

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案表單與學習單

教案設計者：徐秉鴻					
課程領域：					
<input type="checkbox"/> 物理 <input type="checkbox"/> 化學 <input checked="" type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 地球科學 <input checked="" type="checkbox"/> 科技領域 <input type="checkbox"/> 其他					
教案題目：					
運用仿生學進行 STEM 探究課程—以植物莖為例					
授課時數：					
12 節 (50 分鐘 / 節) 。建議每次授課時數為 100 分鐘，至少 6 次。					
教案設計理念與動機：					
<p>隨著 108 新課綱上路，高中教育階段的必修課程全面納入「探究與實作」，且學生可將其作品做為「學習檔案」的內容，為培養學生能在國中階段也有相關科學探究經驗以及跨領域（自然科學 S、科技技術 T、工程測試 E、數學知識 M）學習能力，故運用「仿生學」做為課程主軸，讓學生在進行「5E 學習模式（Ruiz-Martín & Bybee, 2022）：參與（Engagement）、探索（Exploration）、解釋（Explanation）、精緻化（Elaboration）及評鑑（Evaluation）」時，能夠從實驗過程中，理解自然界的生物模型，並能了解模型的優點和限制，進能應用到生活當中，作為仿生物件。</p> <p>本教案在精緻化到評鑑的歷程中，著重學生自行設計作品與安排實驗流程，希望除了讓學生習得科學內容知識外，在科學實踐部分以「結合建模之探究策略（邱美虹，2016）」，搭配科技輔具進行科學探索、驗證及應用，進而讓學生在實作中，將既有的素樸概念轉換成有科學根據的概念（李驥、邱美虹，2019）。</p>					
教學目標：					
層面	學習目標呼應自然科學領域學習重點與核心素養內容表				
學習表現	探究能力：思考智能（t）、問題解決（p）、科學的態度與本質（a）				
學習內容	<table border="1"> <tr> <td>Ma-IV-1 生命科學的進步，有助於解決社會中發生的農業、食品、能源、醫藥，及環境相關的問題。</td> <td>Db-IV-6 植物體根、莖、葉、花、果實內的維管束具有運輸功能。</td> </tr> <tr> <td>Mc-IV-2 運用生物體的構造與功能，可改善人類生活。</td> <td>Na-IV-7 為使地球永續發展，可以從減量、回收、再利用、綠能等做起。</td> </tr> </table>	Ma-IV-1 生命科學的進步，有助於解決社會中發生的農業、食品、能源、醫藥，及環境相關的問題。	Db-IV-6 植物體根、莖、葉、花、果實內的維管束具有運輸功能。	Mc-IV-2 運用生物體的構造與功能，可改善人類生活。	Na-IV-7 為使地球永續發展，可以從減量、回收、再利用、綠能等做起。
Ma-IV-1 生命科學的進步，有助於解決社會中發生的農業、食品、能源、醫藥，及環境相關的問題。	Db-IV-6 植物體根、莖、葉、花、果實內的維管束具有運輸功能。				
Mc-IV-2 運用生物體的構造與功能，可改善人類生活。	Na-IV-7 為使地球永續發展，可以從減量、回收、再利用、綠能等做起。				
科學素養	自主行動、溝通互動、社會參與				
層面	學習目標呼應科技領域學習重點與核心素養內容表				
學習表現	<table border="1"> <tr> <td>設 s-IV-1 能繪製可正確傳達設計理念的平面或立體設計圖。</td> <td>設 c-IV-3 能具備與人溝通、協調、合作的能力。</td> </tr> <tr> <td>設 s-V-1 能運用繪圖軟體或相關科技以表達設計構想。</td> <td>設 a-V-2 能從關懷自然生態與社會人文的角度，思考科技的選用及永續發展議題。</td> </tr> </table>	設 s-IV-1 能繪製可正確傳達設計理念的平面或立體設計圖。	設 c-IV-3 能具備與人溝通、協調、合作的能力。	設 s-V-1 能運用繪圖軟體或相關科技以表達設計構想。	設 a-V-2 能從關懷自然生態與社會人文的角度，思考科技的選用及永續發展議題。
設 s-IV-1 能繪製可正確傳達設計理念的平面或立體設計圖。	設 c-IV-3 能具備與人溝通、協調、合作的能力。				
設 s-V-1 能運用繪圖軟體或相關科技以表達設計構想。	設 a-V-2 能從關懷自然生態與社會人文的角度，思考科技的選用及永續發展議題。				
學習內容	<table border="1"> <tr> <td>生 P-IV-7 產品的設計與發展。</td> <td>生 P-V-1 工程設計與實作。</td> </tr> </table>	生 P-IV-7 產品的設計與發展。	生 P-V-1 工程設計與實作。		
生 P-IV-7 產品的設計與發展。	生 P-V-1 工程設計與實作。				
科技素養	科-J-A3 利用科技資源，擬定與執行科技專題活動。				

