

113 年至 115 年美感與設計課程創新計畫

114 學年度第 1 學期 學校課程實施計畫

高級中等學校及國民中學

設計教育課程 / 基本設計 種子教師

成果報告書

委託單位：教育部 師資培育及藝術教育司

執行單位：高雄市陽明國中

執行教師：邱于欣 教師

輔導單位：南區 高雄師範大學輔導

目錄

壹、課程計畫概述

- 一、課程實施對象
- 二、課程綱要與教學進度

貳、課程執行內容

- 一、核定課程計畫調整情形
- 二、課程執行紀錄
- 三、教學觀察與反思
- 四、學生學習心得與成果

壹、課程計畫概述

學校名稱	高雄市立陽明國中		
學校地址	高雄市三民區義華路166號		
申請類別	<input checked="" type="checkbox"/> 設計教育課程 (至少 6 小時) <input type="checkbox"/> 基本設計 (18 小時)		
執行階段別	<input checked="" type="checkbox"/> 國民中學 <input type="checkbox"/> 普通型高中 <input type="checkbox"/> 技術型高中 <input type="checkbox"/> 綜合型高中		
預期授課年級	<input type="checkbox"/> 國一 <input checked="" type="checkbox"/> 國二 <input checked="" type="checkbox"/> 國三 <input type="checkbox"/> 高一 <input type="checkbox"/> 高二 <input type="checkbox"/> 高三		
班級類型	<input checked="" type="checkbox"/> 普通班 <input type="checkbox"/> 美術班		
高中課程類型	<input type="checkbox"/> 多元選修 <input type="checkbox"/> 加深加廣 <input type="checkbox"/> 其他 _ _ _ _ _		
班級數	3班	預估學生數	93名學生
教師姓名	邱于欣		
教師資格	<input checked="" type="checkbox"/> 國民中學「視覺藝術」藝術領域現職教師 <input type="checkbox"/> 高級中等學校「美術」或「藝術生活」藝術領域現職教師 <input type="checkbox"/> 技術型高級中等學校「設計群」藝術領域現職教師 <input type="checkbox"/> 其他：_ _ _ _ _		
最高學歷	碩士		
教學年資	31		
美感課程經驗	<input checked="" type="checkbox"/> 曾申請 105 至 113 年度美感教育課程推廣計畫及美感與設計課程創新計畫 <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 中學美感課程 (精選課程 / 創意課程 / 基本設計 / 設計教育) <input type="checkbox"/> 美感體驗課程 (自拍拼圖 / 自然參數 / 質感採集) <input checked="" type="checkbox"/> 美感智能閱讀計畫 - 安妮新聞 <input type="checkbox"/> 未申請上開美感課程計畫，但曾申請其他美感課程計畫，如：_ _ _ _ _ <input type="checkbox"/> 完全不曾參與相關美感計畫課程		
相關社群經驗	<input type="checkbox"/> 輔導團，您的身份為：_ _ _ _ _ <input type="checkbox"/> 學科中心，您的身份為：_ _ _ _ _ <input checked="" type="checkbox"/> 校內教師社群 <input type="checkbox"/> 校外教師社群，如：_ _ _ _ _		

貳、課程內容及教學大綱

課程名稱	「平衡的維度：從張拉結構到動態雕塑」
操作構面 (可複選)	<input type="checkbox"/> 色彩 <input type="checkbox"/> 質感 <input type="checkbox"/> 比例 <input type="checkbox"/> 構成 <input checked="" type="checkbox"/> 結構 <input type="checkbox"/> 構造
重大議題 (勾選一或兩項)	<input checked="" type="checkbox"/> 特別聚焦：A11.科技 _ _ _ _ _ (若有，請填寫 1 項) <input checked="" type="checkbox"/> 相關觸及：A7.安全 A15.防災 B9.工業化/創新及基礎建設

<p>重大議題 選填項目 (填入上方欄位)</p>	<p>【A】教育部 108 課綱之 19 項重大議題 A1.性別平等、A2.人權、A3.環境、A4.海洋、A5.品德、A6.生命、A7.安全、A8.家庭教育、A9.生涯規劃、A10.資訊、A11.科技、A12.法治、A13.國際教育、A14.閱讀素養、A15.防災、A16.能源、A17.多元文化、A18.戶外教育、A19.原住民族教育。</p> <p>【B】SDGs 聯合國「2030 永續發展目標」 B1.終結貧窮、B2.消除飢餓、B3.健康與福祉、B4.優質教育、B5.性別平權、B6.淨水及衛生、B7.可負擔的潔淨能源、B8.合適的工作及經濟成長、B9.工業化/創新及基礎建設、B10.減少不平等、B11.永續城鄉、B12.責任消費及生產、B13.氣候行動、B14.保育海洋生態、B15.保育陸域生態、B16.和平/正義及健全制度、B17.多元夥伴關係。</p>
<p>全新課程說明</p>	<p>■ 延續本人課程： 113-1學期，課程名稱：張拉吧! 課程設計創意作法： 1. 回收材料再設計：從永續出發的結構實作，以學生廢棄考卷製作紙捲、取代吸管作為壓力元件，實踐永續環保概念。 2. 結合 ORID 反思法的設計思維訓練，課後設計以 ORID (客觀、反思、解釋、決策) 為架構的省思單與檢討報告，深化學生的學習歷程。 3. 美感與工程並重：結構 + 設計的雙軌導向，課程從結構穩定性延伸到對稱、比例、韻律、漸變等視覺設計原則，鼓勵學生在設計中思考結構與美學的整合。</p>
<p>一、課綱核心素養 (請勾選符合項目)</p>	
<p>A.自主行動</p>	<p>■ A1.身心素質與自我精進 ■ A2.系統思考與解決問題 ■ A3.規劃執行與創新應變</p>
<p>B.溝通互動</p>	<p>■ B1.符號運用與溝通表達 □ B2.科技資訊與媒體素養 ■ B3.藝術涵養與美感素養</p>
<p>C.社會參與</p>	<p>□ C1.道德實踐與公民意識 ■ C2.人際關係與團隊合作 □ C3.多元文化與國際理解</p>
<p>二、學生先修科目或先備能力 (300字左右)</p>	
<p>* 先修科目：視覺藝術 * 先備能力： 1.學生已經修習過美的原理原則與色彩原理，具有配色概念。 2.對自然環境、人造物、生活用品物件具備基本的觀察能力。 3.學生對於日常生活中經常接觸的建築物和物件結構並不陌生，懂得如何切割紙張、彎摺、黏接和拆解組合成為一個造型。 4.對於生活中各式靜力結構看過但不熟悉。</p>	

