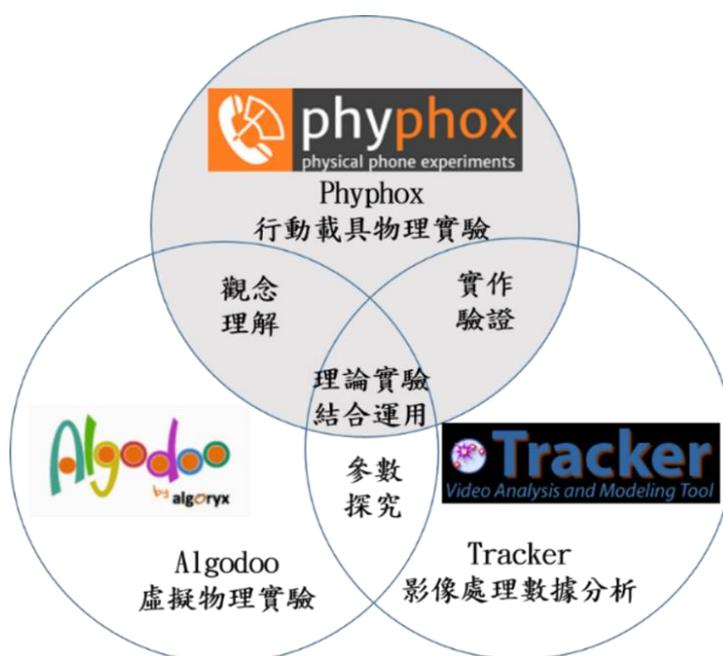


教育部112學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：	連桿機構設計在多元選修仿生學課程的進階應用	
主持人：	簡汎佐	電子信箱：ftchien@smhs.hlc.edu.tw
共同主持人：	徐維燦	
執行單位：	花蓮縣私立海星高級中學	

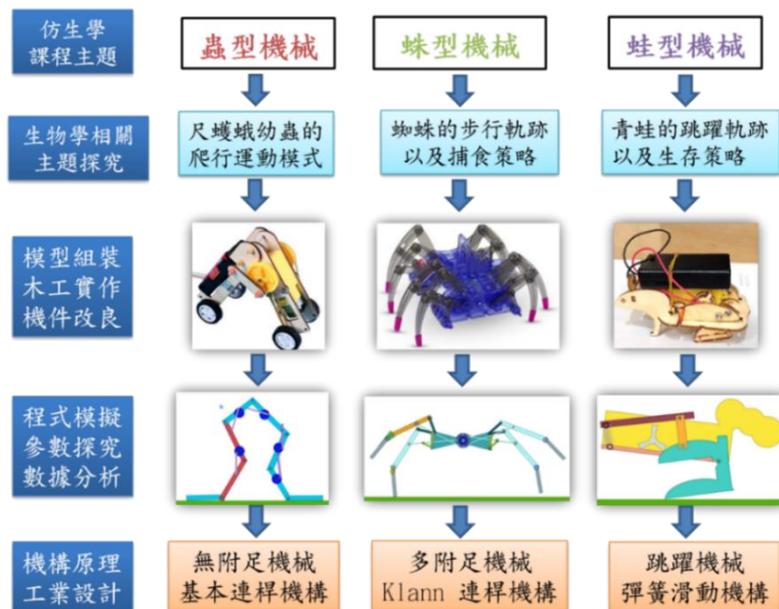
一、計畫目的

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介面的電腦動態軟體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，修正實體仿生機械，達到更好的仿生效果。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，深入探究生物運動特色與環境間的關係，以及覓食獵食上的優勢。



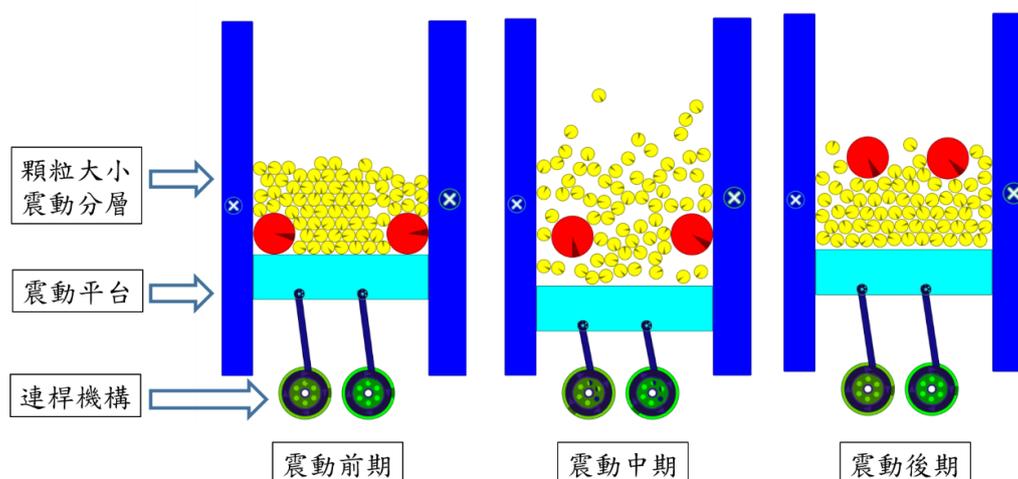
圖一:海星中學科學教育發展方向

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，一步步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。



