

教育部111學年度中小學科學教育專案 **期末報告大綱**

計畫名稱： 透過「手語擴增實境桌遊」以提升聽覺障礙學生的科學史概念之研究
主持人： 林佳穎 電子信箱： Jiaying0504@gmail.com
共同主持人： 方郁雯
執行單位： 台北市立啟聰學校

一、計畫目的

(一)教育政策的推動與改變

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。

近年也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)。

(二)聽障學生的能力與需求

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，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。聽障學生

的智力正常，在學習上主要依靠視覺線索或是其他感官訊息來幫助學習。但在一般科

學課堂中，充滿快速的講述內容與不斷的解題練習，教師的教學進度也不可能為聽障

學生做調整(只能做補救教學)，因為難以跟上老師快速的教課內容，小部分聽障學生

會回家自行閱讀來學習，大部分聽障學生很快的就放棄了科學。對聽障學生而言科學

很難學習嗎?筆者認為對於聽障學生而言，科學真的很難學習!因為學習科學除了需要數學能力與抽象思考能力外，也需要具備良好的閱讀能力。

Trybus 與 Karchmer (1977)對美國1543個聽覺障礙學生進行研究，發現九歲的聽覺障礙學生閱讀能力約等於二年級生，二十歲的聽覺障礙學生其閱讀能力約等於五年級生(林寶貴、李真賢，1991)。Easterbrooks & Huston(2001)長期的研究報告指出，聽覺障礙學生在高中職畢業時，其閱讀能力平均相當於**四年級**的閱讀水準。國內許多研究亦顯示聽障學生的語文能力平均低於普通學生二至三個年級(林寶貴、黃玉枝，1997)。由以上研究可知，但是，聽障生的閱讀能力普遍低落，因此提升聽障學生的科學閱讀能力也是科學教學中的一大重要議題。

(三)科學閱讀

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。要如何幫助閱讀理解力較為薄弱的聽覺障礙學生呢？筆者認為可以從語言學切入，以系統功能語言學(systemic functional linguistics; SFL)為基礎來設計出適合聽障學生閱讀的文本。研究在103年的科教專案計畫中，已經使用斷詞測驗以及科學語言遊戲等課程，來教導聽障學生閱讀科學文本。研究結果也顯示出透過斷詞測驗可以瞭解每位學生不懂的名詞與小句，透過科學語言遊戲可以增進學生的科學閱讀能力以及科學概念的理解。而本次研究，筆者想要透過科技輔具，來幫助聽障生閱讀科學文本。

(四)手語與科技輔具

筆者於啟聰學校任教自然科已經17年，在多年的教學中發現，當老師使用手語來教科學概念時，學生可以較快速的明白科學概念，但是當科學概念用文字呈現時，學生卻無法馬上聯想這個文字是剛剛手語所解釋的概念。特別是當進行紙筆測驗時，聽障生因為無法理解題目的意義，所以成績會明顯低於一般學生！Susan 和 Brenda (2006) 認為應該要提供聽障學生**中介的文本**，來協助學生建立知識，並能讓學生使用科學專有名詞來溝通。筆者也認為在聽障教育最大的問題就是無法提供一個中介的文本讓學生閱讀。許多老師採取簡化課程內容的方式來教導聽障生，但這樣卻讓學生學得更片段也更不明白科學的概念。

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。筆者認為應該要利

用科技，讓手語解釋與課文文本同時呈現在同一個空間中，讓學生可以透過不斷的反覆觀看手語解釋及科學文本，進而慢慢學習科學專有名詞以及科學概念。所以，本研究要利用擴增實境技術建立一套手語桌遊，讓聽障學生在閱讀與遊玩時，也可以同時觀看手語解釋，就像有隨身手語翻譯員一般!也讓學生善於使用行動科技(平板)，達到時時刻刻都可以學習科學。

筆者一直確信，聽障學生只是跑的比較慢，只要不放棄，總有一天他們會跟上的!

如果我們能教導聽障學生閱讀科學文本的方法，以及建立結合手語的擴增實境教材，讓學生能夠自由且反覆的閱讀文章，或許他們就能夠透過閱讀來學習新知、獲得成就感、建立自信心，進而養成終身閱讀的好習慣。基於以上理由，筆者的研究目的與研究問題為以下幾點：

研究目的

1. 瞭解聽障學生閱讀科學文本的困難處(斷詞錯誤處)。
2. 瞭解聽障學生閱讀科學文本的迷思概念。
3. 研發手語擴增實境桌遊。

研究問題

1. 聽障學生閱讀科學文本的困難處(斷詞錯誤處) 為何?
2. 聽障學生閱讀科學文本的迷思概念為何?
3. 比較手語擴增實境桌遊融入教學前後，聽障學生科學史概念的成就異同?