層面	學生學習表現目標內容	
A. 認知	1. 觀察出植物結構及特徵。 2. 瞭解植物生理運作機能。	3. 認識仿生學內涵相關知識。 4. 知道科學實驗的知識內涵。
B. 態度	1. 產生與大自然的情意連結。 2. 透過同儕交流討論，培養探究興趣與自信心。	3. 利用科技資訊輔助自身學習，強化終身學習態度。
C. 技能	1. 依據自身先備知識回答問題。 2. 設計實驗流程並操作實驗儀器。 3. 利用三視圖知識繪製 2D、3D 草圖。	4. 評估模型樣品之優缺點。 5. 將實驗結果的數據，繪製為圖表，並加以解釋。

教育對象：

國中二年級（八年級）以上

課程設計（方法與步驟）：

一、課程活動背景：

（一）5E 學習模式(Ruiz-Martín & Bybee, 2022)：

1. **參與 (Engagement)** —教師針對學生觀察校園植物後發想仿生相關的問題提問，使學生將過去和現在的學習經驗加以連接，在原有基模引入新的概念，並在適當時機營造認知衝突，引發學生進行探究的興趣。
2. **探索 (Exploration)** —藉由安排學生實際動手做、觀察記錄的過程，使學生能提出新的解釋並進行對話中的深度處理，教師須引導學生進行思考，而不該提供結果唯一的正確答案，賦予學生更多的自主性，在有組織的解釋中學到相關知識。
3. **解釋 (Explanation)** —將進行探究活動後的數據與結果，以小組合作討論的方式進行數據的分析與詮釋，在小組內形成共識並形成實務的知識論。
4. **精緻化 (Elaboration)** —針對學生新形成的概念加以挑戰，向學生發問同一概念的問題，並要求在不同情境下思考該概念，讓前面情境所建構的概念與技能得以延伸、統整與應用，以便能更完整的建構出知識體系，並將所學運用在生活情境中。
5. **評鑑 (Evaluation)** —在探究過程中，以多次形成性評量的方式，讓學生在不斷檢索經驗的情況下，加強記憶理解；亦可安排小組展示研究設計流程、結果及模型，使得學生們能夠自我與彼此檢核其所建構的新知識是否合宜以及能否解決生活上的議題。

（二）結合建模之探究策略 (邱美虹，2016)：

1. **模型選擇**—學生從先前的概念選擇適切的模型，活化先前知識經驗。
2. **模型建立**—學生需建立所選擇物件之間的關係（連結）與結構。
3. **模型效化**—學生要驗證已建立的模型，對成分間之關係與結構進行效化。
4. **模型分析**—模型建立後，運用已效化的模型進行問題的解釋與分析。
5. **模型應用**—學生需要利用已效化的模型於相似的或新的問題情境中。

（三）仿生學課程階段（仿生思維 Biomideas Bio-My-Ideas）：

1. 第一階段 (自然科學 S)

