

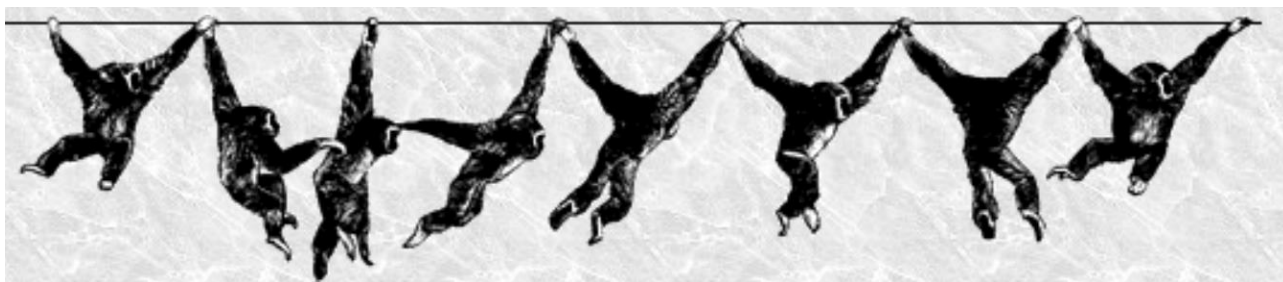
## 教育部114學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

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	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

連桿是機械設計中常用的機構，單一的馬達驅動就可以創造出具有週期性的水平移動反覆運動的平台。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探討震動以及建築物工程之間的關係，更實際的連結連桿的學理與工程上的實際應用。

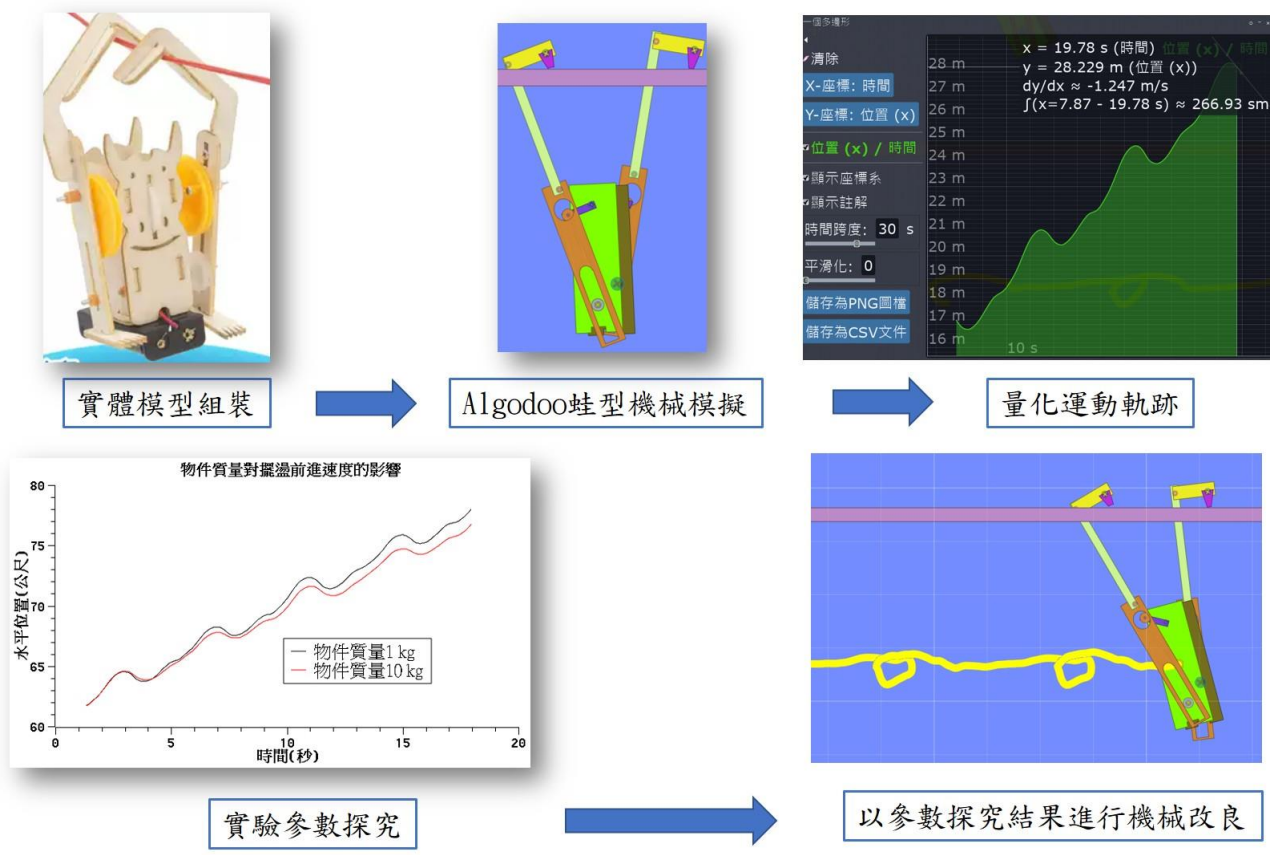
連桿結構可以有效的模擬無附足生物軀幹以及肢體的移動方式。然而，若要在仿生機械上模仿生物的擺盪，則需要針對連桿機構做更進一步的應用。本計畫不僅介紹連桿機構設計，更進一步仿生模型實作與 Algodoo 動態模擬課程結合，設計擺盪型機械。在課程開始階段，教師就生物學範疇，引導學生認識長臂猿所演化出不同的移動策略，讓學生對於長臂猿的擺盪機制有深入的認識。之後，教師將以長臂猿的擺盪軌跡的學術論文為範本，使學生從論文的圖表中學習如何量化長臂猿各肢體在運動過程中的位置變化（圖一）。



