

教育部111學年度中小學科學教育專案【期末報告大綱】

計畫名稱：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

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：

2022/08/01 新興科技體驗營(花蓮海星國小、花蓮東華附小、花蓮北昌國小)

2022/08/08 新興科技遠距教學體驗營(屏東林邊國中)

2022/12/10 仿生學探索體驗營(花蓮國風國中)

2022/12/22 仿生物理模擬探究(台北麗山高中)

2023/04/14 仿生物理模擬探究(台東公東高工)

2023/04/28 仿生物理模擬探究(高雄瑞祥高中)

2023/05/31 光學物理模擬探究(花蓮海星國小)

2023/06/06 光學物理模擬探究(花蓮國風國中)

2023/06/15 AI 人工智慧電路板焊接與應用(花蓮海星高中)

2023/07/03 多連桿機構與仿生學應用(苗栗苗栗高中)

2023/07/10 仿生物理模擬探究(屏東林邊國中)

4.辦理活動或研習會對象：

2022/08/01 新興科技體驗營(花蓮海星國小、花蓮東華附小、花蓮北昌國小)

2022/08/08 新興科技遠距教學體驗營(屏東林邊國中)

2022/12/10 仿生學探索體驗營(花蓮國風國中)

2022/12/22 仿生物理模擬探究(台北麗山高中)

2023/04/14 仿生物理模擬探究(台東公東高工)

2023/04/28 仿生物理模擬探究(高雄瑞祥高中)
 2023/05/31 光學物理模擬探究(花蓮海星國小)
 2023/06/06 光學物理模擬探究 (花蓮國風國中)
 2023/06/15 AI 人工智慧電路板焊接與應用(花蓮海星高中)
 2023/07/03 多連桿機構與仿生學應用(苗栗苗栗高中)
 2023/07/10 仿生物理模擬探究(屏東林邊國中)

5.參加活動或研習會人數：

2022/08/01 新興科技體驗營(花蓮海星國小6人、花蓮東華附小2人、花蓮北昌國小2人)
 2022/08/08 新興科技遠距教學體驗營(屏東林邊國中:25人))
 2022/12/10 仿生學探索體驗營(花蓮國風國中:35人)
 2022/12/22 仿生物理模擬探究(台北麗山高中:20人)
 2023/04/14 仿生物理模擬探究(台東公東高工:18人)
 2023/04/28 仿生物理模擬探究(高雄瑞祥高中:10人)
 2023/05/31 光學物理模擬探究(花蓮海星國小:140人)
 2023/06/06 光學物理模擬探究 (花蓮國風國中:34人)
 2023/06/15 AI 人工智慧電路板焊接與應用(花蓮海星高中:45人)
 2023/07/03 多連桿機構與仿生學應用(苗栗苗栗高中:6人)
 2023/07/10 仿生物理模擬探究(屏東林邊國中:30人)

6.參加執行計畫人數：

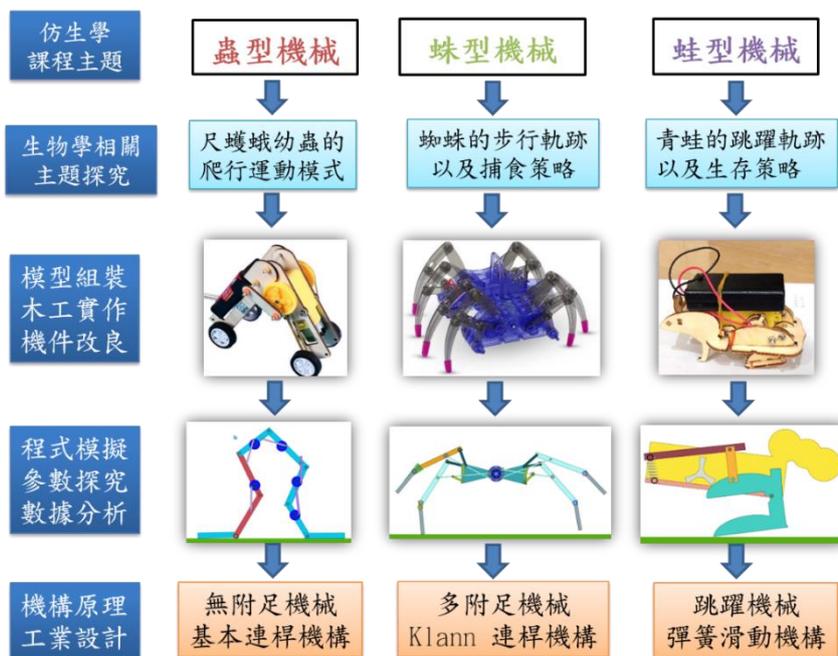
姓 名	服 務 機 關 單 位	職 稱
主持人:簡汎佐	花蓮縣私立海星高級中學	物理教師
協同主持人:徐維燦	花蓮縣私立海星高級中學	物理教師
協同主持人: 孔佑允	花蓮縣私立海星高級中學	讀者服務組組長