對生物的原型進行探究，並且依據具體目標的課題，將研究的資料予以簡化，吸收對技術要求有益的內容。

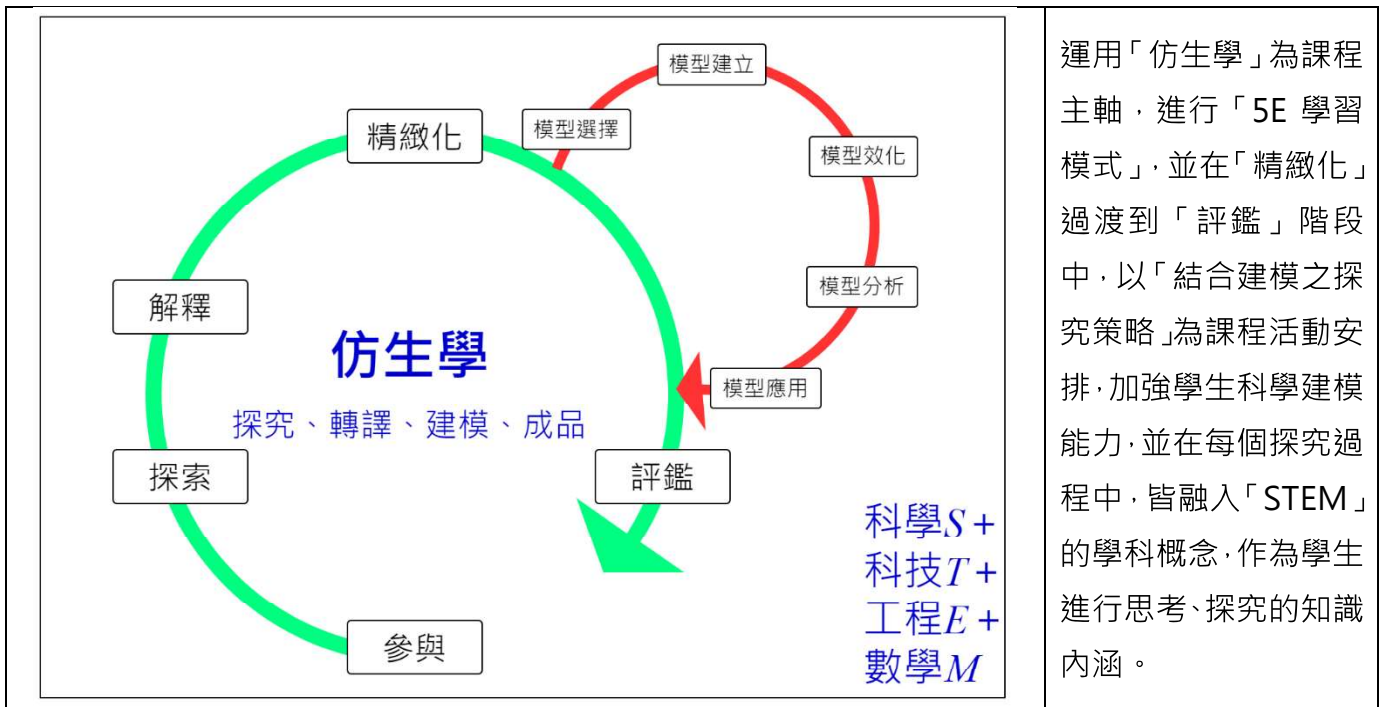
2. 第二階段 (數學知識 M)

