

# 教育部113學年度中小學科學教育專案【期末報告大綱】

計畫名稱：彈簧設計在多元選修跳躍仿生機械課程的進階應用

主持人：簡汎佐

E-mail: ftchien@smhs.hlc.edu.tw

共同主持人：徐維燦

執行學校：花蓮縣私立海星高級中學

## 一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？（請擇一勾選） ☐ 是 ☒ 否

2. 執行重點項目（請擇一勾選）：

- ☐ 環境科學教育推廣活動
- ☒ 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- ☐ 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- ☐ 鄉土性科學教材之研發及推廣
- ☐ 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：

2024/9/16 大數據處理分析 對象：本校探究與實作課程學生 人數：45人

2024/9/13 蟲型仿生機械探究 對象：本校仿生學多元選修課程學生 人數：22人

2024/10/4 蛙型仿生機械探究 對象：本校仿生學多元選修課程學生 人數：22人

2024/10/14 蛙型仿生機械探究 對象：曙光女中自主學習課程學生 人數：25人

2024/10/25 仿生機械探究 對象：公東高工機械科學生 人數：30人

2025/01/10 物理動態模擬簡介 對象：本校仿生學多元選修課程學生 人數：22人

2025/03/05 地震對建築物影響探究 對象：本校探究實作課程學生 人數：99人

2025/03/14 跳躍型機械設計 對象：公東高工機械科學生 人數：20人

2025/04/01 物理動態模擬的教學應用 對象：中崙高中教師 人數：13人

2025/04/18 人工智慧在教學上應用 對象：東華大學附設國小教師 人數：12人

4. 辦理活動或研習會對象：

2024/9/16 大數據處理分析 對象：本校探究與實作課程學生 人數：45人

2024/9/13 蟲型仿生機械探究 對象：本校仿生學多元選修課程學生 人數：22人

2024/10/4 蛙型仿生機械探究 對象：本校仿生學多元選修課程學生 人數：22人

2024/10/14 蛙型仿生機械探究 對象：曙光女中自主學習課程學生 人數：25人

2024/10/25 仿生機械探究 對象：公東高工機械科學生 人數：30人

2025/01/10 物理動態模擬簡介 對象:本校仿生學多元選修課程學生 人數:22人

2025/03/05 地震對建築物影響探究 對象:本校探究實作課程學生 人數:99人

2025/03/14 跳躍型機械設計 對象:公東高工機械科學生 人數:20人

2025/04/01 物理動態模擬的教學應用 對象:中崙高中教師 人數:13人

2025/04/18 人工智慧在教學上應用 對象:東華大學附設國小教師 人數:12人

#### 5.參加活動或研習會人數：

2024/9/16 大數據處理分析 對象:本校探究與實作課程學生 人數: 45人

2024/9/13 蟲型仿生機械探究 對象:本校仿生學多元選修課程學生 人數:22人

2024/10/4 蛙型仿生機械探究 對象:本校仿生學多元選修課程學生 人數:22人

2024/10/14 蛙型仿生機械探究 對象:曙光女中自主學習課程學生 人數:25人

2024/10/25 仿生機械探究 對象:公東高工機械科學生 人數:30人

2025/01/10 物理動態模擬簡介 對象:本校仿生學多元選修課程學生 人數:22人

2025/03/05 地震對建築物影響探究 對象:本校探究實作課程學生 人數:99人

2025/03/14 跳躍型機械設計 對象:公東高工機械科學生 人數:20人

2025/04/01 物理動態模擬的教學應用 對象:中崙高中教師 人數:13人

2025/04/18 人工智慧在教學上應用 對象:東華大學附設國小教師 人數:12人

#### 6.參加執行計畫人數：

姓 名	服 務 機 關 單 位	職 稱
主持人:簡汎佐	花蓮縣私立海星高級中學	物理教師
協同主持人:徐維燦	文藻大學	專案助理教授

#### 7.辦理/執行成效：(以300字以內為原則，若為延續性計畫，請說明與前年度之差異)

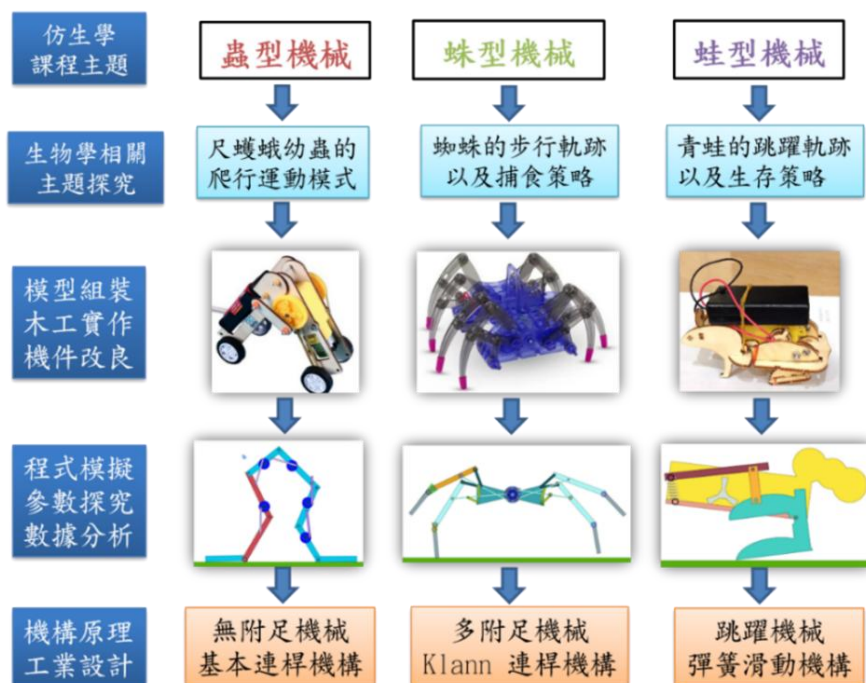
在本計畫規劃中，學生將不只能熟悉如何以物理模擬先期設計仿生機械裝置，並且可以依據模擬實驗的結果，改良在課程初期所組裝的蛙型機械模型，使模型的運動可以更貼近真實青蛙的移動方式。在113學年間，我們普遍性的在校內的探究與實作課程中結合 Aldogoo 物件導向的程式語言，讓學生工程連桿操作原理，同時也製作振動平台，引導學生探究地震對建築物的影響。在多元選修的仿生學課程中，我們引導學生思考蟲型、蛛型、蛙型機械的設計，深化學生對仿生機械的設計以及應用的認識。自113學年第二學期起，我們結合各項感測器的設置，賦予仿生機械偵測環境條件的功能。例如，在仿生機械上加裝聲音、溫度等感測器，使仿生機械能在困難地形，如建築物縫隙、水溝渠道，進行測量。未來，教師計劃引導對於此項主題有高度興趣的學生，在仿生機械裝設視覺辨識系統，使學生能真實體驗以青蛙視角觀測地形變化，還可以進一步結合人工智慧視覺辨

