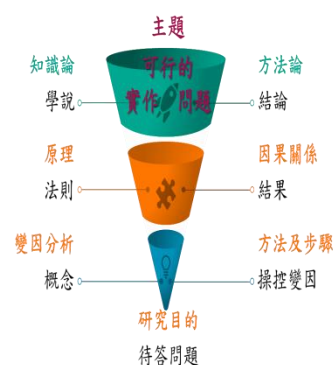


107年度中小學科學教育計畫專案 成果報告



中 華 民 國 1 0 8 年 0 7 月 2 1 日

教育部國民及學前教育署中小學科學教育計畫成果報告

台中市立居仁國民中學

一、計畫名稱：磨“科”師——以「模組化教學策略」發展國中生科學探究活動

二、研究計畫之背景及目的：

(一)背景：

十二年國民基本教育課程綱要總綱，定於108學年度起自國民小學、國民中學及高級中等學校一年級開始實施(教育部，2014)。自然科學領域綱要期望透過「探究能力」、「科學態度與本質」等核心素養，體現於課程規畫，就是「做中學」的實驗課、探究與實作課推行探究與實作之校本課程，但是，目前針對國中生科學探究技能的養成課程相當有限。雖然，**本校每年在科學展覽活動中，學生所發表的專題研究報告都在十件以上。不過，每年科學社群學生停滯於測試研究主題可行性而無法經歷完整探究歷程的人數也不在少數。**因此，本次研究期望組織教師團隊，將學生所進行的專題研究主題，依照「模組化教學策略」發展**國中生假日創意科學活動之模組**。在學校正式課程之外，根據課程相關議題提供**真實性的創意科學探究課程**，藉以培養學生**主動探索與研究等的能力**。

模組是指短程、完整的單元，此種單元可與其他單元連結而完成較大的工作或是達成較長程的目的(李隆盛，1994)。模組化教學的定義為：採用模組單元的教學方式，而模組單元是指一個獨立的單元，適合於個人或是團體來進行學習，依自己的學習能力與速度，選擇比較喜歡的單元先進行學習，而將這些單元組合起來成為一組教學內涵，即可以代表所要學習的所有知識與技能(李景峰，1993)。模組化教學之組成要素包含(林生傳，1995)：

1. 概說：介紹單元內容以及特點，讓學習者有一基礎的先備知識。
2. 定錨：討論可行的學習活動，以訂定可達成的學習活動目標，例如：研讀文獻資料或課本，進行何項實驗設計等等。學生可以從中進行學習。以訂定清楚本探究活動的教學目標(含行為目標)，以作為探究教學依據。
3. 前測：在未進行探究學習之前，每個學生接受測量決定其學習的起點。
4. 社群經營：包括實作空間安排、教學材料、時間表、個別輔導、檢視學習進行情形、小組討論、探究紀錄等，使教學順利進行。
5. 形成性評量及後測：完成某一活動，立即評量，以鑑定是否達成學習目標，作為鑑定學習成果的依據。

因此，本研究將分階段以概念圖調查各組探究專題學生針對該主題的**概念架構**，將透過**評鑑(evaluation)**以及**修正(modification)**歷程，檢驗與回溯每個模組階段的探究成果，並分析學生所遭遇之困難及改進策略。

(二)目的：

1. 國中學生在「模組化」的科學探究活動中，所遭遇之困難及改進策略。
2. 國中學生在「模組化」的科學探究活動中，主題**認知架構**的變遷情形。

三、研究方法、步驟及預定進度：

(一)研究方法與步驟：

1. 辦理「假日創意科學學生營隊」活動，促進學生專題研究社群之成立：

辦理「**假日創意科學學生營隊**」，以「模組化」教學模式設計「**創意科學實作課程**」，訓練生手學生進入探究情境及激發可進行探究的新主題。模組化教學的階段性活動包含：

(1)「**定錨模組**」概說階段：

組織教師團隊於領域會議時間辦理研習，共備發展「模組化」之創意科學探究活動，利用教學模組使學生能將所學到的概念透過情境的轉變達到遷移的效果。本研究將依「模組化」之課程設計，分階段進行活動，教師團隊蒐集文獻資料，設計「**定錨模組主題課程**」，進行課程教學及提供學生閱讀資料，藉以介紹主題單元內容特點，讓學生具備先備知識。

(2) 「**組合模組**」實作競賽階段：

教師團隊發展「**組合模組**」實作活動，並藉由「**假日創意科學學生營隊**」，辦理實作競賽，促進學生觀察真實科學情境、察覺問題，並藉由小組進行腦力激盪與資料蒐集，進而「**提出可探究或可應用之新問題**」，成為明確具體的探究改良目標，引導學生組織探究小組進入「**小組獨立研究活動**」。

(3) **小組獨立研究「前測回饋」階段**：根據文獻及實作競賽觀察，並配合進行科學寫作教學，在未進行探究學習之前，每個學生以 V 圖及半結構問卷，評量學生的認知架構，以決定其學習起點，並予以回饋。

(4) **小組獨立研究「社群經營」階段**：協助學生形成小組，並提升學習包括實作空間安排、教學材料、時間表、個別輔導、檢視學習進行情形、小組討論、探究紀錄等，使教學順利進行。

(5) **小組獨立研究「形成性評量及後測」階段**：完成某一活動，立即以 V 圖評量，以鑑定是否達成學習目標，作為鑑定學習成果的依據。達成目標的學習活動：規定幾種可行的學習活動，例如研讀部分文獻後，可進行何種實作練習與設計等等。小組學生可從中選擇，進行學習。

2. 「**模組化探究教學**」階段性任務：

(1)辦理「**暑期科學營隊**」進行「**定錨模組**」概說教學，提供學生閱讀資料，藉以介紹主題單元內容特點，讓學生具備先備知識。

(2)辦理「**假日科學營隊**」進行「**組合模組**」實作競賽活動，引導腦力激盪討論新探究主題、確認問題研究方向並提出新主張以形成假說。

(3)籌組「**學生科學社群**」進行「**小組獨立研究**」活動，以半結構式問卷，發覺學生探究過程所遭遇之困難。於教師團隊中發表及蒐集資料協助學生解決探究困難，提高學生探究過程之成就感，期能協助學生體驗完整探究歷程。

3. 活動成效評估方式：

(1)前測進行 V 圖及半開放式問卷調查科學探究活動中，遭遇之困難及改進策略。

(2)後測進行**概念圖**繪製，評估小組專題研究之概念認知及問題解決程度。

4. 辦理成果發表及推廣活動：

(1) 辦理推廣研習活動：計畫初期進行「**學生創意科學活動教學模組**」之研討，階段性成果則辦理「**探究教學推廣研習**」，推廣本校所發展之「**探究課程教學模組**」，並且將主題發展模式提供教師參用與教學實務經驗交流。

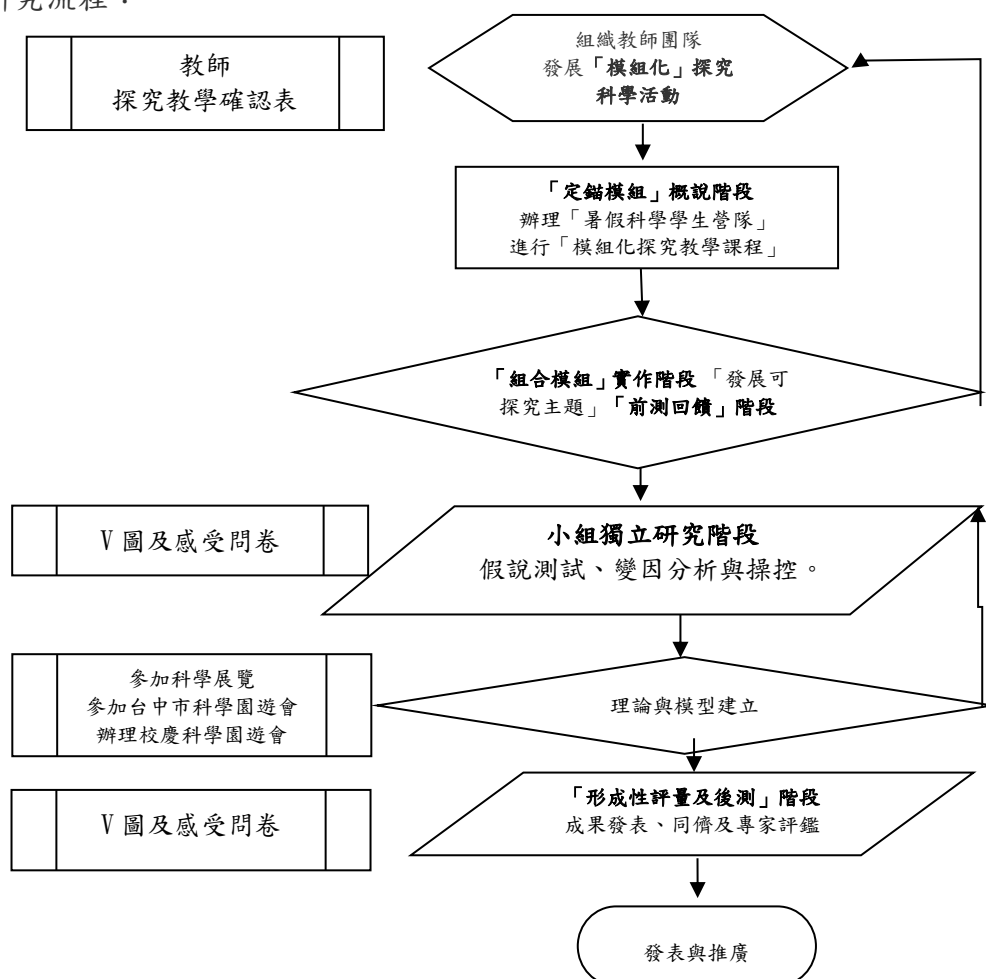
(2)辦理「**校慶科學園遊會**」及參加「**台中市科學園遊會**」之成果展示及解說活動：提供學生將所完成之「**學生專題研究成果**」進行推廣發表、展示及接受同儕與家長評鑑。

