要怎麼使用滴管，一做就做了兩個小時，一直都站著，沒坐下來，聽博士說，以一般學生來說，大概要做兩天，今天的過得還滿充實的呢！我蠻厲害的，哈哈！」(D20140712_C)。

從教師的省思日記也發現，B 原本覺得參與科展很難，但實際做研究且被老師誇獎後，覺得自己不要畫地自限，可以往科學方面走。教師的省思日記如下：

「B 生覺得做研究有點難啦！對做實驗沒有抱太大的期望，之前覺得做實驗還蠻簡單！沒想到做科展會用到英文、數學和化學的公式，對這方面一竅不通！前幾天做研究被博士誇獎做得很好，一次就做對了！我覺得很開心，覺得聽障生不要自限，也可以往科學方向走。」(O20140707_T)。

也有學生認為，因為參與科學展覽的研究題目與聽障有關，所以態度更為積極，想透過科學去解決問題，A 生的實驗日誌紀錄如下：

「下週六再去的時候，我們要開始挑菌，來殺死它們，看看要用什麼方法才可以殺死更多的細菌，希望一次比一次更好玩，然後研究方向也往和我們聽障有關係的路線去發展，開始研究如何讓助聽器上面的細菌都死光光，能夠保持更乾淨的方法，下週六就等我們去查出來！加油！」

(D20140707_A)。

也有學生認為研究方向與自身的問題有關，所以更為積極地想去解決問題，想透過科學幫忙聽障同胞。B 生的實驗日誌紀錄如下：

「之後我們在討論我們研究的方向，我們想要研究我們的耳模怎麼樣才可以把耳模變乾淨更散熱、透氣、吸汗、舒適、除臭、顏色和造型！為什麼呢？因為天氣一熱，就一直流汗，所以我一直用衛生紙掏耳朵，因為會癢，而且，我們培養出來，耳模上的細菌特別的多，也代表耳模真的是很髒也會變臭，所以我們一定要想出來辦法！林老師說我們更應該要往和我們聽障有關係的地方去發展才對呀～幫助我們聽障同胞的困擾！」(D20140707_B)。

從教師省思日記也可以發現，學生對於參與科學競賽感到非常開心，B 生說他國中老師看到他參與科展誇獎他很棒，以前的同班同學則被他嚇到了，B 生很驕傲自己能參加科展競賽。教師省思日記記錄如下：

「今天帶學生去科教館參加科展競賽，學生都非常開心，感覺不太緊張的樣子。到場內練習報告時，學生看到好多參賽學生，才開始有點緊張了起來。學生看到自己的海報版都很開心的合照，也抓緊時間練習了報告，報告完請學生去看看其他人的作品，他們說有好多前三志願的學生唷，感覺很難獲獎。和學生一起去拿東西時，遇到他們國中班上第一名的同學（現在讀北一女），也看到之前國中老師，國中老師誇獎他們很棒。後來 B 告訴我說他的國中同學很訝異看到他，問他為什麼會來，同學嚇到下巴都掉下來了，他很驕傲地說我來參加科展競賽阿！」

(O20150430_T)。

從以上資料可知，經歷科學探究課程後，有學生表示實驗成功讓他有成就感，覺得自己也可以往科學發展；也有學生表示因為被老師誇獎實驗做得很好，覺得自己不要畫地自限，願意多嘗試科學；也有學生認為，因為參與科學展覽的研究題目與聽障有關，所以想透過科學去解決問題；也有學生表示覺得很驕傲可以參加科學展覽。因此，本研究認為參與科學展覽可以提升學生的科學自信心，特別是因為本研究題目與聽障生有關，所以更能提升學生參與度，進而促使聽障生更投入科學活動。

(三) 對科學家持有正面態度

從學生實驗日誌可以發現，有學生提及做實驗的經歷讓他對科學研究改觀，覺得做研究其實很好玩，和電視上看到的不同。A 生之實驗日誌紀錄如下：

「我們就開始討論如何把身上最髒的地方培養出細菌，我們三個人就分開，我是助聽器和手錶，C 是耳朵和手機，B 是牙齒和指甲縫，...今天很好玩，和以往在電視上看到的嚴肅的研究不一樣，讓我大大的改觀。」

(D20140705_A)。

也有學生提及，跟科學家一樣做實驗是很有趣的經驗，覺得做科學家很專業。A 生之實驗日誌紀錄如下：

「今天去中央研究院，我們到之後開始領取上禮拜說好的實驗研究衣，然後拿到了之後開始穿上去，享受成為科學家的快感 XD，我們實驗了

一整天，我覺得最好玩的是在把樣本滴過來滴過去的時候，因為那個動作很像專業的人一樣，好像真的變成了研究生一樣 XD。」
(D201407012_A)。

也有學生提及，透過參與科展活動，瞭解科學家具有多種專業、努力不懈與解決問題之特質，B 生之實驗日誌紀錄如下：

「我們已經做了一整天都沒有休息，我們一直學習，穿著厚重的實驗袍馬不停蹄邊走路邊作筆記，寫到手快酸掉而且還腳跟背都是很酸痛，我衣服都汗濕了，我們有努力的做，終於把今天的份量都做完了，我們才發現科學家並不好做，還要用到英文，回歸正題，我們做的實驗把每一種的洗手乳加進裝有細菌和培養液的試管裡，再放入 OD600 機器裡去測它的背景值和濃度，是用光去檢測的！我們覺得有一些洗手乳的殺菌功能沒有很好，所以我們還在想辦法中，敬請期待！」(D201407012_B)。

從以上資料可之，在參與科學展覽的過程中，有學生因此對科學研究改觀，覺得做研究其實很好玩；也有學生指出跟科學家一樣做實驗是很有趣的經驗，覺得科學家很專業；也有學生因此瞭解科學家是努力不懈地想解決問題的。因此，本研究認為參與科學展覽可以改變學生對科學家的刻板印象，增進學生對科學家的正面態度。

三、分析與反思聽障生科學探究課程

本節從探討聽障生科學探究課程設計之因素與反思聽障生科學探究課程兩部分進行分析，以瞭解聽障生科學探究課程之設計因素與實施時應注意的要點。

（一）分析聽障生科學探究課程之因素

為瞭解聽障生科學探究課程之設計因素，本研究使用「教室探究活動設計之因素表」分析此科學探究課程，分析向度包含結構化之程度（探究活動的組織化）、指導者介入程度（指導問題、方法、結果等）、過程開放之程度（單一/多種答案與途徑）、公開交流之程度和探究時間之程度。

1. 結構化之程度

本節將由探究課程之設計、課程之實施和課程之評量三面向進行分析。

(1) 探究課程之設計

因本課程是參考美國奧勒岡州教育部之科學探究活動評分表設計，從「形成問題或假說」、「設計研究」、「蒐集和呈現數據」和「分析和解釋結果」四個面向設計。其中「形成問題或假說」部份之課程為：討論生活中的問題、腦力激盪、提出好題目或好假設、至中研院進行專題研究、修正研究題目、小論文寫作教學和學生專題計畫發表等七堂課；「設計研究」部份之課程為：提出好題目或好假設、實驗設計、至中研院進行專題研究、修正研究設計、小論文寫作教學和學生專題計畫發表等六堂課；「蒐集和呈現數據」部份之課程有：至中研院進行專題研究、數據分析、小論文寫作教學和學生專題計畫發表等四堂課；「分析和解釋結果」部份有：至中研院進行專題研究、研究結果分析、小論文寫作教學和學生專題計畫發表等四堂課。由以上課程分析可知，本課程設計是具有組織的。

(2) 探究課程之實施

本研究原本基於美國奧勒岡州教育部之科學探究活動評分表設計出 10 堂課，分別為討論生活中的問題、腦力激盪、科展介紹、提出好題目或好假設實驗設計、至中研院進行專題研究、數據分析、研究結果分析、小論文寫作教學和學生專題

計畫發表。但於執行課堂後發現，於過程中之題目與方法會因為研究結果而需要修改，例如學生經由第一次實驗後決定修改題目，教師省思日記如下：

「今天學生到學校上課，要瞭解學生對做研究的想法、討論初步研究結果以及接下來研究設計...接著給學生看研究結果照片，其中耳模的細菌長非常多，學生討論後決定研究題目修正為耳模清潔方法」
(O20140707_T)。

學生發現第一次與第二次實驗結果並不相同，所以感到很疑惑，經討論後決定再次設計並進行新的實驗，教師省思日記如下：

「學生覺得第一個實驗結果是Biore最好，但第二個實驗結果是依必朗和75%的酒精最好，很疑惑怎麼跟結果不一樣。和學生解釋在試管測試和實際測試結果因為方法不同，有可能結果不同，但是兩個研究中，CHX皆可以達到抑菌效果。改進部分，學生較難說出，引導學生思考是不是缺少了對照組，學生也表示可以用水做對照組。於是我們決定再做一次實驗」(O20140712_T)。

因此，本課程之實施過程增加了修正研究題目與修正研究設計兩堂課，本探究課程最終為 12 堂課。從此課程實施之過程看來，本課程之實施雖依據原先課程設計之計畫實施，但會依學生反應與研究結果適時修正，並增加課程內容，故可成實施過程為應為部分有組織，。

(3) 探究課程之評量

本課程設計之評量方式為使用美國奧勒岡州教育部研發之科學探究活動得分

標準表為工具，從「形成問題或假說」、「設計研究」、「蒐集和呈現數據」和「分析和解釋結果」四方面評量學生之探究能力，並有明確的評分標準。故本探究課程之評量為有組織的。

從探究課程之設計、課程之實施和課程之評量三面向進行分析後得知，探究課程之設計和課程之評量為有組織的，而課程之實施為部份有組織的，故本課程之結構化程度應為部份有組織的。

2. 指導者介入程度

本節將從研究問題、研究方法與研究結果三方面，分析指導者介入程度討論指導者介入程度，分析資料為教師省思日記與學生實驗日誌。

(1) 研究問題方面

首先在研究問題，教師省思日記可知，教師從課室觀察到學生耳朵容易發癢，推測可能是細菌增生的原因。教師省思日記如下：

「上次觀察到B生常常分心清耳朵，而且耳朵常常紅腫，經詢問之下才知道原來助聽器需要透過耳模讓聲音可以完全的傳入耳朵，就像戴耳機一樣，但是長期戴耳模會讓耳道悶熱搔癢，其實是很不舒服的，一直清耳朵也可能會讓耳朵發炎。因此這次上課和學生討論生活中的不便與希望如何使用科學解決這個問題。...我覺得可以試試看清潔與殺菌方面的研究，殺菌研究也與生物學有關連。」（O20140609_T）。

因此指導者決定先從細菌菌調查實驗著手，並希望引導學生注意到耳模的細菌之問題。教師省思日記如下：

「看完細菌調查的環境的影片，學生說很驚訝原來環境裡有很多細菌，原來馬桶不是最髒的，手機還比馬桶髒，也瞭解實驗如何進行，因此有3位同學覺得自己可以試看看，我們便決定可以先試看看細菌調查這個研究題目。」(O201406016_T)。

從學生日誌部份可以發現，學生也提及一開始是由老師提供初步題目方向，引導學生進行細菌調查實驗，B生紀錄如下：

「今天老師帶我們做培養細菌，一開始我們要在uv的箱型機器做操作，我用牙齒和指甲垢用棉花棒沾水加牙齒和指甲垢，塗在培養皿裡!然後放進37°C的保溫箱裡!之後過一天之後細菌就會生出來了!」(D201400705_B)。

另一位學生之實驗日誌也表明是老師引導之題目，C生紀錄如下：

「我們這次的課程是培養細菌，老師要我們這些學生，每個人找兩個最髒的東西，把它挖出來培養，在這個實驗過程中我有吸收到很多知識，有好笑的、認真的。」(D20140705_C)。

進行實驗後，學生開始主動討論研究的題目與要進行實驗內容，A生紀錄如下：

「我們就開始討論如何把身上最髒的地方培養出細菌，我們三個人就分開，我是助聽器和手錶，C是耳朵和手機，B是牙齒和指甲縫，我們三個先在培養皿上簽名之後，用棉花棒沾一點清水去感染細菌，之後塗在

培養皿上，完成之後培養要一天的時間。」(D20140705_A)。

在進行第一次實驗後，學生更進一步決定要將題目修改為耳模清潔實驗。

B 學生紀錄如下：

「我們在討論我們研究的方向，我們想要研究我們的耳模怎麼樣才可以把耳模變乾淨更散熱、透氣、吸汗、舒適、除臭、顏色和造型！為什麼呢？因為天氣一熱，就一直流汗，所以我一直用衛生紙掏耳朵，因為會癢，而且，我們培養出來，耳模上的細菌特別的多，也代表耳模真的是很髒也會變臭，所以我們一定要想出來辦法！林老師說我們更應該要往和我們聽障有關係的地方去發展才對呀～幫助我們聽障同胞的困擾。」(D20140707_B)。

從以上資料可知，雖然一開始為指導者提出研究問題，但經由實驗後學生主動提出要修正研究題目之方向，因此在提出研究問題部份應為指導者部份提供。

(2) 研究方法方面

在分析教師省思日記發現，研究方法多為指導者提供，例如透過影片讓學生瞭解研究方法。教師省思日記如下：

「我接下來放了環境細菌調查的影片，用棉花棒蒐集環境中的細菌，再進行培養，...（學生）也瞭解研究如何操作，因此有 3 位同學覺得自己可以試看看。」(O201406016_T)。

指導者也透過教學指導學生研究方法，透過分析科展作品以瞭解研究方

法。教師省思日記如下:

「中午學生來上課，先請學生報告”細菌隱形殺手”研究目的與方法，...學生僅對於洋菜膠比較不理解，因為和之前上課撥放的調查環境細菌的影片內容很接近，所以學生都也可以理解。學生對於用豬皮做實驗感到很有趣，我問他們為什麼要用豬皮呢?A 說是不是豬皮很像人的皮呢?應該是要模仿人皮，就不用一直用手。B、C 也認同說法。在菌落數計算部分，他們說跟之前影片的內容一樣，不過 B 說自己要做實驗，有點擔心會不會被細菌傳染。」(O20140704_T)。

指導者也常常於實驗後隔天進行教學，除了討論上次實驗結果也討論下次研究的方法。教師省思日記如下:

「今天要和學生討論如何進行實驗設計。先上課介紹一下細菌的生長條件，然後請學生討論要如何抗菌。...因為學生對於細菌培養和實驗設計較無概念，所以由我介紹下一次抗菌洗手乳的實驗設計，以及實驗原理，並請派作業給學生。」(O20140708_T)。

從學生的實驗日誌也發現，研究方法為指導者提供，學生遵照指導者提供的研究方法進行實驗。以 A 學生為例:

「今天在學校我們討論了下週六要做什麼，自然老師為我們解說了一些很基本的觀念，像是如何把細菌挑出來放到玻璃管理面，再用我們市面上賣的洗手乳或是自己家裡面的肥皂，去做殺菌的動作，我們會用 9ml 的水加上 1ml 的洗手乳，水是幫忙稀釋，然後觀察細菌是不是有減少

(細菌隔 20 分鐘會複製一次)。」(D20140708_A)。

由以上分析可知，本探究課程之研究方法多為指導者上課教授之，而學生遵循習得之研究方法進行實驗，因此在提出研究方法部份應為指導者提供。

(3) 研究結果方面

接續將探討探究課程中的研究結果是如何產生，是為教師提供或是學生產生。首先要分析教師省思日記，從教師省思日記可知，探究課程中的研究結果是學生實驗後之結果，經由師生共同討論產出。教師省思日記紀錄如下：

「研究結束後，和學生一起討論研究結果。發現伊必朗洗手乳本身數值偏高，師生討論後認為與洗手乳的顏色深較吸光有關，也發現有些洗手乳僅初期有抑菌效果，數據後來就飆高了；A 生說 BIORE 數據降低了，效果最好。」(O20140712_T)。

從教師省思日記也可得知，探究課程中的研究結果是且非預期的，也需要師生共同討論產出合理的研究結果。

「學生覺得第一個實驗結果是 Biore 最好，但第二個依必朗和 75% 的酒精，很疑惑怎麼跟結果不一樣。和學生解釋在試管測試和實際測試結果因為方法不同，有可能結果不同，但是兩個研究中，CHX 皆可以達到抑菌效果。」(O20140714_T)。

根據學生的實驗日誌內容，也顯示出學生認為實驗結果是一起討論而產生的。
A 生實驗日誌紀錄如下：

「到了助聽器公司之後，老師先跟我們講解上次殺菌的實驗，哪一牌的洗手乳比較好，我們就選出了 4 個（洗手乳或清潔成分）。」
(O20140714_T)。

從以上資料分析可知，指導者與學生都較認為是共同討論而產出研究結果。綜合研究問題、研究方法與研究結果三方面之分析結果可知，本科學探究活動的指導者介入程度應為部份提供研究問題、研究方法與研究結果。

3. 過程開放之程度

本節著重於討論本科學探究課程過程之開放之程度，分析答案與解題途徑是單一或是多種。

(1) 答案之開放程度

首先由答案之開放程度進行分析，分析發現本探究課程之研究結果非能預期，不僅有一種清潔劑具有抑菌效果，也有清潔劑具有殺菌效果，研究結果具有多種答案。教師省思日記紀錄如下：

「研究結束後，和學生一起討論研究結果。...發現有些洗手乳僅初期有抑菌效果，數據後來就飆高了；A 生說 BIORE 數據降低了，效果最好。...學生從圖中可明顯看出 Triclosan、CHX 和 BIORE 具有殺菌效果，DMDMH 和依必朗具有抑菌效果。」(O20140712_T)。

本研究並發現，不同實驗會產生具有衝突之結果，進而引導出新的實驗，教師省思日記紀錄如下：

「學生覺得第一個實驗結果是 Biore 最好，但第二個依必朗和 75%的酒精，很疑惑怎麼跟結果不一樣。...引導學生思考是不是缺少了對照組，學生也表示可以用水做對照組。於是我們決定再做一次實驗。」
(O20140712_T)。

由以上資料分析可知，本探究課程之研究結果具有多種，且答案可能也有些微的衝突性，因此本探究課程的答案之開放程度為具有多種答案。

(2) 解題途徑之開放程度

接續從解題途徑之開放程度進行分析，從學生的實驗日誌發現，學生經過第一次實驗後，主動討論研究之方向，進而修改研究方向，顯示出解題的途徑不僅有一種。B 生實驗日誌紀錄如下：

「...之後我們在討論我們研究的方向，我們想要研究我們的耳模怎麼樣才可以把耳模變乾淨更散熱、透氣、吸汗、舒適、除臭、顏色和造型！為什麼呢？因為天氣一熱，就一直流汗，所以我一直用衛生紙掏耳朵，因為會癢，而且，我們培養出來，耳模上的細菌特別的多，也代表耳模真的是很髒也會變臭，所以我們一定要想出來辦法！」(D20140707_B)。

分析後並發現本探究課程之研究設計會因為前一個研究結果而修改，顯示出解題的途徑不僅有一種。教師省思日記紀錄如下：

「...和學生解釋在試管測試和實際測試結果因為方法不同，有可能結果不同，但是兩個研究中，CHX 皆可以達到抑菌效果。改進部分，學生較難說出，引導學生思考是不是缺少了對照組，學生也表示可以用水做對

照組。於是我們決定再做一次實驗。」(O20140712_T)。

綜合以上資料可知，本科學探究課程之研究方向與實驗設計皆會修正，顯示出有多種解題途徑，因此本探究課程的過程開放之程度為有多種答案和多種解題路徑。

4. 公開交流之程度

本節著重於討論本科學探究課程之公開交流程度，分析重點為師生間以及學生間能否充分且公開地交流。

(1) 師生間交流之程度

本節將著重於本探究課程之師生間的討論，從教師省思日記可發現教師於實驗後之隔天會找學生回校討論實驗結果。教師省思日記如下：

「先討論昨天實驗結果，結果顯示只要用水擦拭就可以減少耳模上的細菌量。學生很疑惑問所以只要水洗就好嗎？B 學生說他覺得水洗沒有用，運動後耳朵特別癢。」(O20140803_T)。

除了老師與學生有充分的討論機會，學生間也會提出問題，彼此討論。教師省思日記如下：

「今天與學生討論昨天的實驗結果，研究結果所有的清潔劑都無法清除耳模上的細菌，運動之後細菌會大量的增生。B 生說所以體育課後他耳朵都非常癢，原來是細菌一直增生。我們討論耳模細菌如何增生？學生說應該是因為耳朵流汗，又很悶，所以細菌長得很快。因此決定進行耳

道清潔實驗。」(O20140805_T)。

從學生之實驗日誌也發現，師生於探究過程中會一起討論研究題目與研究方向，B 生實驗日誌紀錄如下：

「到學校之後，先去設備組和自然老師、A、C 會合，再做討論，改變研究方向，我們要研究的是怎麼清潔助聽器的耳模，才不會變黃色。」
(D20140707_B)。

由以上資料可知，教師與學生會回校討論實驗結果以及未來的研究方向。故本探究課程的師生間與學生間的交流之程度是充分的。

(2) 公開分享之程度

本節將著重於本探究課程之公開分享程度。本科學探究課程包含學生專題計畫發表，於此課程會請學生進行科展計畫書發表，教師給予回饋並指導。教師省思日記紀錄如下：

「找學生中午來練習報告。學生選出主要報告者為 A，A 在作品名稱、摘要、研究動機、研究目的、研究設備及器材報告較順利，但在研究過程或方法、研究結果、結論與討論之報告時一直會卡住，需要提示與指導，特別是實驗五、六報告起來比較卡，需要多練習。我覺得可能是因為五、六實驗的進行為老師主導，學生聽老師指導進行實驗操作，因為不是自發性的，所以報告的過程比較不順。花了很多時間和學生討論與澄清內容。並請學生回去仔細看報告書，後天再來報告。」
(O20150407_T)。

因本研究作品獲得科展複選資格，故學生可以至科學展覽會場公開發表。教師省思日記如下：

「今天帶學生去科教館參與科學展覽，學生都非常開心，感覺不太緊張。

到場內練習報告時，學生看到好多參賽學生，才有點緊張的樣子。學生

看到自己的海報版都很開心的合照，也抓緊時間練習報告。」

(O20150430_T)。

由以上資料可知，本課程讓師生與學生間能充分交流與討論，並且能公開分享與交流，因此本探究課程的公開交流之程度為充分的。

5. 探究時間之程度

本節將著重於討論探究時間之程度。本科學探究課程設計了 12 堂課，實施時間為 104 年六月至 105 年四月，此科學探究過程總共歷時了 11 個月，故本探究課程的探究時間程度應為長期探究。

6. 聽障生科學探究課程設計因素之分析表

本節從結構化之程度、指導者介入程度、過程開放之程度、公開交流之程度與探究時間之程度五個面向分析本科學探究課程之特徵。最後，本研究整理本聽障生科學探究課程設計因素之分析表如表 4-4-2。

表 4-4-2 聽障生科學探究課程設計因素之分析表

特徵	層次
結構化	探究之設計、實施和評量部分有組織的。
指導者介入	指導者提供部分的問題、方法、結果。
過程開放	探究或解題活動之過程中，有多種答案和多種解題徑。
公開交流	師生間以及學生間能充分公開交流
探究時間	長期探究:一個月以上的探究活動

(二) 對科學探究課程之反思

本節將著重於執行科學探究課程後之反思，研究者身分轉換為探究課程之指導教師，進行與自我的對話，並從科學知識、科學實驗、小論文寫作、科展報告與對學生未來影響等五方面進行反思與對話。

1. 科學知識部份

這三位學生在國中時沒有參與過科學展覽，對科學較不具有興趣，國中的自然科成績也不太好，並不是科學成就與表現特別突出的學生。所以此科學探究活動需要的科學背景知識，多為學生於活動中新學習的。因我是三位學生的自然課教師，這三位學生在科學課室中學習物理、化學與生物等學科時，雖然上課認真，但較少看到主動或積極的學習態度，學生也表示過對科學較不感興趣。但學生們因為參與科學展覽，變得很積極且主動，能夠自動自發的學習新的科學知識，並且上網搜尋相關資料，例如光的波長、光線的吸光值，細菌生長曲線與細菌的生活條件等等資料。我覺得可能是因為研究題目與聽障生有關，故能引起學生動機，而主動積極去學習新知識。

2. 科學實驗部份

本研究進行之科學探究課程，歷時了 11 個月。學生們在這個過程中都非常認真、專注且有耐力，就像是研究生一樣，即使一整天做實驗也沒有喊累。A 生的學習的態度積極認真也會勇於發問，對於科學研究充滿興趣，觀察力過人，專注力極高，能將複雜的操作步驟確實地完成，所以實驗結果的再現性極高，甚至比聽人的表現更佳，也時常扮演領導者的角色，會主動幫助同儕解決問題，也會扮演協調者的角色，協助解說實驗流程，讓小組團隊運作得更順暢。B 生原本對科學探究活動不抱持太大期待，但參與探究活動後漸漸對科學實驗改觀，變得非常主動且積極，老師交代的作業會確實繳交，也會上網查找相關資料增進自己的知識，在團體中會積極配合，也會主動協助同儕，並一直提及要研究出成果造福聽障同胞。C 生在科學探究活動中也表現的很認真且有耐心，對於老師教導的實驗步驟都能精確做到，是一個中規中矩的學生。學生們都表現得超乎預期的好，我不禁想去思考是什麼原因造成的。我覺得可能是因為研究主題與聽障生習習相關，可以解決自己自身的問題，也比較可以引起動機，並且能堅持下去。經過這段歷程，我覺得聽障生可以學好科學，只要能引起學生動機跟興趣，於過程中提供足夠資源，學生就會持續不放棄的努力下去。此外也發現，在研究過程中學生的獲得許多成功經驗，使得學生建立起科學的自信心，因此對科學研究更具有興趣。

3. 小論文寫作部份

於執行科學探究課程時發現，學生之閱讀能力較弱，故聚焦於評論「細菌隱形殺手（國小組-生物科）」作品，後期也發現學生因為寫作能力較弱，所以在產出科展作品書時，需要教師提供大份量的修改意見。學生在研究動機、研究目的、研究設備及器材，可以寫出 70% 內容，修改部份較少。在研究過程或方法部份與研究結果，一至四的實驗過程能較完整寫出，但五、六部份需要較大部份修改，