識，使蛙型機械能自動化辨識地形變化。

## 二、計畫目的

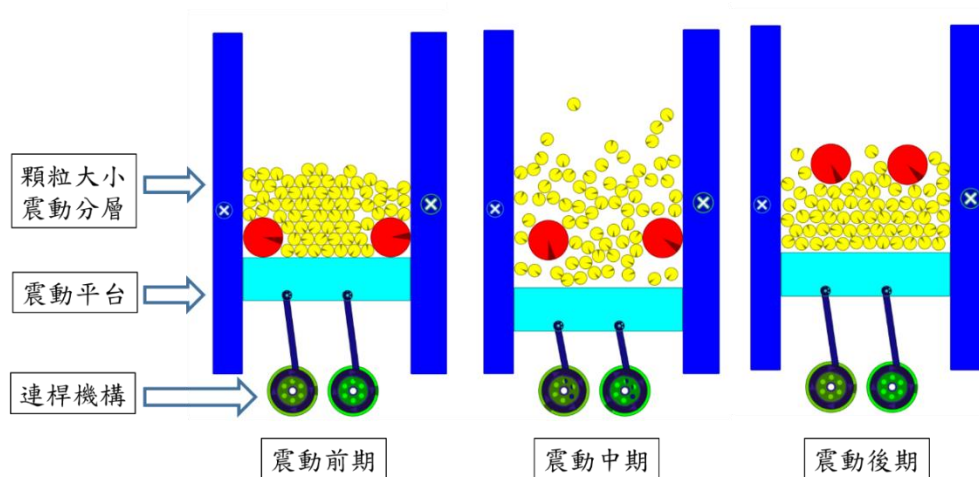
本校自執行105年執行科學教育計畫開始，自然科教師不僅熟悉物理影像追蹤軟體(Tracker)，進行圓周運動、簡諧運動、自由落體等各種運動軌跡的探究；更在107年之後，進一步應用手機感測器應用軟體(Phyphox)，對聲速、分貝、頻譜分析等聲學題材做更精準的檢測。在111年，我們應用具有友善操作界面的電腦動態軟體 Algodoo，使學生不因為程式的編碼過程感到挫折，能夠直接以程式模擬機械原理，最後能從物理動態模擬的結果擷取經驗，進一步修正實體仿生機械，達到更好的仿生效果。在課程中，教師以連桿機構為主軸，開發蟲型機械、蛛型機械以及蛙型機械課程。同時引導學生從生物學演化的概念出發，思考無附足動物、多附足的運動，以及跳躍性運動模式在演化上的發展歷程，深入探究生物附足的數目與生物個體發育、生物與環境間的關係、以及覓食獵食上的優勢。

目前市面上已有蟲型、蛛型以及蛙型機械這三項仿生模型。我們訓練學生能夠藉由組裝模型，熟悉看組裝步驟說明書。之後，再引導學生思考如何改裝模型，使學生能更深入認識機械設計原理。由於直接改良仿生模型需要對機械設計原理、模型材料屬性、工程機構等方面有一定的認識，在改良的過程當中同時需要足夠的材料以及工具進行測試。所以，一般的模型組裝課程往往受限於課程時間以及課程經費，無法讓學生發揮創意，只能遵從「食譜式」的教學模式，照著教師的指令完成。有鑑於一般制式的仿生學課程，我們將引入Algodoo 這個動態模擬系統，強化學生在工程機構的原理探究歷程。



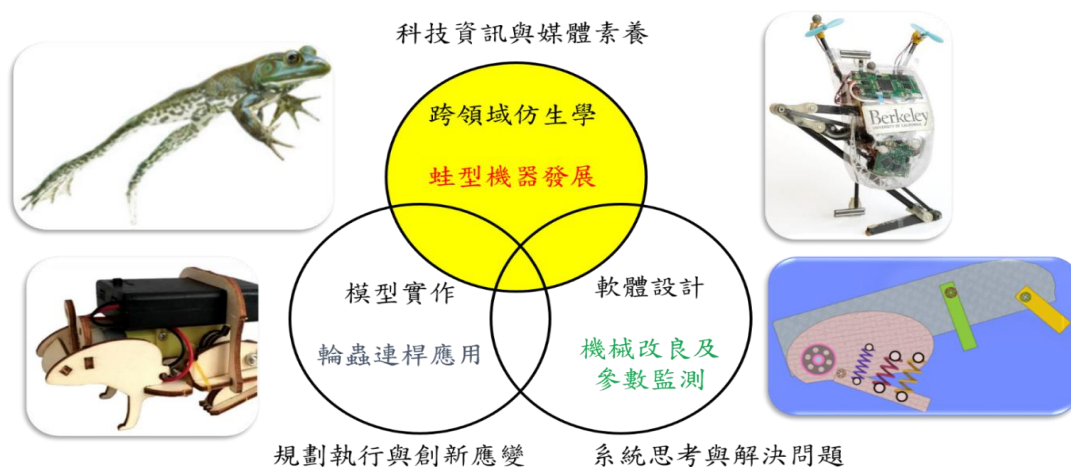
圖二:多元選修仿生學課程主題規劃

連桿是仿生機械中常用的機構，單一的馬達驅動就可以創造出生物附足運動模式。但是，如果學生要進行連桿的改良，光是尋找具有合適的轉速和扭力的馬達就需要相當的經費支援，再加上需要切割材料、鑽孔攻牙所需要的時間，這樣的課程就只能侷限在小規模學期型的專題課程中。然而，如果我們使用 Algodoo 這個二維空間牛頓力學模擬軟體，學生不僅可以輕易嘗試各種不同的材料屬性，更可以及時更改馬達的轉速和扭力，尋找使連桿達到最佳表現的的條件。在課程中，學生不僅可以發揮創意繪製連桿，更可以在虛擬環境中應用連桿設計大型機具，如分離不同顆粒大小物體所使用的震動平台，更實際的連結連桿的學理與工程上的實際應用。



圖三:應用 Algodoo 程式模擬兩種不同大小顆粒在振動平台上的位移

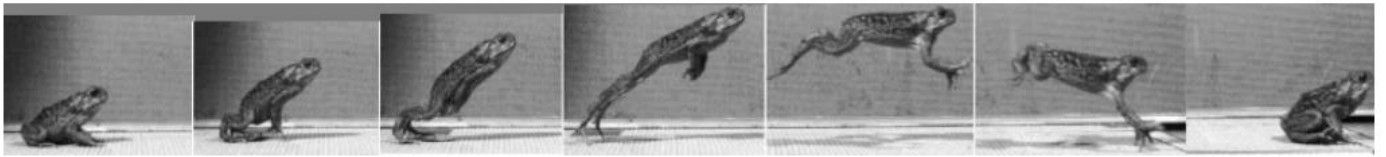
連桿結構可以有效的模擬無附足生物軀幹以及肢體的移動方式。然而，若要在仿生機械上進一步的模仿生物的跳躍，機械設計上就需要導入彈簧的應用。本計畫除了延續112年計畫仿生學課程發展，強化連桿機構設計，以及仿生模型實作與 Algodoo 動態模擬課程結合，更應用彈簧設計跳躍型機械，以下以青蛙運動模式探究結合蛙型機械為例說明課程發展。





圖四:仿生蛛型機械課程規劃

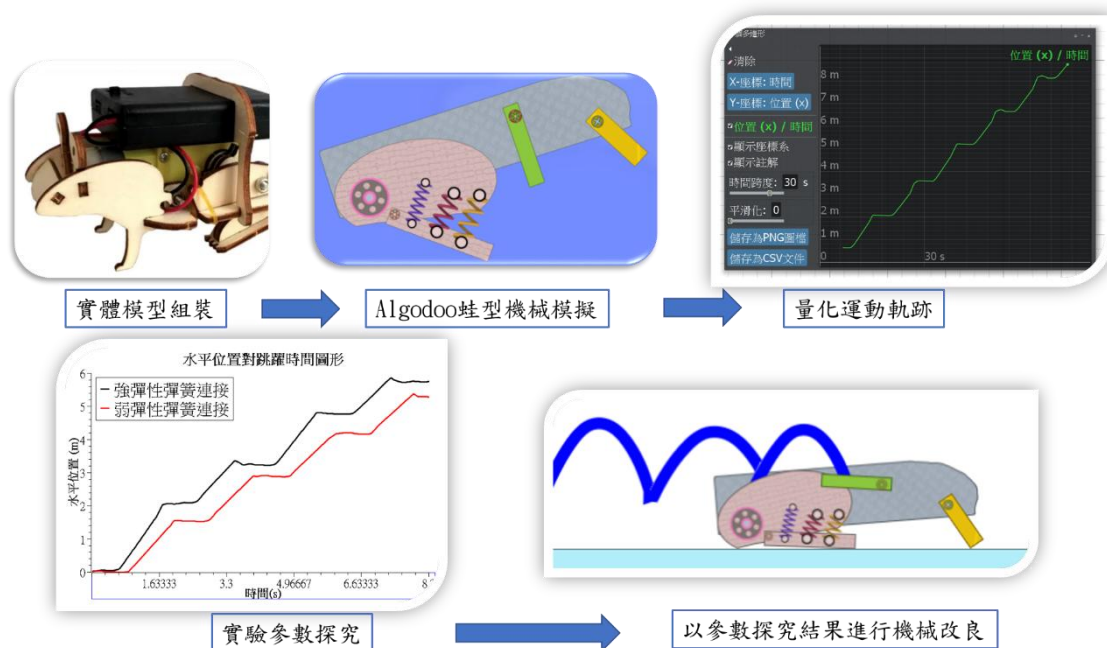
在課程開始階段，教師首先就生物學範疇，引導學生認識青蛙的生命週期、完全變態過程，以及青蛙在各種不同的生命階段中下所演化出不同的移動策略，讓學生對於青蛙的跳躍機制有深入的認識。之後，教師將以青蛙跳躍軌跡的學術論文為範本，使學生從論文的圖表中學習如何量化青蛙各肢體在運動過程中的位置變化（圖五）。