三、課程概述 (300字左右)

平衡的維度——從張拉結構到動態雕塑

本課程以「平衡」為核心議題，透過跨學科的設計邏輯，引導學生從物理結構的穩定性跨越至動態藝術的美學表現。課程架構依循「感知發現、邏輯探究、創意實踐」三大階段，旨在培養學生具備結構思維與美感解決問題的能力。

課程首重**感官體驗**，由「夾子平衡遊戲」切入，引導學生在微觀的力學實作中觀察漸變、韻律與對稱等美感要素。進而進入**理性探究**階段，透過 Tensegrity (張拉整體) 結構的自主學習與 NASA Super Ball 的分組實作，讓學生在張力與壓力的動態平衡中，體察物理韌性與團隊合作中的社會情緒學習 (SEL) 連結。

最後轉向**美學轉化**，運用數位攝影捕捉彈跳間的「微觀舞蹈」，連結杜象與考爾德 (Alexander Calder) 的動態美學，將抽象的物理力矩具象化為三維空間的藝術創作。學生在完成三層結構雕塑的過程中，不僅需克服重心的挑戰，更需整合結構邏輯與視覺造形。最終透過作品懸掛與集體評賞，落實從科學原理到設計應用的跨域整合素養。

四、課程目標

美感觀察	<p>動態感知：透過慢動作攝影與剪影分析，觀察物體在運動中的形式變化，捕捉「微觀舞蹈」中的節奏與韻律。</p> <p>結構辨識：辨識生活與藝術品中張力、壓力與重心的存在，感知結構中對稱、對比與漸變的美感構成。</p>
美感技術	<p>結構組建：掌握 Tensegrity (張拉整體) 的構建技巧，精準運用繩線與構件達成穩定的物理連結。</p> <p>工藝與數位運用：運用手作工法完成三層動態雕塑的平衡配置，並結合影像科技紀錄動態平衡的視覺軌跡。</p>
美感概念	<p>動態平衡：理解力矩平衡與張力網絡的原理，並將其轉化為空間中「不對稱平衡」的設計思維。</p> <p>敘事轉譯：從杜象到考爾德，理解藝術家如何將物理規律轉化為藝術語言，建立「結構即美感」的跨域邏輯。</p>
其他美感目標	<p>SEL 情感連結：在分組協作中體驗「結構彈性」與「人際磨合」的共通性，培養面對挑戰時的韌性與共感。</p> <p>批判性鑑賞：透過作品陳列與省思對話，建立客觀的美感評論標準，提升對跨領域藝術作品的審美素養。</p>

五、課程大綱、教學進度 (課程週次請依課程需求增減，請詳述操作方式以便記錄分享)

週次/序	上課日期	課程目標	內容綱要/操作描述
1	12/4-12/13 「夾子平衡挑戰」遊戲	<ol style="list-style-type: none"> 1. 認識平衡與重心的基本概念。 2. 透過簡單的操作遊戲，理解力的分布與結構穩定性。 透過夾子的連結遊戲，要求學生就美感原理：漸變、對稱、韻律、對比的概念創作簡單的立體雕塑。	<ol style="list-style-type: none"> 1.影片介紹「夾子平衡挑戰」遊戲 用曬衣夾在寶特瓶上做出一個平衡結構。 2.夾子的平衡雕塑 遊戲1 每組每人2個夾子，限時夾出平衡的結構。 遊戲2 每組須完成最長最寬的平衡結構 遊戲3 每組須根據每組抽到的美感主題，漸變、對稱、韻律、對比的概念創作簡單的立體雕塑。 3.就客觀、反思、解釋、決策四個面向，思考力的分布、穩定與美感原理的關係。
2	12/13-12/17 認識結構	<ol style="list-style-type: none"> 1. 認識 Tensegrity 結構的歷史背景與發展。 2. 理解 拉力與壓力如何共同作用。 探索 張拉整體結構在建築、科技、醫學與藝術中的應用。	<ol style="list-style-type: none"> 1.以學習單引導學生透過閱讀文章與看影片自學結構 2.以 ppt 介紹 Tensegrity 結構的歷史來源與發展。 3.以老師製作的範例介紹張力與壓力在結構中的作用與平衡。 4.以 ppt 講解 Tensegrity 在建築、藝術、醫學與科技中的應用。 5.以影片介紹 NASA Super Ball
3	12/18-12/24 NASA Super Ball	<ol style="list-style-type: none"> 1. 動手實作簡易版 Tensegrity 結構，體驗張力與壓力的平 	<ol style="list-style-type: none"> 1.講解 superball 製作流程。 2.製作壓力元件-紙捲6支並上色。 3.結合拉力與壓力元件，變成張拉整體結構的簡易版 superball。

	Tensegrity 結構實作	平衡原理。 培養解決問題與團隊合作能力。	
4	12/25-12/31 會呼吸的球	藉由觸摸與按壓結構感官體驗，觀察結構受力回彈的動態變化；並將結構的「彈性與韌性」隱喻為團隊磨合過程，落實自我覺察與社會情緒學習（SEL）。	<ol style="list-style-type: none"> 1.測試 superbball 的耐撞擊能力確認結構的壓力與受力平衡，結構是對稱而均衡的。 2. Super Ball 不落地比賽，讓學生傳接球，體驗的觸感與球感，並小組討論球的特性與不同。 3.觀察結構受力回彈的結構變化，連結到這次合作做 Super Ball 的彼此磨合，並從 Super Ball 引申到 SEL 自我覺察。
5	1/2-1/15 微觀的舞蹈——動態擷取	運用數位攝影工具捕捉結構彈跳的瞬時造型，分析運動中的形式美感，並能連結杜象作品中關於「時間與空間連續性」的藝術表現。	<ol style="list-style-type: none"> 1.分組使用平板相機捕捉 Super Ball 落地彈跳的慢動作影像。並上傳到 Padlet 的作品牆，並一起欣賞大家的短影音。 2.學生觀察結構在極速運動下的造形形變，用速寫描繪與文字描寫掉落變形回彈的過程。 3.對應杜象《下樓梯的女人》中關於時間與空間的連續性美感，將物理運動轉譯為視覺藝術語彙。
6	1/2-1/15 考爾德的動態剪影	認識考爾德（Alexander Calder）動態雕塑的風格特徵，並短影音拍攝與剪影處理，分析物件在三維空間移動時產生的虛實美感與平衡比例。	<ol style="list-style-type: none"> 1.認識考爾德的動態雕塑作品。 2.老師示範如何從動態短影音中擷取出動作剪影。 3.學生需尋找30秒的動態短影音，並擷取作品的動態剪影（Silhouette），觀察物件所創造的虛擬體積與負空間美感。
7	跨層級平衡創作	綜合應用力矩平衡原理與張力結構概念，完成三層懸掛式的動態雕塑創作，挑戰在多變的重心條件下達成結構的動態穩定。	<ol style="list-style-type: none"> 1.學生用上期作的色塊透明片做出剪影。 2.用鋁線、吸管、桿件進行三層懸掛結構的創作。 3.需計算不同層級間的力矩平衡，挑戰非對稱性的重心配置，使雕塑在微風或擾動下能產生和諧且不落地的動態旋轉。