約可以寫出 60%內容。結論與討論部份，這也是學生比較有困難的部份，學生多把實驗結果的圖或表貼於作品書內，但較難以用專業術語解釋結果，學生約可以寫出 50%內容，也是需要較大部份的修改。

為加強學生之研究與寫作能力，我持續指導學生參加小論文競賽，並於 2015 全國女國高中職學生科技小論文競賽獲佳作以及 2016 全國高級中等學校小論文寫作比賽獲甲等，兩項作品之研究內容皆與聽障者有關，主題為探討何種視訊軟體較適合聽障者使用，以及分析聽障者使用視訊軟體的習慣與偏好。我發現，學生在參與小論文競賽的過程中，學會了發現問題與設計研究，也慢慢學會論文寫作方法，可以有邏輯的寫出文章，也會使用 EXCEL 製作圖表，這份能力對未來大學做報告必然會有幫助。

4. 科展報告部份

學生知道通過初審可以去科教館報告後，都非常的開心，也非常努力的練習報告。學生在作品名稱、摘要、研究動機、研究目的、研究設備及器材報告較順利，但在研究過程或方法、研究結果、討論、結論之報告需要老師指導，特別是實驗五和六報告起來比較卡，需要多練習。我覺得可能是因為實驗五和六的進行為老師主導，學生聽從老師指導進行實驗操作，所以學生在報告的過程比較不順，也花了很多時間和學生討論與澄清內容，經過約兩個禮拜的練習後，學生報告越來越好了。

去科教館報告完後，學生看起來都很沮喪，他們覺得自己表現得不好，回答得不好。A 生說因為太吵所以聽不清楚問題，且評審不知道如何使用 FM 調頻系統；B 生說雖然可以讀唇，但是評審講話太快，所以讀得很吃力；C 生說自己說話的聲音比較不清楚，所以評審好像沒耐心聽。後來我跟學生說沒關係，你們都很努力了。反思整個過程，我覺得因為是第一次指導聽障學生參加科展競賽，練習時覺得環境並不吵雜，沒想到報告時因為有很多學生同時報告，所以現場的聲

音很吵雜，讓學生完全聽不到評審的問題，因此我覺得之後應多注意溝通方面的問題，才不會在因為聽不清楚評審的提問而造成遺憾。

5. 對學生未來影響

這次指導學生參與科展競賽，我們的作品榮獲佳作與研究精神獎，證明了聽障生也是可以往科學發展。因為對手們都非常的優秀，所以學生們原本以為無法獲獎，所以當學生得知獲獎消息都非常開心，覺得自己這些日子的努力都值得了。我接續指導三位學生參加小論文競賽，過程中也發現學生對自己更有自信了，也更勇於嘗試未知的新事物。這三位學生都考取大學，也順利畢業了，特別是 A 生大學拿過書卷獎，也獲得聽障楷模獎。我覺得參與科展活動，開拓了學生視野，也提供學生成功經驗，所以我相信參與科展的經驗，也改變了學生的未來。



第五節 討論與建議

本節將從「參加科學展覽對高中聽障生的探究能力之影響」、「參加科學展覽對高中聽障生持有之對科學的態度之影響」與「科學探究課程之反思」三部分做討論。以及從「科學探究課程題目以與聽障學生切身有關為佳」、「可採用教室探究活動設計之因素表，以設計出系統化的探究課程」、「聽障學生因閱讀與書寫能力受限，可加強小論文寫作部分」、「參加科展競賽須注意溝通與環境噪音問題」與「對未來研究之建議」等五部分提出一些建議與看法。

一、討論

(一) 參加科學展覽對聽覺障礙高中生的探究能力之影響

本研究以學生之科展作品書為分析資料，並以美國奧勒岡州教育部研發之科學探究活動得分標準表作為評量工具，評量學生之科展報告作品書，以瞭解學生之探究能力。評量結果顯示，學生作品書之分數皆為 3 分以上，在「形成問題或假設」部份得分為 5 分，「設計探究活動」部份得分為 5 分，「收集和呈現數據」部份得分為 4 分，「分析和解釋結果」部份得分為 5 分，顯示出學生具有中等以上的探究能力，特別在形成問題或假設、設計探究活動與分析和解釋結果之探究能力更為優秀。許多研究皆指出參與科學展覽可以提升學生的探究能力(彭天音，2010；嚴婉尹，2008；Jaworski, 2013; Schmidt & Kelter, 2017)，但有研究認為參與科學展覽雖然可以提升學生對科學探究的關注力，但也讓一些學生壓力過大而產生的對科學的消極態度 (Schmidt, 2014)，而本研究結果顯示出透過科學展覽可以培養學生之探究能力，並未發現學生因為壓力過大而產生消極感。

（二）參加科學展覽對高中聽障生持有之對科學的態度之影響

本研究分析學生實驗日誌與教師省思日記，以瞭解參與科學展覽後，學生持有之對科學的態度。研究結果顯示，在學生科學興趣部分，研究結果顯示出學生經歷科學探究課程後，多認為做研究很有趣、很開心、很新奇與提供成功經驗，許多科展相關研究皆指出參與科展可以提升學生的科學興趣與動機(李坤, 2020; Akinoglu, 2008)，故本研究推論透過科學探究歷程，可以提升聽障學生的科學興趣與動機。在參與科學的自信心部分，有學生表示實驗成功讓他有成就感，覺得自己也可以往科學發展；也有學生表示因為被老師誇獎實驗做得很好，覺得自己不要畫地自限，願意多嘗試科學；也有學生認為，因為參與科學展覽的研究題目與聽障有關，所以想透過科學去解決問題；也有學生表示覺得很驕傲可以參加科學展覽。Gormally 與 Marchut (2017) 研究指出聽障學生持有刻板的科學家意象，也覺得自己與科學較無關聯，所以較不傾向選擇科學相關科系與職業；Schmidt 和 Kelter (2017) 認為公平參與科學活動除了能增加學生對科學探究的理解，也會提升學生對 STEM 課程和職業的態度。故本研究推論，透過參與科學展覽可以提升學生的科學自信心，增進學生的科學認同感，特別是因為本研究題目與聽障生有關，所以更能提升學生參與度，進而促使聽障生更投入科學活動。在對科學家的態度部分，研究結果顯示在參與科學展覽的過程中，有學生因此對科學研究改觀，覺得做研究其實很好；也有學生指出跟科學家一樣做實驗是很有趣的經驗，覺得做科學家很專業；也有學生因此瞭解科學家是努力不懈地想解決問題的。許多研究指出參加科學展覽可以讓學生經歷「做科學」(doing science) 的過程，讓學生親身體驗科學家的工作，且能從中習得問題解決方法與科學探究技能(鐘建坪和邱美虹, 2014; McComas, 2011)。故本研究推論，參與科學展覽可以改變學生對科學家的刻板印象，增進學生對科學家的正面態度。

（三）科學探究課程之反思

因指導學生參與科展為非正式課程，並未有規定之上課內容與授課方式。因此，有些研究著重於探討科展指導教師之現況與困境分析(沈惠淳和荊溪昱，2011；陳虹樺，2013)，也有研究討論科展探究課程之實施方式(Schmidt, 2014；Schmidt & Kelter, 2017)，但關於聽障生之科展探究課程之研究非常稀少。本研究參考先前研究(洪振方，2003；NRC, 2000; NSES, 1996；Schwab, 1962)，以發展出「科學探究課程之特徵分析表」，並使用「科學探究課程之特徵分析表」，從結構化之程度、指導者介入程度、過程開放之程度、公開交流之程度與探究時間之程度五個面向，分析與反思本研究設計之聽障生科學探究課程。分析結果顯示，聽障生之科學探究課程之設計、實施和評量部分皆需要有組織的；因聽障生能力受限，故指導者可以提供部分的問題、方法、結果；探究課程在探究或解題活動之過程應為開放的，具有多種答案和多種解題徑；師生間以及學生間能充分公開交流，且可以為較長期的探究活動。沈惠淳和荊溪昱(2011)和陳虹樺(2013)之研究指出教師面臨之困境為需要專家協助發展指導科展之專業知能，故本課程分析與反思之結果也可作為教師設計課程之參考。其中值得注意的是，有些研究指出科學探究歷程過久可能會造成學習壓力或是對科學的消極感(Schmidt, 2014；Schmidt & Kelter, 2017)，也有些研究指出長期科學探究活動能提升學生的科學探究能力(彭天音，2010；鐘建坪和邱美虹，2014)。而本研究結果顯示長期研究可以培養學生之探究能力與對科學的態度，本研究推論可能是與探究課程之設計有關，因本課程為系統化設計之探究課程，故較不易產生學習壓力或是對科學的消極感。

二、建議

（一）科學探究課程題目以與聽障學生切身有關為佳

本研究分析學生實驗日誌發現，有學生表示參與科學展覽的研究題目與聽障有關，所以讓自己更有動力透過科學研究去解決此問題。此外，也從教師之科學探究課程省思過程得知，教師也認為因為本次研究的主題與聽障生學習相關，可以讓聽障學生解決自身的問題，因此也比較可以引起動機，並且能堅持下去。故本研究認為，未來如有機會指導聽障學生參與科學競賽，可以多選擇與聽障者生活相關之議題進行科學探究，以提升學生的學習動機以及續航力。

（二）可採用教室探究活動設計之因素表，以設計出系統化的探究課程

本研究設基於美國奧勒岡州教育部（ODE）提出之科學探究活動評分表為基礎，從「形成問題或假說」、「設計研究」、「蒐集和呈現數據」和「分析和解釋結果」四個面向設計課程。因本研究之學生參加科學展覽並獲得研究精神獎與佳作獎項，故本研究之科學探究活動可算是成功的，也可顯示出本課程之設計是值得參考。此外，本研究也參考多個探究教學研究（洪振方，2003；NRC, 2000; NSES, 1996; Schwab, 1962），發展出「教室探究活動設計之因素表」，透過此「教室探究活動設計之因素表」可分析出科學探究課程之特徵，以作為後續課程活動調整之參考。

（三）聽障學生因閱讀與書寫能力受限，可加強小論文寫作部分

從教師之科學探究課程省思過程發現，學生因為寫作能力較弱，所以在產出科展作品書時，需要教師提供大份量的修改意見。特別是結論與討論部份，學生多把實驗結果的圖或表貼於作品書內，但較難以用專業術語解釋結果。因此，本研究建議可以透過參與小論文競賽之方式，系統化的教導學生小論文寫作技巧，以提升學生的寫作能力。

（四）參加科展競賽須注意溝通與環境噪音問題

從教師之科學探究課程省思過程得知，學生表示在科學展覽發表時，因為發表場地裡有很多學生同時報告，環境噪音過於吵雜，且評審不瞭解如何使用 FM 調頻系統，所以學生聽不大清楚評審的問題；也有學生表示說雖然可以讀唇，但是評審講話太快，所以讀得很吃力。所以本研究認為，未來如果有機會指導聽障學生參與科學展覽，一定要多注意發表時的現場噪音問題，可以先告知主辦單位請評審務必使用 FM 調頻系統，也要請評審說話速度放慢。

（五）對未來研究之建議

本研究為初步探討參加科學展覽對高中聽覺障礙學生探究能力之影響，建議後續可進行更深入的研究，以探討科學探究課程對聽障生之對科學態度、興趣、自信心與學習成就等因素之間的關聯。本研究主要使用學生實驗日誌、教師省思日記與科展作品書進行分析，建議未來也可以使用簡單問卷或晤談，以蒐集更多的質性與量化資料。本研究並建議研究者未來可研發適合聽障生的科學探究課程，並進行更多的實證性研究，建立更為完整之研究證據，以瞭解教學介入對聽障生的科學探究能力之影響。

三、本研究之啟示

本研究結果顯示透過參與科展之活動，可以培養高中聽障生之科學探究能力，以及對科學之態度，但在探究活動過程中發現，高中聽障生在撰寫科展作品書方面是較具有困難，需要老師較多的指導才能完成科展作品書。且研究一也指出學生之閱讀理解能力較弱，因此錯誤理解科學與科學家之涵義，故本研究接續以增進聽障生科學閱讀能力為目標，進行透過斷詞與科學語言遊戲以增進高中聽覺障礙學生的細胞分裂概念理解之研究。

第伍章 研究 3:探討透過斷詞與科學語言遊戲以增進高中聽覺障礙學生的細胞分裂概念理解

從研究 1 結果可知高中聽障生畫出無關科學家的比例偏高，此比例遠高於先前研究，因此推論學生對科學概念與知識應也較為薄弱，並發現有學生錯誤理解科學家三個字的意義，也不理解科學涵義，顯示出聽障生在閱讀或理解科學時是具有困難的。在研究 2 結果可知高中聽障生透過探究與實作之課程，能提升學生之探究能力與對科學的態度，但學生在撰寫報告上較具有困難，需要老師較多的指導。基於上述兩研究結果，故研究 3 以增進學生之科學閱讀能力為目的，想透過斷詞與科學語言遊戲融入教學，以增進學生之科學閱讀能力與科學概念理解。



第一節 研究目的與問題

傳統的科學素養內涵中較少提及科學閱讀之重要性，近年來科學教育開始重視科學文本理解，閱讀科學文本也逐漸成為重要的科學素養（Pearson, Moje, & Greenleaf, 2010）。但是科學文本為了表達科學專有知識或理論，文本內容常會出現不同於日常生活的語言或詞彙，使得閱讀科學文本變成困難的解謎活動（陳世文和楊文金，2006）。對閱讀能力未超過國小三與四年級的程度之高中聽障而言，閱讀科學文本必然是一件困難的事情。洪蘭、曾志朗和張稚美（1993）認為閱讀障礙最大的困難點在於缺乏一般詞彙，造成閱讀障礙的主要原因可能在於「斷詞」的困難。也有相關研究指出科學語言遊戲融入教學，可以提升學生之科學閱讀能力與科學概念（林文杰，2007；廖哲政，2009）。基於以上文獻，本研究之研究目的與研究問題如下：

一、研究目的

- (一) 瞭解高中聽覺障礙學生在閱讀細胞分裂文本時的困難點。
- (二) 瞭解科學語言遊戲對高中聽覺障礙學生之細胞分裂文本斷詞能力之影響。
- (三) 瞭解科學語言遊戲對高中聽覺障礙學生之細胞分裂文本閱讀理解能力之影響。
- (四) 瞭解科學語言遊戲對高中聽覺障礙學生之細胞分裂概念理解能力之影響。

二、研究問題

- (一) 高中聽覺障礙學生在閱讀細胞分裂文本時的困難點為何？
- (二) 科學語言遊戲能否增進高中聽覺障礙學生之細胞分裂文本斷詞能力？
- (三) 科學語言遊戲能否增進高中聽覺障礙學生之細胞分裂文本閱讀理解能力？
- (四) 透過科學語言遊戲能否增進高中聽覺障礙學生之細胞分裂概念理解能力？



第二節 研究流程

本研究流程圖如圖 5-2-1。本研究首先蒐集閱讀理解、科學閱讀、斷詞與科學語言遊戲與細胞分裂教學研究之文獻相關文獻，根據文獻發展出細胞分裂斷詞測驗、細胞分裂閱讀理解測驗與細胞分裂概念測驗。接續進行進行細胞分裂斷詞測驗、閱讀測驗與概念測驗之前測，然後實施斷詞與科學語言遊戲融入教學，之後進行細胞分裂斷詞測驗、閱讀測驗與概念測驗之後測，最後進行資料分析與結果討論。

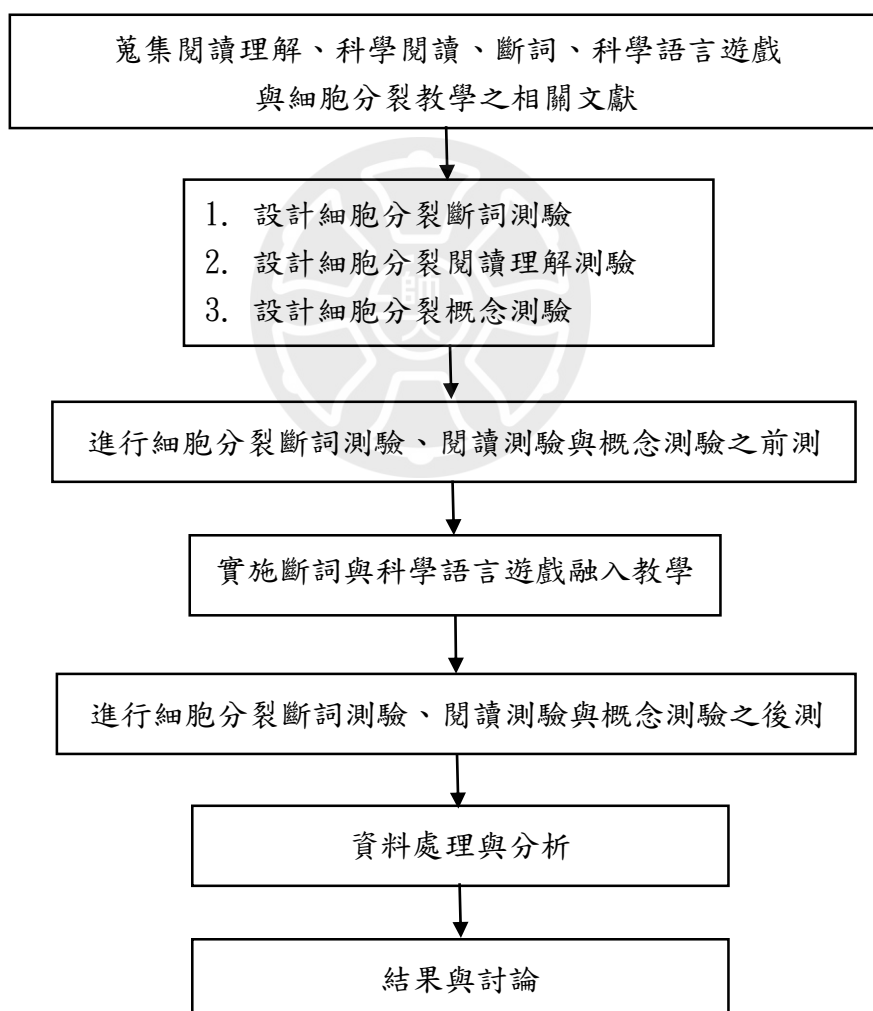


圖 5-2-1 科學語言遊戲研究流程圖

第三節 研究方法

一、研究對象與場域

本研究場域為北部某啟聰學校，此校專收聽覺障礙學生，班級為小班制，每班人數皆不超過 10 人。本研究的研究對象為 105 學年度高中部二、三年級 35 位學生，進行文本斷詞測驗。接著選取 7 名三年級學生，進行斷詞與科學語言遊戲教學。學生智力介在標準分數 80-109 之間，皆配戴助聽器，學生資料如表 5-3-1，本研究以學期自然總成績為依據，前 25%之學生為高組學生，成績為班級後 25%之學生為低組學生，中間 50%為中組。

表 5-3-1 語言遊戲教學之學生基本資料

學生代號	性別	聽損程度 (身障手冊)	智力(TONI-3)	自然科 成績	溝通方式
H01	女	重度(90 分貝以上)	102	高組	口語為主，口語清晰。
H02	女	重度(90 分貝以上)	109	高組	口語為主，口語可辨識。
M01	男	重度(90 分貝以上)	108	中組	口語為主，口語清晰。
M02	男	重度(90 分貝以上)	85	中組	口語為主，口語清晰。
M03	女	中度(70-89 分貝)	80	中組	口手語並用，口語可辨識。
L01	男	重度(90 分貝以上)	99	低組	手語為主，口語較不清晰。
L02	男	中度(70-89 分貝)	88	低組	口語為主，口語清晰。

二、研究工具

(一) 中研院 CKIP 中文斷詞系統

本研究首先利用中研院 CKIP 中文斷詞系統，將細胞分裂單元的文本中的名詞組作斷詞，並輔以人工來分析斷詞結果，此斷詞結果即可視為細胞分裂單元文本之正確斷詞結果，如圖 5-3-1。

有/些/生物/可/經由/細胞分裂/產生/新/個體/，例如/變形蟲/。多細胞生物/可/經由/細胞分裂/產生/新/細胞，使/個體/生長/、/更新/衰老/的/細胞/或/修補/受傷/的/組織/，例如/人體/的/皮膚/細胞/經常/磨損/而/脫落/，所以/必須/行/細胞分裂/產生/新/細胞/來/遞補/。

平時/細胞核/內/的/遺傳物質/成/細絲狀/，在/顯微鏡/下/不易/被/觀察/到/，當/細胞分裂/時/，細胞核/內/的/遺傳物質/會/濃縮/，顯現出/一/條/一/條/的/染色體/。細胞/內/的/染色體/通常/是/兩兩/成對，且/大/小/、形狀/均/相似，此/成對/的/染色體/，/一/條/來自/父親，一/條/來自/母親，稱為/同源染色體/。

細胞分裂/的/過程/中/，染色體/複製/一/次/、分裂/一/次/，故/子細胞/染色體/數目/與/原來/細胞/相同/，例如/人類/細胞/內/有/46/條(23/對/)染色體/，經/細胞分裂/後/，產生/的/子細胞/仍/含/有/46/條(23/對/)染色體/。

圖 5-3-1 細胞分裂文本之正確斷詞結果

(二) 文本斷詞的重點科學詞彙檢核表

本研究以中研院 CKIP 斷詞系統之斷詞結果為依據，彙整出文本斷詞的重點科學詞彙檢核表如表 5-3-2，用以分析學生之斷詞困難點，這些困難點即為進行科學語言遊戲以及教學重點的參考。

表 5-3-2 文本斷詞的重點科學詞彙檢核表

動詞	人次	名詞	人次	介詞	人次
顯現出		細胞分裂		經由	
含有		多細胞生物		過程中	
成對		遺傳物質			
成		同源染色體			
脫落		子細胞			
衰老		細胞核			
更新		個體			
行		染色體			

成長	細絲狀
磨損	變形蟲
觀察	細胞
複製	顯微鏡
修補	數目

（三）科學語言遊戲課程

本研究使用之科學語言遊戲課程也包含斷詞練習，課程共分為閱讀課文、斷詞練習、文章分析介紹如下：

1. 閱讀課文

請學生花三分鐘閱讀課文。

2. 斷詞練習-1

教師於白板上舉出一個學生的斷詞例子，請學生上台寫出正確的斷詞答案。
題目如下：「多/細/胞/生物/可經/由細胞/分裂/產生/新細胞，使/個/體/生長、更新/衰老/的/細胞/或/修補/受傷/的/組織」，可以怎麼修改（多選題）？

- A. 可經/由細胞/分裂/產生/新細胞->可/經由/細胞分裂/產生/新細胞
- B. 多/細/胞/生物->多細胞生物
- C. 使/個/體/生長->使/個體/生長
- D. 更新/衰老/的/細胞->更/新/衰老/的/細胞
- E. 修補/受傷/的/組織->修/補/受傷/的/組織

3. 斷詞練習-2

於課堂中呈現出兩位學生的斷詞文章，請學生回答可以如何修改，斷詞練習教學簡報範例如圖 5-3-2。

細胞分裂

有些生物可經由細胞分裂產生新個體，例如變形蟲。多細胞生物可經由細胞分裂產生新細胞，使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織，例如人體的皮膚細胞經常磨損而脫落，所以必須行細胞分裂產生新細胞來遞補。

平時細胞核內的遺傳物質成細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條的染色體。細胞內的染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父親，一條來自母親，稱為同源染色體。

細胞分裂的過程中，染色體複製一次、分裂一次，故子細胞染色體數目與原來細胞相同，例如人類細胞內有46條（23對）染色體，經細胞分裂後，產生的子細胞仍含有46條（23對）染色體。

圖 5-3-2 斷詞練習之教學簡報範例

4. 文章分析

於課堂中呈現出學生常見的斷詞錯誤點，並加以澄清這些動詞與名詞之涵義。細胞分裂文本常見之斷詞錯誤分析圖如圖 5-3-3。

有些生物可經由細胞分裂產生新個體，例如變形蟲。
多細胞生物可經由細胞分裂產生新細胞，使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織，例如人體的皮膚細胞經常磨損而脫落，所以必須行細胞分裂產生新細胞來遞補。

平時細胞核內的遺傳物質成細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到，當細胞分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條的染色體。細胞內的染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，此成對的染色體，一條來自父親，一條來自母親，稱為同源染色體。

細胞分裂的過程中，染色體複製一次、分裂一次，故子細胞染色體數目與原來細胞相同，例如人類細胞內有46條（23對）染色體，經細胞分裂後，產生的子細胞仍含有46條（23對）染色體。

圖 5-3-3 常見斷詞錯誤之教學簡報範例

5. 斷詞練習-3

請學生舉例出細胞分裂文本中的三個專有名詞與三個動詞。

6. 科學語言遊戲

本研究之科學語言遊戲可分為命名、取代、拆解與打包四個部分。

(1) 命名

科學語言遊戲中的命名是指在生活中或課文中出現的某些情況可以用一個名詞組代表。教師於課堂中舉例多個命名的例子，接續請學生將細胞分裂文本中的句子進行命名，命名之教學範例如圖 5-3-4。

可命名出	
這些情況	一個名詞組
看電視花了多少時間	看電視的時間
有多少學長姐考上大學	升學率
將棒球擊上觀眾台	界外球
細胞核內的遺傳物質	
細胞核內成對的染色體	
細胞分裂後產生的新細胞	
細胞內的染色體複製一次，分裂一次的過程	

圖 5-3-4 命名之教學簡報範例

(2) 取代

科學語言遊戲中的取代是指在生活中或課文中出現的一個詞，都可以用不一樣的詞改寫成意思相同的另一句。教師於課堂中舉例多個取代的例子，接續請學生將細胞分裂文本中的句子進行取代，取代之教學範例如圖 5-3-5。

可取代為	
一句	另一句
近視的程度 取決於 看電視的時間	近視的程度 受 看電視時間的 影響
	近視的程度 與 看電視的時間 有關
	看電視的時間...
多細胞生物 可經由 細胞分裂 產生 新細胞	經由...產生
細胞分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮	細胞核內有遺傳物質...
細胞內的染色體通常是兩兩成對	染色體在...