將生物模型的資料進行科學分析，並使其內在的關聯抽象化，用科學的語言把生物模型「翻譯」成有意義的模型，通常是以數學模型建立圖表，並且經由研究者加以詮釋。

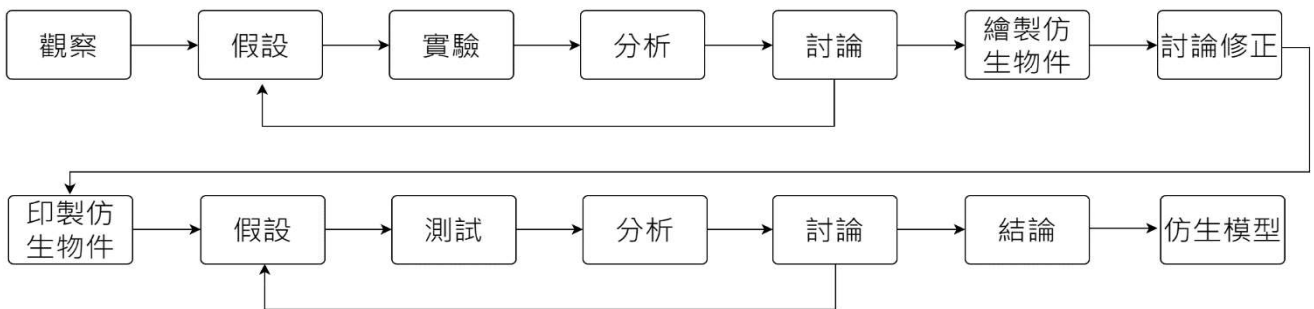
3. 第三階段 (科技技術 T、工程測試 E)

利用前一階段的模型創造出可在工程技術上進行實驗探究的具體模型。在生物的模擬過程中，不僅僅是單純的模仿，更重要的是如何創新。經過實踐、認識、再實踐的多次循環，才能使模擬出來的東西越來越符合商業化生產的需求。然而，這樣模擬的結果，通常會使最終完成的機器設備藍圖與生物原型不同，在某些方面甚至超過生物原型的能力。

(四) 課程模式概念圖：



(五) 課程活動流程圖：



(六) 課程活動安排：

週次	學生學習內容	教師提供協助	學科概念
第一次	蒐集素材進行觀察，發想仿生問題，並實驗記錄加以討論【模型選擇、建立、應用】。	安排相關學科知識內容(如：仿生學)，規劃觀察路線，維護學生安全。	科學
第二次	將其生物的特性，以三視圖概念繪製仿生模型 3D 圖，並列印【模型選擇、模型建立】。	提供電腦、列印設備、輔助學生繪製 3D 圖。	數學、科技
第三次	共同討論、修正仿生模型，並選擇研究發展方向【模型建立、模型效化】。	引導、收斂學生想法。	工程、科學
第四次、第五次	以實驗儀器進行仿生模型測試，並討論修正模型【模型效化、模型分析】。	留意學生實驗流程是否符合探究精神。(應進行多次循環，並依學生狀況延長上課時間)	數學、科學
第六次	討論發表，關於仿生模型之應用【模型應用】。	安排討論空間，收斂學生作品設計。	STEM

二、課程主題與內容 (以仿生植物莖為例)：

從學生日常生活中的校園，發掘問題就是對於學習最佳的思維途徑，而仿生學的實質內涵即是經由觀察模仿生物特點到轉化成模型(構想到製作)。透過帶領學生實地走訪校園園圃，找尋、發掘問題所在，而進入深層探究，融入學科(S、T、E、M)知識背景，以實際觀察植物莖的方式，藉由提供學生適當的學習工具，如：模型：3D 列印(T)，並引導學生依據探究問題設計實驗(S)，在過程中學生得以藉由文字、圖表等表徵(M)方式記錄觀察的內容，並透過小組合作討論，發展出得以應用於生活之中的作品(E)，於課程末時，出產專題報告，並鼓勵學生參加相關競賽。

三、課程活動設計 (以仿生植物莖為例)：

課程週次	探究階段	學習目標代號	教學內容	教學評量
—	參與、探索	A1、 A2、 A3、 A4、 B1、 B2、 C1、	<p>(一) 導入活動(30 分鐘)</p> <p>由於學校地理位置週邊沿線均有大量農戶，學生們對於植物並不陌生，故播放相關紀錄片、新聞影像，以連結學生生活經驗，激發學生動機。</p> <p>(二) 開展活動(60 分鐘)</p> <p>1. 體驗活動</p> <p>教師帶領學生走訪校園園圃，結合多感官體驗，讓學生用雙眼(視覺)發現先前影片相關畫面，鼓勵學生以雙手(觸覺)觸摸植物莖，感受不同植物莖之層次感(學生產生認知衝突)。</p>	口頭發表、學習單

