

科學素養導向教學評量模組—孟德爾的遺傳法則

一、設計理念

本教學設計案例之學習內容主要為國中階段「演化與延續（主題）—生殖與遺傳（次主題）」中「孟德爾遺傳研究的科學史」之學習內容。本教學評量模組的設計理念強調探究實作、脈絡化的學習以及原典經驗再現等，整體而言著重以下幾點特色：

一、融入科學研究的脈絡

教科書常因囿限於版面與篇幅，通常僅能簡短的呈現概念內容，致使某些需要充足背景說明的科學研究歷程，常被壓縮在非正文的版面或消失不見，然而這些歷程卻是協助學習概念建構或伸展的要素，能夠引導學生進入實驗脈絡，理解科學家的研究動機、方法、發現與推論邏輯的重要背景。由於遺傳概念抽象，學生較不易理解，一般教師可能因為各種壓力如教學時間、方法或條件等限制，選擇區塊或點狀的形式呈現概念，未能提供引導學生建構有意義的學習脈絡，僅能以講述與精熟學習的原則設計教學活動，協助學生學習教科書中的遺傳概念，如此的學習經驗鋪陳甚為可惜。

一般學生無法進入厚實的科學研究脈絡，但是為了引導學生進入經典研究的情境，本模組揀選科學家（孟德爾）的重要實驗歷程，設計學習活動，縱使是未具研究經驗與遺傳相關概念的學生，仍能深入科學家的觀察與發現、假說、實驗以及結果與推論等研究歷程，嘗試成為科學家般的探索者。

二、實作導向的探究歷程

遺傳概念教學若是流於過多講述、實驗歷程淪為說明式而無法身歷其境時，學生進行抽象的遺傳概念建立過程通常窒礙連連。科學本身有其認識歷程的特徵，可能是探索、經驗、想像、演繹、分析、歸納、批判等過程經驗，如果科學知識的學習成為一種客觀事實的傳遞與接受歷程，便往往失去其本身的意義或樂趣，因此本模組中之學習活動為協助學生形成抽象的遺傳概念，同時培養學生進行高層次的思考與科學邏輯推論能力，借由孟德爾經典研究的重要歷程，模擬並設計遺傳實驗的實作活動，引導學生在孟德爾的研究脈絡中經驗有意義的探索歷程，進行現象的觀察與探討、模型的建立與修正、資料的整理與分析，依據獲得的結果進行解釋、推論或形成一般化的概念或通則等歷程。

單靠教師的講述與片段概念的理解，學生實在不易理解實驗的因果關係或進行概念澄清，概念之間的連結與延伸，也似乎缺乏合理性、合邏輯的連接，更遑論那些可能影響科學研究發展的要素，因此本模組所透過科學探究與實作的歷程，目的是協助學生逐步形成適當遺傳概念架構。

三、科學家與自我的覺察

透過閱讀孟德爾的生平事跡，促進了解當代社會背景、科學家的生活態度與性格，科學家的實驗歷程脈絡，並盡可能避免因為零碎片段的概念學習，或是因為學科分界過於彰顯而導致去脈絡化的理解。國中生多已發展到自我認同與生涯抉擇探索的階段，認識科學家（人物）的故事，不僅能讓學生了解他人的生命經驗，對於學生的性向探索與生涯方向抉擇，乃至於自我概念的認識或理解，往往能具有楷模或指引的作用，透過科學家生平與研究的閱讀，除了加深學習概念的印象，也有助於學生的自我理解與認識。

四、科學閱讀與學習統整

「實作」是科學學習活動的特徵之一，但是「閱讀」幾乎是所有學習的基礎，二者都是理解科學概念的途徑，二者也都常與「探究」有交集。多數學生喜歡閱聽故事，成人亦是如此，在重要的概念教學活動中，若能提供一些適當的科學故事（如科學史、科學家傳記、科學研究等），不僅能

涵養學生的知識，引發學生在教科書以外的學習樂趣，對於教科書中的概念學習也多能有所助益。人物故事或傳記，常是能夠引發學習動機的素材之一，本模組更希望藉由學習活動的規劃，引導學生進行學習統整的經驗，了解人類智慧的結晶，往往會受到許多似乎可控制與不可控制的社會因素而形成。