圖 15-3-5 取代之教學簡報範例

(3) 打包

科學語言遊戲中的打包是指在生活中或課文中出現的兩個句子，都可以改寫成意思相同的一句。教師於課堂中舉例多個打包的例子，接續請學生將細胞分裂文本中的句子進行打包，打包之教學範例如圖 5-3-6。

可打包為	
兩句	一句
看電視的時間越長，近視的程度越深	近視的程度取決於看電視的時間
	看電視的時間...
吃得越多，體重增加的越快	吃的東西的多寡影響體重增加的速度
有些生物可經由細胞分裂產生新個體，例如變形蟲	經由細胞分裂...
	變形蟲...
此成對的染色體，一條來自父親，一條來自母親，稱為同源染色體	同源染色體是...

圖 5-3-6 打包之教學簡報範例

(4) 拆解

科學語言遊戲中的拆解是指在生活中或課文中出現的一個句子，都可以改寫

成意思相同的兩句。教師於課堂中舉例多個拆解的例子，接續請學生將細胞分裂文本中的句子進行拆解，拆解之教學範例如圖 5-3-7。

可拆解為	
一句	兩句
近視程度與看電視的時間有關	因為長時間看電視，所以近視程度越重
如果...則會	
多細胞生物可經由細胞分裂產生新細胞	因為...
細胞分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮	細胞核內有遺傳物質...
平時細胞核內的遺傳物質成細絲狀	細胞核內有遺傳物質...

圖 5-3-7 拆解之教學簡報範例

7. 科學文本分析

教師於課堂中分析細胞分裂文本，提醒學生此文本中有些句子很特別，會省略了一些重點，而導致閱讀上容易誤解涵義。接續進行教學，教導學生如何閱讀省略重點的句子，科學文本分析教學範例如圖 5-3-8。

省略了什麼？

- 人體的皮膚細胞經常 **因為** 磨損而脫落，所以必須進行細胞分裂產生新細胞來**遞補**。
- Q:遞補什麼？**
- 平時細胞核內的遺傳物質成細絲狀，在顯微鏡下**不易被觀察到**。
- Q:什麼東西不易被觀察到？**
- 故子細胞染色體數目與原來細胞**相同**。
- Q:哪兩個東西相同？**

圖 5-3-8 科學文本分析之教學簡報範例

（四）細胞分裂斷詞測驗、閱讀理解測驗與概念理解測驗

本研究之斷詞測驗以中研院 CKIP 中文斷詞系統結果為正確答案，此評量為評量學生之斷詞能力。本研究自編細胞分裂斷詞測驗、閱讀理解測驗與概念理解測驗，如附錄二，並由一位任教國中 11 年之自然科老師與一位任教某啟聰學校 10 年之數學科老師做題目審查。

三、教學實施與資料分析

本研究分為兩部分，首先請 35 位高中聽障生將文本斷詞，以分析學生斷詞之困難處；接著進行三堂的細胞分裂單元的科學語言遊戲教學，研究對象為 7 名高中聽障生。在教學前會進行細胞分裂斷詞測驗、細胞分裂概念測驗和細胞分裂閱讀測驗等前測，在教學後進行後測，最後以 Wilcoxon 符號等級檢定分析前後測之差異。



第四節 研究結果

以下將從「透過斷詞測驗瞭解高中聽覺障礙學生細胞分裂文本閱讀困難之處」、「科學語言遊戲對於聽障學生的細胞分裂文本斷詞能力之影響」、「科學語言遊戲對於聽障學生的細胞分裂文本理解之影響」與「科學語言遊戲對於聽障學生的細胞分裂概念理解之影響」四部分做討論與分析。

一、透過斷詞測驗瞭解高中聽覺障礙學生細胞分裂文本閱讀困難之處

經由分析 35 位聽障生文本斷詞後，得到細胞分裂文本之斷詞錯誤分析表如表 5-4-1。從表可知，整體斷詞錯誤最多的五個詞彙為「顯現出」、「細胞分裂」、「多細胞生物」、「遺傳物質」與「同源染色體」。在動詞部分，「顯現出」、「含有」與「成對」這三個動詞是最多聽障生斷詞錯誤的點；名詞部分，「細胞分裂」、「多細胞生物」、「遺傳物質」與「同源染色體」等名詞是較多聽障生斷詞錯誤的點；介詞部份，「經由」與「過程中」是較多聽障生斷詞錯誤的點。值得注意的是，分析動詞、名詞與介詞三種不同詞性的錯誤斷詞次數，可發現名詞是較多學生錯誤斷詞的詞性，高達七個詞彙為超過一半學生皆斷詞錯誤（細胞分裂、多細胞生物、遺傳物質、同源染色體、子細胞、細胞核和個體），顯示出名詞似乎是學生較為容易產生斷詞困難之處。

表 5-4-1 學生細胞分裂文本之斷詞錯誤分析表

動詞	人次	名詞	人次	介詞	人次
顯現出	34	細胞分裂	33	經由	16
含有	23	多細胞生物	33	過程中	8
成對	14	遺傳物質	33		
成	10	同源染色體	30		

脫落	8	子細胞	24
衰老	7	細胞核	24
更新	6	個體	19
行	6	染色體	15
成長	5	細絲狀	12
磨損	3	變形蟲	8
觀察	2	細胞	7
複製	2	顯微鏡	7
修補	2	數目	6

二、學生成績總表與分析

本研究首先要個別分析七位學生在教學前後的細胞分裂概念、細胞分裂斷詞、細胞分裂閱讀的成績演變歷程。七位學生之成績表如表 5-4-2。

表 5-4-2 學生之細胞分裂成績總表

學生	細胞分裂斷詞測驗			細胞分裂閱讀測驗			細胞分裂概念前後測		
	前測	後測	進步 分數	前測	後測	進步 分數	前測	後測	進步 分數
H01	78	96	18	82	91	9	35	65	30
H02	78	98	20	67	73	6	10	30	20
M01	93	95	2	67	85	18	40	65	25
M02	85	87	2	64	82	18	10	35	25
M03	51	76	25	64	70	6	30	60	30
L01	67	69	2	49	40	<u>-9</u>	30	10	<u>-20</u>
L02	58	71	13	58	67	9	20	55	35

由上表結果得知，經過教學後 7 位學生的斷詞測驗皆有進步；進步幅度 2~25 分；7 位學生裡除了 L02 以外，其他的 6 位同學的細胞分裂閱讀測驗成績皆有明

顯進步，進步幅度範圍為 6~18 分；7 位學生裡除了 L01 以外，其他的 6 位同學的細胞分裂概念成績皆有明顯進步，進步幅度範圍為 20~35 分。從研究結果可以看出，在前後測分數表現最好的皆是斷詞測驗，閱讀測驗其次，科學概念測驗的分數最低。此前後測成績可以知道，聽障學生在學習科學概念是有極大困難的，因此推論聽障生學習科學語言的歷程應該是從斷詞開始，接著是文本的閱讀理解，最後才是科學概念的理解。

三、科學語言遊戲對於聽障學生的細胞分裂文本斷詞能力之影響

本節使用 Wilcoxon 符號等級分析學生細胞分裂文本斷詞測驗前後測分數的檢定結果，結果如表 5-4-3。本研究結果顯示出 $Z=2.384$ ， $P<.05$ ，前後測成績達到顯著差異，表示科學語言遊戲可以提升聽障學生的斷詞能力。

表 5-4-3 細胞分裂斷詞測驗前後測之分析

細胞分裂文本斷詞測驗	平均值	標準差	Z	P
前測	72.98	14.93		
後測	84.67	12.41	2.384*	<.05

四、科學語言遊戲對於聽障學生的細胞分裂文本理解之影響

本節使用 Wilcoxon 符號等級分析學生細胞分裂閱讀測驗前後測分數的檢定結果，結果如表 5-4-4。本研究結果顯示出 $Z=1.709$ ， $P=.88$ ，表示學生之閱讀測驗成績雖有進步但未達顯著差異。

表 5-4-4 細胞分裂閱讀測驗前後測之分析

細胞分裂閱讀測驗	平均值	標準差	Z	P
前測	64.42	10.01		
後測	72.57	16.74	1.709	.88

五、科學語言遊戲對於聽障學生的細胞分裂概念理解之影響

本節使用 Wilcoxon 符號等級分析學生細胞分裂閱讀測驗前後測分數的檢定結果，結果如表 5-4-5。本研究結果顯示出 $Z=-2.132$ ， $P<.05$ ，前後測成績達到顯著差異，表示科學語言遊戲可以提升聽障學生的概念理解能力。但從平均分數可以發現，於教學後學生之細胞分裂概念平均成績依舊低於 60 分，顯示出聽障生之科學基本能力較為低落（Qi & Mitchell, 2012; Vosganoff, Paatsch, & Toe, 2011），也使得科學概念學習上較為受限。

表 5-4-5 細胞分裂概念前後測之分析

細胞分裂概念理解	平均值	標準差	<i>Z</i>	<i>P</i>
前測	25	11.9	2.132*	<.05
後測	45	20.61		

第五節 討論與建議

本節將從「透過斷詞測驗瞭解高中聽覺障礙學生科學閱讀困難之處」與「科學語言遊戲對聽障生的斷詞能力、閱讀能力與科學概念理解之影響」兩部分做討論。以及從「可善用斷詞測驗診斷學生閱讀困難」、「可多於科學課堂中融入科學語言遊戲教學」與「對未來研究之建議」等三部分提出一些建議與看法。

一、討論

(一) 透過斷詞測驗瞭解高中聽覺障礙學生科學閱讀困難之處

經由分析 35 位聽障生文本斷詞後，發現「顯現出」、「含有」與「成對」這三個動詞是最多聽障生斷詞錯誤的點；「細胞分裂」、「多細胞生物」、「遺傳物質」與「同源染色體」等名詞；介詞部份，「經由」與「過程中」是較多聽障生斷詞錯誤的點。許多研究指出進行有效的識字歷程的第一步為斷詞（楊憲明，1998；廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧銖，2012），也有研究指出斷詞與閱讀之間具有正相關（陳雅玲，2010；黃忻怡，2011；廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧銖，2012），故本研究認為斷詞錯誤的地方，應該是聽障學生閱讀困難的地方。本研究並發現名詞是較多學生斷詞錯誤的詞性，特別是細胞分裂、多細胞生物、遺傳物質、同源染色體、子細胞、細胞核和個體等名詞，皆有一半學生斷詞錯誤。本研究分析學生斷詞錯誤名詞，多為深度二以上的名詞，例如「多細胞生物」為「多」、「細胞」、「生物」所組成，故此名詞組的深度為三。有研究指出名詞組的深度會影響閱讀，名詞組深度越深可能會造成閱讀的困難（陳惠如，2009；Halliday, 1993），故本研究推論名詞組深度越深也會造成聽障生的斷詞困難，進而產生閱讀上的困難。

（二）科學語言遊戲對聽障生的斷詞能力、閱讀能力與科學概念理解之影響

本研究結果顯示，學生的斷詞前測與後測成績($P<.05$)以及科學概念前測與後測成績($P<.05$)皆達到顯著差異，表示科學語言遊戲可以有效提升聽障學生的斷詞能力與科學概念理解，本研究結果與先前研究結果相似(林文杰，2007；粘福揚，2009；廖哲政，2009；歐守娟，2011；蘇子傑，2011)，顯示出科學語言遊戲是一個提升學生閱讀能力與科學概念之有效教學法。研究結果並顯示，進行科學語言遊戲教學後，前測與後測分數表現最好的是斷詞測驗，閱讀測驗其次，科學概念測驗的分數最低，符合先前之研究指出的閱讀第一步是詞彙學習(柯華蕓和方金雅，2010；楊憲明，1998；廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧鈺，2012)，故本研究推論提升學生科學學習的步驟應為先教導斷詞、再教導閱讀技巧，最後教導科學核心概念。但是學生的科學概念平均成績依舊低於六十分，本研究推論聽障生之科學基本能力較為低落，因此使得聽障生在科學概念學習上較為受限。

二、建議

（一）可善用斷詞測驗診斷學生閱讀困難處

本研究結果顯示，透過斷詞測驗可以初步瞭解學生閱讀科學文本之困難處，進而理解學生可能具有閱讀困難的地方。聽障生因為聽力受損導致語言表達較弱，本研究認為斷詞測驗很適合用於聽障生，只需透過斷詞即可理解學生閱讀困難之處，是一個方便且快速的測驗工具。且教師在教學前如能可以使用此工具瞭解學生具有困難之處，便可以在教學時對症下藥地進行教學。故本研究建議可以多使用斷詞測驗來理解聽障學生閱讀困難之處。

（二）可多於科學課堂中融入科學語言遊戲教學

本研究結果顯示，於課堂中融入科學語言遊戲教學後，六位聽障學生的斷詞測驗、閱讀測驗與概念理解測驗之成績皆進步。分析前後測成績也發現，教學後

能顯著提升聽障學生之斷詞能力與科學概念理解能力。故本研究建議可多於科學課堂中融入科學語言遊戲教學。

（三）對未來研究之建議

本研究為初步探討斷詞與科學語言遊戲對高中聽覺障礙學生的科學概念之影響，建議後續可進行更深入的研究，以探討聽障生的基礎語文能力（閱讀能力與識字量）、聽損程度、溝通方式與學習成就等因素之間的關聯。本研究主要使用紙筆測驗學生進行分析，建議未來也可以使用簡單問卷或晤談，以蒐集更多的質性與量化資料。本研究並建議研究者未來可研發適合聽障生的科學閱讀課程，進行更多的實證性研究，以瞭解閱讀教學介入對聽障生的科學能力之影響。

三、本研究之啟示

本研究顯示透過科學語言遊戲提升聽障生之斷詞能力與科學理解能力，但是學生之科學概念之理解分數依舊較為低分，顯示出聽障生之科學基本能力較弱，因此導致學生的科學學習成就受限，故本研究認為應該使用一些不同以往的教學法，以增進聽障生之科學概念理解。近年來許多研究指出透過科技可以提升聽障生科學概念之學習成效，故接續之研究以提升學生科學概念理解為目標，進行透過擴增實境教學以提升高中聽覺障礙學生的 DNA 概念理解之研究。

第陸章 研究 4:探討透過擴增實境教學以提升高中聽覺障礙

學生的 DNA 概念理解

從研究 1 結果可知高中聽障生畫出無關科學家的比例偏高，此比例遠高於先前研究，因此推論學生對科學概念與知識應也較為薄弱，並發現學生對科學較不感興趣，也認為自己較不適合學習科學。在研究 2 結果可知高中聽障生透過探究與實作之課程，能提升學生之探究能力與對科學的態度，但較無提及是否能提升學生科學知識。研究 3 結果顯示雖然透過科學語言遊戲能提升學生之科學概念，但是科學概念之成績依舊較為低分。基於上述三個研究之結果，研究 4 以增進學生之科學知識為目的，想透過新興科技融入教學以增進學生之科學概念理解與表徵能力，並瞭解學生之心智模式演變歷程。

第一節 研究目的與問題

許多研究皆指出使用科技於教學中可提升聽障生學習科學之成就（邱淑明，2004；黃玉枝，2016；Barman & Stockton, 2002; Roald, 2002）。特別是有許多研究指出擴增實境教學可以提升科學學習成效，並且能提升學生學習成就與動機（Chang, Chung, & Huang, 2016; Gardner & Olson, 2016; Hwang, Wu, Chen, & Tu, 2016; Vega Garzón, Magrini, & Galembeck, 2017），此外也發現近年有研究使用擴增實境來教導特殊學生學習科學，並有效提升特殊學生之科學學習成效（McMahon, Cihak, Gibbons, Fussell, & Mathison, 2013; McMahon, Cihak, Wright & Bell, 2016）。因此，本研究使用擴增實境融入教學中，期望能提升聽障學生之科學學習成效。基於以上文獻，本研究提出之研究目的與研究問題如下：

一、研究目的

- (一) 瞭解擴增實境教學對高中聽覺障礙學生之學習 DNA 概念理解之影響。
- (二) 瞭解擴增實境教學對高中聽覺障礙學生學習 DNA 概念表徵能力之影響。
- (三) 瞭解擴增實境教學對高中聽覺障礙學生之 DNA 心智模式之影響。
- (四) 瞭解高中聽覺障礙學生對擴增實境課程之態度。

二、研究問題

- (一) 擴增實境教學能否增進高中聽覺障礙學生之 DNA 概念理解能力？
- (二) 擴增實境教學能否增進高中聽覺障礙學生之 DNA 概念表徵能力？
- (三) 擴增實境教學能否促進高中聽覺障礙學生之 DNA 心智模式形成？
- (四) 高中聽覺障礙學生對擴增實境課程持有之態度為何？



第二節 研究流程

本研究流程圖如圖 6-2-1。本研究首先搜集擴增實境與 DNA 教學相關文獻，設計出 DNA 擴增實境課程，發展 DNA 概念紙筆測驗、DNA 概念繪圖測驗與課程問卷，並進行前中後測驗，然後進行 DNA 擴增實境融入教學，最後進行資料分析與結果討論。

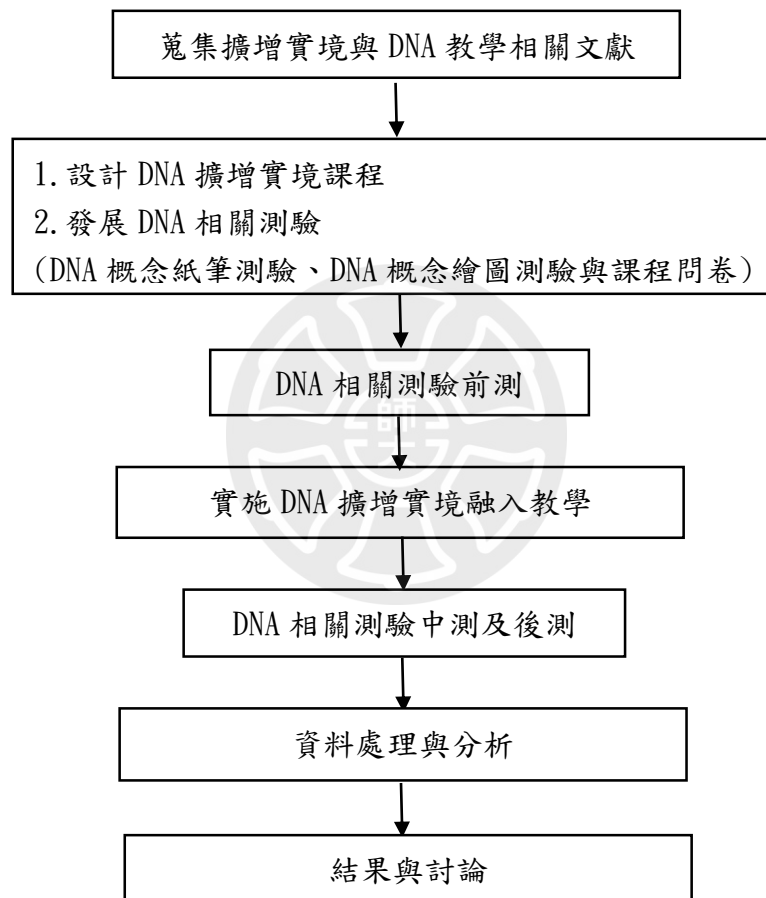


圖 6-2-1 DNA 擴增實境研究流程圖

第三節 研究方法

一、研究對象與場域

本研究場域為北部某啟聰學校，此校專收聽覺障礙學生，班級為小班制，每班人數皆不超過 10 人。本研究的研究對象為 105 學年度高中部三年 9 位學生，學生智力介在標準分數 76-109 之間，皆配戴助聽器，表 6-3-1 為擴增實境課程學生基本資料表。

表 6-3-1 擴增實境課程學生基本資料表

學生代號	性別	聽損程度 (身障手冊)	智力 (TONI-3)	自然科 成績	溝通方式
H1	男	重度 (90 分貝以上)	102	高組	口語為主，口語清晰。
H2	男	中度 (70-89 分貝)	108	高組	口語為主，口語可辨識。
M1	女	中度 (70-89 分貝)	109	中組	口手語並用，口語可辨識。
M2	男	重度 (90 分貝以上)	99	中組	口語為主，口語可辨識。
M3	男	重度 (90 分貝以上)	88	中組	口語為主，口語清晰。
M4	男	中度 (70-89 分貝)	87	中組	口語為主，口語清晰。
L1	女	重度 (90 分貝以上)	82	低組	手語為主，較少口語。
L2	女	重度 (90 分貝以上)	76	低組	手語為主，較少口語。
L3	男	輕度 (55-69 分貝)	80	低組	手語為主，較少口語。

二、研究工具

(一) DNA 概念試題

本研究自編 DNA 概念試題，如附錄 3，本測驗包含 DNA 概念紙筆測驗和 DNA 概念繪圖測驗。DNA 概念紙筆測驗試題內容分為 DNA 結構、鹼基配對、鹼基鍵結三方面概念，題型皆為單選題，共 16 題。在工具效度上，請一位生物

背景的博士及一位國中任教十一年的教師做專家審查，並加以修改以建立專家效度。DNA 概念紙筆測驗試題之預試的對象為 27 名國三學生，於國中時已學過 DNA 的相關概念，本預試之試題信度為 0.712。

(二) DNA繪圖測驗之評分表

本研究將DNA結構組成元素分為雙股螺旋、梯形、鹼基、序列配對、氫鍵、五碳糖與磷酸根等七部份，學生圖畫中如有以上元素，每個元素計一分，共計7分，表6-3-2為DNA繪圖測驗之評分表。在工具效度上，請一位生物背景的博士及一位國中任教11年的自然科教師做專家審查，並加以修改以建立專家效度。

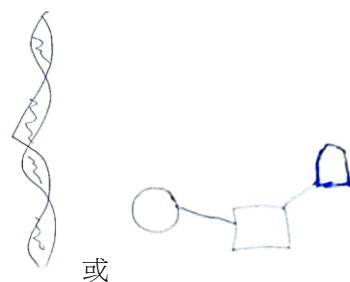
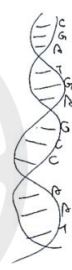
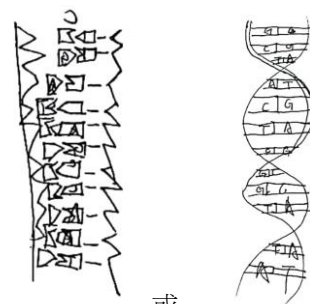
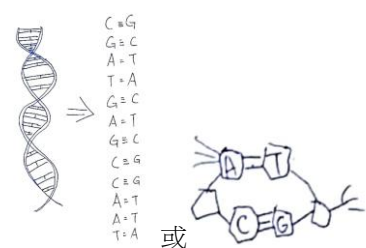
表6-3-2 DNA繪圖測驗之評分表

DNA繪圖中具有之特徵	計分
雙股螺旋	1
梯形	1
鹼基	1
序列配對	1
氫鍵	1
五碳糖	1
磷酸根	1

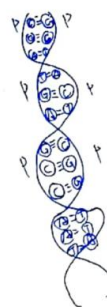
(三) DNA繪圖測驗之心智模評量表

本研究將DNA之心智模式分為等級0至等級6，共7個等級，並詳述特徵與呈現圖示，用以分析學生之DNA心智模式的演變歷程，表6-3-3為DNA繪圖測驗之評量表。在工具效度上，請一位生物背景的博士及一位國中任教11年的自然科教師做專家審查，並加以修改以建立專家效度。

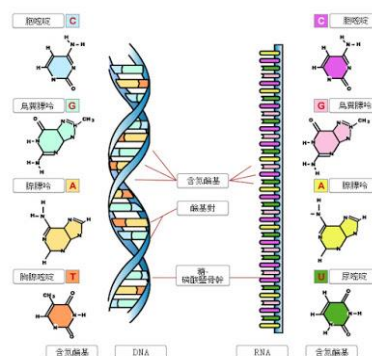
表6-3-3 DNA繪圖測驗之心智模式評量表

層級	心智模式特徵	圖示
第0級	沒有繪圖或畫出無關的圖形	
第1級	- 僅畫出DNA雙股螺旋外型或梯形外型。 - 僅畫出鹼基外型。	 或
第2級	- 畫出DNA的雙股螺旋外型或梯形外型，並且標示出單股鹼基。 - 畫出鹼基外型，並且標示出單股鹼基。	 或
第3級	- 畫出DNA的雙股螺旋外型或梯形外型，並且標示出配對的鹼基或氫鍵，但有部份錯誤。 - 畫出鹼基外型，並且標示出配對的鹼基氫鍵，但有部份錯誤。	 或
第4級	- 畫出DNA的雙股螺旋外型或梯形外型，並且標示出配對的鹼基以及氫鍵。 - 畫出鹼基外型，並且標示出配對的鹼基以及氫鍵。	 或

第5級 能畫出DNA的雙股螺旋外型或梯形外型，並且標示出配對的鹼基以及氫鍵，以及標示鹼基的組成成分（五碳糖與磷酸根），但有小部分缺失。



第6級 能正確畫出DNA的雙股螺旋外型或梯形外型，並且標示出配對的鹼基與氫鍵，以及鹼基的組成成分（五碳糖與磷酸根）。



(四) DNA擴增實境課程問卷

本研究自編DNA擴增實境課程問卷題目，如附錄4，採用李克特5等第量表，將學生的判斷結果分為非常不同意、不同意、無意見、同意和非常同意等五種。問卷之題目分為「對AR概念之理解」、「對AR教學之態度」和「對DNA概念之後設認知」三部份。其中「對AR概念之理解」之題目為1至8題，主要是要瞭解學生對於擴增實境之想法與概念；「對AR教學之態度」之題目為9至18題，主要是要瞭解學生對於擴增實境融入教學之想法與概念；「對DNA概念之後設認知」之題目為19至23題，主要是要讓學生評估自己的DNA概念學習成效。工具效度部分，請一位生物背景的博士及一位國中任教11年的自然科教師做專家審查，並加以修改以建立專家效度。

三、課程實施

(一) DNA擴增實境課程設計

1. 課程設計

本研究教學堂數為4堂，為期2週。前3堂介紹DNA概念，最後1堂讓學生兩兩一組，操作DNA擴增實境APP。本研究於教學前進行DNA概念紙筆測驗前測、DNA概念繪圖測驗前測以及問卷前測，於教學第三節結束進行DNA概念紙筆測驗中測與DNA概念繪圖測驗中測，教學後進行DNA概念紙筆測驗後測、DNA概念繪圖測驗後測以及問卷後測。

