

數位科技融入紙飛機自然科探究與實作

文／江通達

「哇！我的飛機超遠（驕傲樣）」
「怎麼用 excel 將數據做平均數跟散佈圖？」
「老師，tracker 做出路徑圖後再來咧？」
「我報告上傳到 google 雲端了！」「好的我幫你看一下！」

看完熱血的 Paper Wings 世界紙飛機大賽後，大家拿起手機掃 QR-code 進入 Slido 回答：「影響飛機飛行的因素有什麼？」機翼大小、材質、重心、風向、濕度等等逐漸顯示在畫面上，開始引導如何設計實驗：「這些因素怎麼影響紙飛機飛行？怎麼去量性規劃？預期發生什麼事情？有沒有物理公式可以輔助說明？」逐步進入狀況，開啟了飛機的主題。

108 課綱提倡素養導向教學，把知識、能力和態度整合運用在情境化、脈絡化的學習過程中，注重學習歷程、方法與策略，透過實踐力行的表現評量學習的成效。在世界經濟論壇（World Economic Forum，WEF）發表〈2023 年未來工作報告〉報告書提到，隨著 AI 及科技的發展，「分析和創意思維」和「技術使用」的重要性已大過於「記憶力」，顯示出未來這兩個能力將變得至關重要。本課程結合物理科與地球科學科教師團隊，不僅讓學生經驗課程的核心價值-科學探究歷程，亦透過科技輔助自主學習計畫，數位精進計畫的支持，體現四學模式，並習得 Office 文書與 google 雲端技能作為書面報告與合作工具，使教師成為一位輔助者，啟發學生自主學習態度，同時產出學習歷程檔案，所學所用應用於未來場域。

課程簡介

本章節將簡介本課程內容知識

一、飛機簡介與理論說明

射飛機是許多人幼時的玩具，也是畢業典禮、活動常用的道具，有的會尋找好的模板，或改變機翼寬度、機身長度的等等來享受摺飛機的樂趣，有的會對尖端「哈氣」或設計升降舵，期待可以射得更遠。紙飛機實驗是一個能立即調整變因得到成果與回饋的玩具，能引發學生正向其旭，並引發學生「問題出在哪裡？」的反思，是一個能誘發思考的優良工具。

以物理角度來看，飛行歷程中，飛機速度與飛行時間影響其射程距離。高中物理可

連結拋射運動，相關理論說明可參考因材網或相關物理學習平台。然拋射運動是以理想質點來推論，在學生的實驗中會發現與實際飛機發射有些落差。而影響飛行速度大小與時間長短的因素取決於「力」的大小，可以分下列五種力學影響其飛行：

1. 推力 (Thrust)

在飛機被拋出或射出向前的推力，大小取決於拋出時的力量，其發射仰角亦會影響其射程。而如何讓推力能有效減少阻力、提升升力，就會與結構有關。

2. 阻力 (Drag)

與空氣摩擦產生向後的阻力，拋射後會受道阻力而逐漸減慢飛行速度，因素與飛機不同折法產生的重心位置、機翼寬度、機身長度的、表面光滑度及飛行速度等等共同影響。

3. 升力 (Lift)

機翼前行並切過空氣產生向上的升力，其大小與機翼形狀、飛行速度及發射仰角等等有關。

4. 重力 (Gravity)

受地心引力向下的重力。因地表重力加速度近乎為固定值，重力大小主要取決於質量。

5. 側風力 (Lateral Force)

飛機左右移動的側風力，可能受外力、機翼形狀等而使飛機左右移動。在本課程中僅考慮起點與終點的位移，暫不討論側風力的影響。

解釋飛機飛行理論主流為康達效應，說明在特定角度下能取得最大的升力，也呼應飛機並非仰角 45 度射程最遠；相關論述可參考科學雙月刊於 2016 年 5 月 5 日的「白努力定理的誤解與錯誤應用」或其他相關文獻。

二、問題導向學習 (Problem-based Learning, PBL) 與 108 課綱探究與實作

問題導向學習 (PBL) 緣起於 1950 年代的美國醫學教育的學習形式，教師以真實的醫學問題作為課程內容，後來應用於科學、工程、社會等領域。讓學生透過分組，界定問題與逐步討論、研究並聚焦於要解決的問題，讓學生透過實際狀況進行規劃、省思、應用等多元面向，讓學生成為學習的主動者，於過程中不斷探究、學習、反思與分享，提升學習成效。

探究與實作 (Inquiry and Practic) 採以探究教學 (inquiry teaching)，將欲解決之問題或研究體現形成假設、決定變因 (操縱變因、應變變因及控制變因)、設計實驗與進行實驗操作等，視學生為主動建構知識的探究者，強調科學推論精神，教師扮演引導者角色，透過系統化設計探究任務，引導學生主動解決情境脈絡中的問題，培養學生獨立思考、問題解決能力與自主學習的能力，呼應核心素養的理念