二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

本研究計畫目前有4位計畫成員:自然科老師、英文科老師、手語老師以及設

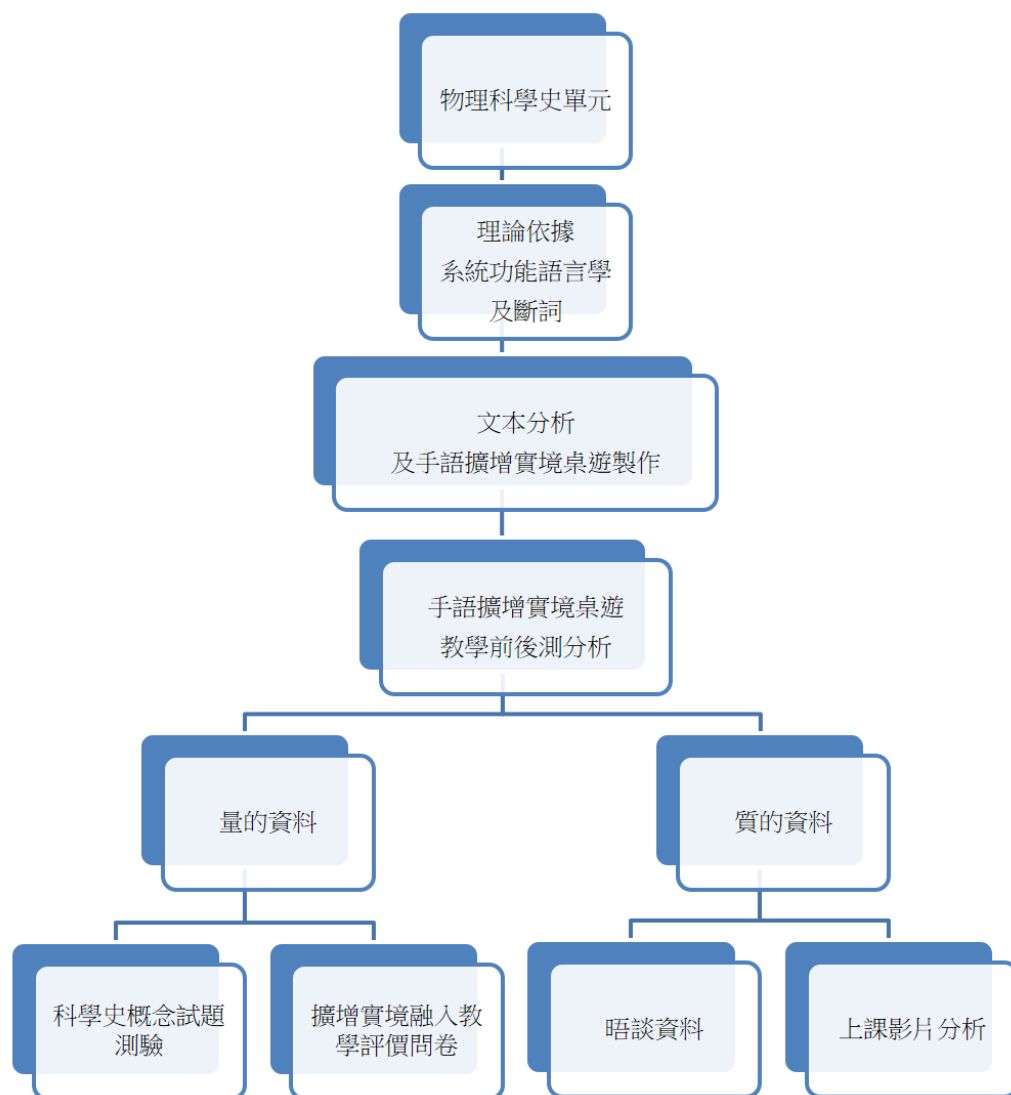
備組長。本計畫主要由自然科老師主導，負責課程與活動的設計，為主要授課教師；

英文科老師具有擴增實境專長，協助課程開發；手語老師協助將科學史文本拍成手語

影片；設備組長負責費用申請與經費核銷業務。

三、研究方法

(一)研究架構



(二)研究方法與理論基礎

1. 開發出手語擴增實境桌遊

手語是一種語言。但是手語的文法系統與中文的文法系統並不相同，所以聽障學生在閱讀中文文本時，常常會遭遇到障礙，這種遇到障礙的狀況就像是一般人學習第二外語一樣，一開始一定會有閱讀上的困難。所以，本研究請具有台北市手語翻譯員資格的手語老師協助，先將文本改成自然手語稿，再將此自然手語稿拍攝成手語影片，期望透過此中介文本可以幫助聽障學生閱讀科學文本。自然手語稿如下(“/”代表字詞、“//”代表句號、“^^”代表疑問、“++”代表重複):