(3)以學生探究成果參加「**科學展覽競賽**」：提供學生將所完成之「**學生專題研究成果**」進行推廣發表、展示及接受競賽評審專家之評鑑。

(二)進度甘特圖：

月 份	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
組織教師社群進行文獻研討	◆	◆	◆	◆								
辦理及參與教師研習		◆		◆	◆	◆		◆	◆		◆	
模組化探究創意科學課程研發	◆		◆		◆		◆					
辦理「寒暑期科學營隊」	◆					◆						◆
辦理「假日科學營隊」		◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆	◆	
經營科學社群「小組獨立研究」	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
辦理「校慶科學園遊會」 參加「台中市科學園遊會」					◆				◆			
參加「科學展覽競賽」									◆			◆
學生科學寫作與網路平台維護	◆	◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆	◆		
撰寫研究及成果報告				◆	◆							◆
完成進度百分比	9%	18%	27%	38%	50%	56%	61%	70%	81%	86%	93%	100%

四、研究流程：



五、目前完成之工作項目、具體成果及效益：

(一)完成 7 件「模組化」探究教學課程供參用。

表 1. 創意科學模組化探究課程

主題課程名稱	實作活動名稱	分組活動地點
萊頓佛羅斯特現象	彈跳水滴	實驗室
轉動力矩平衡	彈跳青蛙	實驗室
波的傳遞	圓網結構	實驗室
酸鹼中和	發泡劑水火箭	實驗室
膠聯作用	鼻涕蟲保鮮膜	實驗室
植物的運輸	水耕法	實驗室
化學反應速率	微膠囊	實驗室

(二)辦理 5 次暑期及假日學生科學營隊活動，強化及更新校本特色科學課程。

表 2. 小組獨立研究主題

	組員	主題		組員	主題
1.	李○怡劉○毓吳○媽	智能隔震器	11	李○亨賴○瑋蔡○恩	蛛網訊號
2.	駱○允陳○昕柯○全	低音放大器	12	陳○楨廖○閔蕭○暘	太陽能煙囪
3.	阮○斌鍾○均江○祥	單紙提袋	13	盧○羽陳○潔蔡○融	自然風
4.	蔡○祐王○瑋林○喻	電磁避震器	14	楊○瑋陳○玫劉家俞	地錦爬牆虎
5.	張○仁陳○嘉田○宇	水車發電	15	杜○承林○宇林○勝	支撐防摔布
6.	黃○婷呂○慈	隔震器	16	賴○宇李○安	馬鈴薯褐變
7.	黃○亮林○亮李○誼	鋁電池	17	陳○昕傅○綸黃○朋	攔藍光噴霧
8.	馬○展何○嶧林○穎	靜電雷達	18	許○赫鄭○亦賴○宇	蛛網訊號
9.	周○宇廖○琮陸○寰	蚓以為傲	19	范○格楊○峻	攔藍光膠膜
10.	李○錚賴○晨李○蓁	活性炭膠膜	20	楊○棟莊○好陸○樺	蘚苔空氣清淨器

表 3. 107 學年度台中市科展表現

作品名稱	作者：	指導老師：	
「鋁」戰「鋁」勝-可撓式鋁電池的研究	221 林○亮 120 黃○亮 114 李○誼	潘瑾卿老師 蔡明致老師	化學科第一名(榮獲化學科最佳創意獎)進軍全國賽！
作品名稱：「攔止光」—葉綠素濾藍光噴霧的可行性研究	221 范○格 221 楊○峻 221 高○勛	潘瑾卿老師 蔡明致老師	化學科第二名
“風狂”阿基米德-----以阿基米德水車結構改良發電水輪	111 張○仁 105 陳○嘉 120 田○宇	蔡明致老師	物理科第三名
“震”中下懷－不同隔震器形式對於建物減震效果的影響	110 黃○婷 116 呂○慈 109 許○涵	李敏瑜老師	地球科學科第三名

(三)相關教學設計及學生學習成果設置平台記錄後供教師參用。

[← 前頁](#)

2018居仁科展社團

[訊息](#) [任務](#) + [發新聞訊息](#)

Tsai ming
2018-11-14 @13:40:41

< 年休實施活動暫停通知 20181114 >

- 為推升段考成績，第二次段考(11/26~11/30)年休實施活動暫停。
- (該週11/28社團時間照常集合)
- 校慶日科展社團成果發表、學童互動展示攤位、小組輪值擔任解說。(完成攤位解說者，登記科學解說志工時數認二小時)
- 社團活動費500元未繳交者請於第二次段考前完成繳交。
- 科展活動進度：12/29完成所有實驗進度，1/16(第三次段考前)完成書面說明書。下學期開學後報名、繳交說明書。敬請把握最後期限，加油！

[讚](#) · [回應](#) · [留言](#) · [編輯](#) · [刪除](#)

Tsai ming
2018-11-03 @09:05:09

科展解說說明20181103

「科學解說」注意事項：

- 機動圓好：保持微笑、注意詳盡表達
- 主題說明：只說明主題(指導重點到為止不要亂講)
- 動機：主題發現、知識背景、未來應用(不超過一分鐘)
- 目的：實驗主要要解決的問題(後續實驗必須配合說明是否解決?)
- 實驗方法傳承及討論：假設→操作變因→應變變因(如何測量)→實驗結果(只說明設計的特性)→討論實驗與理論的關係、新發現與後續實驗的聯帶。
- 建議：研究目的如何達成、待客問題、未來發展及應用。
- 謝謝評審，請評審提供建議! (科學筆記下評審們提供的建議及待客語)

<https://youtu.be/EPV9lMBFxp0>

[讚](#) · [回應](#) · [留言](#) · [編輯](#) · [刪除](#)

基本功(2024)如何寫好一篇優質的履傳博士論文，「須知國博士論文與授課學術期刊」讀懂。20181016點鐘發言
<http://www.ntpu.edu.tw/~pa/news/93news/attachment/>...

Sue (2009)論文論述的概念，Sue的教育札記本。20181016點鐘發言：
<http://iamsue.pixnet.net/blog/post/26643883-%E8%AB%96%E6%96%87%E7%B7%92%E8%A6%96%E7%9A%84%E6%82%E5%BF%B5>

小論文撰寫格式：
<https://docs.google.com/document/d/tVXGsvzUJ-3EEFA...>

- ◎ 諮詢：期中報告範例：
- ◎ 諮詢：O1智能障礙器
- ◎ 低質放大器

◎ 管理：管：佳：管：成：心：情：學：理：◎ 速！

◎ 教員：◎ 筆記提袋

◎ 成員：O4電磁感應器

表 3. 認知論 V 圖半結構問卷結果

4-1. 提出待答問題	5 非常容易	4 容易	3 還可以	2 困難	1 非常困難
統計分析	6.70%	6.70%	82.80%	4.40%	0%
4-2 尋找解決問題的可用理論	5 非常容易	4 容易	3 還可以	2 困難	1 非常困難
統計分析	2.20%	8.90%	77.80%	8.90%	2.20%
5 設計實驗步驟	5 非常容易	4 容易	3 還可以	2 困難	1 非常困難
統計分析	2.20%	4.40%	68.90%	22.20%	2.20%
	經 T. TEST=0.0330 p<0.05(達顯著差異)				
1. 關鍵詞設定的難易	5 非常容易	4 容易	3 還可以	2 困難	1 非常困難
統計分析	2.40%	7.30%	85.40%	4.90%	0%
2. 討論研究架構的難易	5 非常容易	4 容易	3 還可以	2 困難	1 非常困難
統計分析	2.40%	17.10%	80.50%	0%	0%
3. 架構解說的難易	5 非常容易	4 容易	3 還可以	2 困難	1 非常困難
統計分析	4.40%	8.90%	77.80%	8.90%	0%
3. 架構解說對設計的助益	5 非常容易	4 容易	3 還可以	2 困難	1 非常困難
統計分析	4.40%	8.90%	77.80%	8.90%	0%

