

國立臺灣師範大學理學院科學教育研究所

碩士論文

Graduate Institute of Science Education

College of Science

National Taiwan Normal University

Master's Thesis

以 Go-Lab 平台發展與實施科學探究實作評量

Development and Implementation of a Scientific Inquiry

Performance Assessment Using Go-Lab Platform

隋奇融

Sui, Chi-Jung

指導教授：張俊彥 博士

Advisor: Chang, Chun-Yen, Ph.D.

中華民國 110 年 1 月

January 2021

謝辭

成為自然科學教師，要感謝自幼就有父母親給予我言教與身教，在求學階段給我最大的支持和信任我的選擇，以及感謝一路上為我樹立良師典範的師長們，讓我對於教師的志業有更明確的圖像。2012 年是與臺師大緣分的開始，在這裡學習生物專業知識和教育理論與實務，甚至研究所也仍在臺師大繼續往科學教育的領域深造，感謝母校滋養我良師之路所需的元素。

碩一專題課聽到敬愛的指導教授張俊彥博士介紹有關數位學習的研究議題後，還記得初次帶著腦海中對於資訊平台、探究與實作、評量三個元素的想法找老師討論，也終於在兩年後開始寫碩論的謝辭了！由衷感謝一路承蒙俊彥老師的指點我在研究上的疑惑和如何讓研究更為扎實。同時也要感謝口試委員洪振方教授和劉湘瑤教授的指導，在口試時真切地指出學生的論文研究可以加強和修改的方向，也讓我更了解論文寫作自己的不足之處，讓我的碩士論文能夠趨於完整。

能一邊在國中任教，同時一邊進修學位，要感謝職場中的每一個貴人的幫助，感謝君武校長、怡婷主任、信宏主任、佩宇、舒雅和彥學對於我的信任與協助我處理公假進修期間遇到的大小問題。當我陷入怠惰時，「實事求是，精益求精」這段在高中求學的精神標語總是能驅使自己繼續往前走；當我在學業和研究遇到困難和需要幫助時不吝伸出援手幫助的婕妤、聖益、秉漢、欣珏、Debra、尚鴻和奕誠，在求學的過程中身邊有你們真好！

最後要再次感謝家人，謝謝爸爸和媽媽的支持與栽培，您們也是我心中教師的良師典範，也要謝謝內子其欣，在我忙於工作和學業時作我最大的後盾，能無後顧之憂的面對接二連三挑戰。

摘要

十二年國民基本教育新課綱將素養導向教與學和探究與實作列為自然科學領綱的重點。本研究旨在以 Go-Lab 平台提供之應用程式和線上實驗室建置探究式學習空間 (Inquiry Learning Space, ILS)，發展與實施科學探究實作評量，融入學術探究的情境脈絡，並整合學生單性狀遺傳法則的先備知識和探究能力，透過實作經驗建構證據為本的科學模型，促進學生對雙性狀遺傳法則的學習。本研究應用科學探究實作評量標準檢驗國中數理資優生之建構反應之探究能力表現水準，以及對應的表現水準描述檢視探究能力，發現學生在本實作評量所呈現的探究能力高低依序為推理論證、分析與發現、執行與計畫和建立模型，整體水準落在基礎到精熟之間，且 ILS 中之模擬式實驗能幫助學生建立雙性狀遺傳法則之模型，提升學生模型導向的探究能力。遺傳法則成就測驗前測和後測結果顯示學生經科學探究實作能有效幫助學生以既有的單性狀遺傳法則概念經探究式學習遷移至雙性狀遺傳法則。有關資訊科技應用於學習，本研究以李克特五點量表進行問卷調查學生使用 Go-Lab 進行科學探究實作評量的科技使用度，研究結果為學生對此系統的認知有用性、認知易用性、使用態度、使用意向的評分高，顯示學生認同以 Go-Lab 進行科學探究實作評量。

關鍵字：Go-Lab、科學探究、實作評量、科技接受模式

Abstract

The 12-Year Basic Education Curriculum lists literacy-oriented teaching and learning and inquiry and practice as the key points of the natural sciences' domain. The purpose of this research is to build an Inquiry Learning Space (ILS) through applications and online laboratories provided by the Go-Lab platform, develop and implement scientific inquiry performance assessment in an inquiry-based context, and integrates students' prior knowledge and inquiry capabilities to constructs evidence-based scientific models through practices, and promotes middle school students' conceptual understanding of the Mendelian genetic laws. This research applies the rubric of scientific inquiry to evaluate the performance level of the inquiry competency of the mathematics and science gifted students in junior high schools, and the corresponding performance level describes the inquiry competency. It is found that the inquiry competency's level of the students in this performance assessment is in order reasoning, analyzing and discovering, executing and planning, and modeling. Otherwise, the simulation-based experiment in ILS can promote students' modeling of Mendelian genetics laws. The pre-test and post-test results of the Mendelian genetics laws achievement test show that the inquiry-based performance assessment is able to help students learn Mendelian genetics law. The Technology Acceptance Model (TAM) questionnaire indicated students agree with a scientific inquiry performance assessment using the Go-Lab platform.

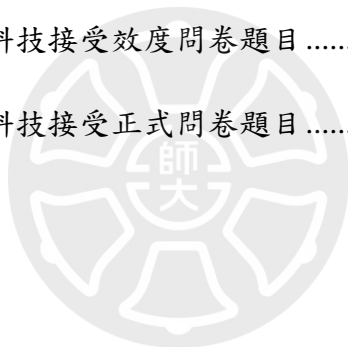
Keywords: Go-Lab, scientific inquiry, performance assessment, technology acceptance model

目錄

第壹章	緒論.....	1
第一節	研究背景與動機.....	1
第二節	研究目的與問題.....	3
第三節	名詞解釋.....	4
第四節	研究範圍與限制.....	5
第貳章	文獻探討.....	6
第一節	Go-Lab 系統與科技接受模式.....	6
一、	Go-Lab 系統.....	6
二、	科技接受模式.....	9
第二節	科學探究.....	12
一、	科學探究的意涵.....	12
二、	探討在課綱中的科學探究.....	12
三、	探究式學習架構與探究能力.....	15
四、	科學探究與模擬式實驗.....	17
第三節	實作評量.....	19
一、	實作評量的意涵.....	19
二、	評量科學探究實作.....	21
第四節	遺傳法則教學探討.....	23
第參章	研究方法.....	26
第一節	實作評量設計與實施流程.....	26
一、	科學探究實作評量設計.....	27

二、實作評量實施流程	34
第二節 研究對象.....	37
第三節 研究架構.....	38
第四節 研究工具.....	39
一、科學探究實作評量標準	39
三、遺傳法則成就測驗	43
三、Go-Lab 系統科技接受問卷.....	43
第五節 應用科學探究實作評量標準.....	47
第六節 資料分析.....	57
第肆章 研究結果與討論.....	58
第一節 學生於 Go-Lab 科學探究實作評量之探究能力表現.....	58
一、學生的探究能力表現結果分析	58
二、學生探究能力綜合討論	65
第二節 學生藉探究實作將單性狀遺傳法則概念遷移至雙性狀遺傳法則之 成效	69
一、成就測驗結果分析	69
二、成就測驗與科學實作呈現的探究能力關聯分析	70
三、實作評量對遺傳法則學習成效綜合討論	71
第三節 學生對 Go-Lab 科學探究實作評量之科技接受度	73
一、常態性檢定	73
二、模型路徑分析	74
三、科技接受結果分析與討論	77

第伍章	結論與建議.....	82
第一節	結論.....	82
第二節	建議.....	84
參考文獻.....		85
附錄.....		92
附錄一、科學探究實作評量於 Go-Lab 系統使用者操作介面.....		92
附錄二、實作評量正式試題.....		99
附錄三、遺傳法則前測正式試題.....		101
附錄四、遺傳法則後測正式試題.....		105
附錄五、Go-Lab 系統科技接受效度問卷題目.....		109
附錄六、Go-Lab 系統科技接受正式問卷題目.....		111



表目錄

表 貳-1 探究式學習架構各階段與十二年國教課綱之探究能力對照表	16
表 貳-2 國內、外評量科學探究能力整理表	22
表 參-1 實作評量題目與探究能力雙向細目表	30
表 參-2 實作評量題目與遺傳法則概念雙向細目表	31
表 參-3 科學探究實作評量對應課綱之探究能力	32
表 參-4 科學探究與實作評量標準	40
表 參-5 初擬 GO-LAB 系統科技接受問卷專家修正意見表	44
表 參-6 GO-LAB 系統科技接受問卷預試信度分析表	46
表 參-7 規劃與執行的評量標準範例	49
表 參-8 執行與規劃的評量標準範例	50
表 參-9 分析與發現的評量標準範例	52
表 參-10 建立模型的評量標準範例	54
表 參-11 分析與發現和建立模型的評量標準範例	55
表 參-12 分析與發現和推理論證的評量標準範例	56
表 肆-1 每一題探究能力水準之敘述統計 (N=41)	60
表 肆-2 每一項探究能力水準之敘述統計 (N=41)	62
表 肆-3 學生在 Q3-1 與 Q3-2 表現水準之皮爾森相關性分析 (N=41)	64
表 肆-4 學生在 Q5-1 與 Q5-2 表現水準之皮爾森相關性分析 (N=41)	64
表 肆-5 不同問題之能力水準比較表 (N=41)	65
表 肆-6 遺傳法則前、後測之比較表 (N=41)	70
表 肆-7 成就測驗與探究能力的相關性分析表 (N=41)	71

表 肆-8 題目變項的態勢與峰度表(N=41)	73
表 肆-9 認知易用性、認知有用性對使用態度強迫進入法迴歸分析(N=41)	74
表 肆-10 使用態度、認知有用性對使用意向強迫進入法迴歸分析(N=41)	75
表 肆-11 模型標準化迴歸係數表	76
表 肆-12 學生對 ILS 之認知有用性分析 (N=41)	77
表 肆-13 學生對 ILS 之認知易用性分析 (N=41)	78
表 肆-14 學生對 ILS 之使用態度分析 (N=41)	78
表 肆-15 學生對 ILS 之使用意向分析 (N=41)	79
表 肆-16 認知易用性、認知有用性對使用意向逐步迴歸分析(N=41)	81



圖目錄

圖 貳-1 浮力之虛擬實驗室	7
圖 貳-2 探究式學習空間設計者介面	8
圖 貳-3 科技接受模式 (DAVIS, 1989)	9
圖 貳-4 修訂的科技接受模式 (VENKATESH & DAVIS, 1996, 2000)	10
圖 貳-5 NGSS 與十二年國教新課綱探究能力比較	14
圖 貳-6 探究式學習架構 (INQUIRY-BASED LEARNING FRAMEWORK) ..	15
圖 貳-7 GO-LAB 系統電路虛擬實驗室。	18
圖 貳-8 評量三角三個關鍵元素	20
圖 貳-9 遺傳學的四個層次	24
圖 參-1 科學探究實作評量架構圖	27
圖 參-2 探究活動階段與本實作評量七個探究步驟架構圖	28
圖 參-3 兔子遺傳實驗室操作介面	29
圖 參-4 ILS 實作評量流程與設置虛擬實驗室之階段	29
圖 參-5 練習實作「動物觀察室」之 ILS 畫面	34
圖 參-6 ILS 能透過報告應用程式即時讓學生填答其建構反應	35
圖 參-7 ILS 能透過表格應用程式即時讓學生填答其建構反應	35
圖 參-8 ILS 能嵌入圖檔與文字敘述提示學生	36
圖 肆-1 實作評量總分出現頻率直方圖	59
圖 肆-2 學生探究能力水準人數百分率分佈直條圖 (N=41)	63
圖 肆-3 評量三角架構	72
圖 肆-4 認知易用性與認知有用性對使用態度之路徑分析	75

圖 肆-5 使用態度與認知有用性對使用態度之路徑分析76

圖 肆-6 標準化路徑係數圖77

圖 肆-7 簡化之模型之標準化路徑係數圖81



第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

近年為國民中小學九年一貫課程綱要（九年一貫課綱）到十二年國民基本教育新課綱（十二年國教課綱）的轉換期，重大變革之一是從能力導向變成素養導向。蔡清田（2014）指出「素養」是指一個人接受教育後學習獲得知識、能力與態度，而能積極地回應個人或社會生活需求的綜合狀態。

自九年一貫課綱到十二年國教課綱都強調科學探究的重要性。蔡執仲和段曉林（2005）指出食譜式的科學實驗並無法引起學生學習的動機，也未能將科學的真實面貌呈現於日常生活之中。藉由探究式實驗，結合生活化議題，讓學生在學習上有熟悉經驗以及概念架構，而減少學習無助感產生，提升自己對學習科學能力的自信心，進而提升學生的學習興趣及學習動機。為因應十二年國教自然科學領域課綱（2018）素養導向的自然科學學習，學生面對科學相關問題時，展現的科學探究能力與科學態度之學習表現，研究者嘗試設計符合科學素養的探究式學習課程，學生需以科學概念的先備知識和科學探究能力解決學術探究情境脈絡下的學習任務。

現今國、內外的課綱大力倡導科學實作與探究，期待學生能同時具備科學概念，也能提升思考智能與問題解決能力等科學素養，因此課程、教學和評量之間應相互搭配。近年評量科學的方式除了傳統的紙筆測驗，也開始重視融入真實情境的評量，例如：實作評量、檔案評量等。提供學生特定情境脈絡的問題，教師能夠過學生問題解決的歷程瞭解其科學概念知識、技能與態度的程度。在臺灣國中教學現場的實體實驗室進行自然科學實驗課程，受限於設備和耗材的品質不一，或是實驗本身的時間與空間限制，對於現場教師如何實踐探究頗具挑戰。現今各式資訊科技融入科學學習的線上平台興起，例如：Go-Lab、WISE、PhET 等，只要在有網路與 3C 載具的地方，即能不受限於場地、

設備、器材、藥品等，進行線上模擬實驗，實踐探究與實作，更重要的是模擬式實驗能排除額外的干擾，使學生專注地觀察和探討實驗變因之間的關係。

研究者與同儕教師教學的經驗，大多認為自然科學學門中的生物科之遺傳單元對於學生的學習難度較高，包括孟德爾的遺傳法則、分子生物學的入門等，研究（楊坤原、張賴妙理，2004）也指出遺傳概念的微觀性與抽象性使得遺傳成為教師難教、學生難學的單元。陳俊亨（2014）對遺傳單元教學的建議有使用貼近生活的教材引起學生的動機、掌握學生的先前知識，診斷學生的另有概念、評估學生的認知發展層次，使用教具或模擬情境來幫助學習。

綜上所述，本研究欲初探以 Go-Lab 平台發展線上探究學習空間，實施遺傳法則概念的科學探究實作評量，結合遺傳法則概念與探究能力等問題，創造探究式的學術情境，學習雙性狀遺傳法則。



第二節 研究目的與問題

本研究基於上述的研究背景與動機，以 Go-Lab 發展科學探究實作評量，設計逆向的教與學實施流程，從科學探究實作評量當作起點，學生藉由單性狀遺傳法則的先備知識和探究能力在實作過程建立證據為本的雙性狀遺傳法則科學模型，促進學生對孟德爾遺傳法則的學習成效，且教師能同時掌握學生的探究能力。具體研究目標與其衍生而出的研究目的和研究問題如下：

研究目的一、應用與實施 Go-Lab 系統發展科學探究實作評量。

研究問題 1-1 以科學探究實作評量標準檢視國中數理資優生之探究能力為何？

研究問題 1-2 探討學生是否能將單性狀遺傳法則概念藉由探究式學習遷移至雙性狀遺傳法則？

研究目的二、國中數理資優生對於應用 Go-Lab 發展之科學探究實作評量的科技接受模式。

研究問題 2-1 國中數理資優生對 Go-Lab 系統之科技接受的模型為何？

研究問題 2-2 國中數理資優生認為 Go-Lab 系統之認知有用性、認知易用性、使用態度，以及未來應用 Go-Lab 系統於學習的意願為何？

第三節 名詞解釋

一、Go-Lab

Go-Lab 是指全球線上科學實驗室（Global Online Science Labs for Inquiry Learning in Schools）之縮寫，開始於歐盟所推行的第 7 期發展綱要編號 317601 號（the European Union's Seventh Framework Programme grant agreement No 317601）贊助，提供線上科學實驗探究式學習平台。

二、科學探究

科學探究是指學生透過探究的方式學習自然科學，參與許多探究的活動與思考過程就像是科學家常是拓展人類在自然萬物中的知識（National Research Council [NRC], 2000）。藉由模仿科學家探索自然界，透過發現問題、提出假說、設計實驗、進行問題解決，建構與理解科學知識形成的歷程。

三、實作評量

Marzano (1993) 指出實作評量為評量學生在不同情境下展現理解力與如何運用知識、技能和思維完成任務。本研究中所指的實作評量為評量學生如何藉由科學探究能力解決學術探究情境脈絡下的任務。

四、探究能力

探究能力為依據十二年國教自然科學領綱（2018）學習表現，包括問題解決與思考智能兩分類，且各再細分為四項子項能力。本研究所指的探究能力包括規劃與執行（pe）、分析與發現（pa）、推理論證（tr）和建立模型（tm）。

五、模擬式實驗

模擬式實驗是指透過資訊科技提供虛擬實驗室，模擬自然現象，且設計者和教師能簡化或移除使學生易混淆的資訊，讓學生更容易對特定的現象進行觀察。

第四節 研究範圍與限制

本研究主要的研究對象為研究者所服務國中之學術性向數理資賦優異學生，研究者為該班的數理資優班導師，屬於方便取樣。因時間與人力資源有限，實施期間為四節課，時間及對象有所限制，本研究結果並不一定適合推論至其他班級、學校或更大範圍的推論。



第貳章 文獻探討

本研究旨在探討以 Go-Lab 系統進行探究遺傳法，並透過系統的資訊和數據紀錄，將學生進行的科學探究活動視為實作評量。本章節將對 Go-Lab 系統與科技模式、科學探究、實作評量與遺傳法則教學探討進行文獻探討及加以說明闡述。

第一節 Go-Lab 系統與科技接受模式

Go-Lab (Global Online Science Labs for Inquiry Learning in Schools) 線上學習系統為歐盟於 2012 年至 2016 年所推行的第 7 期發展綱要編號 317601 號 (the European Union's Seventh Framework Programme grant agreement No 317601) 贊助，且在 2017 年至 2019 年由歐盟 H2020 計畫 (the Horizon 2020 Programme) 接續贊助，提供線上科學實驗探究式學習平台。本研究欲利用 Go-Lab 建置科學探究實作評量，並了解學生對此資訊科技式的學習方式之接受度，因此本節將對 Go-Lab 系統與科技接受模式進行文獻探討。

一、Go-Lab 系統

Go-Lab 由許多專家與教師創建探究式學習空間 (Inquiry Learning Space, 簡稱 ILS)，藉由不同的供應商提供的線上實驗室、應用程式與其他資源，例如：圖片、影片與文本等，結合起來建置線上學習的平台。

(一) 線上實驗室

Go-Lab 系統提供線上實驗室、資料分析工具等服務，提供給教師自主創作工具，將上述之服務整合到結構化的教學空間，也能讓在此教學空間供學生學習與互動。Go-Lab 系統藉由電腦科技提供線上的科學實驗室，供學生學習使用研究工具、資料蒐集、建立模型或科學理論等。此實驗室的核心活動是使用線上實驗室進行探索現象、連結微觀和巨觀的現象，也能在短時間內進行多個實驗，深入了解此實驗室基於的概念模型中變因與變因的關係 (de Jong, 2013)。

Go-Lab 系統中的線上實驗室總共分成三種類型：一、虛擬實驗室（virtual laboratory）藉由虛擬設備模擬自然現象進行探究；二、遠端實驗室（remote laboratory）藉由電腦介面操作遠距離的實體實驗室進行探究；三、資料組（dataset）由第三方團體提供自然現象的數據，能透過資料分析與視覺化工具幫助組織與解釋資料。圖貳-1 為浮力之虛擬實驗室，使用者能操作固態物體密度、液體密度、體積、質量等變因，進行探究物體與液體之間的浮力關係，連結阿基米德浮力原理物理概念。Hovardas、Pedaste、Zacharia 和 de Jong（2018）指出 Go-Lab 中的虛擬實驗室可提供學生測試與修正模型，並在探究的歷程中建立科學模型，為一個重要的探究式學習途徑。

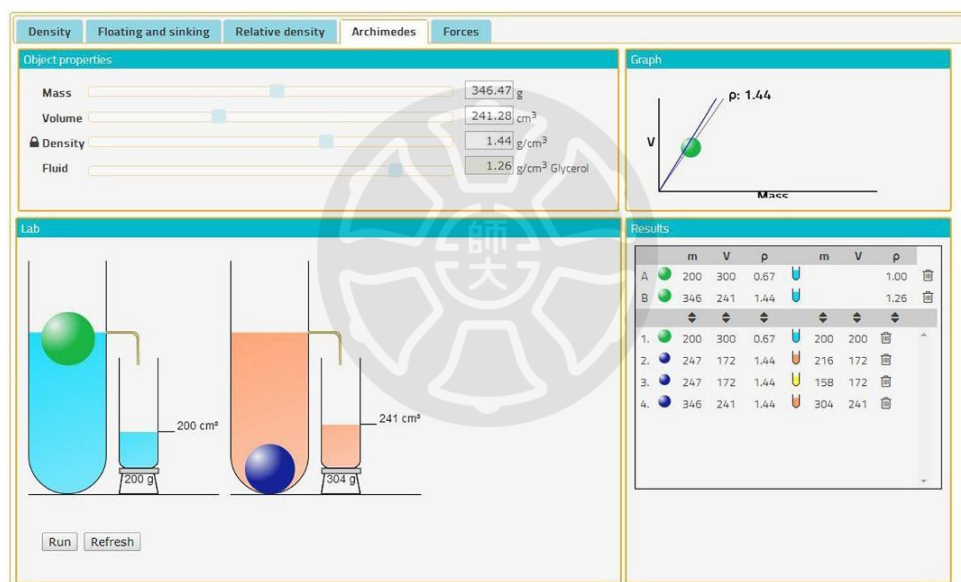


圖 貳-1 浮力之虛擬實驗室

資料來源：Go-Lab (<https://www.golabz.eu/>)

（二）應用程式

Go-Lab 系統提供多種網路應用程式（web-applications, “Apps”），主要分成兩種類別：一、探究與互動式應用程式能協助學生進行探究任務，例如：提出假說、設計實驗、做出預測、解釋資料等；也能讓學生進行討論問題與進行報告，或是實施小測驗檢驗學生的學習成效，學生也能立刻得到教師的回饋。

二、監控與分析應用程式能協助教師分析整體的學生或個別的學生，提供給教師學生學習的進度與情形。教師能視需求，自由地選擇兩種類型的應用程式嵌入 Go-Lab 系統的探究學習空間，創建能與學生互動的學習空間。

(三) 探究學習空間

Go-Lab 系統提供自主創作的平台給教師能設計探究學習空間（圖貳-2），平台內具有許多現成的探究式學習模組可以直接修改後套用，例如 Pedaste 等人（2015）的探究式學習架構；教師也能依照自己的需求，從無到有一步一步建置學習空間。Go-Lab 系統支援教師建立的線上探究學習空間處理成得以離線使用的學習空間，也支援公開發布在社群，共享學習資源。Go-Lab 系統是為探究式學習量身打造，在使用探究學習空間的過程中，學生按照每一個步驟進行探索，同時系統會即時性的儲存學生的操作與回應。學生能從真實世界的模型或現象與空間中的提示交互思考得到線索，以科學探究的方法獲得知識，而教師能藉由系統上學生的回應了解學生的學習歷程。

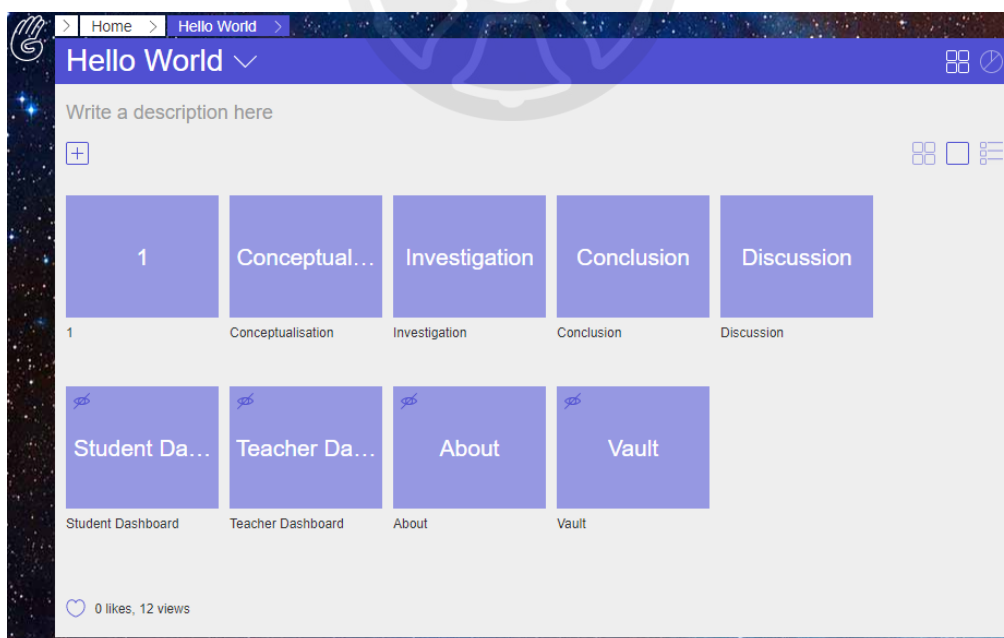


圖 貳-2 探究式學習空間設計者介面

資料來源：Go-Lab (<https://www.golabz.eu/>)