圖一：長臂猿在運動中的變化(本圖選自 “White-handed gibbon (*H. lar*): Slow brachiation (after a photo series in Eimerl & DeVore, 1969, pp. 72-73))

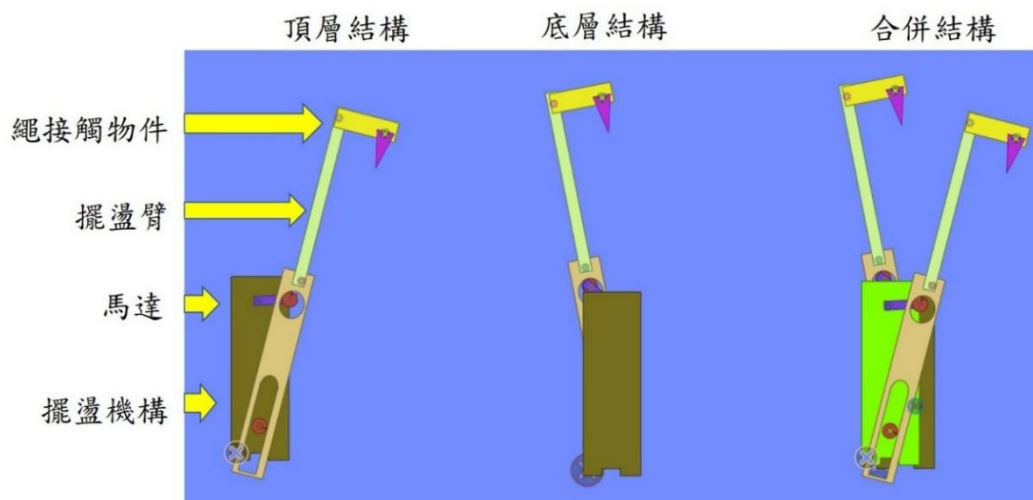
在認識長臂猿的運動特性後，學生將從組裝簡易的長臂猿模型出發，實際體驗由簡易的馬達-擺盪臂所驅動的運動模式。在組裝完後，在課程中將進行長臂猿機械直行計時競賽。競賽時，學生不但可以觀察並比較同班同學模型運動的快慢，也可以調整自己的連桿機構細節，使模型能運作地更流暢。接續競賽的活動，教師將更深入地引導學生思考如何就模型進行改良。