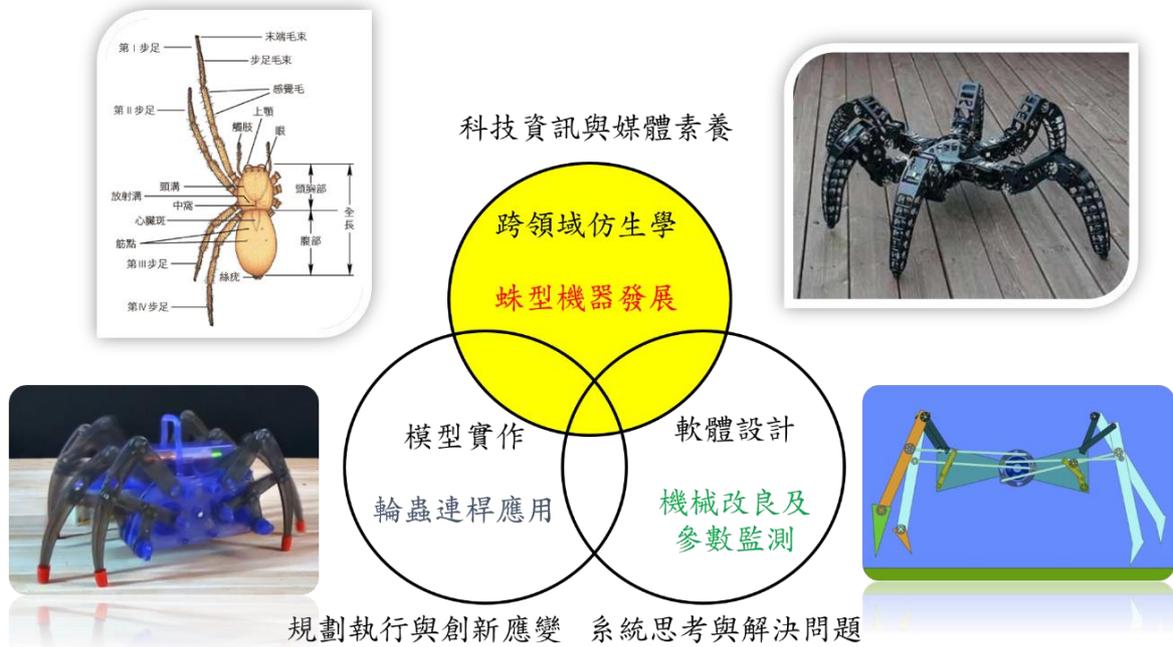
圖二:多元選修仿生學課程主題規劃

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。以工程常用的連桿機構為例，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

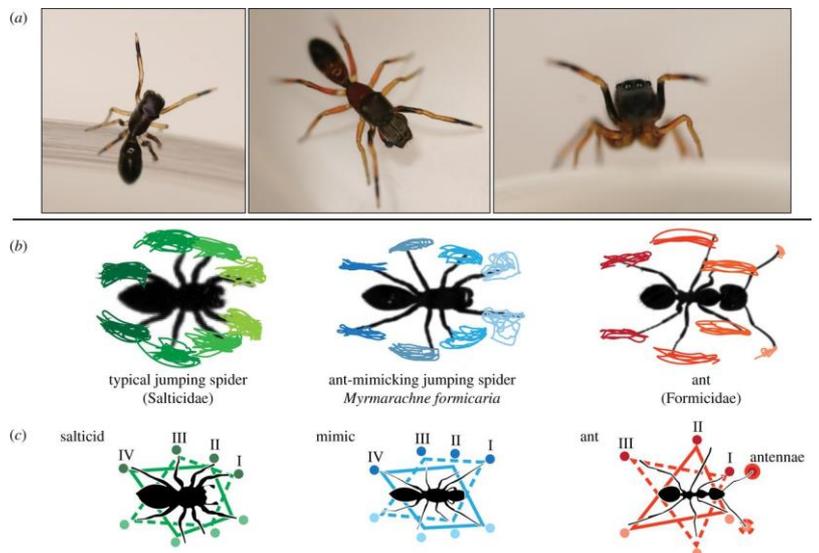
本計畫除了延續111年計畫仿生學課程發展，本年度將強化連桿機構設計，以及仿生模型實作與 Algodoos 動態模擬課程結合，以下以蜘蛛運動模式探究結合蛛型機械為例說明課程發展流程。