整體來說，本模組主要藉由閱讀、實作活動等探究歷程，促進或深化學生對於孟德爾遺傳法則與遺傳實驗模型的建立或理解，透過多一些科學實作與思辨歷程，提供鷹架問題促進學生思考遺傳實驗的現象觀察、分析、解釋或推論等情境問題。運用替代性文本涵蓋教科書內關於孟德爾的簡介與實驗設計，引出其中的科學精神與方法，作為學生理解與探究遺傳實驗而形成概念模型的媒介，並再藉由遺傳實驗的模擬，呈現遺傳現象與遺傳機率之間的關聯，連結日常生活有關或然（機率）與實然（實際）的現象，引導學生分析數據意義，思辨運用數據解釋現象的邏輯性與合宜性。

本模組中主要教學內容與課綱核心素養項目之對應如下表所示。

總綱核心素養面向	總綱核心素養項目	領域核心素養具體內涵	主要教學內容
A 自主行動	A2 系統思考與解決問題	<p>自-J-A2</p> <p>能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，進而解釋因果關係或提出問題可能的解決方案。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根據觀察到的實驗結果現象歸納出豌豆性狀遺傳的特徵：老師提供多組實驗數據，引導學生觀察、記錄並形成性狀遺傳的特色如高莖與高莖可以生出矮莖，但是矮莖與矮莖不能生出高莖等。 2. 老師帶領學生在「遺傳因子→性狀」的假設之下，進行 F2 出現隱性的可能原因與邏輯推論。 3. 抽牌活動：引導學生從實驗數據結果中推導出性狀應由兩個遺傳因子決定，而且遺傳因子的結合是隨機的。
B 溝通互動	B1 符號運用與溝通表達	<p>自-J-B1</p> <p>能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用稍複雜之口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型或其他新媒體形式，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 透過遺傳因子—性狀模型的建立，引導學生運用並利用代號進行遺傳現象的表徵，並從中發現其價值與限制。 2. 抽牌活動：透過性狀遺傳與遺傳因子組合的結果，陳述各自與集體的實驗數據以及實驗結果推論、分析與傳達（含表格的形成與趨勢研判等）。
C 社會參與	C2 人際關係與團隊合作	<p>自-J-C2</p> <p>透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識的能力。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生詢問親代不同性狀類型配對的子代可能性狀，老師給予學生多種可能的實際現象，引導學生進行團體觀察、討論或探討。 2. 遺傳因子模型的建立與調整：一個遺傳因子與兩個遺傳因子控制性狀表現的假設。 3. 抽牌活動：透過共同實作與結果蒐集的過程，體會共同參與、執行與發掘遺傳現象與知識概念。

二、單元架構

本模組中之學習概念如下表所示，共分為三個要項與七個主要的學習概念。

項目	學習概念
孟德爾生平與重要背景	1.孟德爾的性格與學習歷程、遺傳實驗相關背景、植物的生殖
遺傳概念名詞	2.「性狀」的定義與生物「遺傳」的現象(包含適當的例子)
研究方法	3.孟德爾遺傳實驗方法與步驟的意義(含變項的操控與觀察) 4.孟德爾遺傳實驗材料選擇的關鍵性
孟德爾的遺傳實驗	5.遺傳因子的想像、定義及其與性狀的關係
解釋推論	6.遺傳因子在生殖遺傳作用過程中的功能角色
模型建立	7.遺傳因子、生殖作用與性狀表現之間關係的規律

除了表中的第1個學習概念須明確與延伸文本連結，其餘學習概念可斟酌融入延伸文本中內涵。本模組教案是基於給定學生應有的閱讀範圍，並嘗試連結教科書與延伸文本中的之概念名詞或現象陳述，引導學生在孟德爾背景情境中進行脈絡化的學習，而本模組於109年3月10日之公開課研習則主要針對模組中第三堂課作為主要的觀課教案，學習活動規劃如後所述。

