

先理論、後模擬：運用物理公式 x AI 推導生活常見現象

為使學生透過深度實作，記憶與推導抽象物理公式，教師於校訂專業必修的【物理】課程中融入探究式教學設計。教師以拋物線運動為題，結合實體實驗數據與 AI 程式建模驗證，令學生學習公式推導、變因分析與實驗誤差修正等方法，再以生活中的物理現象為探究專題，學習建立實驗假設、步驟設計、實驗實證、問題修正等完整流程，使理論課程所學內容得以活化應用。

課程基本資料			
授課教師	鄭鈺潔	教學單位	光電工程系
課程名稱	物理（校訂專業必修 / 3 學分）	修課人數	53
欲解決的教學現場問題	多數學生覺得物理課偏向公式與計算，難以連結生活情境，導致學習興趣不高，傳統講述法又多以教師為主，學生多被動聽講，缺少提問與討論的機會，導致學習效果有限。希望運用探究式教學中「從真實現象出發、透過實驗與推理建構知識」的特性，來改善學生在物理課上被動學習、只背公式不理解原理的問題，並藉動手實驗、AI 輔助數據處理與程式運算的整合，令學生能主動參與並深化對加速度概念的理解，同時培養科學探究、運算思維與跨領域應用能力。		
探究標的設定			
主題情境	在日常生活中，拋物線運動的現象隨處可見，如投擲的籃球、拋出的石子或噴泉水柱。學生可從中提出多元探究議題：為何水平與垂直方向的運動可以分開討論？拋體軌跡與初速度、角度之間有何關係？如何利用攝影與程式提升數據分析的精度？加速度是否在不同方向上有差異？藉此引導學生從觀察、實驗到數據分析，進一步理解拋物線運動規律與加速度定律的形成。		
探究議題	結合實驗、程式與 AI 輔助的拋物線運動加速度探究，欲探究議題擬列如下： 1.質量是否會影響下落速度？ 2.下落速度與時間的關係為何？如何推導加速度？ 3.空氣阻力在拋物線運動演什麼角色？ 4.實驗數據與理論值 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 的誤差從何而來？		
探究三步驟			
1.引導探問	教師先在課堂上展示一段物體拋射的慢動作影像，詢問學生：「如果我們只能透過手機錄影或肉眼觀察，該如何精確證明這個物體在空中的加速度是常數？」 接著，教師向學生說明本週的 Rubrics，重點在於他們如何整合實驗、程式與 AI 這三種工具來解決這個問題。 教師引導學生將「物體掉落」這個簡單事件，拆解成水平與垂直方向的物理意義，並鼓勵他們思考生活中還有哪些看似雜亂的運動（如籃球投籃、水管噴水）也能用		

	相同的方式進行探究。
2.促進探查	<p>教師要求各組篩選出一個探究議題，例如「不同重量物體在拋射中受空氣阻力對加速度的影響」。隨後，學生開始動手實驗獲取數據，並利用 AI (如 ChatGPT 或 Gemini) 輔助撰寫程式，將實驗測得的位移與時間數據繪製成圖表。</p> <p>教師指導學生如何下達精確的指令，讓 AI 幫忙優化運算邏輯，透過程式進行二階導數運算來提取加速度。學生必須反覆對照「AI 生成的程式結果」與「手動推導的物理公式」，來驗證數據的合理性。</p>
3.總結回饋	<p>各組的探究報告繳交後，教師將課程一開始發給學生的 Rubrics 製作成同儕互評表發給各組。</p> <p>教師讓各組輪流上台報告其探究成果，學生可以選擇深入論證「如何利用程式與 AI 精確還原拋物線加速度」的實驗方案，或是分享他們運用相同的物理分析方法 (如運動學規律與數據擬合) 自行找出的生活探究主題。</p> <p>教師要求下一組要針對報告組別的邏輯提出問題與回饋，例如針對拋物線主題詢問：「你們在請 AI 寫程式時，是如何下指令來修正實驗錄影產生的數據誤差？」或是針對自主探究主題詢問：「你們如何將觀察到的生活運動現象，拆解成程式可以運算的物理變因？」在台下聽的學生則需在互評表上根據數據分析的嚴謹度、AI 工具運用的合理性進行評分，並留下具體評語。</p> <p>最後，教師總結強調，無論是研究拋物線加速度還是自行發掘的生活現象，核心都在於學會將複雜的動態事件拆解為物理意義，並鼓勵學生持續運用這套「實驗數據 + AI 程式建模」的方法，去探索更多未知的科學議題。</p>