2. 課程內容

本課程首先介紹基因與遺傳之間的關係，接續介紹人類的染色體、DNA與染色體的發現歷史，包含華生、克立克與富蘭克林等人透過DNA X光繞射發現雙股螺旋的歷程，並討論女性科學家在以男性為主的科學社群中工作可能遭遇的待遇。以及教導DNA與染色體的構造，包含鹼基配對、鹼基鍵結與氫鍵等概念。

(二) DNA 擴增實境 APP

本研究使用之 DNA 擴增實境 APP 為邱美虹教授團隊所研發，本 APP 特色為透過 3D 模型呈現螺旋模型、分子梯形模型與分子螺旋模型等三種 DNA 表徵。本模型使用目的為注重於真實性，設計理論為多重表徵理論。APP 介面與使用步驟如下：

1.步驟一：進入「DNA AR」App，並點選「START」鍵啟動 DNA AR。



2.步驟二：選取一張印有紙牌（怪獸）的卡紙放在載具螢幕下，即可看見 DNA 的 AR 分子模型。



3.步驟三：請點選右下方按鈕切換 DNA 呈現方式（階梯模型/骨架模型及螺旋樣貌/平行樣貌）。



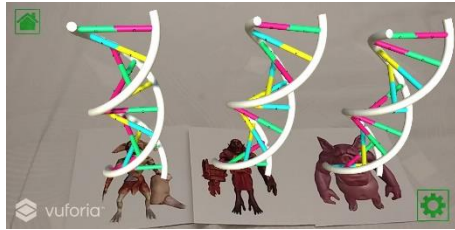
4.步驟四：經由 AR 分子模型可瞭解 DNA 不同的模型與樣貌。



5.步驟五：經由 AR 分子模型可瞭解 DNA 的組成成分，以及鹼基（ATCG）的配對方式。



6.步驟六：選取不同種紙牌（怪獸）放置載具下方，觀察不同物種的 DNA 構造。



三、資料分析

在統計分析部分，本研究使用 Wilcoxon 符號等級檢定分析學生前、中與後測之 DNA 紙筆測驗題成績與 DNA 繪圖成績，以及分析教學前後學生之問卷分數。本研究並依據 DNA 繪圖測驗之心智模式評量表，分析學生之心智模式演變歷程。



第四節 研究結果

以下將從「擴增實境教學對高中聽覺障礙學生學習 DNA 概念之影響」、「擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的 DNA 模型表徵能力之影響」、「擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的 DNA 心智模式之影響」與「高中聽覺障礙學生對擴增實境教學之態度」四部分做討論與分析。

六、擴增實境教學對高中聽覺障礙學生學習 DNA 概念之影響

(一) DNA 概念紙筆測驗前中後成績比較

本研究使用 Wilcoxon 符號等級檢定分析學生之前測、中測與後測之成績，DNA 概念紙筆測驗前中後成績比較表如表 6-4-1。研究結果顯示學生之中測成績雖較前測有進步，但調整後 p 值未達顯著差異，顯示出進行講述教學無法提升學生 DNA 概念之學習成效；學生之前測與後測驗成績具有顯著差異 ($p < .05$)，此結果顯示出擴增實境教學可以增進學生 DNA 概念之學習成效。

表 6-4-1 DNA 概念紙筆測驗前中後成績比較表

DNA 概念紙筆測驗	標準差	z	p	調整後 p
前測-中測	.471	-2.121	<.05	.102
前測-後測	.471	-2.828*	<.01	<.05
中測-後測	.471	-.707	.480	1

(二) DNA 概念繪圖測驗前中後成績比較

本研究依據 DNA 繪圖測驗之評分表將學生繪圖計分，再使用 Wilcoxon 符號等級檢定分析學生之前測、中測與後測之成績，DNA 概念繪圖測驗前中後成績比較表如表 6-4-2。研究結果顯示學生之中測成績雖較前測有進步，但調整後 p

值未達顯著差異，顯示出進行講述教學無法提升學生之 DNA 繪圖正確度；學生之前測與後測驗成績具有顯著差異 ($p<.001$)，此結果顯示出擴增實境教學可以幫助學生繪出正確的 DNA 繪圖。

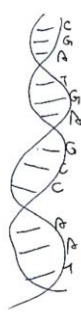
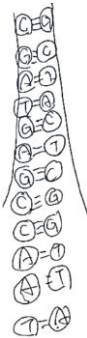
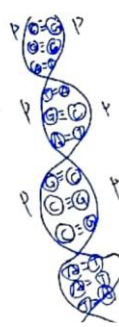
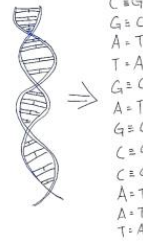
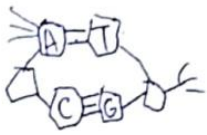
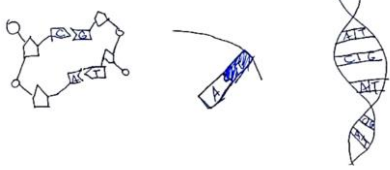
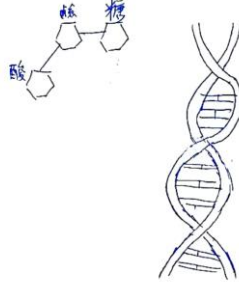
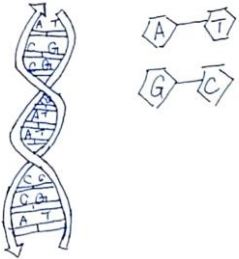
表 6-4-2 DNA 概念繪圖測驗前中後成績比較表

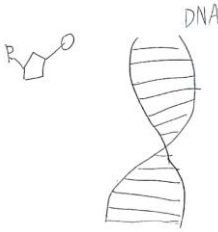
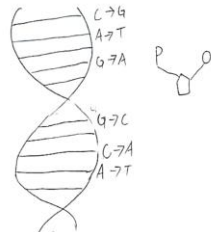
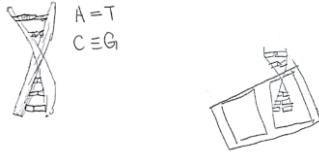
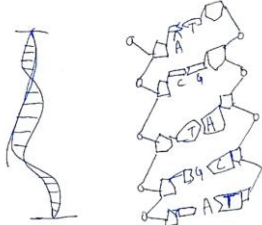
DNA 概念繪圖	標準差	<i>z</i>	<i>p</i>	調整後 <i>p</i>
前測-中測	.471	-2.239	<.05	.075
前測-後測	.471	-3.771***	<.001	<.001
中測-後測	.471	-1.532	.126	.377

(三) 擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的模型表徵能力之影響

聽障學生的 DNA 表徵圖畫如表 6-4-3，由表 6-4-3 可發現在前測時有七位學生交出空白卷，有兩位學生使用一種表徵來表示 DNA 之構造。在中測時，學生都可以使用一種以上表徵來表示 DNA 之構造，並發現有兩位學生使用兩種表徵來表示 DNA 之構造。在後測時，學生都可以使用一種以上表徵來表示 DNA 之構造，並發現有六位學生使用兩種表徵來表示 DNA 之構造，且有一位學生使用三種表徵來表示 DNA 之構造。此結果顯示透過擴增實境教學可以增進學生的多重表徵能力，讓學生可以使用多種不同的表徵來表示 DNA 之構造。

表 6-4-3 學生之 DNA 概念表徵分析表

	前測	中測	後測
H1			
H2	空白		
M1	空白		
M2	空白		
M3	空白		

M4	空白		
L1	空白		
L2	空白		
L3			

(四) 擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的 DNA 心智模式之影響

本節將分析教學前、教學中與教學後聽障學生持有之 DNA 心智模式，以了解聽障學生可能的心智模式演化歷程。

1. 教學前

在教學前有七位學生繳出空白卷，L3 畫出雙股螺旋 DNA，H1 畫出雙股螺旋 DNA 並標示鹼基。依據 DNA 繪圖測驗之心智模式評量表分析可知，學生 H2、M1、M2、M3、M4、L1 和 L2 之 DNA 心智模式為第 0 級，L3 之 DNA 心智模式為第 1 級，H1 之 DNA 心智模式為第 2 級。從分析結果可知，學生持有之心智模式多為第 0 級，共計有 6 位學生；僅一位學生第 1 級，另一位學生第 2 級，學生持有之 DNA 心智模式最高為第 2 級。

2. 教學中

本研究之教學中是指傳統講授課程內容後，但尚未使用 AR 融入教學前。在教學中，L1 學生畫出無關圖畫（人頭），其他八位學生皆可以畫出 DNA 相關圖畫。依據 DNA 繪圖測驗之心智模式評量表分析可知，DNA 心智模式屬於第 0 級的是 L1，DNA 心智模式為第 1 級的有學生 M1、M3、M4、L2 和 L3；DNA 心智模式屬於第 3 級的是學生 H2；DNA 心智模式屬於第 4 級的是學生 H1 和 M2。從分析結果可知，學生持有之心智模式最多為第 1 級，共計有 5 人；第 0 級仍然有 1 人，第 3 級有 1 位學生，第 4 級有 2 位學生持有之 DNA 心智模式最高為第 4 級。

3. 教學後

教學後，9 位學生皆畫出與 DNA 有關之圖畫。依據 DNA 繪圖測驗之心智模式評量表分析可知，沒有任何一位學生之 DNA 心智模式是屬於第 1 級或第 2 級，DNA 心智模式屬於第 3 級的有學生 H2、M2、M4、L2 和 L3，DNA 心智模式為第 4 級的有學生 M1、M3 和 L1；DNA 心智模式屬於第 5 級的是學生 H1。從分析結果可知，學生持有之心智模式最多為第 3 級，共計有 5 人，第 4 級有 3 位學生，學生持有之 DNA 心智模式最高為第 5 級。

4. DNA 心智模式演化歷程分析

接續要分析學生之心智模式演化歷程，學生之 DNA 心智模式層級表如表 6-4-4，學生之 DNA 心智模式演化歷程圖如圖 6-4-1。從表 6-4-4 可知，僅有 M2 持有之心智模式層級於教學後反而下降，其餘 8 位學生皆有提升其心智模式層級，顯示出教學後可以提升學生之心智模式層級。從圖 6-4-1 可知，教學前持有之 DNA 心智模式為第 0 級之學生，多數學生於教學後能到達第 3 級，少數能提升到第 4 級；而教學前持有之 DNA 心智模式為第 2 級之學生則可以提升到第 5 級，

顯示出初始持有之心智模式會影響最後之心智模式。本研究沒有學生達到第 6 級心智模式，顯示出即使於教學後，學生持有之 DNA 心智模式仍未達到科學模式。最後，從高中低三組學生之心智模式分析，雖然高組的一位學生可以達到第 5 級，但另一位僅到達第 3 級，如果以低組學生看來，可以看出教學後低組學生至少可以提升到第 3 級，甚至一位學生可以到達第 4 級，因此擴增實境教學或許可以提升低組學生之 DNA 概念之學習成效。

表 6-4-4 學生之 DNA 心智模式層級表

	教學前	教學中	教學後
H1	第 2 級	第 4 級	第 5 級
H2	第 0 級	第 3 級	第 3 級
M1	第 0 級	第 1 級	第 4 級
M2	第 0 級	第 4 級	第 3 級
M3	第 0 級	第 1 級	第 4 級
M4	第 0 級	第 1 級	第 3 級
L1	第 0 級	第 0 級	第 4 級
L2	第 0 級	第 1 級	第 3 級
L3	第 1 級	第 1 級	第 3 級
各等級之人數	0 級:7 人、1 級:1 人、 2 級:1 人	0 級:1 人、1 級:5 人、 3 級:1 人、4 級:2 人	3 級:5 人、4 級:3 人、 5 級:1 人

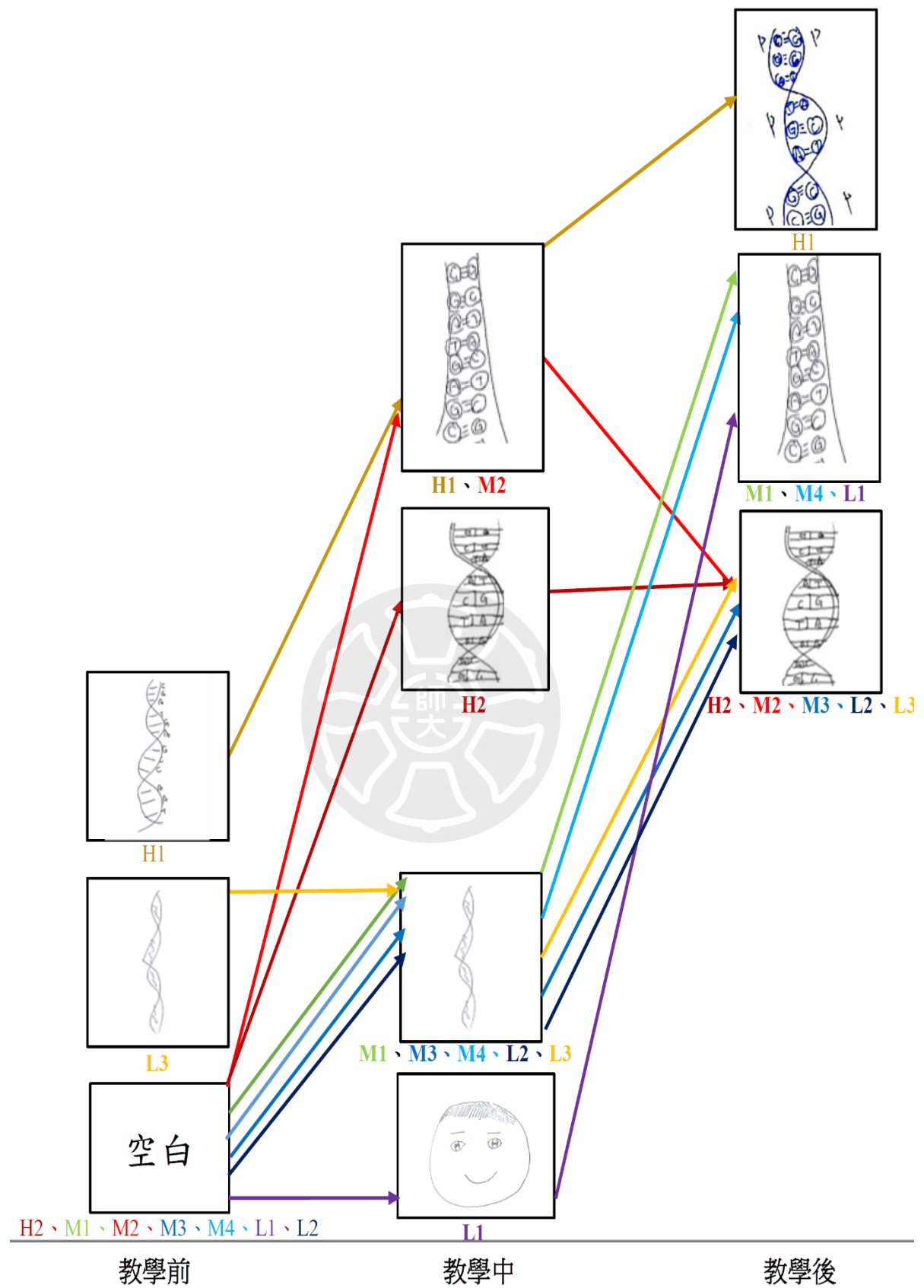


圖 6-4-1 學生之 DNA 心智模式演化歷程圖

（五）高中聽覺障礙學生對擴增實境課程之態度

研究使用 Wilcoxon 符號等級檢定分析學生問卷之前後測之分數，因本問卷題目分為「對 AR 概念之理解」、「對 AR 教學之態度」和「對 DNA 概念之後設認知」三部份，故也會進行三部份題目之分析，擴增實境課程問卷前後測分數比較表如表 6-4-5。研究結果顯示學生整體問卷之前後測之分數具有顯著差異 ($p<.01$)，顯示出教學後提升了學生對擴增實境課程之正向態度；「對 AR 概念之理解」題目之前後測之分數具有顯著差異 ($p<.05$)，顯示出教學後提升了學生對 AR 的概念；「對 AR 教學之態度」題目之前後測之分數具有顯著差異 ($p<.05$)，顯示出教學後提升了學生對 AR 教學的正向態度；「對 DNA 概念之後設認知」題目之前後測之分數也具有顯著差異 ($p<.05$)，顯示出教學後提升了學生對 DNA 概念理解的後設認知，學生認為透過教學後提升了自己的 DNA 概念理解。

表 6-4-5 擴增實境課程問卷前後測分數比較表

	前測	後測	<i>z</i>	<i>p</i>
	平均值 (標準差)	平均值 (標準差)		
整體問卷	1.819 (0.646)	3.225 (0.597)	-2.666**	<.01
對 AR 概念之理解	1.806 (0.635)	3.417 (0.859)	-2.521*	<.05
對 AR 教學之態度	2.078 (0.988)	2.965 (0.663)	-2.100*	<.05
對 DNA 概念之後設認知	1.407 (0.426)	3.407 (0.834)	-2.547*	<.05

第五節 討論與建議

本節將從「擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的 DNA 概念學習之影響」、「擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的模型表徵能力之影響」、「高中聽覺障礙學生的 DNA 心智模式之演變歷程」與「高中聽覺障礙學生對擴增實境教學之態度」四部分做討論。以及從「可多於科學課堂中融入擴增實境教學」、「善用繪圖測驗與 DNA 心智模式評量表，以瞭解學生之心智模式」與「對未來研究之建議」三部分提出一些建議與看法。

（一）擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的 DNA 概念學習之影響

本研究結果顯示進行擴增實境教學後，學生之 DNA 紙筆測驗之前測與後測驗成績具有顯著差異($p<.05$)；DNA 繪畫成績部分，研究結果顯示出學生之 DNA 繪圖之前測與後測驗成績也具有顯著差異($p<.001$)。此結果顯示透過擴增實境教學可以幫助學生的 DNA 概念學習，本研究結果與先前研究結果相似(McMahon, Cihak, Gibbons, Fussell, & Mathison, 2013; McMahon, Cihak, Wright & Bell, 2016)，顯示出擴增實境對特殊學生學習科學是有助益的。Stephenson (2006) 研究指出應教導聽障生學習科學，應提供供視覺化組織，且多使用科技輔助教學，而擴增實境技術具有「結合虛擬與真實世界」、「即時互動」與「運作於 3D 環境中」這三種特色 (Azum, 1997)，故本研究推論擴增實境可以提供充分的視覺線索，以幫助聽障生之科學學習。

（二）擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的模型表徵能力之影響

本研究發現在前測時有七位學生交出空白卷，有一位學生畫出螺旋狀 DNA，以及一位同學畫出梯形 DNA 並標有鹼基。在後測時，學生都可以使用一種以上表徵來表示 DNA 之構造，並發現有兩位學生使用兩種表徵來表示 DNA 之構造。

在後測時，學生都可以使用一種以上表徵來表示 DNA 之構造，並發現有六位學生使用兩種表徵來表示 DNA 之構造，且有一位學生使用三種表徵來表示 DNA 之構造。Ainsworth (1999) 指出多重表徵能讓學生對於知識有較深層的瞭解，提高知識的抽象化、延伸性及表徵之間的關連性，而本研究使用之擴增實境 APP 即具有多重表徵特徵，能呈現出階梯模型/骨架模型以及螺旋樣貌/平行樣貌。故本研究推論，使用具有多重表徵特徵的擴增實境教學，除了增進學生的多重表徵能力，讓學生可以使用多種不同的表徵來表示 DNA 之構造，也幫助學生對知識具有較深層的瞭解，進而提升學生的學習成效。

(三) 高中聽覺障礙學生的 DNA 心智模式之演變歷程

本研究將 DNA 心智模式分為 6 個等級，分析學生之 DNA 繪圖後發現，僅有 M2 持有之心智模式層級於教學後反而下降，其餘 8 位學生皆有提升其心智模式層級，顯示出教學後可以提升學生之心智模式層級。本研究並發現，教學前持有之 DNA 心智模式為第 0 級之學生，多數學生於教學後能到達第 3 級，少數能提升到第 4 級；而教學前持有之 DNA 心智模式為第 2 級之學生則可以提升到第 5 級，顯示出初始持有之心智模式會影響最後之心智模式，此結果符合 Vosniadou 和 Brewer (1992) 提出的綜合性模式，認為學生的心智模式由日常經驗之初始模式變為綜合模式，再轉變為科學模式。本研究沒有學生達到第 6 級心智模式，顯示出即使於教學後，學生持有之 DNA 心智模式仍未達到科學模式，此結果也與先前研究相符合 (林佳穎，2009； Qi & Mitchell, 2012; Vosganoff, Paatsch, & Toe, 2011)，顯示出聽覺障礙學生之科學基本能力受限，進而影響心智模式的形成。最後，從高中低三組學生之心智模式分析，雖然高組的一位學生可以達到第 5 級，但另一位僅到達第 3 級，如果以低組學生看來，可以看出教學後低組學生至少可以提升到第 3 級，甚至一位學生可以到達第 4 級，表現甚至較高組學生良好。有許多研究皆指出心智模式是從概念結構所產出的，人們會根據問題不同而產生不

同的心智模式 (Johnson-Laird, 1999; Norman 1983; Vosniadou & Brewer, 1992)，因此本研究推論，擴增實境教學或許可以幫助低組學生產出趨向於科學模式的心智模式，進而提升學生的 DNA 概念之學習成效。

二、建議

(一) 可多於科學課堂中融入擴增實境教學

本研究結果顯示，僅使用講述教學時，學生的學習成效有進步但未達到顯著差異，而於課堂中融入擴增實境教學後，聽障學生的 DNA 概念測驗與 DNA 繪圖測驗之前後測成績皆達到顯著差異，顯示出擴增實境教學能提升學生的 DNA 概念學習。並且發現擴增實境教學能提升學生的模型表徵能力，於教學後能繪出多重表徵的模型。故本研究建議可於科學課堂中多融入擴增實境教學。

(二) 善用繪圖測驗與 DNA 心智模式評量表，以瞭解學生之心智模式

本研究使用繪圖測驗以瞭解學生之 DNA 心智模式，結果顯示繪圖測驗對聽障生而言一個合適的方法，也可以蒐集到高品質的研究資料。此外，本研究發展出 DNA 心智模式評量表，未來研究者也採用此評量表，以瞭解學生的 DNA 概念心智模式的層級。

(三) 對未來研究之建議

本研究為初步探討擴增實境教學對高中聽覺障礙學生的科學學習之影響，建議後續可進行根據聽障生的需求設計出更合適的擴增實境軟體，例如於 3D 動畫中增加手語翻譯影片選項，讓學生除了可以切換不同的模型表徵，也切換至手語翻譯影片進行學習。本研究主要使用紙筆與繪圖等測驗進行分析，建議未來也可以使用簡單問卷或晤談，以蒐集更多的質性與量化資料。

第柒章 總結

本章將總結「研究 1:探討高中聽覺障礙學生之科學家意象」、「研究 2:探討透過參加科學展覽以提升聽覺障礙高中生的探究能力」、「研究 3:探討透過斷詞與科學語言遊戲以增進高中聽覺障礙學生的細胞分裂概念理解」與「研究 4:探討透過擴增實境教學以提升高中聽覺障礙學生的 DNA 概念理解」四個研究之研究結果，並提出研究之機會與挑戰。

第一節 四個系列研究之總結

本研究透過四個系列研究以提升學生的科學素養，首先透過「研究 1:探討高中聽覺障礙學生之科學家意象」，瞭解學生的科學家意象與對科學之態度，研究結果顯示聽障高中生較多持有之科學家特徵是整潔乾淨、男科學家、中年以上與有好奇心，顯示出科學家刻板印象是普遍存在，而整潔乾淨與有好奇心等等與特徵是不同以往的科學家意象研究，顯示出有新的科學家特徵產生。且聽障高中生近三成畫出無關科學家的畫作，比例明先高於先前研究，顯示出聽障生對科學家或科學之印象皆是較為陌生的，也發現女學生持有較正面的科學家意象，男學生持有較負面的科學家意象，不同年級學生持有之科學家意象無顯著差異。經由深度晤談發現學生多對科學不感興趣，也覺得科學較適合聰明的學生學習，也覺得科學課程較為枯燥困難，但有一位學生提及對做實驗印象深刻。研究建議教師在教導使用手語之聽障生時，可以多提供關鍵字線索，以及教導學生自我監控之技巧；並能於教學中多融入女科學家故事、科學有益於社會之議題以及探究與實作活動，讓學生產生科學認同感，進而提升學生參與科學的可能性。

基於第一個研究之結果，進行第二個研究。研究 2 以提升學生之科學探究能力為目的，指導 3 位高中聽障生參與科學展覽，並發展出一系列的科學探究課程。並使用美國奧勒岡州教育部（ODE）提出之「科學探究活動評分表」分析學

生之科展作品書，分析結果顯示，學生之探究能力各項目分數皆高於 4 分，顯示出參與科學展覽可以培養學生之探究能力。本研究進一步分析學生實驗日誌與教師省思日記，發現有學生提及做實驗的過程很有趣，也有學生覺得自己更瞭解科學家的工作，未來可以多嘗試科學相關活動，顯示出參與科學展覽可以提升科學興趣、提升參與科學的自信心與對科學家持有正面態度。最後，研究建議科展之題目以與聽障學生切身有關為佳，可透過相關課程加強小論文寫作能力，且報告時須注意溝通與環境噪音問題，以及可採用「教室探究活動設計之因素表」以設計出系統化的科學探究課程。

基於第一個與第二個研究之結果，進行第三個研究。研究 3 以提升學生科學閱讀能力為目的，將斷詞與科學語言遊戲教學融入細胞分裂課程中，研究對象為 7 位高中聽障生，使用細胞分裂文本斷詞測驗、細胞分裂閱讀理解測驗與細胞分裂概念理解測驗為工具，以測驗教學前後的學生學習成就表現。研究結果顯示學生的斷詞以及概念理解之前測與後測成績皆達到顯著差異 ($P<.05$)，表示科學語言遊戲能有效提升學生的斷詞能力與科學概念理解。研究建議善用斷詞測驗瞭解聽障生閱讀困難處，在科學課堂中增加科學語言遊戲的教學，以提升學生之科學閱讀能力與科學概念理解。