三、活動設計

領域/科目	自然領域／生物科		設計者	徐俊龍、王冠婷、蔡秀芳
實施年級	七年級		總節數	共 3 節(公開課一節)，135 分鐘
單元名稱	孟德爾的遺傳法則			
設計依據				
學習重點	學習表現	<p>tm-IV-1 建立模型 <u>能從實驗過程、合作討論中理解較複雜的自然界模型，並能評估不同模型的優點和限制，進能應用在後續的科學理解或生活。</u></p> <p>pa-IV-2 分析與發現 <u>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。</u></p> <p>ai-IV-1 培養科學探究的興趣 <u>動手實作解決問題或驗證自己想法，而獲得成就感。</u></p> <p>an-IV-3 認識科學本質 <u>體察到不同性別、背景、族群科學家們具有堅毅、嚴謹和講求邏輯的特質，也具有好奇心、求知慾和想像力。</u></p>	核心素養	<p>自-J-A2 <u>能將所習得的科學知識，連結到自己觀察到的自然現象及實驗數據，學習自我或團體探索證據、回應多元觀點，並能對問題、方法、資訊或數據的可信性抱持合理的懷疑態度或進行檢核，進而解釋因果關係或提出問題可能的解決方案。</u></p> <p>自-J-B1 <u>能分析歸納、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利用稍複雜之口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型或其他新媒體形式，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等</u></p> <p>自-J-C2 <u>透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識的能力。</u></p>
	學習內容	Ga-IV-6 孟德爾遺傳研究的科學史		
議題融入	議題/學習主題	演化與延續／生殖與遺傳		
	實質內涵	閱 J3 理解學科知識內的重要詞彙的意涵，並懂得如何運用該詞彙與他人進行溝通。		
與其他領域/科目的連結	無			
教材來源	現行版本教科書七年級自然科學領域第二冊第二章第一節			

學習引導內容及實施方式 (含時間分配)	學習評量	備註
<p>第一節</p> <p>一、孟德爾的生平 以「孟德爾的故事」為閱讀文本，配合學習單提示，找出不同時期的孟德爾所面臨的難題或解決之道。 出生～求學 → 1-3 章 第一份工作 → 5 章 維也納大學 → 7 章 我的偶像老師 → 8 章</p> <ol style="list-style-type: none"> 孟德爾在求學階段的學習困境為何？ 孟德爾在如此艱辛的環境中，如何突破學習困境去做研究？ 孟德爾旺盛的求知慾，對你的啟示是什麼？ <p>二、孟德爾的遺傳實驗</p> <ol style="list-style-type: none"> 請學生觀察豌豆的七張豌豆的部位特徵圖卡  <p>※教師提示這些圖卡是豌豆的部位特徵以及該部位特徵的表現形式</p> <ol style="list-style-type: none"> 請學生觀察七種性狀並說出觀察的結果。 <p>三、請學生閱讀課文或延伸文本，說明孟德爾發現豌豆很適合作為實驗材料的可能好處</p> <ol style="list-style-type: none"> 請學生說出孟德爾將豌豆作為遺傳實驗材料的可能原因為何？ 請學生依據延伸文本指出孟德爾是否為首位使用豌豆作為遺傳實驗材料的人？是否有人建議他用豌豆作為遺傳實驗的材料？ 讓學生觀察豌豆花和百合花的圖片，請學生說出這兩朵構造（尤其是花蕊）的不同處。  <ol style="list-style-type: none"> 詢問學生花蕊的明顯與否，對於進行遺傳實驗可能有什麼影響？ <p>※老師說明豌豆花蕊成熟與授粉的機制。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 觀察學生利用螢光筆畫下孟德爾生平文本閱讀的紀錄（或是個人的筆記重點）、填寫閱讀引導單問題的狀況，視情形給予引導。 ● 透過閱讀引導單的問題促進學生回答，統整學生說出孟德爾在求學階段的經濟狀況不佳與學習困境。 ● 透過口頭問答，引導學生說出孟德爾在不斷地學習過程中，累積更多的研究知識和方法。 ● 透過口頭問答，蒐集學生對孟德爾旺盛求知慾的啟示，並摘要重點於黑板。 ● 批改學習單，給予文字回饋 ● 詢問學生是否發現什麼特殊現象？學生可能的回答： <ol style="list-style-type: none"> 1.花有紫色和白色 2.種子很大顆／小顆 3.果莢可能綠色或黃色 4.有的種子皺皺的 5.花長得很奇怪 6.它可以自花授粉 ● 透過提示與問答，引導學生說出豌豆的性狀具有兩兩成對的現象，例如：花色有白色和紫色；豆莢有綠色和黃色；種皮有黃色和綠色。 ● 促進學生回答，並蒐集學生提出對孟德爾選擇豌豆為實驗材料的原因是特徵明顯、容易觀察，並摘要重點書寫於黑板。 ● 引導學生運用先前的觀察結果，學生若無法運用，老師則給予提示。 ● 觀察學生的閱讀結果，視情形給予提示或說明。 ● 引導學生比較豌豆和百合的花朵構造差異，例如：花的外型、百合花可以明顯地看到雄蕊和雌蕊，豌豆花卻無法直接看到。 ● 可以小組或全班形式進行討論，或藉由老師的提示，引導學生理解或說出「這樣的花朵構造，自花授粉可以明 	<p>此欄先不用看</p> <p>ai-IV-1</p> <p>pa-IV-2</p> <p>pa-IV-2</p>