8	作品策展與美感省思	透過作品懸掛展示與同儕評賞，運用美感語彙描述結構與造型的關聯，並針對實驗過程中的科學發現與美學轉化進行深度後設思考。	<ol style="list-style-type: none"> 1.將全班作品進行空間布展，形成一處充滿律動感的場域。 2.學生運用美感評量規準進行互評（如：比例美、結構美、創新性）， 3.並完成課堂省思日誌，總結從科學實驗走向藝術表現的跨域學習歷程。
---	-----------	--	---

六、預期成果

一、感知與觀察：動態美感的敏銳覺察

- **視覺語彙的辨識**：學生能自覺地從物件的排列中識別「漸變、對稱、韻律、對比」等美感要素，並能描述這些要素如何影響空間的平衡感。
- **動態瞬間的捕捉**：透過慢動作攝影，學生能從物理性的彈跳中發現「微觀的舞蹈」，學會觀察物體在運動狀態下的造形律動與虛實變化。

二、系統與邏輯：跨學科原理的深度內化

- **結構美學的理解**：學生能解析 **Tensegrity (張拉整體)** 系統中壓力與張力的共生關係，理解「結構即裝飾」的設計邏輯，而非僅將裝飾附加於結構之上。
- **力學邏輯的轉化**：掌握力矩平衡原理，並能將抽象的物理公式應用於三層懸掛結構的重心配置，展現解決複雜結構問題的邏輯思維能力。

三、構建與實踐：精準操作與設計整合

- **媒材技術的精進**：學生能克服材料限制，精準組裝具彈性與穩定性的二十面體張拉結構 (Super Ball)，並完成具備藝術表現力的三層動態雕塑。
- **數位工具的應用**：學生能運用數位載體 (30秒短影音) 進行「動態剪影」的視覺實驗，將實體作品轉化為具備時間維度的影像敘事。

四、連結與反思：社會情緒與美學省思

- **人際韌性的隱喻**：透過結構的回彈實驗，學生能將「受力平衡」連結至「人際磨合」的 **SEL (社會情緒學習)**，體悟團隊協作中的抗壓性與彈性。
- **批判性與後設思考**：藉由展覽陳列與互評，學生能運用美感評論語言進行作品分析，並在課程省思中，總結平衡概念如何從物理力學昇華為生命哲學的觀察。

七、參考書籍 (請註明書名、作者、出版社、出版年等資訊)

八、教學資源

1. <https://www.ntsec.edu.tw/liveSupply/detail.aspx?a=6829&cat=6844&p=1&lid=19217&print=1> <台灣網路科教館>張拉整體結構的發展史與其應用
2. <https://www.youtube.com/watch?v=larknRQwn5M> 永遠長不大的雕塑老玩童-有點藝事