二、科技接受模式

科技接受模式 (Technology Acceptance Model, 簡稱 TAM) 是 1989 年 Fred Davis 提出，目的為評估和預測使用者對新資訊科技系統接受的工具，解釋指出資訊科技系統接受的意圖會受到認知有用性(Perceived Usefulness)和認知易用性(Perceived Ease of Use)為兩個主要構面的影響。在學術研究上，常應用 TAM 預測及解釋新的資訊科技系統是否能被使用者接受。科技接受模式主要包含 6 個構面，分述如下 (Davis, Bagozzi & Warshaw, 1989)：

1. 外部變項(External Variables)：間接影響到認知有用性與認知易用性的因素，例如：使用者的認知風格、個性、任務特性、發展或實施的過程、政治、組織結構等。
2. 認知有用性(Perceived Usefulness)：使用者預期的主觀認為使用特定的資訊科技系統能夠提升其工作表現。
3. 認知易用性(Perceived Ease of Use)：使用者認為使用特定的資訊科技系統能夠不費身心的努力程度。
4. 使用態度(Attitude Toward Using)：使用者對資訊科技系統行為表現感到正面或負面的感受。
5. 使用意向(Behavioral Intention to Use)：使用者對於使用特定資訊科技系統的行為意圖強度。
6. 實際使用(Actual System Use)：實際使用資訊科技系統的行為。

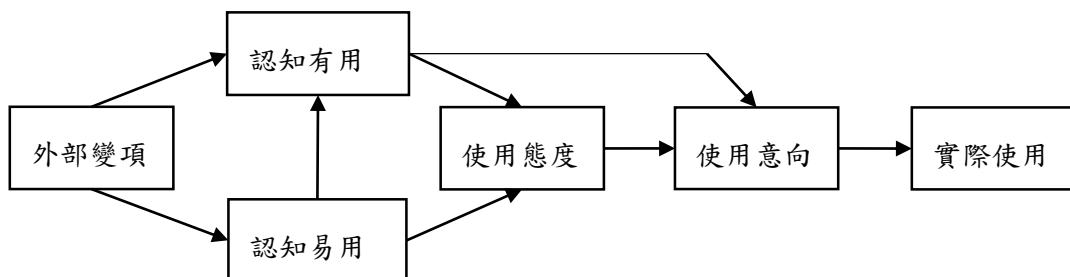


圖 貳-3 科技接受模式 (Davis, 1989)

Venkatesh 和 Davis (1996、2000) 修訂科技接受模式，將使用態度省略，並且建議增加外部變項，例如：社會性影響過程和認知工具過程，以探尋可能影響的因素，而修訂後的科技接受模式不僅解釋力未減，而且較原始的模型簡明。

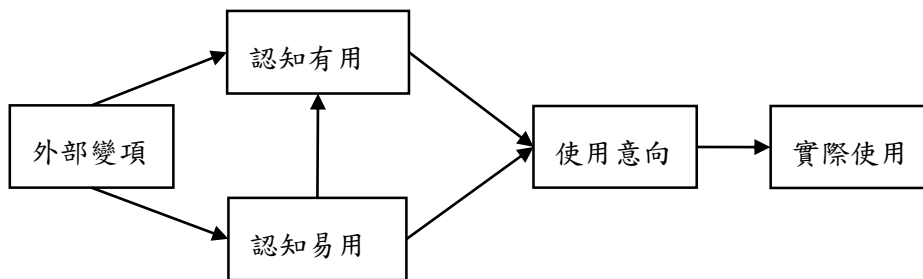


圖 貳-4 修訂的科技接受模式 (Venkatesh & Davis, 1996, 2000)

許多研究探討以資訊科技系統建構的網路學習之使用者科技接受模式。黃議正 (2011) 調查台灣大專院校以上的學生使用線上平台學習的科技接受模式，研究指出認知易用性和認知有用性兩個因子均正向顯著性影響使用態度，且間接影響線上學習的使用意向。辛瓊瑤 (2016) 調查新北市國小六年級學生使用網路科學探究課程平台 CWISE 與網路圖書館利用模式之科技接受模式，研究結果顯示學生使用 CWISE 結合網路式圖書館利用在科技接受模式的認知有用性構面優於網路式圖書館利用教育模式。國立臺灣師範大學在 2018 年舉辦下一個世代的科學實驗室工作坊 (Next Lab Workshop) 推廣 Go-Lab 系統應用於探究式教學給臺灣的中、小學教師。李筠茱 (2019) 對於參與人員進行 Go-Lab 系統與科技接受模式進行調查，工作坊中、小學教師對於 Go-Lab 系統與教師理想的線上探究式學習平臺相符合；在臺灣中學教學現場實際應用 Go-Lab 系統於課程中之師生態度及接受度，中學生與中學教師對於 ILS 之提升教師教學或學生學習成效之程度、ILS 操作上的容易程度，以及使用 ILS 進行教學或學習的意願程度皆持正向態度。

據此，資訊科技系統之認知有用性及認知易用性會影響使用者利用平台學習的使用態度與意願，本研究欲探討使用者對 Go-Lab 系統應用於線上實作評量的科技接受模式。



第二節 科學探究

美國 Next Generation Science Standard [NGSS] (2013) 和臺灣十二年國教自然科學領綱 (2018) 強調科學探究的重要性及對探究能力進行區分和描述。科學探究除了以真實的實體進行實作，也能以資訊科技的方式於虛擬實驗室進行模擬式的探究。本研究以 Go-Lab 系統中模擬式的實驗進行科學探究，本章分別對科學探究的意涵、課綱中的科學探究、探究式學習架構與探究能力，以及科學探究與模擬式實驗進行文獻探討。

一、科學探究的意涵

杜威 (John Dewey) 在 20 世紀初提出做中學，並建議科學教學應該著重在思考的方法。自 1960 年代 Joseph Schwab 提倡學習科學應以探索導向進行思考與學習，而在課室中的科學應該要能反映科學家的工作，因而提出探究式教學的概念，科學教育的目標已經從學習科學的最終產物，轉移到學習「做」科學的歷程。科學探究是科學家用來研究大自然與獲取知識有系統的方法，而且科學探究並非只有唯一的方法，也沒有固定的步驟；在同一個特定領域中，科學探究可能就包含有許多不同的探究方法類型 (高慧蓮, 2008)。

二、探討在課綱中的科學探究

美國國家研究委員會 (National Research Council [NRC]) (1996) 公布國家科學教育標準 (National Science Education Standards) 定義探究：「科學探究是指科學家研究大自然與基於證據提出解釋等的方法；科學探究也是指學生學習知識、理解自然概念，以及了解科學家如何研究大自然等的活動。」自此，探究一詞在科學教育社群經由不同方式詮釋，而在 NRC (2012) 所公布的 K-12 科學教育架構 (framework for K-12 science education) 對科學探究的期待是：「學生應直接參與科學實作，而非只是在學習二手知識，否則就無法理解科學實作，也無法欣賞科學知識的本質。」

NRC 發布（2000）公布探究與國家科學教育指標：教與學指引（Inquiry and the National Science Education Standards）強調科學探究教學應具有以下五個必備特徵：

1. 學生提出科學性的問題。
2. 以學生自行收集證據來發展和評估科學性的問題。
3. 學生從證據中對科學性的問題形成解釋。
4. 學生能對他們形成的解釋做評鑑，包含根據其他的解釋，能反映出學生的科學理解。
5. 學生傳達與辯證他們提出的解釋。

這些特徵反映出科學探究教學中，從形成問題、收集證據、形成解釋和評鑑到溝通與辯證，都是以學生為主體。自然科學實驗多為食譜式的實驗，意即學生按照著教師或教科書的步驟一部接著一部做，就像看著食譜做菜似的。為澄清探究的意義，NRC（2012）與下一代科學標準 Next Generation Science Standard [NGSS]（2013）對科學探究訂定出八項科學實作的方式，分別是「提出問題」、「發展或使用模型」、「計畫和執行探究」、「分析和詮釋數據」、「使用數學或運算的思維」、「建立解釋」、「從證據中形成論證」與「獲得、評估與傳遞資訊」。

NRC 和 NGSS 強調實施科學教學與課程設計時建議應包含以探究為主的教學策略，也影響我十二年國民基本教育課程綱要（十二年國教課綱），自然科學領域基本理念強調各學習階段應重視且貫徹「探究與實作」的精神與方法，提供學生統整的學習經驗，並強調跨領域或跨科的整合（教育部，2018）。為培育十二年國民基本教育全人發展目標中的自然科學素養，自然科學領域學習重點內涵如下（教育部，2018）：

1. 提供學生探究學習、問題解決的機會，並養成相關知能的科學探究能力。

2. 協助學生了解科學知識產生方式，養成應用科學思考與探究習慣的科學的態度與本質。
3. 引導學生學習科學知識的核心概念。

學習重點闡明十二年國教自然科學的重點應著重在科學探究、科學態度與本質及科學知識。有鑑於基本理念、課程目標、核心素養與學習重點利用大篇幅強調科學探究，未來臺灣自然科學的國民教育應更加落實將科學探究實施於自然課中。十二年國教自然科學課綱中探究能力分成兩個面向「思考智能」與「問題解決」，每個面向再分成四個子項。思考智能的四個子項為「想像創造」、「推理論證」、「批判思辨」、「建立模型」；問題解決的四個子項為「觀察與定題」、「計畫與執行」、「分析與發現」、「討論與傳達」。

李驥和邱美虹（2019）將 NGSS 與十二年國教課綱兩者探究能力做比較後發現兩者皆十分強調科學探究。十二年國教課綱期許學生須有更多想像力和跳脫框架的思考能力以面對真實世界的錯綜複雜的挑戰與難題；NGSS 雖未特別強調批判思辨，然而在形成解釋與論述的過程中，同時能培養學生批判思考的能力，且 NGSS 也強調能在數據分析、邏輯推理培養學生數學與運算的思維，例如：使用線性或非線性函數、三角函數、指對數以及電腦工具等呈現獲模擬科學模型。

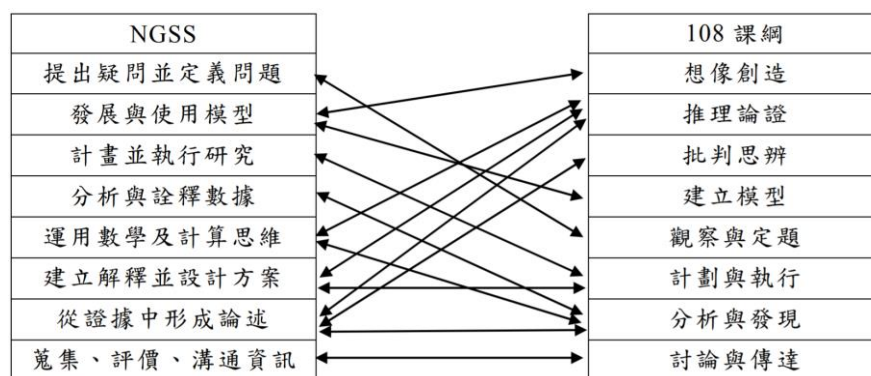


圖 貳-5 NGSS 與十二年國教新課綱探究能力比較

資料來源：李驥和邱美虹（2019）

三、探究式學習架構與探究能力

Pedaste 等人 (2015) 針對 32 篇敘述有關探究階段歷程或循環的文獻進行回顧分析，並提出探究式學習架構 (Inquiry-based Learning Framework) 的五個階段與循環，包含取向 (Orientation)、概念化 (Conceptualization)、調查 (Investigation)、結論 (Conclusion) 以及討論 (Discussion)，如圖貳-6 所示。「取向」階段為藉由問題引起學生的好奇心與激起學習的挑戰之過程；「概念化」階段為題出具有理論基礎的問題或假說之過程；「調查」階段為計畫探索、實驗、蒐集資料與分析之過程；「結論」階段為從數據資料中提出結論，並根據數據資料進行推論之過程；「討論」階段為在每一個階段學生所呈現的發現，也能透過與他人溝通，並進行反思。

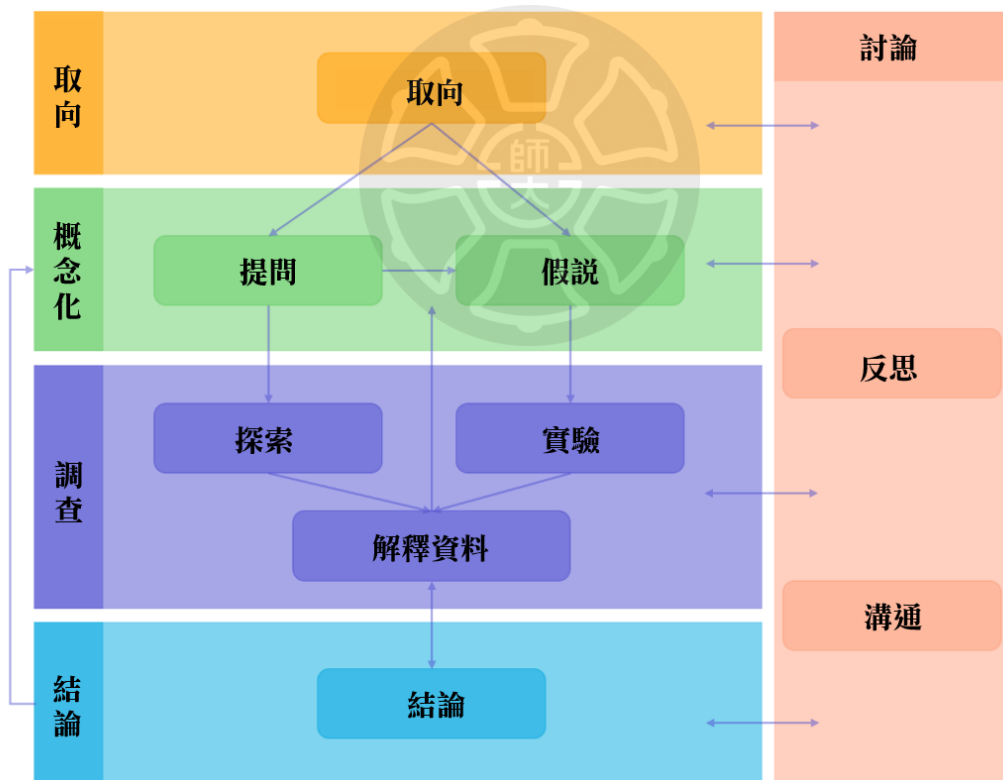


圖 貳-6 探究式學習架構 (Inquiry-based Learning Framework)

資料來源：譯自 Pedaste 等人 (2015)

將探究式學習架構以十二年國教課綱訂定之探究能力相互對應 (表貳-1)，取向階段須要想像創造、觀察能力，對自然科學具有好奇心及覺察問題。

自取向階段所產生之想法可藉由定題和計劃將覺察到的問題了解其概念連結之理論基礎、辨別多個變項、產生出假說，並產生研究問題，是為概念化階段。調查階段將上一階段所產生之研究問題經計劃與執行設計與著手實驗、分析經實驗蒐集到的資料，並將所習得的知識連結到所觀察到的自然現象及實驗數據形成解釋。學生會在結論階段傳達研究問題或假說是否能從探究過程中得到的觀察與資料獲得支持性的證據，並且有可能在此階段建立科學模型。同時，在各個階段間，學生持續地與他人溝通、討論與自我反思，並調整每一階段的探究行為。據此，學生在進行科學探究時，教師可以在每一探究階段藉由一種或多種探究能力進行觀察與解釋學生之探究表現。

表 貳-1 探究式學習架構各階段與十二年國教課綱之探究能力對照表

		Pedaste 等人提出探究式學習階段					
		取向	概念化	調查	結論	討論	
十二年國教	思考智能	想像創造 (ti)	●				●
		推理論證 (tr)			●	●	
		批判思辨 (tc)					●
		建立模型 (tm)				●	●
探究能力	問題解決	觀察與定題 (po)	●	●			
		計劃與執行 (pe)		●	●		
		分析與發現 (pa)			●	●	
		討論與傳達 (pc)	●	●	●	●	●

資料來源：Pedaste 等人 (2015) 和教育部 (2018)

四、科學探究與模擬式實驗

探究式學習中結合模型與建模在科學教育領域日益被重視。模型是理解科學現象的表徵，可以幫助學生理解因素之間的相互關係和作用。透過模型的認知（Models and Modeling Knowledge）、建模的實踐（Practice）及後設能力（Metacognitive Knowledge of Models and Modeling）的培養，學生更能運用建模能力與對現象的理解。課室內的科學教與學設計，應培養學生發展建模能力外，並透讓學生了解建模過程的組成成份的重要性。其中，建模的實踐包括建立模型的過程以及產出（邱美虹，2008；蔡哲銘、邱美虹、曾茂仁、謝東霖，2019；Chiu & Lin, 2019）。Campbell et al.（2015）指出資訊科技輔助的探究式建模提供學生模型探索和描述的學習環境。在資訊科技輔助下，學生透過設計和探索虛擬實驗室中的模擬式實驗，從實驗過程得到線索，了解科學現象和系統的基本組成，而提升學生模型導向的探究能力。設計者和教師能簡化或移除使學生易混淆的資訊，或是修改模型的特徵，讓學生更容易對特定的現象進行詮釋。此外，虛擬實驗室能以改變現象的發生和進程的速度，例如讓時間加速或減速。另一方面，資訊科技輔助的模擬環境能呈現在科學現象和系統中不易被觀察或肉眼不可見的因素（de Jong et al. 2013; Hovardas, Pedaste, Zacharia, De Jong, 2018）。

許多實證性的研究指出模擬式的實驗與真實的實體實驗對於學生的科學知識以及探究能力的學習表現並沒有差異（Triona and Klahr, 2003; Wiesner and Lan, 2004; Klahr, Triona, Williams, 2007）。因此，基於模擬式的科學探究活動廣泛的應用於科學學習。Gale 等人（2016）使用線上電腦模擬平台 PhET（<https://phet.colorado.edu/>）讓學生透過虛擬實驗模擬物體運動的相關探究實驗，提供新穎的方式給予教師評估學生的物理學概念。Hovardas, Pedaste, Zacharia 和 de Jong（2018）在 Go-Lab 系統以電路虛擬實驗（圖貳-7）、腳踏車的齒輪、簡單單擺和倒單擺三種虛擬實驗室分別建置模型導向的探究式學習空

間示例，並考慮到科學探究的階段與循環，例如：建立一個初始的預測模型、測試、修改到最終的科學模型產出，適合應用在學校的探究式課程中。

Go-Lab 提供探究式學習空間的建置、多元的虛擬實驗室、應用程式等整合性資源供教師自行創作探究式學習空間，同時也能記錄每一位學生探究的歷程；有鑑於此，本研究藉由 Go-Lab 的探究式學習空間，建置以學術探究為情境脈絡的實作活動，並加入虛擬實驗室提供學生進行模擬式的科學探究活動，提供給學生簡化、易於修改和易於觀察的探究環境，乃至學生能實踐建模，產出有關雙性狀遺傳法則的模型。

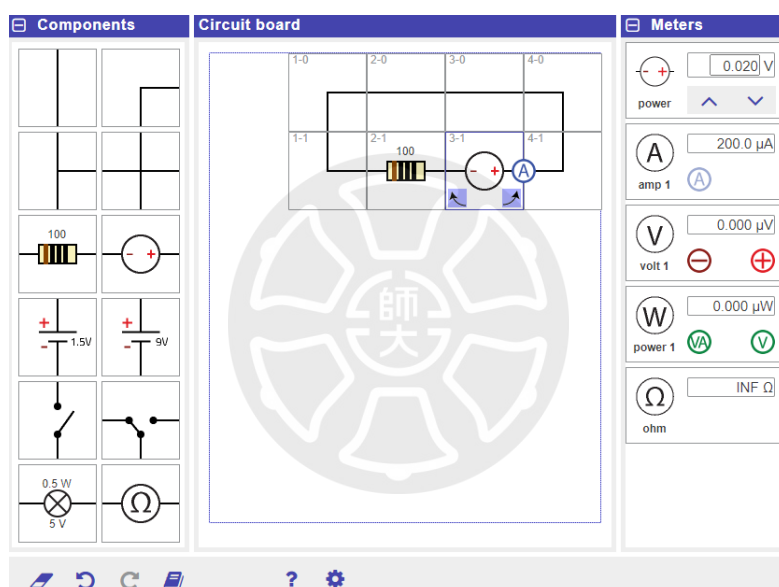


圖 貳-7 Go-Lab 系統電路虛擬實驗室。

資料來源：Go-Lab (<https://www.golabz.eu/>)

第三節 實作評量

本研究發展與實施科學探究實作評量，以教與學的逆項設計，從科學探究實作評量當作起點，整合先備知識和探究能力，透過實作經驗建構證據為本的科學模型，促進學生對科學概念的理解。

一、實作評量的意涵

實作評量（Performance Assessment）是設計題目使受測者面對問題，經由科學性的探討，記述下執行的過程及結果，藉由受測者的技術和表現，來瞭解其科學素養的能力（陳文典，2000）。受試者會在實作評量建構的真實或模擬的情境，進行紙筆表現、辨認、結構化操作、模擬、工作樣本等類型的測驗，教師再根據其表現，透過公平與標準的方式評定等級。在科學探究的潮流中，建構主義學習理論認為學習是基於先前的經驗與知識，學習者主動建構的歷程，故學生為求知求真的主體，教師只是引導的協助者。實作評量提供教師檢核學生在特定情境中學習品質，搭起與建構主義的探究式學習的橋樑，有助於教師診斷學生科學探究及其科學素養。

實作評量常設計特定的情境讓受試者融入，因此準備上需要用到的器材、設備或經費會比傳統的紙筆測驗多，礙於環境與資源的限制，紙筆測驗仍是現今科學概念的主要評量工具。近年隨著資訊科技的發展，電腦模擬式的實作評量提供一個既能減少成本支出，也能維持實作評量優點的方式。美國國家研究委員會（National Research Council [NRC]）的報告書《Knowing What Students Know》（2001）指出科技讓我們比以前更有可能獲得寬廣的認知能力。電腦形式的評量能呈現複雜、真實及開放性的問題，協助我們解決評量問題解決的技能。

顧炳宏、陳瓊森和溫嫩純（2014）以電腦輔助的實作評量探討臺灣八年級學生對聲音概念的學習成效，發現接受引導式教學的學生，實作評量更能表現

出學生真實的學習成效。Gale 等人（2016）使用線上電腦模擬平台 PhET (<https://phet.colorado.edu/>) 以美國八年級學生實施實作評量淨力、加速度、速度和慣性等物理學概念，研究者發現學生在電腦模擬式的實作評量解題歷程中，能停止另有概念的產生。

NRC 的報告書《Knowing What Students Know》提出評量三角（Assessment Triangle）作為分析評量是否有效的架構（圖貳-8），同時也能作為發展實作評量的架構。評量三角包含三個關鍵元素為認知（Cognition）、觀察（Observation）、詮釋（Interpretation），分述如下：

1. 認知（Cognition）：學生在學習特定專業領域的知識與能力。
2. 觀察（Observation）：設定任務或情境評估學生知識與技能的學習表現。
3. 詮釋（Interpretation）：以實務經驗與專業知識對學習表現進行詮釋。

評量三角的每一個元素都至關重要，並且應該要緊密連結。評量者在發展評量時，需重複檢驗與修正評量內容滿足評量三角的元素，並探討各個元素的關聯，作為評量設計與實施的架構。

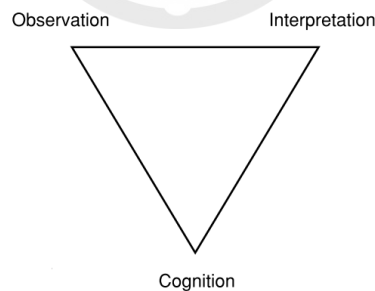


圖 貳-8 評量三角三個關鍵元素

資料來源：NRC（2001）

據此，本研究根據資訊科技實施發展模擬式的實作評量，使學生融入特定的情境進行探究，瞭解學生學到什麼樣的科學素養（認知），根據新課綱的科學探究能力學習表現檢視（觀察），並根據實務經驗與專業知識評價學生的表現（詮釋）。

二、評量科學探究實作

科學探究實作評量應符應十二年國教課綱之「自發」、「互動」及「共好」的核心素養做為發展之主軸（教育部，2014）。據此，評量內容的選擇應設定特定的情境脈絡使學生融入，設計與實施要貫徹探究與實作精神，評估科學素養。