基於第一個、第二個與第三個研究之結果，進行第四個研究。研究四以提升學生科學知識為目的，研究者設計出擴增實境 DNA 課程，研究對象為 9 位高中聽障生，研究工具為 DNA 紙筆測驗和 DNA 繪圖測驗以及課程問卷。研究結果顯示，學生 DNA 紙筆測驗的前測與後測成績 ($P<.05$) 與 DNA 繪圖測驗前測與後測成績 ($P<.001$) 均具有顯著差異，表示擴增實境教學可以提升學生的 DNA 概念學習。從 DNA 繪圖分析可知，學生於教學後皆能畫出一種以上的 DNA 表徵模型，顯示出擴增實境能提升學生的模型表徵能力。本研究並發展出「DNA 心智模式評量表」，將 DNA 心智模式分為 0 至 6 等級，並用以分析學生之 DNA 繪圖。分析結果顯示，教學後可以提升多數學生之心智模式層級，但沒有學生達到

第 6 級心智模式，顯示出即使於教學後，學生持有之 DNA 心智模式仍未達到科學模式。此外，從問卷分析結果發現，整體問卷之前測與後測分數具有顯著差異 ($P<.001$)，並發現問卷之「對 AR 概念之理解」、「對 AR 教學之態度」與「對 DNA 概念之後設認知」等分項題目之前測與後測分數也都具有顯著差異 ($P<.05$)，顯示出教學後提升了學生對 AR 概念的理解、對 AR 教學的正向態度以及對 DNA 概念理解的後設認知。研究建議可多於科學課堂中融入擴增實境教學，善用繪圖測驗與「DNA 心智模式評量表」，以瞭解學生之心智模式。



第二節 機會與挑戰

一、弱點補強

1. 加強閱讀與寫作能力

許多文獻皆指出聽障生之閱讀能力受限，特別是啟聰學校之學生之閱讀能力更為低落。為提升學生之閱讀能力，本研究透過科學語言遊戲教學與參與科展活動以提升學生之閱讀與寫作能力，研究結果也顯示出透過科學語言遊戲教學可以提升科學閱讀與科學概念理解能力，透過參與科展活動可以提升學生之小論文寫作能力。本研究認為教導閱讀不是國文科的事情，於各科目都可以教導學生閱讀與寫作技巧，特別是應於科學相關科目教導閱讀策略，因為科學文本具有許多專有名詞，閱讀起來較為艱深困難，因此更需要教導學生閱讀文本的技巧，才能提升聽障學生的科學概念理解。

2. 加強基本科學能力

關於聽障生基本科學能力之研究較少，這些研究也指出聽障生之科學能力較同儕低落。為提升學生之科學能力，本研究提出三種教學設計：科學探究課程、科學語言遊戲課程與 DNA 擴增實境課程。研究結果也顯示透過科學探究課程可以培養學生之探究能力，以及提升學生的對科學的態度；透過科學語言遊戲課程可以提升學生的科學文本斷詞能力與科學概念理解能力；透過 DNA 擴增實境可以提升學生的科學概念理解能力、模型表徵能力以及心智模式。本研究認為這三個課程可以多加推廣，使用於聽障生的科學課堂中，透過此三個課程可以加強聽障生的基本科學能力，進而提升聽障生的科學學習成效。

二、優勢發揮

1. 視覺學習、操作精確且具專注力

研究 2 結果顯示，學生於實驗過程中非常認真、專注且有耐力，就像是研究生一樣，即使一整天做實驗也沒有喊累。而且觀看實驗步驟後就可以精準複製，也能做到三重複結果相同，顯示出聽障生的視覺學習能力佳、動作操作精確，且具有專注力，故本研究認為聽障生是可以多嘗試往科學方向發展，只要給聽障生多一點機會，他們可以表現的很好。研究 4 結果顯示，使用講述教學法時，學生的學習成效有進步但未達到顯著差異，而於課堂中融入擴增實境教學後，聽障學生的 DNA 概念測驗與 DNA 繪圖測驗之前後測成績皆達到顯著差異，並發現擴增實境教學能提升學生的模型表徵能力，於教學後能繪出多重表徵的模型。本研究認為是因為 DNA 擴增實境可以提供學生充分的視覺線索，提供學生良好的視覺學習環境，因此能有效提升聽障生的學習成效。

2. 開設與聽障議題有關之科學探究課程

研究 2 指導聽障學生參與科學展覽，學生作品書之主題為「聽障者的福音-耳模清潔劑」，此實驗之目的為解決聽障生的生活問題-長期戴耳模造成耳朵搔癢。研究結果顯示，學生表示因參與科學展覽的研究題目與聽障有關，所以讓自己更有動力透過科學研究去解決此問題。本研究認為探究課程主題如果與聽障生相關，則較容易引起學習動機，提升學生的學習動機以及續航力。故本研究建議於未來可以多開發與聽障生有關的科學探究課程，透過此特色課程應該可以提升學生的科學學習興趣。

三、時間受限

本研究設計了三種課程，並透過研究證實此課程可以提升學生的學習成效，但因為聽障生的基本能力較為低落，所以這些課程的實施的時間較一般講述課程

更長。而在教學現場中，因為自然課的節數與教學時間有限，教師也有教學進度之壓力，可能較難以實施本研究開發之教學課程。故本研究建議可以透過在校內開設科學社團或是透過課後輔導課程等方式，進行與一般講述課程不同的教學法，以提升聽障生的科學學習成效。本研究認為聽障生之基本能力受限，如果僅是透過講述法教學，而未引進有效的教學法，可能會造成老師僅能將課程內容教完，但是較難照顧與理解聽障學生之吸收程度之現象，進而導致學生對於科學一知半解，而持續落後於一般生。因此，本研究建議聽障生的科學課程內容可以更鬆綁，讓教師有更多自主性可以調整教學內容與進度，如此一來，對於基本能力皆落後的聽障生而言會是一個福音。



參考文獻

1. 牛其源（2019）。桃園市高中參加科展學生的科學本質與科學態度之關係研究。未出版之碩士論文，國立臺北科技大學技術及職業教育研究所，台北市。
2. 王文科、李乙明、謝建全、洪榮照、杞昭安和林玉霞等人（2015）。**特殊教育導論特殊教育導論（第二版）**。臺北市：臺灣五南圖書出版股份有限公司。
3. 朱經明和王鳳妃（2006）。多媒體聽障者成功奮鬥故事協助聽障學生理解主要概念及提昇自我概念成效之研究。**特殊教育研究學刊**，30，135-154。
4. 何宗穎、王敏男、謝佩妤、郭幸宜、趙大衛和黃台珠（2013）。大學普通生物學實驗課程應用探究鷹架自我評估策略對學生探究能力表現之影響。**科學教育學刊**，21（4），401-429。
5. 何宗懿（2015）。閱讀者提問請教文本：試論 PISA 閱讀素養架構進階之道。**教育研究與發展期刊**，11（2），1-31。
6. 余曉清、林煥祥（主編）（2017）。**PISA 2015 台灣學生的表現**。新北市：心理出版社。
7. 吳坤璋、吳裕益和黃台珠（2005）。科學探究能力測驗的編製與信、效度考驗。**測驗學刊**，52（2），119-148。
8. 吳貞儀、林陳涌和張永達（2016）。文本知識編排順序對國中學生遺傳學閱讀理解的影響。**課程與教學季刊**，19（3），85-111。
9. 吳清山（2017）。素養導向教師教育：理念，挑戰與實踐。**學校行政**，（112），14-27。
10. 呂紹海和巫俊明（2008）。國小自然與生活科技教科書中科學史內容之分析。**新竹教育大學教育學報**，25（2），1-31。
11. 李坤（2020）。屏東縣參與科展競賽學生之科學學習動機與科學過程技能調查研究。未出版之博士論文，國立高雄師範大學科學教育暨環境教育研究所，

高雄市。

12. 沈惠淳和荊溪昱（2011）。高雄市國小教師指導科展現況、困難與需求之研究。中州管理與人文科學叢刊，1（1），183-198。
13. 岳修平譯（1998）。教育心理學-學習的認知基礎。臺北市：遠流出版。Ellen D. Gagne, Carol Walker Yekovich, and Frank R. Yekovich 原著，The Cognitive Psychology of School Learning（2nd Ed.）。
14. 林小慧和吳心楷（2019）。科學探究能力評量之標準設定與其效度檢核。教育心理學報，50（3），473-502。
15. 林文杰（2006）。科學語言遊戲融入教學對物理文本的語意理解與語法應用之探討—以生活中的力單元為例。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學科學教育研究所，台北市。
16. 林淑嫻、劉聖忠、黃茂在、陳素芬和張文華（2008）。運用科學史傳達科學本質之教學實務探討-以簡單機械單元為例。科學教育月刊，315，2-18。
17. 林陳涌（1996）。「了解科學本質量表」之發展與效化。科學教育學刊，（41），1-58。
18. 林寶貴（2006）。聽覺障礙教育理論與實務。臺北：五南。
19. 林寶貴、錡寶香（1991）。高職階段聽覺障礙學生國語文與數學能力之研究。特殊教育研究學刊，7，109-127。
20. 林寶貴和黃玉枝（1997）。聽障學生國語文能力及錯誤類型之分析。特殊教育研究學刊，15，109-129。
21. 林寶貴和黃玉枝（1997）。聽障學生國語文能力及錯誤類型之分析。特殊教育研究學刊，15，109-129。
22. 邱明富、高慧蓮（2006）。科學史融入教學對國小學童科學本質觀影響之探究。科學教育學刊，14（2），163-187。
23. 邱淑明（2004）。電腦教學對國中聽障生學習「自然與生活科技」成效之研

究。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學生物研究所，彰化縣。

24. 柯華蕙、詹益綾、張建妤、游婷雅（2008）。**臺灣四年級學生閱讀素養 PIRLS2006 報告**。行政院國家科學委員專題研究成果報告（編號：NSC 96-MOE-S008-002）。桃園市：國立中央大學學習與教學研究所。
25. 柯華蕙和方金雅（2010）。**閱讀理解評量**。載於柯華蕙（2010）主編。中文閱讀障礙，167-176。臺北：心理。
26. 洪文東、黃俊偉（2008）。國小學童對科學家的意象調查研究：以屏東縣某國小學童為例。**美和技術學院學報**，27（2），21-48。
27. 洪振方（2003）。探究式教學的歷史回顧與創造性探究模式之初探。**高雄師大學報**，15，641-662。
28. 洪蘭、曾志朗和張稚美（1993）。**閱讀障礙兒童的認知心理學基礎**。學習障礙與資源教學，74-86。台北：台北市教師研習中心。
29. 胡永崇（2008）。閱讀理解的教學評量方式。**屏師特殊教育**，16，1-9。
30. 胡永崇、黃秋霞、王智玫等合譯（2014）。**學習障礙之教育**。臺北市：心理。
31. 翁群評（2016）。學科能力測驗自然考科與科學素養評量之關連性探討。**考試學刊**，11，42-76。
32. 高慧蓮（2005）。國民小學九年一貫課程 [自然與生活科技] 領域科學探究能力之培養研究：**科學探究能力之評量（I）**。行政院國家科學委員會專題研究成果報告（NSC93-2511-S-153-006）。
33. 國家發展委員會（2018）。**2030 雙語國家政策發展藍圖**。臺北市：國家發展委員會。
34. 張珮珊、賴吉永和溫嫻純（2017）。科學探究與實作課程的發展、實施與評量；以實驗室中的科學論證為核心之研究。**科學教育學刊**，25（4），355-389。
35. 張蓓莉（1987）。回歸主流聽覺障礙學生語文能力之研究。**特殊教育研究學刊**，3，119-134。

36. 張蓓莉 (1989)。聽覺障礙學生之語言能力研究。**特殊教育研究學刊**，5，165-204。
37. 張蓓莉 (2006)。啟動建構學習的教學方式對數學低成就聽覺障礙學生二步驟四則運算文字題的教學效果。**特殊教育研究學刊**，30，75-94。
38. 教育部 (2003)。**科學教育白皮書**。臺北市:教育部。
39. 教育部 (2008)。**高級中等以下學校特殊教育課程發展共同原則及課程大綱**。臺北市:教育部。
40. 教育部 (2015)。**2016-2020 資訊教育總藍圖**。臺北市:教育部。
41. 教育部 (2015)。**十二年國民基本教育實施計畫**。臺北市:教育部。
42. 教育部 (2018)。**十二年國民基本教育-特殊教育課程實施規範**。臺北市:教育部。
43. 教育部 (2018)。**十二年國民基本教育課程綱要-自然科學領域**。臺北市:教育部。
44. 粘福揚 (2009)。**語言遊戲對概念改變成效之研究—以燃燒為例**。未出版之碩士論文，國立臺中教育大學科學應用與推廣學系，台中市。
45. 莊梅君和劉秀丹 (2014)。可預測性繪本教學方案對國小聽覺障礙學生閱讀理解的成效。**特殊教育研究學刊**，39 (3)，29-48。
46. 許綺婷 (2015)。**個案都市原住民學生之西方科學本質觀探討**。**課程與教學**，18 (2)，125-167。
47. 郭泓男 (2013)。**探討導入科學探究教學於科展培訓對學生科學探究能力之影響**。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學科學教育研究所，台北市。
48. 郭重吉和蔣佳玲 (1995)。**評析學生對科學家的形象之相關研究**。**科學教育月刊**，179，2-27。
49. 陳小娟 (1999)。**三至八歲聽覺障礙兒童語音聽知覺接受力之研究**。**特殊教育與復健學報**，7，51-78

50. 陳小娟、邢敏華（譯）（2007）。失聰者：心理教育及社會轉變中的觀點。臺北：心理。
51. 陳世文、古智雄和楊文金（2018）。從系統功能語言觀點探討科學詞彙的歧義與解歧。科學教育學刊，26（3），241-259。
52. 陳世文和楊文金（2005）。國中科學教科書中[物質]及其複合詞之分析。物理教育，6（1），11-23。
53. 陳世文和楊文金（2006）。以系統功能語言學探討學生對不同科學文本的閱讀理解。師大學報；科學教育類，51（1&2），107-124。
54. 陳世文和楊文金（2009）。科學文本中陳述語意關係的語言特性：以國中階段科學教科書為例。教育科學研究期刊，54(4)，63-83。
55. 陳虹樺（2013）。不同科展指導經驗教師對科展指導增能研習之觀點。科學教育月刊，363，29-40。
56. 陳家興和蔡介立（2016）。詞彙邊界線索影響閱讀中文表現的眼動證據。中華心理學刊，58（1），19-44。
57. 陳健忠（2015）。心智圖及論證融入科展培養學生科學探究能力之研究。未出版之博士論文，國立東華大學課程設計與潛能開發學系，花蓮縣。
58. 陳惠如（2009）。低識讀能力學生對科學文本 [血糖的恆定] 之閱讀困難研究。未出版之碩士論文，臺灣師範大學科學教育研究所，台北市。
59. 陳雅君（2019）。實施 DII 對國小科展學生探究能力之研究。未出版之碩士論文，國立嘉義大學數理教育研究所，嘉義市。
60. 陳雅玲（2010）。國小四年級一般字彙知識、中文斷詞與中文讀寫能力之相關研究。未出版之碩士論文，國立台中教育大學特殊教育研究所，台中市。
61. 彭天音（2010）。探討氣象探究網路競賽中學生科學探究能力的表現。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學地球科學系，台北市。
62. 程琪龍（1994）。系統功能語法導論。汕頭大學出版社。

63. 黃台珠、鄭世暖、林明輝、蘇懿生、張學文、趙大衛（1994）。國中生物遺傳教學的改進研究。**國立高雄師範大學學報**，5，113-135。
64. 黃玉枝（2016）。實施引導式探究教學發展國小聽障學生的科學探究技能。**特殊教育學報**，43 期，63-92。
65. 黃孝宗（2000）。高雄縣大寮國小學童科學家意象之研究。未出版之碩士論文，臺東師範學院教育研究所，臺東縣。
66. 黃忻怡、廖晨惠（2010）。斷詞能力在中文閱讀認知歷程之探究。**國小特殊教育**，(50)，64-72。
67. 黃俊儒和簡妙如（2010）。在科學與媒體的接壤中所開展之科學傳播研究：從科技社會公民的角色及需求出發。**新聞學研究**，(105)，127-166。
68. 黃純敏（2019）。基於語彙鏈、格律斷詞方法以主題模型進行古詩詞探勘與分析。**資訊管理學報**，26（3），275-306。
69. 黃純敏、陳聰宜和詹雅筑（2014）。新聞事件偵測與追蹤之分群分類演算法研究。**資訊科技國際期刊**，8（1），1-9。
70. 楊文金（2011）。漢語與科學文本閱讀。**臺北市立圖書館館訊**，28(4)，1-15。
- 楊坤原和張賴妙理（2004）。遺傳學迷思概念的文獻探討及其對教學的啟示。**科學教育學刊**，12（3），365-398。
71. 楊桂瓊、陳雅君、洪瑞兒和林煥祥（2015）。新興科技融入探究式教學的成效探討。**科學教育學刊**，23（2），111-127。
72. 楊憲明（1998）。閱讀障礙學生文字辨識自動化處理之分析研究。**特殊教育與復健學報**，(6)，15-37。
73. 廖哲政（2009）。科學語言遊戲對概念改變之研究：以溶解為例。未出版之碩士論文，國立台中教育大學科學應用與推廣學系，台中市。
74. 廖晨惠、黃忻怡、曹傑如和白鎧銘（2012）。國小低年級學童聲韻覺識、聲旁表音覺識、造詞能力、斷詞能力與中文閱讀之縱貫性研究。**測驗統計年刊**，

(20)，31-65。

75. 劉秀丹 (2009)。手語和口語工作記憶機制之異同分析。台灣聽力語言學會雜誌，23，31-47。
76. 歐守娟 (2011)。科學語言遊戲對溶解之迷思概念改變的研究。未出版之碩士論文，國立臺中教育大學科學應用與推廣學系，台中市。
77. 潘慧玲 (1996)。教育研究，載於黃光雄 (主編)，教育導論，341-368。台北：師大書苑。
78. 蔡哲銘、邱美虹、曾茂仁和謝東霖 (2020)。探討二階段專題導向的探究與實作課程中學生之學習成效。科學教育月刊，(431)，2-20。
79. 蔡浩軒和孟瑛如 (2020)。擴增實境技術融入特殊教育課程設計之現況與趨勢探討。特教論壇，(28)，1-19。
80. 蔡清田、陳延興 (2013)。國民核心素養之課程轉化。課程與教學，16 (3)，59-78。
81. 鄭豔齡 (2013)。探討不同科學家介紹課程對七年級學生科學家意象與對科學的態度之影響。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學生物學系研究所，彰化縣。
82. 盧台華 (1995)。身心障礙學生數學能力比較研究。特殊教育研究學刊，12，25-50。
83. 蕭佳純 (2014)。國小學童參與科展的歷程、內在動機與科技創造力成長的縱貫性分析。教育實踐與研究，27 (2)，33-66。
84. 蕭儒棠 (2014)。物理辯論競賽之學生科學探究活動評量探析。物理教育學刊，15 (2)，107-118。
85. 嚴婉尹 (2008)。國中生科展經驗對其科學探究技能與歷程覺知之影響。未出版之碩士論文，國立臺灣海洋大學教育研究所，基隆市。
86. 蘇子傑 (2011)。科學語言遊戲對燃燒之迷思概念改變的研究。未出版之碩

士論文，國立臺中教育大學科學應用與推廣學系，台中市。

87. 鐘建坪和邱美虹 (2014)。運用 SOLO 分類法探討科展活動之建模的類型——以八年級物理科展為例。 *教育實踐與研究*，27 (1)，31-64。
88. Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.
89. Akinoglu, O. (2008). Assessment of the Inquiry-based Project Implementation Process in Science Education Upon Students' Points of Views. *Online Submission*, 1(1), 1-12.
90. Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.
91. Atwood-Blaine, D., & Huffman, D. (2017). Mobile gaming and student interactions in a science center: the future of gaming in science education. *International journal of science and mathematics education*, 15(1), 45-65.
92. Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.
93. Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
94. Bai, X., Yan, G., Liversedge, S. P., Zang, C., & Rayner, K. (2008). Reading spaced and unspaced Chinese text: Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 1277-1287.
95. Barman, C.R. & Stockton, J.D. (2002). An evaluation of Project SOAR-High: A web-based science program for deaf students. *American Annals of the Deaf*, 147, 5-10.

96. Bauer, H. H. (1994). *Scientific literacy and the myth of the scientific method*. University of Illinois Press.
97. Beckett, D. (2008). Holistic competence: Putting judgments first. *Asia Pacific Education Review*, 9(1), 21-30.
98. Browning, M. E., & Lehman, J. D. (1988). Identification of student misconceptions in genetics problem solving via computer program. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 747-761.
99. Bruner, J. S. (1973). Organization of early skilled action. *Child development*, 1-11.
100. Cascales-Martínez, A., Martínez-Segura, M. J., Pérez-López, D., & Contero, M. (2016). Using an augmented reality enhanced tabletop system to promote learning of mathematics: A case study with students with special educational needs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 355-380.
101. Cawthon, S. W. (2004). Schools for the deaf and the no child left behind act. *American Annals of the Deaf*, 149(4), 314-323.
102. Chamberlain, C., & Mayberry, R. I. (2000). Theorizing about the relation between American Sign Language and reading. *Language acquisition by eye*, 221-259.
103. Chang, R. C., Chung, L. Y., & Huang, Y. M. (2016). Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1245-1264.
104. Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In *Innovations in Smart Learning* (pp. 13-18). Springer, Singapore.
105. Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of science education and*

technology, 22(4), 449-462.

106. Chiang, T. H. C., Yang, S. J., & Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365.
107. Christidou, V., Bonoti, F., & Kontopoulou, A. (2016). American and Greek children's visual images of scientists. *Science & Education*, 25(5-6), 497-522.
108. Cobern, W. W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. *Science education*, 80(5), 579-610.
109. Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 655-674.
110. Easterbrooks, S. R., & Stephenson, B. (2006). An examination of twenty literacy, science, and mathematics practices used to educate students who are deaf or hard of hearing. *American annals of the deaf*, 151(4), 385-397.
111. Ehrlén, K. (2009). Drawings as representations of children's conceptions. *International Journal of Science Education*, 31(1), 41-57.
112. Emvalotis, A., & Koutsianou, A. (2018). Greek primary school students' images of scientists and their work: has anything changed? *Research in Science & Technological Education*, 36(1), 69-85.
113. Enyedy, N., Danish, J. A., & DeLiema, D. (2015). Constructing liminal blends in a collaborative augmented-reality learning environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10(1), 7-34.
114. Farland-Smith, D. (2012). Development and field test of the modified Draw-A-Scientist test and the Draw-A-Scientist rubric. *School Science and Mathematics*,

- 112(2), 109-116.
115. Ferguson, S. L., & Lezotte, S. M. (2020). Exploring the state of science stereotypes: Systematic review and meta-analysis of the Draw-A-Scientist Checklist. *School Science and Mathematics*, 120(1), 55-65.
116. Finson, K. D. (2003). Applicability of the DAST-C to the images of scientists drawn by students of different racial groups. *Journal of Elementary Science Education*, 15(1), 15-26.
117. Finson, K. D., Beaver, J. B., & Cramond, B. L. (1995). Development and field test of a checklist for the Draw-A-Scientist Test. *School Science and Mathematics*, 95(4), 195-205.
118. Fisher, K., Wandersee, J. H., & Moody, D. E. (2001). *Mapping biology knowledge* (Vol. 11). Springer Science & Business Media.
119. Flick, L. (1990). Scientist in residence program improving children's image of science and scientists. *School science and mathematics*, 90(3), 204-214.
120. Fung, Y. Y. (2002). A comparative study of primary and secondary school students' images of scientists. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 199-213.
121. Gardner, A., & Olson, A. (2016). 3D Printing of Molecular Models. *Grantee Submission*, 40(1), 15-21.
122. Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447-459.
123. Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science education*, 86(5), 693-705.
124. Gormally, C. L., & Marchut, A. (2017). " Science Is Not My Thing": Exploring Deaf Non-Science Majors' Science Identities. *Journal of Science Education for*

- Students with Disabilities*, 20(1), 1-15.
125. Gormally, C., & Inghram, R. (2021). Goggles and White Lab Coats: Students' Perspectives on Scientists and the Continued Need to Challenge Stereotypes. *Journal of microbiology & biology education*, 22(1), 22.1.9.
126. Halliday, M. A. (1993). Towards a language-based theory of learning. *Linguistics and education*, 5(2), 93-116.
127. Hansen, A. K., Dwyer, H. A., Iveland, A., Talesfore, M., Wright, L., Harlow, D. B., & Franklin, D. (2017, March). Assessing children's understanding of the work of computer scientists: The draw-a-computer-scientist test. In *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE technical symposium on computer science education* (pp. 279-284).
128. Höllerer, T. H., & Feiner, S. K. (2004). *Mobile augmented reality*. In: Karimi H, Hammad A (eds) *Telegeoinformatics: location-based computing and services*. Taylor & Francis Books, London
129. Holt, J. A. (1994). Classroom attributes and achievement test scores for deaf and hard of hearing students. *American Annals of the Deaf*, 139(4), 430-437.
130. Huber, R. A., & Burton, G. M. (1995). What do students think scientists look like?. *School Science and Mathematics*, 95(7), 371-376.
131. Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational leadership*, 16(1), 13-16.
132. Hwang, G. J., Wu, P. H., Chen, C. C., & Tu, N. T. (2016). Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and attitudes in real-world observations. *Interactive Learning Environments*, 24(8), 1895-1906.
133. Jang, J. Y., & Hand, B. (2017). Examining the value of a scaffolded critique framework to promote argumentative and explanatory writings within an argument-based inquiry approach. *Research in science education*, 47(6), 1213-

134. Jaworski, B. (2013). *The effects of science fairs on students' knowledge of scientific inquiry and interest in science*. Retrieved from <https://scholarworks.montana.edu/xmlui/handle/1/2795>
135. Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. (2012). *The NMC horizon report: 2012 K-12 Edition*. The New Media Consortium, Austin, Texas.
136. Johnson, L., Levine, A., Smith, R., & Stone, S. (2010). *The NMC Horizon Report: 2010 K-12 Edition*. The New Media Consortium, Austin, Texas
137. Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness (No. 6)*. Harvard University Press.
138. Johnson-Laird, P. N. (2013). Mental models and cognitive change. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(2), 131-138.
139. Jutras, B., & Gagné, J. P. (1999). Auditory sequential organization among children with and without a hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42(3), 553-567.
140. Kelly, L. (1996). The interaction of syntactic competence and vocabulary during reading by deaf students. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 1(1), 75-90.
141. Kelly, L. P. (1995). Processing of bottom-up and top-down information by skilled and average deaf readers and implications for whole language instruction. *Exceptional children*, 61(4), 318-334.
142. Kelly, R. R., & Mousley, K. (2001). Solving word problems: More than reading issues for deaf students. *American Annals of the Deaf*, 146(3), 251-262.
143. Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental Detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational technology research and development*, 56(2), 203-228.