三、數位科技應用與自主學習

AI 數位時代來臨，現今的工作與研究已離不開電腦與軟體的使用。本課程藉由 Tracker 進行科學探究，並訓練學生使用 google 雲端及文書編輯 office 完成任務。

tracker 是一個免費的影像分析與建模工具，能建立軌跡追蹤圖，於紀錄物體隨時間的變化，導出其軌跡曲線圖、以及速度、加速度於水平、垂直的變化等等。

google 雲端能多人共用編輯，自動做備份避免資料遺失；透過 office 進行數據整理與報告撰寫。Word 以小論文排版與編目撰寫，Excel 操作 Function 如平均、標準差，並繪製散佈圖，標記其標題、單位等。而 ppt 或 Canva 製作簡報，學習表達研究的重點，另外，本課程亦鼓勵生成式語言如 ChatGPT 來分析、討論報告內容，讓學生從中 AI 的回饋去省思自己寫的報告品質，過程中會與教師討論。

自主學習活動中，透過學生自學、組內共學、組間互學、教師導學的歷程，透過 classroom 提供學習內容與評量訊息，如課前觀看數位平台如均一、因材網等複習原理，使用數位平台 slido 蒐集學生變因，並透過問卷與課程設計，讓學生調整學習模式，提升交流與共享，使學生成果更加完整。

課程設計與內容

本課程以飛機為主題進行自然科探究與實作，希望在課程中提升科學思維，並操作數位軟體與工具，自主找資源去學習並完整研究，實踐求真求實的態度。在該課程設計下，教學目標如列：

- 一、在飛機實驗中，透過設計與實作來了解變因、數據收集、平均數及資料呈現，實踐科學研究的方法與精神，並對實驗產出的資料進行描述、推論與分析，撰寫成科學報告。
- 二、藉由實驗，將數據整理於手機、電腦的 office 文書與 google 雲端共用功能，並透過小組合作進行資料蒐集、討論、分析並圖表化，提升互信互重與問題解決之能力。

三、在分析與解決問題中，能透過自主學習去精進自我，提升數位學習的自發性與對科學真實的好奇心，成為學習的主動學習的行動者。

該課程規畫進行 5-6 周，每周 2 節。透過探究與實作的四個歷程：發現問題、規劃與研究、論證與建模、表達與分享去體現科學探究的歷程。其中在規畫與研究歷程，會進行紙本實驗設計、紙本數據報告的評量，而論證與建模歷程將審核實驗成果報告初稿，完成上述兩個歷程後，產出電子書面報告並製作投影片上台分享。

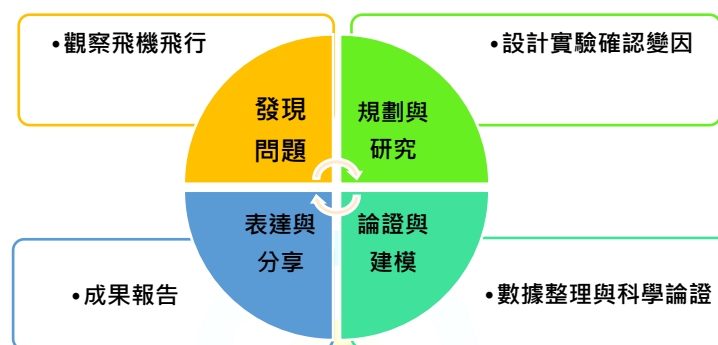


圖 1、進行飛機的的探究與實作課程設計。

下列將說明四個歷程之課程內容。

一、發現問題

課程開始前，學生已進行分組，學生課前觀看均一平台或因材網的拋體運動並完成測驗，並提醒每人準備一張紙。

以〈小飛象〉為動機，向學生提問：「想到飛，你會想到什麼？」透過開放性回答，引起對飛的想像，帶入依卡洛斯神話、飛行相關發明如竹蜻蜓與風箏、文藝復興之熱氣球、飛艇與飛機等等，介紹飛機的結構與力學。接著播放 2019 年 Red Bull Paper Wings 世界紙飛機大賽，讓學生看見選手的熱情與賽場盛況，激發學生同學折飛機立即競賽與觀察。

賽後，進入到 slido 進行變因討論後，提問：「這些因素會影響到飛機飛行，可是紙張大會比較好飛嗎？重心位置在哪裡比較對呢？」開始思考「如何進行實驗設計—變因的種類」，在說明規劃實驗時，提醒在本課程中，指定操縱變因要能數字化，例如說操縱變因為發射仰角時，可以得到不同仰角（操縱變因）下，其飛行距離（應變變因）的變化；若操縱變因為不同材質、白紙、卡其紙等無法數字化呈現，亦無法用物理的角度去解釋可能摩擦力、重力等去輔助，僅能做現象的描述。學生理解後，撰寫實驗預報，選擇紙飛機或（木製）手擲機為工具，撰寫可數字化的變因進行三種設計，例如發射仰角