			<p>2. 採集素材 提供學生時間準備觀察素材。</p> <p>3. 觀察記錄【模型選擇、模型建立】 透過觀察探究列出待答問題，師生共同討論(學生深度處理對話意義)。</p> <p>4. 仿生應用【模型應用】 播放仿生學概念影片，並引導學生對於植物莖特點進行仿生應用(學生深度處理對話意義)。</p> <p>(三) 綜合活動(10 分鐘) 提醒學生完成學習單後繳交，以作為下次課堂的討論依據。</p>	
二	探索、 解釋、 精緻化	A2、 A3、 B2、 B3、 C1、 C3	<p>(一) 導入活動(10 分鐘) 呈現、介紹學生學習單提及內容、圖片及影像，讓學生得以對上次課程活動有所回憶。</p> <p>(二) 開展活動(80 分鐘)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 討論報告【模型選擇】 先請學生們針對提出的問題，運用過去所學知識進行討論，教師再針對學生提出的答案中不合理的地方進行補充說明(學生深度處理對話意義以小組合作討論進行數據分析與詮釋，教師則提供有組織的解釋，但不提供唯一的答案結果)。 2. 利用三視圖概念繪製植物莖「橫切面_上視圖、縱切面_側視圖」仿生結構 2D 圖(學生將前面所建構的概念延伸應用到不同情境)【模型建立】。 3. 利用三視圖概念以 3D 繪圖軟體，將仿生結構 2D 圖轉為 3D 圖(學生將前面所建構的概念延伸應用到不同情境)【模型建立】。 4. 安排列印時間。 <p>(三) 綜合活動(10 分鐘) 提醒學生於課後完成學習單，並作為下次課堂的討論依據。</p>	口頭發表、繪製 2D 與 3D 物件、列印 3D 物件樣品、學習單
三	解釋、 精緻化	A3、 A4、 B2、 B3、 C1、 C4	<p>(一) 導入活動(10 分鐘) 統整學生學習單提及內容、圖片及影像，並發放前次製作之仿生模型，使學生能連結前次課程學習內容。</p> <p>(二) 開展活動(80 分鐘)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教師與學生共同討論前次仿生物件模型的實際情況，並加以記錄於學習單(學生深度處理對話意義以小組合作討論進行數據分析與詮釋，教師則提供有組織的解釋，但不提供唯一的答案結果)【模型效化】。 2. 教師與學生共同討論仿生模型的研究發展方向(學生將前面所建構的概念延伸應用到不同情境)【模型建立】。 3. 依據研究方向修正仿生模型與繪圖，教師須留意學生設計之合理性(學生將前面所建構的概念延伸應用到不同情境)【模型建立】。 4. 設計規劃相關假設實驗內容，教師須留意學生設計之合理性(學生將前面所建構的概念延伸應用到不同情境，並依照對應的關係進行研究假設)【模型建立、模型效化】。 	口頭發表、繪製 2D 與 3D 物件、列印 3D 物件樣品、學習單