貳、課程執行內容

一、核定課程計畫調整情形

課程從第四節課之後，換成新的平衡結構課程。

第四節：【連結】會呼吸的球：感官與情緒

第五節：【轉化】微觀的舞蹈：動態分析

第六節：【感知】考爾德的影子舞

第七節：【實踐】三層結構的平衡挑戰

第八節：【連結】策展與省思：平衡的深度

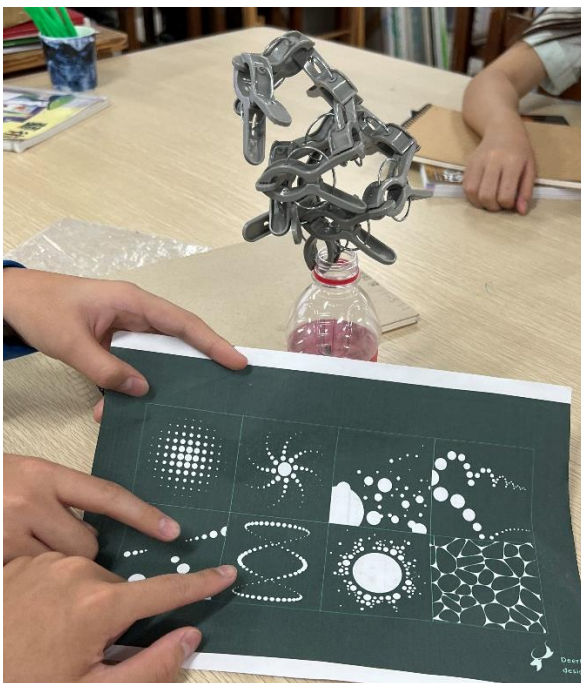
二、課程執行紀錄

課堂 1【感知】夾子的平衡遊戲

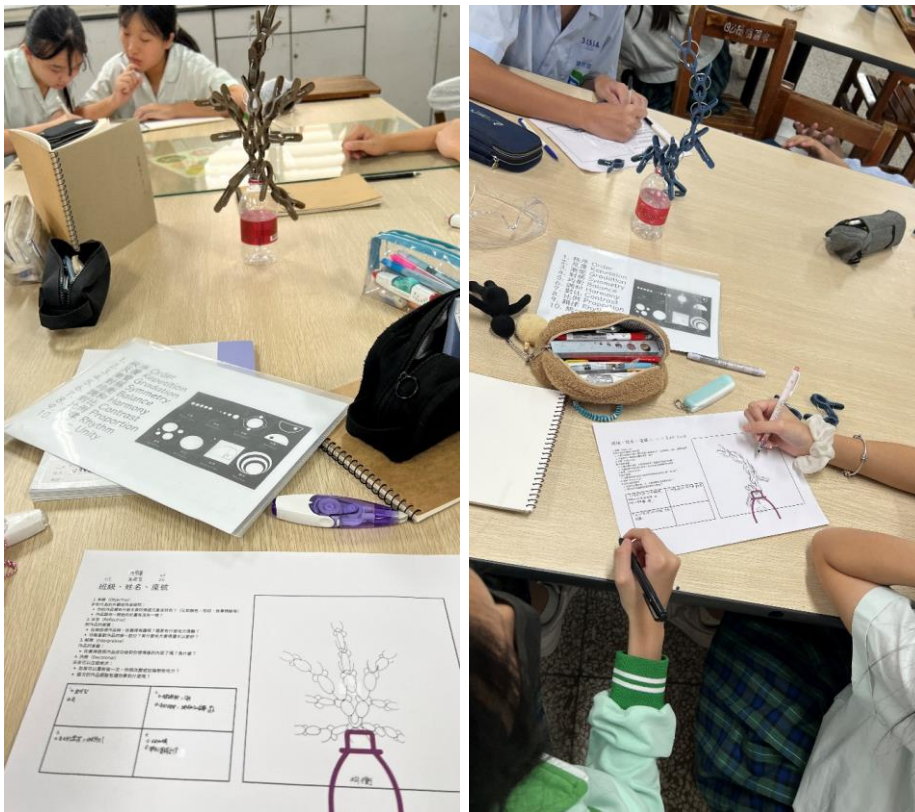
A 課程實施照片：



遊戲：每組每人2個夾子，限時1分鐘，在寶特瓶上夾出平衡的結構，瓶子翻倒就輸了。



根據美感原則做出夾子微雕塑



寫課堂省思，就客觀、反思、解釋、決策四個面向，思考力的分布、穩定與美感原理的關係。

B 學生操作流程：

1.影片介紹「夾子平衡挑戰」遊戲(大約 5 分鐘)

<https://www.youtube.com/watch?v=4CYM1WMTIIE>

講解恐怖的平衡遊戲，用曬衣夾在寶特瓶上做出一個平衡結構，並說明遊戲規則。

2.夾子的平衡雕塑遊戲(大約 25-30 分鐘)

材料：

曬衣夾(最好同色彩，每組大約 25 個)

空 250ml 寶特瓶，每組 1 個

遊戲 1

每桌約 5-6 人一組，每人 2 個夾子，限時 30 秒鐘，在寶特瓶上夾出平衡的結構，瓶子翻倒就輸了。

遊戲 2

每組須完成最長最寬的平衡結構，不能翻倒，並用直尺測量結果，比賽優勝組得點。

遊戲 3

每組須根據每組抽到的美感主題，漸變、對稱、韻律、對比的觀念創作簡單的立體雕塑，作品

要維持平衡不能翻倒。

3.寫課堂省思，就客觀、反思、解釋、決策四個面向，思考力的分布、穩定與美感原理的關係。(約5-10分鐘)

C 課程關鍵思考：

1.曬衣夾雕塑遊戲，一般會出現在幼稚園或老人活動中心的遊戲中，通常遊戲過程是緩慢的，如果要讓國中生覺得有挑戰，需要限時完成夾的動作，每人 5 秒鐘，大約 30 秒之內完成作品。

2.曬衣夾盡量買素色或同色彩，因為在思考美的形式原則時，希望學生是用立體的觀點去思考，不是過去在視覺藝術課所教的色彩配色或素描中的平面構圖去思考美的形式原理。學生很容易只從 2 維度去做立體作品。

3.曬衣夾雕塑遊戲的三個過程，是循序漸進帶領學生從 2 維度到 3 維度到美的形式原理。遊戲 1 是讓學生熱身，熟悉遊戲規則。遊戲 2，是讓學生思考 2 維度到 3 維度，讓他們的作品向外擴展探索夾子最長與最寬平衡的極限。遊戲 3，是讓學生把美的形式原理帶到作品中，並且維持作品平衡，是去思考美的形式原理與力學平衡之間的關係。

4.曬衣夾與寶特瓶是學生熟悉並常接觸的物品，透過遊戲與新規則，讓他們玩出新的花樣並學習平衡的概念，學生在課堂上參與度高，玩得很歡樂，欲罷不能。他們最愛把曬衣夾夾在身上，雖然那遊戲輸的懲罰，但他們很愛。

5.整個曬衣夾遊戲的主軸是力的平衡，所以在下節課介紹張拉整體結構時，說到壓力與拉力平衡時，學生就可以輕易理解課程內容，而不會覺得這個結構陌生而生澀。

6.寫課堂省思是為了讓學生自己思考從遊戲中學到甚麼，而不是老師教了甚麼。由學生自己領悟道理，比老師費盡口舌教半天還有用，還記得起來。

7.力的平衡須學生動手感受過，經過不斷的翻倒失敗經驗，領悟如何維持力的平衡，需要用手感覺，眼睛觀察，動腦思考，一連串的全身心的投入學習。

8.力的平衡在美的形式原理中，學生通常只會想到「對稱」，老師需要示範講解如何做「對比」、「韻律」、「漸變」，當學生聽懂後，立體作品的呈現令人驚艷。

9.曬衣夾的快夾快拆特性，讓一節課完成3個遊戲3個立體作品，容易簡單。但是必須控制好時間不要讓第3個遊戲與寫課堂省思分成兩節課，因為在下節課要回憶上節課的立體作品，有難度。

課堂 2【探究】Tensegrity 的邏輯解密

A 課程實施照片：



學生用平板自學

B 學生操作流程：

- 1.以學習單引導學生閱讀科教網與影片自學 Tensegrity 結構的歷史來源與發展。
- 2.用問答法，讓學生說出 Tensegrity 名稱來源，中文翻譯的名稱張拉整體結構，並用學校中庭的帆布棚架說明張拉結構與張拉整體結構的不同。
- 3.以老師製作的範例介紹張力與壓力在結構中的作用與平衡。
介紹結構中的兩大元件：壓力與拉力，壓力與拉力的結合達成靜力平衡，是一個完整而獨立的結構體。

- 4.以 ppt 講解 Tensegrity 在建築、藝術、醫學與科技中的應用。

Tensegrity 結構概念是由美國理查·巴克敏斯特·富勒 (Richard Buckminster Fuller · 1895-1983 年) 在 1960 年代提出的一個特殊的力學結構概念，是一個很新的結構。結構的應用與發展，仍然在探索中。尤其是在醫學界，重新用 Tensegrity 的概念解釋骨骼與肌肉的運動，是一項新的挑戰，有待開發。Tensegrity 在建築中的嘗試也在探索中，還未有正式而大型標榜 Tensegrity 的建築物產生。1985 年，英國化學家哈羅德·沃特爾·克羅托博士和美國科學家理察·斯莫利在萊斯大學成功地製備出了第一個富勒烯，即「C60 分子」或「碳 60 富勒烯」，稱巴克球、巴基球 (Buckyball) ，普遍認為是 Tensegrity 結構。

- 5.以影片介紹 NASA Super Ball

2013 年，NASA Ames Research Center 研發以張拉整體結構體為基礎的機器人系統，規劃用於探索行星表面。機器人命名為 Super Ball。此系統是 20 面體，一共使用了 6 個壓桿每支壓桿

