

博物館數位教學資料應用暨數位推廣委外服務案

教育推廣自造教案

3D 象牙五層球形套球



國立故宮博物院
NATIONAL PALACE MUSEUM

壹、教案思考緣起

所謂的「Maker」，就是自己動手做，經由觀察、分析、理解，邊解決遇到的問題，邊動手製作出一個屬於自己的成品，而不再被市面上既有的產品限制，而在此過程之中，同時培養了STEAM教育，也就是Science、Technology、Engineering、Art、Mathematics，藉由這五大技能提升學生們的核心素養，培養透過所學來解決問題的能力，而一般人較缺乏的是關於藝術鑑賞的部分，那麼如何將藝術與創客結合呢？

本系列的文物教案，結合了故宮的歷史文物，讓學生們先仔細觀察文物的外觀樣式，再深入瞭解各個文物的背景文化、用途、製作工法，在這樣藝術鑑賞的薰陶之下，搭配創新自造的思維與技巧，讓學生能在同時間學習各領域地相關知識結合。

以藝術價值極高的故宮文物為主軸，然後加入科學、技術、工程、數學等課程內容，多元的內容方向，不但與108藝術領域課綱基本理念中所提：

「藝術領域的課程發展，強調以核心素養來連貫、統整與發展國民小學、國民中學與普通型高級中等學校的課程與學習。課程內容適時連結各領域/科目，並融入各項議題，結合藝術領域的基本素養與社會文化的關切。整體而言，經由多元的藝術學習與美感經驗的累積，培養以學生為中心的感知覺察、審美思考與創意表現能力，從快樂學習的過程，充實藝術涵養與美感素養。」

加上藝術領域的核心素養，便是：

「強調藝術學習不以知識及技能為限，而應關注藝術學習與生活、文化的結合，透過表現、鑑賞與實踐，彰顯學習者的全人發展。」

本教案是以「清晚期 雕象牙透花人物套球」這個坊間稱之為鬼工球的藝術品為主軸，其基本的幾何特性就是圓球，但它有複雜的疊成結構及製作工序。

● 文物來源：



清晚期 西元1850-1900 雕象牙透花人物套球

通高54.8公分 球徑11.7公分

這件透花活動象牙套球由鰲魚勾、立雕二仕女層、鏤空套球、和合二仙墜四部份組成，勾、仕女層與套球、和合二仙間各有數目不等的環鏈串連，球與仕女層之間另有小圓球以螺紋相接。鏤空套球最少有十七層，層層相套，玲瓏活動；外層通體高浮雕山水、亭臺、人物，內層飾鏤空圖案式紋飾。依其雕製技藝與風格，這件雕象牙透花套球應出自於清代中期以後廣東牙匠之手。清代南派牙雕工藝之連鏈、活紋、牙絲編綴與複層象牙球等，在北京內廷又有「仙工」之稱。

讓學生解決：

「以圓球為基本元素，設計製作自己的象牙球」。

在學習過程中了解：

1. 3D 繪圖軟體的功能與使用
2. 圓球的幾何特性
3. 3D 列印的流程及原理

貳、教案內容

活動名稱：藝中藝-雕象牙透花人物套球

活動對象：國小五年級～國中三年級學生（11～15歲）

設計者：輔仁大學創新自造發展中心 楊世楨

活動時間：共3節，120分鐘

教學活動簡介

利用簡單的圓球幾何結構，從中心的小圓球開始製作，並使用數學加減計算與邏輯思考，算出下一個圓球的直徑大小，如何才可以使其轉動。

此課程提供學生在以文物為主體的3D空間思維的練習，課程進行方式為：

1. 介紹文物：



清晚期 雕象牙透花人物套球

- 清晚期 西元1850-1900
- 雕象牙透花人物套球
- 通高54.8公分 球徑11.7公分
- 這件透花活動象牙套球由鰲魚勾、立雕二仕女層、鏤空套球、和合二仙墜四部份組成。
- 鏤空套球最少有十七層；外層通體高浮雕山水、亭臺、人物，內層飾鏤空圖案式紋飾。

文物的製作工序



2. 觀察：觀察物體的3D立體結構、設計與用途，並且思考推斷出當製作的製成。
3. 運算思維：將一層的3D立體結構，逐漸做出疊層結構，藉此培養學生判斷誤差、空間轉換、視覺設計的多元能力。