			(三) 綜合活動(10 分鐘) 提醒學生於課後完成學習單，並作為下次課堂的討論依據。	
四、五	解釋、 精緻 化、 評鑑	A3、 A4、 B2、 B3、 C1、 C2、 C4、 C5	(一) 導入活動(10 分鐘) 統整學生學習單提及內容、圖片及影像，並發放前次製作之仿生模型，使學生能連結前次課程學習內容。 (二) 開展活動(80 分鐘) 1. 依據研究假設進行實驗，並記錄其結果 (學生以小組合作進行實驗驗證，找出對應的關係)【模型效化】。 2. 共同討論、統整各組實驗數據，進行分析與結論 (學生深度處理對話意義，運用實驗數據進行分析與詮釋)【模型分析】。 (三) 綜合活動(10 分鐘) 提醒學生於課後完成學習單，並準備下次課堂的報告內容。	口頭發表、學習單
六	解釋、 精緻 化、 評鑑	A1、 A3、 A4、 B2、 C1、 C4、 C5	(一) 導入活動(10 分鐘) 統整學生學習單提及內容、圖片及影像，並發放最終版的仿生應用物件模型成品，使學生能連結前次課程學習內容。 (二) 開展活動(80 分鐘) 引導學生上台報告探究成果 (安排學生展示研究成果，以檢核其所建構的知識內容能否解決生活上的議題)【模型應用】。 (三) 綜合活動(10 分鐘) 教師統整與總結各組探究內容與重點，並提醒學生於課後完成學習報告。	口頭發表、學習單

四、課程引導學習單 (以仿生植物莖為例)：

運用仿生學進行 STEM 探究課程—以植物莖為例 學習單					
第一週次					
請將剛剛採集的植物莖樣本利用實驗器材，先自行進行探究觀察實驗，並針對以下的問題撰寫紀錄報告。					
一、請藉器材觀察，輔以自身的知識背景判斷以下問題：【模型選擇】					
1. 請問以下草本植物依照莖的型態區分的話，屬於何種植物？					
2. 請用文字敘述說明你是如何判斷的。					
3. 請用簡單的圖示畫出植物莖的輪廓 (縱切面或橫切面)。					
名稱	香蕉假莖	竹子	野薑花	旅人蕉	芒草
圖片					
	來源：農委會	來源：光華雜誌	來源：農傳媒	來源：科工館	來源：環資中心
1 分類	單子葉植物	單子葉植物	單子葉植物	單子葉植物	單子葉植物

	/ 雙子葉植物	/ 雙子葉植物	/ 雙子葉植物	/ 雙子葉植物	/ 雙子葉植物
2 敘述					
3 圖示					

- 二、請和組員討論並探討哪些特徵會是最主要判斷單子葉植物或雙子葉植物方式：【模型選擇】
- 三、請和組員討論並探討何種植物莖的結構承重能力可能較佳及其可能的原因：【模型建立】
- 四、請在欣賞《TED2005 Janine Benyus 分享自然的設計》後，討論要如何將觀察到的「植物莖特色」製作仿生物品。【模型應用】
- (https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_s_surprising_lessons_from_nature_s_engineer_s)

第二週次

經過老師蒐集上次同學們的紀錄後，請與同學們討論分析以下問題，並撰寫紀錄報告。

- 一、最主要判斷單子葉植物或雙子葉植物方式：【模型選擇】
- 維管束排列方式：環狀維管束、散生維管束。
- 葉脈的生長方式：平行葉脈、網狀葉脈。
- 二、和組員分析討論何種植物莖的結構承重能力較佳及其可能的原因：
(以下是同學們的回答，請探討是否合理) 【模型建立】
1. 植物莖從橫切面看起來，其纖維的結構排列緊密。
 2. 香蕉假莖是由多層葉子重疊包覆而成、結構整齊。
 3. 竹子細胞壁木質化程度高、硬度高、節最大。
- 三、請以小組合作，繪製 2D 仿生草圖。若是完成，請找老師，進行繪製 3D 仿生圖。【模型建立】

第三週次

請與同學們討論分析以下問題，並撰寫紀錄報告。

- 一、請將你們這組仿生模型所提及的功能、特色，設計相對應的實驗流程來提供他人對於該模型有所了解：【模型建立】
- 二、在上一次的分組作品中，你們組別的作品有什麼優點是值得其他組採用的？為什麼？【模型效化】
- 三、在上一次的分組作品中，你們組別的作品有什麼缺點是其他組需要留意的？為什麼？【模型效化】
- 四、在今天與同學們的討論後，在(編號#_)作品中，我們有留意到_組的優點，並採用了他們的_____，並且在修正過程中留意到_組的缺點，我們避免了_____，來提升我們的作品設計在生活中的功能性。【模型分析】