是以評估學生在科學探究實作的歷程，需要適當的標準區辨學生的表現。評量標準可分為內容標準和表現標準，而標準的設置為一系列建立標準與決斷分數的過程。內容標準為學生被期望應具備的學科領域的知識，而表現標準則是將上述的內容標準進行能力之劃分（Cizek, Bunch, & Koons, 2004；謝進昌，2010）。換言之，設定評量標準能以不同等級區分能力之差異，用以確認學生的學習成就水準。Cizek 與 Bunch（2007）確認評量設定流程為澄清測驗目的、訂定表現標準、建立表現標準描述、選擇及訓練標準設定成員執行、標準設定、形成切截分數。在標準設定的過程中，最重要的考量就是測驗目的，它反映「設定這些標準的目的為何？」和「是否有需要設定通過標準？」。在此流程階段所確認之目的也會影響到表現標準的選擇及標籤命名等後續之流程。在訂定表現標準上，應考量學科特性，並劃分適當數量的表現水準標籤

（Performance Level Labels, PLLs），以臺灣國中教育會考為例，將標準命名與劃分為精熟、基礎及待加強三個類別，區分學生能力之差異。接著，決策者在每一個水準標籤下定義實質內涵，界定出期望各個等級下學生應具備的能力各自為何，Cizek 與 Bunch（2007）稱為表現水準描述（Performance Level Description, PLD）。

近年科學教育領域倡導探究與實作，而國內、外有多名學者針對探究能力評量進行相關研究。Liu、Lee 和 Hofstetter（2008）以知識整合評量指標（Knowledge integration Scoring Rubrics）對複雜的科學推理（Science Reasoning）區分成七個層次。知識整合架構的定義為學生對科學現象，情境和

抽象描述進行添加，區辨，評估和分類的過程，並且著重於學生如何處理有關多種和衝突的科學現象，藉此發展新概念，以及將新概念與原有的概念連結，形成更有規範和一致的知識理解及論證。張志康和邱美虹（2009）以科學理論結構的模型為基礎，發展建模能力分析指標（Modeling Ability Analytic Index）將學生的建立模型能力區分成六個層次，包括經驗反應、單一因素、多重因素、關係、延伸關係到科學理論。張珮珊、賴吉永和溫嫩純（2017）強調科學論證的主張—證據關係，發展基於證據的科學論證，並透過論證寫作評分表評量其論證表現。林小慧和吳心楷（2019）綜合課綱及文獻整理暨徵詢學科專家與現職教師的意見，發展符合十二年國教課綱探究能力之評量架構，涵蓋「觀察與定題」、「計畫與執行」、「分析與發現」及「推理與論證」，提供一項讓科學教師易於對評量結果詮釋和理解，評估學生科學探究與實作之學習狀況的評量架構。本研究透過上述文獻所探討的科學探究能力評量架構，訂定出推理論證、建立模型、計畫與執行及分析與發現的探究能力評量標準。

表 貳-2 國內、外評量科學探究能力整理表

研究學者	探究能力	表現水準描述依據	層次數
Liu、Lee 和 Hofstetter (2008)	推理論證	知識整合架構	7
張志康和邱美虹 (2009)	建立模型	科學理論結構的模型	6
張珮珊、賴吉永和溫嫩純 (2017)	科學論證	科學論證架構	5
林小慧和吳心楷 (2019)	觀察與定題 計畫與執行 分析與發現 推理與論證	十二年國教 自然科學領綱	3

第四節 遺傳法則教學探討

十二年國教自然科學領域課綱學習內容指示第四學習階段（國中）應學習孟德爾遺傳研究的科學史（Ga-IV-6），包括孟德爾進行豌豆雜交試驗，從數據中找出子代中表現顯性、隱性性狀的個體數有特定比例。孟德爾以成對遺傳因子及顯性、隱性觀點解釋試驗結果。不涉及分離律及獨立分配律。於第五學習階段（高中）應學習孟德爾遺傳法則中，性狀與遺傳因子之關係（BGa-Vc-1）、孟德爾遺傳法則的延伸（BGa-Vc-2）和孟德爾依據實驗結果推論遺傳現象的規律性（BMb-Vc-2）。其中包括說明孟德爾遺傳法則中的遺傳因子，是藉由性狀推論出來的抽象名詞，搭配說明孟德爾的遺傳實驗過程，以了解孟德爾實驗設計的思考過程，並探討遺傳法則的推論歷程，讓學生能體認生物的遺傳現象具有規律性，並可用科學方法加以探討，實驗結果可以數學模式解釋。以 ABO 血型為例，說明共顯性遺傳與複等位基因遺傳，以及透過人體的膚色為例，說明多基因遺傳，但不涉及計算。此部分的學習內容可與次主題「生殖與遺傳」整合，以達到概念的完整性。

國中七年級自然科學課本南一版（2020）將遺傳單元分成孟德爾的遺傳法則、基因與遺傳、人類的遺傳、突變，以及生物技術共 5 個小節；高中基礎生物學南一版本（2019）將遺傳單元分成染色體與細胞分裂、性狀的遺傳、遺傳物質，以及基因轉殖技術及其應用共 4 個小節。整理國、高中生物遺傳概念可發現高中基礎生物學將細胞分裂規劃在遺傳單元，而國中七年級自然科學則是規畫在生殖單元；高中基礎生物學銜接國中生物所學之遺傳概念，對遺傳概念深入的介紹，例如：孟德爾遺傳法則從單性狀遺傳到雙性狀遺傳；中間型遺傳、多基因遺傳與性聯遺傳；從分子的層次學習遺傳，包括 DNA 複製、中心法則等。國中教科書有 2 個實作活動，「認識人類性狀」實作為學生觀察班上同學的外顯性狀，連結性狀概念；「血型遺傳模擬」實作為透過情境模擬，連

結遺傳因子概念，並探討性狀遺傳是否符合孟德爾的遺傳法則，高中的教材篇幅著墨於概念知識的傳遞，無相關的實作活動。

文獻指出遺傳學是多數老師覺得難教、學生覺得難學的單元（楊坤原、張賴妙理，2004）。Chu（2008）認為遺傳學複雜的本質導致學生難以理解可歸納為四個層次如圖貳-9所示，分別為巨觀、微觀、分子與符號。巨觀層次又稱生物體層次，為可視且有形體的，可藉由生活經驗、直接觀察等方式學習；微觀層次又稱為細胞層次，接續巨觀層次所學，在微觀層次通常受於肉眼限制，必須藉由顯微或其他方式進行觀察；分子層次又稱為生物化學層次，分子層次無法被觀察，必須要藉由學生的想像；符號層次又稱為表徵層次，學生藉由符號、公式、數學變項或是繪圖進行表達。由於微觀、分子與符號三個層次的物體或是過程難以被直接觀察，在許多案例，學生很難從巨觀的層次拓展到其他的層次。以孟德爾的遺傳法則為例，學生能藉由直接觀察得知豌豆的親代與子代的外顯性狀，然而根據研究者教學經驗，許多學生會遇到困難通常是將觀察到的結果與遺傳因子（等位基因）與符號表示顯隱性因子結合。

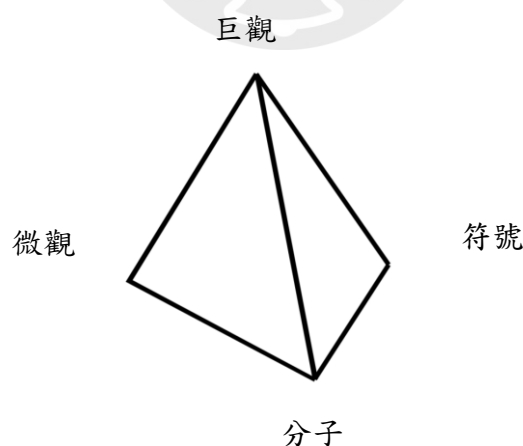


圖 貳-9 遺傳學的四個層次

資料來源：Chu（2008）

楊坤原、張賴妙理（2004）建議透過實際的問題解決提供學生學習並應用遺傳學概念的機會，以便從中探知學生對概念的了解。十二年國教自然科學課

綱（2018）強調探究與實作，引導學生習得科學探究能力、養成科學態度，以獲得對科學知識內容的理解與應用能力。現今國中教科書於遺傳學單元以敘述科學知識為先，再進行實作與所學知識概念連結，而高中則無任何實作，本研究期望以學生在單性狀遺傳法則的先備知識，透過探究與實作的學習方式在 ILS 中逐步的自主地對雙性狀遺傳法則進行建模，以科學探究的經歷孟德爾探究遺傳法則的歷程，學習雙性狀遺傳法則。



第參章 研究方法

本研究目的為初探以 Go-Lab 系統發展與實施遺傳法則概念的科學探究實作評量，採用量化設計之方法進行資料蒐集、整理與分析。所蒐集的資料有：

「遺傳法則成就測驗前測與後測」、「科學探究實作評量」和「Go-Lab 系統科技接受問卷」。本章共分六節，第一節為實作評量設計與實施流程、第二節為研究對象、第三節為研究架構、第四節為研究工具、第五節為應用科學探究實作評量標準，以及第六節資料分析。

第一節 實作評量設計與實施流程

本實作評量透過 Go-Lab 供應的應用程式和線上實驗室等元件，建置探究式學習空間 (Inquiry Learning Space, ILS)，學生能以 3C 載具進行探究式學習並同時進行本實作評量，ILS 使用者操作介面詳見附錄一。符應十二年國教課綱之「自發」、「互動」及「共好」的核心素養做為發展之主軸 (教育部，2014) 於探究式學習空間設定學術探究的情境脈絡使學生融入，經歷科學家研究大自然與基於證據提出解釋等的方法。

實作評量架構 (圖參-1) 依據〈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〉學習表現之探究能力，包括：計劃與執行、分析與發現、推理論證、建立模型，以及第四階段與第五階段有關遺傳法則的學習內容編製。學生基於國中生物的遺傳法則先備知識與探究能力，沉浸在科學探究實作評量所設定的學術情境，反轉教與學的流程，從科學探究實作評量當作起點，學生能整合先備知識與探究能力，透過實作經驗建構證據為本的科學模型，促進學生對高中遺傳法則之雙性狀雜交、分離律及獨立分配律概念理解和學習成效。

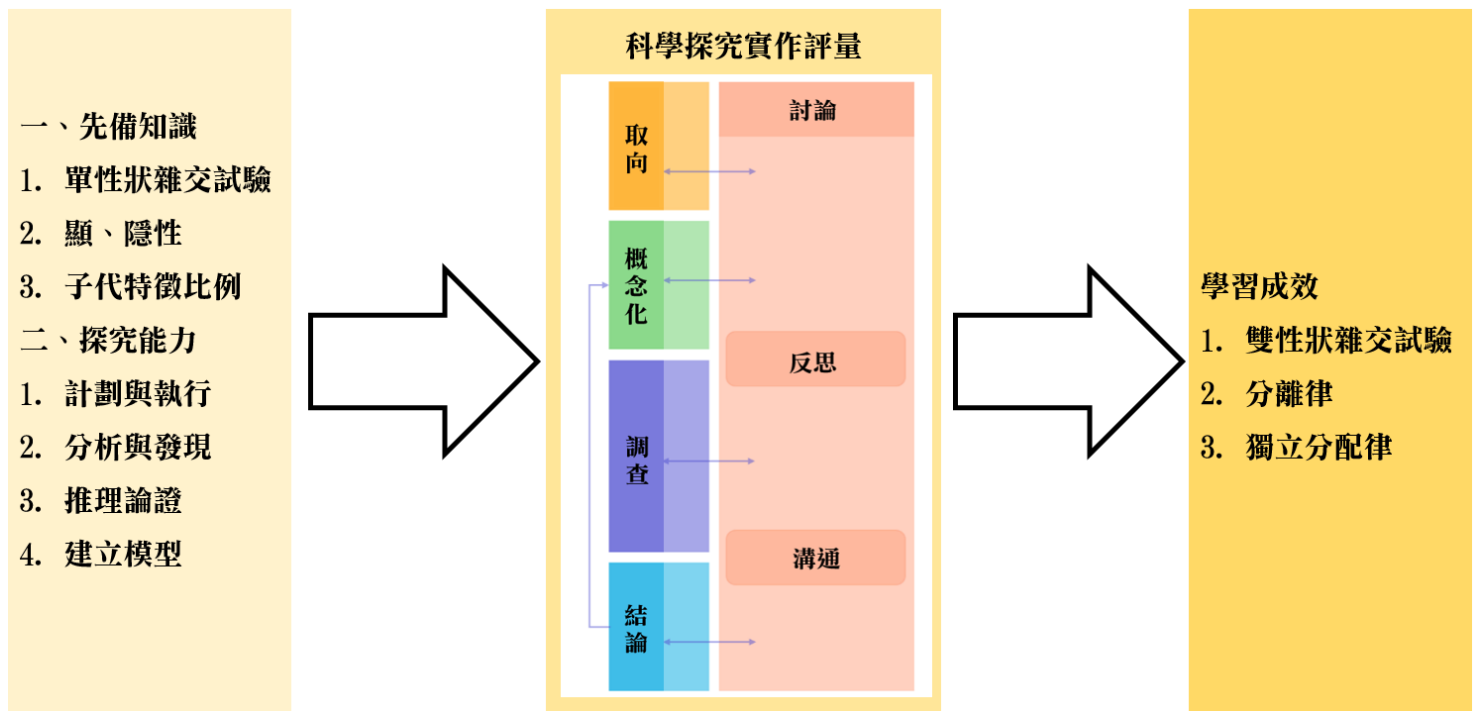


圖 參-1 科學探究實作評量架構圖

一、科學探究實作評量設計

本實作評量建置於 Go-Lab 系統，學生以 3C 載具進行探究式學習並同時進行本實作評量，依據〈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〉學習表現之探究能力，包括：計劃與執行、分析與發現、推理論證、建立模型，以及第四階段與第五階段有關遺傳法則的學習內容編製，包括：單性狀雜交試驗、顯隱性、子代特徵比例、雙性狀雜交試驗、分離律及獨立分配律。根據探究活動架構（圖參-2）的五個階段（Pedaste, et al, 2015），分成七個探究步驟，分別為：動物觀察室、設計探究顯隱性的實驗、探究兔子性狀顯隱性、雙性狀遺傳、雙性狀遺傳假設、探究雙性狀遺傳法則、結論與討論。本實作評量總題數有 11 項建構反應題，其中問題 1-1 為暖身問題，提供學生熟悉 Go-Lab 之操作，正式計分的題目為問題 2-1 至問題 6-2 共 10 題，題目如附錄二所示。每一題皆從先備知識與探究能力為基礎，進行科學探究活動，總分越高代表學習者的整體探究能力越好。

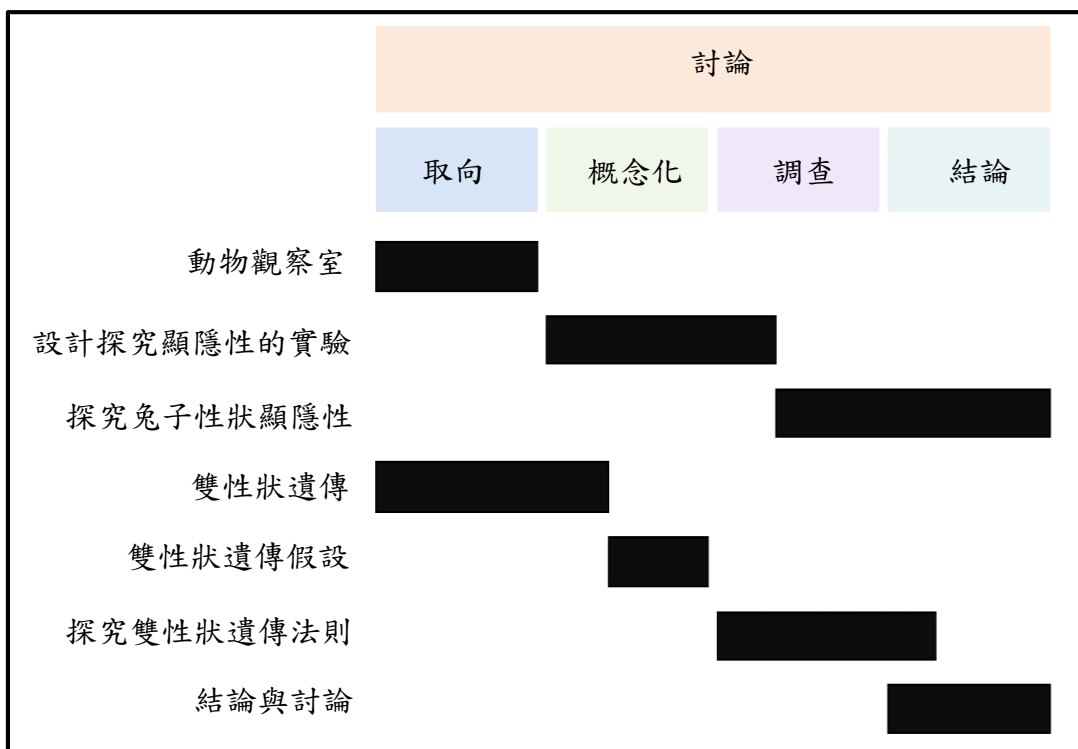


圖 參-2 探究活動階段與本實作評量七個探究步驟架構圖

本實作評量內以 Go-Lab 系統供應之兔子遺傳實驗室 (Collaborative Rabbit Genetics Lab) 進行模擬式實驗 (圖參-3)，提供學生進行科學探究的環境。學生能夠透過兩個實驗視窗進行毛色為白色和黑色，以及耳朵為直耳和垂耳的兔子進行雜交試驗。此虛擬實驗室能讓學生自由的選擇欲進行生殖的兔子性狀及特徵進行試驗，以滑鼠指標拖曳左方欄位任意兩隻兔子到親代 (Parents) 的空位後，點下繁殖 (Breed) 按鈕，即能模擬親代每次產下固定數量 5 隻子代。透過下方橘色方框，觀察子代的性狀特徵，得知遺傳結果。此外，下方有表格能即時的紀錄下各個特徵兔子的數量或百分比。欲清除記錄和表格數據，按下左下方重置按鈕，即可初始化虛擬實驗室。如圖參-4 所示，本實作評量於探究兔子性狀顯隱性和探究雙性狀遺傳法則兩個階段皆設置虛擬實驗室，提供學生進行模擬式實驗的環境。

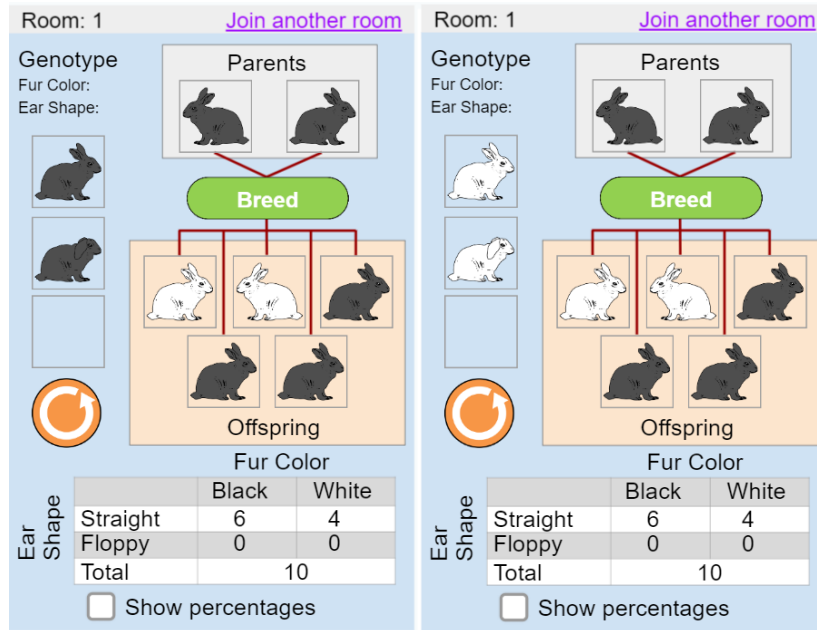


圖 參-3 兔子遺傳實驗室操作介面

資料來源：Go-Lab (<https://www.golabz.eu/>)

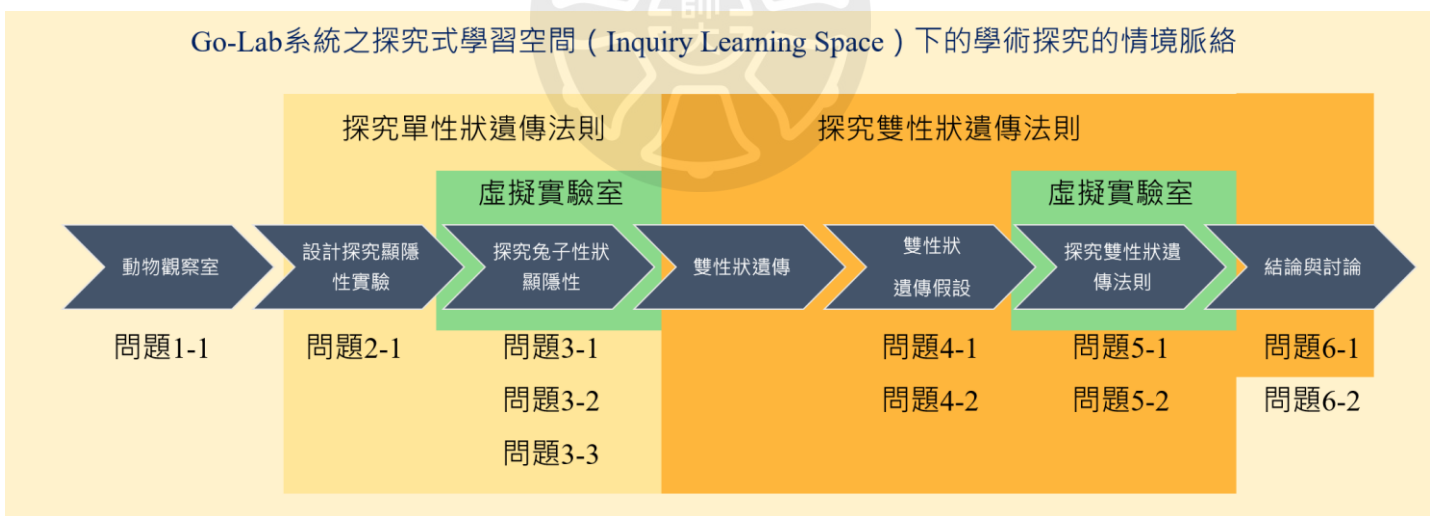


圖 參-4 ILS 實作評量流程與設置虛擬實驗室之階段

本實作評量利用雙向細目表分析實作評量的內容效度（表參-6、表參-7），再委請一位大學和碩士學歷為生物領域背景的臺灣師範大學科學教育所博士生和一位教學年資5年且學歷為國立彰化師範大學生物系碩士國中生物教師進行專家效度評鑑與修訂。

表參-1 實作評量題目與探究能力雙向細目表

步驟	題號	探究能力			
		計劃與執行	分析與發現	推理論證	建立模型
動物觀察室	1-1	✓			
設計探究顯隱性的實驗	2-1	✓			
	3-1	✓			
探究兔子性狀顯隱性	3-2		✓	✓	
	3-3		✓	✓	
雙性狀遺傳	無				
雙性狀遺傳假設	4-1		✓		
	4-2		✓		✓
探究雙性狀遺傳法則	5-1	✓			
	5-2		✓	✓	
結論與討論	6-1		✓		✓
	6-2				✓

表 參-2 實作評量題目與遺傳法則概念雙向細目表

步驟	題號	遺傳法則概念					
		單性狀雜交試驗	顯隱性	子代特徵比例	雙性狀雜交試驗	獨立分配律	分離律
動物觀察室	1-1		✓				
設計探究顯隱性實驗	2-1	✓	✓	✓			
	3-1	✓	✓	✓			
探究兔子性狀顯隱性	3-2	✓	✓	✓			
	3-3	✓	✓	✓			
雙性狀遺傳	無						
雙性狀遺傳假設	4-1		✓	✓	✓	✓	✓
	4-2		✓	✓	✓	✓	✓
探究雙性狀遺傳法則	5-1		✓	✓	✓	✓	✓
	5-2		✓	✓	✓	✓	✓
結論與討論	6-1		✓	✓	✓	✓	✓
	6-2	✓	✓	✓	✓	✓	✓

本實作評量強調探究與實作，根據十二年國教自然科學領綱（教育部，2018）之探究能力學習表現設計。學生在探究式學習空間所設定之學術情境脈絡，藉由「計畫與執行」單性狀遺傳法則的實驗設計與蒐集資料，再經「分析與發現」和「推理論證」對性狀的顯隱性形成解釋；透過學習空間內的圖文引導，藉由棋盤方格法初步「分析與發現」兩個類型的雙性狀遺傳法則而後「建立模型」。並藉由「計畫與執行」模擬式實驗蒐集資料，經「分析與發現」和

「推理論證」對資料與前向所敘述之兩個類型的雙性狀遺傳模型進行驗證何者符合模擬的情形，最後再次對雙性狀遺傳法則的科學模型建模，並對於此模型的優點和限制進行論述。如表參-3 所示，10 題建構反應題共對應 7 項探究子能力。

表 參-3 科學探究實作評量對應課綱之探究能力

題號		對應課綱之探究子能力
2-1	計劃與執行 pe-IV-1	能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（例如：設備、時間）等因素，規劃具有可信度（例如：多次測量等）的探究活動。
3-1	計劃與執行 pe-IV-2	能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。
3-2	分析與發現 pa-IV-2	能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。
	推理論證 tr-IV-1	能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。
3-3	分析與發現 pa-IV-2	能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。
	推理論證 tr-IV-1	能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。

4-1	分析與發現 pa-IV-1	能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。
4-2	分析與發現 pa-IV-2	能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。
	建立模型 tm-Vc-1	能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象，進而了解模型有其局限性。
5-1	計劃與執行 pe-IV-2	能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。
5-2	分析與發現 pa-IV-2	能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。
	推理論證 tr-IV-1	能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。
6-1	分析與發現 pa-IV-2	能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。
	建立模型 tm-Vc-1	能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象，進而了解模型有其局限性。
6-2	建立模型 tm-IV-1	能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。

二、實作評量實施流程

實作評量實施前，學生已經學過 12 年國教課綱第四學習階段有關「孟德爾遺傳研究的科學史」和「豌豆單性狀雜交試驗」的概念，例如：如何從數據中找出子代中表現顯性、隱性性狀的個體數有特定比例，並說明孟德爾如何以成對遺傳因子及顯、隱性觀點解釋試驗結果。

實作評量實施前，研究者將探究式學習空間（ILS）之基本操作，包括：輸入班級座號作為登入帳號、ILS 的使用者操作介面。再藉由探究活動第一階段「動物觀察室」（圖參-5）作為 ILS 操作之練習，不予計分，並請學生藉由文字敘述和圖片的指示，於測驗應用程式空白輸入處進行填答，如圖參-6。



圖參-5 練習實作「動物觀察室」之 ILS 畫面

練習探究活動第一階段「動物觀察室」作為 ILS 操作結束後，立即開始科學探究實作評量，依序完成「設計探究顯隱性的實驗」、「探究兔子性狀顯隐性」、「雙性狀遺傳」、「雙性狀遺傳假設」、「探究雙性狀遺傳法則」及「結論與討論」六個階段，實作評量共有十項建構反應題。

首先，學生應就觀察到兔子的性狀特徵進行雜交試驗的實驗設計，並在下方報告應用程式空白處填答實驗流程與設計。接著使用兔子遺傳實驗室根據已設計的實驗流程進行模擬式的實驗，並且於表格應用程式（圖參-7）詳實地記錄實驗結果，根據實驗結果進行分析與推理論證形成解釋，完成單性狀雜交試驗的科學探究實作。



圖 參-6 ILS 能透過報告應用程式即時讓學生填答其建構反應



圖 參-7 ILS 能透過表格應用程式即時讓學生填答其建構反應

雙性狀遺傳法則核心概念為當不同的遺傳特徵的等位基因進入配子時，是獨立而不互相干擾的，因此每一個遺傳因子進入配子時就如同在單一性狀雜交試驗，是由機率來決定的。有鑑於此，學生可經由單性狀試驗的相關先備經驗，以及藉由 ILS 中「雙性狀遺傳假設階段」的圖文之引導（如圖參-8）雙性狀遺傳可能的兩種預測模型，進行初步的模型建立；並於下一個階段「探究雙

性狀遺傳法則」以模擬式虛擬實驗室模擬兔子繁殖與遺傳表現，進行雙性狀雜交實驗，再經由分析、推理、論證及建立模型等探究能力，完成雙性狀遺傳法則的探索與模型描述。

動物房觀察室
設計探究顯隱性的實驗
探究兔子性狀顯隱性
雙性狀遺傳
雙性狀遺傳假設
探究雙性狀遺傳法則
結論與討論

我們好奇：如果繁殖時考慮兩個性狀，分別為毛色(遺傳因子以A、a表示)與耳朵形態(遺傳因子以B、b表示)，遺傳的情形會如何呢？是否會有規則？

親代由「一純品系黑毛直耳兔子」與「一純品系白毛彎耳兔子」產下一子代兔子，請推理出精子、卵子以及子代的遺傳因子組合與性狀。

AABB aabb **親代**

精子 (??) 卵子 (??)