※可提示學生豌豆作為實驗材料的好處之一是授粉可以人為控制。



第二節

一、請學生針對遺傳現象進行觀察與歸納

1.預備 10 組實驗數據，根據學生反應的情形提供親代配對的子代性狀結果，再引導學生進行觀察與歸納。

組別	親代配對	子代性狀的數目	
		高莖	矮莖
1	矮莖 × 矮莖	0	202
2	矮莖 × 矮莖	0	199
3	高莖 × 高莖	152	49
4	高莖 × 高莖	201	0
5	高莖 × 高莖	203	0
6	高莖 × 高莖	149	51
7	高莖 × 矮莖	103	99
8	高莖 × 矮莖	198	0
9	高莖 × 矮莖	202	0
10	高莖 × 矮莖	101	98

※向學生註明這個配對實驗是「當子代都只有 200 個左右的時候」

2.請學生想像「古人說血統純不純」的意思是什麼？再連結到「性狀會不會有純不純」的情形，如果有，可能的意義為何？

3.教師提問「如果觀察子代的性狀，可以推測親代的性狀純不純，根據表格中實驗數據，請問哪些組別的親代性狀比較純？如何判斷？」

4.詢問學生「如果 1、2、4、5 的親代再配對而生出另一批子代，結果生出來有些子代和親代的性狀不同，請問這些親代的性狀是『很純』的性狀嗎？」

5.承前項之情境，詢問學生「如果 1、2、4、

確控制親代的來源」。

參考理由：豌豆的雄蕊和雌蕊緊緊包覆於花瓣中。

●讓小組討論後，透過口頭問答，引導學生說出子代高莖和矮莖性狀的有無或數目等觀察結果。

- 1.高莖 × 高莖可以生出矮莖，但是矮莖 × 矮莖只能生出矮莖，不能生出高莖。
- 2.矮莖 × 矮莖，子代全部都是矮莖；高莖 × 高莖，子代一定有高莖，有時候會出現矮莖
- 3.高莖 × 矮莖，子代一定有高莖，有時候會出現矮莖。

●學生可能會有很多種答案，老師要持續透過問題與引導觀察；指令如「還有沒有看出什麼可能的趨勢或規律嗎？」、「有什麼特別的遺傳現象嗎？」等引導式問題，觀察學生的思考與表達，視情形給予更多指導。最終引導學生說出當高莖 × 矮莖時，似乎是高莖比較厲害。

●請學生回答「血統很純」的意思。再請學生思考「性狀很純」的可能意思；若學生無法回答，可提供鷹架指導語：「如果我們說一個性狀純不純，通常指的是他的所有後代和自己是不是很像」，再請學生依據前一個學習活動的表格中資訊回答。