Rubrics 檢核

Rubrics 設計	此 Rubrics 用來評量學生的「問題解決」能力。				
		表現優良 (4)	表現良好 (3)	表現尚可 (2)	尚待加強 (1)
	定義問題	能綜觀證據和所有相關情境因素，並具深度洞察力、清楚地定義問題的能力	能綜觀證據和所有相關情境因素，並能清楚地定義問題的能力。	開始能運用大部分的證據和所有相關情境因素，但僅能粗淺地定義問題。	無法辨別相關情境因素、定義問題。
	識別策略	針對特定情境，能識別多種適用的解決方法。	針對特定情境，能識別多種的解決方法，但僅部分適用。	針對特定情境，僅能識別單一適用的解決方法。	針對特定情境，能識別多種的解決方法，但皆不適用。
	提出解決方式或假設	所提出的一種以上的解決方法/假設，顯示對問題有深度性、全盤性的了解。其解決方法有多方面審慎考慮：道德層面、邏輯性、文化層面。	所提出的一種以上的解決方法/假設，顯示對問題有全盤性的了解。其解決方法有多方面審慎考慮：道德層面、邏輯性、文化層面。	提出現有的解決方法/假設，而分針對指定/特定情境。	提出的解決方法不明確，而難以衡量，且無法直接顯示問題癥結點。

	評估可能的解決方式或解決方式的可行性	能透徹地深度全盤評估解決方法(例如:完整的詮釋):考慮問題的脈絡、審視邏輯性、檢察解決方法可行性、衡量解決方法的影響力/後果。	能全盤評估解決方法(例如:完整的詮釋):考慮問題的脈絡、審視邏輯性、檢察解決方法可行性、衡量解決方法的影響力/後果。	能概要評估解決方法(例如:完整的詮釋):考慮問題的脈絡、審視邏輯性、檢察解決方法可行性、衡量解決方法的影響力/後果。	能粗淺評估解決方法(例如:完整的詮釋):考慮問題的脈絡、審視邏輯性、檢察解決方法可行性、衡量解決方法的影響力/後果。
	執行解決方法	能針對問題,執行解決方法的方式能滿足、符合不同面向/層面的因素。	能針對問題,執行解決方法的方式僅能符合問題表象因素。	能針對問題,執行解決方法的方式僅能符合問題本身,而無考量其他面相因素。	能針對問題,執行解決方法的方式無法直接對應問題本身。
	鑑定、評估結果	針對與問題相關的執行結果全盤性地檢討,並能審慎考量,明確提出未來改善的需要及建議。	針對與問題相關的執行結果檢討,並能提出一些未來改善的需要及建議。	針對與問題相關的執行結果檢討,並能少許未來改善的需要及建議。	僅能針對與問題相關的執行結果檢討,未能提出未來改善的需要及建議。
使用方法	<p>為了深化探究式教學的成效,教師採取「評量引導學習」的策略。</p> <p>在課程開發階段,教師預先將 Rubrics 量表中的各項指標進行解構,將抽象的評分項目轉化為與主題緊密結合的具體問題與情境選項,確保學生能直觀地理解探究目標。</p> <p>於課程正式開始前,教師向學生詳細說明這套量表,明確界定各階段的評分標準,使學生在探究過程中能以此作為準則進行自我檢核與修正。</p>				
應用成效	<p>學生對此提出以下想法:</p> <p>1.以前看評分量表都覺得那是老師的事,文字很抽象。但這次老師先幫我們把上面的選項拆開來,換成我們聽得懂的話,對照著無人機跨海的任務來解釋,我才發現:『喔!原來這個選項是在講我們推導的公式正不正確。』這讓我一開始就知道要做什麼,比較有代入感,不會覺得是在寫考卷。</p> <p>2.以前小組討論常會為了誰的對、誰的錯吵架,但這次有這張量表在旁邊,大家就事論事。我們會對著量表問:『我們這段程式碼有符合「變因量化」這一項嗎?』或是『這張能耗圖畫得夠不夠清楚?』它讓我們學會自己檢查自己的作品,上台報告前心裡也踏實很多,因為我們知道老師在意的是什麼。</p>				
學生回饋					
探究心得	<p>1.老師的教學方法讓我對物理產生興趣,也讓我知道要用在哪裡。</p> <p>2.透過這些直觀的方式可以讓我更加了解物理的原理。</p> <p>3.很感謝老師讓我用不同的方式上我過去覺得無聊的物理課。</p> <p>4.老師用 geogebra 讓我們可以直觀看到數值圖形,很受用。</p>				

