

2025仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

複賽作品說明書

隊伍名稱： 氫望未來

作品名稱： 氫望未來，綠能發電新世代

科學概念1： 氫燃料電池的電化學原理與質子交換膜原理

氫燃料電池的運作基於電化學原理，主要依靠氫氣和氧氣之間的氧化還原反應來釋放電能。在負極，氫氣被氧化，釋放電子並產生氫離子。這些電子流經外部電路，形成電流，從而提供電能。而氫離子則通過電解質到達正極，與氧氣結合生成水。將氫的化學能轉換為電能的過程就是氫燃料電池能夠發電的核心機制。質子交換膜燃料電池是一種以含氫燃料與空氣作用產生電力與熱力的燃料電池，無需加壓或減壓，以高分子質子交換膜為傳導媒介，發電後產生純水和熱。

科學概念2： 吉布斯自由能在氫燃料電池的應用

吉布斯自由能是熱力學中用來描述系統在恆溫恆壓下能做的最大有用功的概念。在氫燃料電池中，吉布斯自由能的變化決定了氫氣與氧氣反應釋放的能量。理論上，氫燃料電池的能量轉換效率可以達到100%，即所有自由能轉化為電能。但實際中，由於內部阻力（如電解質導電性損失）和熱損失（如熱輻射或熱傳導），能量轉換效率低於理論值。熱力學分析仍對預測實際系統性能和設計優化至關重要。透過計算吉布斯自由能變化，能夠瞭解氫燃料電池的理論效率，並有助於提升實際應用中的能源轉換效率。吉布斯自由能的分析對能源系統設計和環境可持續發展具有重要意義。

複賽作品說明書內文

一、發想動機

「防止地球暖化，各國為減碳奮鬥！」這是現今社會上一句耳熟能詳的標語，在永續及淨零碳排的壓力下，目前台灣政府採取天然氣發電作為主力取代高碳排的燃煤發電，現今台灣面臨了電力供需失衡的狀態，再加上石化能源資源不足，這種情況下我們該如何取得電力保持工業及民生用電的安全？隨著全球能源需求不斷增加與環境污染日益嚴重，為了保障我們的下一代也能有一個健康的生存環境，尋找潔淨且可持續的能源來源已成為當前社會的重要課題。我們發現氫能源是一種高效、零碳排放的能源形式，不僅能減少對化石燃料的依賴，而且在產生電力的過程中對環境的污染也相對較少，所以，決定以「**氫燃料電池感測模型**」為主題參加仰望盃全國科學實作大賽，研究氫能源技術的應用，讓更多人重視永續能源的發展，推廣綠色能源理念，並實現 SDGs 的永續發展目標。

1. 提升對清潔能源的關注符合 **SDGs 7**（可負擔的潔淨能源）
2. 探索綠色能源技術，推動可持續發展符合 **SDGs 9**（產業創新與基礎建設）
3. 回應對全球能源短缺與因應氣候變遷影響符合 **SDGs 13**（氣候行動）

二、作品創意性

本作品創意在於採用可再生能源的氫技術，設計一款結合理論與實踐的環保燃料電池模型，並以 ESP32 控制器作為系統核心，打造具教育與技術應用價值的多功能平台。

（一）核心技術與原理

1. 氫氣產生與利用：透過電解水技術分解水（ H_2O ），產生純氫氣（ H_2 ）與氧氣（ O_2 ），以此作為燃料電池的反應物。此過程將電能轉換為化學能儲存。在燃料電池中，氫氣與氧氣反應釋放電能（逆向轉換），副產物僅有水與熱能，實現真正零排放的綠色能源利用。
2. 吉布斯自由能分析：利用吉布斯自由能（ ΔG ）的公式計算能量轉化效率，並探索其與溫度、壓力等條件的關係。推論及驗證一般燃料電池所能達到的開路電壓都會低於1.23V。
3. ESP32控制功能：(1)數據監測：採用多種感測器，即時監測燃料電池的電壓（Voltage）、電流（Current）、溫度（Temperature）、氫氣流量（Flow rate）等關鍵參數。(2)互動控制：透過 ESP32 控制 LED 燈光效果（如模擬信號強度）與風扇轉速，模擬能源在真實應用場景中的用途，例如冷卻系統或小型風力發電模擬。(3)數據視覺化：配備 LCM 顯示器，顯示運作數據，並可將數據傳輸至雲端進行進一步分析。