為 30°、45°、60°等，教師審核通過後，開始製作實驗道具。

		
<p>上課狀況</p>	<p>Slido 拍攝畫面</p>	<p>Slido 之變因文字牆</p>
		
<p>製作紙飛機</p>	<p>手擲機修整</p>	<p>Classroom 公布消息</p>
		
<p>討論實驗變因</p>	<p>翻轉教學-手擲機製作</p>	<p>尋找資料</p>

二、規劃與研究

於 google 雲端建置各組 word/excel/ppt 模板並將連結發布在 classroom。開始介紹小論文格式及共用編輯功能。

於本歷程將進行實驗，要求學生透過平均數表達趨勢；並使用 tracker 建立軌跡圖客觀陳述實驗結果。本歷程會分成兩個階段，第一階段為蒐集實驗數據，第二階段為使用 Tracker 建立路徑軌跡圖。

(一) 第一階段·蒐集實驗數據

提醒在校內空曠無風的場地，並叮嚀事項

- (1) 要固定初始飛行高度。且每個飛機要飛 10 次，並取平均數。
- (2) 拍照記錄：如射飛機者、測量者、飛行狀況、共同準備過程等
- (3) 攝影紀錄：要使用 tracker 紀錄，因此發射方向與攝影方向為垂直關係。

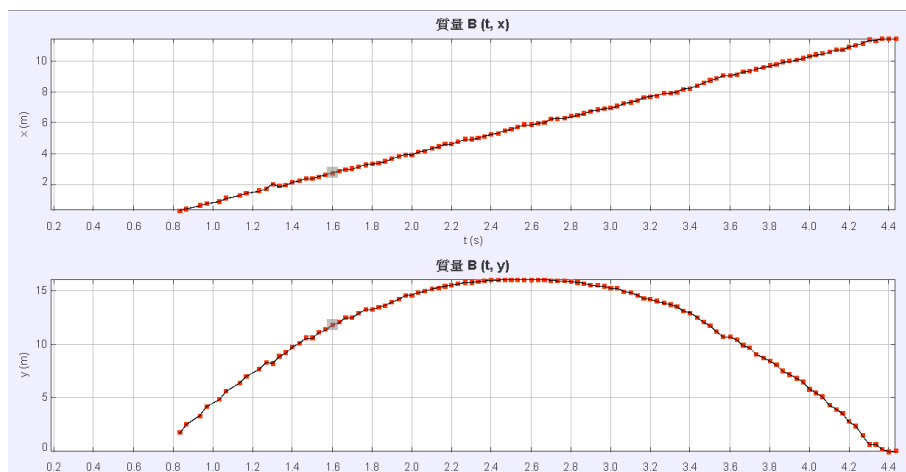
數據取得完成後，將資料數位化，並進行第一輪的回饋

- (1) 以文字與作圖的方式敘述說明飛行軌跡
- (2) word 書面報告：實驗動機、目的、原理、步驟等。
- (3) 使用 excel 整理數據並製作散佈圖
- (4) 小組討論實驗結果，並給教師審核，必要時要求加做實驗。

		
發射飛機實況	統計數據計算平均數	編輯文書軟體
		
取得數據	將紙本數據轉為數位	教師指導

(二) 第二階段·使用 tracker 建立軌跡圖

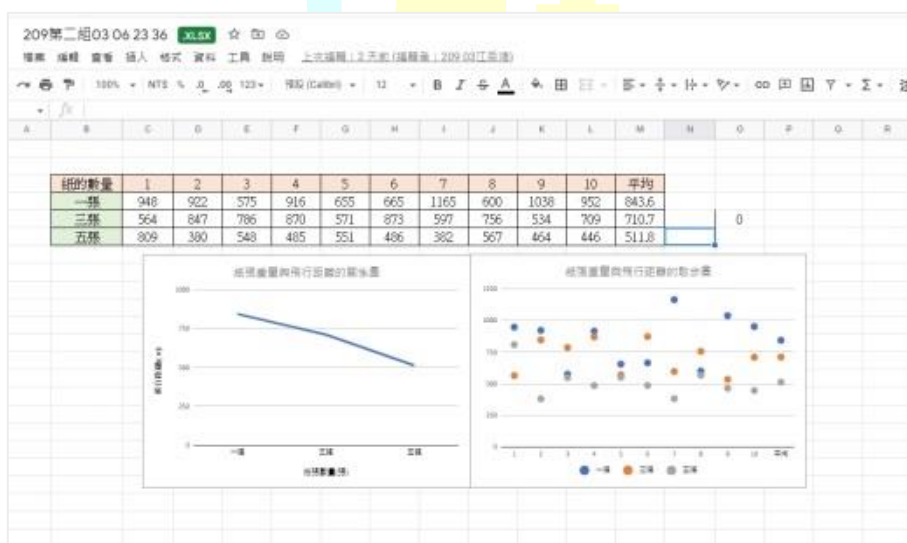
示範操作介面後，讓學生透過影片記錄去產出軌跡圖，建立出 x_t 及 y_t 圖，另鼓勵學生產出速度、加速度及擬和的圖表，該部分以自主學習為主，完成後上傳到雲端。