子代 (??)

動物房觀察室
設計探究顯隱性的實驗
探究兔子性狀顯隱性
雙性狀遺傳
雙性狀遺傳假設
探究雙性狀遺傳法則
結論與討論

AABB aabb **親代**

精子 AB 卵子 ab

第一子代 AaBb

假設一

	AB	ab
AB		
ab		

假設二

	AB	Ab	aB	ab
AB				
Ab				
aB				
ab				

根據預測一，利用棋盤方格法，推測第二子代的遺傳因子組合。

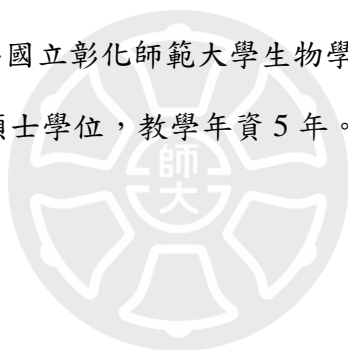
圖 參-8 ILS 能嵌入圖檔與文字敘述提示學生



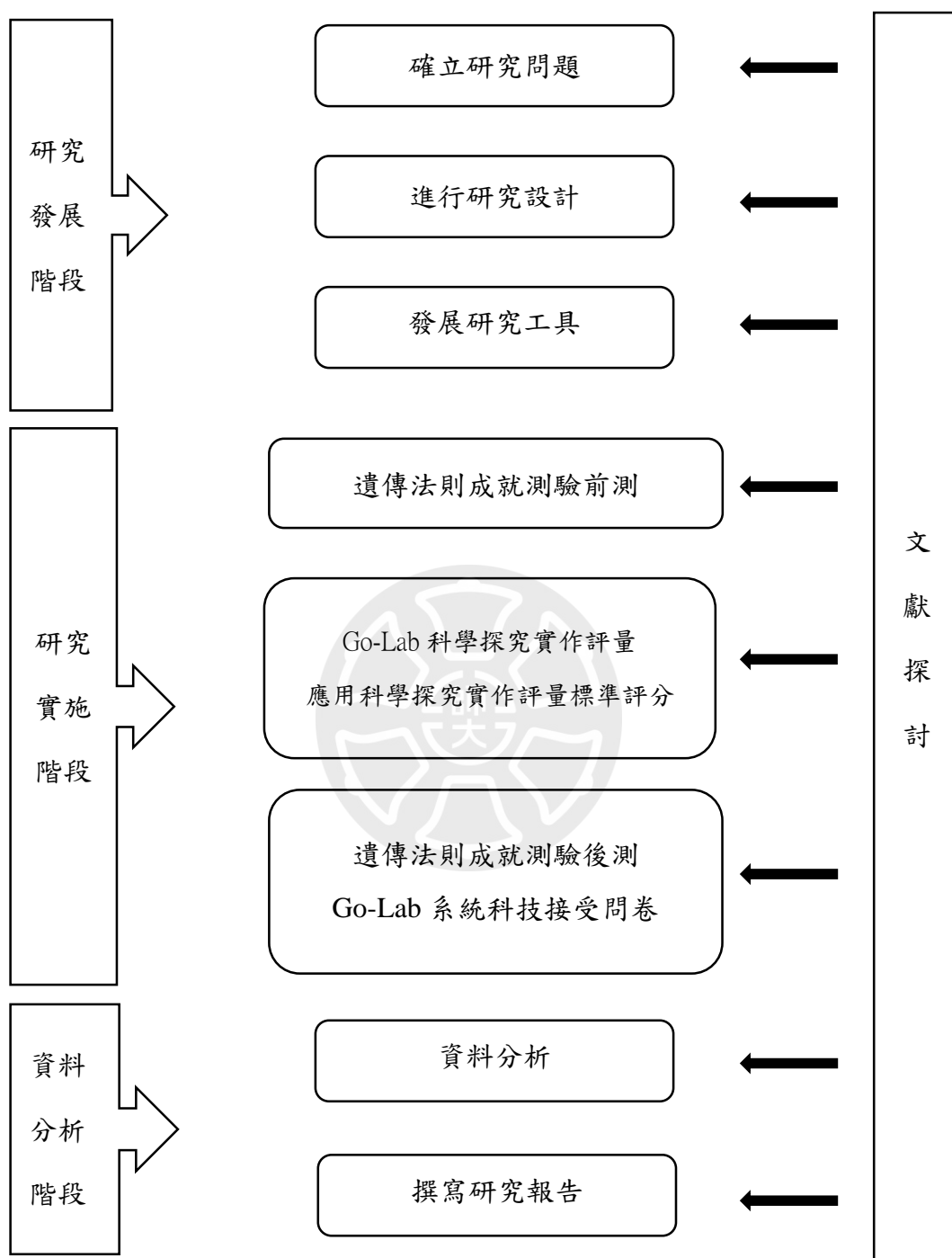
第二節 研究對象

對象為研究者的學生，為新北市板橋區七年級數理資優生共 41 人，由研究者與同儕教師，共 2 位教師分別將學生安置在兩間電腦教室，引導學生使用 ILS 進行科學探究實作評量。41 位學生均通過新北市鑑輔會鑑定之具數學或自然學術性向資賦優異潛能之學生，安置在數理資優資源班。學生平時分散在各個普通班，接受資優資源班的自然科抽離式課程，學生對自然科學學習具有高動機，已經具備第四學習階段的遺傳法則知識概念，瞭解豌豆單性狀雜交實驗的實驗推理脈絡。

教師分別為研究者與同儕教師 L 師，研究者畢業於國立臺灣師範大學生命科學系，於國中的教學年資 3 年，在 107 年進入國立臺灣師範大學科學教育研究所進修碩士學位；L 師為國立彰化師範大學生物學系畢業，於 103 年取得國立彰化師範大學生物學系碩士學位，教學年資 5 年。



第三節 研究架構



第四節 研究工具

本節說明本研究發展之實作評量藉由「科學探究實作評量標準」的探究能力表現水準標籤（PLLs）與對應之表現水準描述（PLD）將學生之建構反應作答轉為量化分數，並採用「遺傳法則成就測驗」了解學生的遺傳法則之學習成就，以及「Go-Lab 系統科技接受問卷」蒐集學生對於以 Go-Lab 做為科學探究與學習之認知有用、認知易用、使用態度和使用意向等。

一、科學探究實作評量標準

評量標準依據十二年國教新課綱揭示探究能力之次能力包括：計劃與執行、分析與發現、推理論證及建立模型等四項探究能力，操作型定義如下：

1. 計劃與執行（pe）：能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試，根據問題特性、資源，規劃具有可信度的探究活動。能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。
2. 分析與發現（pa）：能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋。
3. 推理論證（tr）：能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯(推理)，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性(論證)。
4. 建立模型（tm）：能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用例如：「比擬或抽象」的形式來描述一個系統化的科學現象。能評估不同模型的優點和限制。

分析與發現的第二項子能力為能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋。又課綱內將推理論證和建立模型定義為思考

智能，因此藉由所得的實驗數據形成解釋之命題，將由分析與發現第二項子能力，以及推理論證或建立模型同時進行評定。

實作評量標準之表現由十二年國教新課綱探究能力、推理知識整合、建模能力指標、科學探究能力之標準表現（Liu, Lee, Hofsetter, Linn, 2008；張志康、邱美虹，2009；教育部，2015；林小慧、吳心楷，2019）建構探究能力表現水準標籤（PLLs）與對應之表現水準描述（PLD），依序為進階、精熟、基礎及待加強，以量化分數表示分別為4、3、2、1，如表參-4所示。

表 參-4 科學探究與實作評量標準

次能力	子能力說明	水準標籤	表現水準標籤
計劃與執行	能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試，根據問題特性、資源，規劃具有可信度的探究活動	進階	辨明的變項 <u>完整</u> ，能 <u>完整地及適當地</u> 規劃具有可行性和有可信度的探究活動，欲蒐集的資料能驗證變項之間的關係。
		精熟	辨明的變項 <u>完整</u> ，能 <u>適當地</u> 規劃具有可行性或有可信度的探究活動，欲蒐集的資料能驗證變項之間的關係。
		基礎	辨明的變項 <u>不完整</u> ，能 <u>適當地</u> 規劃具有可行性或有可信度的探究活動，但欲蒐集的資料不足以驗證變項之間的關係。
		待加強	無法辨明自變項與應變項，規劃的探究活動不具有可信度且不可行。
	能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀	進階	能正確安全操作科學工具，和能進行客觀的及 <u>詳實地</u> 記錄。
		精熟	能正確安全操作科學工具，和能進行客觀的記錄。

	的質性觀察或數值量測並詳實記錄。	基礎	能正確安全操作部份的科學工具，和能進行客觀的 <u>部分地</u> 紀錄。
		待加強	無法正確安全操作科學工具，且無法進行客觀的記錄。
分析與發現	能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。	進階	挑選 <u>完整的及適當的</u> 資料數據以利驗證探究問題，能利用圖表、資訊、數學整理完整的資料數據。
		精熟	挑選 <u>適當的</u> 資料數據以利驗證探究問題，能利用圖表、資訊、數學整理資料數據。
		基礎	挑選資料數據與探究問題有部分相關，但無法完整的驗證探究問題。能利用圖表、資訊、數學整理部分的資料數據。
		待加強	挑選的資料數據與探究問題無關，且無法整理資訊。
建立模型	能評估不同模型的優點和限制	進階	能覺察模型 <u>完整的</u> 優點 <u>和</u> 限制
		精熟	能覺察模型 <u>部分的</u> 優點 <u>和</u> 限制
		基礎	能覺察模型部分的優點 <u>或</u> 限制
		待加強	無法察覺模型的優點與限制
分析與發現	1.能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從(所得的)資訊或數據，形成解釋 2.能將所習得的知識正確的連結到所	進階	能從資訊或數據形成 <u>完整的</u> 解釋，並將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象或實驗數據，推論出其中的關聯，而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。
		精熟	能從資訊或數據形成 <u>適當的</u> 解釋，並將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象或實

、 推 理 論 證	觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯(推理)，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性(論證)。		驗數據，推論出其中的關聯，而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。
		基礎	能從資訊或數據形成 部分的解釋 ，並將所習得的部分知識的連結到所觀察到的自然現象或實驗數據，並推論出其中的關聯。
		待加強	能從資訊或數據形成部分的解釋，但無法將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象或實驗數據，並推論出其中的關聯。
分 析 與 發 現 、 建 立 模 型	1.能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從(所得的)資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。 2.能依據科學問題自行運思或經由合作討論來建立模型，並能使用例如：「 模擬或抽象 」的形式來描述一個系統化的科學現象。	進階	能從資訊或數據形成 完整的解釋 ，並將多個因素關係間的概念作進一步延伸抽象的反應。
		精熟	能從資訊或數據形成 適當的解釋 ，反應出兩種以上與理論相關的因素，並能說明因素間的關係、交互作用或影響。
		基礎	能從資訊或數據形成 部分的解釋 ，反應出兩種以上與理論相關的因素，但無論及因素間的關係
		待加強	能從資訊或數據形成部分的解釋，無法或只反應出一種與理論相關的因素。

研究者與同儕教師進行 PLLs 與 PLD 討論取得評分共識後，共同評分 16 份評量的建構反應題，根據探究實作評量 PLLs 與 PLD 進行評分。所評的分數求皮爾遜積差相關係數，進行評分者信度考驗，組內係數 (Intraclass Coefficient) 為 0.716 呈高度相關，於資料分析時採研究者的評分進行探究能力量化分析。

三、遺傳法則成就測驗

本測驗用於學生以 Go-Lab 進行科學探究實作評量之前進行前測，以及實作評量後進行後測。製作測驗前先進行中學遺傳單元概念之文獻探討，並根據〈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〉之學習內容第四階段與第五階段有關孟德爾遺傳法則的概念編製，總題數為 20 題的單一選擇題型。試卷題目分成基礎題與進階題，基礎題評量單性狀雜交試驗與實驗結果解釋，從數據中找出子代中表現顯性、隱性性狀的個體數有特定比例，且不涉及分離律及獨立分配律，共 13 題。進階題評量雙性狀雜交試驗與實驗結果解釋，和分離律及獨立分配律的計算，共 7 題。正確總題數越多，代表學習者的遺傳單元學習成效越高。

本測驗利用測驗概念與基礎及進階題委請兩位專家進行效度審查。其中一位專家為臺灣師範大學科學教育所的博士生，另一位專家為教學年資 6 年國中生物教師，學歷為國立彰化師範大學生物系碩士。

經專家審查內容效度後，前測由 88 位新北市板土區學生，後測由 79 位新北市板土區學生預試，透過庫李信度 (Kuder-Richardson Coefficient) 進行信度考驗。經 SPSS 統計軟體進行信度分析後，前測的庫李信度為 0.820 及後測的庫李信度為 0.724，其係數均大於 0.7，代表評量題目之間的內部一致性與相關性高，正式遺傳法則成就測驗前、後測如附錄三和附錄四。

三、Go-Lab 系統科技接受問卷

本研究欲探討國中生對於使用 Go-Lab 線上探究式學習平臺的探究學習空間 (Inquiry Learning Space, ILS) 進行實作評量的學習活動後之科技接受度。本問卷以 Davis (1989) 所提出的科技接受模型 (Technology Acceptance Model, TAM) 為基礎，調查學生之科技接受模式。採用李克特五點量表依照非常同意、同意、不確定、不同意、強烈不同意之順序，分別給予 5、4、3、2、1 分所建構之問卷，各構面的得分愈高，代表其科技接受度愈高。本問卷以 Davis

(1989) 提出 TAM 之四項構面包括：認知有用性、認知易用性、使用態度、使用意向，各構面的操作型定義如下所述：

1. 認知有用性(Perceived Usefulness, PU)：以 Davis (1989) 之定義，此構面欲了解使用者預期的主觀認為使用 ILS 能夠提升其工作表現。
2. 認知易用性(Perceived Ease of Use, PEU)：以 Davis (1989) 之定義，此構面欲了解使用者認為使用 ILS 能夠不費身心的努力程度。
3. 使用態度(Attitude Toward Using, AU)：以 Davis (1989) 之定義，此構面欲了解使用者對 ILS 行為表現感到正面或負面的感受。
4. 使用意向(Behavioral Intention to Use, BU)：以 Davis (1989) 之定義，此構面欲了解使用者對於使用 ILS 行為意圖強度。

本問卷委請三位相關領域專家評估問卷內容，再根據專家之建議進行修訂。回收專家效度問卷後，保留「適用」與「修正後適用」之題項；若有專家認為應「整題刪除」，則與專家討論確認是否去除不用。本問卷專家修正意見表如表參-5、效度問卷如附錄五和正式問卷如附錄六。最終總題數為 21 題，並設有 2 題反向題。

表 參-5 初擬 Go-Lab 系統科技接受問卷專家修正意見表

構面	題號	專家意見	結果
認 知 有 用 性 PU	1	無	適用
	2	無	適用
	3	無	適用
	4	ILS 提供豐富的學習資源及補充教材，「能」提高我的學習成效。	修正後適用
	5	無	適用
認 知	6	我覺得 ILS 中的各項功能「是清楚且」容易理解使用的。	修正後適用
	7	我覺得 ILS 之中的各項小工具是「容易」使用的。	修正後適用

易用性 PEU	8	建議反向題可以考慮刪除。	刪除
	9	無	適用
	10	我「可以」很容易記住如何使用 ILS 執行任務。	修正後適用
	11	無	適用
	12	建議反向題可以考慮刪除。	刪除
	13	建議反向題可以考慮刪除。	刪除
	14	科學學習，看整份問卷是否要一致。	修正後適用
使用態度 AU	15	無	適用
	16	無	適用
	17	無	適用
	18	無	適用
	19	無	適用
	20	無	適用
	21	無	適用
使用意向 BU	1	「身為學生」，我「會」考慮使用 ILS 學習科學。	修正後適用
	2	無	適用
	3	無	適用

依據專家意見修正後，編製出預試問卷，以紙本問卷之形式呈現，給予新北市曾經使用過 ILS 的 54 位國中生進行預試。其中預試問卷資料的四個構面，透過 Cronbach's α 係數進行信度考驗，檢驗問卷中各向度之內部一致性， α 值愈接近 1 則表示信度良好。本研究以 α 值大於 0.7 即為可信 (Mallery & George, 2003)。經 SPSS 統計軟體進行信度分析後，如表參-6 所示，各向度之 α 值皆大於 0.9，顯示本問卷各向度具有良好的內部一致性。

表 參-6 Go-Lab 系統科技接受問卷預試信度分析表

構面	題數	α	是否可信
認知有用性	5	0.911	是
認知易用性	6	0.929	是
使用態度	7	0.905	是
使用意向	3	0.902	是



第五節 應用科學探究實作評量標準

本研究發展的遺傳法則的科學探究實作評量之探究能力，包括計劃與執行、分析與發現、推理論證及建立模型等四項探究能力。科學探究實作評量標準應能評量上述四項探究能力，本評量標準探究能力表現水準標籤（PLLs）依序為進階、精熟、基礎及待加強，以量化分數表示分別為4、3、2、1，每一項探究能力之子能力均有對應之表現水準描述（PLD）。

十二年國教課綱中分析與發現的第二項子能力敘述為「為能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋」，又課綱將推理論證和建立模型定義為思考智能，因此本實作評量中涉及所得實驗數據形成解釋之命題，表現水準描述同時考量分析與發現與思考智能兩項探究能力。

（一）應用規劃與執行的評量標準

規劃與執行包含「能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試，根據問題特性、資源，規劃具有可信度的探究活動」和「能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄」兩項子能力。

以問題 2-1 為例（表參-7），設計判別性狀顯、隱性的實驗，進階 PLD 「辨明的變項完整」應於實驗設計中辨明「親代、子代」和「性狀特徵」兩項變項，且實驗流程中應包含重複試驗，以求探究活動的可信度，並且完整的敘述實驗操作的流程，才屬於進階的 PLD 「能完整地及適當地規劃具有可行性和有可信度的探究活動，欲蒐集的資料能驗證變項之間的關係」；因此，若是可信度欠缺或實驗操作流程不完善，則屬於「精熟」。

以問題 4-1 為例（表參-8），進階 PLD 「能進行客觀的及詳實的記錄」應記錄實驗數據，應包含實驗次數、變項名稱、數量、數量等；倘若只有百分比或比例等部分紀錄，且沒有提及樣本數，即判定為精熟的 PLD 「能進行客觀的

記錄」。若是只提及部分的數字或質性描述，即為基礎的 PLD，而未應答或是紀錄與實驗數據無關，則屬於待加強的 PLD。

(二) 應用分析與發現的評量標準

以問題 4-1 為例（表參-9），將 ILS 提示的預測一與預測二兩種模型進行分析，將資料完整的用表格呈現，以及計算出正確的比例，屬於進階的 PLD 「挑選完整的及適當的資料數據以利驗證探究問題，能利用圖表、資訊、數學整理完整的資料數據」，表格或比例部分錯誤，未臻完整，即判定為精熟的 PLD 「挑選適當的資料數據以利驗證探究問題，能利用圖表、資訊、數學整理的資料數據」。



表 參-7 規劃與執行的評量標準範例

問題	學生回答	標準描述對應	分數
2-1	<p>找到 2 色各兩隻不論互相交配幾次所生下的兔子顏色皆相同的兩隻親代兔子，將前 1 步驟得到的親代各取一種毛色的互相交配紀錄兩色的數量和比例(重複以上兩步驟以獲取更多數據)</p> <p>此實驗結果—兔子的毛色理論上會被顯性遺傳因子控制，所以可推斷這批子代表現的毛色是顯性，未表現的則是隱性。(PA727320201)</p>	<p>1. 辨明變項完整。</p> <p>2. 能完整地及適當地規劃具有可行性和有可信度的探究活動，欲蒐集的資料能驗證變項之間的關係。</p>	4
2-1	<p>1.先把黑色兔子與黑色兔子交配，用他們的黑色子代再互相進行交配，直到出現的子代都是黑色為止。</p> <p>2.把黑色改成白色，並重複步驟一(確認純品系)。</p> <p>3.把確認為純品系的黑兔和白兔互相交配，看子代出現什麼顏色，那個顏色就是顯性，而沒出現的就是隱性。</p> <p>(PA727160201)</p>	<p>1. 辨明的變項完整。</p> <p>2. 適當地規劃具有可行性的探究活動，欲蒐集的資料能驗證變項之間的關係。</p>	3
2-1	<p>用純品系的黑色和白色交配，看他們生出來的是什麼顏色，如果是黑色，黑色即是顯性，如果是白色，白色即是顯性。</p> <p>(PA723110201)</p>	<p>1. 辨明的變項不完整。</p> <p>2. 規劃具有可行性的探究活動，但欲蒐集的資料不足以驗證變項之間的關係。</p>	2