圖四: 仿生蛛型機械課程規劃

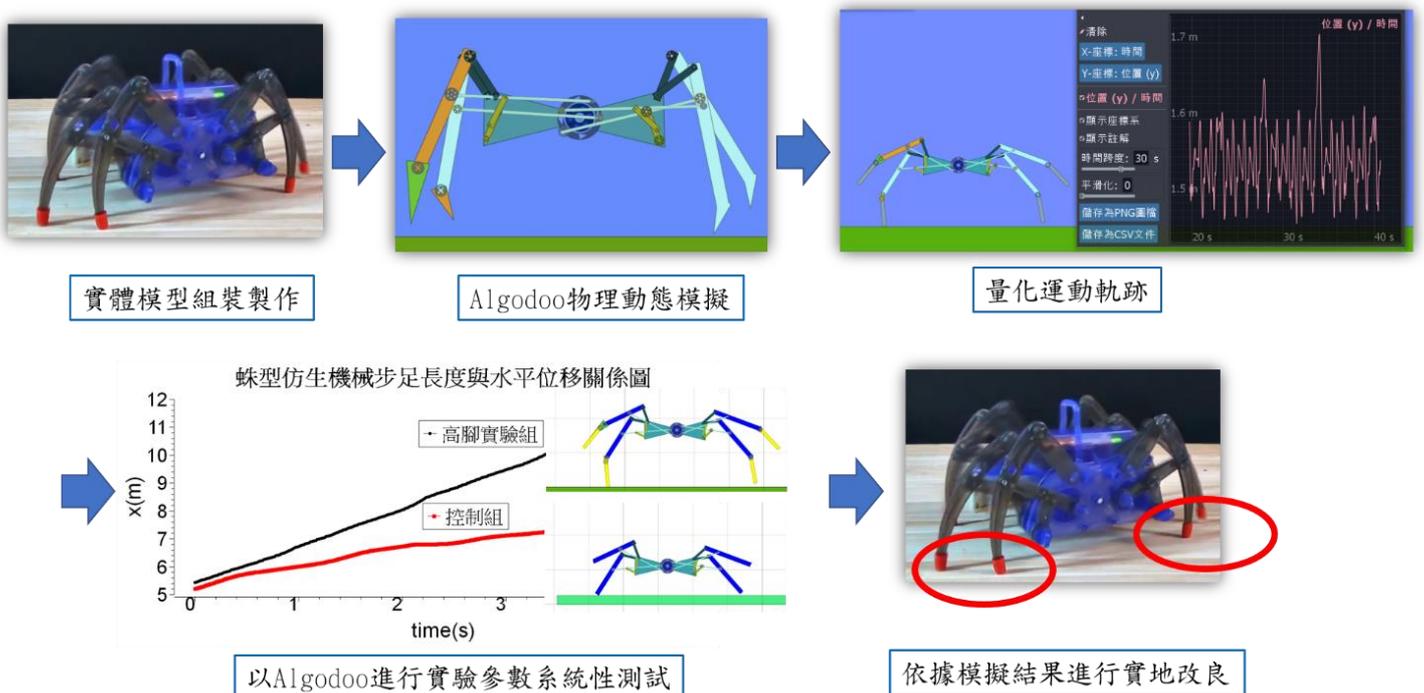
在課程開始階段，教師首先就生物學範疇，引導學生認識蜘蛛的基本結構以及蜘蛛在各種不同的生態環境下所演化出不同的捕食策略。之後，教師將以蜘蛛步行軌跡的學術論文為範本(Proc. R. Soc. B284: 20170308)，使學生從論文的圖表中學習如何量化蜘蛛各肢體在運動過程中的位置變化，同時了解擬蟻跳蛛可藉高舉前肢模仿螞蟻觸角的擺動，不著痕跡的進入蟻群達到獵食效果(圖五)。

圖五: 跳蛛、擬蟻跳蛛、以及螞蟻的步足跡在運動中的變化(本圖選自“Walking like an ant: a quantitative and experimental approach to understanding locomotor mimicry in the jumping spider *Myrmarachne formicaria*” Proc. R. Soc. B284: 20170308)



在認識蜘蛛的運動特性後，學生將從組裝簡易的蜘蛛模型出發，實際體驗由簡易的連桿機構所驅動的「伸展-收縮」的運動模式。在組裝完後，在課程中將進行蜘蛛機械直行計時競賽。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。

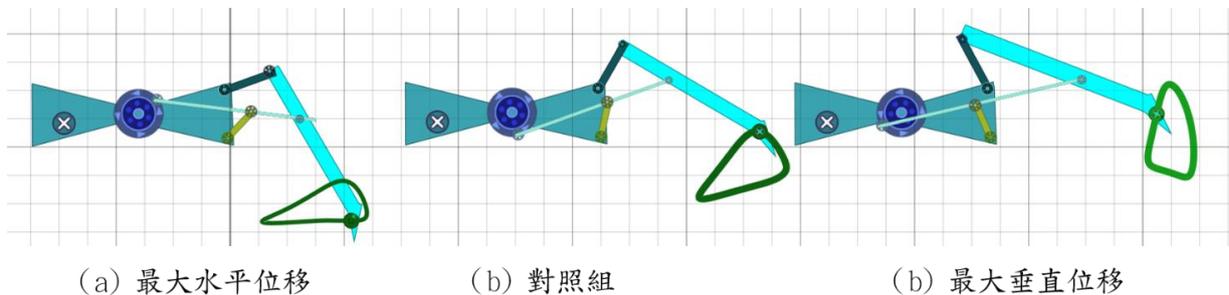
在實際操作層面來看，在足部增加摩擦力，或是增加腳步跨距，或是增加馬達轉速都是可能可以增加蛛型機械的前進速度。在實際針對模型進行改裝前，教師將引進動態模擬系統 Algodoo，使學生能夠可以先期在虛擬的空間裡面，深入的思考在模型裡面有哪些參數會影響運動模式：例如步足的大小、步足與接觸面的摩擦力、連接連桿的構件張角大小、馬達的轉速以及模型兩端長短比例等等。由於在動態模擬的系統當中可以非常輕易地收集數據，從數據裡面學生可以歸納哪一個參數是影響運動最重要的因素。藉由這樣的探究過程，學生可以在從動態模擬的結果上反思如何在模型上做更有效的改裝。教師將藉由此計畫採購改裝模型所需要的元件，例如不同大小的輪子、不同轉速和扭力的馬達等元件，使學生能進一步在真實的蛛型模型上做改裝，驗證動態模擬的結果。



