

2026 台灣 AI 教育年會教學應用投稿文件

主題名稱：AI 賦能個人化物理模擬：打造「每位教師的專屬 PhET」

設計者：江長屹

設計理念

一、AI 應用設計的起點與問題陳述

在物理教育的發展歷程中，模擬教學已被廣泛證實能有效縮短學生的認知路徑。然而，現有的模擬工具如 PhET，儘管在科學嚴謹性上無庸置疑，卻面臨著客製化程度不足與在地化教學情境脫節的挑戰。許多教師在面對特定考試標準或特定學生迷思時，往往找不到完全契合的模擬資源。

「AI PHYSICS」平台的創立動機源於對一線物理教師教學需求的深度觀察。在傳統的物理課堂中，教師常因無法視覺化抽象現象而感到焦慮。例如，當講解電磁感應中的冷次定律或熱力學中的氣體分子運動時，單憑語言描述或黑板上的靜態繪圖，很難讓學生建立起對「場」或「隨機運動」的動態感知。

隨著生成式人工智慧技術的成熟，特別是如 GPT-4o 或 Claude 3.5/3.7 等大型語言模型展現出卓越的代碼生成能力，開發物理模擬程式的門檻被大幅降低。這激發了設計者的靈感：如果每位老師都能透過與 AI 對話，在短短幾分鐘內生成一個專屬的物理模擬頁面，那麼「教材」將不再是靜態的複印本，而是可以根據教學現場即時「長出來」的生命體。

物理學科學習效能低下的根源，可以精確歸納為以下四個維度，這也是本 AI 應用設計的核心打擊目標：

- 1. 情境抽象化難以想像：**物理學中許多現象發生在微觀領域（如光電效應中的電子躍遷）或超大規模領域（如雙星引力振盪），這超出了人類感官的日常觀察範圍⁴。AI 模擬能透過 3D 建模與視覺化技術，將這些不可見的現象轉化為可觀察的實體。
- 2. 理想狀態與現實現象的差異：**中學物理通常假設真空、無摩擦的「理想世界」，但學生在生活中觀察到的是受空氣阻力與摩擦力影響的「真實世界」。當理論與生活脫節，學生的學習動機便會下降⁴。AI 模擬應能提供一鍵切換參數的功能，讓學生直觀對比理想與現實的軌跡差異。
- 3. 概念過於抽象需要具體呈現：**諸如簡諧運動（SHM）的相位關係、拉格朗日點的引力平衡等概念，涉及多變量的動態交互作用。透過 AI 生成的交互式控制面板，學生可以手動調整變量，從而掌握其中的因果律。
- 4. 數據圖的不理解需要動態呈現：**物理公式反映的是變量間的函數關係，而數據圖（如 v-t 圖或能量分佈曲線）是這種關係的幾何體現。學生常因看不懂圖表與運動過程的聯繫而

受挫。本設計強調圖表與動畫的「強同步」，即模擬點移動的瞬間，圖表上的對應座標點同步閃爍。

目前教育界嘗試解決上述問題的方法多依賴傳統實驗或通用型模擬器，其具體局限性如下表所示：

現有方法	主要解決手段	局限性與限制
傳統實體實驗	物理教具、實驗室器材	設備昂貴且維護困難；受實驗誤差與環境干擾嚴重；無法展示微觀或抽象場域（如電場線）。
靜態媒體教學	課本圖片、PPT 動畫、YouTube 影片	缺乏互動性；學生只能看不能做；無法針對特定問題調整參數，學習路徑單一。
通用型模擬器 (如 PhET)	HTML5 模擬程式	雖然科學嚴謹，但內容固定；無法針對特定在地化考題（如奧林匹亞）進行擴展；開發門檻極高。
人工撰寫代碼開發	JavaScript, Three.js 程式設計	只有極少數具備程式背景的教師能參與；開發週期長（20-40 小時），難以應對日常教學更迭。