註：整體問卷信度分析 Cronbach alpha 係數=0.963

(四)建議：


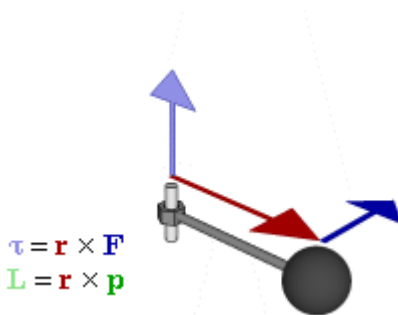
1. 科學探究活動模式以小組共同決定的決策模式，適合激發革命情感，培訓合作能力。(95.6%)
2. 實際操作觀察及導讀文獻資料，都是對於科學探究的認知學習，都是的重要學習階段。(57.8% 及 33.3%)
3. 經營科學探究社群的教學設計，對於探究實作過程能否達成目標的關鍵條件是：相關理論是否淺顯易懂、材料準備的方便性及夥伴討論與操作的時間是否充足。(48.9%、20%、17.8%及 42.2%、24.4%及 24.4%)
4. 設計實驗步驟(實作經驗)所遭遇是新手科學家最需要以「師徒制」提供實作經驗的部分，因此，108 課綱強化實作解決問題模式的培訓教學，符合本研究之觀察結果。

六、參考文獻：

- 李隆盛(1994)。工藝教材教法新趨勢：模組化的課程設計與解決問題的教學策略。載於李隆盛（主編），科技與職業教育的課題（p.317-341）。台北：師大書苑。
- 李隆盛(2001)。國中「自然與生活科技」的教學模組。載於李隆盛，科技與人力教育的新象（47-65）。台北：師大書苑。
- 李景峰(1993)。技職教育的新利器-模組化教學。技職雙月刊，13，41-46。
- 林生傳(1995)。新教學理論與策略：自由開放社會中的個別化教學與後個別化教學。台北：五南圖書公司。
- 洪榮昭(1997)。探究式模組化教學設計策略。教育研究資訊，5(3)，95-111。
- 施勳鈺(1997)。生活科技課程模組化教學之探討。中學工藝教育，30(7)，16-20。
- 章順慧(2001)。國中生活科技模組化教學與設備之規劃。生活科技教育，34(9)，39-44。
- 張玉山(1994)。科技教室規劃之探討(下)。中學工藝教育，27(1)，14-19。
- 曾國鴻、江文鉅(1998)。生活科技模組教學與設備。中學工藝教育，31(4)，16-25。
- 教育部(2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。2018.2.27. 節錄自：
https://www.naer.edu.tw/files/14-1000-12765_r13-1.php?Lang=zh-tw
- 何星瑩(2016)一〇七課綱 | 自然科學領域》知識減量 讓學生思辨、探究、實作；青春共和國。2018.2.27. 節錄自：
[http://www.oursedu.com/topic/4/一〇七課綱 | 自然科學領域](http://www.oursedu.com/topic/4/一〇七課綱|自然科學領域)》-知識減量-讓學生思辨、探究、實作

附件 1、探究與實作課程設計教案

一、課程名稱：	風車大賽--- 阿基米德水輪的應用		
二、科學概念：	斜面、分力、轉動力矩		
三、相關單元：	簡單機械		
四、適用對象：	七年級學生		
五、先備概念：	(一)簡單機械--斜面 (二) 重心與支點與轉動力矩		
六、活動器材：	自製風洞、掛勾轉子、滑輪、A4 影印紙、剪刀、直尺、量角器、鐵絲、吸管、膠帶、筷子、電子秤		
七、流程說明			
活動流程	學生活動		探究能力
<div><第一節> 1. 情境真實</div>	<div>1-1 閱讀資料：「阿基米德水車」汲水過程。</div> <div>1-2 觀察「阿基米德水車」汲水過程！ (實體及影片)</div> <div>https://www.youtube.com/watch?v=fIN_Q8SbUr8</div> <div></div> <div><div>阿基米得螺旋提水器—機械應用原理</div><div>■ 當內螺旋轉動時，螺桿每轉一周，密封腔內的水向前推進一個螺距，隨著螺桿的連續轉動，水從一個密封腔壓向另一個密封腔，最後將水擠出。</div><div></div><div>螺旋原理+輪軸原理</div><div></div></div>		<div>1. 資料蒐集與理解分析</div> <div>2. 科學筆記： 觀察記錄 阿基米德水車 阿基米德螺旋的結構及原理</div>
<div>2. 初始問題</div>	<div>2. 初始問題：</div> <div>如何以寶特瓶、鐵絲、吸管、膠帶，在長度及最大半徑不變的限制</div>		<div>3. 科學筆記： 紀錄小組討論 如何應用文獻 資料之科學概念設計省力的快速風車？</div> <div>4. 科學筆記： 記錄 變因分析、</div>

<p>3. 研究設計 (文獻探討、觀察與蒐集相關證據)</p> <p>4. 詮釋</p> <p>5. 呈現</p> <p>6. 評量 <第一節結束></p>	<p>下，模仿「阿基米德水車」製作省力的快速「阿基米德風車」？</p> <p>3. 閱讀資料：</p> <p>3-1. 有一天阿基米德在久旱的尼羅河邊散步，看到農民提水澆地相當費力，經過思考之後他發明了一種利用螺旋作用在水管裡旋轉而把水吸上來的工具，後世的人叫它做「阿基米德螺旋提水器」，埃及一直到二千年後的現在，還有人使用這種器械。這個工具成了後來螺旋推進器的先祖。(維基百科)</p> <p>3-2. 省力斜面與螺旋：</p>  <p>https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%9C%E9%9D%A2</p> <p>螺旋是圍繞著圓柱的斜面形成的簡單機械。阿基米德螺旋機是古希臘哲學家阿基米德的許多發明與發現之一。從那時起，人們時常會使用阿基米德螺旋機來搬動很多不同種類的物質，像水、礦物、穀物等等。</p> <p>3-3. 閱讀資料：力臂與轉動力矩。</p>  <p>作用力促使物體繞著轉動軸或支點轉動的趨向，稱為力矩 (torque)，也就是扭轉的力。轉動力矩又稱為轉矩。力矩能夠使物體改變其旋轉運動。推擠或拖拉涉及到作用力，而扭轉則涉及到力矩。如圖右，力矩等於徑向向量 r 與作用力 F 的外積。</p> <p>簡略地說，力矩是一種施加於好像螺栓或飛輪一類的物體的扭轉力。例如，用扳手的開口箱緊螺栓或螺帽，然後轉動扳手，這動作會產生力矩來轉動螺栓或螺帽。</p> <p>https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%9B%E7%9F%A9</p> <p>3-2. 觀察及測試：以鐵絲、紙板製作「阿基米德風車」：</p> <p>(穿支架→找重心→定掛勾)</p> <p>3-3. 測試「阿基米德風車」省力旋轉的影響因素。</p> <p>4-1 提出研究假設、記錄變因分析、發表</p>	<p>提出假設 (操作變因)</p> <p>5. 科學筆記： 記錄實驗設計 測量「應變變因」的方法 變，及如何「控制變因」</p> <p>6. 實驗結果繪製統計圖 分析數據與解釋數據 分析解說。</p> <p>7. 評量項目： 參與度、閱讀理解及實驗分析</p>
--	--	---

	<p>4-2 實驗設計「操作變因」測量方法 ---測試微量天平測量「假種子」兩部分的質量</p> <p>5-1 實作操縱重心位置</p> <p>5-2 科學筆記紀錄分析數據與解釋數據。</p> <p>6-1 精密測量競賽(誤差率最小的成功小組)</p> <p>6-2 小組提出最佳重心位置設計</p>	
<p><第二節> 仿作與競賽 1. 情境真實</p>	<p>1-1 閱讀資料：「阿基米德水車」汲水過程。</p> <p>1-2 觀察「阿基米德水車」汲水過程！ (實體及影片) https://www.youtube.com/watch?v=fIN_Q8SbUr8</p>  <p>阿基米得螺旋提水器—機械應用原理</p> <p>■ 當內螺旋轉動時，螺桿每轉一周，密封腔內的水向前推進一個螺距，隨著螺桿的連續轉動，水從一個密封腔壓向另一個密封腔，最後將水擠出。</p>  <p>螺旋原理+輪軸原理</p> 	1.
<p>2. 初始問題</p>	<p>2. 初始問題：</p> <p>如何以長竹籤、鐵絲、吸管、3 吋寬膠帶等材料，在長度及最大半徑不變的限制下，模仿「阿基米德水車」製作省力的快速「阿基米德風車」？</p>	
<p>3. 研究設計 (文獻探討、 觀察與蒐集相關 證據)</p>	<p>3. 閱讀資料：</p> <p>3-1. 「阿基米德螺旋提水器」。(維基百科)</p> <p>3-2. 「省力斜面與螺旋」。</p> <p>3-3. 閱讀資料：力臂與轉動力矩。</p>	