圖六:Algodoo 動態模擬課程流程示意圖

從簡易的蜘蛛模型進階到真實的蜘蛛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，Algodoo 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。學生可以從單一蜘蛛步足出發，能輕易的結合連桿機構創造出可

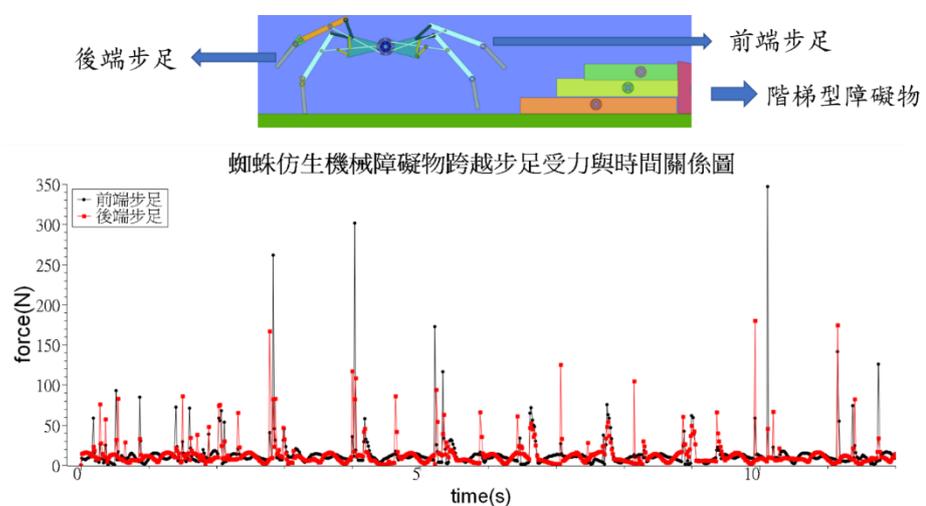
以往返擺動的效果(圖七)，而且可以調整角度，重新配置重量，改變摩擦力等係數，增進仿生機械運動的流暢度。在這個動態模擬虛擬空間裡面，學生不但可以不受材料的限制發揮各項創意，深切的體驗各項機械設計原理；更可以藉由分組討論和彼此觀摩，回顧在課程初期對蜘蛛運動模式的知識，藉由增加步足數目以及相對應的圖層，精進仿生機械的運動細節設計。



圖七：單一步足設計對照圖：比對不同連接點以及連桿長度所創造出步足末端的運動軌跡

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，包括各步足的受力情形、各體節的移動速度、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，學生可藉由比了解前端步足會在短時間內經歷極大的受力變化，步足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前端步足的製造材料。



圖八：特定步足在運動過形中的受力強度

	際													
多元選修 Algodoo 顆粒流基礎課程講授操作	預期	○	○											
	實際													
單連桿仿生機械課程	預期			○	○	○	○							
	實際													
蛛型仿生機械課程開發、教案撰寫	預期							○	○	○	○			
	實際													
蛛型仿生機械搭載物聯網感測器	預期									○	○	○	○	
	實際													

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111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	物理動態模擬軟體在高中多元選修仿生學課程的實作應用		
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	Algodoo 基本操作	物件導向程式語言操作簡介	
2	動態模擬基礎課程 圓周運動、簡諧運動	運動軌跡探究	
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	蛛型機械	多圖層連桿機械裝置實作 多附足機械設計原理探究 蛛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：

教學主題	運動學(自由落體)	設計者	簡汎佐、徐維燦
教學對象	高中一年級	教學時數	4
教學對象分析	<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，甫從國中畢業的學生雖然可單純的記憶使用公式，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>		
教材來源	<ol style="list-style-type: none"> 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(http://www.algodoo.com/) 6.國際科展優勝作品(https://twsf.ntsec.gov.tw/Article.aspx?a=35&lang=1) 		
設計理念	<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	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學習 Algodoo 程式圖形物件導向編碼邏輯原理。 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。 3. 引導如何重現研究成果驗證研究實驗數值。 4. 總結重力加速度的理論數值以及實驗數據推導數值。 			
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			
節次	教學活動流程	時間(分)	教學資源	教學評量
	<p style="text-align: center;">準備階段</p> <p>(一) 課堂準備</p> <p>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」(IBSE, Inquiry Based Science Education)，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。</p> <p>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</p>	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

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，這個特性是非常有趣的科學。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之一，便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，我們將用物理沙盒模擬的方式，驗證他們的研究成果，更進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。