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)

二、計畫目的

仿生學是非常適合高中生跨領域學習範疇。但是由於在有限的課程時間裡面同時要兼顧講授生物在適應環境上的特性、生物物理學中生物的運動特性，以及如何在工程學中應用相關的機構模仿生物運動等主題，的確相當具有難度。本校教師將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，進一步修正實體仿生機械，達到更好的仿生效果。在課程中，教師將開發三項大主題:蟲型機械、蛛型機械以及蛙型機械發展。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。



圖二:多元選修仿生學課程主題規劃

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。進階課程將分為蟲型、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	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 單擺複擺運動探究
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	蟲型機械	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、蟲型機械發展以及應用
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

四、研究成果

本年度完整發展出蟲型機械教案，詳述如下

領域/ 科目	自然/物理	設計者(團隊)	簡汎佐
實施 年級	高一、高二	授課教師	簡汎佐
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	尺蠖蛾幼蟲仿生機械探究		
學習 目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 認識尺蠖蛾生活史、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，使用工具組裝輪蟲模型。 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	資 T-V-1 數位合作共創的概念與工具使用 PEb-Vc-4 牛頓三大運動定律。 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。 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。
核心素養呼應說明	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。 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。
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

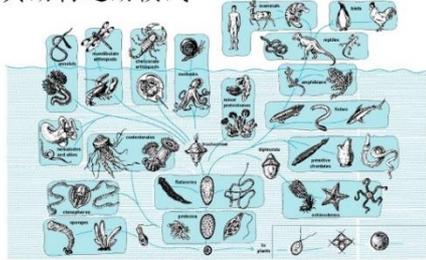
跨領域仿生學的探究與實作 連桿與尺蠖爬行

講師：簡汎佐





演化與動物運動模式



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

無附足動物的運動優勢

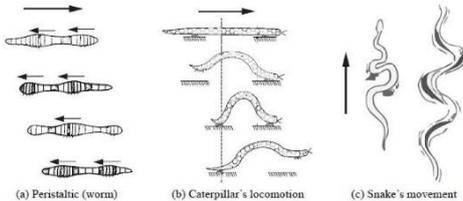


Fig. 1. Locomotion techniques of limbless animals

RPeriodica Polytechnica Mechanical Engineering 57(2), pp. 59-64, 2013

蟲蟲的運動模式_爬行



<https://www.youtube.com/watch?v=QL69nlqI8>

爬行的附加價值



<https://www.youtube.com/watch?v=K5qjI-v9E>

蟲型機器發展



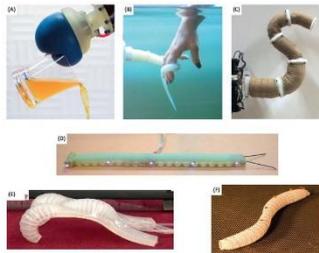
FIG. 3. Soft field robot for military reconnaissance, natural disaster relief, and pipe inspection.

蟲型機器發展



<https://www.youtube.com/watch?v=8VLjDjXtIU>

蟲型機器與軟組織優勢



Trends in Biotechnology, May 2013, Vol. 31, No. 5

蟲蟲動動動

- 蟲蟲如何前進? 請用分鏡的概念將蟲蟲的移動分割成五個動作 (1)前端固定(2)後端前移(3)腹部收縮(4)後端固定(5)前端延伸
- 請討論蟲蟲如何應用肌肉創造運動? 收縮、舒張
- 請從蟲蟲的觀點思考這樣運動的優點為何?
可在狹隘空間前進、可適應不同介質
- 如果我們要創造一個機械蟲蟲，模仿這樣的運動。請問必要的核心概念為何?
收縮、舒張、形變、週期性反覆

輪蟲組裝以及競賽

單連桿輪蟲組裝 (一小時)