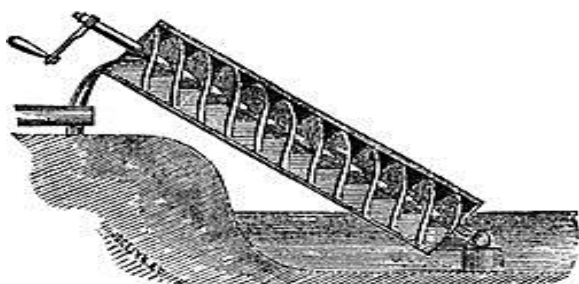
<p><第一節結束></p> <p><第二節> 轉動力矩</p> <p>4. 詮釋</p> <p>5. 呈現 評量</p>	<div data-bbox="590 123 997 436" data-label="Image"> </div> <p>作用力促使物體繞著轉動軸或支點轉動的趨向，稱為力矩（torque），也就是扭轉的力。轉動力矩又稱為轉矩。力矩能夠使物體改變其旋轉運動。推擠或拖拉涉及到作用力，而扭轉則涉及到力矩。如圖右，力矩等於徑向向量 r 與作用力 F 的外積。</p> <p>簡略地說，力矩是一種施加於好像螺栓或飛輪一類的物體的扭轉力。例如，用扳手的開口箝緊螺栓或螺帽，然後轉動扳手，這動作會產生力矩來轉動螺栓或螺帽。</p> <p>https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%9B%E7%9F%A9</p> <p>4-1. 觀察及測試：以長竹籤、鐵絲、吸管、3 吋寬膠帶等材料，在長度及最大半徑不變的限制下，製作省力的「阿基米德風車」</p> <p>4-2. 測試「阿基米德風車」省力旋轉的影響因素。</p> <p>4-3. 提出研究假設、記錄變因分析、發表</p> <p>5-1. 「阿基米德風車」轉速競賽(最快速的成功小組)</p> <p>5-2. 小組提出最快速「阿基米德風車」的設計</p>	
	<p>八、相關參考資料與素材</p> <p>1. https://www.youtube.com/watch?v=f1N_Q8SbUr8</p> <p>2. https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%9C%E9%9D%A2</p> <p>2. https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%9B%E7%9F%A9</p>	

1-1. 情境閱讀：水輪大賽--- 阿基米德水輪的應用

1-1 閱讀資料：「阿基米德水車」汲水過程。

阿基米德式螺旋抽水機或阿基米德螺旋（'Archimedes' screw 或 screw pump）：據傳是西元第三世紀希臘的數學及物理學家阿基米德發明的，是一種水泵，應用螺旋機制，藉著螺旋曲面繞著旋轉軸做旋轉運動，將水從低處傳輸至高處。它也是歷史上第一個將水從低處傳往高處，用於灌溉的機械。雖然有證據顯示這機械可能是從埃及流傳過來的。但是歷史學者普遍認為出於希臘化時期發明家阿基米德在大約西元前 234 年的發明。至今這種機器仍在埃及及歐洲部分地區被實際應用。現代化學工業也會使用它來處理黏稠的液體。直到現在仍然沿用所不同的是，以往是以人力或畜力驅動，多用於農田灌溉、船艙或礦坑排水；而現今則改以電動馬達驅動，多用於低揚（lowhead）之輸水系統。目前在荷蘭，運用於低窪地區之排水，或包含泥濘、垃圾與體積較大之固體雜物之廢水處理。

(<http://www.ding-dong.com.tw/park/29>)



<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%98%BF%E5%9F%BA%E7%B1%B3%E5%BE%B7%E5%BC%8F%E8%9E%BA%E6%97%8B%E6%8A%BD%E6%B0%B4%E6%9C%BA>

1-2 觀察「阿基米德水車」汲水過程！（實體及影片）

https://www.youtube.com/watch?v=flN_Q8SbUr8



1-3 觀察「阿基米德風車」的設計



1-4. 閱讀資料：省力斜面與螺旋。



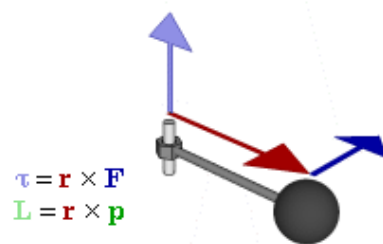
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%9C%E9%9D%A2>

斜面 (inclined plane) 是一種傾斜的平板，能夠將物體以相對較小的力從低處提升至高處，但提升這物體的路徑長度也會增加。斜面是古代希臘人提出的六種簡單機械中的一種。假若斜面的斜率越小，即斜面與水平面之間的夾角越小，則需施加於物體的作用力會越小，但移動距離也越長；反之亦然。假設移動負載不會造成能量的儲存或耗散，則斜面的機械利益是其長度與提升高度的比率。

螺旋是圍繞著圓柱的斜面形成的簡單機械。阿基米德螺旋機是古希臘哲學家阿基米德的許多發明與發現之一。從那時起，人們時常會使用阿基米德螺旋機來搬動很多不同種類的物質，像水、礦物、穀物等等。

1-5. 閱讀資料：力臂與轉動力矩。

作用力促使物體繞著轉動軸或支點轉動的趨向，稱為力矩 (torque)，也就是扭轉的力。轉動力矩又稱為轉矩。力矩能夠使物體改變其旋轉運動。推擠或拖拉涉及到作用力，而扭轉則涉及到力矩。如圖右，力矩等於徑向向量 r 與作用力 F 的外積。簡略地說，力矩是一種施加於好像螺栓或飛輪一類的物體的扭轉力。例如，用扳手的開口箱緊螺栓或螺帽，然後轉動扳手，這動作會產生力矩來轉動螺栓或螺帽。



<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%9B%E7%9F%A9>

1-6. 初始問題：

以長竹籤、鐵絲、吸管、3 吋寬膠帶等材料，在長度及最大半徑不變的限制下，製作省力的「阿基米德風車」？

2. 「神」預測---省力斜面與螺旋

2-1 統計圖及趨勢線

1. 以軌道斜坡進行「角度對拖曳力影響的實驗」，各組預測擴大級距時，拖曳力的變化趨勢。
 2. 利用 EXCEL 進行統計分析繪製出趨勢線。
 3. 比較各組的預測值及計算 EXCEL 趨勢線公式的預測值，何者與實測的實際值最接近？
- 2-2. 比較趨勢預測及歸納統計分析的原理原則及重要性。

1. 「五取樣及三重複」的統計分析原則
2. 誤差值及趨勢線的應用。

3. 閱讀資料：

3-1. 力矩

力矩為使物體沿一固定軸或中樞轉動所需的作用，我們常用符號 τ 來表示。如同可以改變物體運動狀態的作用力，力矩可以想像為使物體扭轉所需的物理量。力矩的大小決定於三個要素：**施力大小**、**施力點**與**施力力臂**。

3-2. 力偶

物體受到大小相等、方向相反而不作用於同一直線上的兩力，此兩作用力稱為一對力偶，力偶產生的力矩稱為力偶矩。

如圖，量值同為 F 而方向相反的兩力，分別垂直作用於一棒子的兩個不同位置，對兩力作用點之間的任意一點 P ，分別造成力矩 Fd_1 和 Fd_2 ，由於這二個力矩的效果都是使棒發生同一個方向轉動，故合力矩為：

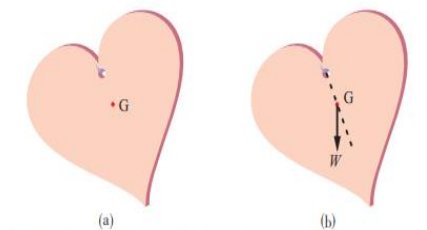
$$\tau = Fd_1 + Fd_2 = F(d_1 + d_2) = Fd$$

3-3. 「平衡」有穩定以及不穩定的區別，而不穩定的系統很容易因為受外界的干擾而偏離平衡狀態。

此外，上例還告訴了我們：如果物體有一個固定的支點，則在靜力平衡的條件下，重心必須落在支點的下方（亦即重心比較低的平衡態）才會穩定。

將圖 3-40 中所示的薄平板物體以一個角度傾斜懸吊在牆壁的掛鉤上，並用手將之

扶住，以避免物體轉動。若物體的重心位置為 G ，則：

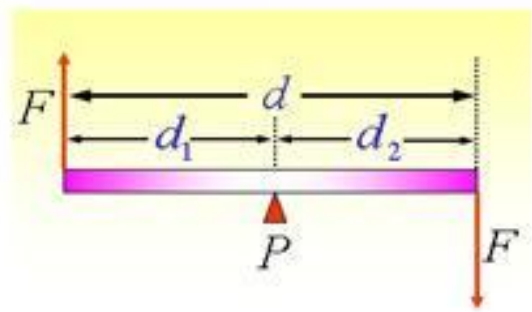
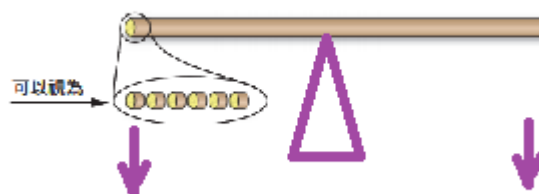