4. 模組化設計：系統採用模組化設計理念，各功能單元（如燃料電池模組、感測器模組）可自由組合與擴展，適合進一步研究與技術開發。

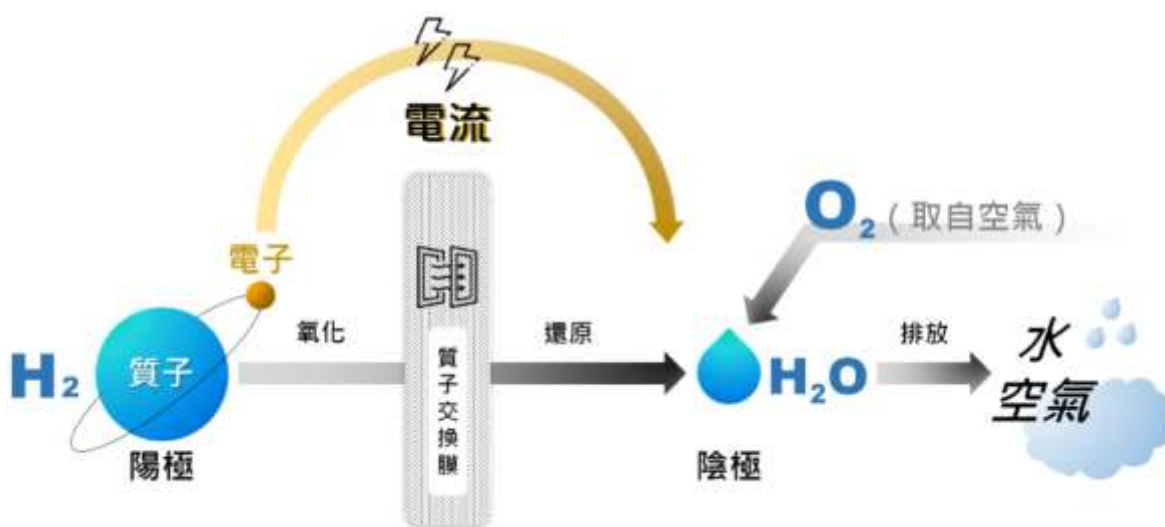
(二)創意亮點

1. 教育推廣友好：作品設計以簡單、直觀的操作為基礎，適合在教育場閤中用作教具，幫助學生理解燃料電池技術及能源轉化原理。

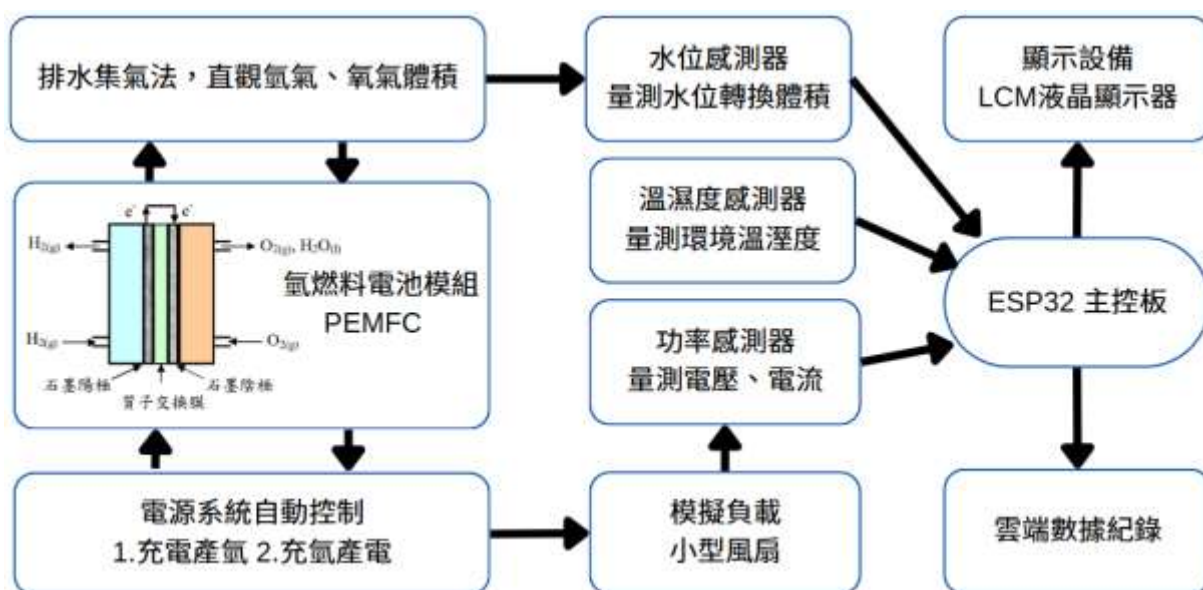
2. 永續能源模擬：作品模擬氫能在未來能源應用中的真實場景，如家用供電、車載能源系統等，展現氫能源的實用潛力。