使用 tracker 建立時間軌跡圖

三、論證與建模

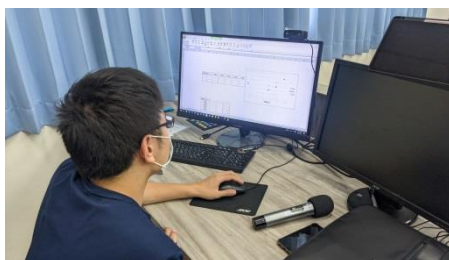
從上個歷程取得數據後，說明實驗結果、討論與結論。在討論部分，要求用詞精確，例如，量化並說明其實驗設計極限，如紙張設計 A3、B4、A4，需指定操縱變因與應變變因的範圍，而非說紙張越大，能飛得越遠。在結論部分，要說明從數據發現到什麼趨勢？原因是什麼，引導學生描述更加清楚。書面報告完成後，老師審核通過後開始設計上台報告。



學生操作製作圖表



學生建立圖表



審定學生作業

四、表達與分享

提醒上台報告的注意事項，如不要照著稿念、姿勢端正，報告開始時說大家好，我們是第 O 組，結束後要說謝謝大家等會因為緊張而忘記的事情後，進行抽籤分組上台分享。最後由教師進行總結，若仍有時間可操作 Windy 與 PhET 進行擴增學習。最後，每位同學建立學習歷程檔案並上傳。



學生報告與分享



學生利用無線投影器連接平板分享



操作 Windy



操作 PhET

教師省思與學生回饋

經歷探究與實作的歷程後，在學生質性課程回饋上，回應「可以自己動手製作東西感覺非常有趣。」「雖然重複實驗很累，但我喜歡從失敗中探索更好方法的過程做紙飛機很有趣，遇到疫情時，我們組員一起共同努力出來的成果真的很棒。」「因為全程都是自己 and 組員一起做的，雖然要想很多，很費腦，但也是收益良多」。從上述回饋中，可以顯示紙飛機引起學生的樂趣，並且在小組合作中獲得許多正向回饋並共同努力完成。

在教師回饋上，學生回應「謝謝老師對於我們實驗的過程及報告提出疑問，使我更加的了解自己的錯誤或不足。」「感謝老師的教導，學到了很多。」「老師很用心在看我們的報告，也跟我們很多意見，讚啦！」「老師很嚴格，作為督促學生來說很不錯:)」可以看見教師提供學生的挑戰，透過設計，能讓學生相信自己以前雖然沒有做過，但在小組及教師的幫助下，我有能力完成這件事情。

最後在技能回饋中，他們回應「設計、操作與進行實驗。」「

撰寫實驗原理、實驗討論、實驗結論等內容。」、「製作書面報告（WORD）的文書技能。」、「製作平均數與圖表的文書技能。」、「對實驗進行科學思考或批判討論。」都有大幅度的提升，顯示出本課程不僅提升學生科學思辯與探究能力，亦讓學生習得數位工具技能，獲益良多並且在未來能繼續使用。

總結

本課程設計希望透過脈絡化的飛機探究與實作，導入數位工具應用，讓學生不僅經歷探究歷程引起對科學探究的好奇心與行動力，亦在科學描述、研究設計與思維的能力有感受到進步。從上述回饋中，可以呼應出質性回饋有達到教學目標。因此，在本課程的延伸，邀請學生參與相關研習如探究與實作融入小論文，讓學生得到更多的支持，建立畢業後也能使用的技能。

然而在課程設計中，我們雖期許能讓學生參與小論文，然受到報告水準較高、課堂時間需要更多及學生意願等，僅能鼓勵部分高動機高意願組別參與並花費額外時間完成；另一方面，為減緩學生考試壓力，課程作業皆在課堂上完成，若遇到時數不足，必要時會降低訓練數位科技的部分，回歸探究與實作的課程本質。

整體而言，學生回饋本課程滿扎實的，在數位技能上獲益良多，有畢業生回饋說寫報告跟做文書處理的能力比學長姐還厲害，備感欣慰。期許本課程的影響力會像他們射出的飛機又長又遠，在未來的歷程中，能更加成長茁壯。



學生發射飛機



小組共同競賽飛機競賽

江通達
國立苗栗高級中學教師