●觀察學生是否能依據表格中的親代與子代的性狀情形回答，如果學生無法回答，老師則再給予前項之鷹架支持。

●引導學生能回答出「1、2、4、5」等四組的親代性狀比較純。

●確認學生能夠理解「所有子代的性狀都和親代的性狀相同，表示親代的性狀很純」

●確認學生是否能運用前項的認知在此情境，如果無法運用，便提醒學生先前對於「性狀很純」的定義或描述。

pa-IV-2

pa-IV-2

<p>5的親代再配對而生出另一批子代，結果生出來的所有子代皆和親代的性狀相同，那麼這些親代的性狀是『很純』的性狀嗎？」</p> <p>6.承第5項的情境，詢問學生「如果這些子代(F1)彼此配對而生出下一代(F2)中有些子代和F1的性狀不同，表示什麼呢？」</p> <p>7.詢問學生要怎麼確認性狀是不是很純呢？</p> <p>二、進入孟德爾的遺傳實驗</p> <p>1.孟德爾在實驗中，有沒有關心過「很純／不純的性狀」？如果一棵豌豆個體具備很純的性狀，他要如何描述這一棵豌豆個體？</p> <p>2.孟德爾如何確認「純種個體」？ ※視情形提供學生名詞或條件鷹架作為描述的參考，例如：「相同性狀的個體彼此配對」、「產生的大量子代中...」、「持續進行多代」、「直到子代性狀和其親代性狀...」等。</p> <p>3.如果依據孟德爾尋找純種性狀的個體，表格中的哪些親代個體，比較有機會是純種／純品系的個體？請問你是怎麼判斷的呢？</p> <p>4.再次確認學生對於純種性狀獲得的方法，詢問「在孟德爾的實驗中，純品系的高莖豌豆是如何獲得？」</p> <p>5.詢問學生「為什麼孟德爾要尋找純種的高莖和純種的矮莖呢？他找到純種高莖和純種矮莖之後，他接下來做了什麼測試？」</p> <p>6.他讓純種高莖和純種矮莖進行配對，結果發生了什麼事？</p> <p>7.你覺得孟德爾用純種高莖和純種矮莖配對的可能實驗目的為何？</p> <p>8.他們的子代全數都是高莖。孟德爾怎麼解釋這個現象？如果是你，你怎麼解釋？ (可能的引導語：植物的生殖過程可能會出現很多的不確定)，孟德爾為了確保這些大量的子代都是來自純種高莖和純種矮莖的配對，他做了哪些事？(關於實驗步驟／變因操控)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 預計學生會回答「是很純的性狀」，但是順此回應接著詢問學生的想法。 ● 預計學生回答「F1」的性狀不純。 ● 等待學生思考或尋找有用的資料，最終引導／帶領學生找到孟德爾對「純種」個體的性狀描述與定義。 ● 引導／帶領學生運用教科書與延伸文本的資料，回答出「讓相同性狀的個體彼此配對而產生大量子代，持續進行多代的配對與生殖，直到子代和其親代的性狀完全相同，即為所謂的純種／純品系（延伸文本／教科書）的個體」 ● 預計能回答「1、2、4、5」、「因為子代的性狀都和親代的性狀一樣」。 ● 學生可能會猜測答案，重點是引導學生理解要種到高莖豌豆的所有種子只能種出高莖為止。 ● 引導／帶領學生運用教科書與延伸文本的資料，回答出「他讓純種的高莖和純種的矮莖配對產生下一代。」 ● 預計學生回答「後代都是高莖的」。 ● 預計學生能回答「看看高莖和矮莖哪一個比較厲害？」 ● 預計／引導學生回答「高莖比較厲害」 ※可考慮在此帶入孟德爾所說的顯、隱性。 ● 確認學生能觀察孟德爾的實驗設計特徵：剪去雄蕊或雌蕊、人工授粉 ● 透過口頭問答，最終引導學生說出自花授粉表示子代的性狀一定來自同一株的遺傳因子，不會混雜到外來物的干擾（如其它花朵的花粉）。 ● 引導學生思考孟德爾進行人工授粉、異花授粉，才能夠確定子代的性狀來 	<p>tm-IV-1</p>
---	--	----------------