連桿機械原理解釋

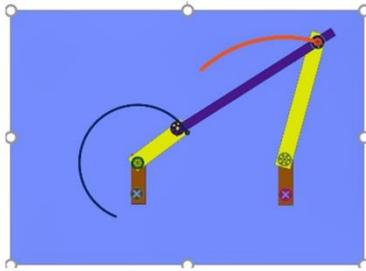
連桿機構

連桿機構(Linkage mechanism)由連桿組成，通常以旋轉街頭或滑行街頭連接各連桿。

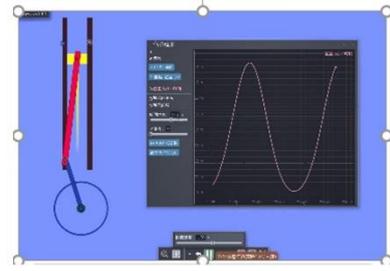
主要功能：

- (1)產生符合需求的運動路徑或位置
- (2)輸出符合需求的力量
- (3)可將旋轉運動轉換成來回搖擺運動；也可以將搖擺運動轉換成另一搖擺運動。

連桿機構實例：四連桿機構

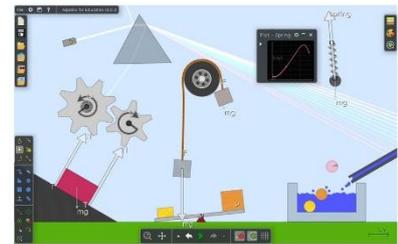


連桿機構實例：曲柄滑塊機構



Algodoo輪蟲設計
實驗設計模擬參數探索

Algodoo 物理模擬沙盒簡介與操作



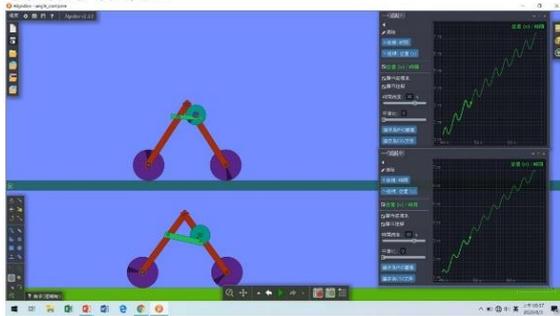
實驗設計策略以及參數探討

- 請思考有哪些參數影響輪蟲前進速度？
- 學習使用Algodoo（固體幾何、輪軸、馬達、模組切換、圖表顯示），設計可前進輪蟲。
- 請以並列模擬的方式比較參數間的差異。
- 請以圖表顯示的方式量化參數與運動。
- 請歸納最具影響力的參數。

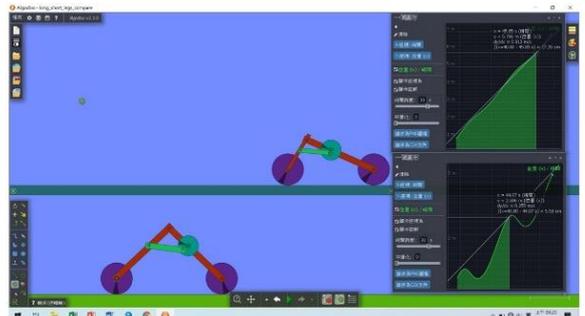
模擬影片



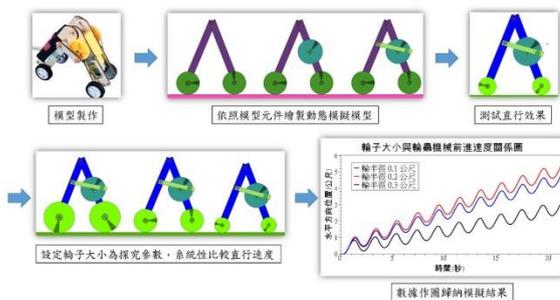
起始張角對比



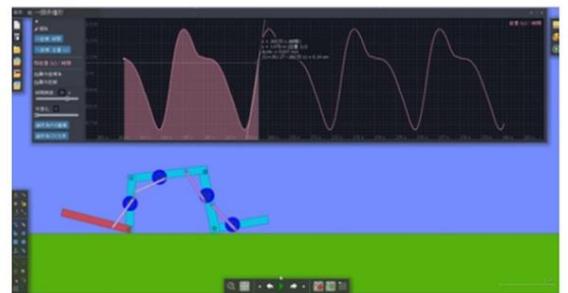
長短腳比較

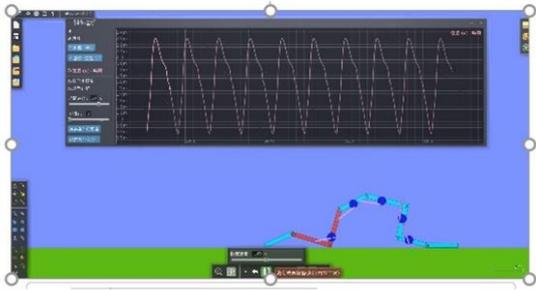
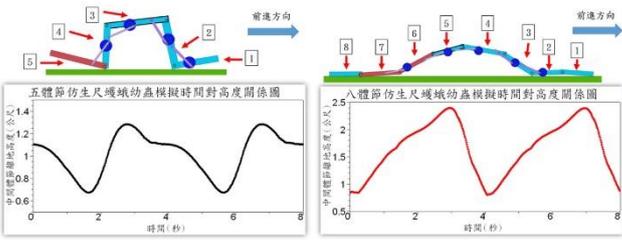