二、設計中的創新與獨特想法

本設計的核心創新點在於透過 AI 的「提示詞工程」將複雜的物理演算轉化為教師可理解、可修改的指令流，進而實現「打造每個老師的專屬 PhET 網站」之願景。

傳統的物理模擬開發需要跨學科的工程師團隊，而本設計則將開發主權交還給教師。其創新點體現在以下三個層面：

1. **結構化物理提示詞框架**：針對物理學的嚴謹性，設計了一套「物理-技術雙校準」的提示詞模板。教師僅需在 AI 界面輸入特定物理參數，AI 即可自動生成具備正確數值解法的代碼。
2. **物理奧林匹亞級別的動態模擬建模**：不同於市面上僅提供基礎物理現象的工具，「AI PHYSICS」網站展示了針對複雜競賽題目（如 2026 年物理奧林匹亞-體操選手模擬）的動態建置能力。這證明了 AI 在處理高度非線性力矩與角動量守恆問題上的巨大潛力，讓最頂尖的物理難題也能視覺化。
3. **無代碼環境下的數位雙生實踐**：透過整合 Three.js 等 3D 渲染技術，AI 生成的不再只是平面動畫，而是具備物理屬性的「數位雙生體」。這讓學生在虛擬環境中進行的實驗操作，具備了對應現實物理定律的預測能力。

「AI PHYSICS」與其他模擬網站（如傳統 PhET）的本質差異如下表：

評估維度	傳統模擬平台 (PhET 等)	本設計 (AI PHYSICS 教學應用)
開發速度	專業團隊數月開發	教師配合 AI 在 5 分鐘內生成原型。
客製化程度	內容固定，不可修改	隨時調整參數、新增功能，對接明日課堂需求。
教學對接性	偏向通用原理探究	精確對接學測、物理奧林匹亞等高階考評。
互動模式	預設的按鈕與滑桿	AI 驅動的「蘇格拉底式」智慧導引與動態反饋。
技術架構	閉源或半開源	全面擁抱 HTML5/JavaScript 數位開放生態系。

為了實現「具體呈現抽象概念」的目標，我們在設計中引入了多種先進的數值計算方法與視覺化技術。

- **動態數值積分**：在處理如「含空氣阻力的拋射」或「雙星互繞」等問題時，AI 輔助生成的代碼利用歐拉法（Euler method）或龍格-庫塔法（Runge-Kutta）即時求解微分方程。這確保了模擬動畫的每一格運動都嚴格遵守牛頓運動定律 $F=ma$ 。
- **光線追蹤視覺化**：在光學模組中，我們利用代碼精確計算每一條入射光線的折射路徑。例如，在「海市蜃樓」模擬中，AI 生成的代碼模擬了糖水密度梯度導致的折射率 n 連續變化，從而清晰展現出光線彎曲的物理真實感⁴。

三、具體成效

本計畫目前聚焦於**教師端教材資源賦能**，旨在驗證 AI 如何協助物理教師突破技術壁壘，將傳統靜態講義轉化為高品質的**互動式模擬教材**。

透過 AI 賦能開發流程，我們針對「傳統代碼開發」與「AI 輔助開發」在產出相同物理模擬模組的時間成本進行了對比。量化數據顯示，開發效率呈現數量級的增長：

評估指標	傳統人工代碼開發	AI 賦能開發 (本計畫模式)
單一模擬模組產出時間	20 ~ 40 小時	2 ~ 5 分鐘
跨學科主題生成路徑	需專業工程師介入	教師即可自主生成
修改與迭代反饋時間	數小時至數天	數秒鐘 (即時對話修正)
每週節省準備時間	基準值 (0 小時)	4 小時以上 (33% 教師回饋)