2-1/生/傳/和/顯微鏡/蟲

畫/ 2-1/那/一/狗/孩子(左)/和/這兩對/身體/顏色/不一樣(右)/狗/爸/媽//這兩個(右)/判斷/這(左)/狗/孩子/生/誰^^

第一/長/豆/莖/高低//第二/水果/蒼蠅/眼睛/顏色//第三/人/耳朵/ABO/種種//這三個/叫作/習慣/狀//習慣/狀/每++/人(左)/狗(右)/貓/各式各樣/群++/看起來/不一樣//假/解釋/水果/蒼蠅/牠/眼睛/顏色/什麼^^/習慣/狀/是//水果/蒼蠅/各式各樣/眼睛/紅/白/不一樣/當然//全部/習慣/狀/看透/清楚^^/不一定//假/解釋/人/耳朵/ABO/種種/顯微鏡/檢查/及格/知道//

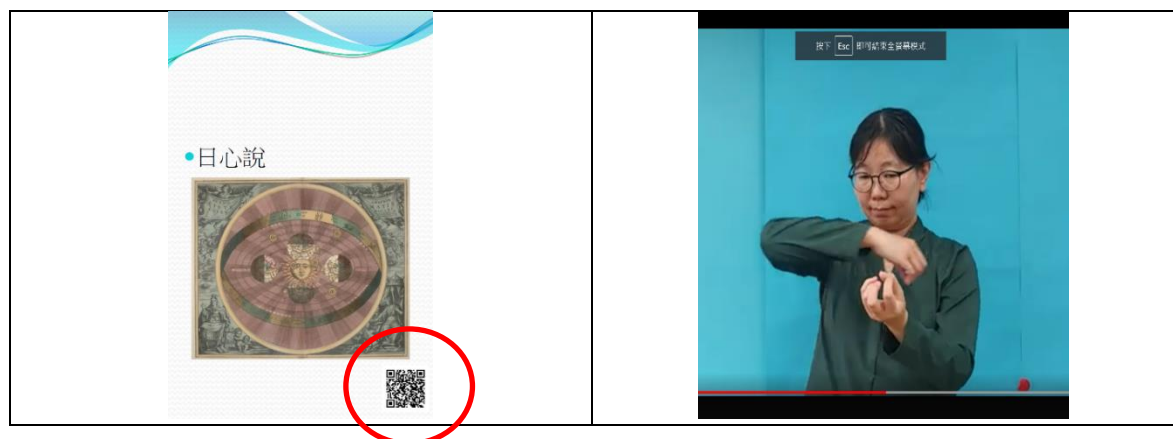
人/這個人++/習慣/狀/像/眼睛/頭髮/顏色/不一致//懷孕/生/傳/孩子/會//這/叫作/生/傳//以前/先/提出/這/人/誰^^一八多少/年/時候/奧地利/孟德爾^/他/所以/叫作/生/傳/學/之/父//