144. Knight, M., & Cunningham, C. (2004, June). Draw an engineer test (DAET): Development of a tool to investigate students' ideas about engineers and engineering. *In ASEE Annual Conference and Exposition (Vol. 2004)*.
145. Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J. A., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 313-350.
146. Krajovich, J. G., & Smith, J. K. (1982). The development of the image of science and scientists scale. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(1), 39-44.
147. Kyriazi, E., & Constantinou, C. (2004). The Science Fair as a Means for Developing Investigative Skills in Elementary School. *In Proceedings of the 1st International Conference on Hands on Science (pp. 5-9)*.
148. Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of research in science teaching*, 51(1), 65-83.
149. Lewis, J, Leach, J, & Wood-Robinson, C. (2000a). Chromosomes: The missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *International Journal of Biological Education*, 34(4), 189-199.
150. Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000b). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - Do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22, 177-195.
151. Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000c). What's in a cell? – young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *International Journal of Biological Education*, 34, 129-132.
152. Liu, H. T., Tseng, C. H., & Liu, C. J. (2008). *A comparison of Taiwanese Sign Language and Manually Coded Chinese: Word length and Short-Term Memory*

- capacity*. In A. Botinis (Eds.), International Speech Communication Association Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics (pp.141-144). Athen Greece: University of Athen press.
153. Losh, S. C., Wilke, R., & Pop, M. (2008). Some methodological issues with “Draw a Scientist Tests” among young children. *International Journal of Science Education*, 30(6), 773-792.
 154. Ludwig, C., & Reimann, C. (2005). Augmented reality: Information at focus. *Cooperative computing & communication laboratory*, 4(1), 1-12.
 155. Luetke-Stahlman, B., & Nielsen, D. C. (2003). The contribution of phonological awareness and receptive and expressive English to the reading ability of deaf students with varying degrees of exposure to accurate English. *Journal of deaf studies and deaf education*, 8(4), 464-484.
 156. Mangrubang, F. R. (2004). Preparing elementary education majors to teach science using an inquiry-based approach: The Full Option Science System. *American Annals of the deaf*, 149(3), 290-303.
 157. Marschark, M., & Hauser, P. C. (2012). *How deaf children learn: What parents and teachers need to know*. New York, NY: Oxford University Press.
 158. Marschark, M., & Wauters, L. (2008). *Language comprehension and learning by deaf students*. In M. Marschark & P. C. Hauser (Eds.), Perspectives on deafness. Deaf cognition: Foundations and outcomes (pp. 309–350). Oxford, England: Oxford University Press.
 159. Marschark, M., Sapere, P., Convertino, C. M., Mayer, C., Wauters, L., & Sarchet, T. (2009). Are deaf students’ reading challenges really about reading? *American annals of the deaf*, 154(4), 357-370.
 160. McCarthy, D. (2015). Teacher candidates’ perceptions of scientists: Images and attributes. *Educational Review*, 67(4), 389-413.

161. McComas, W. F. (2011). Science fair. *The Science Teacher*, 78(8), 34-38.
162. McMahon, D. D., Cihak, D. F., Gibbons, M. M., Fussell, L., & Mathison, S. (2013). Using a mobile app to teach individuals with intellectual disabilities to identify potential food allergens. *Journal of Special Education Technology*, 28(3), 21-32.
163. McMahon, D. D., Cihak, D. F., Wright, R. E., & Bell, S. M. (2016). Augmented reality for teaching science vocabulary to postsecondary education students with intellectual disabilities and autism. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(1), 38-56.
164. Mead, M., & Metraux, R. (1957). Image of the scientist among high-school students. *Science*, 126(3270), 384-390.
165. Mertens, T. R. (1992). A paper-&-pencil strategy for teaching mitosis & meiosis, diagnosing learning problems & predicting examination performance. *The American Biology Teacher*, 54(8), 470-474.
166. Mertens, T. R., & Hendrix, J. R. (1990). The Popular Press, Scientific Literacy in Human Genetics, and Bioethical Decision-Making. *School Science and Mathematics*, 90(4), 317-322.
167. Miele, E. (2014). Using the draw-a-scientist test for inquiry and evaluation. *Journal of college science teaching*, 43(4), 36-40.
168. Milford, T. M., & Tippet, C. D. (2013). Preservice teachers' images of scientists: Do prior science experiences make a difference? *Journal of Science Teacher Education*, 24(4), 745-762.
169. Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
170. Miller, J. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29-48.

171. Miller, J. D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public understanding of science*, 7(3), 203-224.
172. Montoya, M. H., Díaz, C. A., & Moreno, G. A. (2017). Evaluating the effect on user perception and performance of static and dynamic contents deployed in augmented reality based learning application. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(2), 301-317.
173. Moores, D. F., Jatho, J., & Creech, B. (2001). Issues and trends in instruction and deafness: American Annals of the Deaf 1996 to 2000. *American Annals of the Deaf*, 146(2), 71-76.
174. Moseley, C., & Norris, D. (1999). Preservice teachers' views of scientists. *Science and Children*, 37(1), 50-53.
175. Napier, J., & Barker, R. (2004). Accessing university education: Perceptions, preferences, and expectations for interpreting by deaf students. *Journal of deaf studies and deaf education*, 9(2), 228-238.
176. National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. National Academy Press, Washington, DC.
177. National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.
178. National Science Foundation. (2009). *Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering: 2009*. Arlington, VA: Author.
179. National Science Foundation. (2011). *Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering: 2011*. Arlington, VA: Author.
180. National Science Foundation. (2013). *Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering: 2013*. Arlington, VA: Author.
181. National Science Teachers Association. (1995). *A high school framework for national science education standards*, Arlington, VA, National Science Teachers

Association.

182. NGSS, Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. In. Washington, DC: The National Academies Press.
183. Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. *Mental models*, 7(112), 7-14.
184. Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science education*, 87(2), 224-240.
185. Nunes, T., & Moreno, C. (2002). An intervention program for promoting deaf pupils' achievement in mathematics. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 7(2), 120-133.
186. Odell, M. R. I., Hewitt, P., Bowman, J., & Boone, W. J. (1993). Stereotypical images of scientists: A cross-age study. In *41st annual national meeting of the National Science Teachers Association, Kansas City, MO*.
187. Oregon Department of Education. (2002). *2002-2003 Scientific Inquiry Test Scoring Guide*. Retrieved July 27, 2021, from <https://www.oregon.gov/Pages/index.aspx>
188. Organization for Economic Co-operation and Development. (2013). *Measuring student knowledge and skills. The PISA 2013 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
189. Organization for Economic Co-operation and Development. (2016). *Measuring student knowledge and skills. The PISA 2016 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
190. Organization for Economic Co-operation and Development. (2018). *Measuring student knowledge and skills. The PISA 2018 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
191. Oyao, S. G. Holbrook, J., Rannikmäe, M., & Pagunsan, M. M. (2015). A

- competence-based science learning framework illustrated through the study of natural hazards and disaster risk reduction. *International Journal of Science Education*, 37(14), 2237-2263
192. Oztap, H., Ozay, E., & Oztap, F. (2003). Teaching cell division to secondary school students: An investigation of difficulties experienced by Turkish teachers. *International Journal of Biological Education*, 38, 13-15.
 193. Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 45(3), 255.
 194. Palincsar, A. S., Magnusson, S. J., Cutter, J., & Vincent, M. (2002). Supporting guided-inquiry instruction. *Teaching Exceptional Children*, 34(3), 88.
 195. Paul, P. V. (2001). *Language and deafness (3rd ed.)*. San Diego, CA: Singular.
 196. Pavlova, I. V., & Kreher, S. A. (2013). Missing links in genes to traits: Toward teaching for an integrated framework of genetics. *American Biology Teacher*, 75, 641-649.
 197. Pearson, P. D., Moje, E., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and science: Each in the service of the other. *science*, 328(5977), 459-463.
 198. Pella, M. O., O'hearn, G. T., & Gale, C. W. (1966). Referents to scientific literacy. *Journal of research in science teaching*, 4(3), 199-208.
 199. Qi, S., & Mitchell, R. E. (2012). Large-scale academic achievement testing of deaf and hard-of-hearing students: Past, present, and future. *Journal of deaf studies and deaf education*, 17(1), 1-18.
 200. Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
 201. Reinisch, B., Krell, M., Hergert, S., Gogolin, S., & Krüger, D. (2017). Methodical challenges concerning the Draw-A-Scientist Test: a critical view about the assessment and evaluation of learners' conceptions of scientists. *International*

Journal of Science Education, 39(14), 1952-1975.

202. Rickheit, G., & Sichelschmidt, L. (1999). 1 Mental Models: Some answers, some questions, some suggestions. *Advances in psychology*, 128, 9-40.
203. Roald, I. (2002). Norwegian deaf teachers' reflections on their science education: Implications for instruction. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 7(1), 57-73.
204. Roseman, J. E., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 47-70.
205. Rubin, E., Bar, V., & Cohen, A. (2003). The images of scientists and science among Hebrew-and Arabic-speaking pre-service teachers in Israel. *International Journal of Science Education*, 25(7), 821-846.
206. Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (Eds.). (2003). *Key competencies for a successful life and a wellfunctioning society*. Cambridge, MA: Hogrefe & Huber.
207. Schibeci, R. A., & Sorensen, I. (1983). Elementary school children's perceptions of scientists. *School Science and Mathematics*, 83(1), 14-20.
208. Schmidt, K. M. (2014). *Science fairs and Science Olympiad: Influence on student science inquiry learning and attitudes toward STEM careers and coursework*. Ph. D. Thesis. Northern Illinois University.
209. Schmidt, K. M., & Kelter, P. (2017). Science fairs: a qualitative study of their impact on student science inquiry learning and attitudes toward STEM. *Science Educator*, 25(2), 126-132.
210. Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein (Eds.), *The teaching of science (pp. 3-103)*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
211. Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2002, September). Using augmented reality for

- teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. In *Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop* (Vol. 8). IEEE.
212. Simpson, R. D., Koballa, T. R., Oliver, J. S., & Crawley, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. *Handbook of research on science teaching and learning, 1*, 211-234.
213. Steinke, J., Lapinski, M. K., Crocker, N., Zietsman-Thomas, A., Williams, Y., Evergreen, S. H., & Kuchibhotla, S. (2007). Assessing media influences on middle school-aged children's perceptions of women in science using the Draw-A-Scientist Test (DAST). *Science Communication, 29*(1), 35-64.
214. Subramaniam, K., Esprívalo Harrell, P., & Wojnowski, D. (2013). Analyzing prospective teachers' images of scientists using positive, negative and stereotypical images of scientists. *Research in Science & Technological Education, 31*(1), 66-89.
215. Sumrall, W. J. (1995). Reasons for the perceived images of scientists by race and gender of students in grades 1–7. *School Science and Mathematics, 95*(2), 83-90.
216. Swanwick, R., Oddy, A., & Roper, T. (2005). Mathematics and deaf children: an exploration of barriers to success. *Deafness & Education International, 7*(1), 1-21.
217. Thomas, J. A., Pedersen, J. E., & Finson, K. (2001). Validating the draw-a-science-teacher-test checklist (DASTT-C): Exploring mental models and teacher beliefs. *Journal of Science Teacher Education, 12*(4), 295-310.
218. Thomas, M. D., Henley, T. B., & Snell, C. M. (2006). The draw a scientist test: A different population and a somewhat different story. *College Student Journal, 40*(1), 140-149.
219. Tsai, C. W., Shen, P. D., & Fan, Y. T. (2014). The application of augmented reality in online education: a review of studies published in selected journals from 2003

- to 2012. *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*, 10(2), 75-80.
220. Türkmen, H. (2008). Turkish Primary Students' Perceptions about Scientist and What Factors Affecting the Image of the scientists. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4(1), 55-61.
221. Vega Garzón, J. C., Magrini, M. L., & Galembeck, E. (2017). Using augmented reality to teach and learn biochemistry. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45(5), 417-420.
222. Vosganoff, D., Paatsch, L. E., & Toe, D. M. (2011). The mathematical and science skills of students who are deaf or hard of hearing educated in inclusive settings. *Deafness & Education International*, 13(2), 70-88.
223. Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45-69.
224. Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24(4), 535-585.
225. Wang, Y., & Paul, P. V. (2011). Integrating technology and reading instruction with children who are deaf or hard of hearing: The effectiveness of the Cornerstones Project. *American Annals of the Deaf*, 156(1), 56-68.
226. Webb, P. (2010). Science education and literacy: Imperatives for the developed and developing world. *Science*, 328(5977), 448-450.
227. Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. McGraw-Hill Education (UK).
228. Williams, M., DeBarger, A. H., Montgomery, B. L., Zhou, X. C., & Tate, E. (2012). Exploring middle school students' conceptions of the relationship between genetic inheritance and cell division. *Science Education*, 96, 78-103.
229. Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status,

opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & education*, 62, 41-49.

230. Yarden, A. (2009). Reading scientific texts: Adapting primary literature for promoting scientific literacy. *Research in Science Education*, 39(3), 307-311.
231. Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 4(1), 11.
232. Zhou, F., Duh, H. B. L., & Billingham, M. (2008, September). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. In *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 193-202). IEEE Computer Society.



附錄 1

中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學

組 別：高中組

作品名稱：聽障者的福音-耳模清潔劑

關 鍵 詞：聽障者、耳模清潔劑、抑制細菌

編 號：



聽障者的福音-耳模清潔劑

摘要

耳模是和外耳道完全密合的矽膠製品，大多數的助聽器需要透過耳模將聲音傳入外耳道。但是長時間戴著耳模常使聽障者感到不舒適，特別是運動後耳朵容易搔癢和紅腫。本研究目的是探討耳模、細菌、清潔劑與運動之間的關係，透過細菌培養、抗菌實驗等方法測量各種清潔劑的抑菌效用。本研究結果如下：1.耳模上具有許多細菌，耳模與手指細菌量差不多；2.擦拭耳模就可減少耳模上的細菌量，但運動過後細菌又會快速的遍布耳模；3.戴耳模會讓外耳道變成人體細菌培養箱；4.市面常見清潔劑均無法抑制運動過後的耳模細菌生長；5.同時清潔外耳道與耳模才能抑制細菌生長。最後，本研究研發出有效的耳模清潔劑，經由實驗證明可以有效抑制耳模及外耳道細菌生長。

壹、研究動機

助聽器是我們聽障者時時刻刻要配戴著的科技輔具，而耳模（如圖一、圖二）是和外耳道完全密合的矽膠製品，大多數的助聽器都需要有耳模通入外耳道中。耳模主要的功能是將聲音傳入外耳道，透過耳模可以減少噪音並將助聽器的聲音放大，此外耳模也能夠讓助聽器穩定密合的固定在耳朵上。耳模不僅是我們聽障人士會使用喔！近年來，聽人們也開始使用耳模做為高級耳機（如圖三）。但是，不同的是我們聽障者必須長時間戴著耳模，長時間戴著耳模讓我們感到不舒適，特別是在運動後耳朵容易搔癢和紅腫。是什麼原因導致耳朵搔癢和紅腫呢？有什麼方法可以避免耳朵的不舒適感呢？

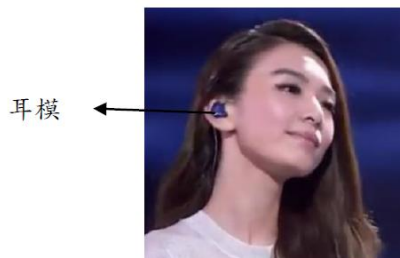


圖一 耳模與助聽器



圖二 佩戴耳模圖

(引自 <http://www.kingpax.com.tw/02.htm>)



圖三 耳模耳機(引自 <https://www.youtube.com/watch?v=kOgUvM8AvqM>)

記得，在高一基礎生物的生物多樣性單元中我們有學習過細菌的形態、構造和繁殖以及細菌與人類的關係。所以，我們猜測或許是因為累積的汗水和上升的體溫讓耳朵變成了一個細菌的培養箱!為了解決我們聽障者耳朵不舒適的問題，我們決定去探討耳模、細菌、清潔劑與運動之間的關係。

貳、研究目的

- 一、探討耳模與其他物品的細菌量間之異同。
- 二、探討不同的清潔劑對耳模上細菌是否具有抑菌或殺菌效果。
- 三、探討運動後，不同的清潔劑對耳模上細菌是否具有抑菌或殺菌效果。
- 四、探討配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道細菌量間之異同。
- 五、探討運動後，不同的清潔劑對外耳道上細菌是否具有抑菌或殺菌效果。
- 六、研發具有抑菌效果的耳模清潔劑。

參、研究設備及器材

表一 實驗設備一覽表

高壓蒸氣滅菌箱	恆溫培養箱	無菌操作台	UV 光譜儀
			
微量滴管	電子天平	相機	冰箱
			

表二 實驗器材一覽表

培養皿	養菌管	石英管	錐形瓶
無菌蒸餾水	無菌棉花棒	無菌紗布	試藥紙
藥勺	試管	量筒	血清瓶
拭鏡紙 (Kimwipes)	封口膠帶 (parafilm)	鋁箔紙	依必朗 抗菌洗手乳
美琪抗菌洗手乳	BIORE 抗菌洗手乳	75%酒精棉片	75%酒精
CHX (Chlorhexidine, 氯己定)		DMDMH (DMDM Hydantoin, 乙內醯脲)	
白雪洗碗精	Triclosan (三氯沙)	LB 培養基	

肆、研究過程或方法

一、研究方法

(一)、細菌培養基的製作

1. 固體培養基的配製：取 LB 粉末 5 克與洋菜粉 (Agar) 3g，加入 200 毫升蒸餾水中，接著放入高溫高壓滅菌箱滅菌。待降溫至室溫後，在無菌操作台將液體分別倒在數個培養皿上使其凝固，再放入冰箱中備用。
2. 液體培養基的配製：在血清瓶中，將 LB 5 克粉末加入 200 毫升蒸餾水中，接著放入高溫高壓滅菌箱滅菌。待降溫至室溫後，再放入冰箱中備用

(二)、細菌培養

1. 使用無菌棉花棒沾取無菌水後，取下耳模、外耳道及其他物品上的細菌置入固體培養基中，放入 37°C 培養箱培養 24 小時。
2. 挑選耳模細菌培養皿中的單一菌落置入含有 LB 培養液的錐形瓶中，放入 37°C 培養箱培養 16 小時之後，再取菌做接續實驗。

(三)、抑菌實驗-測 OD (optical density，光密度) 值

1. 將 UV 光譜儀波長設定在 600 nm，以光譜儀來分析樣本。
2. 初步測試先取 1ml 的耳模細菌原液測試 OD600 值，將細菌原液稀釋直到 OD600 值小於 0.3，此細菌原液即可做實驗。
3. 再將不同清潔劑稀釋 10 倍加入細菌中原液，每隔 20 分鐘取 1ml 的混合液體測試 OD600 值。

(四)、抑菌實驗-菌落數計算

1. 本實驗採用塗抹法計數，用肉眼來觀察所有平板上之菌落數。透過塗抹法可以得知出菌落形成單位（Colony Forming Unit, CFU）。通常 CFU 計數數量是介於 30-300 之間。
2. 如果所計數的數量高於 300，則表示過多菌落數無法計算，記錄為 TNTC（Too Number To Count）；如果所計數的數量低於 30，則表示過少菌落數無法計算，記錄為 TFTC（Too Few To Count）。
3. 本研究之實驗得到的菌落數多高於 300，雖然應該記錄為 TNTN，但是本研究還是會以肉眼比較數量的多寡。將會由三位研究者共同討論，比較出菌落數量的多寡。

二、研究過程

(一)、實驗一：測試耳模與其他物品的細菌量的異同

1. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭耳模、耳朵、手錶背面、手錶表面、牙齒、手機、手指，以採集細菌；
2. 再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
3. 將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中，培養 24 小時，以測得細菌落數量。

(二)、實驗二：測試不同的清潔劑對耳模上細菌的抑菌或殺菌效果

實驗二-1：

1. 挑選實驗一耳模細菌培養皿中的單一菌落置入含有 LB 培養液的錐形瓶中，放入 37°C 培養箱培養 16 小時之後，再取菌做接續實驗；
2. 先取 1ml 的耳模細菌原液測試 OD600 值，將細菌原液稀釋 20

倍直到 OD600 值為 0.296，此細菌原液即可做實驗；

3. 再將不同清潔劑(依必朗、美琪、白雪、CHX、DMDMH、Triclosan、75%酒精、水)稀釋 10 倍加入細菌中原液，每隔 20 分鐘取 1ml 的混合液體測試 OD600 值，測試時間共為 120 分鐘。

實驗二-2：

1. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭耳模以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
2. 使用拭鏡紙沾取不同清潔劑（依必朗、美琪、BIORE、75%酒精、CHX 0.05%、CHX 0.5%及水）仔細擦拭耳模後，取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭耳模以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
3. 將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量。

(三)、實驗三：運動後測試不同的清潔劑對耳模上細菌的抑菌或殺菌效果

1. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭耳模以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
2. 使用拭鏡紙沾取不同清潔劑（依必朗、美琪、白雪、CHX、DMDMH、Triclosan、75%酒精、水）仔細擦拭耳模後，取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭耳模以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
3. 戴回耳模運動 20 分鐘；
4. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭運動後的耳模以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；

5. 將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量。

(四)、實驗四：測試配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道細菌量間的異同

1. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道，以採集細菌
2. 再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
3. 將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量。

(五)、實驗五：運動後，測試不同的清潔劑對外耳道上細菌的抑菌或殺菌效果。

1. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭耳模與外耳道以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
2. 使用拭鏡紙沾取不同清潔劑(依必朗、CHX、75%酒精棉片、水)仔細擦拭外耳道；
3. 戴回耳模運動 20 分鐘；
4. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭運動後的耳模與外耳道以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
5. 將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量。

(六)、實驗六：測試自製耳模清潔劑的效果。

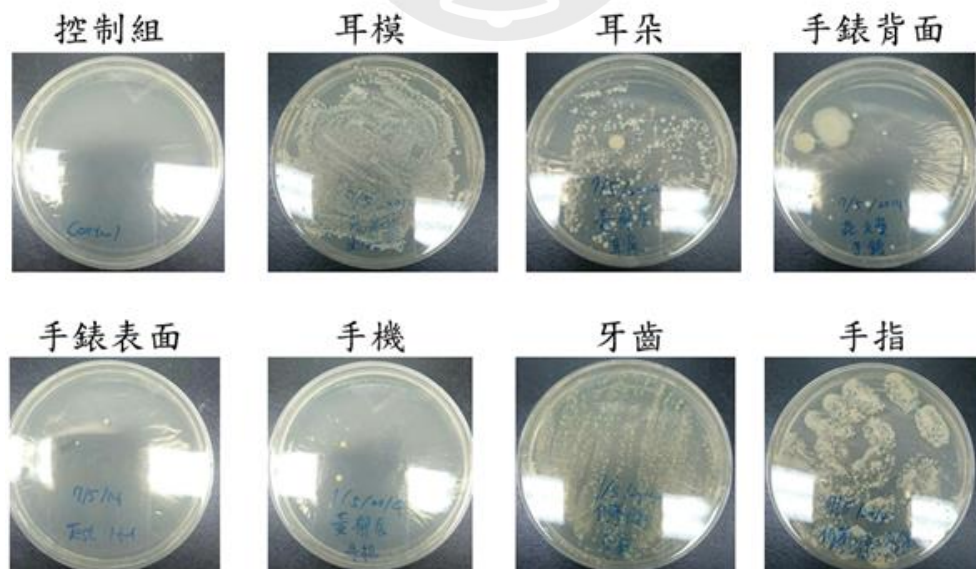
1. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭耳模與外耳道以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；

2. 使用紗布沾取自製的清潔劑（高濃度 A、低濃度 A）仔細擦拭耳模與外耳道後；
3. 戴回耳模運動 20 分鐘；
4. 取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭運動後的耳模及外耳道以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上；
5. 將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量。

伍、研究結果

一、耳模上具有許多細菌

實驗一:為了瞭解耳模與常見物品上的細菌量差異，本研究首先取無菌棉棒沾無菌蒸餾水，輕輕擦拭耳模、耳朵、手錶背面、手錶表面、牙齒、手機、手指，以採集細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上，之後將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量，結果如下圖。



圖四 耳模與其他物品的細菌量異同

研究結果發現，細菌無所不在，特別是耳模上的細菌量還真是不少，耳模上與手指上的細菌量相去不遠!這也難怪我們聽障者戴著耳模時，時常會感到搔癢甚至紅腫。

(二) **Triclosan** 及 **CHX** 具有殺菌效果；只要擦拭就可減少耳模上的細菌量

從實驗一結果得知耳模上有許多細菌，故實驗二想要使用不同的清潔劑來清洗耳模，以測試不同清潔劑對耳模上細菌的抑菌或殺菌效果。已知市面上常見的抗菌洗手乳主要含有三種成分：**CHX**、**DMDMH**、**Triclosan**，為了瞭解這三種成分的抗菌效果，本研究選擇依必朗（含 **CHX**）、美琪（含 **DMDMH**）、**BIORE**（含 **Triclosan**）三種洗手乳來測試抗菌效果。此外也配製 **CHX**(0.5%)、**DMDMH**(6%)、**Triclosan**（1%）三種抗菌液，以及使用及不含抗菌成份洗潔劑（白雪洗潔劑）、75%酒精、水等溶液供研究使用。