3. 成本效益與環保結合：使用常見的電子零件（如 ESP32、LED 及各類型感測器）降低製作成本，提升普及性，同時強調可再生能源的重要性。

4. 創新應用場景：結合互聯網技術，實現數據的遠程監控與雲端管理，打造智慧型氫能源管理平台。



三、硬體及電路架構圖



四、作品成果說明

本作品主要是以氫燃料電池模組為核心，搭配多種感測器和模擬負載，透過 ESP32主控板進行資料處理與顯示，並將資料儲傳至雲端進行紀錄分析。

(一) 實驗數據結果分析

主題一：比較鋅+硫酸與鋁+氫氧化鈉反應中，水溫與光照強度對產氫效率的影響

實驗一：探討硫酸鈉與鋁+石墨棒反應中，水溫對產氫效率的影響

實驗記錄：9V，0.15mA，72 克的 Na_2SO_4 加 1000ml 的水

水溫對產氫影響實驗紀錄表

試驗編號	金屬種類	酸鹼種類	水溫 (°C)	結束時間	氣體體積 (mL)	備註
1	Al+石墨棒	Na_2SO_4	50	300	0	有明顯氣泡
2	Al+石墨棒	Na_2SO_4	55	300	0	較於上一個, 有明顯氣泡
3	Al+石墨棒	Na_2SO_4	80	300	0	較於上一個, 有明顯氣泡

實驗二：探討硫酸鈉與鋁+石墨棒反應中，光照強度對產氫效率的影響

光照強度對產氫影響實驗紀錄表

試驗編號	光照強度 (lux)	太陽能電壓 (V)	環境溫度	光源	水溶液 (°C)	氣體體積 (mL)	反應時間 (秒)	備註
1	0	0	27	黑布遮光	x	x	x	
2	338	2.61	27	室內自然光	32	0	300	些許氣泡
3	110000	6.8	29	戶外陽光	32	0	300	反應微小, 但比室內好

實驗二：探討鋁與氫氧化鈉反應中，水溫對產氫效率的影響

實驗記錄 9V，0.15mA，20克 NaOH 加1000ml 的水

水溫對產氫影響實驗紀錄表

試驗編號	金屬種類	酸鹼種類	水溫 (°C)	結束時間	氣體體積 (mL)	備註
1	鋁	NaOH	50	300	0	有明顯氣泡產生
2	鋁	NaOH	55	300	0	更多明顯氣泡產生
3	鋁	NaOH	80	300	0	更多明顯氣泡產生, 且快速

實驗二：探討鋁與氫氧化鈉反應中，光照強度對產氫效率的影響

光照強度對產氫效率實驗紀錄表

試驗編號	光照強度 (lux)	光源	水溫 (°C)	氣體體積 (mL)	反應時間 (秒)	備註
1	0	黑布遮光	25	0	300	無明顯反應
2	500	室內自然光	25	0	300	正常反應
3	120000	戶外陽光	25	0	300	最快反應

結果分析：

在實驗一中，我們發現水溫對製氫效率具有顯著影響。隨著水溫升高，氣泡產生的速度與數量同步增加，顯示水溫與產氫效率呈正比關係。這是因為高溫會提升電解液的導電性，進一步加快離子移動速度，使溶液整體導電率提高，電流更容易通過，從而促進電解反應效率，產氫速度明顯提升。