輪蟲模擬數據分析



4連桿應用



<h3>改良版U型結構(5連桿)</h3> 	<h3>仿生機械模擬數據分析</h3> 
<h3>問題討論</h3> <ul style="list-style-type: none"> • 如何美化設計使多連桿蟲型機械重現尺蠖蛾幼蟲外型? • 若有軟性包覆材料, 請問要如何設計創造更好的蟲型機器? • 如果要在液體中進行蟲型機器測試, 請問要做何種改良? • 請問如何克服地形障礙(高低差、狹小空間、摩擦係數)? 	<h3>尺蠖蛾幼蟲如何感受外在環境?</h3> <ul style="list-style-type: none"> • 在「收縮-舒張」的運動模式下, 尺蠖蛾幼蟲看到甚麼? • 尺蠖蛾幼蟲可以分辨物體顏色、大小、形狀嗎? • 尺蠖蛾幼蟲有沒有聽覺、嗅覺、味覺、和觸覺? • 如何在仿生機械上以感測器模擬尺蠖蛾幼蟲感官?
<h3>物聯網與仿生機械感測</h3> 	<h3>課程反思</h3> <ul style="list-style-type: none"> • 動物的運動模式與生存環境 • 蟲蟲爬行模式的優點 • 蟲形機器的歷史發展以及優勢 • 如何了解組裝手冊做正確的模型組裝 • 如何進行連桿模擬 • 如何量化篩選可能影響運動的參數 • 就現有模擬結果修正實際模型

本學年以多元選修方式實施課程，同時以學生心得質性描述課程成果，分述如下

學生： 在這次的仿生蠕蟲主題中，我認識了不同樣子的仿生機器，包括蛇形和蟲形的，也讓我更加熟悉 algodo 怎麼做，因為這次的機械比以往做過的還複雜，像是改良蠕蟲的時候光是構思的部分就花了很多時間，又要一節一節修改及調整，把每個部分都改到好才能順利完成，雖然做了很久，但我覺得收穫很多也讓我更有耐心去應對各種難題。有時，同樣的機械每次從停止到執行都有不同的動態與結果，這代表著我的模擬機械並沒有一個穩定的狀態，於是需要不斷的改進，小結構能執行再慢慢擴大到整體，從中試著找出問題，不同長度、角度都是影響整體的因素，因此要透過不斷的比

對來解決問題，如果直覺好可以省下不少時間，而基本就是透過不斷的摸索，從中慢慢了解機械運作原理，才會有好的判斷力。在這專題課程中，我們也很常透過相互討論來學習，協力互助、找出彼此的盲點，一同共進，獲益良多。期待未來能有更深入的體驗，精進我的技能，除此之外，將我所學用在生物科技，發揚光大

學生：我在課程中認識了不同型態的仿生機器人，發現原來仿生機械不只有四足或二足的設計，而有著各式各樣的結構，而無附足仿生機器更是能夠應用在以往難以深入的場中。而在利用 Agodoo 模擬機械構造的過程中，更是使我感受到大自然的奧妙。要模仿看似構造簡單的蠕蟲，其實一點都不簡單，而是必須考慮各個體節的協調性，反覆的調整改良，才能讓裝置順利的運動，而這些經驗不僅使我學習到新的能力，認識不同的工具，更培養了我的耐心。

學生：做這個仿生獸的模擬對我來說是非常困難，因為我在製作的過程中結構會一直爆裂，經過了不斷的修改終於能夠動了，真的讓我園地心動，雖然我做的這個分析報告看起來沒有甚麼意義但還是驗證了有沒有多一節輔助軸的差異，讓我非常欣慰

五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

本年度原先規劃發展三項機械裝置：蟲型、蛛型、以及蛙型機械。但由於多元選修是分學期開課，再加上學生需要更多的時間了解 Algodoo 物理動態模擬的操作細節。所以目前完整的教案，只有完整的發展出蟲型機械，未來還需要續對蛛型和蛙型機械的教案先期的修正和測試。

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。