圖五：青蛙在運動中的變化(本圖選自 “Design and motion analysis of a frog-like jumping robot based on a soft body detonation drive” *Materials & Design* Volume 232, August 2023, 112127)

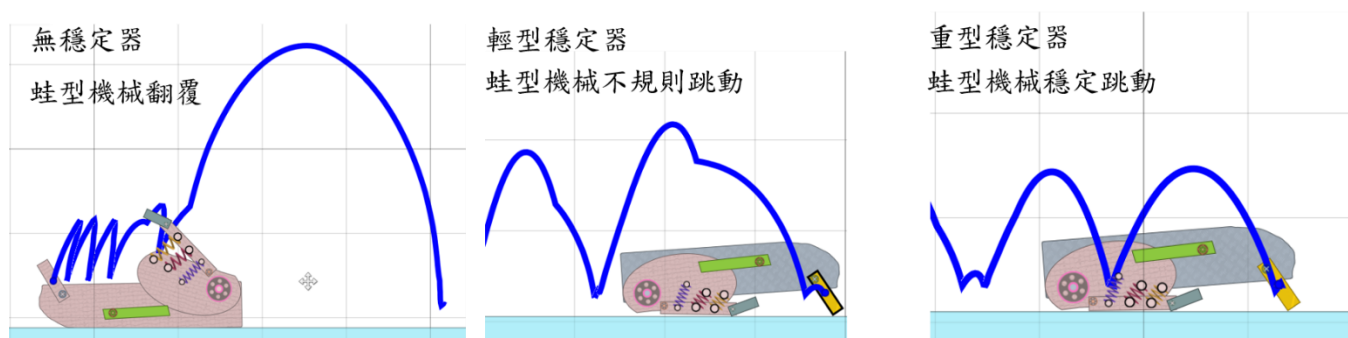
在認識蜘蛛的運動特性後，學生將從組裝簡易的青蛙模型出發，實際體驗由簡易的馬達-彈簧所驅動的運動模式。在組裝完後，在課程中將進行蛙型機械直行計時競賽。競賽時，學生不但可以觀察並比較同班同學模型運動的快慢，也可以調整自己的連桿機構細節，使模型能運作地更流暢。接續競賽的活動，教師將更深入地引導學生思考如何就模型進行改良。

在實際操作層面來看，在足部彈簧數目，增加彈簧的彈性係數，或是增加馬達轉速都是可能可以增加蛙型機械的前進速度。在實際針對模型進行改裝前，教師將引進動態模擬系統 Algodoo，使學生能夠可以先期在虛擬的空間裡面，深入的思考在模型裡面有哪些參數會影響運動模式：例如整體機械的重量、蛙型機械前後端的配重、青蛙足部在跳躍過程中的伸展、馬達的轉速等等。由於在動態模擬的系統當中可以快速收集數據，學生可以探索哪一個參數是影響運動最重要的因素。藉由這樣的過程，學生可以反思如何在模型上做更有效的改裝。教師將藉由此計畫採購改裝模型所需要的元件，例如不同規格的彈簧、不同轉速和扭力的馬達等元件，使學生能進一步在真實的蛙型模型上做改裝，驗證動態模擬的結果。



圖六:Aogodoo 動態模擬課程流程示意圖

從簡易的蛙型模型進階到真實的青蛙仿生機械是一個非常複雜的過程，其中牽涉到材料和工程機構上多方面的考量。學生要從設計、切割材料、組裝機件一路到完成成品需要非常多的時間。此時，Algodoos 動態模擬系統提供我們一個在修正機械設計上非常實用的平台。學生可以從單一彈簧出發，能輕易的結合多個彈簧創造出可以週期性跳躍的效果(圖七)，

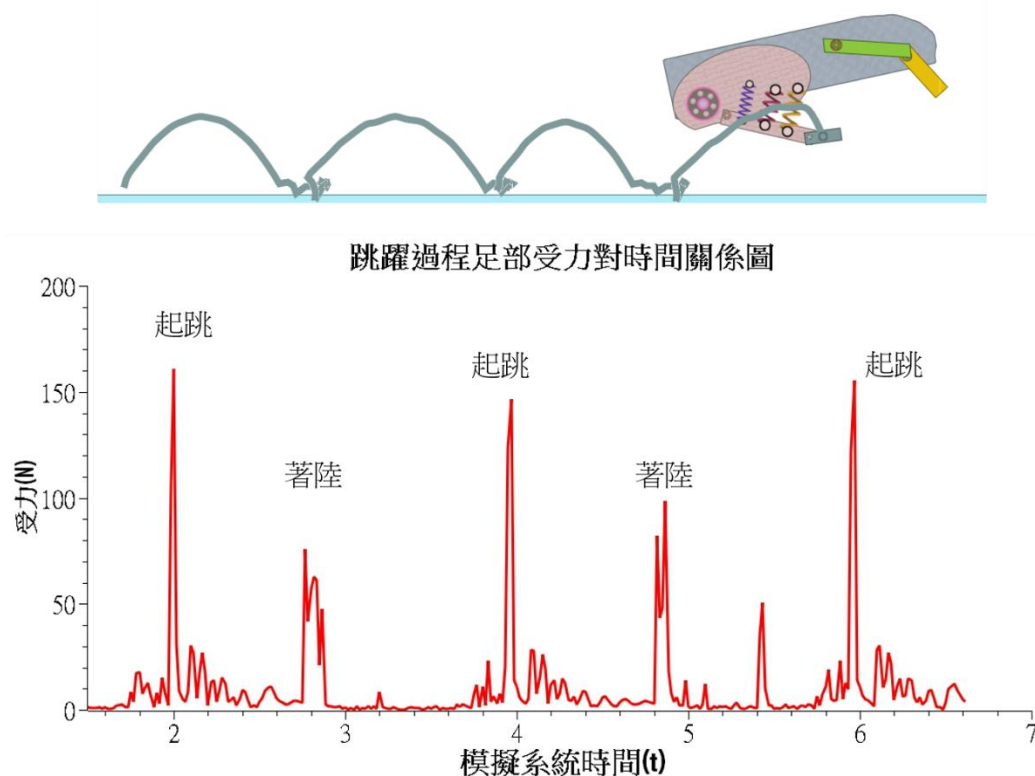


圖七:前端穩定器重量探究:比對蛙型機械前進的穩定度以及流暢度

而且可以調整角度，重新配置重量，改變摩擦力等係數，增進仿生機械運動的流暢度。在這個動態模擬虛擬空間裡面，學生不但可以不受材料的限制發揮各項創意，深切的體驗各項機械設計原理；更可以藉由分組討論和彼此觀摩，回顧在課程初期對青蛙運動模式的知識，藉由增加彈簧數目，精進仿生機械的運動細節設計。

學生使用 Algodoo 動態模擬系統不但可以視覺化仿生機械的運動過程，更可以記錄過程中所有參數的變化。學生可以藉由繪製圖表，進一步對模擬細節做量化分析，在分組合作學習比較視覺化後的實驗數據，比較個別仿生機械的運動仿生程度。

我們計畫在課程中發展以 SciDavis 為分析工具的分析策略。Scidavis 為一開源軟體，其功能可類比於高等教育界經常使用的 Origin 軟體。學生可使用 SciDavis 將數據處理成視覺化圖形後，藉由比較圖形間的差異，思考如何正確且精準的以數據評判仿生機械與真實生物個體的相似程度。同時，學生也可以使用此種圖形量化比較自己和同學間仿生機械的差異，創造更多小組討論以及互相學習的機會。當學生掌握了圖形比較的策略，他們可以將更多的數據量化成圖形，包括足部的受力情形、機械個部份的移動速度、相對應連桿所需要的馬達扭力等，深入了解在仿生機械設計中在實際場域中因材料剛性以及工程機構特性所受的限制。以圖八為例，學生可藉由比了解跳躍足部會在短時間內經歷極大的受力變化，因而認識在真實場域中需要選擇能承受高強度力量而不斷裂的材質作為跳躍足部的製造材料。