本課程在視覺、軟體使用、應用以及真實操作過程，促發學生提高解讀藝術文物，誤差評估與解決問題之能力，同時也在作品製作與操作過程中，感受作品設計容易忽略之內隱知識進而形成學生在多維空間之運算思維能力，同時也轉動了學科及藝術領域知識。

活動目標

● 數學領域學習表現

s-III-7 認識平面圖形縮放的意義與應用。

s-III-5 以簡單推理，理解幾何形體的性質。

空間與形狀 (s)	
s-I-1	從操作活動，初步認識物體與常見幾何形體的幾何特徵。
s-II-4	在活動中，認識幾何概念的應用，如旋轉角、展開圖與空間形體。
s-III-2	認識圓周率的意義，理解圓面積、圓周長、扇形面積與弧長之計算方式。
s-III-3	從操作活動，理解空間中面與面的關係與簡單立體形體的性質。
s-III-5	以簡單推理，理解幾何形體的性質。
s-IV-1	理解常用幾何形體的定義、符號、性質，並應用於幾何問題的解題。
s-IV-3	理解兩條直線的垂直和平行的意義，以及各種性質，並能應用於解決幾何與日常生活的問題。
s-IV-4	理解平面圖形全等的意義，知道圖形經平移、旋轉、鏡射後仍保持全等，並能應用於解決幾何與日常生活的問題。
s-IV-5	理解線對稱的意義和線對稱圖形的幾何性質，並能應用於解決幾何與日常生活的問題。
s-IV-13	理解直尺、圓規操作過程的敘述，並應用於尺規作圖。
s-IV-14	認識圓的相關概念（如半徑、弦、弧、弓形等）和幾何性質（如圓心角、圓周角、圓內接四邊形的對角互補等），

	並理解弧長、圓面積、扇形面積的公式。
s-IV-16	理解簡單的立體圖形及其三視圖與平面展開圖，並能計算立體圖形的表面積、側面積及體積。
s-V-2	察覺並理解空間的基本特質，以及空間中的點、直線與平面的關係。能在空間中認識特殊曲線，並能察覺與欣賞生活中的範例。
坐標幾何 (g)	
g-IV-1	認識直角坐標的意義與構成要素，並能報讀與標示坐標點，以及計算兩個坐標點的距離。
g-V-1	認識直角坐標可以用數來表示平面與空間中的位置，可以經由向量觀念而做點的運算，理解並熟練其操作，並能用於溝通。
g-V-2	理解並欣賞坐標平面上的圖形對稱性，並能用以溝通及推論。
g-V-4	理解並欣賞幾何的性質可以透過坐標而轉化成數與式的關係，而數與式的代數操作也可以透過坐標產生對應的幾何意義，能熟練地轉換幾何與代數的表徵，並能用於推論及解決問題。
g-V-5	理解並欣賞坐標系統可為幾何問題提供簡潔的算法，而坐標的平移與伸縮可以簡化代數問題，能熟練前述操作，並用以推論及解決問題。

● 科技領域核心素養

科-J-A1 具備良好的科技態度，並能應用科技知能，以啟發自我潛能。	科S-U-A1 具備應用科技的知識與能力，有效規劃生涯發展。
科-J-A2	科S-U-A2

<p>運用科技工具，理解與歸納問題，進而提出簡易的解決之道。</p>	<p>運用科技工具與策略進行系統思考與分析探索，並有效解決問題。</p>
<p>科-J-A3</p> <p>利用科技資源，擬定與執行科技專題活動。</p>	<p>科S-U-A3</p> <p>善用科技資源規劃、執行、反思及創新，解決情境中的問題，進而精進科技專題的製作品質。</p>
<p>科-J-B1</p> <p>具備運用科技符號與運算思維進行日常生活的表達與溝通。</p>	<p>科S-U-B1</p> <p>合理地運用科技符號與運算思維，表達思想與經驗，有效地與他人溝通互動。</p>
<p>科-J-B2</p> <p>理解資訊與科技的基本原理，具備媒體識讀的能力，並能了解人與科技、資訊、媒體的互動關係。</p>	<p>科S-U-B2</p> <p>理解科技與資訊的原理及發展趨勢，整合運用科技、資訊及媒體，並能分析思辨人與科技、社會、環境的關係。</p>
<p>科-J-B3</p> <p>了解美感應用於科技的特質，並進行科技創作與分享。</p>	<p>科S-U-B3</p> <p>欣賞科技產品之美感，啟發科技的創作與分享。</p>
<p>科-J-C2</p> <p>運用科技工具進行溝通協調及團隊合作，以完成科技專題活動。</p>	<p>科S-U-C2</p> <p>妥善運用科技工具以組織工作團隊，進行溝通協調，合作完成科技專題製作。</p>
<p>科-J-C3</p> <p>利用科技工具理解國內及全球科技發展現況或其他本土與國際事務。</p>	<p>科S-U-C3</p> <p>善用科技工具，主動關懷科技未來發展趨勢，反思科技在多元文化與國際理解的角色。</p>