量化結果證明，本計畫能讓教師從數位資源的「消費者」躍升為「設計師」，在極短時間內完成針對特定考題的客製化模擬，解決了現有模擬平台內容固化的侷限性。

另外再質化賦能效益可歸納以下幾點：

1. 從「平面靜止」到「時空連續」的認知跨越：

傳統講義圖表（如 $v-t$ 圖）僅能顯示結果，而動態模擬則能展現「過程」。而動態視覺媒介在解釋涉及運動或連續過程的物理概念時，效果顯著優於靜態圖片。

2. 作為理論與現實橋樑的「模型修正感」：

傳統靜態圖表難以同時呈現理想與現實的差異。本計畫產出的模擬器允許一鍵切換「空氣阻力」或「摩擦係數」，讓學生直觀感受到理論假設（理想世界）與生活觀察（現實世界）的動態關聯，這是靜態圖片無法提供的探究深度。

3. 減輕大腦的「數值演算負擔」：

動態模擬能代替學生進行繁雜的數值演算（如歐拉法積分），讓學生能專注於觀察變量間的物理邏輯（如：為什麼增加質量會影響終端速度？），強化其獨立分析與邏輯思考能力，補足了學生數學工具不足的限制。

4. 教學現場的即時互動性與自主性：

相較於講義圖片的「單向傳遞」，AI 生成的模擬網頁具備高度互動性。教師能隨時根據學生提問調整參數，這種「所見即所得」的反饋機制極大地提高了課堂的參與度與學生探究的留存率。

四、設計應用時若有參考或使用到下列資源，請依實際狀況填寫

在開發與驗證「AI PHYSICS」平台的過程中，我們整合了多項學術理論、開源工具與數據資源，確保應用的專業性與可推廣性¹⁰。

為了確保模擬的高效能與跨裝置相容性，本應用主要採用了以下技術棧：

技術類別	具體工具/框架	應用說明
生成式 AI 模型	Gemini 3 pro	負責將自然語言描述轉化為精確的 JavaScript 代碼。
圖形渲染庫	Three.js, P5.js	處理 3D 環境建模與 2D 動態繪圖。
網頁託管平台	Netlify, GitHub Pages	提供即時發佈、持續整合與教師專屬模擬網站的承載。
物理計算引擎	Rapier, Matter.js	在 AI 生成的代碼中嵌入高效能的物理碰撞與受力演算。
開發者輔助工具	VS Code, Cursor AI	輔助教師進行代碼微調與本地化驗證。

學術論文：

- Ben-Zion 等人 (2025)：《利用生成式人工智慧快速生成教育用物理模擬》(Leveraging AI for Rapid Generation of Physics Simulations)。
- Finkelstein 等人 (2024)：《PhET 模擬在科學教育中的影響力報告》。

教學法架構：

- **5E 學習環**：參與 (Engage)、探索 (Explore)、解釋 (Explain)、精緻化 (Elaborate)、評鑑 (Evaluate)。
- **探究與實作 (Inquiry-based Learning)**：對應台灣 108 課綱的核心精神。