圖八:蛙型機械足部在運動過程中受力強度的變化

本計劃規劃以113學年上半年時間，循序漸進完成 Algodoo 的基本操作教學教案、實驗設計與探究實作課程，並建立非同步教學資料庫。由於本校多元選修仿生學課程在113年下學期開設，上學期製作的非同步教學資料庫，不僅可以作為學生在課後複習的課程材料，更可以更廣泛的提供其他未修習仿生學課程學生自主學習的內容，達到資源共享的目的。另外，在課程發展過程中，我們將成立教師發展專業學習團體，針對結合仿生機械與感測器內容，安排每月固定的教師專業發展研習，持續培育校內課程種子教師。在暑假寒假營隊中試行仿生學動態模擬課程。在教師專業發展過程中，本校計畫邀請國立彰化師範大學地理系盧沛文教授針對仿生建築(4節)，成功大學建築系沈揚庭針對仿生智能建築(4節)，東華大學自然資源與環境學系楊悠娟教授針對仿生的奈米化學結構(2節)，東華大學物理系曾賢德教授針對仿生機構的物理特性 (2節)，木工專業教師針對木工入門以及連桿設計應用(4節) 等主題做專題演講。同時針對校內教師需求開設 Algodoo 實作工作坊(8節)

由於本項課程初期需要讓學生組裝不同種類的簡易的雷切仿生機械模型，如蛛型機械等模型以及連桿機構相關模型；另一方面也需要木板、木條等材料，以及線鋸、鑽孔器等工具提供學生改裝仿生機械。在課程發展中，教師專業發展團體需要各項感測器以及電子元件的採購，以利研發具感測功能的仿生機械。最後，在課程成果發表時，教師和學生皆需要攝像鏡頭、麥克風等工具錄製非同步教學影片以及成果發表短片。因此，本校極其需要本計畫經費的挹注發展此結合新興動態模擬系統的仿生學課程。

### 三、研究方法

本年度課程發展區分為基礎課程以及進階課程。基礎課程將著重在 Algodoo 的基本操作，同時連接高中物理課程中的拋體運動、單擺運動主題作課程延伸探究，過程中優化112年度所發展課程。進階課程將針對蛛型、蛙型機械作課程開發。年度課程規劃如下：

課程名稱	彈簧設計在多元選修跳躍仿生機械課程的進階應用		
授課年段	普一	學分數	2
領域	校訂必修、多元選修	授課教師	教師專業發展社群
單元	主題	內容綱要	



1	動態模擬基礎課程	Algodoo 基本操作	物件導向程式語言操作簡介
2		自由落體	物理拋體運動探究
3		顆粒流漏斗阻塞	賞析國際科展得獎作品 探究科展題目潛在參數發展延伸問題 顆粒流實驗實作驗證模擬實驗結果
4	仿生學進階課程	單擺複擺運動探究 四足機械製作	單連桿機械裝置實作 單連桿機械裝置模擬運動參數探究 多連桿機械裝置設計
5		蛙型機械	彈簧機械裝置實作 跳躍機械設計原理探究 蛙型機械發展以及應用
		仿生機械感測器	AI 影像辨識 環境監控(音量計、溫度計、溼度計) 物聯網大數據處理

基礎課程計畫產出三個主題課程，目前已規劃運動學相關實驗，教案如下：

<b>教學主題</b>	運動學(自由落體)	<b>設計者</b>	簡汎佐、徐維燦
<b>教學對象</b>	高中一年級	<b>教學時數</b>	4
<b>教學對象分析</b>	<p>學生在國中階段已學習運動學中一維直線運動的基本概念，並且能使用數學公式描述物體運動。在未來高中一年級的物理課程中，將針對如何應用基本的公式分析複雜的物理現象作進一步解題的發展。然而，學生對於公式的來源以及自由落體數學描述的發展歷史發展卻不甚了解，因此，學生對於公式和數據很難作連結。另外，在國中端的實驗課程中，實驗的操作常受到實驗材料和設備的限制，很難進行較精準的測量驗證理論推算數值。</p>		
<b>教材來源</b>	<p>1.國中自然第五冊第一章直線運動(翰林) 2.高中物理(全)物體的運動(翰林) 3.Algodoo 網站(<a href="http://www.algodoo.com/">http://www.algodoo.com/</a>) 6.國際科展優勝作品(<a href="https://twsf.ntsec.gov.tw/Article.aspx?a=35&amp;lang=1">https://twsf.ntsec.gov.tw/Article.aspx?a=35&amp;lang=1</a>)</p>		
<b>設計理念</b>			

		<p>自由落體是經典的物理研究題目，本課程計畫融入新興科技，一方面提高學生的學習興趣，另一方面藉由使用高精準度的測量工具，驗證運動學的數學描述，使學生認識支持理論公式發展的實驗數據是如何取得並分析。</p> <p>學生首先學會圖形物件導向的 Algodoo 的物理模擬程式，在程式中模擬自由落體的理想條件。進一步思考可能影響自由落體落地的時間參數，例如質量、高度、空氣浮力、重力加速度等。藉由簡單的對照組比較，引導學生判斷參數對現象的相關性。其次，延伸自由落體概念，以閱讀國際科展相關作品為教學策略，引導學生思考日常生活中的顆粒流現象。學生不僅可以以模擬程式驗證科展成果，同時也可以針對科展作品中未測試的參數提出新的實驗設計。</p>		
教學內容分析		<p>1. 學習 Algodoo 程式圖形物件導向編碼邏輯原理:。</p> <p>2. 研讀2012臺灣國際科展優勝作品 「二維顆粒流體崩塌倒序現象之探討」的閱讀策略，學習如何從研究報告中擷取數據。</p> <p>3. 引導如何重現研究成果驗證研究實驗數值。</p> <p>4. 總結重力加速度的理論數值以及實驗數據推導數值。</p>		
教學目標	核心素養或學習重點			
	<p>自-U-A3具備從科學報導或研究中找出問題，根據問題特性、學習資源、期望之成果、對社會環境的影響等因素，運用適合學習階段的儀器、科技設備等，獨立規劃完整的實作探究活動，進而根據實驗結果修正實驗模型，或創新突破限制。</p> <p>自-U-B1能合理運用思考智能、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，有效整理自然科學資訊或數據，並能利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等、或嘗試以新媒體形式，較廣面性的呈現相對嚴謹之探究過程、發現或成果。</p>			
	單元具體目標			
	<p>第一節課</p> <p>1. 認識 Algodoo 物件模擬、重力模擬功能。</p> <p>2. 學習利用 Algodoo 進行各種物理實驗探究，設計實驗、測量、分析、統整。</p> <p>3. 運用 Algodoo 與生活結合，設計並進行生活中的科學探究。</p> <p>第二節課</p> <p>1. 閱讀國際科展作品，驗證科展實驗結果。</p> <p>第三節課</p> <p>1. 設計漏斗顆粒流阻塞動態模擬實驗。</p> <p>2. 進行動態模擬並收集數據。</p> <p>第四節課</p> <p>1. 圖表製作以及數據分析。</p>			
節次	教學活動流程	時間(分)	教學資源	教學評量
	準備階段	60	模擬軟體 國際科展作品	分組報告 海報製作 素養導向命題

## (一) 課堂準備

本課程第一部份中，學生藉由 Algodoo 模擬可複製課本上自由落體的運動軌跡，同時藉著自己的操作加深學習的效果。教師可利用「探究式教學」，引導學生思考在實驗上各種可能影響自由落體的參數，同時藉由簡易對照組的設計，過濾直接影響實驗的因素。。

課程的第二部分是由自由落體出發，選定以顆粒流領域培養學生進行批判性思考。考量學生對模擬實驗考慮模擬實驗的技術層面，先期挑選國際科展優勝作品中顆粒流相關研究，2012臺灣國際科展優勝作品「二維顆粒流體崩塌倒序現象之探討」，引導學生進行科學閱讀以及分組討論其報告的優缺點後，再藉由 Algodoo 虛擬實境重複研究實驗，驗證並提出其他人實驗中為討論的觀點和原因。相對於真實情境裡的顆粒流實驗，模擬實驗所需要的時間顯著的縮短，學生可以很快的到驗證。最後，可藉由探索新參數，例如顆粒大小等，探索前人研究中未提及的實驗情境。