▲圖 3-40 (a)懸吊在牆壁的掛鉤上之物體；(b)物體的重量可視為完全集中於重心；物體受本身重力的影響會有一個順時針方向的力矩。

- (1) 放手後的一瞬間，此物體受本身重力的影響會往哪個方向擺動？
- (2) 請畫出放手後物體在達到靜力平衡時的懸垂情況。

3-4. 重心

當合力矩為零，該物體才可以達到轉動平衡。因此，合力矩的位置稱為物體的重心 (center of gravity)。如下圖，桿子兩側合力矩為零的支撐點就是桿子的重心。



讓我們以不倒翁這種玩具來做例子。為了簡化問題，我們可以假設不倒翁的底部是球面，其球心為 C （如圖 3-43 所示）。從圖中我們可以看得出來不倒翁傾斜時， C 點並不升高，而不倒翁的重心 G 和球心 C 比起來位置偏低，所以當它傾斜的時候重心會升高，其自身的重力會對接觸點產生一個回復力矩，使不倒翁可以回復原始之正立的狀態。

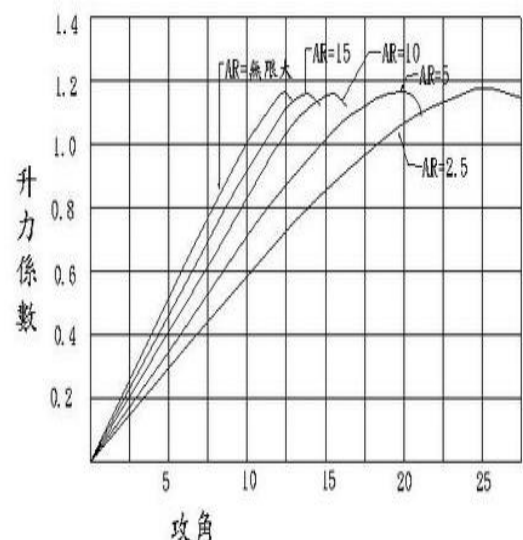


▲圖 3-43 不倒翁

3-5 展弦比

飛機則要有適合的展弦比，展弦比 A 就是翼展 L 除以平均翼弦 b ($A=L/b$)， L 與 b 單位都是公分，如果不是矩形翼的話我們把右邊上下乘以 L ，得 $A=L^2 / S$ ， S 是主翼面積，單位是平方公分，這樣省得求平均翼弦，一般適合的展弦比在 5~7 左右，超過 8 以上要特別注意機翼的結構，不要一陣風就斷了。滑翔機沒有動力，採取高展弦比以降低阻力是唯一的方法，展弦比高的機翼一般翼弦都比較窄，雷諾數小，所以要仔細選擇翼型，避免過早失速，另外高展弦比代表滾轉的轉動慣量大，所以也不要指望做出滾轉的特技了。

飛慣特技機的人看到遙控滑翔機時常常好奇，為什麼主翼面積那麼大，偏偏機身短而且尾翼面積相對很小，會很擔心升降操作會有問題，其實這是展弦比



的另外一個特性，就是高展弦比時，攻角增加時升力係數增加會比低展弦比的機翼快〔如圖〕，低展弦比機翼升力係數在攻角更大時才到達最大值，所以高展弦比的滑翔機並不須要大尾翼就可以操縱升降。

4. 研究設計

4-1. 影響因素分析

4-2. 觀察及測試：以長竹籤、鐵絲、吸管、3 吋寬膠帶等材料，在長度及最大半徑不變的限制下，製作省力的「阿基米德風車」：
畫出我的想法設計圖：

測試

4-6. 快速「阿基米德風車」大賽

4-6-1 閱讀資料：斜面、螺旋、力矩與重心、飛行攻角、機翼展弦比。

4-6-2 如何讓「阿基米德風車」轉速達到最大？

4-6-3 提出研究假設、記錄變因分析

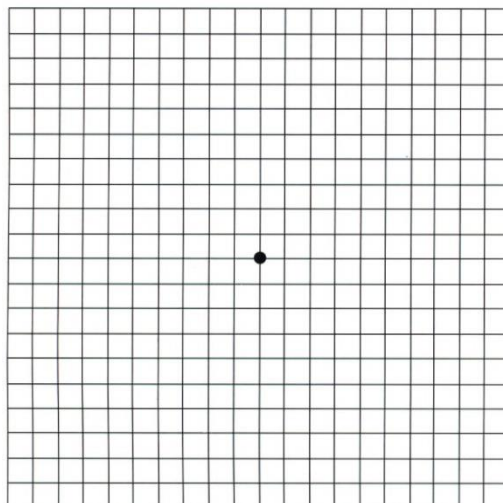
「可操作變因」：

「應變變因」：

4-6-4 數據紀錄表

統計圖(縱座標→應變變因；橫坐標→操作變因)

操縱變因	應變變因



4-6-5 畫出小組最佳風車設計

詮釋

5-1

科學筆記記錄本組競賽結果與解釋設計原理：

(1)現象：

(2)原因：

5-2 快速「阿基米德風車」大賽最佳成績及經驗分享：(記錄各組競賽結果與解釋設計原理)

組	1	2	3	4	5	6	7	8
設計								
原理								
競賽成績								

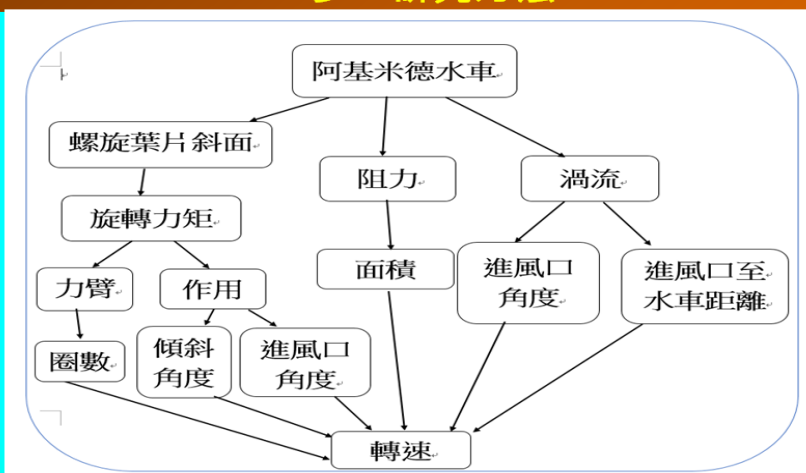
壹、研究動機

台灣的水易流到大海不易保存。台灣的水庫雖能儲存水，但會改變流域生態系，破壞自然生態。若要利用水利設施來儲存水，則非水車莫屬。我們希望能改良水車，使其轉速加快，汲水量變大，且在旋轉時能發電和汲水。台灣有許多狹長且湍急的河流，如秀姑巒溪，是可以讓改良過後的水車兼具汲水與發電的潛能。

貳、研究目的

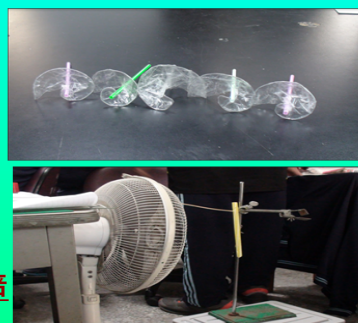
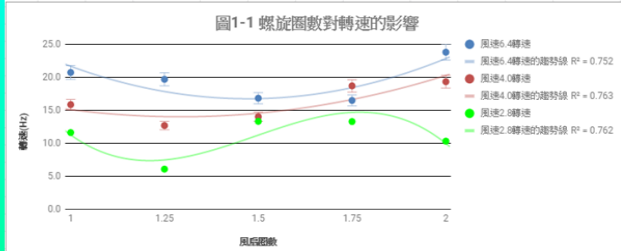
- (一) 水車半徑對水車轉速的影響。
- (二) 斜面角度對水車轉速的影響。
- (三) 渦流對水車轉速的影響。
- (四) 葉片(水管)面積對水車轉速的影響。