模擬試題來源：

- 歷年物理奧林匹亞競賽 (IPhO) 題庫。
- 大學入學考試中心 (CEEC) 分科測驗、學測模擬試題、市售講義。

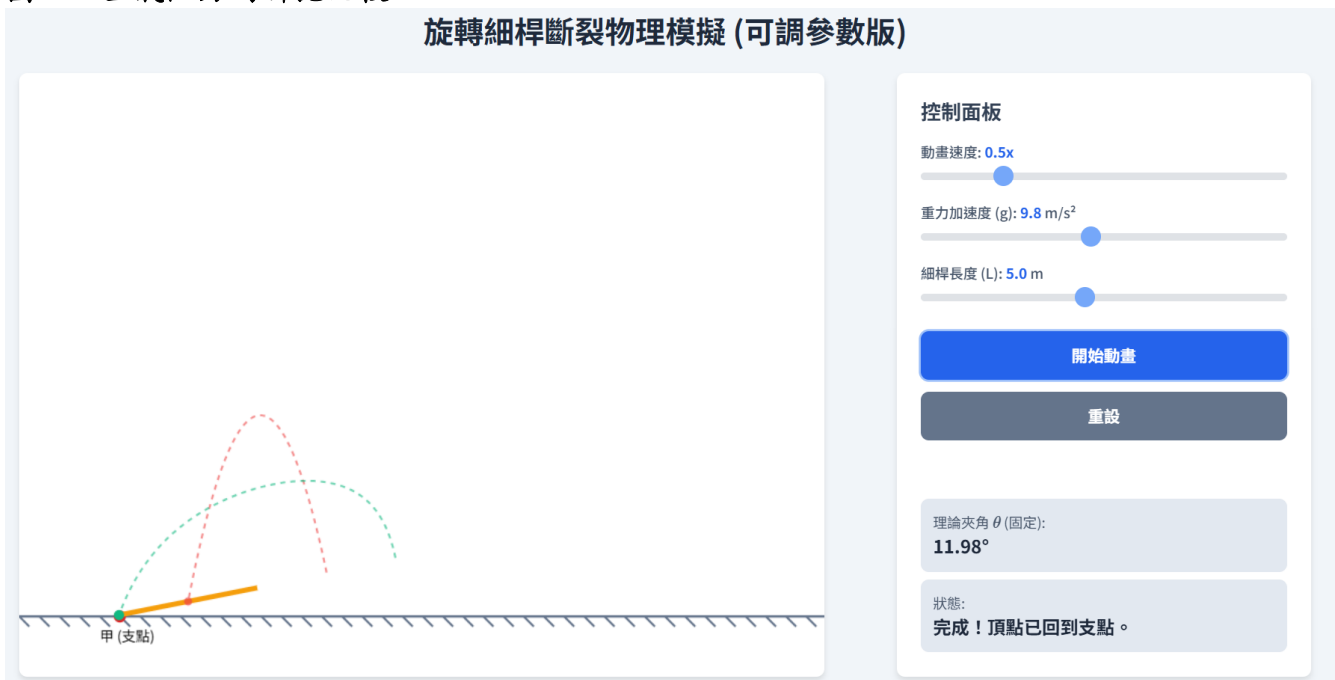
