

「創新教學」執行成果報告撰寫說明

一、計畫執行成果報告撰寫應包含下列各項：

項 目	說 明
1. 報告封面	形式可自行設計，唯應含範例內文字（範例一）。
2. 目錄	形式可自行設計，唯應含範例內文字（範例二）。
3. 整體計畫執行成果報告表	制式表格，請按表填寫 （範例三）。
4. 年度計畫執行內容與成果說明	形式可自行設計（範例四），惟應含括下列項目： (1) 教學問題。 說明：請以在教學上所遭遇之問題或未來在教學上所面臨的挑戰，明確詳述教學實務上欲解決之問題與背景。 (2) 教學目標。 說明：請提出能具體提升學生自主學習、資訊科技、人文關懷或跨領域關鍵能力之教學目標。 (3) 教學設計。 說明：請說明教材教法、課程設計之創新性及獨特性，且須與課程之教學目標相符。 (4) 計畫成果。 說明：請明確陳述為提升學生關鍵能力所發展之教材、教學教法、評量工具或課程內容。 (5) 參考文獻。 說明：請使用 APA 格式撰寫。 (6) 計畫執行影像集錦。 (7) 其他（說明：上述未盡事宜）。

二、格式

1. 報告格式不拘，請根據創意發想，自行設計（範例格式，僅供參考）。

2. 參考範例：

全文格式：A4 大小。

內文格式：字型中文：標楷體、英文：Times New Roman

字體：標題 16、內文 14。

3. 頁碼：請以數字標記在每頁下方。

書脊

報告封面

國立中正大學 113 學年度第 1 學期
深耕計畫補助創新教學成果報告

物理化學（二）

計畫主持人：林群欽

化學暨生物化學系

中華民國 113 年 12 月 31 日

國立中正大學深耕計畫創新教學成果報告

目錄

- 成果報告表
- 年度計畫執行內容與成果說明
 - 壹、教學問題
 - 貳、教學目標
 - 參、教學設計
 - 肆、計畫成果
 - 伍、參考文獻
 - 陸、計畫執行影像集錦

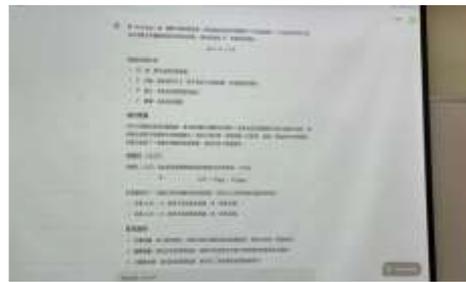
國立中正大學 113 學年度第 1 學期深耕計畫補助創新教學成果報告

表

執行單位	化學暨生物化學系		分項計畫	1-2 智慧化精準學習及數位教學
計畫主持人	林群欽			
計畫聯絡人	林群欽			
計畫名稱	以生成式 AI 工具協助理解熱力學概念			
計畫成果摘要	量化成果	<p>說明：（一）學生使用生成式 AI 以口語表達焓的分數在使用前後明顯改善，3 分（高水準理解）的比例從 16% 提升至 46%，而 1 分（低水準理解）則從 16% 降至 8%。進一步分析顯示，38.5% 的學生進步 1 分，46.2% 的學生保持原分數，7.7% 的學生因回答簡化退步 1 分。（二）學生問卷結果顯示，生成式 AI 在「快速理解基本概念」和「即時解答問題」方面得分最高（平均 4.18 和 4.41 分），但在「激發學習興趣」方面得分較低（2.79 分）。多數學生對 AI 工具的操作感到容易，但部分學生仍遇到技術困難（平均 2.53 分）。</p> <p>結論：（一）生成式 AI 能有效幫助學生提升對焓的理解，但效果因學生的表達方式和使用策略而異。它在幫助學生提升學習效果方面有潛力，但需更多指導以支持學生充分發揮其優勢。（二）生成式 AI 在提升學習效率和基礎概念理解方面表現良好，但在激發學習熱情上效果有限。未來可透過進一步的指導與技術支持，提升其在教學中的應用價值。</p>		
	質化成果 (1000 字以內)	<p>質化資料來自學生與生成式 AI 關於焓的對話逐字稿，進一步揭露了不同學習者在使用 AI 工具時的行為模式與學習過程。分析顯示，學生的提問主要集中於五種類型，包括基礎概念介紹（27%）、課堂問題延伸（56%）、概念連結（4%）、澄清 AI 回答（9%）以及簡化回答（4%）。大多</p>		