## (二) 引起動機

顆粒是甚麼？印象中只要是接近球體的物體在日常生活中隨處可見。從廚房調味罐中的糖、鹽、胡椒，運動場上的籃球、網球，建築工地的水泥，甚至是海邊的石礫。這些顆粒單獨來看是一個個近似球體的物體，若是它們整堆存在並在地心引力的作用下，會產生靜態結構的改變以及流動現象。對於中學端的自然科學教育來說，也是一個適合討論的題材。因為每一個顆粒可被視為一個球體，整個顆粒群體可視為多個球體的運動。每個球體的運動又可以被簡化中學物理課程各式運動方程式可以描述的質點。

生活中最容易觀察顆粒流動的的現象是顆粒在漏斗流動和堵塞。以鹽罐為例，在我們的經驗裡，若產生堵塞無法倒出的情形，我們會選擇改用較大的孔洞，或是嘗試以搖動的方式排除堵塞。這看似簡單的生活常識，在適當的科學方法探究下，可以是國際科展等級的題目，在2012 臺灣國際科展優勝作品「二維顆粒流體崩塌倒序現象之探討」中，作者們探討顆粒在漏斗內地心引力驅動的流動造成的 V 字形下滑變化。在這次的課程中，我們將用物理模擬的方式，驗證他們的研究成果，更进一步的探討其他可能的影響實驗的參數。



圖例:國際科展作品中對顆粒表層形成 V 字形滑落的紀錄。

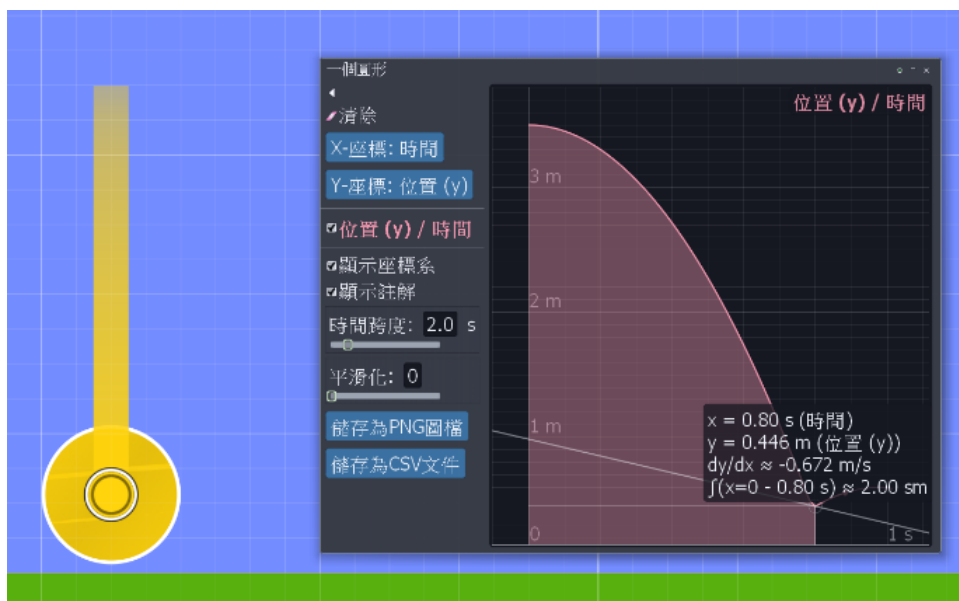
發展階段	時間(分)	教學資源	教學評量
	120	模擬軟體 國際科展作品	自由落體模 擬、顆粒流模 擬

## (一) 達成目標

- 正確畫出自由落體並以圖表呈現時間對落體高度變化的關係。
- 使用對照組比較了解自由落體時間是否受物體質量影響。
- 能自行思考其他可能影響自由落體時間的參數，並以模擬比較的方式對可能的參數做實驗驗證。
- 閱讀2012臺灣國際科展優勝作品「二維顆粒流體崩塌倒序現象之探討」，對作品中的實驗條件做摘要式的列表。
- 使用 Algodoo 程式能設計作品中描述的粒徑、漏斗側壁傾斜角、顆粒層高度、漏斗開口等各項數值，重現粒流體崩塌實驗結果。
- 針對作品中未描述完全的顆粒運動軌跡實驗，能使用模擬實驗的優勢，對各區域顆粒做標記並探究運動特色，驗證作品中對三個區域(穩定區、內崩塌區及表層崩塌區)分界描述。進一步能依照作品在未來展望部分所提及實驗提出模擬策略。

## (二) 主要內容／活動

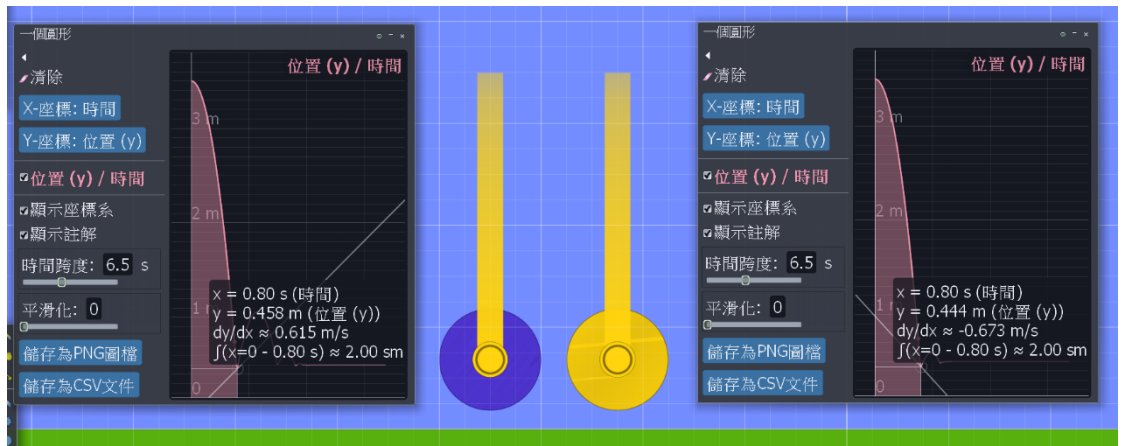
- 學生能正確使用 Algodoo 創造圓形物件，以顯示圖表方式記錄圓形物件在各測量時間相對應的 y 軸數值。之後啟動模擬模式，重現自由落體，並以圖表顯示功能紀錄過程中時間和高度的變化。作圖後使用指標標記圖表讀取數值。



圖例: Algodoo 自由落體模擬以及過程紀錄圖表

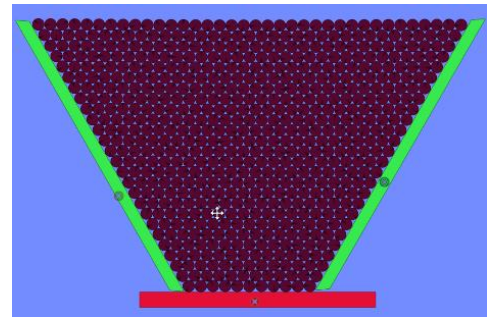
- 思考物件材質是否影響自由落體時間。創造兩個相同大小但具有不同密度的圓形物件，藉由底圖格線將兩物體放置相同高度。在兩物件的兩側同時記錄時間對物件高度的圖形。之後啟動模擬模式，並觀察兩物件的著地時間是否相同。
- 仿照上述步驟探討其他變因，例如高度、物件形狀、空氣阻力、重力加速度量質是否影響自由落體落地時間。
- 閱讀「二維顆粒流體崩塌倒序現象之探討」文章，充分了解實驗設計以及如何進行。同時條列各項實驗所需參數：軌道盒側壁傾斜角  $\theta$  ( $59.47^\circ$ )、軌道盒出口大小  $d$  (4.5cm)、顆粒堆疊高度  $H$  (19.5cm)、顆粒粒徑(0.4cm)