- 5.讓我知道我自己在實驗設計的缺陷，課程非常有意義。
- 6.老師可以多多分享更多課外的知識，例如熵的概念還有地球如何反饋能量的思辨題，都很好玩。
- 7.我覺得老師用的教學工具都能讓我更認識物理課的內容，而且老師也很耐心帶我們手把手學習物理，讓學習更輕鬆。
- 8.謝謝老師一學期的指導，我本來對物理真的沒什麼興趣，透過做專題且和老師討論後，我對物理又產生一點興趣了。
- 9.我覺得老師的引導式教學提供了我很多物理生活情境的想法。

探究成果

1.界面活性劑對水表面張力影響之探究

小組以「為何用水清不掉，清潔劑就可以？」為題，探討界面活性劑對水表面張力的影響。小組運用水滴進行表面張力實驗，逐一驗證不同種類與不同濃度的界面活性劑對水滴的表面張力影響，同時將實驗驗證所得的數據結果與理論互相參照，以補述理論模型在實驗操作上的可能限制。

2.簡易雙狹縫干涉

小組以「光的波動性質」為題，嘗試透過測量雙狹縫干涉間距，觀察光通過狹縫後的波動行為。小組透過規劃實驗步驟與自製實驗器材，觀察雷射光通過器材後的擴散現象，同時運用程式模擬相同條件下應出現的理想結果，進以互相參照實驗數據。依據實驗結果，小組雖未能觀察到理想的明暗干涉條紋，但有觀察到明顯的繞射現象，顯示光在通過狹縫後確實會產生波動行為，與程式模擬結果一致，驗證其理論模型的正確性。

3.抽桌布實驗

小組以「抽桌布」為題，研究力度、材質、位移量、接觸時間等項目可能產生的動摩擦力，並建立簡化模型來量化摩擦與接觸時間之間的關係。小組蒐羅不同材質與重量的物品，運用自行設計的滑輪組控制抽離動作，再使用手機的慢動作攝影功能錄製過程，藉以取得不同物品的測量數值。儘管實驗設計受到桌面與材料表面粗糙度不均、拉力並非定值、接觸時間與位移量測仍有不確定性等因素影響，但考量摩擦係數會受接觸狀態影響，並非嚴格常數，讓研究結果仍呈現合理範圍內之分散。



教師採取「先理論、後模擬」的策略，帶領學生從物理公式推導出發，並利用程式自動化計算複雜變因。學生也針對不同探究主

題，運用現有資源探討物理量的驗證，並透過數據圖表進行邏輯辯證，體現跨學科知識整合與自主學習的成效。

計畫整體回饋

<p>學生學習狀況 或成效變化</p>	<p>執行計畫後，學生的學習成效產生了明顯的質變。原本對物理公式感到疏離的學生，在結合手機錄影實驗與 AI 程式運算後，展現出高度的自主性。學生不再只是機械式地套用拋物線公式，而是能主動利用 AI 輔助優化程式邏輯，將錄影得到的座標點轉化為精確的運動曲線。這種從「觀察現象」到「數位建模」的過程，讓學生在掌握物理學重力加速度概念的同時，也鍛鍊了跨領域的運算思維。</p> <p>此外，學生的表達與論證能力也有顯著提升。在成果報告與互評階段，各組學生能針對實驗數據與理論模型間的誤差進行專業對話，並具體說明如何透過 AI 修正程式錯誤或調整物理變因。從被動聽講轉變為主動探究，學生不僅對物理原理的理解更加深刻，更學會了如何運用科技工具解決複雜問題，從他們能自主提出多元化的探究議題（如空氣阻力、不規則運動建模）便可看出，學生已具備將所學遷移至未知情境的科學探究能力。</p>
<p>後續會如何使用探究式教學 優化課程設計</p>	<p>之所以會考慮持續採用探究式教學，主要是觀察到這種模式能提供傳統講述法較為缺的「實作深度」。在這次結合實驗、程式與 AI 的過程中，教師發現當學生需要動手解決問題時，他們對於物理公式的理解不再僅限於記憶，而是會為了讓程式順利執行而主動去釐清背後的邏輯。這種因需求而產生的學習主動性，確實比單純聽講來得扎實。</p> <p>後續預計導入波動光學課程。因為這門學科中如干涉、繞射等現象極其抽象，學生往往難以單憑想像理解其相位變化。透過這次執行「拋物線探究」的經驗，教師發現結合數位工具能有效將抽象概念可視化。在未來的課程設計中，教師計畫讓學生不僅觀察實驗現象，更能利用程式模擬光波的疊加過程。</p>
<p>對探究式教學 計畫的期許與 建議</p>	<p>後續可思考如何將此教學模式模組化，觀察 AI 工具對學生在物理探究邏輯上的影響。做法上可嘗試納入更系統化的學習歷程紀錄，並細化 Rubrics 量表以適用於更多元的物理單元，藉此評估學生在數位輔助下，對於科學論證與數據分析能力的成長狀況。</p>