數學生將生成式 AI 視為快速查詢工具，進行基礎問題的解答，而僅少數學生展現了進階學習行為，例如提問與兩個概念間的關聯性或要求 AI 澄清模糊概念。這代表儘管生成式 AI 具備輔助進階學習的潛力，但學生的使用方式仍侷限於簡單的查詢。此外，對於英語提問的學生與中文提問的學生相比，互動數量稍有減少，這可能與語言障礙相關。質化資料顯示了學生與 AI 互動的多樣性與限制性，為教學設計提供了優化方向，例如加強學生在 AI 工具使用中的引導與進階學習技能培養。

成果照片與說明
(請放置辦理活動及購置設備之照片，至少四張)



成果自評與建議
(200 字以內)

雖然生成式 AI 的大幅進步僅是這兩年的事情，但學生已對於這工具已十分熟悉。然而，受限於過往教育與學習的經驗，學生仍習慣用條列或是較為制式的提問由 AI 取得資訊，並未發揮生成式 AI 的最大效益。本人在課程中讓學生使用 AI 協助理解並表達焔的概念時，並未了解與預期學生的使用情況，未來在執行相關計畫時，會提供學生使用指引，以提高成效。

備註	由於本學期課程適逢颱風數次 停課，因此授課進度大幅落後，因此僅有一次機會能在課堂與學生共同使用 AI 進行討論。
----	--

壹、教學問題

化生系四大核心課程為有機化學、無機化學、物理化學（物化）與分析化學，其中物化因為仰賴大量數學來描述與化學相關的物理現象，成為大部分學生最排斥的科目。這些數學公式原本是希望利用明確的定義來討論更抽象的物理意義。然而，學生常因看到複雜數學公式而畏懼，不僅疏於理解數學操作所描繪的物理性質，對於真正的物理意義更是一知半解。因此，本人在授課過程中，會有意識地降低數學給學生帶來的障礙，並著重於物理意義的解釋與討論。課堂中，會製造大量機會讓學生試著描述相關的物化現象。然而，因為這些物化概念過於抽象或陌生，或因學生表達能力有限，大多數學生在講述時，常常無法完整且明確地描述相關的物化現象。最終造成了無法透過數學推演，也無法利用語言描述物化原理的窘境，喪失了溝通科學的基本能力。

近年來生成式 AI 飛躍式發展，已對教學現場及學生的學習方式產生劇變。雖然學生了解生成式 AI 可能產生的錯誤，但他們仍可能在有意或無意的情況下，全盤接收其資訊並以此繳交作業。這除了可能帶來學術誠信問題，長久下來，還可能使學生過度依賴這些工具，喪失獨立思考的批判能力。然而，本人認為若能引導學生恰當地使用這些 AI 工具，將可大幅提升他們闡述與溝通物理化學概念與科學知識的能力。

貳、教學目標

本計畫將利用生成式 AI 來幫助改善學生在闡述熱力學概念時的口語和書面表達能力。

參、教學設計

本計畫分為兩部分執行，第一部分是希望學生能透過與生成式 AI 對話，改善對於熱力學抽象概念的表達。在 11/14 的課堂主題是焓（enthalpy），我先按過往的上課方式解釋其概念後，再將修課的 59 名學生以 4 人為原則，分為 13 組，請一自願組別經小組討論後，上台講述他們所理解關於焓的最完整描述，然後再請他們在台上與 chatGPT 互動以更進一步的了解焓的概念後，經小組討論後再重新講述一次所理解的焓。其餘為上台的 12 組，則是利用錄音的方式，紀錄使用生成式 AI 前後的表達。

第二部分則是希望學生能透過不斷追問生成式 AI 的方式，了解熱力學抽象的概念。這部分的執行則是在課堂上講解熵（entropy）的概念後，向學生強調務必追問生成式 AI 問題直到自己認為理解為止，若過程中生成式 AI 有提供其他的資訊是自己不確定或無法理解的，也務必一同追問理解，這部分為 12/5 的課後作業。