參、研究方法



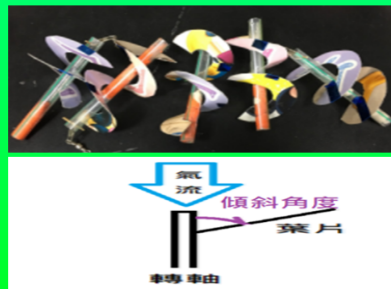
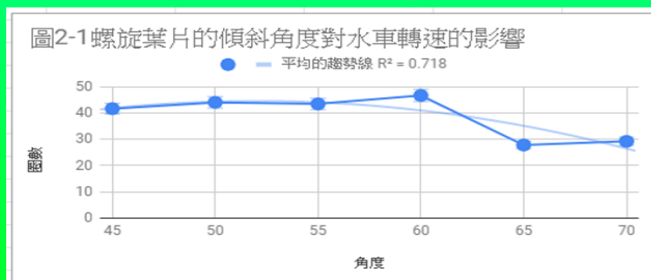
肆、研究結果與討論

1、螺旋圈數對水車轉速的影響



1. 圈數以1.5圈以上，轉速較快。圈數為整數倍轉動最為平衡穩定。
 2. 推測是因為圈數多→造成面積及重量的減小，使轉速不穩定且轉速變快。
 3. 建議設計水車時，使用1圈或1.5圈以上的螺旋水輪水車。
- 小結：螺旋水輪圈數在整數倍時較平衡，圈數1.5以上，轉速較快。

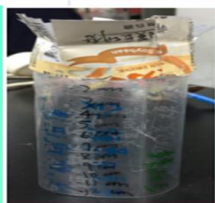
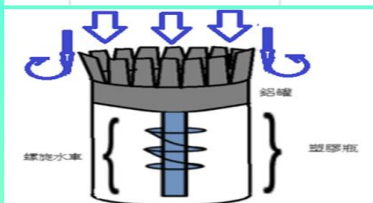
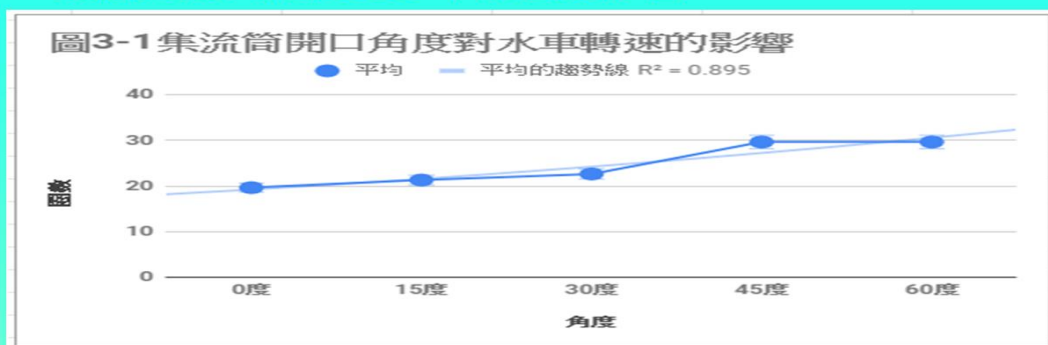
2、螺旋葉片的傾斜角度對水車轉速的影響



1. 角度45-50轉速增加，50-55轉速些微降低，60-70轉速最慢。
 2. 推測是因為角度過高時，氣流無法順利過造成阻力，使其轉速變慢。
 3. 建議設計水車時，使用傾斜角度60度的螺旋水輪水車。
- 小結：當螺旋角度太小時，流體流失多，受力小；當角度太大，阻力變大。

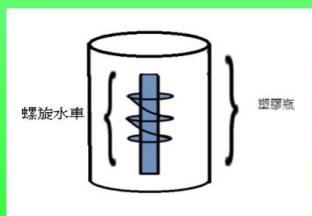
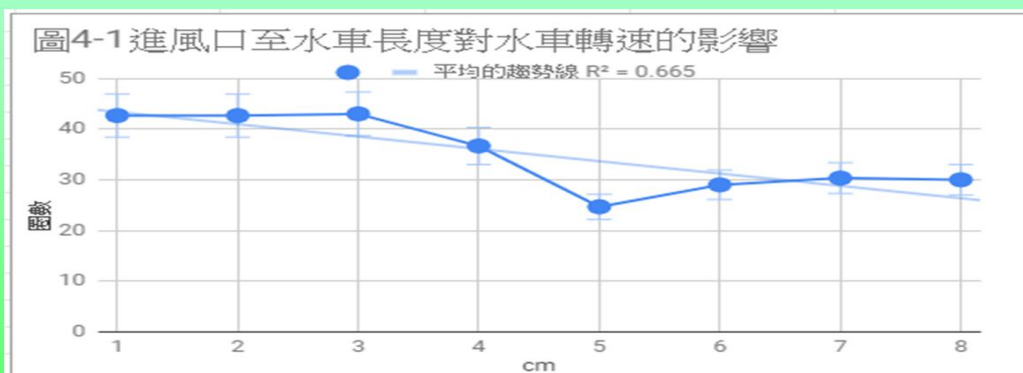
“風狂” 阿基米德--- 以阿基米德水車結構改良發電水輪

3. 集流筒開口角度對水車轉速的影響



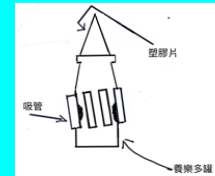
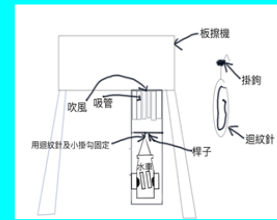
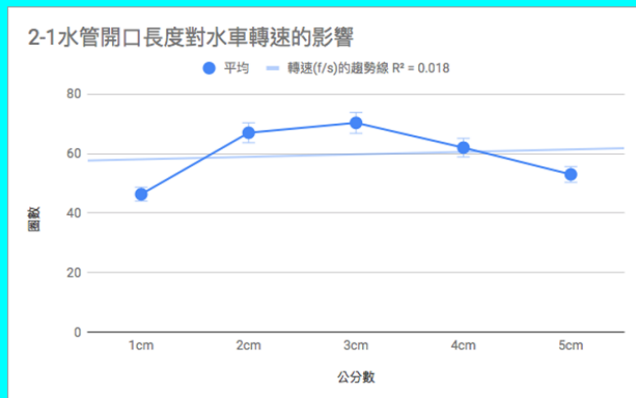
1. 集流筒開口角以0度到45度，轉速持續增加；45度到60度，轉速不變。
 2. 從此實驗可知，集流筒角度越大，進風量越多，使水車轉速加快。超過45度推測是在集流筒外產生迴流吸力，將水流往外吸，因而使進水量不再增加。
 3. 建議水車集流筒開口設計應以成45度或60度角時。
- 小結：當集流筒開口成45度角時，進風量多，迴流吸力小轉速最快。

4. 水車與進風口長度對水車轉速的影響。



1. 離進風口3公分時，轉速最快。離進風口1-3CM時，轉速增加；3-8CM時，轉速減少。
 2. 推測是因為離進風口較遠時，容易在集流筒內產生亂流；而離水車較近時，較不會在集流筒內產生亂流。
- 小結：離進風口較近時，亂流較少進風量大，所以水車應置於集流筒前段。

5、水管截面積對水車轉速的影響



1. 水管切截以3cm，轉速最快。
 2. 水管切截太短，流體無法全部進入管中，轉速較慢。2-3cm:水管流體進入較多，沒有太多流失，轉速較快。4-5cm:水管流體進入較多，但受力面積變小且流體流失多，轉速較慢。
 3. 會產生這現象推測是因為截面面積大小影響流體流量及受力面積。
- 小結：水管切截至中央點位置，流體流量及受力面積都達最多，轉速較快。

伍、結論

本次針對相同水流對水車轉速的影響因素進行研究，發現水車主要受到以下因素的影響：

- 1.螺旋水輪圈數在整數倍時較平衡，建議未來設計水車時，使用1圈或1.5圈以上的水車，轉速較快。
- 2.當傾斜角度60度的螺旋水輪水車轉速最快，螺旋角度太小時，流體流失多，受力小；當角度太大，阻力變大。
- 3.當集流筒開口成45度角時，進水量多，迴流吸力小，轉速最快。
- 4.水輪位置愈近集流筒開口處，亂流阻力小，進水量較多；所以水車應置於集流筒前段。
- 5.水管切截至中央點位置，流體進水量較多，受力面積也足夠，轉速比較快。

因此，將來再進行「河川水車發電」設計時，建議以「由小增大的螺旋、斜面傾斜角度60度、集流筒開口成45度到60度角」，即可增加單位水流量的發電量。並配合使用防水結構與黏著物，以防水車因水流衝擊而故障。