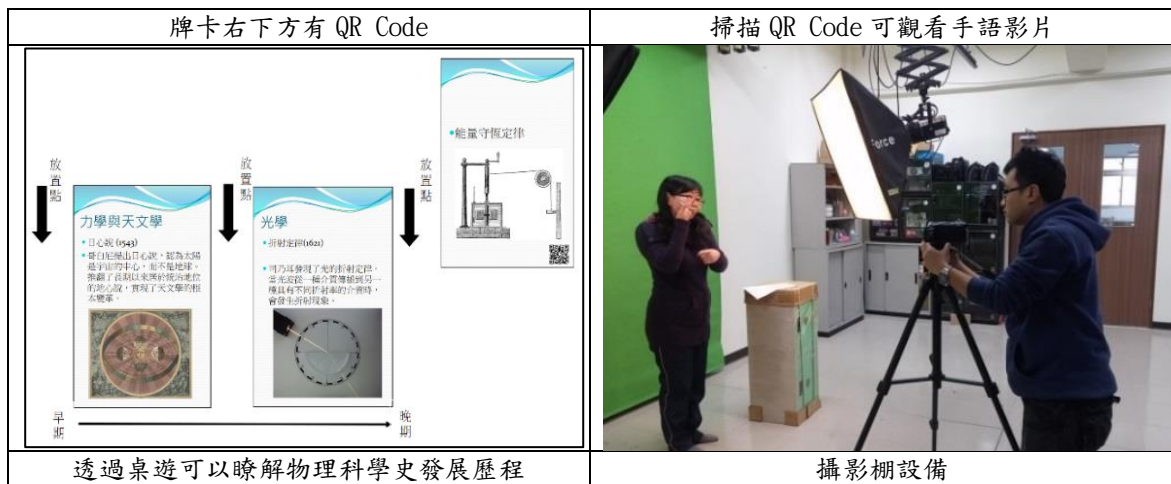
在手語擴增實境桌遊的設計上，首先團隊成員會討論並選出重點的名詞、句

子和概念，並請手語老師將這些**重點句子**打成手語，放在 YouTube 上。讓學生在使用

桌遊卡牌同時，也能透過使用平板來掃瞄桌遊上的 QR Code，立即看到文本的手語翻

譯，本校也備有先進攝影棚設備，可以拍攝及剪輯影片，如下圖所示。





2. 桌遊設計理念

本研究設計之科學史桌遊具有三大特色:提升科學素養、具有遊戲學習特色、提

升科學閱讀能力。

(1)科學素養

首先在科學素養部分，呂紹海(2007)統整將科學史融入教學，應之優點如下:A.科

學史能幫助學生瞭解科學、社會與文化之間的關聯；B.科學史能讓學生瞭解科學家在

面對問題時的思考歷程或實驗探究歷程，因此可以讓學生瞭解問題之方法；C.科學史

可以讓學生瞭解科學是動態的演變過程；D.科學史能讓學生瞭解科學概念之間的關聯

性；E. 科學史可以幫助學生瞭解科學的本質；F. 科學史可以幫助教師預測學生之迷思



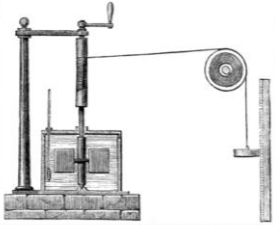

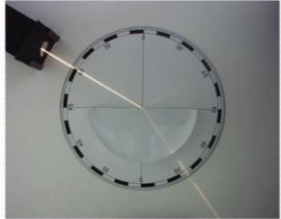

概念，並幫助教師改善教學之設計。基於以上文獻，本研究認為教導科學史概念是提


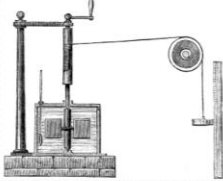
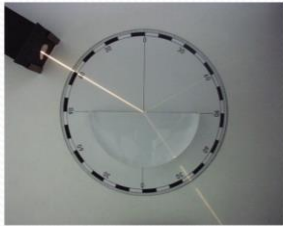
升學生科學素養的有效方法，因此選定物理科學史作為桌遊設計之主題，內容包含力

學與天文學、光學、熱學、電磁學與近代物理學等。本研究於紙牌正面僅列出理論(定

律或學說)之名稱與圖示，於紙牌背面列出理論(定律或學說)之名稱、提出者與年代，

並解釋理論之含義，牌卡範例圖如下圖。

<p>• 日心說</p>  	<p>• 能量守恆定律</p>  	<p>• 折射定律</p>  
<p>正面-日心說</p>	<p>正面-能量守恆定律</p>	<p>正面-折射定律</p>

<h3>力學與天文學</h3> <ul style="list-style-type: none"> • 日心說 (1543) • 哥白尼提出日心說，認為太陽是宇宙的中心，而不是地球。推翻了長期以來居於統治地位的地心說，實現了天文學的根本變革。 	<h3>熱學</h3> <ul style="list-style-type: none"> • 能量守恆定律(1843) • 焦耳使用一個漸漸下降的重物連接一個繩子，繩子會使水中的槳旋轉，證明重物下降減少重力位能等於因槳在水中的摩擦力，帶來水內能的增加。 	<h3>光學</h3> <ul style="list-style-type: none"> • 折射定律(1621) • 司乃耳發現了光的折射定律。當光波從一種介質傳播到另一種具有不同折射率的介質時，會發生折射現象。 
背面-日心說	背面-能量守恆定律	背面-折射定律

(3). 遊戲學習

本研究採用遊戲式學習 (Game based Learning) 概念，透過遊戲來增強學習者的知識以及技能。現今將遊戲融入課堂中已是教育領域研究的重要趨勢之一。本研究選定桌遊是因為兼具教育、益智與娛樂性等功能，呈現方式也非常多元，入手的門檻較低，且已經廣泛應用在各個學科領域中。本桌遊之遊戲方式有三種，分別為時光機玩法、配對玩法與手語解釋玩法，遊戲規則將於下一章介紹。