五、「附件或相關照片說明」請視需要提供佐證資料

模擬網站網址：

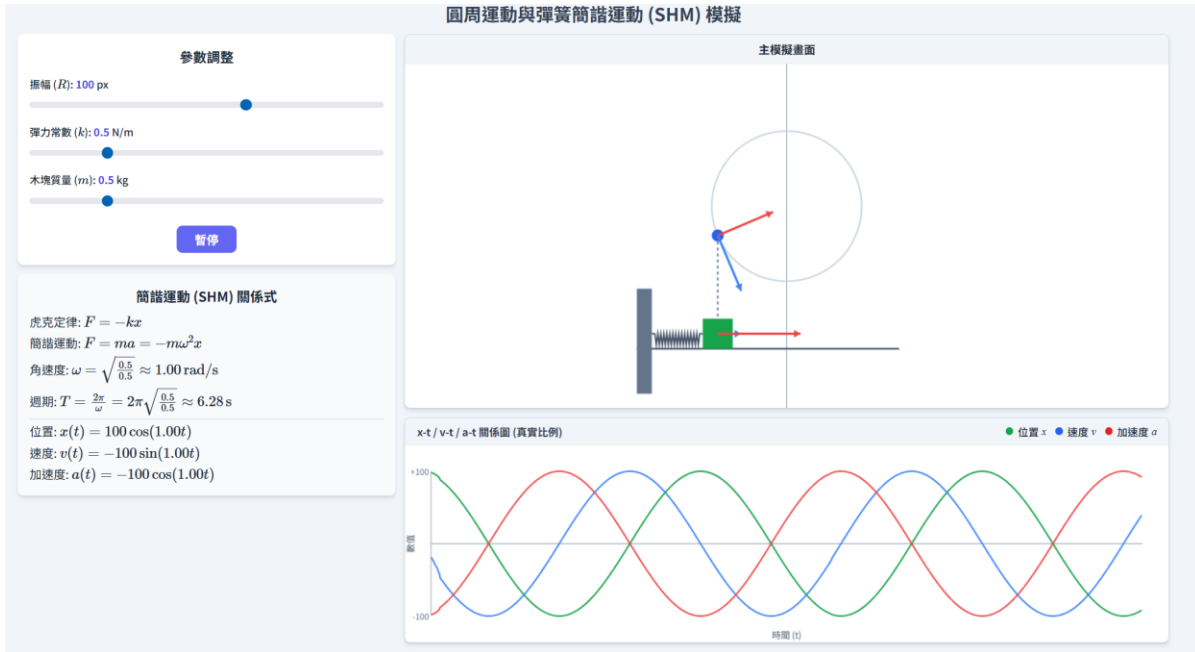
<https://dapper-churros-ce9855.netlify.app/>