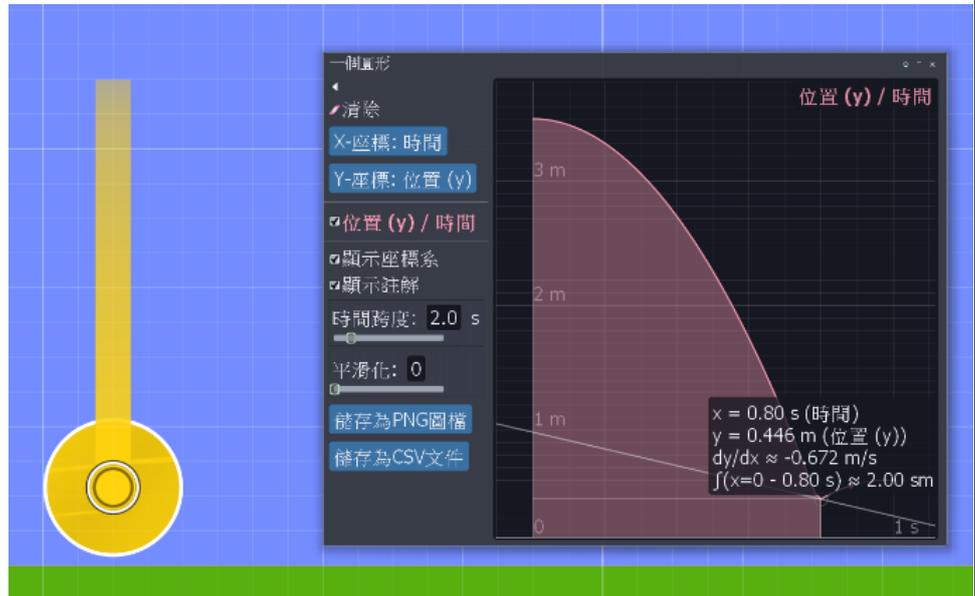
發展階段	時間(分)	教學資源	教學評量
	120	模擬軟體 國際科展作品	自由落體模擬、顆粒流模擬

(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。

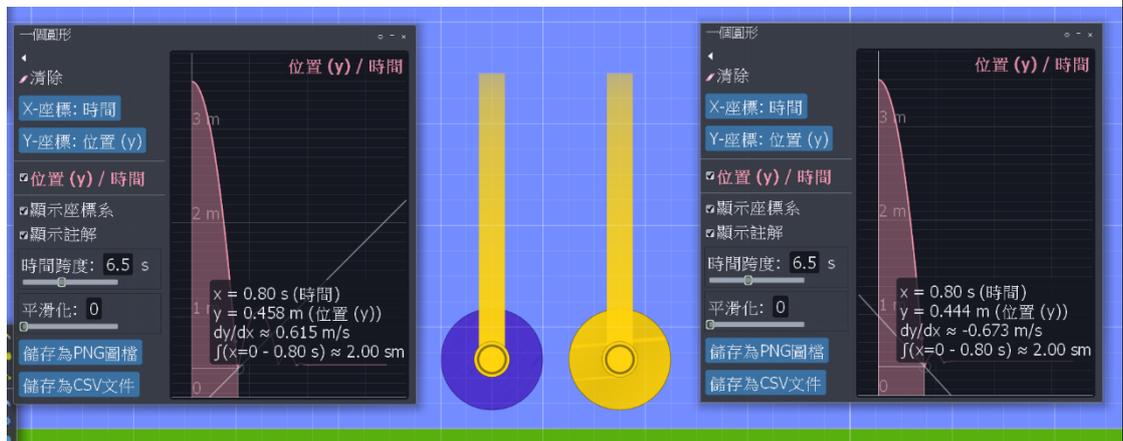
(二) 主要內容／活動

- a. 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

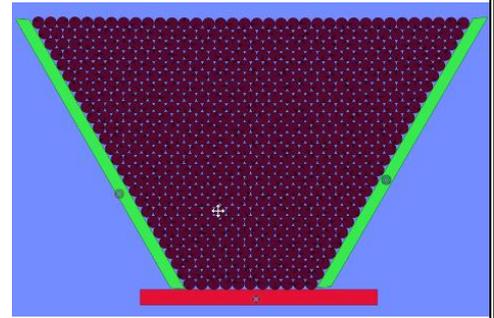
- b. 思考物件材質是否影響自由落體時間。創造兩個相同大小但具有不同密度的圓形物件，藉由底圖格線將兩物體放置相同高度。在兩物件的兩側同時記錄時間對物件高度的圖形。之後啟動模擬模式，並觀察兩物件的著地時間是否相同。