第四週次、第五週次

- 一、請與同學們依照這次課程實驗的結果討論分析以下問題，並撰寫紀錄報告。【模型效化、模型分析】
- ※引導式紀錄：
- 今天所做的實驗中，我們負責進行的是：__實驗類別一__ / __實驗類別二__ / __實驗類別三__，
- 我們預期的實驗結果是_____，而實驗的結果是否與預期的效果相同？是/否，因為_____，
- 在實驗過程中是否有意料之外的事件發生？是/否，因為_____，
- 在經過討論後，我認為我們所做的實驗對於我們的仿生模型有什麼幫助？

第六週次

- 一、請與同學們上台討論發表模型設計流程與其理念。【模型分析】
- ※引導式發表：
- 我們這組所作的作品是：_____，有什麼功能與特色：_____，...。
- 二、請同學們將整個研究過程以書面報告繳交。【模型應用】

五、課程實施照片

5E 學習模式與主要課程內容				
參與(Engagement)	探索 (Exploration)	解釋 (Explanation)	精緻化(Elaboration)	評鑑 (Evaluation)
學生觀察植物莖情況	學生透過研究記錄、網路資訊，發想相關研究方向	教師為學生提供適當引導並將學生想法進行統整。	透過實驗後的數據進行討論，並思考如何修正模型。	鼓勵學生進行創作發表並給予講評。
				

學習評量內容

學習評量內容檢核表		
評量方式	評量指標	積分
1、口頭發表 (知識)	發表內容能具備正確的學科背景知識而且能清楚地說明研究規劃方式。	3
	發表內容能具備學科背景知識，而且能對探索過程中的數據加以回答。	2
	發表內容不包含學科背景知識或是學科背景知識不正確。	1
2、學習單 (態度)	回答內容包含正確的科學知識，而且對於實驗探究有積極且正向的態度。提及到：我喜歡做...。	3
	回答內容的科學知識並非完全正確，但對於實驗探究有積極正向的態度。提及到：我喜歡做...。	2
	回答內容的科學知識幾乎錯誤，對於實驗探究也沒有積極正向的態度。提及到：我不喜歡做...。	1
3、繪製 2D 與 3D 物件 (應用)	繪製 2D 草圖能以三視圖中任二視圖表達，且在轉換 3D 模型時，足以還原，無任何錯誤。	3
	繪製 2D 草圖能以三視圖中任一視圖表達，且在轉換 3D 模型時，足以還原，無嚴重錯誤。	2
	繪製 2D 草圖不是以三視圖中任一視圖表達，或是在轉換 3D 模型時，無法呈現設計原貌。	1
4、列印 3D 物件 樣品 (技能)	能清楚知道所有列印流程，並依照指定模式進行列印，且作品完好。	3
	能清楚知道部分列印流程，並依照指定模式進行列印，且作品完好。	2
	無法清楚知道列印流程，或未依照指定模式進行列印。	1
5、製作專題報告	能清楚利用正確的科學概念，提供證據呈現其設計、程序與結果，且該實驗得以重複加以檢視。	3
	能利用科學概念，提供證據呈現其設計、程序與結果，但有一些科學解釋是錯誤的，或該實驗雖無法重複加以檢視但是合適的。	2
	發展的結論與問題或假設並無相關，或是結論與探索過程是不明確的。	1

參考資料：

1. 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。DOI：10.6216/SEM.201908_(421).0002。
2. 邱美虹 (2016)。科學模型與建模：科學模型、科學建模與建模能力。臺灣化學教育，11。
3. 認識仿生 (2022 年 2 月 28 日擷取)。仿生思維 Biomideas Bio-My-Ideas。取自：
<https://www.biomideas.com/meet-biomimicry>
4. Ruiz-Martín, H., Bybee, R.W. The cognitive principles of learning underlying the 5E Model of Instruction. IJ STEM Ed 9, 21 (2022)。 <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00337-z>