● 藝術領域「核心素養」：

<p>藝-E-B2</p> <p>識讀科技資訊與媒體的特質及其與藝術的關係。</p>	<p>藝-J-B2</p> <p>思辨科技資訊、媒體與藝術的關係，進行創作與鑑賞。</p>	<p>藝S-U-B2</p> <p>運用多媒體與資訊科技進行創作思辨、批判與溝通。</p>
<p>藝-E-C3</p> <p>體驗在地及全球藝術與文化的多元性。</p>	<p>藝-J-C3</p> <p>理解在地及全球藝術與文化的多元與差異。</p>	<p>藝S-U-C3</p> <p>探索在地及全球藝術與文化的多元與趨勢。</p>

學生先備知識

本課程以空間概念為主，空間概念包含立體3D的結構。學生應有基本圖形的內部、外部及邊長的概念，並具有簡單繪圖能力，能將簡單圖形切割旋轉、縮放。同時，也希望學生有聯集、交集、運算等基礎數學概念。

學生需要有耐心與不厭其煩的態度，繪製3D立體圖必定是繁瑣的步驟以及反覆的練習，這其中也包含了自己動手做的正向精神。

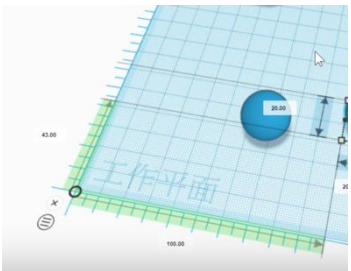
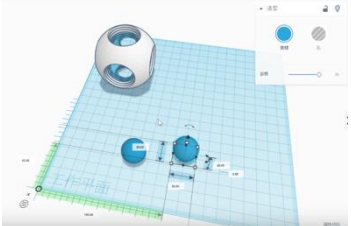
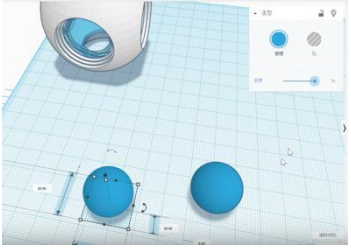
教學資源

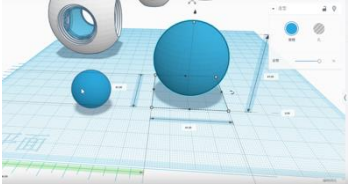
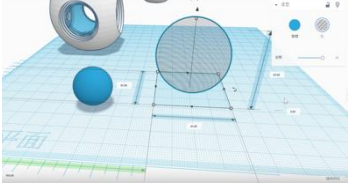
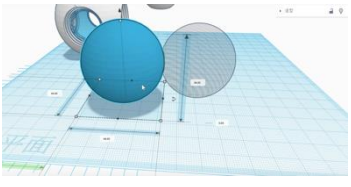
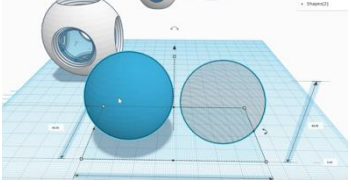
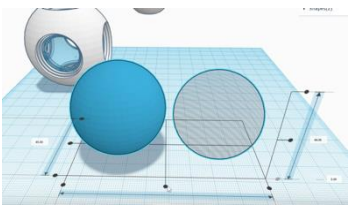
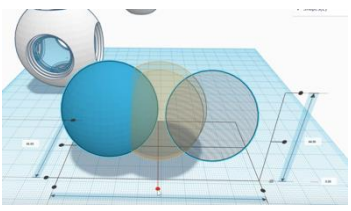
- 機具：3D列印機 數台。
- 電腦：建議每位學生一台。
- 軟體：tinkercad。