上裝有致動器，可以操控壓杆伸長或縮短，以改變壓杆的長度，用以移動機器人。

6.預告下節課要製作簡易版 NASA Super Ball，請學生帶3張不要的考卷。

C 課程關鍵思考：

1.課程有一半是學生自學，然後透過問答法確認學生學習的進度。最後老師用 ppt 與影片講解。這個方式解決講課式的枯燥乏味，但是了解結構的原理與發展是必要的。

Tensegrity 結構很新穎，發展探索仍然在進行，讓學生在聽課時專注眼神發亮，因為他們覺得在現在最新的科技，而不是已經發展數百年的理論。

2.尤其看到 NASA Super Ball 機器人影片的時候，全班學生的專注力與熱情，是讓老師出乎意料之外的課程風景。下課前老師預告下周要做簡易版 NASA Super Ball 時，可以感覺學生對下節課的期待。

3.在上課中，老師有提到結構仍然在發展中，並帶領他們一起想像，如果有一天，這個結構變成奈米機器人，可以遊走在人體血管中做醫療工作。埋下一棵種子，啟發學生，發展結構的重要任務交給他們了。

課堂 3 superball

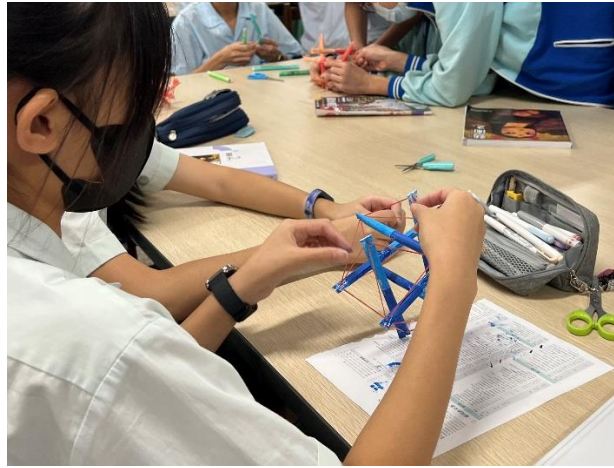
A 課程實施照片：



學生為紙捲上色



學生組合 superball



B 學生操作流程：

材料：

學生自備不要的 B4 考卷 3 張

30cm 長，1cm 寬木棒，一組一支

膠帶、剪刀、每組橡皮筋六條

1. 講解 superball 紙捲製作流程。

2 人一組做一個 superball。

說明老師要同學以不用的考卷製作紙捲當作 superball 的壓力元件的原因，是不希望再買新的粗吸管來製作 superball，造成環境的污染。如果紙捲有好好做的話，是能取代吸管的。

3 張 B4 考卷對裁成 6 張，用短邊為紙捲長，以木棒為軸心，捲紙捲。紙捲要緊密。

6 支紙捲的長度要一致，大約 9-18cm，由小組討論自行決定長度為何。

提示學生時間只有 10 分鐘，小組 2 人分工合作的重要。

紙捲捲好後，在前、中、後三端貼膠帶固定。

在紙捲的前後端 1cm 處，用筆畫線並捏平，要強調需在紙捲的同一方向，紙捲不可以整條捏平，剪刀剪開至 1cm 處。

6 支紙捲完成後，讓學生以三色為紙捲上色，再分別掛上橡皮筋。

2. 製作壓力元件-紙捲 6 支。

整個製作紙捲的時間 10-15 分鐘。

3. 結合拉力與壓力元件，變成張拉整體結構的簡易版 superball。

教室螢幕上有組裝過程圖。

先完成紙捲的小組，老師就先示範如何組裝 superball，待他們完成後，請他們再去指導別組組裝。

組裝時，給他們搭建房子的概念，地板、牆壁、窗戶，學生比較能理解結構的立體面。

4. 下課前，預告下次上課要測試每組的 superball。

C 課程關鍵思考：

1 材料選擇與環保意識

讓學生使用廢棄考卷製作紙捲，培養環保意識，減少對新材料（如吸管）的依賴。

透過實驗驗證回收紙捲的強度，讓學生理解可再利用材料的潛力。

2 精確製作與團隊合作

紙捲的長度、密度、固定方式會影響 Superball 結構的穩定性，學生需仔細製作，確保一致性。

小組成員需有效分工合作（一人捲紙、一人固定等），學習時間管理與協作技巧。

3 張力與壓力的概念應用

紙捲（壓力元件）+ 橡皮筋（拉力元件）= Tensegrity 結構，讓學生透過組裝與測試直觀理解力學概念。

強調壓力與張力的平衡，若紙捲過短、橡皮筋過鬆或過緊，都會影響結構的穩定性。

4 動手實作與問題解決能力

在組裝過程中，學生可能會遇到結構不穩、紙捲鬆散等問題，必須透過觀察、調整、測試來解決。

透過教師與同學間的示範與指導，學生能夠相互學習，強化邏輯推理與工程思維。

5 結構設計與空間概念

透過「房子結構」的比喻，幫助學生理解 Superball 的立體組裝方式。

學生可自由決定紙捲長度 (9~18cm)，體驗不同結構比例如何影響張拉整體的效果，培養設計思維。

6. 為紙捲上色，讓紙捲更富有特色。

7 預測與測試的科學思維

預告下節課要進行 Superball 測試，讓學生開始思考：

「如何讓結構更穩定？」

「不同長度的紙捲會影響什麼？」

「如何確保張力與壓力達到最佳平衡？」

這種先思考、後驗證的模式，培養學生的科學探究與工程測試能力。

總結：這堂課的核心價值

環保實踐 → 動手製作 → 力學原理理解 → 團隊合作 → 科學測試

透過這些關鍵思考點，學生不僅能學習 Tensegrity 結構的核心概念，更能在過程中發展解決問題創新設計的能力！

課堂 4-會呼吸的球

A 課程實施照片：



Superball 不落地互丟接遊戲

B 學生操作流程：

1. 觸覺體驗：學生兩兩互丟接 superball，觀察並感受球的收縮與舒張。

2. 動態觀察小組討論問題：

1. 感受手掌接觸結構時的「觸覺回饋」是甚麼？
2. 拋擲的時候球是甚麼感覺？
3. 接球的時候球是甚麼感覺？
4. 跟一般的球有甚麼不一樣？

情緒隱喻：小組討論製作過程中的意見分歧（壓力），並分享如何透過溝通恢復合作（回彈）。並寫下在合作的關係中學到甚麼？從 superball 身上學到甚麼？

C 課程關鍵思考：

結構的韌性： Super Ball 雖然由硬桿組成，卻能產生如「呼吸」般的彈性。這種「剛中帶柔」的特性，如何改變我們對「堅固」的定義？

平衡的動態性： 在丟接過程中，球體是不斷變形的。如果結構中缺少了任何一根張力線，它還能維持這種受力後恢復原狀的「動態平衡」嗎？

關係的對位： 小組成員就像結構中的桿件與線材，每個人承擔不同的功能（張力或壓力）。我們該如何調整彼此的「張力」，才能讓團隊像 Super Ball 一樣，既能承受外在壓力，又能保性而不瓦解？