肆、計畫成果

我們將 13 組學生在與生成式 AI 對談前後的錄音，轉錄為逐字稿，並進一步以三分量表對學生的描述焓的表達進行評分：

- 1 分：對於焓概念不正確或僅片面描述焓。
- 2 分：僅描述焓的定義，缺乏進一步地說明或延伸。
- 3 分：描述焓的定義，並可以或試圖進一步地說明或延伸。

以下為代表性的三組學生在與生成式 AI 對談前後的逐字稿以及評分：

代表組別一

使用生成式 AI 前：

當壓力保持不變的時候，系統吸收或釋放的能量。(1 分)

使用生成式 AI 後：

在等壓條件下，Enthalpy 就等於系統的能量，然後還有分吸收或放出的熱能還有系統對外面做的 PV 功。(2 分)

代表組別二

使用生成式 AI 前：

Enthalpy 的定義是在定壓下熱的變化，在定壓下只有給予系統一部分的能量，然後系統會再對外做功。(2 分)

使用生成式 AI 後：

焓是在討論定壓時熱量的變化，當壓力固定的時候，能量會以熱的形式傳入系統，有一部分的热量，用來增加系統本身的內能，然後另外一部分的热量，會因為系統本身的體積沒有顧固定而用於系統對外做功，所以焓等於末狀態的內能，加上系統對外做的功減掉初狀態的內能，加上系統對外做的功。也就是說，焓只與初狀態還有末狀態有關，跟路徑是沒有關的，所以焓是一種狀態函數。(3 分)

代表組別三

使用生成式 AI 前：

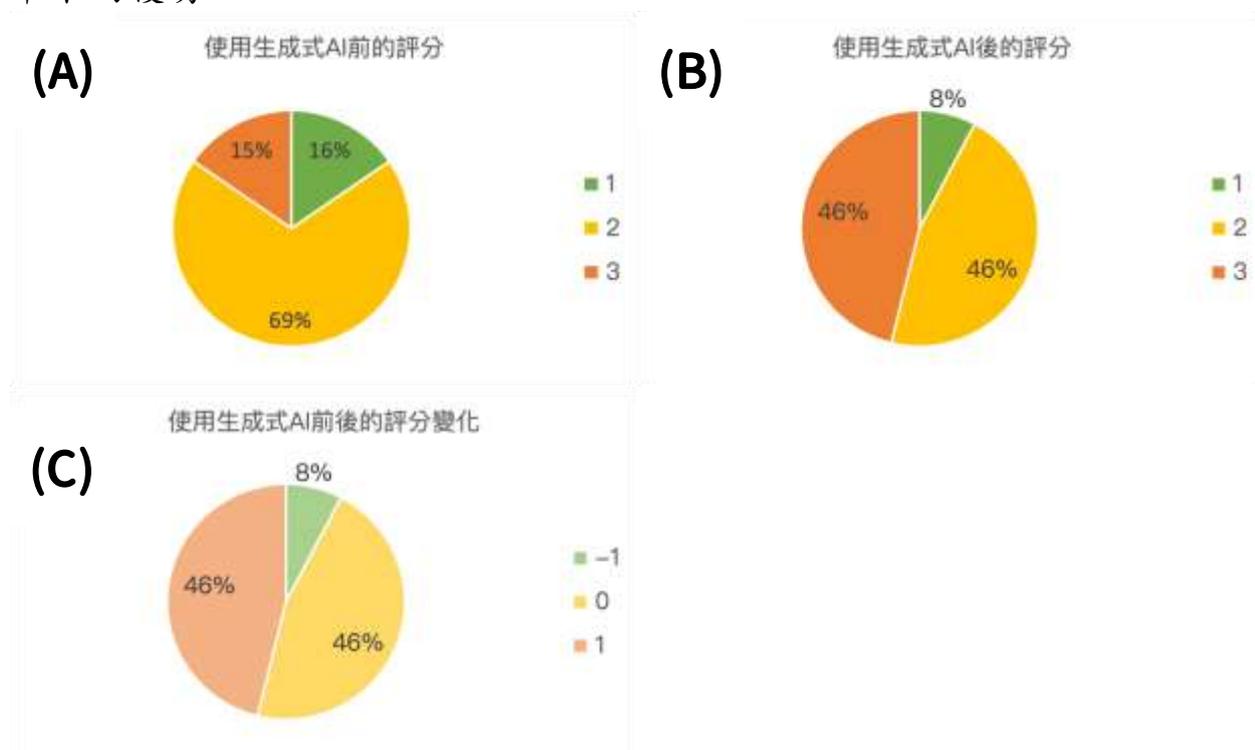
內能加上定壓引起體積變化所做的功。(1 分)