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

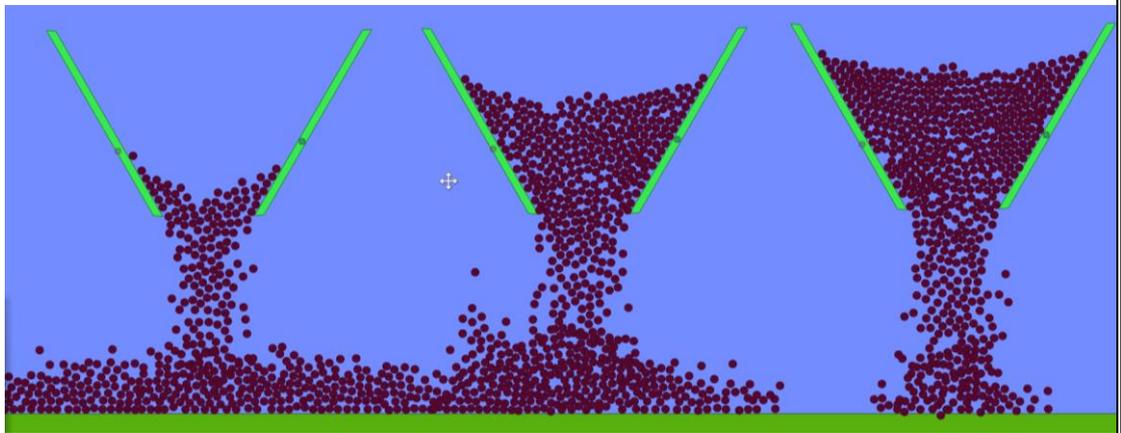
- c. 仿照上述步驟探討其他變因，例如高度、物件形狀、空氣阻力、重力加速度量質是否影響自由落體落地時間。
- d. 閱讀「二維顆粒流體崩塌倒序現象之探討」文章，充分了解實驗設計以及如何進行。同時條列各項實驗所需參數: 軌道盒側壁傾斜角 θ (59.47°)、軌道盒出口大小 d (4.5cm)、顆粒堆疊高度 H (19.5cm)、顆粒粒徑(0.4cm)

- 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)。



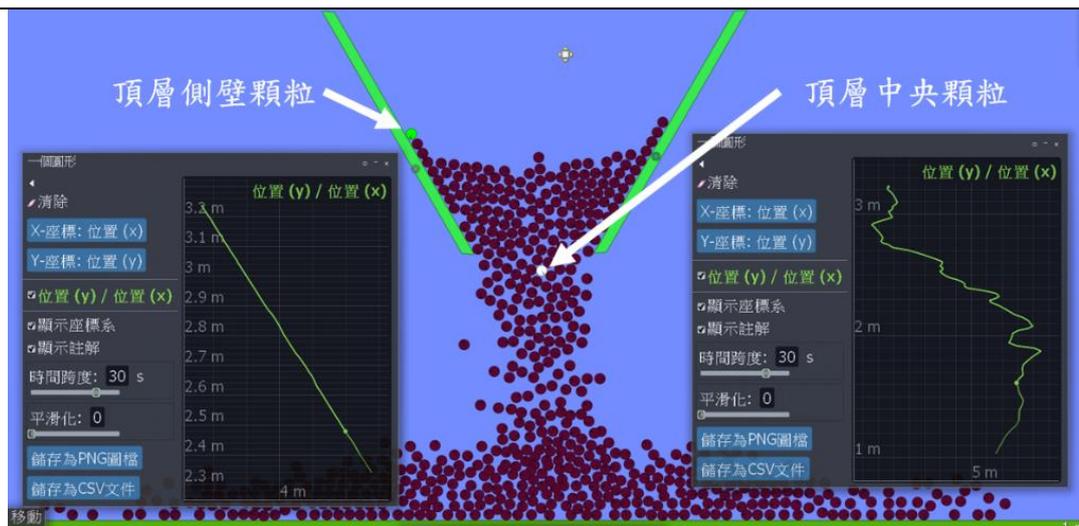
圖例：Algodoo 漏斗模擬圖示

- 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"> 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。 2. 引導學生使用 SciDavis 作圖並歸納實驗結果。 3. 各組以 5 頁 PPT 總結模擬成果。 4. 藉由分組討論觀摩各組模擬程式設計的優點。 			

仿生學進階課程部分，將組織跨領域教師發展專業社群開發連桿機構機械完整課程。

之後，完整開發蛛型機械課程。蛛型機械仿生課程先期課程規劃如下：

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"> 1. 認識蜘蛛生活史、棲地、覓食行為、以及運動形式。 2. 認識演化上附足數目對物種生存優勢的影響。 3. 學習閱讀說明書，使用工具組裝蜘蛛模型。 4. 認識 Algodoo 動態模擬在連桿機構上的應用。 5. 進行仿生實驗設計以及仿生機械模擬。 		

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

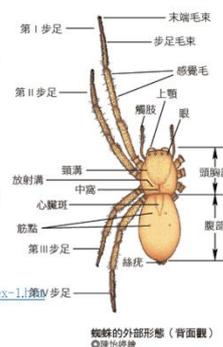
教學活動簡報設計

說到蜘蛛，你想到甚麼？



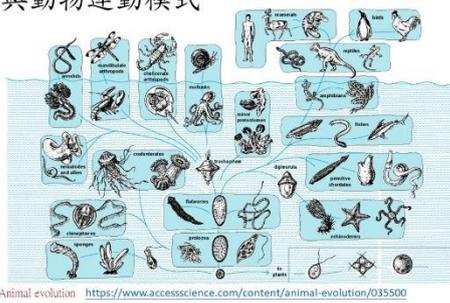
伊威在室，蠪蛸在戶 詩經

- 恐蛛症 (Arachnophobia)
- 節肢動物門蛛形綱蜘蛛目
- 蜘蛛的結構
- 蜘蛛絲的特性以及應用
- 造網性蜘蛛、徘徊性蜘蛛、寄居性蜘蛛
- 蜘蛛與它們的棲地
- 蜘蛛的運動模式
- 台灣常見蜘蛛圖鑑
- <http://subject.forest.gov.tw/species/twspider/index-1.htm>