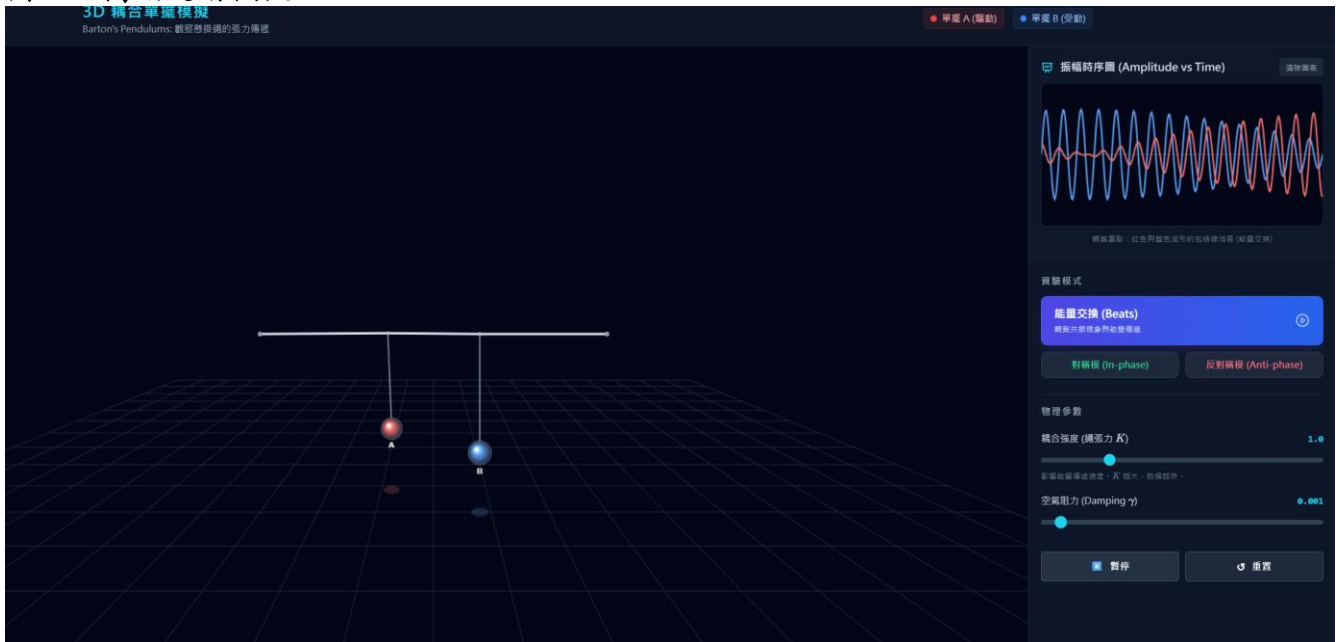
圖一 空氣阻力的斜拋比較



圖二 2023 物澳初選試題



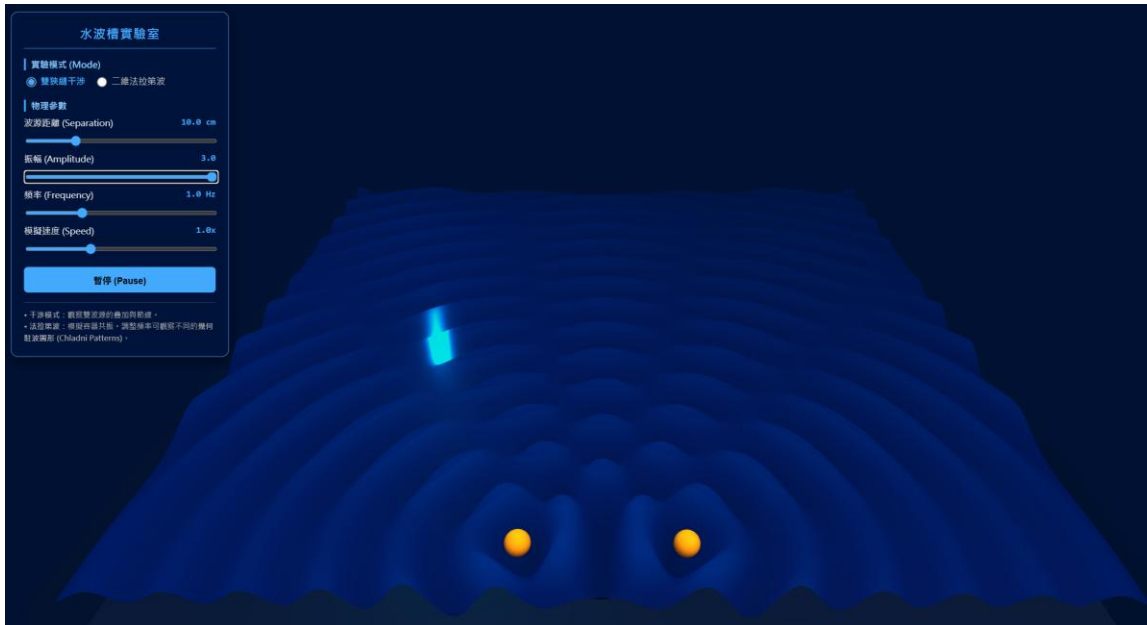
圖三 簡諧運動模擬



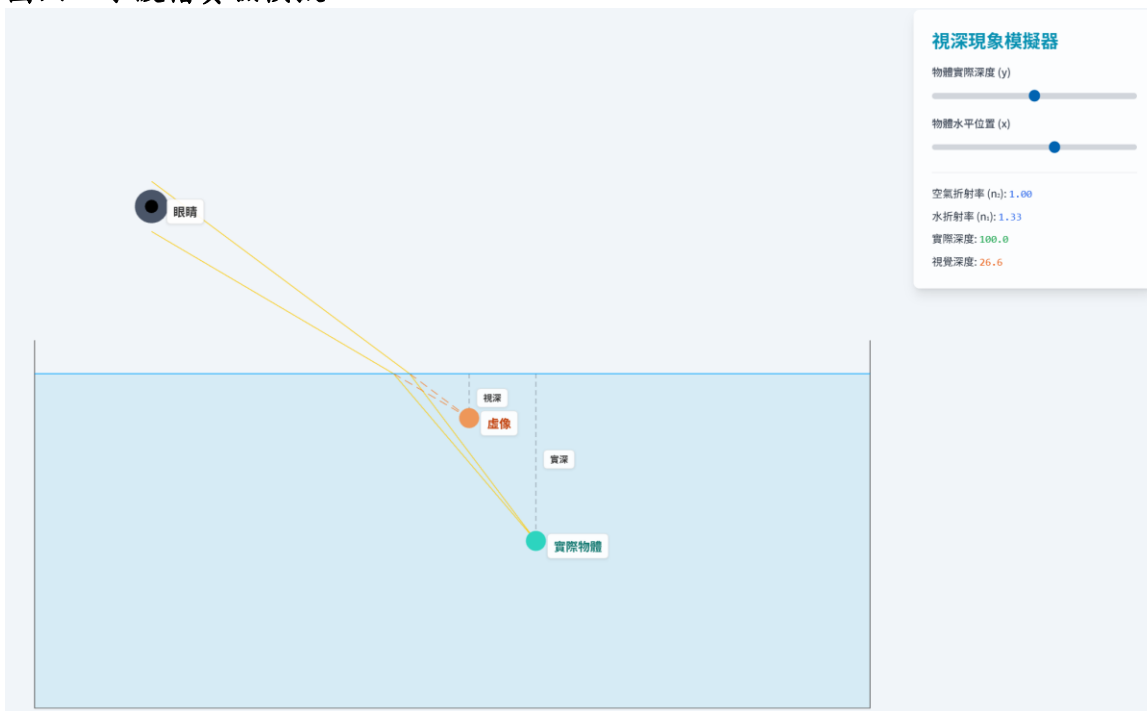
圖四 耦合百模擬



圖五 卡文迪西實驗模擬