在實驗二中，我們利用太陽能板轉換光能為電能，再進行電解產氫。結果顯示，光照強度越高，太陽能板輸出電壓越高，產氫效率越佳。然而，我們觀察到第二代設計的集氣盒因體積過大，導致氫氣無法快速聚集，氣體在裝置內部流動緩慢，無法順利通過排水集氣法收集，使得即使產生了氫氣，也無法有效觀測與記錄。

為了解決此問題，我們計畫設計第三代集氣裝置，將盒子整體體積與空間容量縮小，使氫氣產生後能更迅速聚集，提升氣體流通效率，進而改善集氣困難的情況。此優化設計預期將能更準確反映光照強度對太陽能產氫反應的實際影響，並提高整體實驗的可靠性與效率。

第三代容器實驗結果與分析

水量(ml)	Na ₂ SO ₄	電壓	電流	溫度(°C)	產生氫氣(ml)	花費時間(分)
650g	40g	23v	2.1A	30	15	3 分 35 秒 09
650g	40g	23v	3.2A	30	100	5 分到 6 分

實驗結果發現：

在我們最初進行水電解產氫實驗時，選用了氫氧化鈉（NaOH）作為電解質。然而，在實驗過程中，我們發現使用 NaOH 時的產氫效率不如預期，且電源供應器的輸出數值常出現不穩定現象，因此決定暫時不進行數據紀錄。在持續嘗試與觀察後，我們想到可以改用硫酸鈉（Na₂SO₄）作為替代電解質。實驗結果顯示，Na₂SO₄ 可順利產生氫氣，並且透過排水集氣法快速有效地收集到所需氫氣，成功完成實驗並取得穩定數據。

完成實驗後，我們開始思考一個重要問題：「為什麼強鹼性的 NaOH 反應效率反而不如中性的 Na₂SO₄？」經過查找資料，我們得知，NaOH 雖具高導電性，但由於其強鹼特性，容易腐蝕碳棒、鋁或其他金屬電極，導致電極表面發生副

反應，進而降低產氫效率。相較之下， Na_2SO_4 為中性鹽，對電極幾乎沒有腐蝕性，能長時間穩定進行電解反應，且較不易產生氣泡附著或電極污染等問題。

此外，我們也發現，電解液的導電能力並非產氫效率的唯一關鍵。雖然 NaOH 的導電能力較強，但副反應、氣泡堆積與電極劣化等因素會使實際產氫效率下降。而 Na_2SO_4 雖導電性略低，但其反應過程穩定，系統整體效率更高。因此，在本次實驗中，選用 Na_2SO_4 作為電解質展現出更理想的結果。

主題二：以乾電池及太陽能板送至 PEM 質子交換膜產氫效率實驗

PEM 質子交換膜產氫實驗紀錄表

編號	產氫電源	儲氣時間 (秒)	氫氣用量估 算 (mL)	光照強度 (lux)	電流 (mA)	功率 (mW)	備註
1	乾電池 (3V)	60	10		280	840	開始供氣
2	太陽能板	300	0	407	1.78	0.89	室內光
3	太陽能板	300	0	4090	8.9	4.4	室外陰影處
4	太陽能板	300	1.5	41100	2140	7.1	室外陽光處

實驗結果發現：

1. 乾電池產氫效率高，僅用 60 秒即可產生 10 mL 氫氣，發電電壓高達 3V，電流 280mA，功率 840mW，表現最佳。
2. 太陽能產氫受光照影響顯著：
 - 在室內光或陰影處時，幾乎沒有產生可用氫氣 (0 mL)，即使儲氣時間長達 300 秒。
 - 陽光充足時 (室外陽光處)，產氫達 1.5 mL，功率達 7.1 mW，但仍遠低於乾電池的 840 mW。
3. 光源強弱直接影響太陽能產氫效率與發電能力：
 - 室內光與陰影下幾乎無產氣效果。
 - 室外陽光下有顯著改善，但仍有限。