使用生成式 AI 後：

在定壓下給系統的能量，造成熱的變化，等於焓，也等於內能加上定壓所引起體積變化所作的功。(1 分)

我們統計了學生在使用生成式 AI 前 (圖一 A)、後 (圖一 B) 以及前後的變化 (圖一 C)，結果如下：在使用生成式 AI 前，三分量表的比較由低

至高分別是 16%、69%與 16%；使用生成式 AI 後，則是 8%、46%、46%，可以明顯觀察到獲得 3 分的組別增加了。進一步分析各組使用生成式 AI 前後的變化可以看到有一組 (8%) 退步 1 分，持平與進步 1 分的各有 6 組 (46%)。退步一分的組別是由 3 分變為 2 分，他們選擇了用更精簡制式的方式回答問題；持平的 6 組包含了維持 1 分與 2 分的各有 1 組與 4 組、保持 3 分的 1 組，維持 1 分與 2 分的組別，受限於對於表達想像的框架，無法從生成式 AI 獲得幫助；另外分別有 1 組與 5 組各自從 1 分與 2 分進步了 1 分，這些是受惠於生成式 AI 的組別。從另一個角度來看，使用生成式 AI 前是 2 分，在使用後維持 2 分與進步 1 分的組別，各自為 4 組與 5 組，因此在起始基礎類似的情況下，大約只有一半的組別能掌握生成式 AI 帶來的優勢。



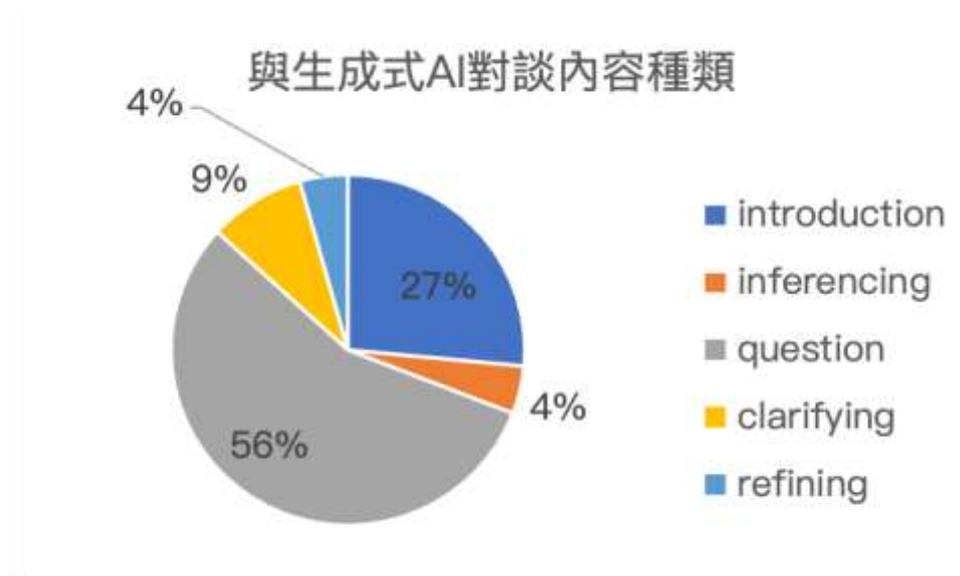
圖一、統計使用生成式 AI 前 (A)、後 (B) 的量表分數以及使用前後量表分數的變化 (C)。

關於學生利用與生成式 AI 對話了解熵的部分，在 59 位修課同學中，我們收集到了 55 位的資料，其中 53 位是使用 chatGPT，2 位使用 Gemini。然而受限於時間，目前僅分析了 20 同學的資料，他們一共向生成式 AI 問了 74 個問題，平均每人問 3.7 ± 1.4 個問題；因為課堂中有推薦同學用英文向生成式 AI 提問，共有 7 人以英文提問，平均每人問 3.4 ± 1.4 個問題；以中文提問的 13 人，平均每人問 3.8 ± 1.4 個問題。因此雖然生成式 AI 在英文有較好的表現，但學生可能因為語言的障礙而減少互動。