表 參-8 執行與規劃的評量標準範例

問題	學生回答							標準描述對應	水準
實驗紀錄	欄1	欄2	欄3	欄4	欄5	欄6	欄7		
列1		繁衍第6次 (30隻)	繁衍第7次 (35隻)	繁衍第8次 (40隻)	繁衍第9次 (45隻)	繁衍第10次 (50隻)	子代出現的基因型		
列2	AABb * AABb	黑直80% 黑垂20%	黑直80% 黑垂20%	黑直77% 黑垂23%	黑直80% 黑垂20%	黑直76% 黑垂24%	AABB AABb AAbb		
列3	AAbb * AAbb	黑垂100%	黑垂100%	黑垂100%	黑垂100%	黑垂100%	AAbb		
列4	AaBB * AaBB	黑直60% 白直40%	黑直50% 白直50%	黑直65% 白直35%	黑直62% 白直38%	黑直60% 白直40%	AABB AaBB aaBB		
列5	AaBb * AaBb	黑直53% 黑垂10% 白垂23%	黑直49% 黑垂9% 白垂21%	黑直45% 黑垂10% 白垂23%	黑直44% 黑垂9% 白垂26%	黑直46% 黑垂10% 白垂34%	AABB AABb AAbb aaBb ...		
列6	Aabb * Aabb	黑垂80% 白垂20%	黑垂73% 白垂27%	黑垂75% 白垂25%	黑垂80% 白垂20%	黑垂77% 白垂23%	AAbb Aabb aabb		
列7	aaBB * aaBB	白直100%	白直100%	白直100%	白直100%	白直100%	aaBB		
列8	aaBb * aaBb	白直80% 白垂20%	白直84% 白垂16%	白直82% 白垂18%	白直80% 白垂20%	白直81% 白垂19%	aaBB aaBb aabb		
列9	aabb * aabb	白垂100%	白垂100%	白垂100%	白垂100%	白垂100%	aabb		
列10	AABB * AABB	黑直100%	黑直100%	黑直100%	黑直100%	黑直100%	AABB		

(PA725360301)

3-1

能進行客觀的及詳實的記錄，
包括實驗次數、數量和百分比。

4

	欄1:純黑直	欄2:純黑垂	欄3:純白直	欄4:純白垂
列1:純黑直	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)
列2:純黑垂	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 0 :100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 0 :100:0:0:0(%)
列3:純白直	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 0 :0:100:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 0 :0:100:0:0(%)
列4:純白垂	黑直:黑垂:白直:白垂 100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 0 :100:0:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 0 :0:100:0:0(%)	黑直:黑垂:白直:白垂 0 :0:0:100:0(%)

3-1

能進行客觀的記錄，包括實驗
次數、數量或百分比。

3

(PA701030301)

毛色:AA(黑)× aa(白)	→	毛色:Aa(黑)
將兩隻純品系的黑白兔子交配，使其產下第一子代，觀察第一子代為什麼顏色		黑色為顯性
耳朵:BB(直)× bb(落下)	→	耳朵:Bb(直)
將兩隻純品系的直耳和落下耳兔子交配，使其產下第一子代，觀察第一子代為直或落下		直為顯性

3-1

能進行客觀的部分紀錄

2

(PA703110301)

毛色基因型/ 耳朵形狀基因型	AA(黑)*aa(白)
BB(直)*BB(直)	AaBB(黑) \ (直)
BB(直)*bb(垂)	AaBb(黑) \ (直)

3-1

無法進行客觀的記錄

1

(PA724280301)

表 參-9 分析與發現的評量標準範例

問題	學生回答	標準描述對應	水準																									
4-1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>預測二</th> <th>AB</th> <th>Ab</th> <th>aB</th> <th>ab</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AB</td> <td>AABB</td> <td>AABb</td> <td>AaBB</td> <td>AaBb</td> </tr> <tr> <td>Ab</td> <td>AABb</td> <td>AAbb</td> <td>AaBb</td> <td>Aabb</td> </tr> <tr> <td>aB</td> <td>AaBB</td> <td>AaBb</td> <td>aaBB</td> <td>aaBb</td> </tr> <tr> <td>ab</td> <td>AaBb</td> <td>Aabb</td> <td>aaBb</td> <td>aabb</td> </tr> </tbody> </table> <p>(PA701060501)</p>	預測二	AB	Ab	aB	ab	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb	<ol style="list-style-type: none"> 1. 挑選完整的及適當的資料數據以利驗證探究問題。 2. 能利用圖表、資訊、數學整理完整的資料數據。 	4
預測二	AB	Ab	aB	ab																								
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb																								
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb																								
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb																								
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb																								
4-1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>預測二</th> <th>AB</th> <th>Ab</th> <th>aB</th> <th>ab</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AB</td> <td>AABB</td> <td>AABb</td> <td><u>AaBb</u></td> <td>AaBb</td> </tr> <tr> <td>Ab</td> <td>AABb</td> <td>AAbb</td> <td><u>AaBb</u></td> <td>Aabb</td> </tr> <tr> <td>aB</td> <td>AaBB</td> <td>AaBb</td> <td>aaBB</td> <td>aaBb</td> </tr> <tr> <td>ab</td> <td>AaBb</td> <td>Aabb</td> <td><u>aaBb</u></td> <td>aabb</td> </tr> </tbody> </table> <p>(PA701030501)</p>	預測二	AB	Ab	aB	ab	AB	AABB	AABb	<u>AaBb</u>	AaBb	Ab	AABb	AAbb	<u>AaBb</u>	Aabb	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb	ab	AaBb	Aabb	<u>aaBb</u>	aabb	<ol style="list-style-type: none"> 1. 挑選適當的資料數據以利驗證探究問題。 2. 能利用圖表、資訊、數學整理資料數據。 	3
預測二	AB	Ab	aB	ab																								
AB	AABB	AABb	<u>AaBb</u>	AaBb																								
Ab	AABb	AAbb	<u>AaBb</u>	Aabb																								
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb																								
ab	AaBb	Aabb	<u>aaBb</u>	aabb																								



(三) 應用建立模型的評量標準

以問題 6-2 為例（表參-10），學生應評估孟德爾遺傳法則的優點及限制，將其優點及缺點進行完整的說明和論述，並修正模型的因素，屬於進階的 PLD 「能覺察模型完整的優點和限制」，將模型的優點及限制進行說明或舉例為精熟的 PLD 「能覺察模型部分的優點和限制」，只能說明模型的優點或限制兩者其中之一為基礎的 PLD 「能覺察模型部分的優點或限制」，未能說明模型的優點或限制為待加強。

(四) 應用分析與發現和建立模型的評量標準

以問題 4-2 與 6-1 為例（表參-11），學生從 ILS 提供的圖文線索建立可能的模型，再透過虛擬實驗驗證後，將模型進行驗證與效化。能敘述雙性狀遺傳法則的顯隱性、分離律及獨立分配律內涵，並將各因素間做連結與延伸形成解釋，屬於進階的 PLD 「能從資訊或數據形成完整的解釋，並將多個因素關係間的概念作進一步延伸抽象的反應」，能部分說明上述概念之內涵，而且能提出因素之間的關聯或交互作用為精熟的 PLD 「能從資訊或數據形成適當的解釋，反應出兩種以上與理論相關的因素，並能說明因素間的關係、交互作用或影響」。僅能部分說明上述概念之內涵，但未能論及因素間的關係為基礎；未能從線索或實驗中反應出遺傳法則的因素形成解釋為待加強。

(五) 應用分析與發現和推理論證的評量標準

以問題 3-2 為例（表參-12），學生從自行設計的實驗流程，再透過虛擬實驗驗證後，推理性狀的顯隱性。能將數據與習得的知識正確的連結形成解釋，並解釋自己論點的正确性，屬於進階的 PLD 「能從資訊或數據形成完整的解釋，並將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象或實驗數據，推論出其中的關聯，而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。」，能將數據與習得的知識正確的連結形成解釋，但論據不夠完整，解釋自己論點的正确性為精

熟的 PLD。僅能進行簡單的形成解釋，未將實驗數據與習得的知識連結，也未能論證為基礎；未能從實驗中推理並形成解釋為待加強。

表 參-10 建立模型的評量標準範例

問題	學生回答	標準描述對應	水準
6-2	不是全部的。實例:人的性染色體會在減數分裂時分離接著在受精時結合。反例:雄蜂製造精子時的染色體是根本體一模一樣。 (PA717020702)	能覺察模型部分的優點和限制	3
6-2	不行。像是蜜蜂就有孤雌生殖，子代基因不一定成雙成對，也因此不適用孟德爾的遺傳法則。 (PA721080702)	能覺察模型部分的優點或限制	2
6-2	不能，因凡事都有例外。 (PA717020702)	無法察覺模型的優點與限制	1

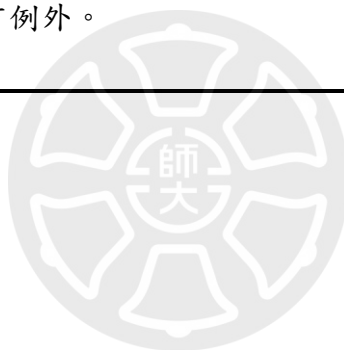


表 參-11 分析與發現和建立模型的評量標準範例

問題	學生回答	標準描述對應	水準
6-1	<p>1.兩種特徵是各自獨立的，互不影響</p> <p>2.在子代要獲取遺傳因子時，也是由親代隨機分離的遺傳因子結合</p> <p>3.在選擇要表現出來的性狀時也是當有顯性遺傳因子時只表現顯性，不表現隱性。例:Aa Bb 會表現出 A B 的特徵</p> <p>(PA707110701)</p>	<p>1. 能從資訊或數據形成完整的解釋</p> <p>2. 多個因素關係間的概念作進一步延伸抽象的反應。</p>	4
4-2	<p>在預測一中遺傳因子毛色顯性耳朵的也是顯性、毛色隱性耳朵的也是隱性。而預測二中遺傳因子是自由配對的 毛色顯性也可以配對到耳朵是隱性的遺傳因子。</p> <p>(PA708350502)</p>	<p>1. 能從資訊或數據形成適當的解釋</p> <p>2. 反應出兩種以上與理論相關的因素，並能說明因素間的關係、交互作用或影響。</p>	3
4-2	<p>預測一毛色和耳朵給的遺傳因子都一致，預測二則是列出所有可能的基因，兩種分配的方式機率不一樣，因為預測一不可能出現黑毛垂耳和白毛直耳。</p> <p>(PA709030502)</p>	<p>1. 能從資訊或數據形成適當的解釋。</p> <p>2. 無關於因素間的關係。</p>	2
4-2	<p>預測一是顯性配顯性，預測二有考慮到顯性配隱性的問題</p> <p>(PA727270502)</p>	<p>無法或只反應出一種與理論相關的因素</p>	1

表 參-12 分析與發現和推理論證的評量標準範例

問題	學生回答	標準描述對應	水準
3-2	由欄 3、列 4 可觀察出黑毛和白毛交配所產的子代黑毛較白毛百分比高，因此判斷顯性為黑毛。由欄 3、列 3 和欄 4、列四可觀察出直耳和垂耳交配所產的子代直耳較垂耳百分比高，因此判斷顯性為直耳。 (PA722350302)	能從數據形成完整的解釋，並將所習得的知識正確的連結到所觀察到的實驗數據，推論出其中的關聯。用習得的知識來解釋自己論點的正确性。	4
3-2	黑色。因為先把黑毛和白毛交配，會發現子代全部都是黑色直耳。因為先把垂耳和直毛交配，會發現子代全部都是直耳 (PA708350502)	能從數據形成適當的解釋，並將所習得的知識正確的連結到所觀察到的實驗數據，推論出其中的關聯。而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。	3
3-2	黑色。2 隻黑毛兔可生出白毛兔垂耳。2 隻直耳兔可生出垂耳兔 (PA708350502)	能從數據形成部分的解釋，並將所習得的部分知識的連結到所觀察到的自然現象或實驗數據，並推論出其中的關聯。	2
3-2	黑色。直耳。 (PA720090302)	能從資訊或數據形成部分的解釋，但無法將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象或實驗數據，並推論出其中的關聯。	1

第六節 資料分析

本研究以前述之實作評量與研究工具進行資料蒐集，使用 IBM SPSS Statistics 23 進行量化資料分析。

學生於實作評量的建構反應作答應用科學探究實作評量標準以探究能力表現水準標籤 (PLLs) 與對應之表現水準描述 (PLD) 進行評分。並依進階、精熟、基礎及待加強順序，以量化分數表示分別為 4、3、2、1 評定每一位學生各建構反應題後，將各項探究能力分別進行敘述統計，了解各項探究能力表現。並透過成對樣本 t 檢驗分析和皮爾森相關性，分析學生在不同問題的探究能力表現。

成就測驗在實作評量開始前與結束後，分別進行前測與後測。將前、後測分數分成「基礎題」、「進階題」及「總分」進行成對樣本 t 檢定，檢視經 Go-Lab 科學探究實作評量的遺傳法則學習成效。並將每一位學生各探究能力次能力與遺傳成就測驗結果進行皮爾森相關分析，了解探究能力與學習成就的相關性。

分別對 Go-Lab 系統科技接受問卷之認知有用性、認知易用性、使用態度、使用意向四個構面進行敘述統計，了解學生對於 Go-Lab 系統科技接受度，以及使用強迫進入法迴歸分析，以路徑分析檢視構面間的適配度，確認科技接受的模型。

第肆章 研究結果與討論

根據第參章的研究方法，對 41 位七年級國中數理資優生進行實作評量施測後，將施測得到的資料分析後，依序從國中生於 Go-Lab 科學探究實作評量之探究能力表現、Go-Lab 科學探究實作評量對國中數理資優生遺傳法則學習成效，以及 Go-Lab 科學探究實作評量之科技接受度說明研究結果與討論。

第一節 學生於 Go-Lab 科學探究實作評量之探究能力表現

本研究以 Go-Lab 的探究式學習空間 (ILS) 發展遺傳法則的科學探究實作評量，並依據十二年國教自然科學領綱的探究能力，包括：計劃與執行、分析與發現、推理論證、建立模型，以及第四階段和第五階段有關遺傳法則的學習內容編製 (教育部，2018)。此評量旨在從科學探究作為起點，整合先備知識與探究能力，促進學生從證據為本的實作經驗，對高中遺傳學之雙性狀雜交、分離律及獨立分配律概念理解與建立科學模型。以下就應用科學探究實作評量標準、學生的探究能力表現結果分析，以及學生探究能力綜合討論進行研究結果說明與討論。

一、學生的探究能力表現結果分析

依據科學探究實作評量標準對研究對象的建構反應題應答進行評分，共有計劃與執行 (pe)、分析與發現 (pa)、推理論證 (tr) 和建立模型 (tm) 等四項探究能力，學生的每項探究能力水準標籤有待加強、基礎、精熟和進階，轉為量化水準分數依序為 1、2、3、4 分。

將學生於科學探究實作評量中每一題進行敘述統計，以了解整體學生在每一題的探究能力表現水準。由表 肆-1 可知，Q2-1、Q3-2、Q3-3、Q4-1 和 Q6-1 共五題表現水準於進階到精熟之間，而 Q3-1、Q4-2、Q5-1、Q4-2 和 Q6-2 共五題表現水準於基礎到進階之間，整體平均表現水準於基礎到進階之間。

本實作評量 Q2-1、Q3-1、Q3-2 和 Q3-3 為探究單性狀遺傳法則，而 Q4-1、Q4-2、Q5-1、Q5-2 和 Q6-1 為探究雙性狀遺傳法則，表 肆-1 顯示學生於單性狀遺傳法則的計畫與執行 (pe)，以及分析與發現和推理論證 (pa/tr) 探究能力水準優於雙性狀遺傳法則。

實作評量滿分總分為 40 分，而國中数理資優生的平均為 27.293 分，標準差為 4.32，偏態值為-0.766，如圖 肆-1 所示，學生於本評量之探究能力表現為負偏態，顯示探究能力表現分配集中在平均數以上，高分群的學生數較多。

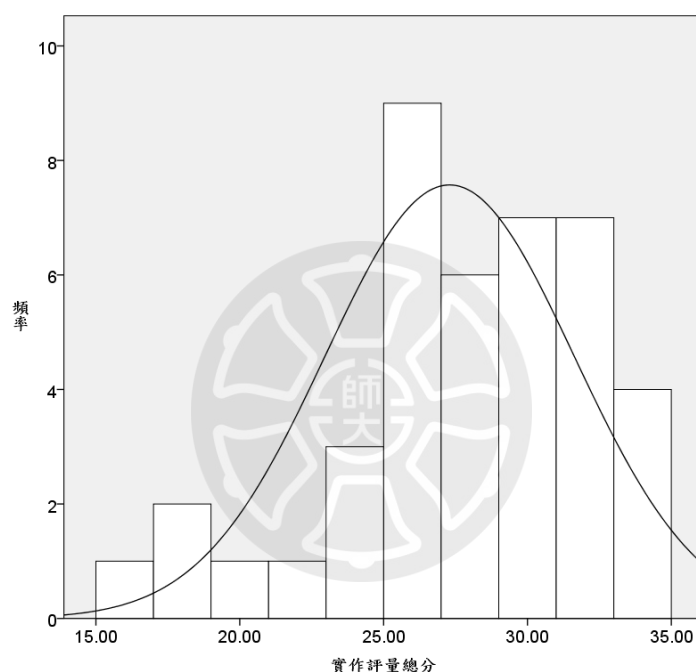


圖 肆-1 實作評量總分出現頻率直方圖

註：頻率為人次

表 肆-1 每一題探究能力水準之敘述統計 (N=41)

題目	平均值	標準差	探究能力	水準標籤
Q2-1 設計實驗：設計能判別兔子毛色（黑色、白色）哪個特徵是顯性，哪個是隱性的實驗？請以條列的方式依序寫下實驗設計與步驟。	3.024	0.524	pe	精熟到進階之間
Q3-1 根據你在前一階段所設計的實驗並進行推論，觀察兔子生育與遺傳的情形並詳細的紀錄，判斷毛色和耳朵形態的顯隱性。	2.829	1.202	pe	基礎到精熟之間
Q3-2 毛色顯性性狀為何？請寫出判斷的理由。耳朵顯性性狀為何？請寫出判斷的理由。	3.659	0.883	pa/tr	精熟到進階之間
Q3-3 親代每一次繁衍，能生育 5 隻小兔子，可不可以用一次生育的情形作為判斷的依據？根據你實驗的結果說明為什麼可以或為什麼不可以。	3.146	1.131	pa/tr	精熟到進階之間
Q4-1 根據預測一，利用棋盤方格法，推測第二子代的遺傳因子組合。根據預測二，利用棋盤方格法，推測第二子代的遺傳因子組合。根據上述兩種對形成配子時遺傳因子分配的預測，預測一與預測二的表現型的比例為何？(化成最簡比例)	3.780	0.475	pa	精熟到進階之間
Q4-2 根據前一階段所提到的預測一和預測二，兩種對於雙性狀遺傳的遺傳因子形成配子方式之假設，在形成配子時遺傳因子分配的方式有何不同？	2.171	0.803	pa/tm	基礎到精熟之間

Q5-1 思考完學長姐研究筆記的兩種預測後，請發揮科學家的精神開始進行實驗，調查第一子代的兔子(AaBb)互相生育產出第二子代，會有什麼發現呢？	2.610	1.262	pe	基礎到精熟之間
Q5-2 根據你所得到的實驗數據，你支持預測一或預測二？請盡可能詳細說明你支持的理由。	2.171	0.587	pa/tr	基礎到精熟之間
Q6-1 根據兔子雙性狀遺傳實驗後得到的數據資料，請思考並說明：在雙性狀遺傳的情況，控制兩個不同性狀的遺傳因子，在親代形成配子時的規則為何？	2.976	1.129	pa/tm	基礎到精熟之間
Q6-2 孟德爾的遺傳法則能不能夠解釋每一種生物或是每一種性狀的遺傳方式？請提出你的看法，也能舉實際例子說明。	1.951	0.545	tm	待加強到基礎之間

將學生的同項探究能力進行敘述統計，以了解整體學生在每一項探究能力的表現水準，部分題目以兩項探究能力進行評分，則分數皆計入兩項探究能力，以實作評量題目 3-2 為例，該題涉及分析與發現 (pa) 與推理論證 (tr)，則該題之分數皆計入兩項探究能力。如表 肆-2 所示，學生於執行與計畫 (pe) 的平均水準為 2.82 分，標準差為 0.76，水準標籤為基礎到精熟之間；分析與發現 (pa) 的平均水準為 2.98 分，標準差為 0.50，水準標籤為基礎到精熟之間；推理論證 (tr) 的平均水準為 2.99 分，標準差為 0.64，水準標籤為基礎到精熟之間；以及建立模型 (tm) 的平均水準為 2.37 分，標準差為 0.64，水準標籤為基礎到精熟之間。整體的平均水準為 2.79 分，水準標籤為基礎到精熟之間。

表 肆-2 每一項探究能力水準之敘述統計 (N=41)

探究能力	平均數	水準標籤	標準差
執行與計畫	2.821	基礎到精熟之間	0.757
分析與發現	2.984	基礎到精熟之間	0.496
推理論證	2.992	基礎到精熟之間	0.639
建立模型	2.366	基礎到精熟之間	0.636
整體探究能力	2.791	基礎到精熟之間	0.512

學生的每項探究能力有待加強、基礎、精熟和進階，如圖 肆-2 所示，執行與計畫 (pe)、分析與發現 (pa) 和推理論證 (tr) 眾數為精熟水準，而建立模型 (tm) 眾數為基礎水準。從表 肆-2 和圖 肆-2 可知，在敘述統計上顯示學生的建模能力水準為四項探究能力中最為落後的一項。

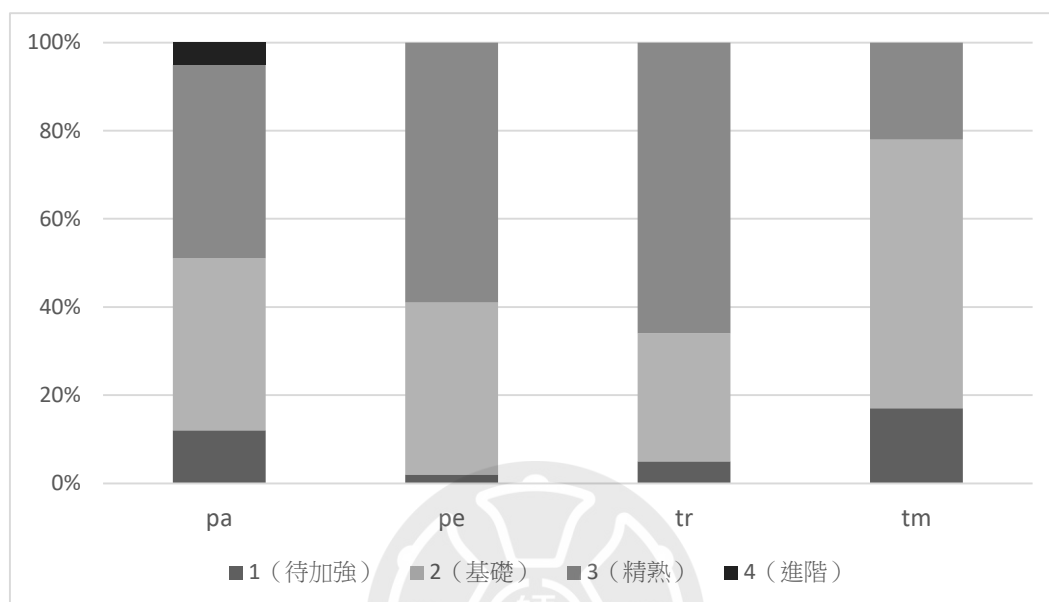


圖 肆-2 學生探究能力水準人數百分率分佈直條圖 (N=41)

學生應於實作評量 Q3-1 與 Q5-1 皆為記錄下虛擬實驗室中獲得的實驗資料，並在接續的 Q3-2 與 Q6-2 對單性狀及雙性狀遺傳法則形成解釋與推理論證。以 Q3-1 與 Q3-2，以及 Q5-1 與 Q5-2 的表現水準進行皮爾森相關分析，由表 肆-3 可知，Q3-1 與 Q3-2 的皮爾森相關係數為 0.250， $p=0.058>0.05$ ，為低度正相關，並未達統計上顯著；由表 肆-4 可知 Q5-1 與 Q5-2 的皮爾森相關係數為 0.159， $p=0.160>0.05$ ，為低度正相關，並未達統計上顯著，結果顯示學生是否能詳實的記錄實驗結果與後續推理論證並無顯著的相關性。

表 肆-3 學生在 Q3-1 與 Q3-2 表現水準之皮爾森相關性分析 (N=41)

		Q3-1	Q3-2
Q3-1	皮爾森相關係數	1	
	p (two-tailed)		
Q3-2	皮爾森相關係數	0.250	1
	p (two-tailed)	0.058	

表 肆-4 學生在 Q5-1 與 Q5-2 表現水準之皮爾森相關性分析 (N=41)

		Q5-1	Q5-2
Q5-1	皮爾森相關係數	1	
	p (two-tailed)		
Q5-2	皮爾森相關係數	0.159	1
	p (two-tailed)	0.160	

實作評量依據十二年國教自然科學領綱第四階段與第五階段學習內容的遺傳法則為基礎編製遺傳法則的科學探究活動。Q2-1 到 Q3-3 為第四階段單性狀遺傳法則的學習內容，而 Q4-1 到 Q5-2 是第五階段雙性狀遺傳法則的學習內容。Q3-2 與 Q5-2 皆是實驗過後對實驗結果形成解釋與推理論證 (pa/tr)，以成對樣本 t 檢定進行分析比較，由表 肆-5 可知 $t=10.001$ ($p<0.001$) 且 Cohen's $d=3.165$ 為巨大效果量，達統計上顯著差異，而成對差異平均值為正，顯示學生在單性狀遺傳法則中的探究能力水準優於雙性狀遺傳法則。