<p>三、遺傳因子的想像與單一遺傳因子遺傳模型</p> <ol style="list-style-type: none"> 孟德爾在遺傳實驗中，似乎找到了性狀分為優勢性狀和劣勢性狀（如高莖和矮莖等），於是他假想個體細胞內有控制性狀表現的「物質」，請問他如何推測？ 如果遺傳因子控制著性狀的表現，看看孟德爾實驗中，純種高莖 × 純種矮莖的生殖遺傳，試試看標記這些個體內的遺傳因子 → 建立單一遺傳因子遺傳模型 <p>※老師視情形引入遺傳因子的代號（T、t）。</p> <ol style="list-style-type: none"> 孟德爾的 F1→F2 實驗結果與說明：請學生觀察與運用先前的遺傳模型進行標記。 教師詢問「剛剛的遺傳模式（單一遺傳因子遺傳模型）是否可以解釋孟德爾的遺傳實驗結果呢？」為什麼？ <p>親代：高莖 (T) × 矮莖 (t) 第一子代：高莖 (T) 自花授粉 第二子代：應該要只有高莖 (T) 但是第二子代有高莖也有矮莖</p> <ol style="list-style-type: none"> 孟德爾的實驗中，第二子代矮莖這個性狀，你推測是來自哪裡？如何修正單一遺傳因子遺傳模型，才能讓親代矮莖性狀可以在第二子代出現？ <p>※老師視情形引導要把特性「隱藏」起來，要有另外一個特性覆蓋其外。</p>	<p>源。</p> <ul style="list-style-type: none"> 預計／引導學生回答出「遺傳因子（控制著性狀的表現）」 預計／引導學生回答出「親代高莖 → T、親代矮莖 → t、子代高莖 → T」 引導建立單一遺傳因子的遺傳模型。 預計／引導學生嘗試標記 F2 的遺傳因子，但會因發現到 F2 有矮莖認知到單一遺傳因子遺傳模型的限制。 確認學生回答出「不行」及其推論原因。 並接著透過口頭問答，引導學生說出孟德爾的實驗數據，第二子代有高莖也有矮莖（似乎剛建立的模型有所限制）。 預計／引導學生回答：來自親代，可能在第一子代隱藏起來，第二子代又重新出現 預計／引導學生朝向兩個遺傳因子模型 確認學生推論 TT、Tt、tt 遺傳因子組合，表現的性狀是高莖還是矮莖？ 	
--	---	--

<p>第三節</p> <ol style="list-style-type: none"> 複習舊知識：請學生回答不同的兩個遺傳因子組合，例如：TT、Tt、tt 會表現高莖還是矮莖？ 建立兩個遺傳因子遺傳模型 已知親代是純品系高莖、純品系矮莖，那用兩個遺傳因子應該怎麼表示呢？根據孟德爾實驗結果，F1 全部為高莖，高莖應該怎麼用 	<ul style="list-style-type: none"> 預計學生能回答「TT、Tt 高莖，tt 矮莖」 預計學生要能表示純種高莖的遺傳因子為 TT，純種矮莖的遺傳因子為 tt 	
--	--	--

<p>兩個遺傳因子來表示呢？</p> <p>3. 尋找遺傳模式：單親或雙親？ 詢問學生「F1的高莖如果是TT」，表示F1個體的兩個TT是哪裡來的？單親遺傳模式是否能應用於「F1→F2」？為什麼不行？ 詢問學生「F1的高莖如果是Tt」，表示F1個體的T和t是哪裡來的？ ※當學生提出預期的答案時，老師接著回饋與強化「你的意思是說『如果F1的遺傳因子是Tt』，表示他的遺傳因子是分別來自他的雙親嗎？」</p> <p>4. 請學生再觀察孟德爾遺傳實驗中「F1→F2」的過程，提問「若是F1的遺傳因子是Tt，採取雙親各給子代一個遺傳因子的模式，能否解釋F2中的高莖和矮莖的出現呢？」</p> <p>5. 再次確認學生理解「兩個遺傳因子+雙親遺傳模型」，並接受以此模型解釋孟德爾的實驗結果。</p> <p>6. 遺傳模擬實驗設計：遺傳因子隨機組合（依據最新的模型）詢問學生：「雙親的遺傳因子遺傳給子代，會是怎麼樣遺傳給子代的呢？」固定選一種？還是隨機選一種？有哪幾種可能的組合呢？</p> <p>7. 若以孟德爾實驗F1→F2的數據，一開始父親的遺傳因子為何？母親的遺傳因子是為何？子代應該有什麼表現特色呢？</p> <p>8. 遺傳模擬實驗操作：藉由抽牌實驗數據，觀察哪種模型較接近孟德爾實驗結果。建議第一種模式教師示範全班觀察，第二種模式指定學生上台示範全班觀察，第三種模式才讓學生分組實驗。</p> <p>(1) 雙方固定抽球（台上示範、學生觀察） 當父母雙方均固定抽取某個遺傳因子，能</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 預計學生回答F1可能是TT或Tt ● 預計學生回答「都是純種高莖給他的」。 ● 預計學生回答「因為第一子代TT，無法生出第二子代tt」。 ● 預計學生回答「一個(T)是來自純種高莖，一個(t)則來自純種矮莖」。 ● 預計學生回答「是的」 ● 引導學生討論F1→F2的遺傳情形，建議先列出F2子代高莖、矮莖遺傳因子的組合，再以箭頭標記引導學生思考模型是否可以解釋遺傳因子的組合。過程可將學生的解釋過程筆記於黑板或螢幕，幫助其他學生理解。 ● 教師可將「兩個遺傳因子+雙親遺傳模型」和「兩個遺傳因子+單親遺傳模型」並列於黑板或投影片，請學生比較兩者差異以及解釋為什麼雙親遺傳模型比較符合孟德爾實驗？ ● 若學生無法理解怎麼傳，可以用上課傳物品為例子，有些人會隨意拿一個就向後傳，有些人會選擇自己想要的在向後傳，引出固定(選自己想要)或隨機(隨意拿一個)。 ● 若學生無法理解有哪幾種可能的組合，教師可以舉例一種：父母都挑選固定遺傳因子給子代，那還有什麼可能呢？ ● 預期學生能回答父親與母親遺傳因子均為Tt，子代必須有高莖有矮莖。 ● 先定義怎樣的抽牌方法是固定？怎樣是隨機？若自己選一張牌是固定或隨機？ ● 確認學生能觀察遺傳因子組合並能將其應對應表現之性狀為高莖 	<p>tm-IV-1</p> <p>pa-IV-1</p>
---	--	-------------------------------