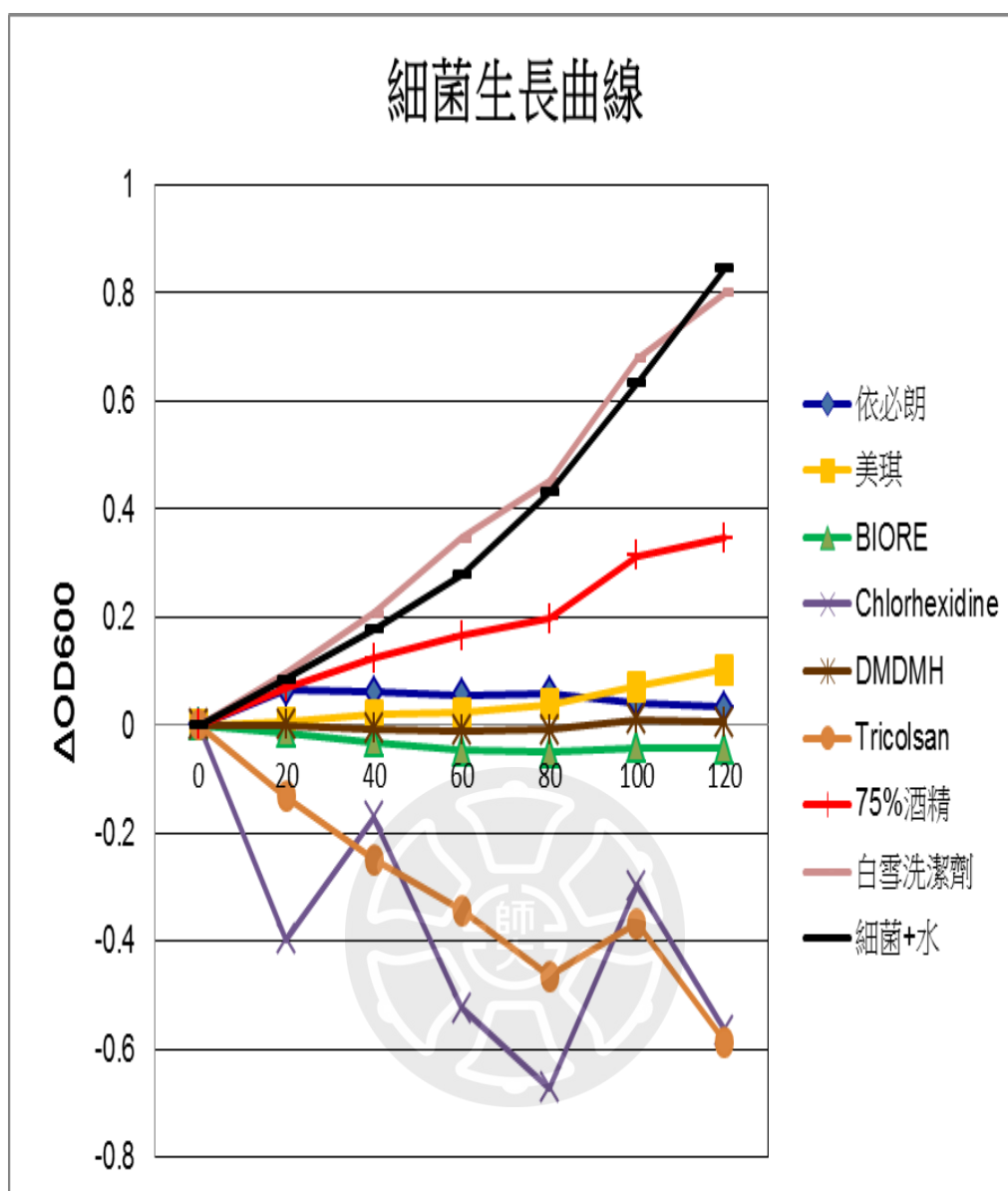
實驗二-1 首先取 1ml 的耳模細菌原液測試 OD600 值，將細菌原液稀釋 20 倍直到 OD600 值為 0.296，再將不同清潔劑（依必朗、美琪、白雪、**CHX**、**DMDMH**、**Triclosan**、75%酒精）稀釋 10 倍加入細菌中原液，每隔 20 分鐘取 1ml 的混合液體測試 OD600 值，測試時間共為 120 分鐘。結果如下表。

表三 不同時間點的混合菌液之 OD600 值

時間點(分鐘)	0	20	40	60	80	100	120
混合菌液							
依必朗	0.82	0.885	0.881	0.875	0.879	0.862	0.853
美琪	0.293	0.299	0.312	0.316	0.331	0.364	0.395
BIORE	0.336	0.323	0.305	0.289	0.285	0.295	0.292
Chlorhexidine	1.444	1.047	1.274	0.921	0.773	1.146	0.878
DMDMH	0.312	0.312	0.305	0.301	0.303	0.323	0.318
Triclosan	2.923	2.79	2.675	2.581	2.459	2.556	2.337
75%酒精	0.341	0.411	0.464	0.506	0.538	0.655	0.687
白雪洗碗精	0.364	0.459	0.572	0.71	0.814	1.043	1.165
細菌+水	0.36	0.445	0.537	0.638	0.792	0.994	1.206
細菌+盤尼西林	0.353	0.408	0.482	0.528	0.588	0.58	0.594
只有培養液 (LB)	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
DMSO	0.293	0.344	0.407	0.47	0.592	0.721	0.801
1 背景值	0.556						
4 背景值	1.049						

本研究接著將實驗數據輸入 EXCEL，將數據資料繪製成細菌生長曲線圖。

細菌生長曲線圖如下圖。

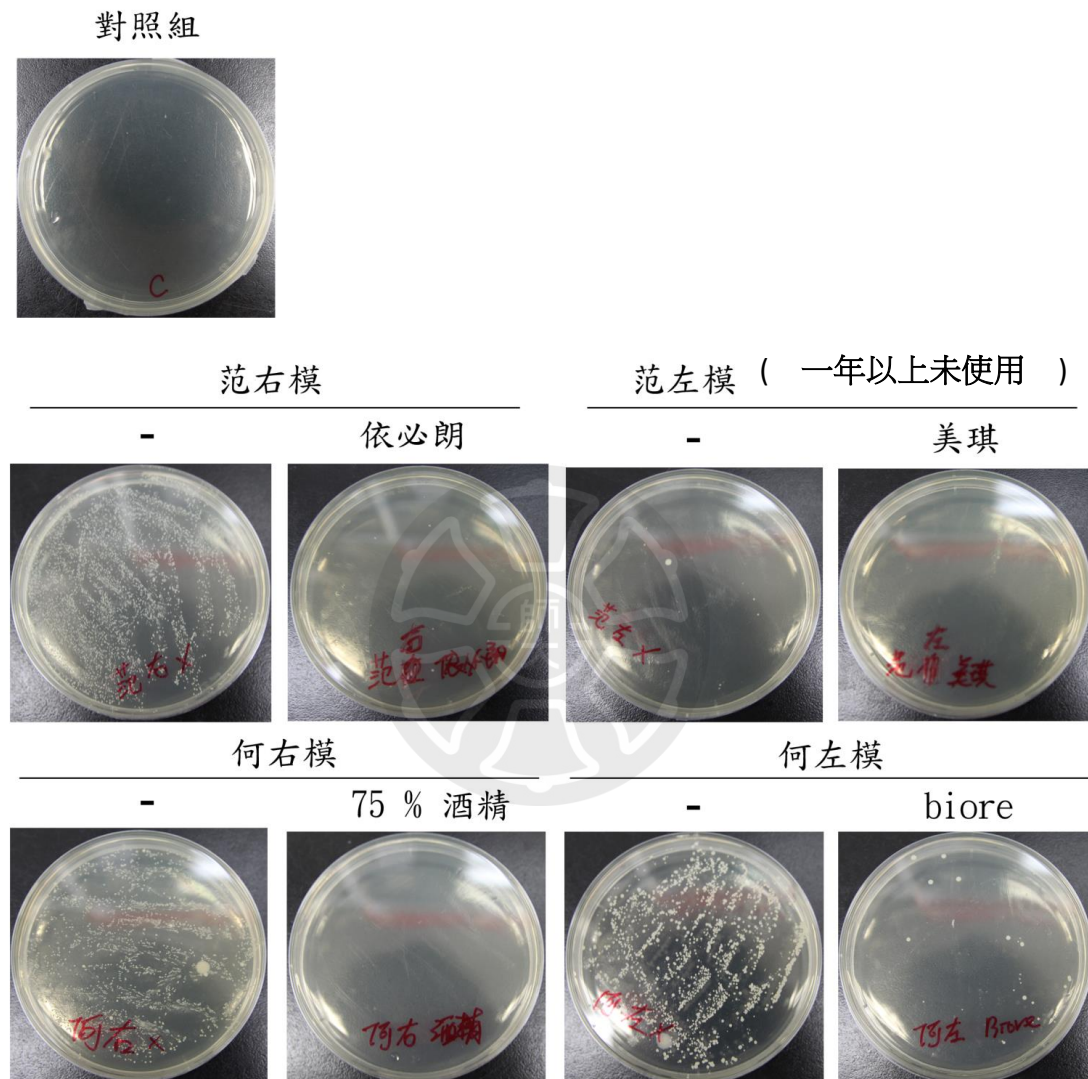


圖五 不同的時間點的混合菌液之細菌生長曲線

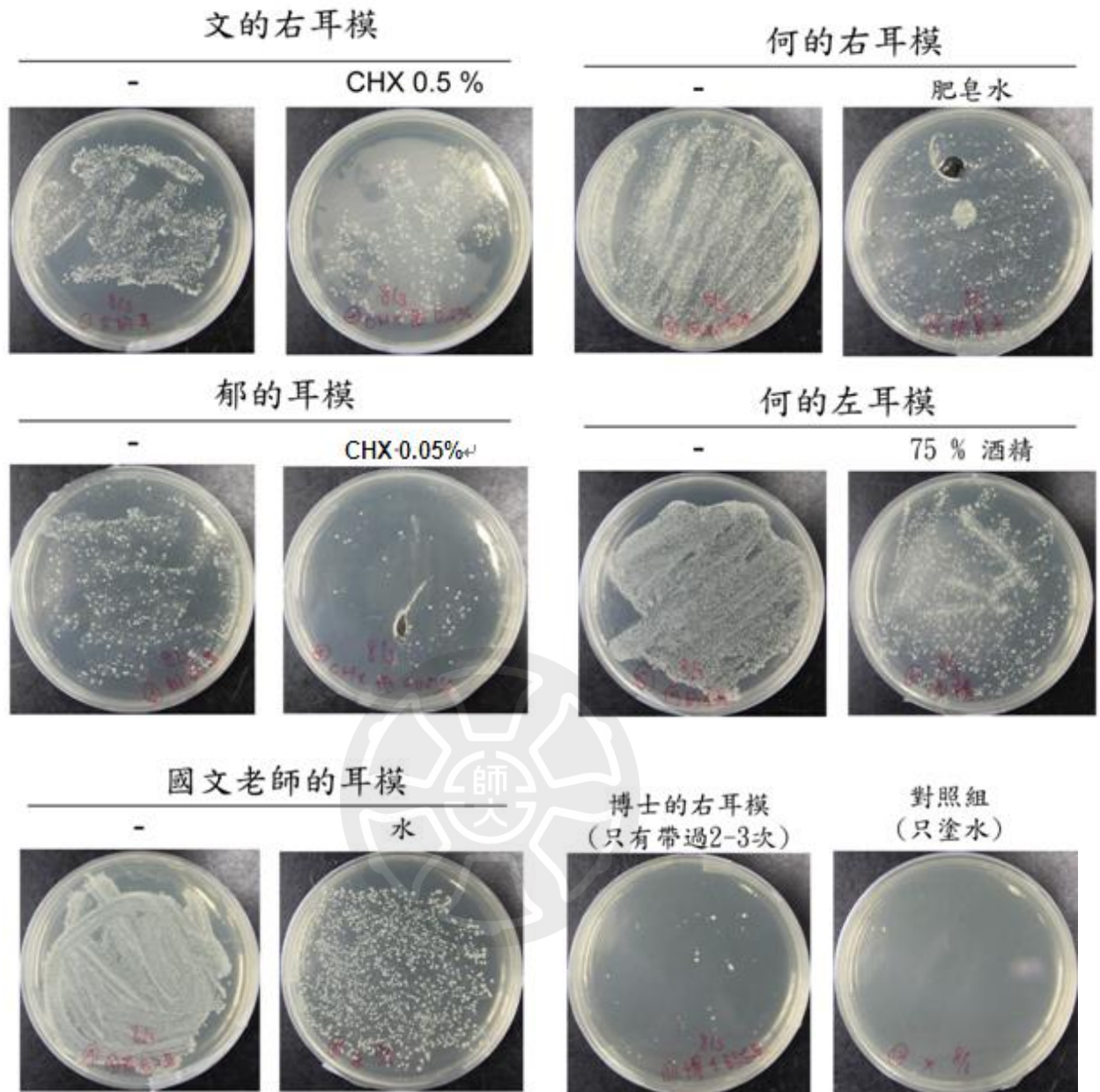
研究結果顯示，在稀釋 10 倍的條件下，Triclosan、CHX 和 BIORE 具有殺菌效果，DMDMH 和依必朗具有抑菌效果。美琪、白雪和水不具有抑菌效果，而稀釋 10 倍的 75%酒精也不具有抑菌效果。

得到 OD 值結果後，接著實驗二-2 想測試實際將不同清潔劑擦拭在耳模上的抗菌效果。首先採集耳模上細菌並接種於 LB 培養基上，接著使用拭鏡紙直接沾取不同清潔劑（依必朗、美琪、BIORE、75%酒精、CHX 0.05%、CHX 0.5%、洗

碗精及水) 仔細擦拭耳模後，再採集耳模上細菌並接種於 LB 培養基上於 LB 培養基上，最後將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中，培養 24 小時，以測得細菌落數量。結果如下圖。



圖六 不同清潔劑擦拭耳模後的細菌數量比較圖 1



圖七 不同清潔劑擦拭耳模後的細菌數量比較圖 2

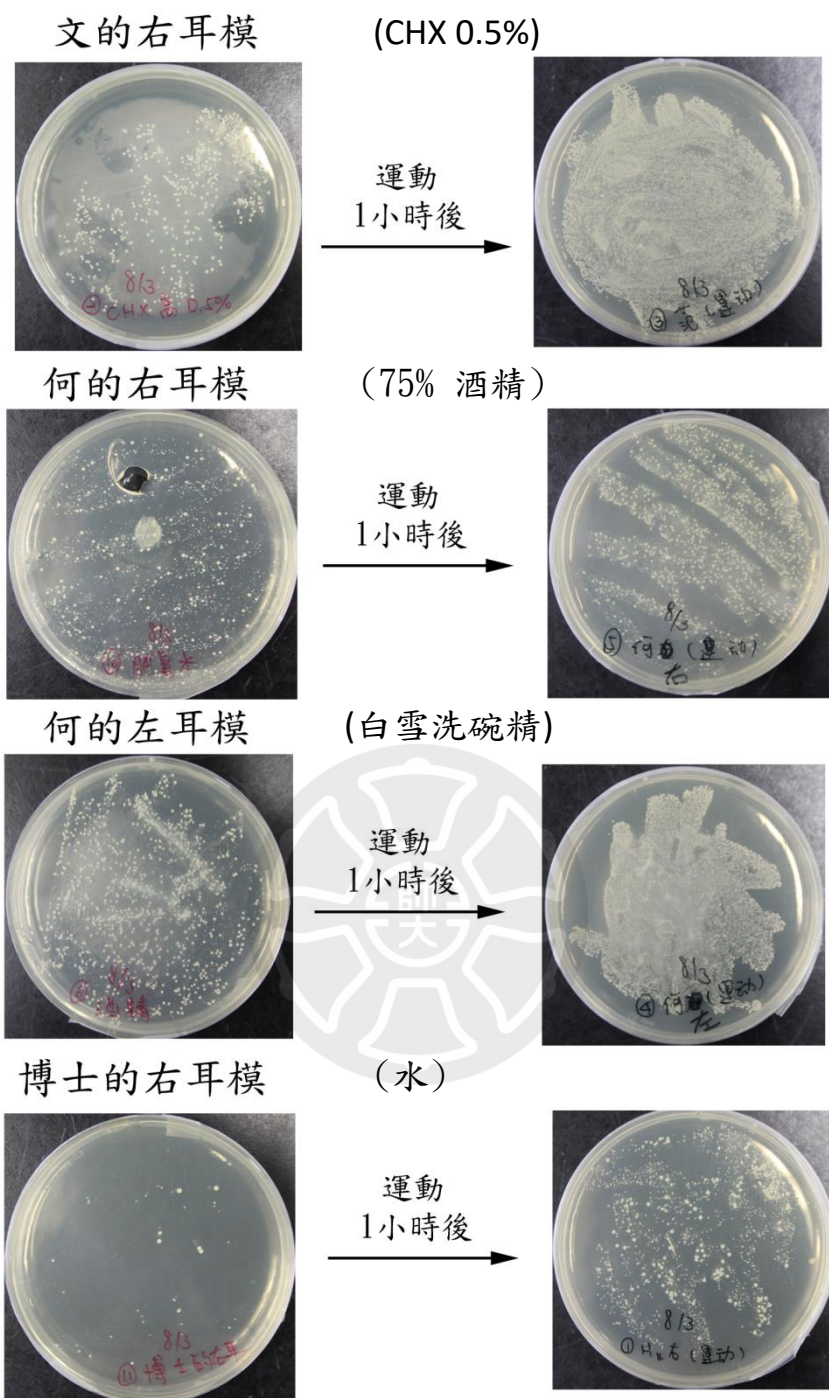
研究結果顯示，只要用水擦拭就可以減少耳模上的細菌量。其中依必朗和75%的酒精可以明顯減少耳模上的細菌；BIORE、CHX 0.05%、CHX 0.5%和洗碗精也具有降低耳模上細菌的效果。

（三）只清除耳模上的細菌並無法抑制運動後耳朵細菌的生長

實驗三：雖然由實驗二得知 Triclosan 及 CHX 具有殺菌效果，但是從網路資料得知 Triclosan 可能會致癌，故本實驗不繼續使用 Triclosan 做研究。此外，實驗二結果也顯示擦拭可以減少耳模上的細菌，所以實驗三想探討不同清潔劑能否抑制運動後的細菌生長。

接續實驗二，本實驗使用常見的清潔劑（白雪洗碗精、75%酒精及水）及 CHX 0.5% 擦拭耳模後戴回耳朵上。持續運動一小時後，以無菌棉棒採集運動後的耳模上的細菌，再分別接種於 LB 培養基上，最後，將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中，培養 24 小時，以測得細菌落數量。結果如下圖。





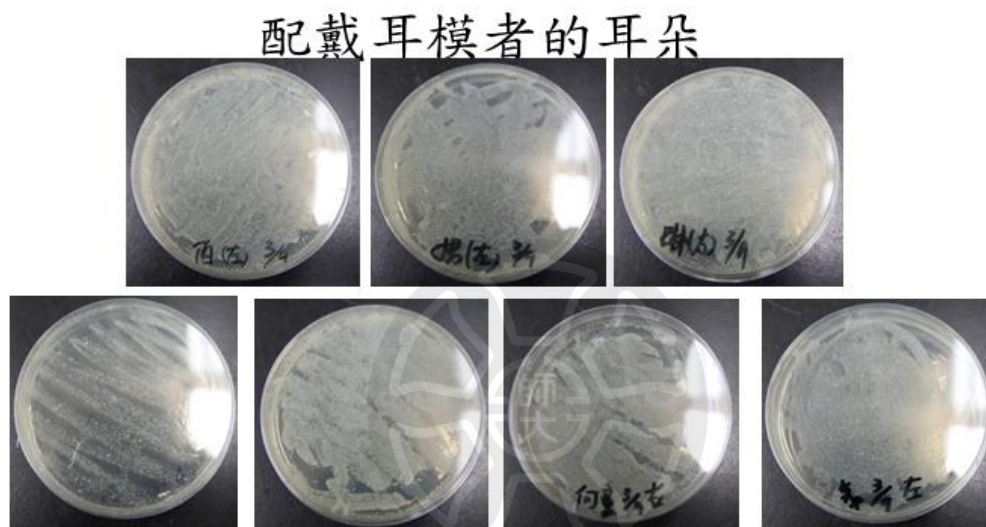
圖八 使用不同清潔劑擦拭耳模之運動後細菌數量比較圖

研究結果顯示，使用白雪洗碗精、75%酒精、水和、CHX 0.5%擦拭的耳模，在運動之後細菌會大量的增生。使用清潔劑清除耳模上的細菌，並無法抑制運動後耳朵細菌的生長。

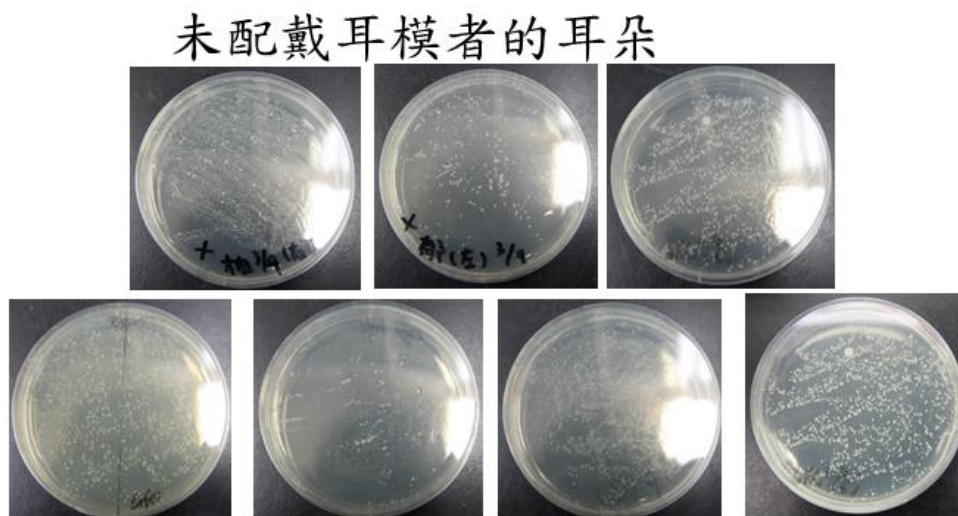
(四) 戴耳模會讓外耳道變成人體細菌培養箱，戴耳模的環境有利細菌生長

實驗四：由實驗三結果得知，只清潔耳模無法有效的抑制細菌生長。因此，實驗四想瞭解外耳道的在細菌增長中扮演的腳色，故先探討配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道細菌量間之異同。

本實驗先使用無菌棉花棒採集配戴耳模者與無配戴耳模者的外耳道採集細菌，並分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上後，最後，將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量。研究結果如下圖。



圖九 有配戴耳模者的外耳道細菌數量圖



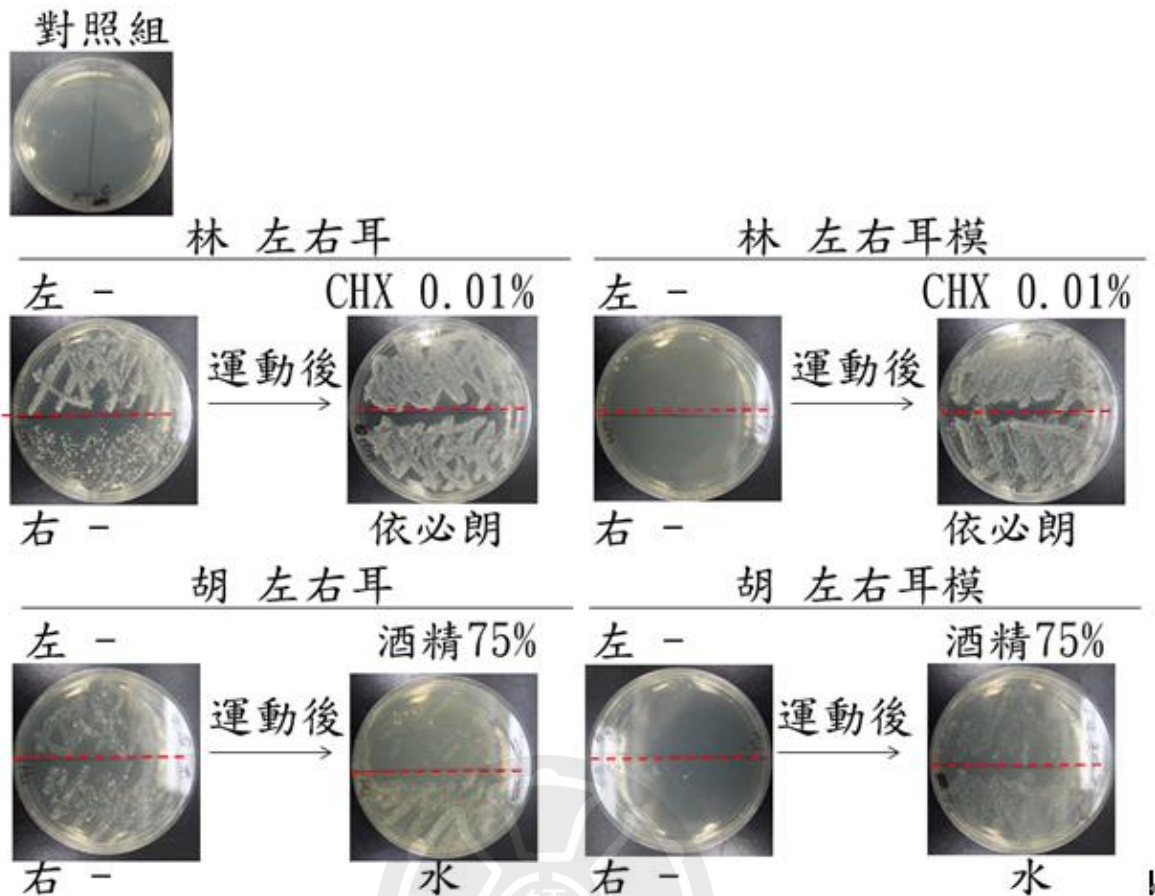
圖十 無配戴耳模者的外耳道細菌數量圖

研究結果顯示，有配戴耳模者的外耳道細菌量幾乎是佈滿整片的培養皿，細菌數量明顯超過 300 個，數量多到無法計數（TNTC）。未配戴耳模者的外耳道細菌量也都超過 300 個（TNTC），但是明顯少於有配戴耳模者的外耳道細菌量。