實作評量內以 Go-Lab 系統供虛擬實驗室進行模擬式實驗，提供學生進行科學探究的環境以兔子為研究對象進行遺傳法則的調查。實作評量第五階段「雙性狀遺傳假設」中，以圖文引導學生分析兩種雙性狀遺傳法則的假設，在 Q4-2 形成解釋與建立模型 (pa/tm)。經第六階段「探究雙性狀遺傳法則」的虛擬實驗室進行探索與驗證在前一階段的假設模型，並於第七階段「結果與討論」的問題 Q6-1 對雙性狀遺傳法則建模。由表 肆-5 可知，虛擬實驗室進行模擬式實

驗前與後的建模能力水準以成對樣本 t 檢定進行分析比較， $t=4.264$ ($p<0.001$) 且 Cohen's $d=1.332$ 為巨大效果量，達統計上顯著差異，而成對差異平均值為負，顯示虛擬實驗室能促進學生的建模能力水準。

表 肆-5 不同問題之能力水準比較表 (N=41)

成對樣本 t 檢定	探究 能力	成對差異平均值 (標準差)	t	p (two-tailed)	d
Q3-2(單性狀) —	pa/tr	1.488 (0.952)	10.001 ***	<0.001	3.165
Q5-2(雙性狀)					
Q4-2(模擬前) —	pa/tm	-0.805 (1.209)	4.264 ***	<0.001	1.332
Q6-1(模擬後)					

註：*** $p<0.001$

二、學生探究能力綜合討論

(一) 探究能力與先備知識及能力有關

本次實作評量之單性狀遺傳法則為學生已在教育部的部訂課程中習得之知識，而雙性狀遺傳法則是需經由學生自行探索、驗證和建模的學習目標。由表肆-1 和表 肆-5 可知，學生於實作評量之探究能力，探究單性狀遺傳法則表現優於雙性狀遺傳法則。Q4-1 的平均為 3.780 分，在探究雙性狀遺傳法則的階段中為最高分之項目，可能是棋盤分析遺傳因子分配在第四學習階段學生已在課堂與教科書有演練的經驗。吳佳玲、張俊彥 (2002)、李金連 (2005)、林郁芬 (2011) 的研究指出學生所具備的先備知識會影響從事科學的問題解決，與本研究的結果相同，學生的先備知識和能力會影響探究能力表現水準。

（二）學生的計畫與執行能力

十二年國教自然科學領綱（2018）第四學習階段探究能力學習表現指出學生應具備計畫與執行「能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（例如：設備、時間）等因素，規劃具有可信度（例如：多次測量等）的探究活動。（pe-IV-1）」和「能正確安全操作適合學習階段的物品、器材儀器、科技設備及資源。能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。（pe-IV-2）」之能力。由表 肆-1 可知，學生在 Q2-1 規劃探究辨別單性狀顯、隱性實驗流程，因具備相關先備知識，能力表現水準為 3.024 分，達精熟的水準標籤。學生在進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄的能力分別是 Q3-1 得 2.829 分，標準差 1.202，以及 Q4-1 得 2.610 分，標準差 1.262，顯示學生對於如何進行客觀的觀測與紀錄的能力水準稍弱，且差異度大。

（三）學生的分析與發現及推理論證能力

十二年國教自然科學領綱（2018）第四學習階段探究能力學習表現指出學生應具備分析與發現「能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。（pa-IV-1）」和「能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從（所得的）資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核，確認結果。（pa-IV-2）」之能力，以及推理論證「能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正确性。（tr-IV-1）」。換句話說，學生應具備將原始實驗數據或蒐集到的資料經整理後，將已習得的知識連結到實驗數據並形成解釋。學生在 Q3-1 與 Q4-1 記錄下蒐集到的實驗數據，並於 Q3-2 與 Q4-2 形成解釋與推理論證，由表 肆-3 和表 肆-4 可知，學生在記錄實驗結

果水準的優劣與後續進行形成解釋和推理論證的相關性低。Germann 和 Aram (1996) 針對學生探究過程中記錄數據、分析數據、做結論和提出證據等科學步驟進行研究，提出學生對於記錄實驗數據不精確可能是學生使用表格有困難，或是記錄在其他地方甚至完全沒有記錄，顯示學生未有將數據完整地記錄的習慣。本研究中學生可能不熟悉如何精準的將實驗結果作記錄，另一方面也有可能是學生在 ILS 進行探究實作，對於甫接觸的資訊平台的記錄方式不熟悉，未能將實驗結果詳實地記錄。此外，學生在 Q3-2 與 Q4-2 所展現的探究能力水準分別為 3.659 分與 2.171 分，與探究能力與先備知識及能力有關的討論結果相同。

(四) 學生的建立模型能力

十二年國教自然科學領綱 (2018) 第四學習階段探究能力學習表現指出學生應具備建立模型「能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。」。由表肆-16 和圖肆-6 可知，學生建立模型能力低落的結果與 Hestenes (1992)、張志康和邱美虹 (2009) 等研究發現學生建模能力層次偏低的發現相同。值得注意的是，Q6-2 得分為 1.951 的建模能力，為三題有關建立模型的題目中平均分數最低，也是全部試題中分數最低，顯示國中數理資優生對於評估模型的優點和限制能力較差。

(五) 模擬式實驗對探究能力的影響

本實作評量旨在 ILS 內設置虛擬實驗室，提供學生進行模擬式的探究實驗，並根據實驗數據與資訊基於分析數據，進而以推理論證與建立模型等思考智能形成解釋，並理解雙性狀遺傳法則的概念。學生在實作評量第五階段「雙性狀遺傳假設」，以圖文引導學生分析兩種雙性狀遺傳法則的假設，並在 Q4-2 初步的建立模型。接著，學生以虛擬實驗室進行驗證在前一階段的初步模型，並於第七階段 Q6-1 再次對雙性狀遺傳法則建模。由表肆-5 可知，透過虛擬實

驗室進行模擬式的實驗，對於學生形成解釋與建立模型的探究能力具有顯著的差異。邱美虹（2008）和邱美虹（2019）等人提及課室內的科學教與學設計，應培養學生發展建模能力讓學生了解建模過程的組成成份的重要性，而 de Jong 等人（2013）、Campbell 等人（2015）和 Hovardas 等人（2018）之文獻所提及能輔助學生在模擬式實驗獲得線索，讓學生更容易對特定的現象進行詮釋，提升學生模型導向的探究能力相同。本研究結果顯示以模擬式實驗進行科學探究活動，有助於提升學生形成解釋與建立模型之探究能力。



第二節 學生藉探究實作將單性狀遺傳法則概念遷移至雙性狀遺

傳法則之成效

本研究以 Go-Lab 的探究式學習空間 (ILS) 發展遺傳法則的科學探究實作評量，旨在從科學探究作為起點，整合單性狀遺傳法則概念的先備知識與探究能力，促進學生從證據為本的實作經驗，對高中遺傳學之雙性狀雜交、分離律及獨立分配律概念理解。因此在實施 Go-Lab 科學探究實作評量前進行遺傳法則概念前測，並在實作評量後進行後測，以了解學生經實作評量後對於雙性狀遺傳法則的學習成效。以下就成就測驗結果分析和實作評量對遺傳法則學習成效綜合討論進行研究結果說明與討論。

一、成就測驗結果分析

將學生的遺傳法則前測和後測進行敘述統計，以了解整體學生遺傳法則概念的學習成就。前測和後測的總分滿分為 20 分，基礎題滿分為 13 分，以及進階題滿分為 7 分。如表 肆-6 所示，前測基礎題平均為 11.83 分、進階題平均為 5.122 分和滿分平均為 16.95 分；後測基礎題平均為 11.80 分、進階題平均為 6.122 分和滿分平均為 17.93 分。

進一步將前測與後測之基礎題、進階題和總分進行成對樣本 t 檢定，如表 肆-22 所示，基礎題檢定結果為 $t=-0.133$ ($p=0.895>0.05$)，未達統計上顯著差異；進階題檢定結果為 $t=4.269$ ($p<.001$)，達統計上顯著差異，且 Cohen's d 為巨大效果量；以及總分 $t=3.215$ ($p<.01$)，達統計上顯著差異，且 Cohen's d 皆為巨大效果量。

根據上述敘述統計與推論統計顯示，學生經過科學探究實作評量，前測與後測的基礎題沒有顯著差異，而進階題和總分具有顯著的差異，代表實作評量有助於學生提升雙性狀遺傳法則的學習成效。

表 肆-6 遺傳法則前、後測之比較表 (N=41)

	前測 M(SD)	後測 M(SD)	t	p (two-tailed)	d
基礎題	11.83 (0.833)	11.80 (1.269)	-0.133	0.895	-0.0416
進階題	5.122 (1.503)	6.122 (1.187)	4.269***	<0.001	1.3334
總分	16.95 (1.949)	17.93 (2.195)	3.215**	0.003	1.0042

註：M 為平均數、SD 為標準差、*** $p < 0.001$ 和** $p < 0.01$

二、成就測驗與科學實作呈現的探究能力關聯分析

將學生於前測與後測之基礎題得分、進階題得分和總分與實作評量總分、計劃與執行 (pe)、分析與發現 (pa)、推理論證 (tr) 和建立模型 (tm) 進行皮爾森相關性分析。

由表 肆-7 可知，前測總分與實作評量總分、計劃與執行 (pe)、分析與發現 (pa) 和建立模型 (tm)，皮爾森相關係數依序是 0.391 ($p = 0.006 < 0.01$)、0.276 ($p = 0.040 < 0.05$)、0.270 ($p = 0.044 < 0.05$) 和 0.276 ($p = 0.040 < 0.05$)，具有顯著相關性。Cohen (1988) 指出依據行為和社會科學的性質和特徵，當相關係數 (r) 大於等於 0.3，即具有中度效果量，故前測總分與實作評量總分之相關為中度效果量。

由表 肆-7 可知，前測進階題得分與實作評量總分和建立模型 (tm)，皮爾森相關係數依序是 0.368 ($p = 0.009 < 0.01$) 和 0.265 ($p = 0.047 < 0.05$)，具有顯著相關性。Cohen (1988) 指出依據行為和社會科學的性質和特徵，當相關係數 (r) 大於等於 0.3，即具有中度效果量，故前測進階題得分與實作評量總分之相關為中度效果量。

上述兩項結果顯示在前測總得分和前測進階題得分較高的學生在實作評量中的探究能力表現也較佳。

表 肆-7 成就測驗與探究能力的相關性分析表 (N=41)

		實作總分	pe	pa	tr	tm
總分	皮爾森相關係數	0.391	0.276	0.270	0.246	0.276
	p (two-tailed)	0.006*	0.040*	0.044*	0.060	0.040*
前測	皮爾森相關係數	0.250	0.149	0.164	0.152	0.167
	p (two-tailed)	0.057	0.176	0.152	0.171	0.149
進階	皮爾森相關係數	0.368	0.276	0.259	0.235	0.265
	p (two-tailed)	0.009**	0.041*	0.051	0.070	0.047*
總分	皮爾森相關係數	0.176	0.098	0.011	0.040	0.042
	p (two-tailed)	0.135	0.272	0.473	0.402	0.397
後測	皮爾森相關係數	0.225	0.050	0.135	0.172	0.131
	p (two-tailed)	0.079	0.379	0.201	0.141	0.207
進階	皮爾森相關係數	0.085	0.127	-0.124	-0.110	-0.062
	p (two-tailed)	0.298	0.214	0.221	0.247	0.350

註：* $p < 0.05$ 、** $p < 0.01$ 、基礎為基礎題得分、進階為進階題得分

三、實作評量對遺傳法則學習成效綜合討論

學生經 Go-Lab 的探究式學習空間 (ILS) 所發展之遺傳法則的科學探究實作評量後，由表 肆-6 可得知，雙性狀遺傳法則的成就測驗得分提升，顯示實作評量能促進學生對於雙性狀遺傳法則之學習成效。此研究結果與盧秀琴、洪榮昭、蔡春微 (2008)、楊子瑩、高千惠、林凱胤、余安順、楊秀停、王國華 (2011)、鄒玉鈿、張景媛 (2012)、秦爾聰、劉致演、張克旭、段曉林 (2015) 和陳明鈺、歐陽閻 (2017) 等研究相同，探究式學習對於學生學習成效確實有正面影響。學生於前測之進階題得分和總分與實作評量總分及各項能力之平均得分的關聯，由表肆-23 可得知，學生在進行科學探究實作前，成就測驗得分越高，即代表其先備知識層次越好，在探究能力上的表現也較佳。與吳佳玲和張俊彥 (2002)、李金蓮 (2005)、林郁芬 (2011) 的研究結果相符。

另一方面，Chu（2008）指出遺傳學的巨觀、微觀、分子與符號等四個層次的複雜本質，常使學生難以理解。學生在實作評量進行探究的過程中，從巨觀的面向觀察兔子性狀顯隱性的特徵，再從虛擬實驗室模擬兔子性狀特徵和遺傳因子的組合，據此釐清巨觀與符號之間的關係，有助於學生理解雙性狀遺傳法則的複雜本質。

NRC（2001）建議以評量三角（Assessment Triangle）檢驗實作評量觀察—認知、認知—詮釋和觀察—詮釋的關係（圖肆-3）。本研究以 Go-Lab 發展科學探究實作評量，學生基於單性狀遺傳法則的先備知識與探究能力，探索雙性狀遺傳法則，搭起觀察與認知的橋梁。教師根據實務經驗與專業知識，評量學生的探究能力，並同時評估學生對於遺傳法則概念學習成效，連結詮釋與認知。本研究藉由科學探究實作評量標準，將學生在 Go-Lab 中學術探究情境任務之表現分類成四個等級的表現水準標籤，以及相對應的表現水準描述，是以將觀察與詮釋相扣，本科學探究實作評量符合評量三角的有效架構。

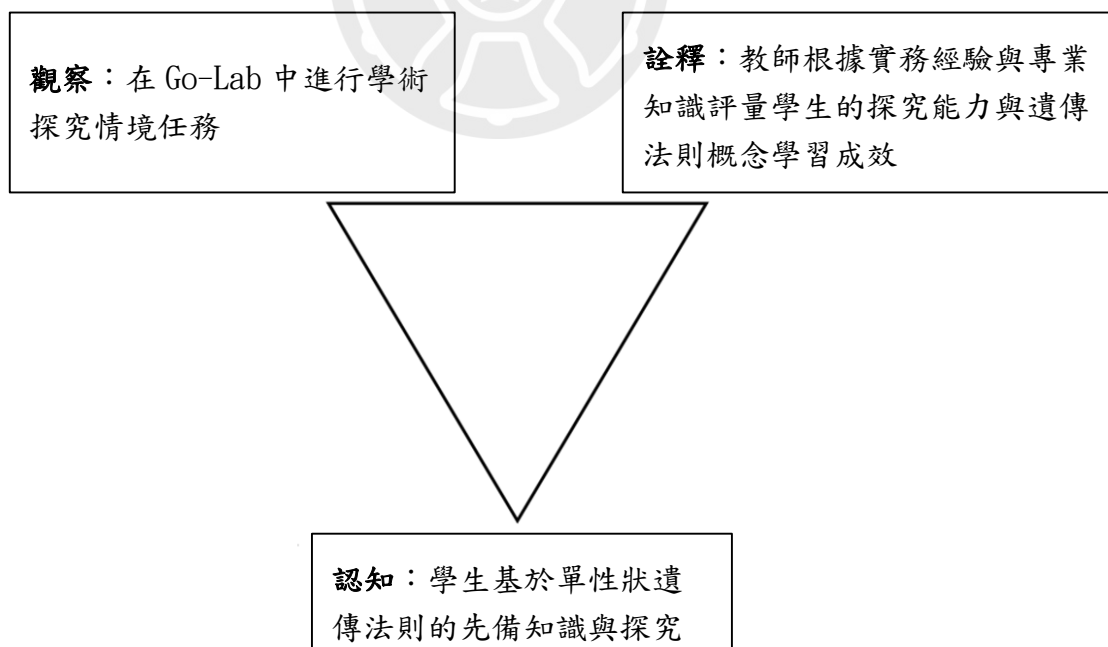


圖 肆-3 評量三角架構

第三節 學生對 Go-Lab 科學探究實作評量之科技接受度

本研究依據 Davis (1986) 科技接受模式理論 (TAM 理論) 的「Go-Lab 系統科技接受問卷」經由專家效度與內部一致性信度考驗後，問卷構面有認知有用性(PU)、認知易用性(PEU)、使用態度(AU)和行為意向(BU)等四項，其中有認知有用性有 5 個變項 PU01~PU05、認知易用性有 6 個變項 PEU01~PEU06、使用態度有 7 個變項 AU01~AU07，以及行為意向有 3 個變項 BU01~BU03。以下就科技接受的四個構面與題目變項、模型路徑分析和綜合討論，說明有關科技接受的研究結果與討論。

一、常態性檢定

檢驗每個題目變項是否符合常態，Mardia (1985) 指出要符合常態分配，其偏態及峰度係數最好介於正負 2 之間。而 Kline (1998) 也指出當偏態絕對值小於 3，峰度絕對值小於 8 時，則一般可視為單變項常態分配。因此表肆-8 可知，每個變項的態勢值在-1.449~-0.107 之間，峰度值介於-1.092~3.196 之間，皆為合理的範圍。

表 肆-8 題目變項的態勢與峰度表(N=41)

變項	偏態	峰態
PU01	-0.311	-0.066
PU02	-0.364	-0.439
PU03	-0.107	-0.623
PU04	-0.427	-0.219
PU05	-0.678	1.148
PUE01	-0.671	0.299
PEU02	-0.150	-1.092
PEU03	-0.465	-0.526
PEU04	-0.593	0.126
PEU05	-0.747	0.013
PEU06	-0.975	2.223
AU01	-0.890	2.037
AU02	-0.836	0.842

AU03	-1.447	3.196
AU04	-1.177	3.011
AU05	-1.449	2.019
AU06	-1.108	2.191
AU07	-1.005	0.817
BU01	-0.674	0.302
BU02	-0.592	-0.253
BU03	-0.737	0.888

二、模型路徑分析

(一) 認知易用性、認知有用性對使用態度的迴歸分析

本研究根據 TAM 理論發展，認知易用性 (PEU) 和認知有用性 (PU) 會影響使用態度 (AU)，將兩個構面與使用態度 (AU) 進行強迫進入法迴歸分析。結果如表 肆-9 所示，迴歸效果達顯著水準 $F=85.832$ ($p<.001$)，顯示認知易用性及認知有用性對使用態度的影響達顯著。整體模型 R^2 為 .819，調整後 R^2 為 .809，表示本迴歸模式共可解釋「使用態度」80.9%的變異量。

表 肆-9 認知易用性、認知有用性對使用態度強迫進入法迴歸分析(N=41)

AU	未標準化係數		Beta	t	p
	B	SD			
常數	.456	.333		1.367	.180
PU	.493	.121	.426	4.066***	.000
PEU	.431	.084	.540	5.149***	.000

註：*** $p<0.001$

認知易用性 ($\beta=0.540$, $p<0.001$) 對於使用態度具有最佳的解釋力，其次是認知有用性 ($\beta=0.426$, $p<0.001$)。模式檢定的結果指出，認知易用性及認知有用性二變項對使用態度皆具正向顯著影響，如圖 肆-4 呈現認知易用性與認知有用性對使用態度之路徑分析結果。

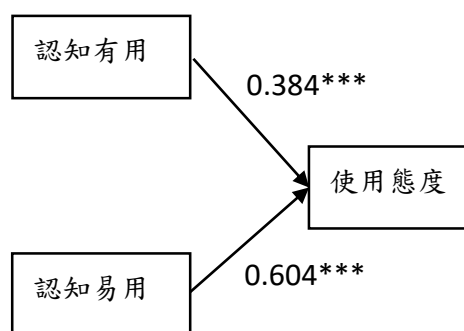


圖 肆-4 認知易用性與認知有用性對使用態度之路徑分析

(二) 使用態度、認知有用性對使用意向的迴歸分析

本研究根據 TAM 理論發展，使用態度 (AU) 和認知易用性 (PEU) 會影響使用意向 (BU)，將兩個構面與使用意向 (BU) 進行強迫進入法迴歸分析。結果如表 肆-10 所示，迴歸效果達顯著水準 $F=42.550(p<.001)$ ，顯示使用態度及認知易用性對使用意向的影響達顯著。整體模型 R^2 為.691，調整後 R^2 為.675，表示本迴歸模式共可解釋「使用意向」67.5%的變異量。

表 肆-10 使用態度、認知有用性對使用意向強迫進入法迴歸分析(N=41)

BU	未標準化係數		Beta	t	p
	B	SD			
常數	-.583	.530		-1.099	.279
AU	.831	.201	.672	4.133***	.000
PU	.264	.233	.185	1.136	.263

註：*** $p<0.001$

使用態度 ($\beta=0.672$, $p<0.001$) 對於使用態度具有最佳的解釋力，而認知有用性 ($\beta=0.185$, $p=0.263$)。模式檢定的結果指出，使用態度與認知有用性二變項對使用意象皆具正向影響，使用態度達顯著影響，而認知有用性未達顯著影響。如圖 肆-5 呈現使用態度與認知有用性對使用意向之路徑分析結果。

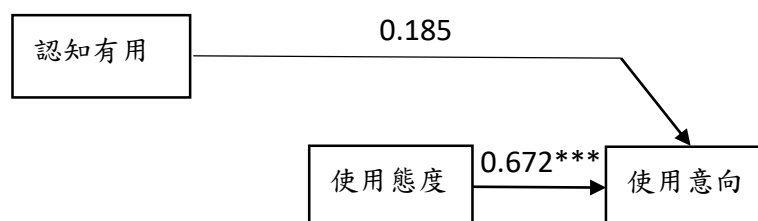


圖 肆-5 使用態度與認知有用性對使用態度之路徑分析

(三) 標準化迴歸與路徑分析

本模型以標準化迴歸係數進行檢定，統計結果如表 肆-11 顯示在認知有用性(PU)對行為意向(BU)路徑係數尚未達顯著影響，可發現認知易用性

(PEU)、認知有用性 (PU) 對使用態度 (AU) 具顯著影響；使用態度

(AU) 對行為意向 (BU) 具顯著影響。本研究 Go-Lab 系統科技接受模式之標準化路徑係數圖如圖 肆-6。

表 肆-11 模型標準化迴歸係數表

依變項	自變項	Beta	t	調整後 R ²
PU	PEU	0.752	7.128***	0.555
AU	PEU	0.604	5.149***	0.809
	PU	0.384	4.066***	
BU	AU	0.672	4.133***	0.675
	PU	0.185	1.136	

註：*** $p<0.001$

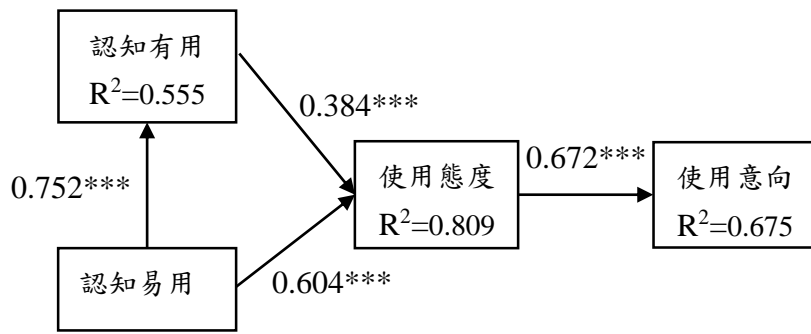


圖 肆-6 標準化路徑係數圖

註：*** $p < 0.001$

三、科技接受結果分析與討論

(一) 國中生對 Go-Lab 認知有用性、認知易用性、使用態度及使用意向

如表 肆-12 所示，國中生對 Go-Lab 系統之認知有用性平均分數為 4.053 分，標準差為 0.643，顯示學生同意使用 ILS 進行實作評量能提升自己的學習成效。

表 肆-12 學生對 ILS 之認知有用性分析 (N=41)

變項	題目	平均值	標準差
PU01	使用 ILS 可以讓我精熟實驗的操作。	3.951	0.740
PU02	使用 ILS 學習能讓我更容易理解學習內容。	4.024	0.790
PU03	使用 ILS 可以增進我的科學學習效率。	4.098	0.664
PU04	ILS 提供豐富的學習資源及補充教材，能提高我的學習成效。	4.049	0.773
PU05	整體而言，我認為使用 ILS 學習科學對我是有幫助的。	4.146	0.691
認知有用性合計		4.053	0.643

如表 肆-13 所示，國中生對 Go-Lab 系統之認知易用性平均分數為 3.723 分，標準差為 0.933，顯示學生同意使用 ILS 進行實作評量操作上的容易程度持正向態度，而問題變項平均數皆未達 4 分與李筠茱（2019）調查中學生使用 Go-Lab 之結果相同。PEU02、PEU03 和 PEU05 三個變項未達 3.800 分且標準差均超過 1.100，表示部分學生對於操作 ILS 的過程、ILS 中的小工具，以及學習使用 ILS 的容易程度抱持著保留的態度。因此，若要提升學生對 ILS 容易操作的感受度，Go-Lab 系統應改善操作介面、應用程式和虛擬實驗室，增強 ILS 的易用性。

表 肆-13 學生對 ILS 之認知易用性分析 (N=41)

變項	題目	平均值	標準差
PUE01	我覺得 ILS 中的各項功能是清楚且容易理解使用的。	3.854	0.989
PEU02	我覺得 ILS 之中的各項小工具是容易使用的。	3.366	1.220
PEU03	操作 ILS 的過程讓我覺得輕鬆沒有負擔。	3.537	1.142
PEU04	我可以很容易記住如何使用 ILS 執行任務。	3.829	0.998
PEU05	學習如何使用 ILS 很容易。	3.780	1.129
PEU06	整體而言，我認為使用 ILS 進行科學學習是容易的。	3.976	0.851
認知易用性合計		3.723	0.933