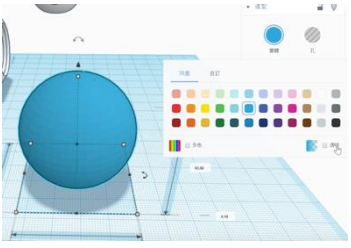
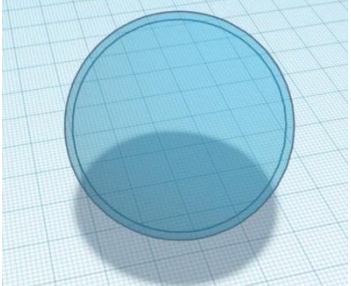
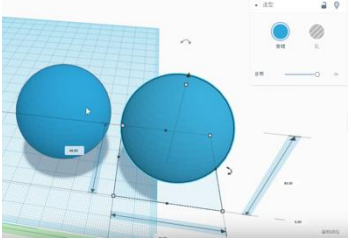
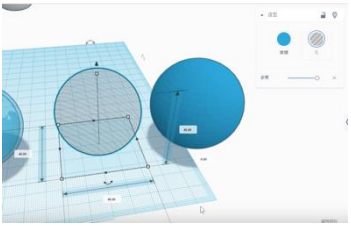
準備材料

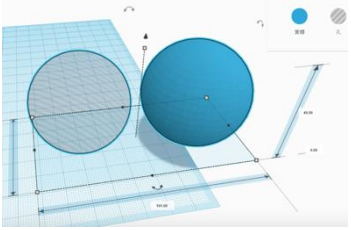
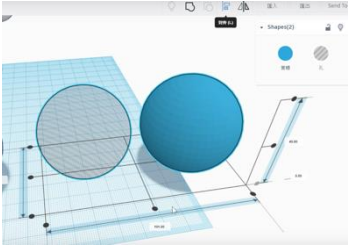
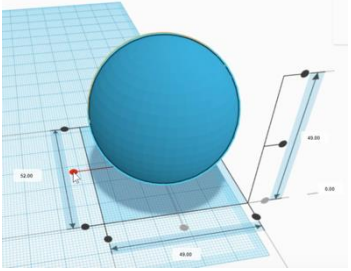
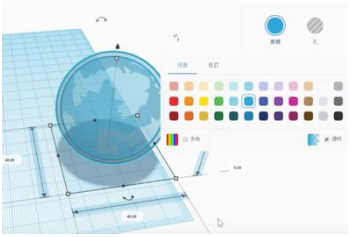
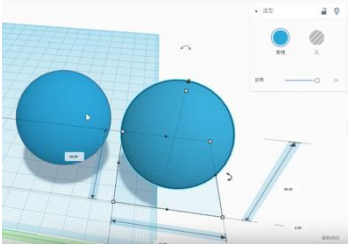
- PLA
- 老虎鉗

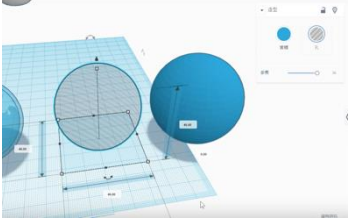
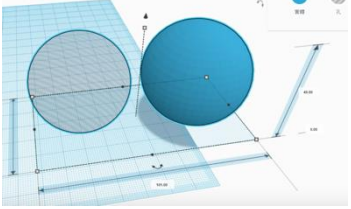
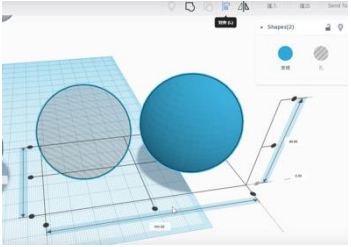
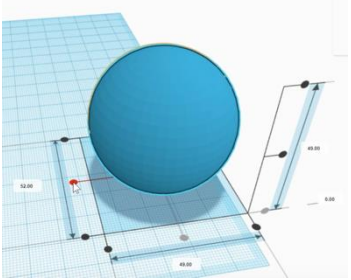
教學流程：