(4). 科學閱讀

在提升科學閱讀能力部分，本研究將科學史卡牌與 QR Code 結合，希望能突破時間與空間之限制，讓學生能時時刻刻閱讀手語。本研究之科學手語影片由一位在啟聰學校教書16年之自然科教師與一位資深手語翻譯老師共同拍攝，於拍攝前經過兩次會議討論手語翻譯內容，決定使用台灣自然手語展現此科學史文本，內容非採用逐字翻譯方式，而是翻譯出科學史內容的含義並舉例說明之，示意圖如下圖。



(三)研究對象與情境描述

本研究場域為台北某特殊學校，此特殊學校專收聽覺障礙學生，校內有幼稚部、國小部、國中部及高職部等四個部別。此特殊學校的教學方法主要為綜合溝通法-同時採用手語、口語與筆談來教導學生。本校高中職部分為高中部、電子商務科、餐飲服務科及多媒體設計四科，班級為小班制，人數皆不超過十人。本研究的研究對象即為高職部二年級的學生，採方便選取兩班13人作為施測對象。

(四)教學設計與資料分析

本研究首先選取20位學生進行科學史概念試題與閱讀能力前測，接著進行教學，最後進科學史概念試題。本研究也會進行晤談，依學生的前測成績學生分為高中低組，在高中低組各選取三人做前後測的晤談。教學前晤談主要用以了解學生閱讀傳統文本的困難點，以作為教學上的重點概念；教學後晤談主要用以了解學生進行教學後學生的概念演變情況為何，以及對科技融入教學的評價與想法。每堂課會有作業單做為動

態評量，也作為下堂課內容修正的依據。最後讓學生寫擴增實境課程評價問卷。教學

設計如下：

教學前	教學中	教學後
1. 科學史概念前測 2. 閱讀能力測驗 3. 高中低組教學前晤談	1. 科學史課程教學 (六堂課) 2. 手語擴增實境桌遊教材 3. 作業單	1. 科學史概念後測 2. 高中低組教學後晤談

最後，在資料分析上，學生科學史概念成績會採用 SPSS 做前後測 T-test 分析；

課程評價問卷會利用 EXCEL 進行分析，繪製各種關係圖與比較圖，並進一步使用 SPSS

進行因素分析。

(五) 桌遊遊戲規則

1. 時光機玩法

(1) 遊玩人數：2人

(2)遊玩時間：15分鐘

(3)遊戲方法：

- A. 確認每張牌有年代那面都是朝下後，將牌洗勻成為牌庫。
- B. 每人發兩張牌並置於桌面上，不要拿在手上以免看到年代那面。
- C. 從牌庫抽1張牌成為起始卡。將此牌的年代面朝上，並置於桌面中央。
- D. 玩家須明定年代先後的方向，例如左方為較早期，右方為較晚期。
- E. 遊戲由年紀最小的玩家成為起始玩家。

(4). 遊戲流程：

- A. 遊戲為回合制，輪到玩家的回合時，必須將持有的1張牌，放置到已揭露牌中的左方或右方。例如目前已揭露的牌為「日心說(1543)」與「折射定律(1621)」兩張卡，玩家若認為自己的「能量守恆定律」年代在日心說前，便放於該卡的左側，若是晚於折射定律，便放在該卡的右側，若覺得是在兩者之間，便放在兩卡的中央(如下圖)。

B. 當決定好位置後，將卡片翻至有年代的那面，確認位置是否正確。若位置正確，直

接輪到下一個玩家的回合。若不正確，則將該卡置牌庫最下一張，並補1張牌給自己。

若發生年代相同的情形，則無論是置於左側或右側皆正確。

(5). 遊戲結束:

A. 當牌庫耗盡時，該局遊戲不分勝負，並重開新的一局。

B. 當該輪僅有一名玩家將持有的牌出完時，該玩家即為獲勝玩家。

C. 若該輪有2名以上玩家將持有的牌出完時，則未出完的玩家們立刻淘汰，出完牌的玩

家們補1張牌，遊戲持續進行直到僅有一名玩家勝出為止。

2. 配對玩法

(1) 遊玩人數：2人

(2)遊玩時間：15分鐘

(3)遊戲方法：

A. 確認每張牌有年代那面都是朝下後，將牌洗勻成為牌庫。

B. 每人發6張牌。

C. 從牌庫抽2張牌成為起始卡。將此牌的年代面朝下，並置於桌面中央。

D. 遊戲由年紀最小的玩家成為起始玩家。

(4)遊戲流程：

A. 遊戲為回合制，輪到玩家的回合時，必須將持有的1張牌，與桌面的牌卡配對，配對

成功即可取回配對的兩張牌卡。配對失敗則將兩張牌卡放入牌庫最下方。(2.)本牌卡

分為力學與天文學、光學、熱學、電磁學與近代物理學五類，同類的牌卡方可配對。

如下圖桌面有能量守恆與折射定律兩張牌卡，則玩家可以打出蒸汽機(熱學)牌卡配對

能量守恆定律(熱學)，即可正確配對。

B. 如玩家認為無可配對之牌卡，該玩家可將手中的牌卡放至一張於桌面，並抽一張牌

庫的牌卡於手中，即完成該回合。

(5) 遊戲結束：

A. 當牌庫耗盡或是無法再配對時，該局遊戲結束。

B. 由獲得最多牌卡的玩家獲勝。

3. 手語測驗玩法

(1) 遊玩人數：2人

(2) 遊玩時間：15分鐘

(3) 遊戲方法：

A. 確認每張牌有年代那面都是朝下後，將牌洗勻成為牌庫。

B. 每人發6張牌，將有年代的一面朝向自己。

C. 遊戲由年紀最小的玩家成為起始玩家。

(4). 遊戲流程

A. 遊戲為回合制，輪到玩家的回合時，必須抽取對方玩家的1張牌，年代面朝上放置於

桌面，並打出該科學概念之手語解釋。

B. 手語解釋正確即獲得該張牌卡，失敗則將該牌卡放入牌庫最下方，並再抽取牌庫中

的一張牌卡至回手中。正確答案之手語可掃 QR Code 觀看。

(5). 遊戲結束:

A. 當一方無手牌時，該局遊戲結束。

B. 由獲得最多牌卡的玩家獲勝。

四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

70%。

五、研究成果

1. 研發出手語擴增實境桌遊教材，讓學生可以主動透過平板來觀看科學文本的手語解釋，進而理解科學文本的意義，進而期望能達到自學的效果。
2. 未來期望能瞭解聽覺障礙學生閱讀科學文本與學習科學史概念時，具有的迷思概念與閱讀上的困難點。
3. 未來期望能透過科學史桌遊，可以提升學生科學史概念。
4. 透過本研究的拋磚引玉，讓各界能更重視聽障科學教育，讓聽障學生具有更公平的學習機會。

六、檢討

1. 因為手語主要是”達意”，所以在編寫手語稿時”專有名詞”如何達意的表現出

來是一大挑戰，在與校內各科的手語專家討論後，決定”專有名詞”不需要每一

個字都對應手語，只要意思相近即可。

2. 科學教師要將”達意的手語”與”專有名詞”文字連結具有很大的挑戰(這即是聽

障生學習上的困難點)。所以，將會與跨領域各科老師討論如何有效地將手語轉變

成中文。

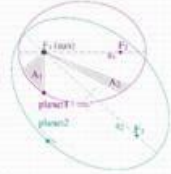
附錄 牌卡組

<p>• 日心說</p>  	<p>力學與天文學</p> <ul style="list-style-type: none">• 日心說 (1543)• 哥白尼提出日心說，認為太陽是宇宙的中心，而不是地球。推翻了長期以來居於統治地位的地心說，實現了天文學的根本變革。 	<p>• 地心說</p>  
<p>力學與天文學</p> <ul style="list-style-type: none">• 地心說 (約200年)• 托勒密提出地心說，認為地球是宇宙的中心，而其他的星球都環繞著地球而運行的學說。 	<p>• 慣性定律</p>  	<p>力學與天文學</p> <ul style="list-style-type: none">• 慣性定律 (1632)• 伽利略提出的慣性定律表明，只有施加外力，才能改變物體速度；維持物體速度不變，不需要任何外力。 

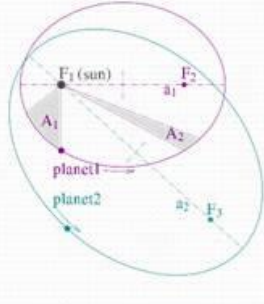
力學與天文學

• 行星運動三大定律 (1618)

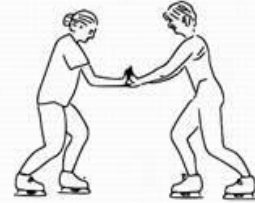
- 伽利略提出。
- 第一定律，太陽位於橢圓軌道的一個焦點。
- 第二定律，在同樣時間間隔內，行星繞著太陽公轉所掃過的面積相等。
- 行星繞著太陽公轉的週期平方和它們的橢圓軌道的半長軸立方成正比。



• 行星三大運動定律



• 牛頓三大運動定律



力學與天文學

• 牛頓三大運動定律 (1687)