在實際操作層面來看，增加擺盪臂臂長，或是增加馬達轉速都是可能可以增加擺盪型機械的前進速度。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、機械前後端的配重、馬達的轉速等。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，使學生能在模型上做改裝，驗證動態模擬的結果(圖二)。



圖二:Algodoo 動態模擬課程流程示意圖

從簡易的擺盪型模型進階到真實的長臂猿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，Algodo 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。學生可以從單一馬達出發，能輕易的創造出可以進行週期性擺盪的效果(圖三)，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，回顧在課程初期對擺盪運動模式的知識，藉由優化驅動裝置，精進仿生機械的設計。



圖三:擺盪型機械動態模擬設計

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，包括軸承的受力情形、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。

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擺盪型機械模型，使模型的運動可以更貼近真實長臂猿的移動方式。美國伊利諾大學工程學系曾定期舉辦爬繩機械競賽，學生可以藉由影片觀摩不同的機械設計(圖四)，進一步修正仿生機械裝置。

## 探究各種爬繩機制



圖四：美國伊利諾大學工程學系爬繩機械競賽機械設計

本計劃規劃以114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114學年下學期開設，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。

### 二、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

本校普通科一年級忠班、孝班、仁班，共有91位學生參與實驗設計與探究實作課程，學習操作 Algodoo 基本操作課程。同時，為增加學生對彈簧的認識，教師引導學生以橡皮筋為材料進行彈性係數的測試，使學生建立數據量化的概念。本校多元選修「仿生、工程機械、與手機感測器」課程本學期學生27位參與物理動態模擬進階課程。課程發展由簡汎佐教師與徐維燦教師研發討論。

### 三、研究方法

課程名稱	擺盪型仿生機械設計的探究實作		
授課年段	普通科一年級，普通科二年級	學分數	2
領域	校訂必修、多元選修 (班級人數30人)	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 校定必修 高一探究實作課程 (學生共90人)	Algodoo 基本操作	物件導向程式語言操作簡介
2		震動平台設計	圓周運動以及簡諧運動探究
3		地震探究	房屋地震耐受性探究 阻尼球防震機制探究
4	仿生學進階課程 多元選修 高一高二 多元選修	單擺複擺運動探究 四足機械製作	單連桿機械裝置實作 多連桿機械裝置模擬
5		擺盪型機械	擺盪機構原理探究 擺盪型機械設計改良

#### 四、執行進度 (請評估目前完成的百分比)

本計劃規劃以114學年上半年時間，於普通科一年級忠班、孝班、仁班，共有98位學生實驗設計與探究實作課程，講授 Algodoo 基本操作課程，引導學生建立數據量化的概念。學生對於 Algodoo 的基本操作熟悉度已達100%。學生已本校多元選修仿生學課程本學期學生為27位，目前已完成連桿機構的應用課程。擺盪機械部分已由學生進行模型組裝以及動態模擬，目前學生已使用進行系統性參數測試，整體執行進度已達80%。

#### 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. 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。
  - b. 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。
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. 以遠距以及實體授課方式跨區推廣高中端仿生課程。
  - 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. 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. 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

擺盪型機器人整體設計的難度較高。所以目前由教師先行繪製模擬結構，學生只針對部分的結構進行改良。下學期將繼續應用大數據分析的方式 讓學生知道部分結構間的受力情形，並對彈簧相關的特性做更加深加廣的應用。下學期也將繼續進行跨校的課程推廣。

## 七、參考資料

1. Gregorcic, B., et al. (2017). Algodoo: A Tool for Encouraging Creativity in Physics Teaching and Learning. *The Physics Teacher*, 55, 25.
2. Euler, E., et al. (2020). Never far from shore: productive patterns in physics students' use of the digital learning environment Algodoo. *Physics Education*, 55, 045015.
3. Tembo, T. T., & Lee, C. S. (2017). Using 2D Simulation Applications to Motivate Students to Learn STEAM. *Workshop Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education*. New Zealand: Asia-Pacific Society for Computers in Education.
4. Wieman, E., et al. (2010). Teaching Physics Using PhET Simulations. *The Physics Teacher*, 48, 225.
5. Zacharia, Z. C. (2003). Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 792 – 823.