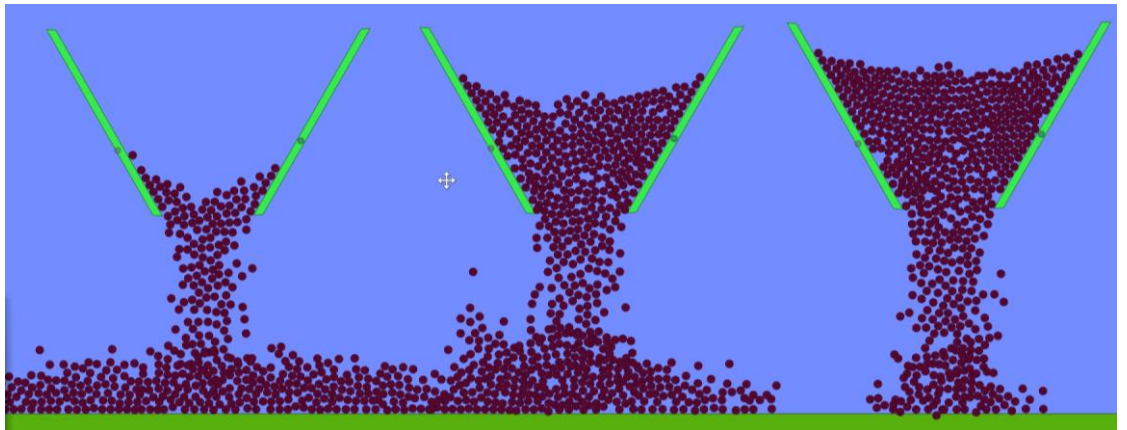
圖例: 比較不同質量物件(藍色球0.5 kg，黃色球15 kg)的落地時間

- e. 依據實驗條件使用 Algodoo 設計漏斗，漏斗側壁傾斜角為60度，漏斗開口需填水平放置10個物件(實驗軌道盒出口大小與顆粒粒徑的比約為10:1)，並往上依序堆疊圓形物件約25層~50層(原顆粒堆疊高度  $H$  (19.5cm)與顆粒粒徑(0.4cm)的比約為50:1)。



圖例: Algodoo 漏斗模擬圖示

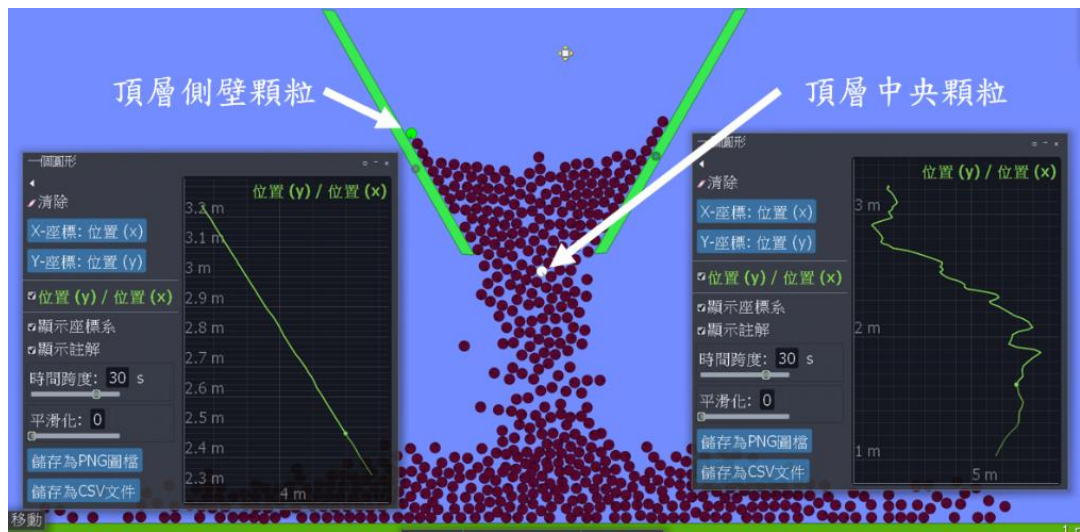
- f. 移除檔板後啟動模擬模式，選定三個時間點暫停。觀察表層顆粒產生的V型崩塌夾角以及出現時間。



圖例:以三個連續暫停的動態流出時間呈現表層顆粒崩塌現象。

- g. 閱讀「二維顆粒流體崩塌倒序現象之探討」文章，以上述方式檢視文章中所測試之其中一個參數：粒徑對顆粒流圖形與表層崩塌角的影響、軌道盒傾斜角度對顆粒流圖形與表層崩塌角的影響、軌道盒側壁傾斜角度對顆粒流圖形與表層崩塌角的影響、軌道盒出口大小對顆粒流圖形與表層崩塌角的影響。
- h. 選擇頂層顆粒，中間顆粒標定為白色，接近漏斗側壁的顆粒標定為綠色。分別以顯示圖表的方式追蹤此兩個標定顆粒的運動軌跡(圖表  $x$  座標紀錄標定物的水平位

置、y 座標標定為垂直位置)。同時驗證「二維顆粒流體崩塌倒序現象之探討」文章中對頂層顆粒運動的描述。

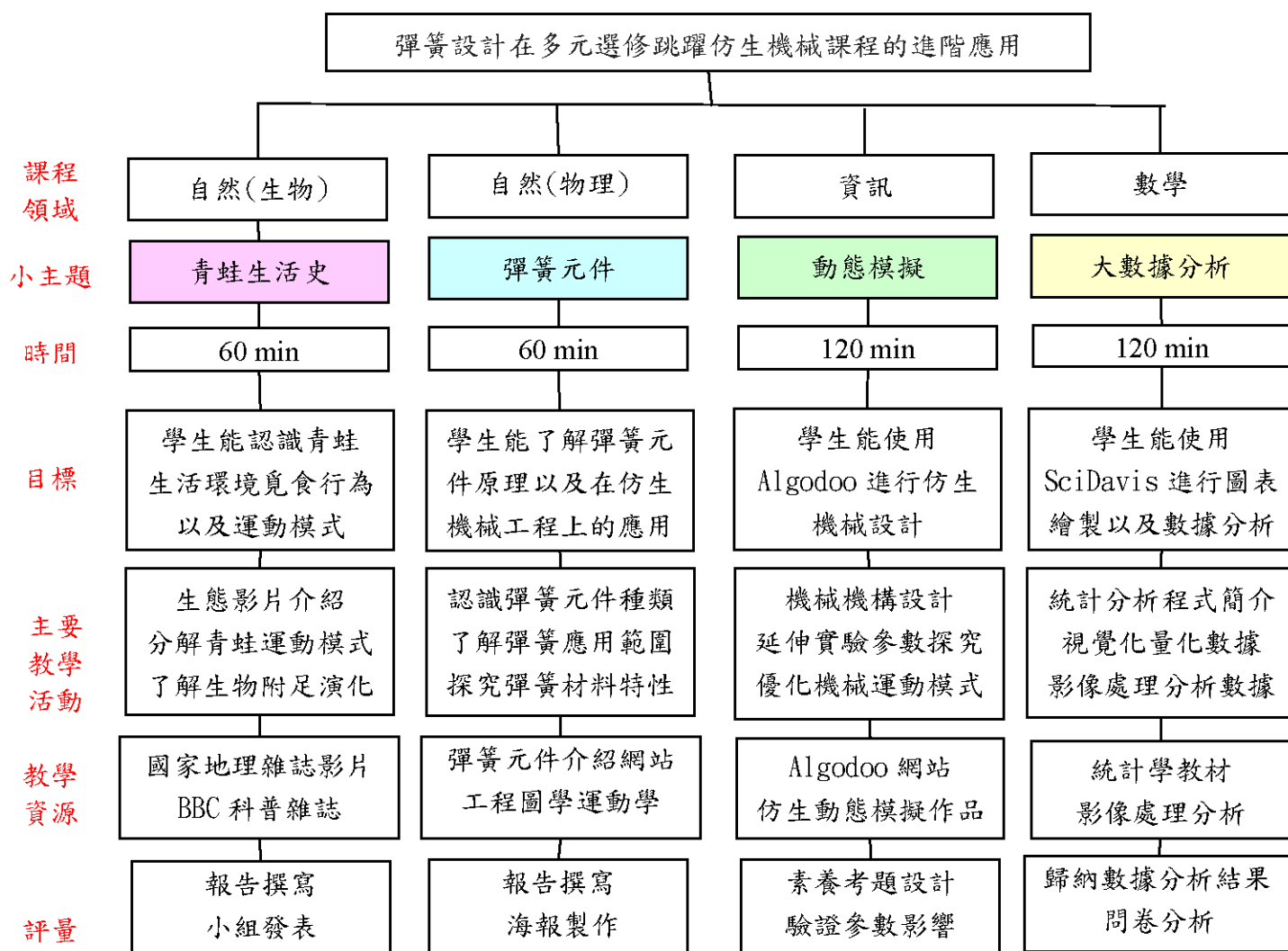


圖例:追蹤頂層顆粒在流出過程中的運動軌跡。

總結階段	時間(分)	教學資源	教學評量
	60	模擬軟體 國際科展作品	PPT 總結檔案
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 引導如何重現研究成果驗證研究實驗數值，並針對研究報導中未驗證之推論提出實驗策略。</li> <li>2. 引導學生使用 SciDavis 作圖並歸納實驗結果。</li> <li>3. 各組以5頁 PPT 總結模擬成果。</li> <li>4. 藉由分組討論觀摩各組模擬程式設計的優點。</li> </ol>			