課堂 5-微觀的舞蹈(動態捕捉)

A 課程實施照片：



學生拍慢動作影片

B 學生操作流程：

數位影像擷取與共享：

- **慢動作攝影**：學生分組在素色背景前，使用平板電腦的「慢動作攝影」功能捕捉 Super 彈跳的過程。重點觀察球體接觸地面的那一瞬間。
- **作品牆交流**：將拍攝的影片上傳至 **Padlet 作品牆**。全班共同欣賞不同球體的彈跳軌跡與態節奏，感受物理運動轉化為視覺藝術的過程。

停格分析與詩意描述：

- **造形形變觀察**：回放影片並進行停格截圖，仔細分析球體在觸地瞬間產生的「造形扭轉」「壓縮」。
- **圖文紀錄**：在學習單上描繪這顆「跳舞的球」，並用文字形容其動態。
- **情意轉化(自我調節機制)**：觀察結構被壓縮到極限後，如何精確地恢復原狀。教師引導學生思考：這正象徵情緒的**「自我調節」**——我們允許自己被外界壓力擠壓(收縮)最終依靠內在的穩定張力(自我力量)迅速恢復平靜(彈回)。

藝術史的跨維度對照：

- **平面動態表現**：欣賞《下樓梯的人》影片，並與杜象(Marcel Duchamp)的名畫《下的女人》對照，理解藝術家如何用「重疊」與「分解」在平面上呈現連續動態。

- **從平面到立體**：思考如何將這種動態美感從二維繪畫引申到三維空間，正式介紹考爾德 (Alexander Calder) 的「動態雕塑」 (Mobiles)，為下一節課的創作鋪路。

C 課程關鍵思考：

捕捉隱形的動態：慢動作攝影讓我們看見了肉眼平時看不見的「扭曲」與「彈性」。這種**「看不見的美」**在你的作品中是如何呈現的？

壓力的美學價值：如果沒有地面的撞擊 (壓力)，球體就不會展現出那種驚人的形變與回彈力。生活中，適度的壓力是否也能激發出我們內在更強大的「韌性」？

時空的連續性：杜象用畫面記錄時間的流逝，考爾德用空間記錄力矩的變化。

課堂 6 動態剪影

A 課程實施照片：



學生製做剪影

B 學生操作流程：

藝術家作品賞析：

- **動態特徵觀察：** 觀賞考爾德 (Alexander Calder) 作品紀錄影片。由老師引導學生觀察其作品在微風吹拂下的運動規律，聚焦於**「輕盈感」(用極細的線懸掛重物) 以及「不對稱平衡」** (支點不在中心，卻達成視覺安定) 的特徵。

動態瞬間擷取：

- **影像分析：** 學生從一段 30 秒的動態短影音中 (動物活動影片)，選取最具造形張力的瞬間，進行數張**關鍵影格 (Keyframes)** 的截圖。
- **造形簡化：** 分析截圖中的物件形狀，思考是否呈現最佳動態。

剪影色塊創作：

- **描繪與轉譯：** 學生將截圖中的造形描繪在前期準備的彩色透明片上。
- **剪影實驗：** 將透明片裁切成色塊，疊合出具備透明感與層次感的「剪影色塊圖片」。這些色塊將作為第七節立體裝置的零件基礎，實現從「動態影像」回到「實體造形」的轉化。

C 課程關鍵思考：

不對稱的安定： 為什麼支點不在正中央，物件卻能維持平衡？這種「不對稱平衡」在視覺上給人什麼樣的心理感受 (緊張感、律動感還是和諧感) ？

色彩的重量感：在透明片上繪製剪影時，不同顏色（如深藍色與淺黃色）在視覺上是否有不同的「重量感」？這會如何影響你之後組裝裝置時的平衡判斷？

減法的藝術：從 30 秒的影片到幾張靜止的色塊剪影，你捨棄了哪些細節？保留下來的「核心造形」又是什麼？

A 課程實施照片：



學生架構樹枝狀動態雕塑



老師示範·用全班的 superball 做樹狀動態雕塑



老師示範一條龍動態雕塑

B 學生操作流程：

結構實驗分組：

課程設定兩種結構路徑供學生探索（本階段以完成三層及剪影構思為主）：

- 「樹枝狀」組：模擬生物分枝結構，挑戰橫向開展的多支點平衡（目前目標：達成垂直吊3層）。
- 「一條龍」組：垂直線性的序列平衡，挑戰單一支點下的穩定度（目前目標：完成各階層之剪影造形設計）。

階層式構建（由底而上）：

- 學生遵循「由下往上」的逆向平衡邏輯，先完成最底層的支點平衡，再將其作為一個整體附件，依序向上疊加至第三層。

力學除錯與動態修正：

- 當新層級加入導致失衡時，學生不增加額外配重，而是透過**「移動支點（調整力臂長度）」或「微調色塊位置」**來尋找新的平衡平衡點，體會 $\tau = r \times F$ 的實踐。

美感要素優化（漸變與對比）：

- 大小漸變：刻意安排剪影圖案的面積，使其從底層（最小）向上層（最大）漸變，創造視覺上的向上延伸感。

- **視覺整合**：在確保物理穩定的前提下，微調色塊的色彩配置，利用色彩的對比或調和，提升雕塑在旋轉時的視覺豐富度。

C 課程關鍵思考：

力學的逆向思維：為什麼在製作多層動態雕塑時，「由下往上」建構會比「由上往下」更容易達成平衡？這與力矩的傳遞有什麼關係？

視覺重量與真實重量：面積較大的上層剪影與面積較小的下層剪影，在視覺上給人什麼樣的感受？這種「上大下小」的設計如何挑戰我們對「重力」的既定印象？

動態中的變數：「樹枝狀」與「一條龍」在受風旋轉時，哪一種結構產生的動態軌跡更具預測性？哪一種則更具驚喜感？

完美的平衡點：當你找到那個「支點」時，手感會有什麼樣的變化？這種從「傾斜」到「水平」的一瞬間，如何體現設計中「精準」的重要性？

教學觀察與反思：關於「色塊干擾」的深度思考

1. 觀察到的問題：原本希望透過彩色透明片增加視覺豐富度，但在實踐過程中發現，過於鮮豔或複雜的色塊會分散觀者對「剪影邊緣」與「旋轉路徑」的注意力。當色塊疊合時產生的色彩混濁，反而削弱了考爾德式動態雕塑所強調的輕盈感與空間流動性。