如表表 肆-14 所示，國中生對 Go-Lab 系統之使用態度平均分數為 4.059 分，標準差為 0.745，顯示學生使用 ILS 進行實作評量的態度非常正面。

表 肆-14 學生對 ILS 之使用態度分析 (N=41)

變項	題目	平均值	標準差
AU01	我喜歡使用 ILS 學習科學。	3.927	0.848
AU02	我覺得使用 ILS 學習科學是個明智的選擇。	3.878	0.954
AU03	我對使用 ILS 學習科學抱持正面的態度。	4.146	0.882

AU04	我覺得 ILS 可以滿足我不同的科學學習需求。	4.049	0.835
AU05	我覺得使用 ILS 學習科學是很差的主意。	4.220	0.988
AU06	使用 ILS 學習科學是好玩的。	3.976	0.880
AU07	使用 ILS 令我感到挫折。	4.220	0.822
使用態度合計		4.059	0.745

如表 肆-15 所示，國中生對 Go-Lab 系統之使用意向平均分數為 3.862 分，標準差為 0.922，顯示學生使用 ILS 進行實作評量的使用意圖程度正面。BU02 變項平均數未達 3.800 分，且標準差大於 1.000 分，顯示學生對於推薦 ILS 他人使用態度較自己未來使用的意願持保留態度。

表 肆-15 學生對 ILS 之使用意向分析 (N=41)

變項	題目	平均值	標準差
BU01	身為學生，我會考慮使用 ILS 學習科學。	3.927	0.985
BU02	我願意推薦他人使用 ILS 學習科學。	3.780	1.061
BU03	整體而言，我對使用 ILS 學習科學的意願相當高。	3.878	0.927
使用意向合計		3.862	0.922

本研究的 TAM 模式四個構面當中，認知有用性之平均得分為 4.053，標準差為 0.643；認知易用性之平均得分為 3.723，標準差為 0.933；使用態度之平均得分為 4.059，標準差為 0.745；使用意向之平均得分為 3.862，標準差為 0.922。綜言之，科技接受度模式之認知有用性、認知易用性、使用態度、使用意向等四個科技接受模式構面之得分高，顯示國中生認同以 Go-Lab 進行科學探究實作評量，並具有正向的態度。

(二) 模型整體效果

從圖 肆-6 和表 肆-11 結果顯示，認知易用性對認知有用性有直接效果，標準化係數為 0.752，達統計水準，意即國中生對於操作 ILS 的容易程度越高，則在 ILS 進行科學探究實作評量的學習效果越好。認知易用性對使用態度有直接效果，標準化係數為 0.604，達統計水準，意即國中生對於操作 ILS 的容易程度越高，則在國中生對於 ILS 的態度程度越高。其次，認知有用性對使用態度也有直接效果，標準化係數為 0.384，達統計水準，意即國中生使用 ILS 的學習效果越好，則國中生對於 ILS 的態度程度越高。使用態度對使用意向有直接效果，標準化係數為 0.672，達統計水準，意即國中生對於 ILS 的態度程度越高，則在未來考慮繼續使用 ILS 進行科學探究實作評量的意願越高。此外，認知有用性對使用態度不具有間接效果，標準化係數為 0.185，未達統計水準，與 Davis (1986) 提出的 TAM 模型具有歧異處，但與葉美春和阮明淑(2007)、蕭文龍和郭庭伊(2010)、黃議正 (2010) 等人研究結果相符。

進一步使用 Venkatesh 和 Davis (1996、2000) 提出修正後簡化之模型分析，將認知有用性 (PU) 和認知易用性 (PEU) 對使用意向 (BU) 進行逐步迴歸分析，迴歸效果達顯著水準 $F=43.747(p<0.001)$ ，顯示認知有用性和認知易用性對使用意向的影響達顯著，如表 肆-16。路徑分析圖 肆-7，顯示認知易用性對使用意向有直接效果，標準化係數為 0.577， $t=4.261 (p<0.001)$ 達統計水準。其次，認知有用性對使用意向有直接效果，標準化係數為 0.309， $t=2.822 (p=0.028<0.05)$ 達統計水準。兩者對使用意向的模型 R^2 為 0.697，調整後 R^2 為.681，表示本迴歸模式共可解釋使用意向 68.1%的變異量。

表 肆-16 認知易用性、認知有用性對使用意向逐步迴歸分析(N=41)

BU	未標準化係數		Beta	t	p
	B	SD			
常數	-0.056	.533		-0.105	.917
PEU	.570	.134	.577	4.261***	.000
PU	.443	.194	.309	2.282*	.028

註：*p<0.05、***p<0.001

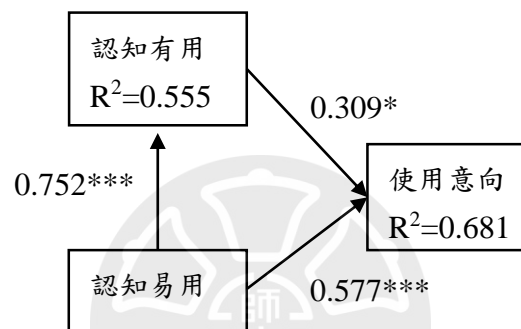


圖 肆-7 簡化之模型之標準化路徑係數圖

第五章 結論與建議

本研究旨在瞭解學生藉由 Go-Lab 進行遺傳法則之探究能力實作評量，設計逆向的教與學實施流程，從科學探究實作評量當作起點，藉由探究能力在實作過程中，建立證據為本的科學模型，促進學生對科學概念的學習成效。

第一節 結論

研究者以 Go-Lab 發展科學探究實作評量作為學生學習雙性狀遺傳法則的起點，國中數理資優生透過既有的單性狀遺傳先備知識，以及執行與計畫、分析與發現、推理論證和建立模型等探究能力，在探究學習空間中逐步地依循取向、概念化、調查、結論和討論與反思，學習雙性狀遺傳法則概念。研究發現有幾項結果如下：

一、以 Go-Lab 發展之科學探究實作評量可檢視探究能力

本研究應用科學探究實作評量標準，檢視學生在 Go-Lab 系統進行探究與實作，發現國中數理資優生在設計實驗流程之探究能力佳，能辨明實驗變項，且規劃具有可行性和可信度的探究活動。對於實驗過程中進行詳實的記錄和觀察的探究能力表現歧異度較高。學生在對數據和資訊進行分析歸納時有較佳的表現，而進一步形成解釋，需要藉由科學原理、思考智能和數學等方法，因此會受到推理論證和建立模型等思考智能影響。除此之外，學生對已具備和未具備先備知識的問題之探究能力水準表現有顯著差異。再者，學生在建立模型表現比計畫與執行、分析與發現和推理論證較為落後，且達統計上顯著差異，顯示學生在評估模型的優點和限制，以及依據科學問題進行運思以描述一個系統化的科學現象的能力有待加強。本研究也發現國中生在虛擬實驗室中進行模擬式實驗，探索與觀察各變項或因素之間的關聯，分析與發現和建立科學模型的能力達顯著上差異，有較佳的表現。意即模擬式實驗能協助學生了解科學現象和系統的基本組成因素，對因素間的關聯、交互作用或影響形成解釋，使學生進

一步釐清遺傳法則中性狀特徵之巨觀層次與遺傳因子組合之符號層次之間的關聯。

二、國中數理資優生能基於單性狀遺傳概念以探究實作學習雙性狀遺傳法則

國中數理資優生在探究式學習空間進行科學探究實作，整合單性狀遺傳法則的先備知識，經歷取向、概念化、調查、結論和討論與反思等探究步驟，於遺傳法則成就測驗前測和後測之得分有顯著的提升。顯示探究式學習能促進學生基於既有的先備知識學習分離律、獨立分配律和雙性狀雜交等雙性狀遺傳法則之概念。

三、國中數理資優生於 Go-Lab 進行實作評量具有正向的科技接受度

國中數理資優生在研究者於 Go-Lab 平台上設計的探究式學習空間進行科學探究實作評量之科技接受模式，認知易用性對認知有用性有顯著的正向影響，而認知易用性和認知有用性兩者對於使用態度同時有顯著的正向影響，且使用態度對使用意向也具有正向顯著的影響。再者，認知易用性和認知有用性同時對使用意向具有顯著的正向影響，符合 Venkatesh 和 Davis (1996、2000) 提出的科技接受模式。細部探討學生在四個構面的接受程度，學生認為本研究以 Go-Lab 發展之科學實作評量能協助能夠提升其學習成效，以及對於使用 Go-Lab 具有正向的態度。學生雖然對於繼續使用此平台進行學習的意向高，且認為容易使用，但是對於推薦給別人使用，以及操作容易程度的意見分歧且持保留態度。

第二節 建議

本節依據研究結果提出建議對於 Go-Lab 的建議，以期未來應用 Go-Lab 進行科學探究有更佳科技接受度，同時也對科學探究於十二年國教素養導向教學之建議。

一、以 Go-Lab 發展與應用探究與實作學習之資訊平台

依據本研究結果學生在 ILS 經虛擬實驗室進行模擬式實驗，能提供教師了解學生的探究能力。除此之外，ILS 能有效的促進學生探究能力的表現，特別是「分析與發現」和「建立模型」兩項次能力。建議持續開發各式科學概念為基礎的虛擬實驗室，學生能藉著虛擬實驗室能調整時間進程的快慢、觀察尺度，以及便利的更換變項因素等優勢，提升學生模型導向的探究能力。

二、可實施科學探究與實作於學習雙性狀遺傳法則

十二年國教課綱強調素養導向教與學，本研究將學術探究的情境脈絡融入 Go-Lab 探究式學習空間，學生能在探究式學習空間整合先備知識與探究能力，並實踐行動實作，經歷一個科學家研究的歷程，成為知識的生產者。建議未來雙性狀遺傳法則的教學設計能融入特定的情境脈絡，以探究式學習將單性狀遺傳法則遷移至雙性狀遺傳法則之概念學習，並且培養學生的科學素養，以呼應課綱期待學生應具備核心素養面對社會生活所需或特定情境的挑戰。

三、提升 Go-Lab 的認知有用性和認知易用性有助於學生行為意向

Go-Lab 的探究式學習空間由不同的供應商提供的線上實驗室、應用程式等資源組成。本研究發現學生對於此平台的認知有用性和認知易用性與使用意向具高解釋力，然而學生對於 Go-Lab 的小工具和操作輕鬆程度感受度歧異度較大。有鑑於此，建議 Go-Lab 資訊平台能繼續優化平台小工具和操作方式，以期學生能更喜歡繼續使用或推薦他人使用 Go-Lab 進行科學探究和學習科學的平台。

參考文獻

一、中文參考文獻

- 吳佳玲、張俊彥（2002）。高一學生地球科學問題解決能力與其先備知識及推理能力關係的初探研究。科學教育學刊，10（2），頁135-156。
- 李金連（2005）。先前知識在科學問題解決過程中角色的探究。物理教育，6（1），頁43-60。
- 李筠棻（2019）。臺灣教師使用歐盟 Go-Lab 系統進行線上探究式教學之推展研究。未出版之碩士論文，臺灣師範大學科學教育研究所。
- 李驥、邱美虹（2019）。NGSS 和 12 年國民基本教育中探究、實作和建模的比較與分析。科學教育月刊，421，19-31。
- 林小慧、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。
- 林郁芬（2011）。空間能力，先備知識與表徵順序對七年級概念理解之影響：以人體呼吸運動單元為例。
- 邱美虹（2008）。模型與建模能力之理論架構。科學教育月刊。
- 南一書局（2019）。高中基礎生物學。
- 南一書局（2020）。國中自然科學七年級第二冊。
- 秦爾聰、劉致演、張克旭、段曉林（2015）。數學臆測探究教學對商職學生數學學習成就與動機之影響。臺灣數學教育期刊。
- 高慧蓮（2008）。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子計畫二：科學探究能力之評量(III)。
- 張志康、邱美虹（2009）。建模能力分析指標的發展與應用-以電化學為例。科學教育學刊，17（4），頁319-342。

- 張珮珊、賴吉永、溫嫩純（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），頁
355-389。
- 教育部（2008）。國民中小學九年一貫課程綱要自然與生活科技學習領域）。
臺北市。
- 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要：總綱。臺北市。
- 教育部（2015）。核心素養發展手冊。臺北市。
- 教育部（2018）。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級等
校：自然科學領域）。臺北市：教育部。
- 陳明鈺、歐陽閻（2017）。資訊科技融入 5E 探究教學對七年級學生生物科學
習成就與學習態度之影響-以 [血液循環系統] 為例。教育學誌（38），
頁 125-176。
- 陳俊亨（2014）。融入電腦模擬對七年級學生在遺傳單元之認知成就、學習動
機與心流經驗的影響。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學科學教育
研究所，臺北市。
- 黃議正（2010）。以認知負荷，科技接受模式與計畫行為理論取向建構線上學
習行為傾向模式之研究。
- 楊子瑩、高千惠、林凱胤、余安順、楊秀停、王國華（2011）。用網路資源進
行 5E 探究教學之行動研究。科學教育月刊。
- 楊坤原、張賴妙理（2004）。遺傳學迷思概念之文獻探討及其在教學上的啟
示。科學教育學刊，12（3），頁 365-398。
- 葉美春、阮明淑（2007）。使用者採用知識管理系統之影響因素研究—理論模
型的比較取向。世新大學資訊傳播學系，臺北市。

- 鄒玉鈿、張景媛（2012）。[探究式創意實驗教學]對八年級學生自然領域學習表現之影響。慈濟大學教育研究學刊（8），頁 53-90。
- 蔡執仲、段曉林（2005）。探究式實驗教學對國二學生理化學習動機之影響。科學教育學刊，13（3），頁 289-315。
- 蔡清田（2014）。國民核心素養：十二年國教課程改革的 DNA。
- 蔡哲銘、邱美虹、曾茂仁、謝東霖（2019）。探討高中學生於建模導向科學探究之學習成效。科學教育學刊，27(4)，頁 207-228。
- 盧秀琴、洪榮昭、蔡春微（2008）。"5 Why"鷹架式提問提升國小學生學習成就與科學探究學習能力之研究~以“如何做麵包?”教學模組為例。科學教育學刊，16（4），頁 395-413。
- 蕭文龍、郭庭伊（2010）。部落客持續使用部落格之研究：以整合期望確認，科技接受模式和個人因素觀點探討。電子商務學報，12（2），頁 221-249。
- 謝進昌（2010）。國內大型學習成就評量資料庫標準設定：以國際大型相關資料庫的建置經驗為例。載於吳清山（主編），測驗及評量專論文集：題庫建置與測驗編製。（頁 131-173）：國家教育研究院測驗與評量組。
- 顧炳宏、陳瓊森、溫嫩純（2014）。以實作評量方式探討引導發現式教學模式之學習成效—以「聲音」概念為例。科學教育學刊，1，頁 57-86。

一、英文參考文獻

- Auer, M. E., Azad, A. K., Edwards, A., & De Jong, T. (2018). *Cyber-physical laboratories in engineering and science education*: Springer.
- Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N., & Zuwallack, R. (2015). A review of modeling pedagogies: Pedagogical functions, discursive acts, and

- technology in modeling instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, ScienceTechnology Education*, 11(1), 159-176.
- Chiu, M.-H., & Lin, J.-W. (2019). Modeling competence in science education. *Disciplinary Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-11.
- Chu, Y.-C. e. (2008). *Learning Difficulties in Genetics and the Development of Related Attitudes in Taiwanese Junior High Schools*. (the degree of Doctor of Philosophy), University of Glasgow, United Kingdom.
- Cizek, G., & Bunch, M. (2007). The bookmark method. *Standard Setting*.
- Cizek, G. J., Bunch, M. B., & Koons, H. (2004). Setting performance standards: Contemporary methods. *Educational Measurement: Issues Practice*, 23(4), 31-31.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd edn. Á/L: Erlbaum Press, Hillsdale, NJ, USA.
- Council, N. R. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC.
- Council, N. R. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC.
- Council, N. R. (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*: National Academies Press.
- Council, N. R. (2012). *Framework for K-12 Science Education*. Washington, DC.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8), 982-1003.

- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308.
- De Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*1(1), 3.
- Gale, J., Wind, S., Koval, J., Dagosta, J., Ryan, M., & Usselman, M. (2016). Simulation-based performance assessment: an innovative approach to exploring understanding of physical science concepts. *International Journal of Science Education*, 38(14), 2284-2302.
- George, D., & Mallery, M. (2003). *Using SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference*.
- Germann, P. J., & Aram, R. J. (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 33(7), 773-798.
- Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian world. *American Journal of Physics*, 60(8), 732-748.
- Hovardas, T., Pedaste, M., Zacharia, Z., & de Jong, T. (2018). Model-based inquiry in computer-supported learning environments: The case of go-lab *Cyber-Physical Laboratories in Engineering and Science Education* (pp. 241-268): Springer.
- Klahr, D., Triona, L. M., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science teaching*, 44(1), 183-203.

- Kline, P. (1998). *The new psychometrics: Science, psychology, and measurement*: Psychology Press.
- Liu, O. L., Lee, H.-S., Hofstetter, C., & Linn, M. C. (2008). Assessing knowledge integration in science: Construct, measures, and evidence. *Educational Assessment, 13*(1), 33-55.
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2008). The use of computer-based programming environments as computer modelling tools in early science education: The cases of textual and graphical program languages. *International Journal of Science Education, 30*(3), 287-323.
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2015). Examining learning through modeling in K-6 science education. *Journal of Science Education Technology, 24*(2-3), 192-215.
- Marshall, R., & Mardia, K. (1985). Minimum norm quadratic estimation of components of spatial covariance. *Journal of the International Association for Mathematical Geology, 17*(5), 517-525.
- Marzano, R. J., Pickering, D., & McTighe, J. (1993). *Assessing Student Outcomes: Performance Assessment Using the Dimensions of Learning Model*: ERIC.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., . . . Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review, 14*, 47-61.
- States, N. L. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC.

- Triona, L. M., & Klahr, D. (2003). Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition Instruction*, 21(2), 149-173.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (1996). A model of the antecedents of perceived ease of use: Development and test. *Decision sciences*, 27(3), 451-481.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management science*46(2), 186-204.
- Wiesner, T. F., & Lan, W. (2004). Comparison of student learning in physical and simulated unit operations experiments. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 195-204.



附錄

附錄一、科學探究實作評量於 Go-Lab 系統使用者操作介面

遺傳探究空間：108七資

動物房觀察室

設計探究顯隱性的實驗

探究兔子性狀顯隱性

雙性狀遺傳

雙性狀遺傳假設

探究雙性狀遺傳法則

結論與討論

歡迎來到飼養兔子的動物房觀察室，裡面有許多兔子可供研究，在我們調查兔子性狀的遺傳法則之前，請先仔細的觀察這些兔子吧！

測驗

本觀察室中兔子的顏色和耳朵，有哪些性狀和特徵？

遺傳探究空間：108七資

動物房觀察室

設計探究顯隱性的實驗

探究兔子性狀顯隱性

雙性狀遺傳

雙性狀遺傳假設

探究雙性狀遺傳法則

結論與討論

根據你在前一階段的觀察室看到的兔子，我們想對兔子的性狀調查其顯隱性。

首先，我們從毛色先開始做調查吧！

報告

設計實驗：設計能判別兔子毛色（黑色、白色）哪個特徵是顯性，哪個是隱性的實驗？請以條列的方式依序寫下實驗設計與步驟。

動物房觀察室

設計探究顯隱性的實驗

探究兔子性狀顯隱性

雙性狀遺傳

雙性狀遺傳假設

探究雙性狀遺傳法則

結論與討論

根據你在前一階段所設計的實驗並進行推論，觀察兔子生育與遺傳的情形並詳細的紀錄，判斷毛色和耳朵形態的顯隱性。

注意：請先閱讀兔子遺傳實驗室使用教學

兔子遺傳實驗室使... ☆ ⓘ

檔案 編輯 查看 工具 說明

要求編輯權限 共用 奇融

1. 在討論室號碼欄位中，輸入班級 + 座號組成的數字。

70115

加入

70115

加入

2. 進入後先確定左上角的討論室號碼一致，接著可以拖曳左邊或右個討論室的兔子到父母的格子內。

討論室: 70115 加入另一個討論室

基因型

毛色:

耳朵形狀:

父母

討論室: 70115 加入另一個討論室

基因型

毛色:

耳朵形狀:

父母

動物房觀察室

設計探究顯隱性的實驗

探究兔子性狀顯隱性

雙性狀遺傳

雙性狀遺傳假設

探究雙性狀遺傳法則

結論與討論

討論室: 123 加入另一個討論室

基因型

毛色:

耳朵形狀:

父母

繁衍

後代

毛色		黑色	白色
耳朵形狀	直	0	0
	垂	0	0
總和		0	

顯示百分比

討論室: 123 加入另一個討論室

基因型

毛色:

耳朵形狀:

父母

- 動物房觀察室
- 設計探究顯隱性的實驗
- 探究兔子性狀顯隱性
- 雙性狀遺傳
- 雙性狀遺傳假設
- 探究雙性狀遺傳法則
- 結論與討論

以下為15 x 6 的空白表格，將實驗數據記錄於表格中，要說明表格欄與列的名稱。

表格

實驗紀錄	欄1	欄2	欄3	欄4	欄5	欄6	欄7	欄8	欄9
列1	d								
列2									
列3									
列4									
列5									
列6									
列7									
列8									
列9									
列10									

- 動物房觀察室
- 設計探究顯隱性的實驗
- 探究兔子性狀顯隱性
- 雙性狀遺傳
- 雙性狀遺傳假設
- 探究雙性狀遺傳法則
- 結論與討論

根據實驗的結果，回答下列的問題。

測驗

毛色顯性性狀為何？

黑色

白色

承上題，請寫出判斷的理由。

Enter your answer

耳朵顯性性狀為何？

直耳

垂耳

承上題，請寫出判斷的理由。

Enter your answer

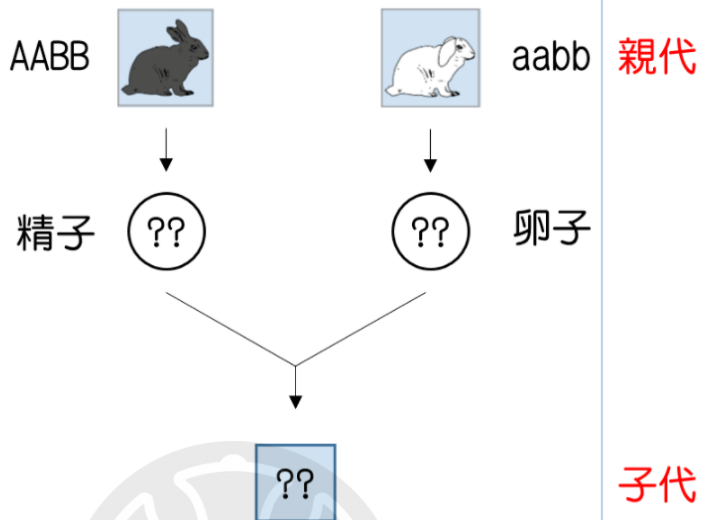
親代每一次繁衍，能生育5隻小兔子，可不可以用一次生育的情形作為判斷的依據？根據你實驗的結果說明為什麼可以或為什麼不可以。

輸入您的答案

- 動物房觀察室
- 設計探究顯隱性的實驗
- 探究兔子性狀顯隱性
- 雙性狀遺傳**
- 雙性狀遺傳假設
- 探究雙性狀遺傳法則
- 結論與討論

經過上一階段確定兔子性狀的顯隱性後，回想國中生物課本提到的孟德爾的豌豆實驗，只調查單一個性狀遺傳的情形。我們好奇：如果繁衍時考慮兩個性狀，分別為毛色(遺傳因子以A、a表示)與耳朵形態(遺傳因子以B、b表示)，遺傳的情形會如何呢？是否會有規則？

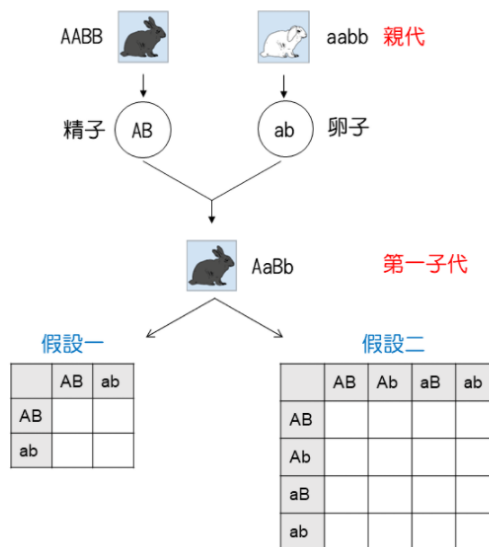
親代由「一純品系黑毛直耳兔子」與「一純品系白毛垂耳兔子」產下一子代兔子，請推理出精子、卵子以及子代的遺傳因子組合與性狀。