仿生學進階課程部分，將組織跨領域教師發展專業社群將開發以結合彈簧與連桿機構的完整課程。之後，完整開發蛙型機械課程。蛙型機械仿生課程規劃如下：

## 蛙型機械仿生課程架構圖



在完成上述 Algodoo 基礎課程之後，我們計畫在113學年上學期的多元選修課程中進行仿生蛙型機械教學，同時進行滾動式修正。仿生蛛型機械教案細節如下：

領域/ 科目	自然/物理	設計者(團隊)	簡汎佐、徐維燦
實施 年級	高一、高二	授課教師	簡汎佐、徐維燦
預計實 施日期	專題以及多元選修課程	總節數	6節

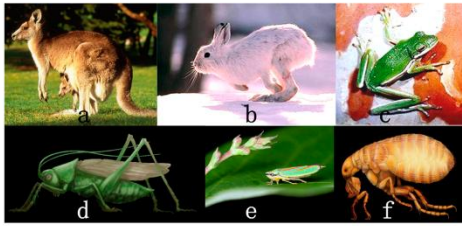
單元名稱	蛛型仿生機械探究
學習目標	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 認識青蛙生活史、棲地、覓食行為、以及運動形式。</li> <li>2. 認識跳躍模式對物種生存優勢的影響。</li> <li>3. 學習閱讀說明書，使用工具組裝蜘蛛模型。</li> <li>4. 認識 Algodoo 動態模擬在連桿機構上的應用。</li> <li>5. 進行仿生實驗設計以及仿生機械模擬。</li> </ol>
學習表現	<p>1a-Vc-1能主動察覺生活中各種自然科學問題的成因，並能根據已知的科學知識提出解決問題的各種假設想法，進而以個人或團體方式設計科學探索實驗操作的方法。</p> <p>2c-Vc-1能合理運用思考智能、製作圖表、使用資訊與數學等方法，有效整理資訊或數據。</p> <p>2d-Vc-1能理解同學的探究過程和結果(或經簡化過的科學報告)，提出合理而且較完整的疑問或意見。並能對整個探究過程中：包括，觀察定題、推理實作、數據信效度、資源運用、活動安全、探究結果等，進行反思、形成評價與改善方案，作為未來改進與提升能力的基礎。</p>
學習內容	<p>資 T-V-1數位合作共創的概念與工具使用</p> <p>PEb-Vc-4牛頓三大運動定律。</p> <p>PEb-Va-1質點如在一平面上運動，則其位移、速度、加速度有兩個獨立的分量。</p> <p>PEb-Va-2直線等加速運動(如自由落體運動)，其位移、速度、加速度與時間的數學關係。</p>
核心素養呼應說明	<p>自-U-A2能從一系列的觀察、實驗中取得自然科學數據，並依據科學理論、數理演算公式等方法進行比較與判斷科學資料於方法及程序上的合理性，進而以批判的論點來檢核資料的真實性與可信性，提出創新與前瞻的思維來解決問題。</p> <p>自-U-B1能合理運用思考智能、製作圖表、使用資訊與數學運算等方法，有效整理自然科學資訊或數據，並能利用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等、或嘗試以新媒體形式，較廣面性的呈現相對嚴謹之探究過程、發現或成果。</p>
與其他領域的連結	自然/生活科技
教學設備/資源	電腦、投影機、仿生機械模型、Algodoo 動態模擬、Scidavis 數據分析軟體
教學活動簡報設計	