2. 核心反思：視覺層級的失衡 在設計中，當「色彩」與「形體」產生競爭時，若色彩太搶眼，作品會從「動態雕塑」降級為「掛在空中的彩色卡片」。我們必須引導學生思考：**色彩應該是「服務」動態，而非「遮蔽」動態。**

改進方法與對策：從「加法裝飾」轉向「低限美學」

針對此問題，建議在未來的教學或課程推廣中，加入以下「視覺過濾」的實驗步驟：

A. 策略一：色彩減法與透明度管理

- **低飽和度選擇**：改用明度較高、飽和度較低的透明片，或限制每組使用的顏色種類（例如：不超過三種），維持視覺的簡潔感。
- **無色透明的運用**：增加「全透明」片材的比例。透明片不著色，僅保留裁切後的「邊緣線」，讓光影自然地在空間中畫出形體，而非用色塊填滿。

B. 策略二：強調「形體邊框」而非「面實體」

- **鏤空設計**：引導學生在色塊透明片中進行「內部裁切（挖空）」，只保留外輪廓的邊框。這樣既能保有色彩的暗示，又能增加物件的透視度，減少視覺壓迫感。
- **線條轉譯**：將原本的「色塊」轉化為「有顏色的線條」（如彩色細鋁線或描邊），強化剪影的線條美，讓光線能穿透結構，恢復雕塑的輕盈特質。

C. 策略三：光影轉化（Shadow play）

- **以影代色**：重新定義作品的觀賞方式——「看影子而非看實體」。引導學生將重心放在白牆上的投射。當色塊透明片變成剪影投射時，色彩會變淡，而「形體」會因重疊而產生層次感。這能讓原本「干擾」的色塊轉化為「具備層次深度的影子」。

修正後的關鍵思考（引導提問）：

- **視覺權重**：「在你的作品中，你想讓觀者先看到『色彩的亮麗』還是『動態的優美』？如果兩者衝突，你願意犧牲哪一個？」
- **透明的意義**：「透明片的存在是為了讓光穿過，還是為了承載色彩？我們如何讓物件在空間中顯得『輕』而非『重』？」
- **減法的力量**：「考爾德的作品常只用紅、黃、藍、黑，這對你的設計有什麼啟發？減少顏色後的剪影，是否反而讓動態變得更清晰了？」

A 課程實施照片：



學生未完成的作品

B 學生操作流程：

環境策展與空間布展：

- **場域選擇：** 將教室內的實踐延伸至校園公共空間，選擇具有自然氣流與充足光影的**「教室外走廊」**進行懸掛。
- **布展考量：** 引導學生思考作品與空間的關係，考量觀者穿梭的動線，以及陽光投射在牆面產生的**動態陰影**。

多感官動態賞析：

- **觀察路徑：** 學生穿梭於走廊的作品森林間，觀察作品如何因環境中的風速變化而產生快慢、大幅度或細微的旋轉。
- **美感記錄：** 運用平板相機記錄下最令自己感動的瞬間（如：兩個部件交疊的瞬間、光影掠過的瞬間），感受作品與環境對話產生的律動感。並上傳到 Padlet 作品牆分享自己感受到的動態之美。

後設省思與學習轉譯：

- **歷程回顧：**填寫課程反思學習單。從第一節的「夾子遊戲」感知力學，到中期的「Super Ball」體悟韌性，最後到「動態雕塑」的平衡實踐。
- **對話交流：**學生分享在製作過程中，如何面對「失衡」的挫折，以及在最終成品中如何體現自己的設計個性。

C 課程關鍵思考：

作品與環境的共生：當作品離開工作檯懸掛到走廊後，環境（光、風、背景牆面）如何改變了作品的原貌？如果沒有風，這件作品還完整嗎？

隱形的連結力：回顧這八節課，從物理公式、數位影像到藝術史，這些看似不相關的領域是如何透過「平衡」這個概念串聯在一起的？

從控制到順應：在製作 Super Ball 時，我們追求精準的「控制」；但在動態雕塑中，我們是否學會了「順應」？學會順應自然的風、順應重力的邏輯。

美感價值的內化：經過這一系列實驗，你認為「美」是物件外表的裝飾，還是結構達到極致平衡時自然散發出的和諧感？

三、教學觀察與反思

(一)問題與對策

1. **合作中的挫折感：**Super Ball 製作不易單獨完成，張力控制不均易導致失敗，容易引發小組間情緒摩擦。用 **SEL 隱喻轉化：**將結構的「受壓」類比為「人際衝突」，透過第四節「會呼吸的球」引導學生理解與學習，受力與張力的彈性就像合作的界線，太用力會弄壞球，太輕則會失衡。我們需要施加「適當的力道」（關心與溝通），並允許對方在關係中擁有自己的「彈性」與「空間」。將物理力學轉化為社會情緒的韌性教育。

2. **力學概念抽象：**學生難以將力矩公式直覺地應用在多層懸掛雕塑上。**感官先行：**在第一節夾子遊戲中，不先講公式，而是讓學生透過「手指的重量感」直接感知力矩，建立身體記憶。實踐「先感知、後探究」的教學法。

(二)未來的教學規劃

1.本課程可拆解為「初階：平衡感知（夾子）」、「中階：結構探究（Super Ball）」與「進階：設計整合（考爾德）」。未來推廣時，可針對不同學段調整比例。例如：國小端強化感知，高中端則可深化力學運算與材料實驗。

2. 材料精進計畫

在未來的教學中，可嘗試透明壓克力或回收金屬，增加「對比」與「材質感」的美感層次。

3.環境連結：將最終的三層雕塑延伸至校園公共空間，探討作品與環境氣流（風）的對話，落實「生活美感實踐」。

(三)核心反思：

從科學理性走向藝術感性

本次課程的關鍵在於「轉譯」。

- 1.科學轉譯為美學：學生不只是在做一個「平衡的結構」，而是在操作一場「關於靜力的實驗」。當學生能連結杜象的連續性動態（第五節）時，他們的作品便從一顆 superball 昇華為「雕塑」。
- 2.數位工具的賦能：慢動作攝影（第五節）與短影音（第六節）的加入，極大地降低了學生觀察微觀動態的門檻，讓原本一瞬即逝的平衡變化變得可視、可討論。