- 牛頓所提出。
- 第一定律：假若施加於某物體的外力為零，則該物體的運動速度不變（慣性定律）。
- 第二定律：施加於物體的外力等於此物體的質量與加速度的乘積 ($F=ma$)。
- 第三定律：當兩個物體交互作用於對方時，彼此施加於對方的力，其大小相等、方向相反（作用力與反作用力定律）。



• 自由落體



力學與天文學

• 自由落體 (1636)

- 伽利略所提出，傳說伽利略曾在義大利比薩斜塔上做自由落體實驗，將兩個重量不同的球體從相同的高度同時扔下，結果兩個鉛球同時落地。



力學與天文學

• 萬有引力定律 (1636)

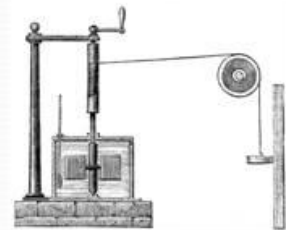
- 牛頓所提出，兩個質點彼此之間相互吸引的作用力，是與它們的質量乘積成正比，並與它們之間的距離成平方反比。



• 萬有引力定律



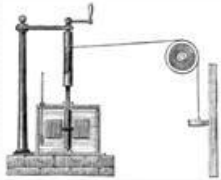
• 能量守恆定律



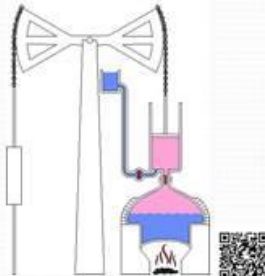
熱學

• 能量守恆定律(1843)

- 焦耳使用一個漸漸下降的重物連接一個繩子，繩子會使水中的槳旋轉，證明重物下降減少重力位能等於因槳在水中的摩擦力，帶來水內能的增加。



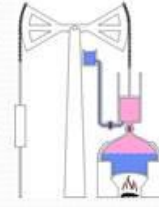
• 蒸汽機



熱學

• 蒸汽機(1776)

- 瓦特成功改良蒸汽機，蒸汽動力開始被廣泛地應用在各類工廠，徹底改變人類的生產方式，開啟了工業革命的序幕。



• 絕對溫標



熱學

• 絕對溫標(1848)

- 克耳文發明了絕對溫標，絕對零度等於 -273°C 。並提出熱力學第二定律，被譽為熱力學之父。



• 折射定律



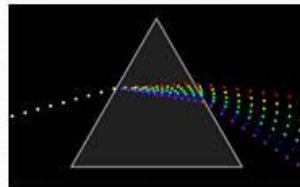
光學

• 折射定律(1621)

- 司乃耳發現了光的折射定律。當光波從一種介質傳播到另一種具有不同折射率的介質時，會發生折射現象。



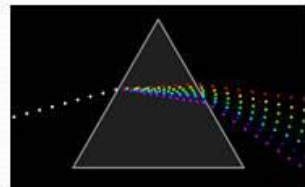
• 光的微粒說



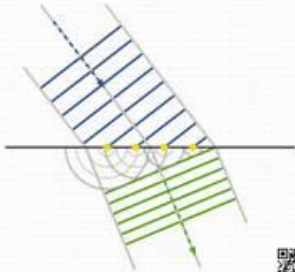
光學

• 光的微粒說(1666)