## 跨領域仿生學的探究與實作 連桿與青蛙

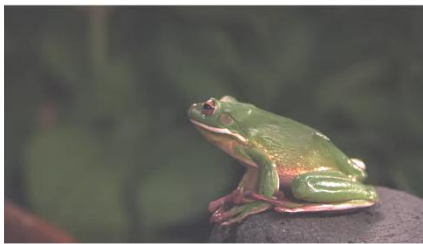
講師：簡汎佐、徐維燦

### 跳躍與生物生存策略

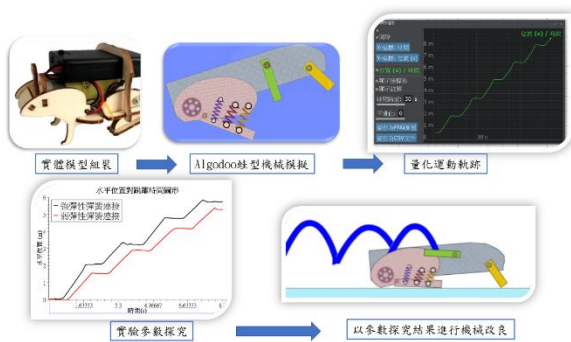


Appl. Sci. 2020, 10(23), 8607

### 青蛙跳躍動作分解

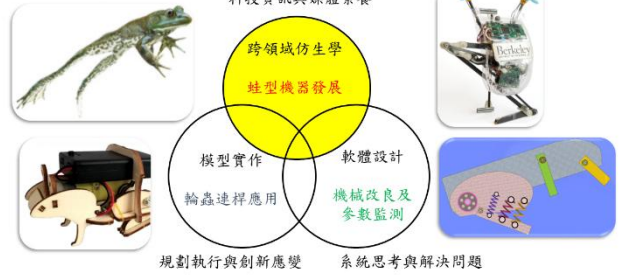


<https://www.youtube.com/watch?v=tP2TWhDVPVY>

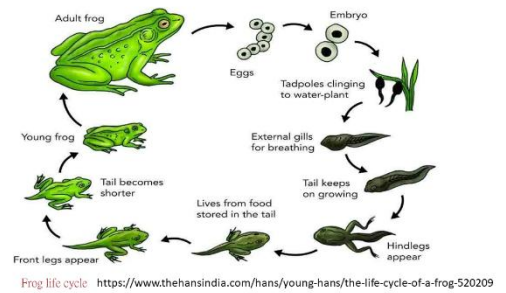


### 課程主軸

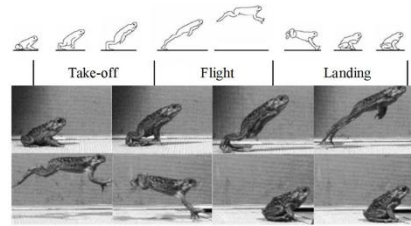
科技資訊與媒體素養



### 青蛙的生活史

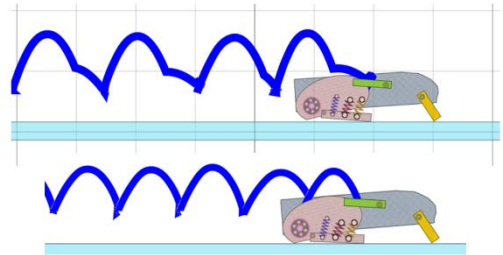


### 跳躍的運動優勢

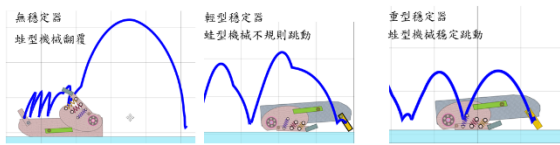


Biomimetics 2024, 9(3), 168

### 以物理動態模擬設計跳躍蛙型機械

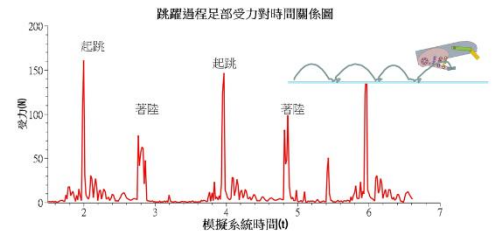


## 跳躍穩定度設計



圖七：前端穩定器重量探究：比對蛙型機械前進的穩定度以及流暢度

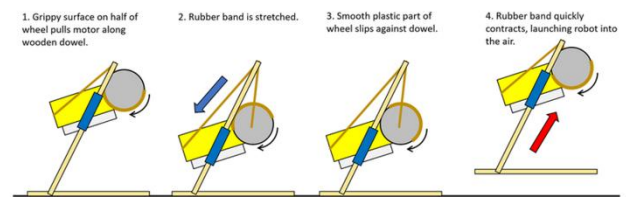
## 足部受力分析



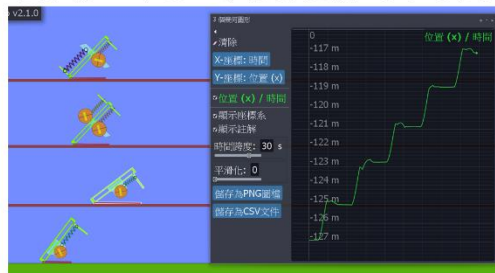
## 跳躍機器人的演進



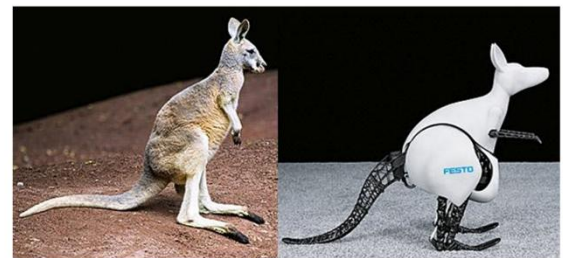
## 應用彈簧以及摩擦力產生週期性跳躍



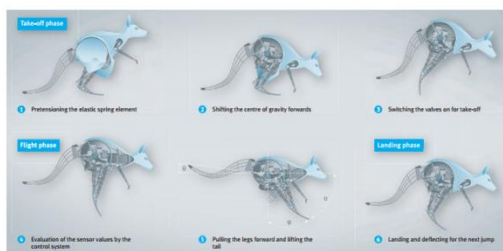
## 結合彈簧、馬達、摩擦力差異設計跳躍機械



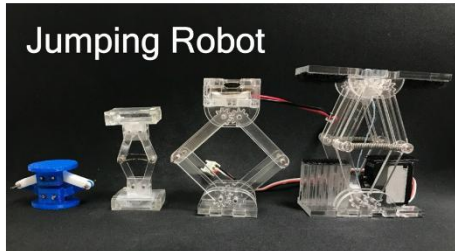
## 跳躍中的能量轉換



## 仿生跳躍機構運作細節



## 其他不同的跳躍設計



## 四、研究成果

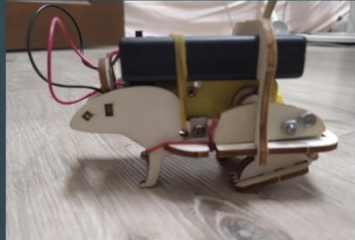
### 學生在課程中對模型組裝的探究

#### 前言

這次的課程中學到有關仿生學的技術

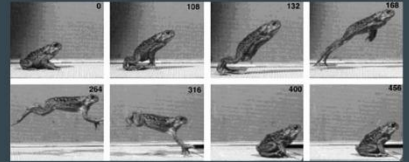
這些技術造就了社會的進步

右圖是我在本次課程中做出來的成品



#### 啟發

在製作青蛙模型的過程中發現橡皮筋應是代表肌肉 藉由肌肉的舒張收縮來達到跳躍的動作



#### 過程

在製作青蛙模型的過程遇到了1個困難就是青蛙跳不起來 檢查了馬達的鄭婦及是否裝反 但問題並不是出在這裡

經過了反覆的觀察 測試發現是橡皮筋綁太鬆了 以至於無法有效的青蛙腿壓下

解決方法則是如右圖 將連接大腿的橡皮筋繞過小腿 並綁2圈 增加橡皮筋拉力

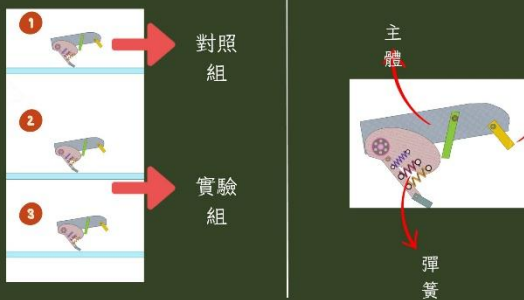


#### 心得

覺得在製作模型的過程很有趣 很好玩 是一項很新鮮的體驗 也從課程中學到了很多有關仿生技術的應用 像仿生獸等等 也學到了青蛙跳躍的過程其實比想像中的複雜許多 希望下次我可以用電腦來做出青蛙跳的過程



### 學生以動態模擬探究參數的變化



變因一：黃色彈簧(N/m)



	彈簧參數(N/m)	彈跳程度
編號一	500N/m	中
編號二	100N/m	佳
編號三	10000N/m	差

推知

當彈簧參數(N/m)愈大時，彈跳程度就愈差。  
相反，當彈簧參數愈小時，彈跳程度就愈佳。

模擬青蛙的運動模式在機器設計中需要考慮多種因素，包括結構材料的選擇、彈簧參數等。在設計過程中，我學會了如何分析真實生物的運動模式，並轉成機械設計。不僅增加了我對青蛙運動的理解，也增進了我在實驗和數據分析上的技能。透過Algodoo 模擬實驗，我更加了解一個實驗數據對於結果的影響，也對於仿生這個專題有更多的了解

學生心得:

1. 在這次使用 Algodoo 製作跳躍型機器運動裝置的模擬對我來說是一段充滿挑戰但也非常有成就感的經歷。一開始在製作跳躍裝置時，我試了好幾種不同的結構設計，有的會亂跳、有的根本無法動作，令我非常崩潰，甚至一度想擺爛，直接照著老師的模型做，但在多次嘗試、觀察和修改之後，我終於找到一種能穩定跳躍的裝置。在設計實驗時，我最初猶豫是否要做調整裝置的角度或是改變齒輪速度這種較為簡單的實驗，後來靈機一動，決定從地面材質切入，模擬不同地面對裝置跳躍表現的影響。雖然最後在整理和分析資料的過程中花了不少時間，但當我發現結果具有一點可循的規律時，真的很有成就感！

2. 在這次探究過程中，我深刻體會到跳躍型機構雖然看起來簡單，但實際製作與調整卻非常困難。尤其是在調整機械各項參數時，常常因為重心不穩或施力不當導致整體翻倒，為了讓機構能夠穩定地完成跳躍，我可說是煞費苦心。

我不斷嘗試不同的設計與細節調整，像是改變結構的長度、位置、重量分配，以及如何讓彈簧的力量有效地被釋放，不浪費能量，也不造成側翻。每一次的修正都讓我更理解機械設計與物理之間的關聯，也讓我對工程設計多了一份敬畏與興趣。

雖然過程中充滿挑戰與挫折，但當我看到機構成功跳躍的那一刻，所有努力都變得值得。這次的探究不僅讓我學會許多操作與分析技巧，也讓我體會到「從錯誤中學習」的寶貴經驗。這將是我非常難忘的一次學習旅程。

## 五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

本年度規劃發展三項機械裝置：蟲型、蛛型、以及蛙型機械。所以目前蟲型、蛛型機械已發展完整的教案，蛙型機械課程已進入推廣階段，同時對課程進行滾動式修正。在學生的回饋方面，學生對於這種結合實體和模擬的工具結合非常的感興趣，學生不僅知道機械工程，更能學習生物科技等跨領域的知識。另外本年度在推廣部分也有很好的成果，不只是國小端、中學端、花蓮縣、外縣市上課的學生對於這種新興的學習方式都有非常好的回應。