四、學生學習心得與成果

1. 學生自學學習單

自學學習單
學生姓名: 陳彥廷 日期: 1/6
單元: 第二課「認識 Tensegrity 結構」

一、預習閱讀/影片
1. 閱讀: 維基百科「Tensegrity」條目(英文) → <https://en.wikipedia.org/wiki/Tensegrity>
2. 觀看影片: Tensegrity GetAClass - Physics https://www.youtube.com/watch?v=P_s4UVT6as
3. 進一步了解: 文章「New NASA video: tensegrity robots designed for space exploration」
請在下方填寫重點摘要:
• 歷史背景: 最初由杜威維福蘇聯先峰派蘇休卡爾利斯約翰遜提出的
• 「拉力」與「壓力」在 Tensegrity 中的角色: 互補且關鍵的角色
• Tensegrity 在建築/科技/藝術中的應用實例:
• 馬迪伊金托夫和馬迪伊克托夫設計的斯波克體育館
• 超級建築機器人 • 巴克敏斯特·富勒設計的太空克羅房層的框架結構

二、理解與分析
請回答下列問題:
1. 什麼是 Tensegrity 結構? 請用自己的話說明。
→ 一種結構原理, 它是一個由多個受壓的壓力構件組成的系統。
2. 在這種結構中, 為什麼壓力構件(例如桿件)之間不會彼此接觸?
→ 因為拉力和壓力達到平衡
3. 如果你用紙張或木棒來模擬 Tensegrity, 哪兩種力量你認為最重要? 為什麼?
→ 張力維持整體結構, 且具穩定的抗衝擊性
4. 你在影片中看到的 NASA 應用是什麼? 為什麼要用 Tensegrity 結構?
→ 太空機器人, 才能具有最佳的抗衝擊性

三、創意思考: 紙張力度結構的關聯
請思考: 我們在課程中會用「不要的考卷」製作「紙捲」作為壓力元件。
• 為什麼紙張也能用來做壓力元件? 它有哪些特性可以類比桿件?
→ 張力
• 我如果用紙捲 + 橡皮筋來模擬 Tensegrity, 我會選擇什麼樣的的比例或配置? 簡單畫出你的初步草圖。
→ (請在此空白處畫草圖)
• 在你的草圖中, 有沒有考慮「結構穩定」與「視覺美感」(如對稱、比例、韻律)? 請簡述你的想法:

CS 掃描全能王 創建

自學學習單
學生姓名: 蔡育/蔡廷鴻 日期: 1/5
單元: 第二課「認識 Tensegrity 結構」

一、預習閱讀/影片
1. 閱讀: 維基百科「Tensegrity」條目(英文) → <https://en.wikipedia.org/wiki/Tensegrity>
2. 觀看影片: Tensegrity GetAClass - Physics https://www.youtube.com/watch?v=P_s4UVT6as
3. 進一步了解: 文章「New NASA video: tensegrity robots designed for space exploration」
請在下方填寫重點摘要:
• 歷史背景: Richard Buckminster Fuller 在 20 世紀提出的力學結構概念
• 「拉力」與「壓力」在 Tensegrity 中的角色: 拉力: 將張力傳遞到整個結構, 有彈性; 壓力: 承受壓力, 固定, 總穩定
• Tensegrity 在建築/科技/藝術中的應用實例: 懸索橋、英國摩天塔

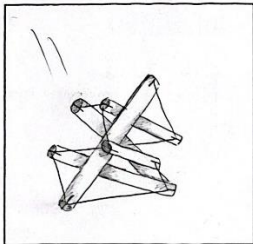
二、理解與分析
請回答下列問題:
1. 什麼是 Tensegrity 結構? 請用自己的話說明。
→ 受壓構件不接觸, 而成就結構
2. 在這種結構中, 為什麼壓力構件(例如桿件)之間不會彼此接觸?
→ 透過張力, 鋼索支撐
3. 如果你用紙張或木棒來模擬 Tensegrity, 哪兩種力量你認為最重要? 為什麼?
→ 張力為上, 張力最重要, 2種力量需要互相配合才能完成結構, 缺一不可
4. 你在影片中看到的 NASA 應用是什麼? 為什麼要用 Tensegrity 結構?
→ Super ball, 太空飛行器

三、創意思考: 紙張力度結構的關聯
請思考: 我們在課程中會用「不要的考卷」製作「紙捲」作為壓力元件。
• 為什麼紙張也能用來做壓力元件? 它有哪些特性可以類比桿件?
→ 張力
• 我如果用紙捲 + 橡皮筋來模擬 Tensegrity, 我會選擇什麼樣的的比例或配置? 簡單畫出你的初步草圖。
→ (請在此空白處畫草圖)
• 在你的草圖中, 有沒有考慮「結構穩定」與「視覺美感」(如對稱、比例、韻律)? 請簡述你的想法:

CS 掃描全能王 創建

2. 學生跳舞的球學習單

形變之美 文字形容與聯想



掉下去的瞬間, 它變成了扁的, 然後立刻回彈, 彈跳時, 張力彈跳時, 力量漸漸變弱, 最終定格在回原本的模樣

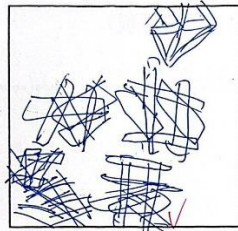
你在這次的合作中學到甚麼?

互相合作一起完成作品, 並且要有默契, 才能成功。

你從SUPER BALL的特點學到甚麼?

在生理裡有很多摺入你合的時候, 這時如果不知變通, 不能彈性, 就很容易解體, 所以好像 super ball 一樣有彈性不扁自己。

形變之美 文字形容與聯想



看到結構到地面時會張縮, 就像人在生活也會有退縮的時候, 但你看退縮到自己的時候時, 你縮(但這顆球不一樣)當他退縮時, 它立刻回彈, 不會對困難屈服, 我們應該也要到困難時, 勇敢面對, 才能讓自己變得更好。
Good!

你在這次的合作中學到甚麼?

1. 一起配合分工合作。
2. 互相扶持, 完成任務。

你從SUPER BALL的特點學到甚麼?

1. 彈性很好, 丟到地板時會跳, 但也比較容易變形。
2. 球是中空的, 在丟的時候阻力會比較小, 但比較難接。
3. 軟軟的, 球在接觸起來是鬆鬆的, 跟其他的球比起來好接。
4. 球的結構是互相支撐的, 只需要幾根工具就能做成球。

3. 夾子微雕塑