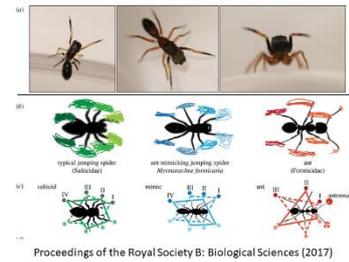
蜘蛛的外部形態 (背面觀)
◎標示停棲

演化與動物運動模式



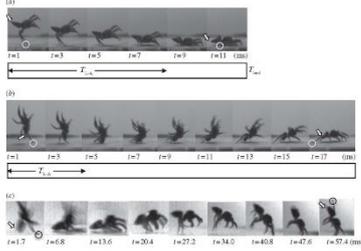
Animal evolution <https://www.accessscience.com/content/animal-evolution/035500>

走路和捕食



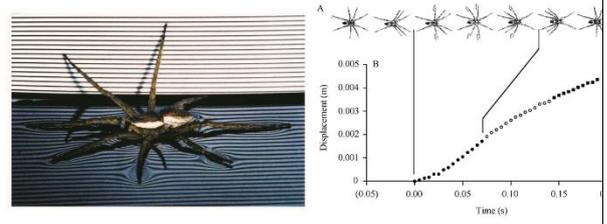
Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences (2017)

蠅虎軌跡分析



Journal of The Royal Society Interface 10(87):20130572 · July 2013

介面運動_第二對、第三對滑翔



The Journal of Experimental Biology 200, 2523-2538 (1997)

飛行的秘密

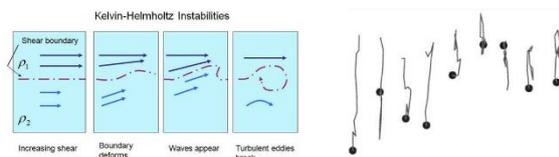


Fig. 4 Kelvin-Helmholtz shear instability resulting in the formation of turbulent eddies and mixing. Fig. 6 The entanglement of the silk dragline predicted by the Reynolds et al. model [31]. This figure was reprinted from [31] with permission.

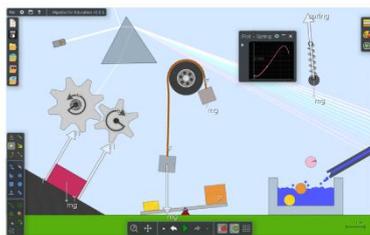
Women in Mathematical Biology: Research Collaboration Workshop, NIMBioS, Knoxville, June 2015 (pp.163-178)

錯誤也是一種啟發

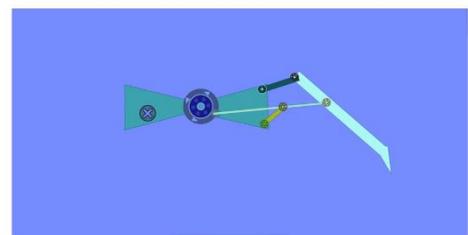


https://www.youtube.com/watch?v=vwJxP_TqQw&list=RDCMUCmCZ-olEnCgmBs_TMqI9afw&index=5