符合孟德爾 F2 觀察結果「有高有矮」嗎？

(2)單方固定抽球(台上示範、學生觀察)

實驗模擬固定一方，另一邊隨機。每組進行六次，把結果寫在黑板上。請學生描述數據的趨勢。接著請學生比較各組數據是否接近孟德爾實驗結果，並發表看法。

(3)隨機抽球之示(全班學生操作)

每組進行十次，把結果寫在黑板上。請學生描述數據的趨勢。接著學生比較各組數據是否接近孟德爾實驗結果，並發表看法。請全班將數據寫在黑板上，請學生描述數據的趨勢。

9. 討論我們提出的模型與實驗數據，是否能符合孟德爾實驗結果。概分為以下幾步驟：

- 統計全班的實驗結果—TT、Tt、tt 數量，是否和多數組別趨勢相同？
- 統計全班高莖和矮莖的數目，是否和多數組別趨勢相同？
- 比較全班數據與孟德爾實驗結果，數字差異甚大，該如何比較呢？
- 聽完多位學生發言後，請每位學生在學習單寫下是否同意我們提出的模型，能否完整解釋孟德爾的實驗結果，為什麼呢？

或矮莖。

- 預計學生能發現到固定的抽牌，子代只會有一種性狀
- 部分學生可能會把四種固定遺傳組合結果混為一談，進而提出符合孟德爾 F2 觀察結果「有高有矮」，教師須留意。
- 預計學生能發現到固定的抽牌，僅有部份情況可能會出現有高有矮的後代(一方固定 t、一方隨機)。所以一方固定、一方隨機的遺傳模式，無法完整解釋 P2 子代表現的特徵。
- 學生初步分析會以兩種性狀誰為多數討論，教師可適時根據黑板數據提出疑問(例如可是這組是高莖少矮莖多，怎麼和你的組別不一樣?)引導學生須觀察全班數據。
- 學生描述趨勢可使用高矮哪種比較多?有幾組是高大?有幾組是矮多?
- 預期學生會發現全班總和結果會和多數組別趨勢相同
- 全班數據總合約 120 個，與孟德爾 1000 多個差異甚大，學生不知從何比較，教師須引導觀察思考。可採取比例計算，或者全班數據同乘以十放大...等等。
- 預期學生的實驗數據會和孟德爾實驗結果有類似趨勢，但不會一模一樣。先讓學生在學習單寫下自己的想法，教師不評論對錯，只需確認學生的論述是否前後一致。
- 讓學生舉手發言數據處理方式，再各自寫下是否同意，可幫助程度中後段學生根上學習進度。

an-IV-2

教學設備/資源：

電腦、單槍、螢幕、滑鼠、小白板、白板筆、學習單、閱讀引導單、圖卡、科普短文等。

參考資料：張文亮(2008)。生命科學大師——遺傳學之父孟德爾的故事。臺北市：校園書房。