- 動物房觀察室
- 設計探究顯隱性的實驗
- 探究兔子性狀顯隱性
- 雙性狀遺傳
- 雙性狀遺傳假設**
- 探究雙性狀遺傳法則
- 結論與討論

考慮兔子二性狀，第一個性狀為毛色(遺傳因子以A、a表示)黑色為顯性，白色為隱性；另一個性狀是耳朵直耳或垂耳(遺傳因子以B、b表示)。

由第一子代的兔子(AaBb)和相同遺傳因子的兔子(AaBb)再繁衍的下一代兔子 - 第二子代。根據學長、學姊研究到一半的研究筆記，循著兩種對形成配子時遺傳因子分配的預測，利用棋盤方格法，計算出子代表現型的比例(黑色直耳：白色直耳：黑色垂耳：白色垂耳)



- 動物房觀察室
- 設計探究顯隱性的實驗
- 探究兔子性狀顯隱性
- 雙性狀遺傳
- 雙性狀遺傳假設
- 探究雙性狀遺傳法則
- 結論與討論

aB				
ab				

根據預測一，利用棋盤方格法，推測第二子代的遺傳因子組合。

表格

預測一	AB	ab
AB		
ab		

根據預測二，利用棋盤方格法，推測第二子代的遺傳因子組合。

表格

預測二	AB	Ab	aB	ab
AB				
Ab				
aB				
ab				

- 動物房觀察室
- 設計探究顯隱性的實驗
- 探究兔子性狀顯隱性
- 雙性狀遺傳
- 雙性狀遺傳假設
- 探究雙性狀遺傳法則
- 結論與討論

根據上述兩種對形成配子時遺傳因子分配的預測，預測一與預測二的種子表現型的比例為何？(化成最簡比例)

表格

性狀表現比例	黑毛直耳	黑毛垂耳	白毛直耳	白毛垂耳
預測一				
預測二				

國中生物課本提到的孟德爾豌豆實驗，只考慮豌豆高、矮莖一個性狀為單性狀遺傳；本兔子遺傳實驗中需考慮毛色與耳朵形態，為雙性狀遺傳。

報告

根據前一階段所提到的預測一和預測二，性狀遺傳的遺傳因子形成配子方式之假設，在形成配子時遺傳因子分配的方式有何不同？

可以採用下列建議詞彙，也可不採用，用自己的方式描述。

建議詞彙：相依的、連續的、獨立的、自由的

B I U pre

- 動物房觀察室
- 設計探究顯隱性的實驗
- 探究兔子性狀顯隱性
- 雙性狀遺傳
- 雙性狀遺傳假設
- 探究雙性狀遺傳法則
- 結論與討論

思考完學長姐研究筆記的兩種預測後，請發揮科學家的精神開始進行實驗，調查第一子代的兔子 (AaBb) 互相生育產出第二子代，會有什麼發現呢？

討論室: 123 [加入另一個討論室](#)

基因型
毛色:
耳朵形狀:

耳朵形狀	毛色	
	黑色	白色
直	0	0
垂	0	0
總和	0	

顯示百分比

討論室: 123 [加入另一個討論室](#)

基因型 父母

- 動物房觀察室
- 設計探究顯隱性的實驗
- 探究兔子性狀顯隱性
- 雙性狀遺傳
- 雙性狀遺傳假設
- 探究雙性狀遺傳法則
- 結論與討論

以下為 15 x 6 的表格，將實驗數據記錄於表格中。(要說明表格欄與列的名稱)

表格	實驗紀錄	欄1	欄2	欄3	欄4	欄5	欄6	欄7	欄8	欄9	欄10
?	列1										
?	列2										
?	列3										
?	列4										
?	列5										
?	列6										
?	列7										
?	列8										
?	列9										
?	列10										
?	列11										
?	列12										

附錄二、實作評量正式試題

題號	題目
1-1	本觀察室中兔子的顏色和耳朵，有哪些性狀和特徵？
2-1	設計實驗：設計能判別兔子毛色（黑色、白色）哪個特徵是顯性，哪個是隱性的實驗？請以條列的方式依序寫下實驗設計與步驟。
3-1	根據你在前一階段所設計的實驗並進行推論，觀察兔子生育與遺傳的情形並詳細的紀錄，判斷毛色和耳朵形態的顯隱性。以下為 15 x 6 的空白表格，將實驗數據記錄於表格中，要說明表格欄與列的名稱。
3-2	毛色顯性性狀為何？請寫出判斷的理由。耳朵顯性性狀為何？請寫出判斷的理由。
3-3	親代每一次繁衍，能生育 5 隻小兔子，可不可以用一次生育的情形作為判斷的依據？根據你實驗的結果說明為什麼可以或為什麼不可以。
4-1	根據預測一，利用棋盤方格法，推測第二子代的遺傳因子組合。 根據預測二，利用棋盤方格法，推測第二子代的遺傳因子組合。 根據上述兩種對形成配子時遺傳因子分配的預測，預測一與預測二的表現型的比例為何？(化成最簡比例)
4-2	根據前一階段所提到的預測一和預測二，兩種對於雙性狀遺傳的遺傳因子形成配子方式之假設，在形成配子時遺傳因子分配的方式有何不同？ 提示：可以採用下列建議詞彙，也可不採用，用自己的方式描述。建議詞彙包括相依的、連鎖的、獨立的、自由的。
5-1	思考完學長姐研究筆記的兩種預測後，請發揮科學家的精神開始進行實驗，調查第一子代的兔子(AaBb)互相生育產出第二子代，會有什麼發現呢？以下為 15 x 6 的表格，將實驗數據記錄於表格中。（要說明表格欄與列的名稱）
5-2	根據你所得實驗數據，你支持預測一或預測二？請盡可能詳細說明你支持的理由。
6-1	根據兔子雙性狀遺傳實驗後得到的數據資料，請思考並說明：在雙性狀遺傳的情況，控制兩個不同性狀的遺傳因子，在親代形成配子時的規則為何？

6-2 孟德爾的遺傳法則能不能夠解釋每一種生物或是每一種性狀的遺傳方式？請提出你的看法，也能舉實際例子說明。



附錄三、遺傳法則前測正式試題

第一部分：基礎題

1. 根據孟德爾的豌豆遺傳實驗，若將黃色的豌豆種子（YY）與綠色的豌豆種子（yy）交配，所得的子代應為下列何者？
(A)均為黃色種子 (B)均為綠色種子 (C)黃色種子：綠色種子=1：1
(D)黃色種子：綠色種子=3：1
2. 已知雙眼皮為顯性(A)，單眼皮為隱性(a)。浩浩和浩浩的媽媽是單眼皮，浩浩的爸爸是雙眼皮，請問浩浩的爸爸控制雙眼皮或單眼皮的遺傳因子組合為何？
(A)AA (B)Aa (C)aa (D)AA 或 Aa
3. 某植物有高莖與矮莖兩種特徵，以下哪個方法可以判斷出高莖和矮莖的顯隱性？
(A)觀察高莖和矮莖在自然界中出現的多寡 (B)觀察高莖和矮莖對環境改變的適應能力 (C)讓純品系的高莖植物與純品系的矮莖植物授粉
(D)取兩者的染色體在顯微鏡下特殊染色觀察
4. 有一隻黑毛天竺鼠的遺傳因子組合為 Bb，下列相關敘述何者正確？
(A)此天竺鼠只會產生含有 B 遺傳因子的配子 (B)b 遺傳因子會在此天竺鼠身上表現出特徵 (C)B 遺傳因子一定會在此天竺鼠的子代中表現出來 (D)b 遺傳因子可能在此天竺鼠的子代中表現出來
5. 下列何者不屬於性狀？
(A)櫻花的花色 (B)豌豆莖的高矮 (C)小貓的耳朵形狀 (D)人類頭髮的長短
6. 一對白豚鼠，第一胎生出一隻黑豚鼠，根據這個事實下列何項推論是正確的？
(A)這一對白豚鼠皆帶有決定黑色性狀的隱性因子 (B)決定白色性狀的為隱性因子 (C)這一對白豚鼠的第二胎也一定是黑豚鼠 (D)這一胎的黑豚鼠必定帶有決定白色性狀的因子
7. 豌豆高莖遺傳因子為 T，矮莖遺傳因子為 t，今兩株豌豆進行人工授粉，所

得子代高莖與矮莖的比例為 1:1，則親代遺傳因子組合為何？

(A)TT、Tt (B)Tt、Tt (C)TT、tt (D)Tt、tt

8. 有一開紫花的豌豆，其遺傳因子組合為 Pp，下列敘述何者錯誤？

(A)該豌豆會產生含有 P 遺傳因子的生殖細胞 (B)該豌豆花的顏色性狀，紫色花為顯性 (C)該豌豆若和開白花的豌豆 (pp) 交配，子代出現開白花的豌豆機率為 1/4 (D)該豌豆自花授粉的子代可能有 P 遺傳因子或 p 遺傳因子所控制的特徵

9. 根據孟德爾的遺傳法則，當成對的兩個遺傳因子是不同形式時，下列敘述何者正確？

(A)性狀能表現出來的是顯性遺傳因子 (B)性狀能表現出來的是隱性的遺傳因子 (C)兩個遺傳因子彼此融合，所以都無法表現 (D)個體同時能表現出兩遺傳因子所控制的性狀

10. 阿明試著做豌豆的遺傳研究，觀察高莖及矮莖豌豆的表現情形，結果如附表。哪些組能單獨判斷顯隱性？

(A)只有乙組 (B)只有丙組

(C)甲組或丙組均可

(D)乙組或丁組均可

組別	親代配對	子代數目(株)	
		高莖	矮莖
甲	高莖 × 矮莖	3	0
乙	高莖 × 矮莖	55	46
丙	高莖 × 高莖	6	7
丁	矮莖 × 矮莖	0	66

11. 有關遺傳法則的敘述，下列何者錯誤？

(A)成對遺傳因子彼此獨立，形成配子時互相分離 (B)性狀可藉由遺傳從親代傳給子代 (C)不是所有的生物都適用孟德爾的遺傳法則 (D)隱性遺傳因子控制的性狀沒有表現的機會

題組一：根據下列文字敘述、圖片與表格回答第 12 和 13 題

豌豆花色雜交實驗中，親代純品系紫花及白花雜交產生第一子代，第一子代彼此再雜交得到第二

	子代數量	
	紫花	白花
第一子代	889	0
第二子代	756	×

子代，已知紫花為顯性且兩個子代的數量如附表所示，試回答下列問題：

12. 親代的遺傳因子組合是

- (A) $PP \times Pp$ (B) $Pp \times Pp$ (C) $Pp \times pp$ (D) $PP \times pp$

13. 表中×最可能是多少

- (A) 734 (B) 370 (C) 263 (D) 0

第二部分：進階題

題組二：根據下列文字敘述回答第 14、15 和 16 題

小其和小欣在進行豌豆遺傳實驗，考慮豌豆種皮的形態。種皮顏色(Yy)黃色為顯性，綠色為隱性；種皮光滑與皺褶(Rr)，光滑為顯性而皺褶為隱性。他們將 $YyRr$ 的黃皮光滑種子的豌豆進行人工自花授粉，觀察到黃色光滑種子、黃色皺皮種子、綠色光滑種子、綠色皺皮種子的數量比為 9:3:3:1。

14. $YyRr$ 於生殖時，可產生 YR 、 Yr 、 yR 、 yr 等四種遺傳因子組合之配子，這是根據孟德爾哪一個遺傳法則？

- (A) 成對的遺傳因子、非成對的遺傳因子皆分離 (B) 成對的遺傳因子、非成對的遺傳因子自由配合 (C) 成對的遺傳因子分離、非成對的遺傳因子自由配合 (D) 成對的遺傳因子自由配合、非成對的遺傳因子分離

15. 親代均為 $YyRr$ 之個體做交配，則 F_1 之遺傳因子組合最多有幾種？

- (A) 4 (B) 9 (C) 6 (D) 10

16. 若遺傳因子為 $YYRr$ 和 $Yyrr$ 的兩個親代交配，下列哪一項敘述是正確的？

- (A) $YYRr$ 產生之配子遺傳組合只有 YR (B) $Yyrr$ 產生之配子遺傳組合只有 yr (C) 第一子代有 4 種遺傳因子組合 (D) 第一子代遺傳因子組合有 $YYRR$

題組三：根據下列文字敘述回答第 17、18、19 和 20 題

小其和小欣繼續針對豌豆進行雙性狀遺傳實驗，考慮豌豆莖的高矮與花的顏色，莖的高矮(Tt)高莖為顯性，矮莖為隱性；花的顏色(Pp)，紫色為顯性而白色為隱

性。他們將 TtPp 與 Ttpp 兩株豌豆進行人工授粉，觀察與推理其子代的遺傳因子組合與外表的特徵。

17. 子代遺傳因子組合有幾種？

(A) 4 種 (B) 6 種 (C) 2 種 (D) 9 種

18. 子代表表特徵有幾種？

(A) 4 種 (B) 6 種 (C) 2 種 (D) 1 種

19. 子代的遺傳因子組合為 Ttpp 的機率是多少？

(A) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{1}{6}$ (C) $\frac{1}{8}$ (D) $\frac{3}{8}$

20. 子代的外表特徵為高莖紫花的機率是多少？

(A) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{1}{6}$ (C) $\frac{1}{8}$ (D) $\frac{3}{8}$



附錄四、遺傳法則後測正式試題

第一部分 基礎題

- 下列何者不屬於性狀？
 - 杜鵑花的花色
 - 豌豆莖的高矮
 - 小狗的耳朵形狀
 - 人類的染色體數量
- 小黎學習孟德爾做豌豆的遺傳研究，觀察高莖及矮莖豌豆的表現情形，結果如附表。請問單獨哪些組就可判斷高莖為顯性，矮莖為隱性？

組別	親代配對	子代數目(株)	
		高莖	矮莖
甲	高莖 × 矮莖	60	0
乙	高莖 × 矮莖	42	41
丙	高莖 × 高莖	45	15
丁	矮莖 × 矮莖	0	61

- 只有甲組
 - 只有乙組
 - 甲組或丙組均可
 - 乙組或丁組均可
- 已知豌豆的白花(a)對紫花(A)為隱性。若想知道某紫花豌豆的基因型是AA還是Aa，科學家通常會怎麼做？
 - 利用顯微鏡觀察染色體
 - 利用化學藥品萃取DNA
 - 將此紫花豌豆與白花豌豆雜交，觀察子代性狀
 - 將此紫花豌豆自花授粉，連續觀察數代子代性狀
 - 假設已知人類眼皮有無皺褶，是受到成對遺傳因子控制的，若表現雙眼皮的遺傳因子是A，表現單眼皮的遺傳因子是a，而阿達控制眼皮的成對遺傳因子為AA，則下列關於阿達未來的小孩的敘述，何者有誤？
 - 阿達的小孩有可能是單眼皮
 - 阿達的小孩一定是雙眼皮
 - 阿達的小孩控制眼皮的成對遺傳因子可能為AA
 - 阿達的小孩控制眼皮的成對遺傳因子可能為Aa

5. 大雄學習孟德爾做豌豆的遺傳研究，隨手取來一株高莖及矮莖豌豆進行人工授粉，結果如附表。若取第一子代高莖豌豆進行自花授粉，產生子代數共 200 株，數目分別為高莖 X 與矮莖 Y，則下列何選項可能為正確紀錄？

代別	配對情形	子代數目(株)	
		高莖	矮莖
親代	高莖 × 矮莖	60	60
第一子代	高莖 × 高莖	X	Y

- (A) 200, 0 (B) 100, 100 (C) 152, 48 (D) 0, 200
6. 有一高莖豌豆，其遺傳因子組合為 Tt，下列敘述何者正確？
- (A) 該豌豆會同時表現 T 遺傳因子和 t 遺傳因子所控制的特徵。
- (B) 該豌豆是純品系。
- (C) 該豌豆只會產生含有 T 的配子。
- (D) 該豌豆授粉後，子代可能表現 t 控制的特徵。
7. 葉氏夫婦生了兩個女兒，大女兒小玥有美人尖，基因組合為 AA，小女兒小雲沒有美人尖，基因組合為 aa，若這對夫婦再生一個孩子，其出現美人尖的機率為何？
- (A) 0 (B) 1/4 (C) 1/2 (D) 3/4
8. 有一隻雄天竺鼠，其控制毛色的遺傳因子組合為 Bb，下列相關敘述何者正確？
- (A) 此天竺鼠的精子內沒有控制毛色的遺傳因子。
- (B) 此天竺鼠只會產生具有 B 遺傳因子的精子。
- (C) 此天竺鼠可能會產生具有 B 或 b 遺傳因子的精子。
- (D) 此天竺鼠會產生同時具有 B 和 b 遺傳因子的精子。
9. 若天竺鼠黑毛為顯性(B)，棕毛為隱性(b)，有一對黑毛天竺鼠(Bb×Bb)交配後，其子代的遺傳因子組合有 X 種，毛色有 Y 種，X+Y=?
- (A) 3 (B) 4 (C) 5 (D) 6
10. 小森從一對「親代果蠅」所產生的後代中選取甲、乙、丙 3 隻果蠅，分別與長翅果蠅（遺傳因子型式為 Aa）交配，若所得結果如附表，則下列何者為「親代果蠅」的遺傳因子型式？

	後代數量	
	長翅	短翅
甲 × Aa	246	254
乙 × Aa	500	0
丙 × Aa	352	148

(A) AA×AA (B) AA×Aa (C) Aa×Aa (D) Aa×aa

11. 若生物表現出隱性性狀時，則該生物的遺傳因子組合是：

(A) 2 個都是顯性遺傳因子。

(B) 一為顯性遺傳因子，另一為隱性遺傳因子。

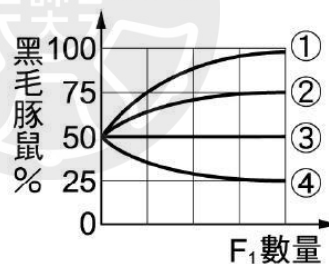
(C) 2 個都是隱性遺傳因子。

(D) 以上均有可能。

題組一：根據下列文字敘述回答第 12、13 題

附表為豚鼠毛色遺傳實驗的結果，已知毛色由一對遺傳因子控制，與其性別無關，試根據附表回答下列問題：

組別	親代婚配情形	子代數目(隻)	
		褐色	黑色
甲	黑毛 × 褐色	0	49
乙	黑毛 × 褐色	41	39
丙	黑毛 × 黑毛	0	61
丁	黑毛 × 黑毛	20	20



12. 小明今養殖丁組的豚鼠，當子代(F1)數目不斷增加時，黑毛豚鼠將從附圖 50 % 的位置趨近於以下何者？

(A) ①：99% (B) ②：75% (C) ③：50% (D) ④：25%

13. 乙的遺傳因子組合為：

(A) Aa×aa (B) Aa×Aa (C) Aa×AA (D) aa×aa

第二部分 進階題

題組二：根據下列文字敘述回答第 14、15 題

小其和小欣在進行豌豆遺傳實驗，考慮豌豆種皮的形態。種皮顏色(Yy)黃色為顯性，綠色為隱性；種皮光滑與皺褶(Rr)，光滑為顯性而皺褶為隱性。他們將豌豆進行人工自花授粉。請根據觀察到的種子性狀，回答下列問題。

14. 若子代種子黃圓：黃皺：綠圓：綠皺=9：3：3：1，則親代基因組合為何？

- (A) YyRR × Yyrr (B) yyRr × YYRr (C) YyRr × YyRr (D) YyRr × yyrr

15. 若子代種子黃圓：黃皺：綠圓：綠皺=1：1：1：1，則親代基因組合為何？

- (A) YyRr × YYRR (B) Yyrr × yyRR (C) YYRr × Yyrr (D) YyRr × yyrr

16. 一個細胞的兩對等位基因 (YyRr) 於生殖時，可產生 YR、Yr、yR 和 yr 四種不同組合的配子，這是符合孟德爾的哪種遺傳法則？

- (A) 等位基因和非等位基因皆分離。
(B) 等位基因分離，非等位基因自由配合。
(C) 等位基因和非等位基因皆自由配合。
(D) 等位基因自由配合，非等位基因分離。

17. RrYY 與 RRYy 兩個體交配，產生 RrYy 個體的機率為多少？

- (A) $\frac{1}{2}$ (B) $\frac{1}{4}$ (C) $\frac{1}{6}$ (D) $\frac{1}{8}$

18. 若豌豆以高莖紅花與高莖白花交配，其子代的表型及比例如下：高莖紅花：高莖白花：矮莖紅花：矮莖白花 = 3：3：1：1，則兩親代的基因型應為：

- (A) TtRr × TtRr (B) Ttrr × TtRr (C) TtRR × Ttrr (D) ttrr × TtRr

19. 已知某種牛，長毛基因 (L) 為顯性，短毛基因 (l) 為隱性，但其毛色的黑毛牛 (B) 與白毛牛 (b) 交配子代為黑色，則下列何種基因型的牛交配所得之 F1 可能出現短白毛？

- (A) llBB × llBB (B) LlBb × LlBb (C) LLbb × llbb (D) LLBb × LLbb (E) LLBB × llbb

20. 美人尖是指前額中央之髮根區域向前突出，係由顯性基因(W)所引起；捲舌是指舌捲成像英文字母的 U 字形，係由顯性基因(R)所引起。表一是用棋盤方格法計算此兩對等位基因遺傳子代的基因型，對此兩對等位基因的表現型，

下列何者正確？

		WR	Wr	wR	wr
WR	甲	WWRr	WwRR	WwRr	
Wr	WWRr	乙	WwRr	Wwrr	
wR	WwRR	WwRr	丙	wwRr	
wr	WwRr	Wwrr	wwRr	丁	

- (A) 具有甲基因型的個體，有美人尖但不會捲舌。
 (B) 具有乙基因型的個體，沒有美人尖但會捲舌。
 (C) 具有丙基因型的個體，有美人尖也會捲舌。
 (D) 具有丁基因型的個體，沒有美人尖也不會捲舌。

附錄五、Go-Lab 系統科技接受效度問卷題目

構面	題號	題目
認 知 有 用 性 PU	PU01	使用 ILS 可以讓我精熟實驗的操作。
	PU02	使用 ILS 學習能讓我更容易理解學習內容。
	PU03	使用 ILS 可以增進我的科學學習效率。
	PU04	ILS 提供豐富的學習資源及補充教材，能提高我的學習成效。
	PU05	整體而言，我認為使用 ILS 學習科學對我是有幫助的。
認 知 易 用 性 PEU	PEU01	我覺得 ILS 中的各項功能是清楚且容易理解使用的。
	PEU02	我覺得 ILS 之中的各項小工具是容易使用的。
	PEU03	學習使用 ILS 很困難的。
	PEU04	操作 ILS 的過程讓我覺得輕鬆沒有負擔。
	PEU05	我可以很容易記住如何使用 ILS 執行任務。
	PEU06	學習如何使用 ILS 很容易。
	PEU07	我在使用 ILS 時感到很困惑。
	PEU08	我覺得 ILS 使我的學習生硬且不靈活。
	PEU09	整體而言，我認為使用 ILS 進行科學學習是容易的。

-
- 使用態度 AU
- AU01 我喜歡使用 ILS 學習科學。
 - AU02 我覺得使用 ILS 學習科學是個明智的選擇。
 - AU03 我對使用 ILS 學習科學抱持正面的態度。
 - AU04 我覺得 ILS 可以滿足我不同的科學學習需求。
 - AU05 我覺得使用 ILS 學習科學是很差的主意。
 - AU06 使用 ILS 學習科學是好玩的。
 - AU07 使用 ILS 令我感到挫折。
-

- 使用意向 BU
- BU01 身為學生，我會考慮使用 ILS 學習科學。
 - BU02 我願意推薦他人使用 ILS 學習科學。
 - BU03 整體而言，我對使用 ILS 學習科學的意願相當高。
-



附錄六、Go-Lab 系統科技接受正式問卷題目

構面	題號	題目
認 知 有 用 性 PU	PU01	使用 ILS 可以讓我精熟實驗的操作。
	PU02	使用 ILS 學習能讓我更容易理解學習內容。
	PU03	使用 ILS 可以增進我的科學學習效率。
	PU04	ILS 提供豐富的學習資源及補充教材，能提高我的學習成效。
	PU05	整體而言，我認為使用 ILS 學習科學對我是有幫助的。
認 知 易 用 性 PEU	PEU01	我覺得 ILS 中的各項功能是清楚且容易理解使用的。
	PEU02	我覺得 ILS 之中的各項小工具是容易使用的。
	PEU03	操作 ILS 的過程讓我覺得輕鬆沒有負擔。
	PEU04	我可以很容易記住如何使用 ILS 執行任務。
	PEU05	學習如何使用 ILS 很容易。
	PEU06	整體而言，我認為使用 ILS 進行科學學習是容易的。
使 用 態 度 AU	AU01	我喜歡使用 ILS 學習科學。
	AU02	我覺得使用 ILS 學習科學是個明智的選擇。
	AU03	我對使用 ILS 學習科學抱持正面的態度。
	AU04	我覺得 ILS 可以滿足我不同的科學學習需求。
	AU05	我覺得使用 ILS 學習科學是很差的主意。
	AU06	使用 ILS 學習科學是好玩的。
	AU07	使用 ILS 令我感到挫折。
使 用 意 向 BU	BU01	身為學生，我會考慮使用 ILS 學習科學。
	BU02	我願意推薦他人使用 ILS 學習科學。
	BU03	整體而言，我對使用 ILS 學習科學的意願相當高。