陸、參考文獻

一、螺旋輸送器：

- 1.何莉芳(2013)從迴旋洋芋片玩起~簡易螺旋輸送器，綠豆『輕鬆捲』!!。zfangの科學小玩意。20181126節錄自：<http://zfang.zipko.info/463.html>
- 2.吳聖慧·華家緯(2013)聽水的故事 - 水的科學·文明·未來·國立臺灣科學教育館。20181126節錄自：<https://www.ntsec.gov.tw/FileAttach?id=1726>
- 3.許良榮(2010)螺旋鑽。國立台中教育大學NTCU科學教育與應用學系科學遊戲實驗室。20181204節錄自：<http://scigame.ntcu.edu.tw/engine/engine-011.html>
- 4.螺旋-維基百科[https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9E%BA%E6%97%B8_\(%E7%B0%A1%E5%96%AE%E6%A9%9F%E6%A2%B0\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9E%BA%E6%97%B8_(%E7%B0%A1%E5%96%AE%E6%A9%9F%E6%A2%B0))

二、螺旋斜面：

- 1.斜面-維基百科<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%9C%E9%9D%A2>
- 2.斜面https://www.nani.com.tw/learn/natu/ability/ability_list.jsp?file=a1/5_a1_13_9.htm&p_page=ability_5.jsp

三、旋轉力矩：

- 1.力矩-維基百科<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8A%9B%E7%9F%A9>

四、渦流：

- 1.渦流-維基百科<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B8%A6%E6%B5%B1>
- 1.台中教育大學 - 科學實驗室 <http://scigame.ntcu.edu.tw/water/water-035.html>
- 2.渦流-互動百科http://tupian.baikew.com/doc/渦流/tupian/1/0?target=a1_33_35_20300000921826141630357047817.jpg

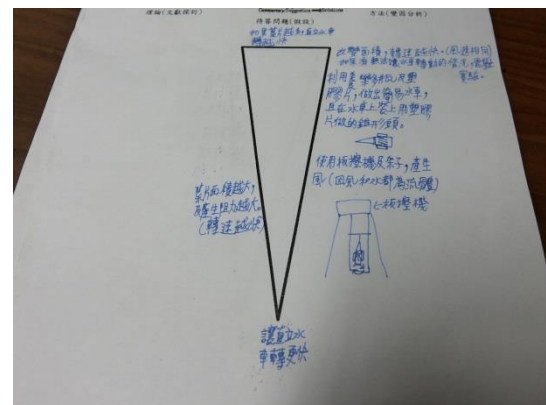
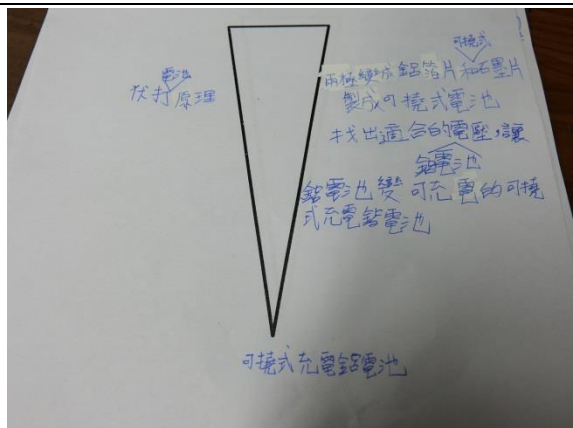
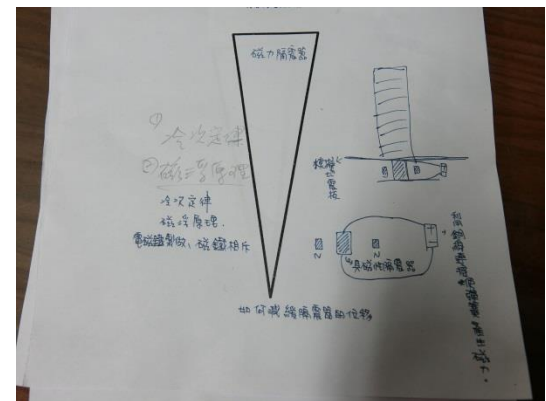
20180814「新生科學營隊」



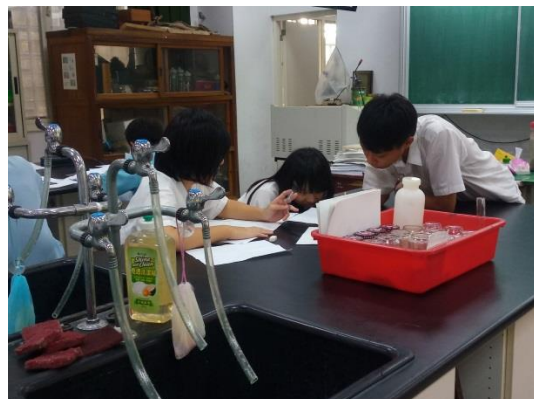
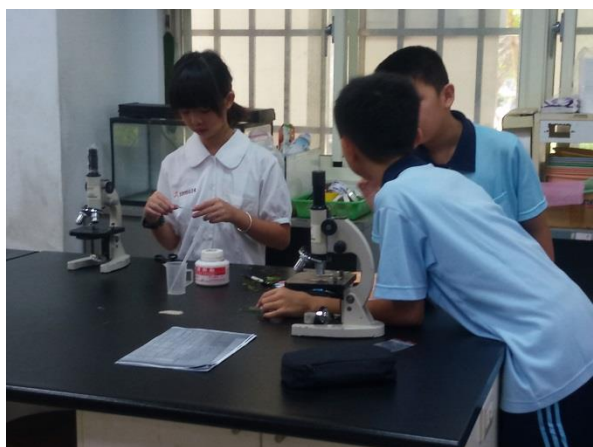
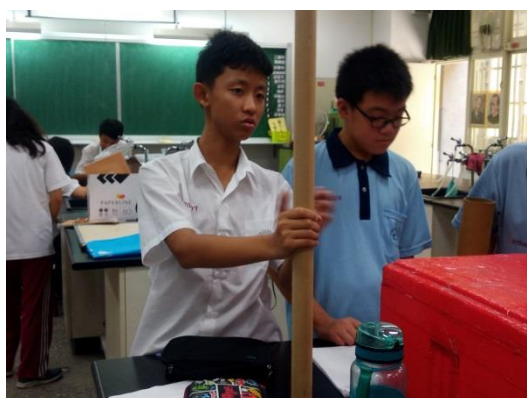
20180927「學生科學營隊」---科展計畫說明



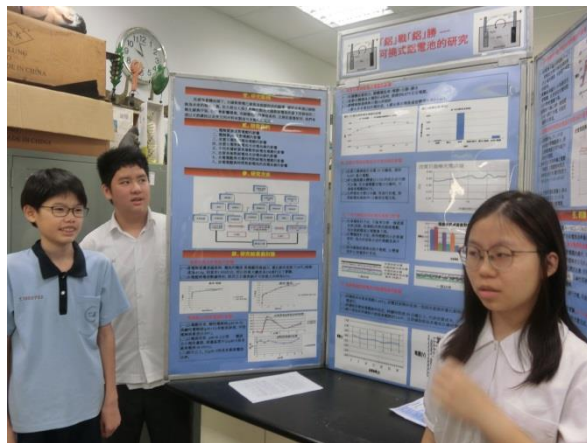
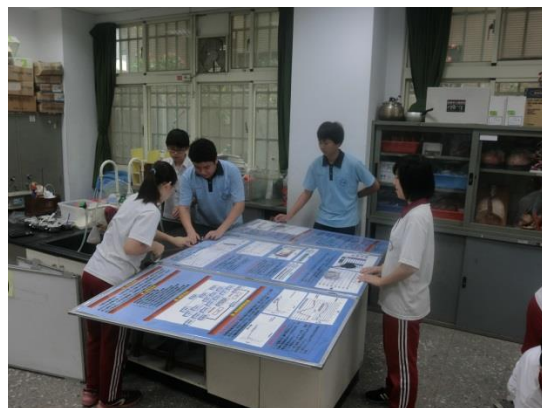
20181004「學生科學營隊」---科展計畫設計