結論：不同產氫方式對燃料電池發電表現的影響

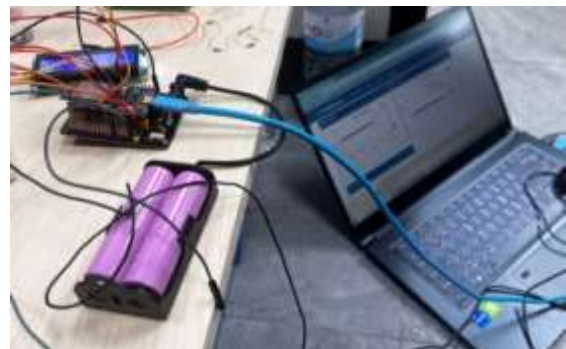
1. 乾電池電解產氫穩定且效率高，短時間內產生大量氫氣，導致燃料電池輸出功率高。
2. 太陽能電解產氫依賴光源強度，表現波動大。在自然光不足時幾乎無法產氫，導致電池幾乎無法發電。
3. 燃料電池的發電表現明顯受產氫量影響，氫氣量越多、電壓與電流越穩定，功率越高。

實驗過程

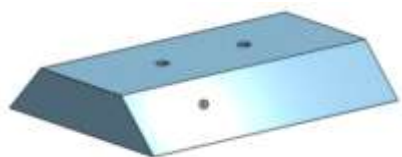


(二)作品成果

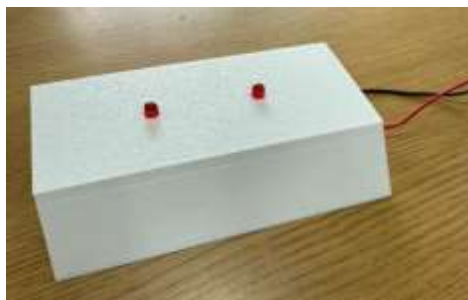
1. 能源資料監控：量測氫燃料電池的溫度、電流、電壓、功率與氣體流量，提供完整的運作資料。
2. 模擬負載測試：利用 LED 和小型風扇模擬電池的實際應用場景，分析燃料電池的輸出效能。
3. 資料紀錄與視覺化：透過 LCM 液晶顯示器即時顯示資訊，並將資料傳送雲端，方便後續分析和研究。



(三) 教具設計及產氫實驗



LED 教具設計圖



LED 教具成品圖



小型風扇教具設計圖



小型風扇教具成品圖



第一代產氫實驗器

缺點：使用過程中出現明顯漏水現象，顯示其密合度不足，無法有效密封。所以沒有拿來做實驗。



第二代產氫實驗器

缺點：內部壓力過大，導致氫氣無法正常排出，影響實驗效果。



第三代產氫實驗器

目前使用之教具設計改良後，內部壓力適中、密合度良好，能夠正常產生與排出氫氣，運作穩定。

(四)應用及發展

可作為教學示範，展示氫燃料電池的原理與性能，適用於小型可攜式氫能源設備的研發。進一步朝下列三個方向發展：

- (1)精確資料處理：確保分壓模組與感測器的校準精確，避免測量誤差。
- (2)能源管理：提升電能轉換效率分析，研究如何提升燃料電池的輸出效能。
- (3)雲端整合：配合 ESP32 的 Wi-Fi 功能，設計即時上傳資料到物聯網平台，實現遠端監控。

本作品電池供電的部分，未來可以加入綠能(如太陽能、風能、人力等發電)供電，達到完全綠色發電能源網。



五、參考文獻

網路資料：氫能源儲能應用 <https://reurl.cc/1Xk42Y>

網路資料：綠色環保——簡易氫氧燃料電池 <https://reurl.cc/RL9lrZ>

網路資料：什麼是永續發展目標 SDGs ? <https://reurl.cc/oVKe9l>

網路資料：燃料電池成運輸淨零要角 <https://reurl.cc/05Rp0A>

YouTube：臺灣的能源之路 <https://reurl.cc/Y4k630>

簡易氫氧燃料電池的設計與教學應用 黃寶鈿 國立臺灣師範大學化學系。

黃朝榮、林修正(2003) 燃料電池的心臟-電極膜組。科學發展，367，26-29。

國立台灣大學工學院機械工程學研究所 碩士論文 燃料電池電動車混合電力系統之研發 方為弘 著作，第二章 2.1-2.1.4。

水電解氫氧離子圖片來源：https://www.drishtiias.com/daily-updates/daily-news-analysis/laser-carbon-to-produce-hydrogen/print_manually