圖六 水波槽實驗模擬



圖七 視深光徑圖模擬

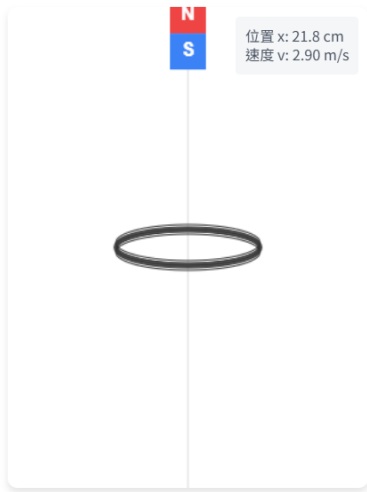


圖八 亥母霍茲線圈實驗模擬

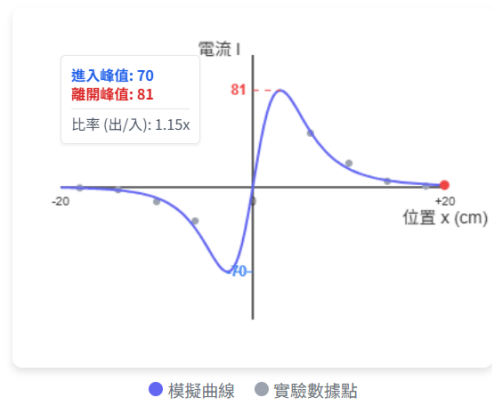
電磁感應：磁鐵加速運動模擬

實驗數據對照：離散點為實驗測量值，曲線為理論模擬值。

實驗模擬



數據圖 I-x (電流 vs 位置)



加速度 (a)