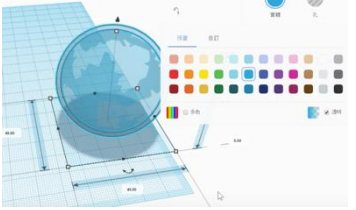

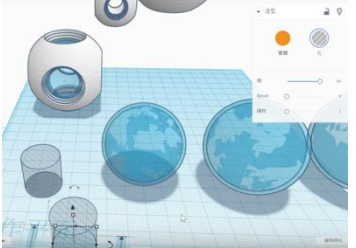
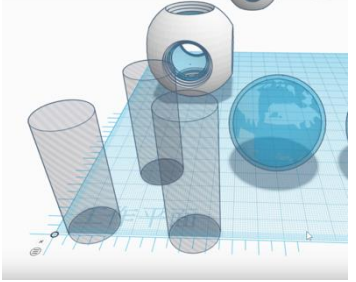
活動內容及實施方式	預估時間	教學資源	
<p>文物介紹及</p> <p>文物製作工序介紹</p>	<p>45 mins</p>	<p>雕象牙透花人物套球</p> <p>3D 虛擬文物動畫短片到故宮找想像力—象牙球</p> <p>ViVa TV 美好藝境_象牙球</p> <p>鬼功·象牙球：牙雕的奇巧極致</p>	
<p>使用 tinkercad 繪圖</p>	<p>60-90 mins</p>	<p>1.</p> <p>從右上角拉「尺規」至工作平面的左下角。</p>	
		<p>2.</p> <p>從右側選單拉出一個圓球，將「步驟」拉至 24，然後複製一次。</p>	
		<p>3.</p> <p>將「步驟」拉至 24。</p>	


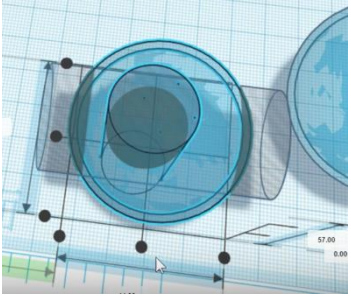
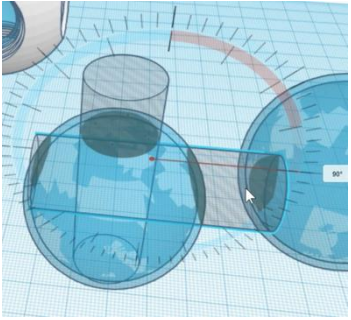
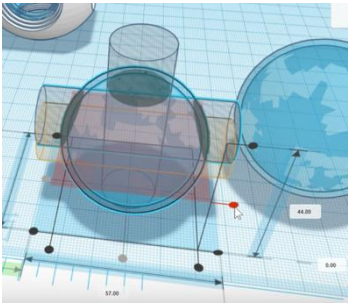
			<p>4.</p> <p>設定右圓球尺寸為 41*41*41 mm。</p>	
			<p>5.</p> <p>右圓球點選「造型」>「孔」。</p>	
			<p>6.</p> <p>設定左圓球的尺寸為 44*44*44 mm。</p>	
			<p>7.</p> <p>選取兩顆圓球。</p>	
			<p>8.</p> <p>點選右上角的「對齊」，會如右圖所示。</p>	
			<p>9.</p> <p>點選 X, Y, Z 軸對齊。</p>	

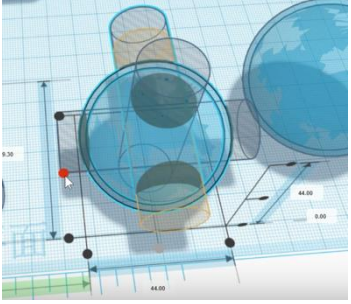
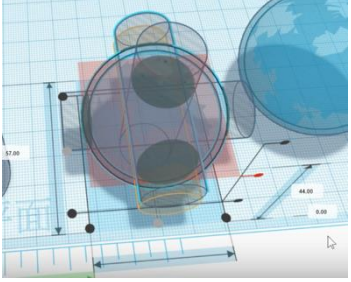
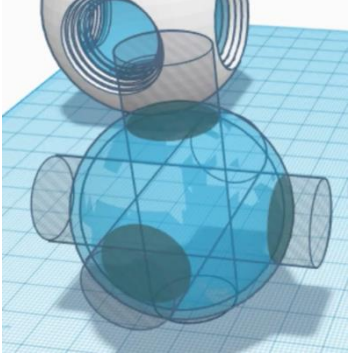
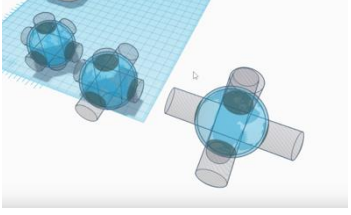
			<p>10.</p> <p>選取整顆球，點選右上角「造型」>「實體」>「透明」。</p>	
			<p>11.</p> <p>(10.) 小圓球完成後會如右圖所示。</p>	
			<p>12.</p> <p>從右側拉出兩顆圓球，右上角「造型」>「步驟」拉至 24。</p> <p>右圓球的尺寸為 49*49*49 mm。</p>	
			<p>13.</p> <p>左圓球的尺寸為 46*46*46 mm。</p> <p>選取左圓球，點選右上角「造型」>「孔」。</p>	