- 牛頓從稜鏡實驗發現白光是由很多種顏色的光組成，並在其著作《光學》裡，提出光的微粒說。

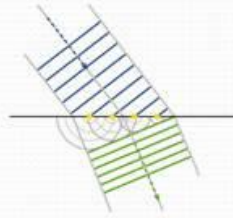


• 光的波動說

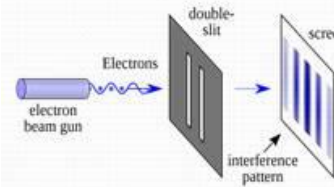


光學

- 光的波動說(1690)
- 惠更斯在《光論》中提出光的波動說，認為光是一種波動。

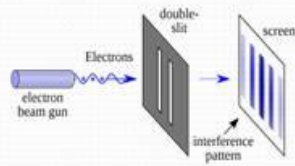


• 雙狹縫干涉實驗



光學

- 雙狹縫干涉實驗(1801)
- 楊氏成功作出光的雙狹縫干涉實驗，光的波動說才又谷底翻身，逐漸成為科學界的主流，延續到二十世紀初期為止。



• 正電與負電

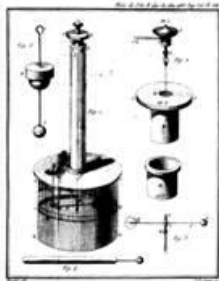


電磁學

- 正電與負電(1752)
- 富蘭克林進行多項關於電的重要實驗，命名了正電與負電。

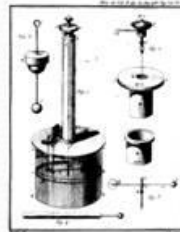


• 庫倫定律



電磁學

- 庫倫定律(1785)
- 庫倫提出庫倫定律，在真空中兩個靜止點電荷之間的交互作用力與距離平方成反比，與電量乘積成正比。



• 電流磁效應

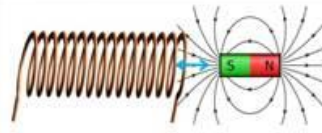


電磁學

- 電流磁效應(1820)
- 厄斯特發現電流的磁效應，載流導線的電流會產生作用力於磁針，使磁針改變方向。

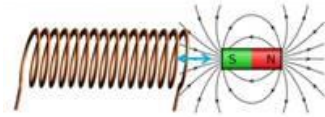


電磁感應

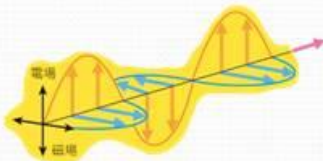


電磁學

- 電磁感應(1831)
- 法拉第發現電磁感應現象，通過封閉線圈內磁場產生變化時，此封閉線圈會產生感應電壓與感應電流的現象。

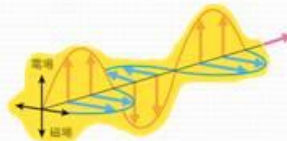


電磁波(預測)



電磁學

- 電磁波(預測) (1865)
- 馬克士威整合電磁理論，指出光就是電磁波。



電磁波(實驗證實)

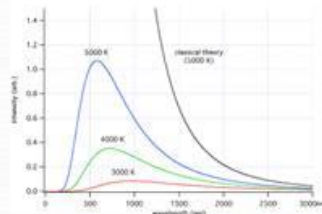


電磁學

- 電磁波(實驗證實) (1887)
- 赫茲以實驗證實了電磁波的存在。

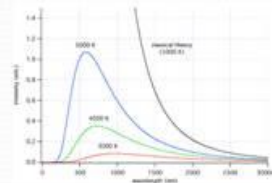


量子論

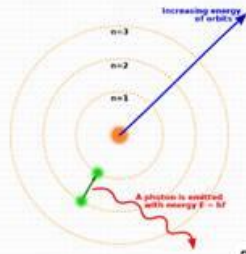


近代物理學

- 量子論(1900)
- 普朗克提出量子論。量子化為一種階梯狀的分布，能量並非是連續的值，而是由一個一個不能分割的最小單位組成。

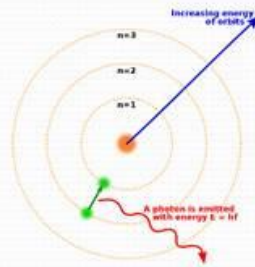


• 氫原子模型

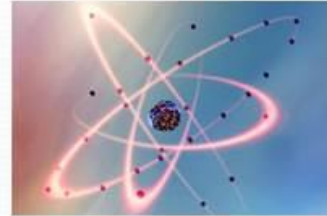


近代物理學

- 氫原子模型(1913)
- 波爾提出了突破性的新原子模型，成功解釋氫原子光譜。



• 量子力學

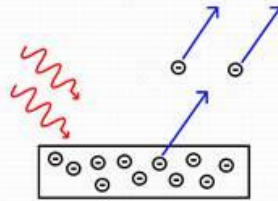


近代物理學

- 量子力學(1925)
- 海森堡等人以量子論為基礎，發展出描述微小粒子行為的理論，稱為量子力學。

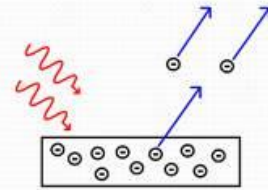


• 光電效應

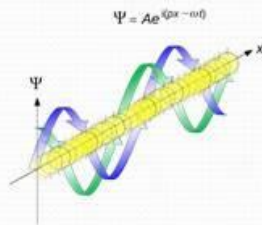


近代物理學

- 光電效應(1905)
- 愛因斯坦發現照射金屬板而使電子釋出，產生的電子稱為光電子。光量子的能量就是最小不能分割的單元。



• 波粒二象性



近代物理學

- 波粒二象性(1924)
- 德布羅意首先提出電子具有波動性，不久後便成功做出電子的繞射實驗，因此電子（物質）的波粒二象性也被證實。