2.0 m/s²

重新開始

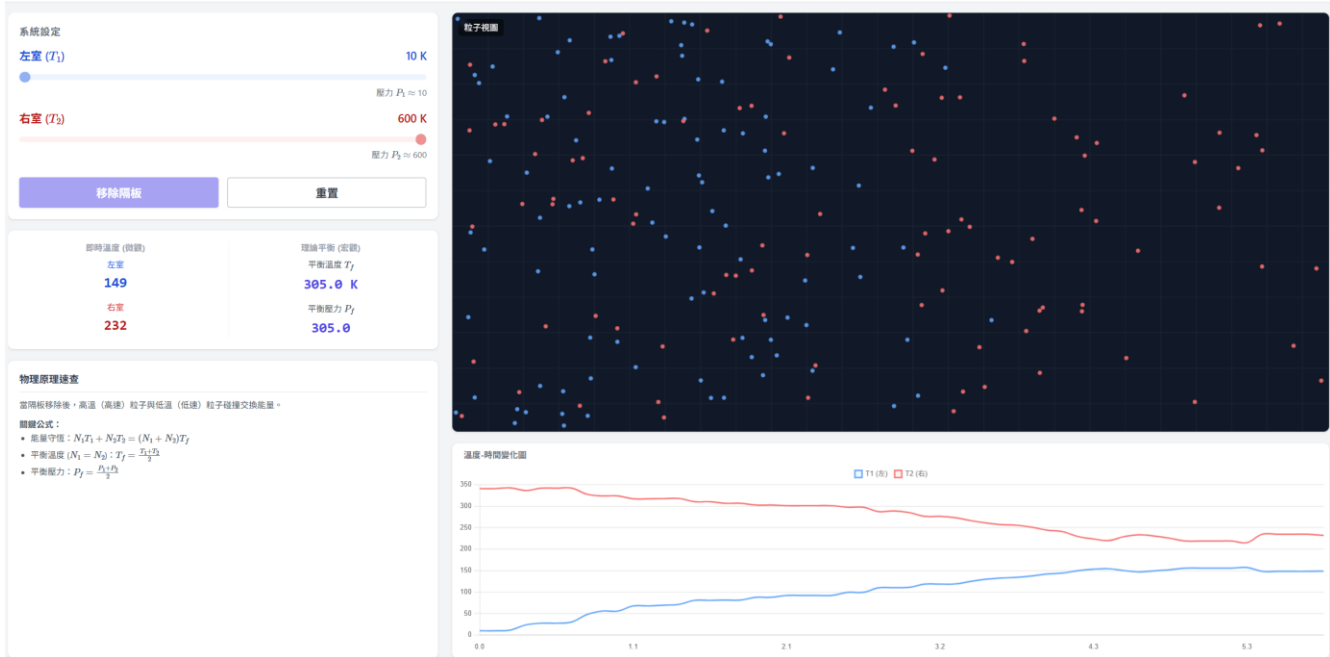
重置

顯示參考數據

圖九 115 學測試題

熱平衡模擬 (Thermal Equilibrium)

理想氣體熱自由膨脹與熱交換模擬



圖十 熱平衡分子視角模擬

橡皮筋彈力模擬實驗

v2.0 Multi-Mode

探究 串聯 vs 並聯 的物理特性差異

單一

串聯

並聯

1000 g

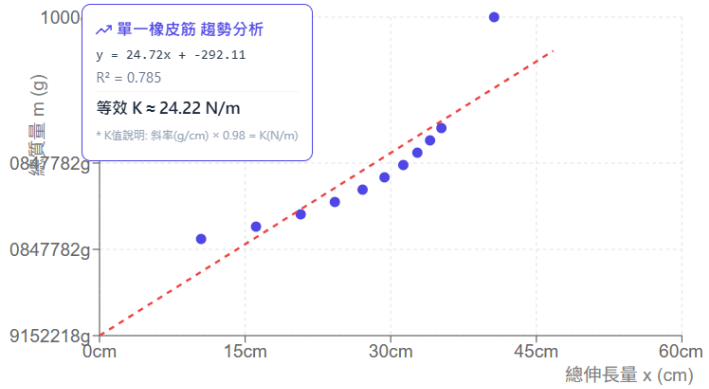
總掛重

40.6 cm

伸長量



實驗數據比較圖



數據記錄表

分析目前模式

* 說明：表格中的 K 值係針對單次測量數據計算 ($K = F / x$)，即割線模數。

模式	質量 M (G)	總外力 F (N)	總伸長量 X (CM)	K = F/X (N/M)
單一橡皮筋	100	0.98	10.46	9.4
單一橡皮筋	150	1.47	16.12	9.1
單一橡皮筋	200	1.96	20.72	9.5
單一橡皮筋	250	2.45	24.24	10.1
單一橡皮筋	300	2.94	27.1	10.8

圖十一 數位探究實驗開發-橡皮筋的虎克定律