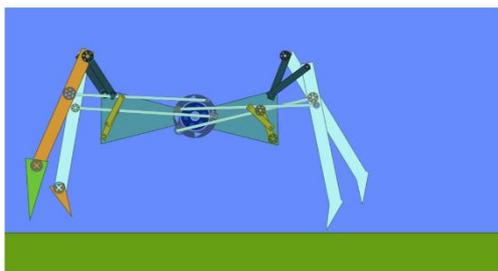
模擬蜘蛛以及參數測試_Algodoo



連桿設計



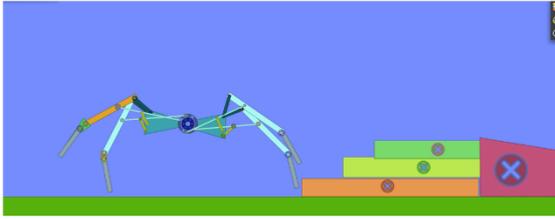
圖層與連桿結合應用



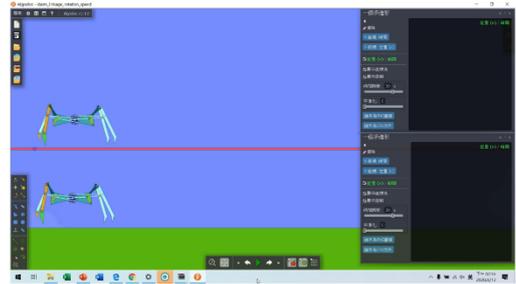
不同表面移動



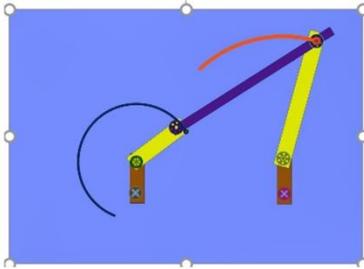
障礙物跨越



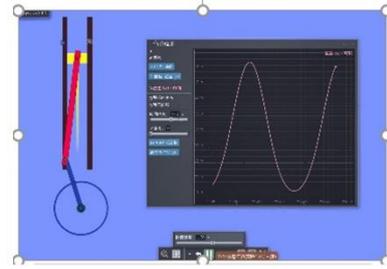
參數思考_馬達轉速



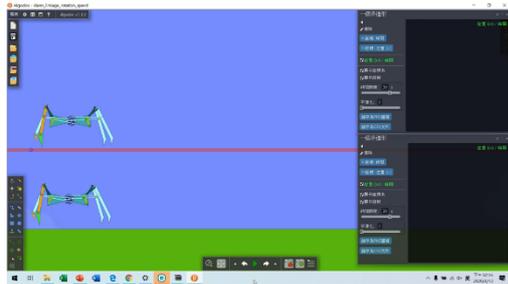
連桿機構實例:四連桿機構



連桿機構實例:曲柄滑塊機構



參數思考_馬達轉速



錯誤?瘋狂?啟發?



如何增加前進速度 以及環境適應

馬達轉速、步幅、高低差、摩擦力、連桿區柄張角
滾動、滑動、摩擦、高低差

問題回顧

- 蜘蛛有何特色
- 蜘蛛的運動方式有哪幾種?各有甚麼優勢?
- 機械蜘蛛如何用一個馬達創造入足運動?
- 電腦模擬機械蜘蛛如何測試參數?
- 模擬的結果如何提供實際機械的設計?

四、執行進度（請評估目前完成的百分比）

目前已於112學年第一學期高一探究與實作課程完成 Algodoo 物理模擬基礎課程，學生已有基本程式設計能力。同時在高二多元選修仿生學課程中強化連桿機械設計。目前已依照計畫進度表執行應有進度。

五、預期成果

在本年度的計畫執行過程中，我們一方面以校內的多元選修「仿生學」課程作為課程研發的實作場域，一方面也將安排推廣此創新物理教學方式。預期結果條列如下：

1. 發展以 Algodoo 為工具進行物理探究課程的教學模式。
 - a. 錄製主題性物理模擬教學影片，建至教學示範資料庫，與花蓮地區教師進行課程分享。
 - b. 於校內校訂必修探究實作課程中應用教學影片進程式教學。
 - c. 於本校國中端寒假暑假輔導課程期間，應用物理模擬進行理化科教學。
 - d. 與東華大學教育學院合作，在自然科教師師培課程中分享課程教學策略。
2. 推廣仿生學課程。
 - a. 結合仿生學機械模型製作以及工程連桿模擬程式設計，辦理高中寒暑假科學營隊。
 - b. 結合花蓮區域國中來校參與一日課程體驗活動中，安排虛擬實境物理模擬課程，認識虛擬實境在學習上的應用以及物理模擬在實驗設計上的優勢。
 - c. 辦理自然科跨領域教師專業發展社群，辦理自主學習數位課程。依計畫發展主題延伸物理模擬應用至化學領域以及地球科學領域。
3. 強化教師遠距示範之專業能力。
 - a. 培養具備 Algodoo 教學專業能力之師資，由授課教師進行教學演示，同時邀請東華大學教育學院教授進行教學質性以及量化分析。
 - b. 教師藉由課程問卷了解學生回饋，修正補強教學影片內容。
 - c. 校內成立教師專業發展小組，實施備課、觀課、以及議課，強化教學策略以及技巧。
4. 發展遠距教學教材教案。
 - a. 依據計畫期程發展物理學科主題式教案。
 - b. 由物理學科知識出發，使用模擬系統，探究跨領域化學學科中氣體動力論、布朗運動、高分子在溶液的運動、以及擴散現象。
 - c. 由物理學科知識出發，使用模擬系統，探究跨領域地球科學學科中氣體動力論、布朗運動、高分子在溶液的運動、以及擴散現象。
 - d. 應用 Algodoo 進行仿生學主題教學取得先期成果，由單連桿機械延伸至多連桿機械的機件模擬。未來將結合實體機件設計組裝以及人工智慧視覺辨識，發展高階的仿生機械。

- e. 彙整教學短片、教學歷程以及學生作品，建置物理動態模擬軟體教學網站。

六、檢討

目前已積極與花蓮以外高中進行推廣活動，藉由活動回饋修正課程。

七、參考資料

1. “Algodo: A Tool for Encouraging Creativity in Physics Teaching and Learning”
Bor Gregorcic et al., The Physics Teacher 55, 25 (2017)
2. “Never far from shore: productive patterns in physics students’ use of the digital learning environment Algodo” Elias Euler et al, Phys. Educ. 55 045015 (2020)
3. “Using 2D Simulation Applications to Motivate Students to Learn STEAM”
Tercia-Marie Tafadzwa TEMBO* & Chien-Sing LEE
Workshop Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education.
New Zealand: Asia-Pacific Society for Computers in Education (2017)
4. “Teaching Physics Using PhET Simulations.”
E. Wieman et al., The Physics Teacher 48, 225 (2010)
5. “Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics.”
Zacharia, Z. C., Journal of Research in Science Teaching, 40(8) 792–823. (2003)