（五） 75%的酒精棉片能有效抑制外耳道的細菌生長，但是塗抹時耳朵有灼熱不適感

實驗五：由實驗四結果得知，外耳道的細菌量是非常多的，特別是戴耳模的外耳道的細菌量更是驚人。因此，研究五想探討清潔外耳道上細菌後能否達到抑菌效果，故選取常見的清潔液（依必朗、75%酒精棉片和水）及配製低濃度的 CHX（0.01% 較不傷肌膚）來清潔外耳道。

本實驗先用無菌棉棒採集耳模與外耳道的細菌接種於 LB 培養基上，再使用拭鏡紙沾取不同清潔劑（依必朗、CHX 0.01%、75%酒精棉片、水）仔細擦拭外耳道。戴回耳模運動 20 分鐘之後，用無菌棉棒採集運動後的耳模與外耳道上的細菌並接種於 LB 培養基上，最後將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，以測得細菌落數量。實驗結果如下圖。

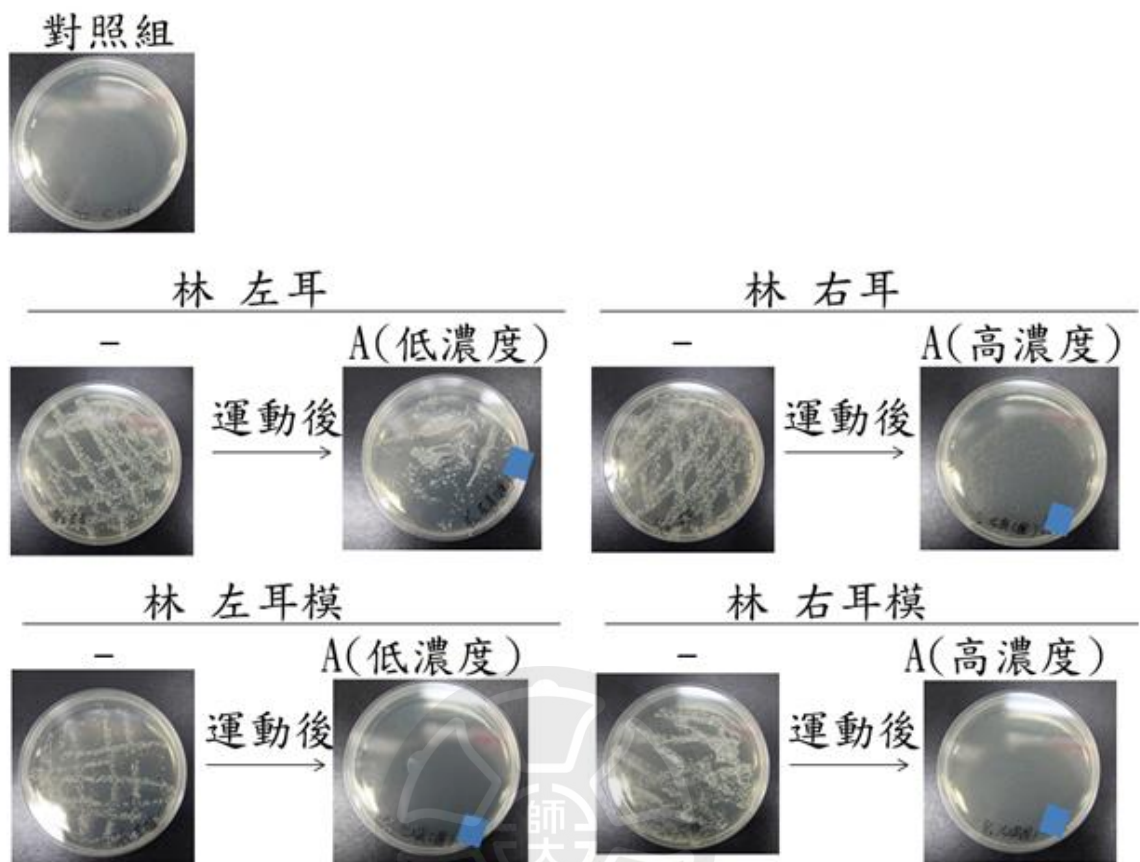


圖十一 使用不同清潔劑擦拭外耳道之運動後細菌數量比較圖

研究結果顯示，75%的酒精棉片能有效抑制運動後的外耳道的細菌生長，而依必朗、水和 CHX 0.01% 皆無法抑制運動後的外耳道的細菌生長。但是，值得注意的是使用酒精棉片塗抹耳朵時，耳朵會感到強烈的灼熱不適感。

(六) 成功研發有效耳模清潔劑

實驗六：參考實驗一至五的結果，本研究研發出高濃度及低濃度的 A 清潔劑（因要申請專利，故不詳細寫出成分）。本實驗先用無菌棉棒採集耳模與外耳道的細菌接種於 LB 培養基上，再使用紗布沾取自製的 A 清潔劑（高濃度及低濃度）仔細擦拭耳模與外耳道後。戴回耳模運動 20 分鐘之後，用無菌棉棒採集運動後的耳模及外耳道的細菌，再分別將濕棉棒接種於 LB 培養基上，最後將培養基置於 37°C 恆溫培養箱中，培養 24 小時，以測得細菌落數量。研究結果如下圖。



圖十二 使用清潔劑 A 擦拭耳模及外耳道之運動後細菌數量比較圖

研究結果顯示，低濃度的 A 清潔劑可以有效抑制運動後的耳模上的細菌，但是僅能減少外耳道上的細菌；而高濃度的 A 清潔劑可以有效抑制運動後的耳模及外耳道上的細菌！

陸、 討論

一、為什麼某些清潔劑不選用

從實驗一的混合菌液之細菌生長曲線圖可以得知，*Triclosan*、CHX 和 BIORE 具有殺菌效果，DMDMH 和依必朗具有抑菌效果，美琪、白雪和水不具有抑菌效果。雖然結果顯示 *Triclosan* 及 BIORE（含有 *Triclosan*）清潔劑具有良好的殺菌效果，但是從網路搜尋得知 *Triclosan* 具有致癌風險，所以本實驗排除使用含有 *Triclosan* 的清潔劑。

此外，我們從實驗二結果得知使用 75%的酒精擦拭耳模可以有效清除細菌，及實驗五結果得知使用 75%的酒精棉片擦拭外耳道能有效抑制運動後的外耳道的細菌生長。這兩個實驗的似乎可以證實酒精是一個很良好的清潔劑!但是，根據網路搜尋得知酒精可能會傷害矽膠製品，也就是酒精可能會傷害耳模!再加上直接將酒精擦拭在外耳道會產生灼熱感，所以本研究認為酒精並不是一個合適的清潔劑。

二、為什麼只清潔耳模的抑菌效果是有限的

雖然，從實驗二結果得知，只要用水擦拭就可以減少耳模上的細菌量，但是實驗三的結果也顯示就算使用清潔劑擦拭耳模，在運動過後耳模細菌量還是會明顯增加。實驗四結果也暗示了外耳道的細菌或許是一個關鍵，實驗五的結果更顯示出，一定要雙管齊下同時清潔耳模與外耳道，才可以徹底減少細菌的孳生。所以，在討論耳模如何清潔的同時，更應該要注意外耳道的清潔!

三、為什麼運動會促使耳模細菌快速生長

從實驗四測試有無戴耳模者的外耳道細菌量差異可以得知，戴耳模會使得外耳道的細菌量明顯增加，也就是說戴耳模讓外耳道密不通風後，細菌量就會明顯增加。在實驗三與實驗五討論了運動與細菌量的關係，兩個實驗結果顯示出用一

般常用清潔劑是無法抑制運動後的耳模上的細菌增長。我們猜測運動會促使耳模細菌快速生長的原因，或許就是因為密不通風的耳模讓耳朵成為了一個封閉空間，所以當運動讓體溫上升和濕度增加後，外耳道就變成了 37 度的人體培養箱，細菌當然就開始快速的生長。

四、什麼方法能有效防止耳模細菌生長

從實驗一至六的結果顯示，防止耳模細菌生長的有效方法是同時做好耳模及外耳道的清潔。此外，從實驗六結果可以看出，使用低濃度的 A 清潔劑時，即可以清除耳模上的細菌，但要使用高濃度的 A 清潔劑後，才可以清除外耳道上的細菌，這表示細菌是從外耳道慢慢滋生後再附著在耳模上，所以要清潔耳模一定要從源頭做起-要做好外耳道的清潔!

五、未來發展

本研究目前初步瞭解戴耳模造成耳朵搔癢的原因、清除耳模及外耳道細菌的方法以及研發出較好的耳模清潔劑。將來的研究方向有以下幾點:1.進一步去研究耳模清潔劑 A 是否會損傷矽膠耳模；2.探討能否使用耳模清潔劑 A 清除助聽器上的細菌:3. 探討能否使用耳模清潔劑 A 清除一般耳機上的細菌。

柒、 結論與應用

一、戴耳模會讓耳朵變成人體細菌培養箱

一般聽人不會長時間戴著耳機，但是我們聽障者卻需要整天戴著耳模才能聽到聲音。但是，長期戴著耳模卻會讓耳朵搔癢紅腫!經過本研究證明，濕熱的外耳道加上密不通風的耳模是造成外耳道的細菌快速增長的原因，也就是說戴耳模會讓耳朵變成人體細菌培養箱。

二、清潔外耳道是最重要的

本研究發現耳模上具有許多細菌，其細菌量與手指的細菌量差不多，雖然我們可以透過擦拭耳模或是使用清水或洗碗精來減少耳模上的細菌量，但在運動過後細菌又會快速的遍布耳模。這是因為外耳道上的細菌快速生長並黏附在耳模上，耳模上的細菌是由外耳道而來!所以，同時做好外耳道與耳模清潔，才是預防聽障者耳朵搔癢的好方法

三、市面常見清潔劑均無法抑制運動過後的耳模細菌生長

本研究使用聽障者常用的清潔劑（水和洗碗精）清潔耳模後，發現無論是用清水或是洗碗精都無法有效的清除運動後耳模上的細菌。即使我們使用具有抗菌成份的清潔劑，還是無法有效的清除運動後耳模傷的細菌。因此得知，目前市面常見清潔劑均無法抑制運動過後的耳模細菌生長。

四、本研究研發出有效的耳模清潔劑

本研究參考文獻以及經過一連串的研究，研發出耳模清潔劑 A。並經過實驗證明低濃度的 A 清潔劑可以有效抑制運動後的耳模上的細菌，但是僅能減少外耳道上的細菌；而高濃度的 A 清潔劑可以有效抑制運動後的耳模及外耳道上的細菌!也就是說高濃度的 A 是一個可以有效抑制耳模及外耳道細菌生長的耳模清潔劑。

捌、參考資料及其他

中文期刊

林俐奴、洪善鈴、凌莉珍（2001），Chlorhexidine 對細菌與牙周組織的影響。中華民國牙周病醫學會雜誌，卷期:6:2，p.107-113。

馬瑪宣、游凱迪、池承恩、朱晏慷（2011），抗菌肥皂的抗菌效果評估。科學教育月刊，33 期，p.17~35。

網路資料

三氯沙 中文維基百科 2015.03.10

<http://zh.wikipedia.org/zhtw/%E4%BA%8C%E6%B0%AF%E8%8B%AF%E6%B0%A7%E6%B0%AF%E9%85%9A>

細菌 中文維基百科 2015.03.10

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B4%B0%E8%8F%8C>

耳模的保養 - 美樂迪股份有限公司

<http://www.melodyco.com.tw/product/data.php?id=P10C013&index1=1&index2=4>

酒精洗手液對病毒有效嗎？

<http://mulicia.pixnet.net/blog/post/24278873%E9%85%92%E7%M2%BE%E6%B4%97%E6%89%8B%E6%B6%M2%E5%B0%8D%E7%97%85%E6%AF%92%E6%9C%89%E6%95%88%E5%97%8E%E7%BC%9F>

國立中興大學物理系 生物物理實驗 實驗四 生長曲線測量

<http://ezphysics.nchu.edu.tw/genphys/gen/92to95/handout/4.pdf>

消費者文教基金會-別被呼嚨！25 件抗屑、止癢、生髮洗髮精功能測試

<http://www.consumers.org.tw/unit412.aspx?id=1602>

附錄 2

細胞分裂斷詞測驗、閱讀測驗與概念理解測驗

班級:_____ 姓名:_____ 座號:_____ 性別:_____

一、斷詞測驗:請將下列文章用”/” 斷開。

(例如:今天天氣很好,我和爸爸一起出門去逛街,爸爸幫我買了衣服和鞋子,我感到很開心!)

細胞分裂

有些生物可經由細胞分裂產生新個體,例如變形蟲。多細胞生物可經由細胞分裂產生新細胞,使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織,例如人體的皮膚細胞經常磨損而脫落,所以必須行細胞分裂產生新細胞來遞補。

平時細胞核內的遺傳物質成細絲狀,在顯微鏡下不易被觀察到,當細胞分裂時,細胞核內的遺傳物質會濃縮,顯現出一條一條的染色體。細胞內的染色體通常是兩兩成對,且大小、形狀均相似,此成對的染色體,一條來自父親,一條來自母親,稱為同源染色體。

細胞分裂的過程中,染色體複製一次、分裂一次,故子細胞染色體數目與原來細胞相同,例如人類細胞內有 46 條(23 對)染色體,經細胞分裂後,產生的子細胞仍含有 46 條(23 對)染色體。

二、閱讀理解測驗(多選題)

1.() 「有些生物可經由細胞分裂產生新個體,例如變形蟲」。「」內可以替換成以下哪些句子:

- A. 有些變形蟲可經由細胞分裂產生新個體。
- B. 經由細胞分裂可以產生新的變形蟲個體。
- C. 生物都可經由細胞分裂產生像變形蟲的新個體。
- D. 細胞分裂後都會產生出如變形蟲的新個體。

2.() 多細胞生物可經由細胞分裂產生新細胞,「使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織」。「」內可以替換成以下哪些句子:

- A. 細胞分裂可以使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織。
- B. 多細胞可以使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織。
- C. 生物可以使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織。
- D. 新細胞可以使個體生長、更新衰老的細胞或修補受傷的組織。

3.() 「人體的皮膚細胞經常磨損而脫落，所以必須行細胞分裂產生新細胞來遞補」。「」內可以替換成以下哪些句子：

- A. 細胞分裂產生的細胞可以拿來遞補因為經常磨損而脫落的人體皮膚細胞。
- B. 細胞分裂產生的人體皮膚細胞可以拿來遞補因為經常磨損而脫落的新細胞。
- C. 細胞分裂產生的磨損而脫落的新細胞可以拿來遞補人體皮膚細胞。
- D. 細胞分裂產生的新細胞可以遞補脫落的人體皮膚細胞。

4.() 「平時細胞核內的遺傳物質成細絲狀，在顯微鏡下不易被觀察到」。「」內可以替換成以下哪些句子：

- A. 在顯微鏡下不容易觀察到細胞核內的細絲狀遺傳物質。
- B. 呈現細絲狀的遺傳物質是存在於細胞核內，且不容易被顯微鏡觀察到。
- C. 用顯微鏡不易觀察到細胞核內的遺傳物質，因為遺傳物質平時是成細絲狀。
- D. 在顯微鏡下不易被觀察到細絲狀的細胞核，因為細胞核內含有遺傳物質。

5.() 「當細胞分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮，顯現出一條一條的染色體」。「」內 可以替換成以下哪些句子：

- A. 當細胞分裂時，遺傳物質會濃縮細胞核並顯現出一條一條的染色體。
- B. 當細胞分裂時，細胞核內的染色體會濃縮成為一條一條的遺傳物質。
- C. 當細胞分裂時，細胞核內的遺傳物質會濃縮成為一條一條的染色體。
- D. 當細胞分裂時，遺傳物質會在細胞核內濃縮成為一條一條的染色體。

6.() 「細胞內的染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似」，此成對的染色體，一條來自父親，一條來自母親，稱為同源染色體。「」內可以替換成以下哪些句子：

- A. 細胞內的染色體都是兩兩成對，且大小、形狀均相似。
- B. 細胞內的染色體大部分是兩兩成對，且大小、形狀均相似。
- C. 細胞內的染色體有些是兩兩成對，有些是大小、形狀相似。
- D. 細胞內的染色體常常是兩兩成對，且大小、形狀均相似。

7.() 細胞內的染色體通常是兩兩成對，且大小、形狀均相似，「此成對的染色體，一條來自父親，一條來自母親，稱為同源染色體」。「」內可以替換成以下哪些句子：

- A. 同源染色體是一條來自父親另一條來自母親的成對染色體。
- B. 同源染色體是成對的染色體，其中一條來自父親另一條來自母親。
- C. 同源染色體裡有成對的染色體來自父親，不成對的染色體來自母親。
- D. 同源染色體是一條染色體，一條來自父親，另一條來自母親。

8.()「細胞分裂的過程中，染色體複製一次、分裂一次，故子細胞染色體數目與原來細胞相同」。「」內可以替換成以下哪些句子：

- A. 子細胞數目與原來細胞數目相同，是因為在染色體分裂的過程中，細胞會複製一次、分裂一次。
- B. 細胞分裂的過程中，子細胞染色體數目會與原來細胞的染色體數目相同，這是因為染色體複製一次、分裂一次。
- C. 細胞分裂的過程中，子細胞數目會與原來細胞的染色體數目相同，這是因為細胞複製一次、分裂一次。
- D. 子細胞染色體數目與原來細胞的染色體數目相同，是因為在細胞分裂的過程中，染色體會複製一次、分裂一次。

三、概念理解測驗

1.若某一生物皮膚細胞中有 10 條染色體，試以該生物為例，回答下列問題：

(1) 細胞分裂過程中，染色體複製幾次？_____

可以產生幾個子細胞？_____

(2) 此生物進行細胞分裂，產生的子細胞含有幾條染色體？_____

(3) 細胞內遺傳物質在平時和進行細胞分裂時的形狀分別為何？

平時：_____

進行細胞分裂時：_____

2.右圖為某一生物神經細胞內染色體示意圖，請根據圖分別判斷下列各敘述是否正確？

題號	敘述	是	否
(1)	3、4為同源染色體		
(2)	2、4、6 之間互為同源染色體		
(3)	1、2、6 若來自母方，則 3、4、5 必來自父方		

附錄 3

DNA 概念試題(前測)

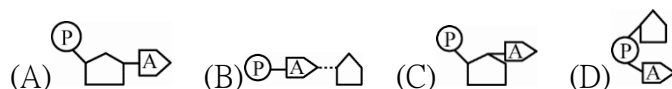
班級:_____ 姓名:_____ 座號:_____ 性別:_____

一、選擇題

() 1.構成 DNA 的含氮鹼基有幾種? (A) 4 種 (B) 5 種 (C) 8 種 (D) 24 種

() 2.下列何者是 DNA 分子的基本結構?

( 磷酸基、 鹼基、 去氧核糖)

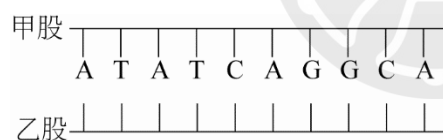


() 3.關於鹼基的配對，下列何者正確?

(A)A 配 C (B)T 配 G (C)C 配 T (D)C 配 G。

() 4.有一段 DNA 序列如下圖所示，甲、乙兩股互相配對組合，請問乙股的序列為何?

(A)AUAUCAGGCA (B)UAUAGUCCGU
(C)TATAGTCCGT (D)ATATCAGGCA



() 5.DNA 分子兩股之間，是靠哪一種鍵結的力量結合在一起?

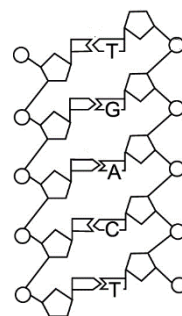
(A)碳氫鍵 (B)共價鍵 (C)離子鍵 (D)氫鍵。

() 6.承上題，以下是 DNA 分子兩股間的鹼基之鍵結圖示，請問哪一個是正確的?

(A) A=G (B) T≡A (C) G≡C (D) C=T。

() 7.附圖為 DNA 分子的基本結構，則左邊一股的鹼基序列由上到下為?

(A) TGACT
(B) ACTGA
(C) TCAGT
(D) CGTCA



- () 8. 有甲、乙、丙、丁四種蜥蜴，其功能基因之部分 DNA 序列如下所示（A、G、T、C 代表含氮鹼基種類）。試問和蜥蜴乙親緣關係最接近的種類是下列哪一種？

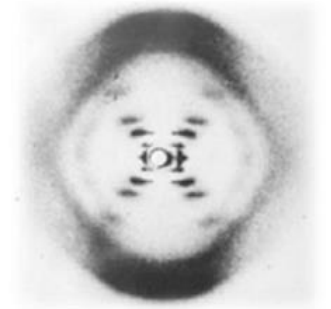
(A) 蜥蜴甲 (B) 蜥蜴丙 (C) 蜥蜴丁 (D) 蜥蜴甲和丙。

蜥蜴	某功能基因之部分 DNA 序列
甲	ATGGGTGTTATTTTC
乙	ATGGGTGTTATTTTT
丙	ATGGGTGTTACTTCT
丁	ATGAGTGCTACGTCT

- () 9. 已知一個 DNA 分子中，共有 1000 個含氮鹼基，A 的數目為 350 個，則下列數字何者錯誤？

(A) $A=T=350$ (B) $A+G=500$ (C) $A+T=500$ (D) $C=G=150$ 。

- () 10. 右圖是富蘭克林所拍攝的 DNA 的 X 光繞射圖，而華生和克立克就是觀察此圖推導出 DNA 是雙股螺旋構造。請問此 X 光繞射圖是從哪一個角度所拍攝的 DNA 雙股螺旋構造呢？



(A) ↓ 從上往下

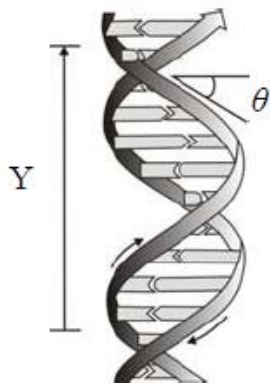


(B) ← 從側面

(C) ↙ 從 45 度角

(D) ↑ 從下往上

- () 11. 下圖為利用 X 光觀察 DNA 所繪出之立體的雙股結構示意圖；圖中的 θ 代表 DNA 結構旋轉的角度，其中 Y 段雙股的 DNA 共含有多少個含氮鹼基？
 (A) 10 (B) 12 (C) 16 (D) 20



- () 12. 在生物細胞 DNA 中，下列各含氮鹼基的比值何者不等於 1？
 (A) G/C (B) $A+C/T+G$ (C) $A+G/C+T$ (D) $A+T/C+G$
- () 13. 雙股 DNA 中之其中一股含氮鹼基序列為 ATTCAAGGCA，則配對之另一股的含氮鹼基序列為何？
 (A) ATTCAAGGCA (B) TAAGTTCCGT
 (C) UAAGUCCGU (D) AUUGAACCGA。
- () 14. 關於 DNA 的鹼基的配對，下列哪些人的說法是正確的？
 甲生: C 和 C 配對，乙生: T 和 G 配對，丙生: A 和 T 配對，丁生: C 和 G 配對。
 (A) 甲 (B) 乙丙 (C) 丙丁 (D) 乙丙丁。
- () 15. 以 $\triangle$ 表示去氧核糖， $\bigcirc$ 表示磷酸基， $\boxed{A}$ 代表含氮鹼基之腺嘌呤 A，下列何者為基本單位之鍵結方式？
 (A) (B) (C) (D)
- () 16. 若 DNA 分子的一股為其 $(A+T)/(C+G)$ 的比值為 0.4，則與其互補的另一股之 $(A+T)/(C+G)$ 的比值為何？
 (A) 0.4 (B) 0.6 (C) 2 (D) 2.5

二、繪圖題

1. 已經知道雙股 DNA 中之其中一股含氮鹼基序列為 **CGATGAGCCAAT**。

請你畫出這一個「雙股螺旋 DNA」構造(越詳細越好)。



附錄 4

擴增實境問卷

親愛的同學們，你好：

非常感謝你們填寫這一份問卷。這份問卷不是考試喔!是要了解你們對於 DNA 和科技載具的想法是什麼。所以，老師希望你們能夠誠實的告訴老師，你們對於 DNA 和科技載具的想法，好讓老師作為修改未來的課程的參考，你們的意見是非常寶貴的喔，所以，請你們務必認真填寫!再次感謝你們的配合與付出!!

基本資料

班級:_____ 姓名:_____ 性別:_____

對於 DNA 和科技載具的想法，請你就以下項目，勾選一個你認為恰當的選項。

	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
1. 我聽過擴增實境一詞					
2. 我知道擴增實境一詞的意義					
3. 我知道擴增實境的運作方式					
4. 我知道以擴增實境行動科技為工具的學習方式					
5. 我能說出擴增實境行動科技如何作為幫助學習的工具					
6. 我能以擴增實境行動科技來學習科學概念					
7. 我能說出使用擴增實境行動科技來學習科學概念的優缺點					
8. 我能設計一種以擴增實境行動科技來學習科學概念的情境					
9. 擴增實境行動科技使我覺得科學課程變得更有趣					
10. 擴增實境行動科技使我覺得科學課程內容的呈現更豐富					
11. 擴增實境行動科技使我對課程內容更有印象					
12. 擴增實境行動科技的操作，使我更能瞭解科學					

概念					
13.我認為擴增實境行動科技對科學學習有幫助					
14.我認為擴增實境行動科技使我上課更專心					
15.我認為擴增實境行動科技使我更願意參與課程					
16.我認為擴增實境行動科技在科學課程裡的角色是一種媒介（如同黑板、課本等），並不會對課程實質內容有影響					
17.我希望未來能大量使用擴增實境行動科技於科學課程之中					
18.我認為擴增實境行動科技造成了學習負擔					
19.我瞭解 DNA 的立體構造					
20.我瞭解 DNA 的組成成分					
21.我瞭解 DNA 組成成分之間的配對關係					
22.我瞭解 DNA 組成成分之間的數學關係					
23.我瞭解 DNA 組成成分之間的鍵結關係					
24.我瞭解含氮鹼基可分成幾種					