			<p>14. 選取兩顆圓球。</p>	
			<p>15. 點選右上角的「對齊」，會如右圖所示。</p>	
			<p>16. 點選 x, y, z 軸對齊。</p>	
			<p>17. 選取整顆球，點選右上角「造型」>「實體」>「透明」。 中圓球完成。</p>	
			<p>18. 從右側拉出兩顆圓球，右上角「造型」>「步驟」拉至 24。</p>	

			<p>右圓球的尺寸為 54*54*54 mm。</p>	
		<p>19.</p>	<p>左圓球的尺寸為 51*51*51 mm。</p> <p>選取左圓球，點選右上角「造型」>「孔」。</p>	
		<p>20.</p>	<p>選取兩顆圓球。</p>	
		<p>21.</p>	<p>點選右上角的「對齊」，會如右圖所示。</p>	
		<p>22.</p>	<p>點選 X, y, z 軸對齊。</p>	

			<p>23.</p> <p>選取整顆球，點選右上角「造型」>「實體」>「透明」。</p> <p>大圓球完成。</p>	
			<p>24.</p> <p>象牙球的三層結構如右圖所示。</p>	
			<p>25.</p> <p>從右側拉出一個圓柱，點選「造型」>「孔」，「側」拉至64。</p>	
			<p>26.</p> <p>複製三個一樣的圓柱體。</p>	

			<p>27.</p> <p>上下直立的圓柱體，圓的直徑為 17.6mm。</p>	
			<p>28.</p> <p>直立圓柱體與小圓球做前後、左右對齊。</p>	
			<p>29.</p> <p>複製直立圓柱體一次，並旋轉至左右橫向 90 度的方向。</p>	
			<p>30.</p> <p>左右橫向圓柱體與小圓球做前後、上下對齊。</p>	

			<p>31.</p> <p>複製直立圓柱體，並旋轉至前後橫向 90 度。</p>	
			<p>32.</p> <p>前後橫向圓柱體與小圓球做左右、上下對齊。</p>	
			<p>33.</p> <p>三個圓柱體皆與圓球對齊後，如右圖所示。</p>	
			<p>34.</p> <p>其他中、大圓球的圓柱，分別為 19.6mm 與 21.6mm。</p> <p>依照 (26.)~(33.) 的步驟做。</p> <p>皆完成後會如右圖所示。</p>	

			<p>35.</p> <p>選取小圓球及其三個圓柱體，點選右上角「群組」。</p> <p>中、大圓球反之亦然。</p>	
			<p>36.</p> <p>小圓球「群組」後，會如右圖所示。</p>	
			<p>37.</p> <p>三顆圓球分別群組後，如右圖所示。</p>	
			<p>38.</p> <p>選取三顆圓球，做上下、左右、前後對齊。</p>	

			<p>39.</p> <p>對齊完成後，如右圖所示。</p>	
			<p>40.</p> <p>選取整顆象牙球，點選右上角「造型」>「實體」>「透明」。 （取消原有的透明選項）</p>	
	<p>（*印製時間約五小時）</p>			

單元學習評量項目

本單元重點在於學生在3D 立體進行觀察以空間識別能力進行物品組裝為3D 立體後之猜測，並真實進行操作，將作品組裝，感受以空間能力思考協助作品觀察與真實組裝之差異察覺，引導觀察不同作品之類似性與特色。

單元設計以觀察、分析、比較、歸納，故學習評量以觀察學生表現、分享並提出想法之發展歷程以及動手操作為主。以質性記錄學生觀察後之猜測、比較異同處，並對於課程學習掌握之發展歷程進行學習評量紀錄。