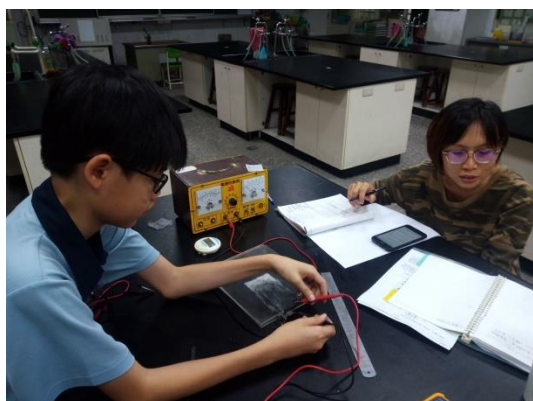
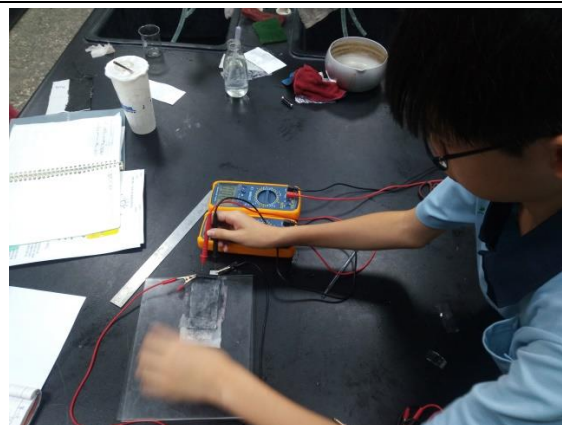
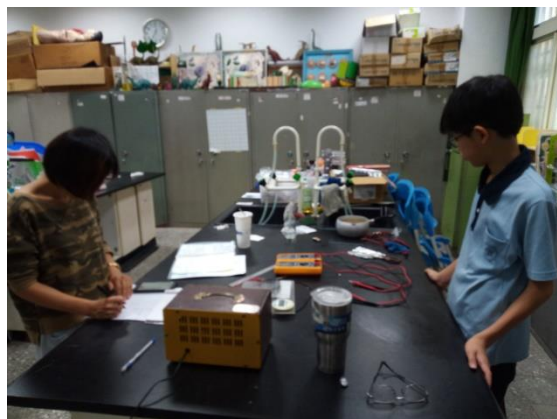
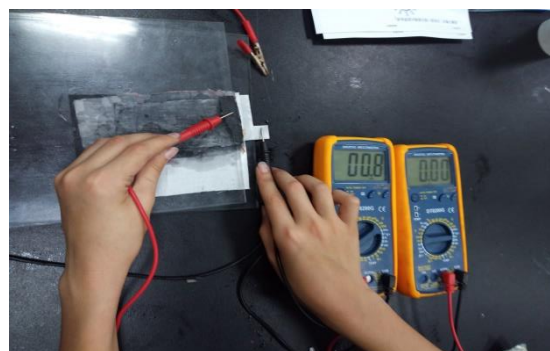
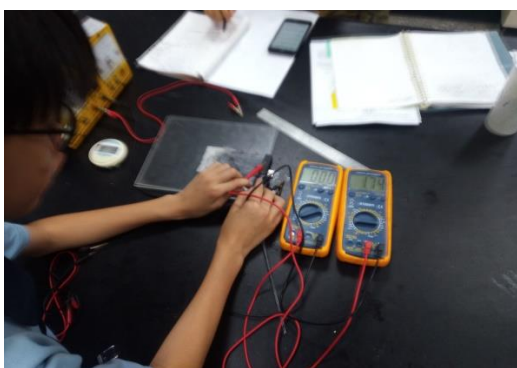
20181120「學生科學營隊」---科展實作



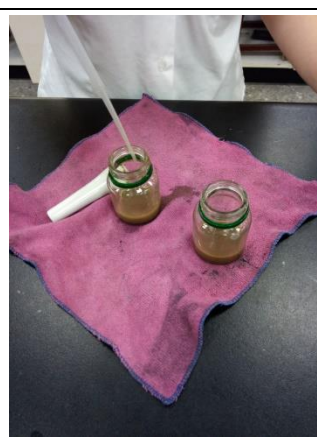
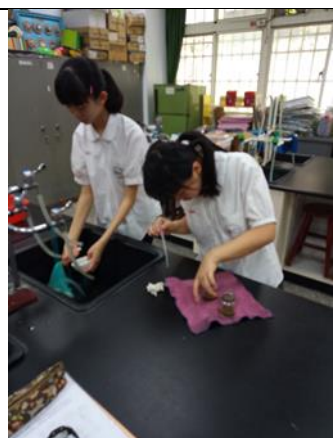
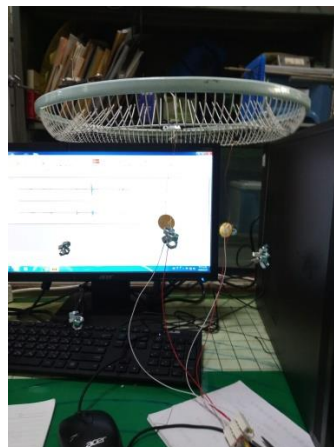
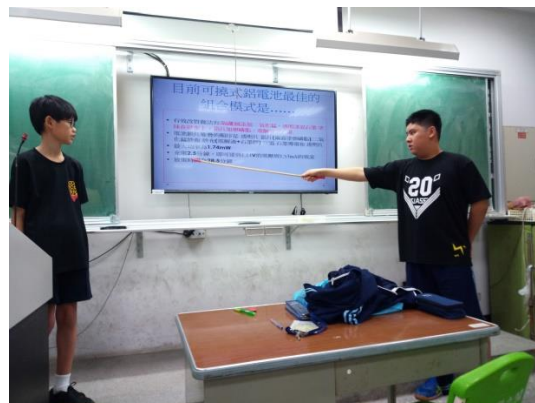
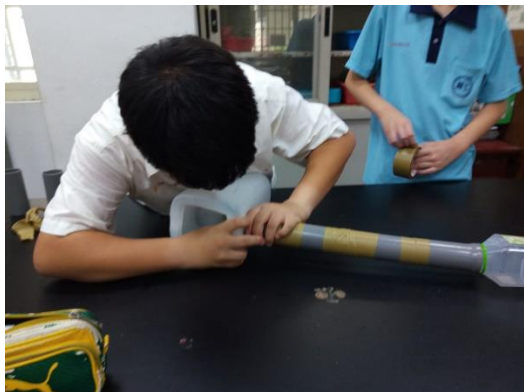
20190312「學生科學營隊」---科展解說練習



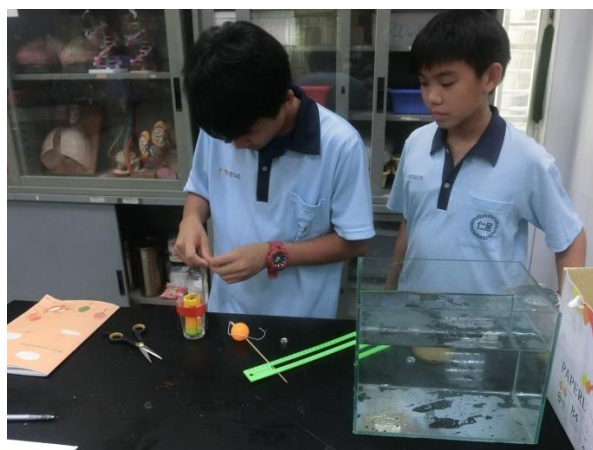
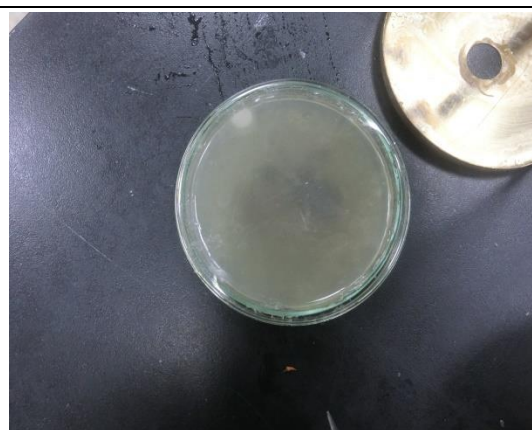
20190418「學生科學營隊」---科展實作



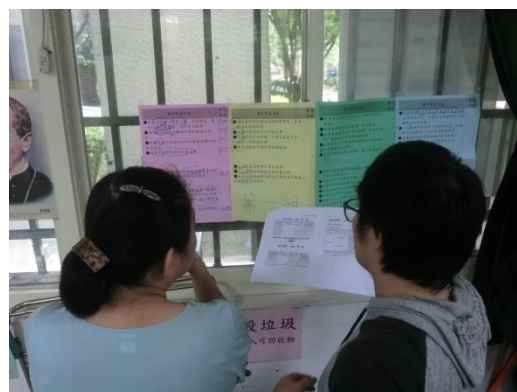
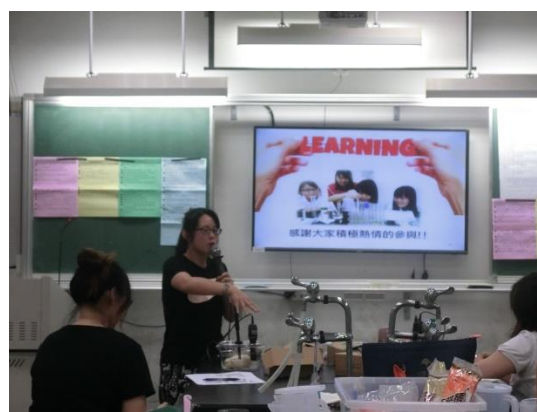
20190520「學生科學營隊」---科展實作



20190615「學生科學營隊」---科展實作



20190601 居仁國中辦理
「饅富筋綸」、「頭頭是道」---饅頭髮酵的探究教學設計工作坊」研習



20190629「假日學生科學營隊」---全國科展解說練習