我們進一步的對這些問題進行分類，包含了簡介 entropy 的概念 (introduction)、連結兩種概念 (inferencing)、對課堂相關的問題提問

(question)、讓生成式 AI 澄清回答的內容 (clarifying) 以及讓生成式 AI 化簡回答的答案 (refining)，其分類結果如圖二。

Introduction：大多的同學都會問生成式 AI 什麼是熵作為對話的開始，因此佔了 27%。Question：學生中大多 (56%) 都是以問問題的形式與生成式 AI 對談，這些問題是課程中提到與熵相關概念，這類的問題是比較直接的，對話也沒有延續。如：「為什麼孤立系統的熵總是增加或保持不變」、「何謂可逆過程」、「Carnot engine 的熵是如何變化的」。Inferencing：這是學生連接兩種不同概念時問的問題，可視為更進階的問題，僅來自兩位同學共 3 個問題，佔 4%。如：「how entropy relate to the second law of thermodynamics」、「the relation between entropy and Clausius inequality」。Clarifying：這是屬於與生成式 AI 互動的問題，主要是澄清 AI 回答時部分不了解的概念，這也僅來自兩位同學共 6 個問題，佔 9%。如：「為什麼系統總是傾向於更多的可能微觀態」、「但我的老師說分子移動是自發的」。Refining：也算是另一類與生成式 AI 的互動，是當學生覺得 AI 回答太長後，希望他精簡答案的對話，如：「簡短的總結一下」、「Could you give me a summary of the responses?」。綜上而論，大多學生使用生成式 AI 時，並未發揮其最大的價值，僅把生成式 AI 當成 Wikipedia 或是 Google 來使用。能與它互動或是進行進階問題的討論的僅為少數人。



圖二、分析學生與生成式 AI 對談之種類。

最後我們也設計 13 個 5 分量表的問題 (1 = 非常不同意、2 = 不同意、3 = 中立、4 = 同意、5 = 非常同意)，了解學生對於使用生成式 AI 輔助學習熱力學的成效與習慣，在 59 名修課同學中，回收了 34 個問卷，結果如下表一。

表一、生成式 AI 輔助學習熱力學的成效問卷。

問題	平均分數	標準差
使用 AI 工具幫助我更快地理解熱力學的基本概念。	4.18	0.52
AI 工具對於解釋複雜的熱力學理論非常有幫助。	3.91	0.67
我在使用 AI 工具後，對熱力學的考試準備更加有信心。	3.21	0.81
AI 提供的範例和解答能幫助我應用熱力學原理解決實際問題。	3.71	0.63
使用 AI 工具學習熱力學的過程是直觀且容易上手的。	3.91	0.62
AI 提供的回饋和建議對我的學習有直接幫助。	4.00	0.65
AI 工具能即時回答我關於熱力學的問題，節省了查資料的時間。	4.41	0.61
使用 AI 學習後，我對自己的熱力學知識掌握程度更有信心。	3.24	0.74
我認為 AI 工具能有效地輔助傳統教學方法。	4.21	0.48
AI 工具激發了我對熱力學的學習興趣。	2.79	0.73
使用 AI 工具學習時，我遇到了技術困難（例如操作不順暢）。	2.53	0.90
我認為 AI 工具的回答有時候不夠準確或深入。	3.97	0.72
如果有機會，我願意繼續使用 AI 工具學習其他科目。	4.47	0.56

結果看來學生對於使用 AI 工具大多為正面的反應，然而在使用上學生可能仍需更多的指引（使用 AI 工具學習時，我遇到了技術困難（例如操作不順暢）。）另外不論是學生的學習熱誠或信心（我在使用 AI 工具後，對熱力學的考試準備更加有信心。使用 AI 學習後，我對自己的熱力學知識掌握程度更有信心。AI 工具激發了我對熱力學的學習興趣。），皆難以利用生成式 AI 工具改善，仍倚靠課堂中老師的努力！

在本計畫中，我們結合質化與量化方法，透過三分量表對學生在使用生成式 AI 學習熱力學過程中的表現進行分析。質化資料來源包括學生與生成式 AI 對談的逐字稿，而三分量表的評分標準則依據學生對焓概念的理解深度進行分級。結果顯示，學生在使用生成式 AI 後，對焓的理解有一定程度的提升，尤其是高分組的比例顯著增加（由 16% 增至 46%）。然而，也有部分學生在生成式 AI 的互動中無法獲得進一步的學習增益，顯示 AI 的潛在效益尚未被全面發揮，這也是未來設計與生成式 AI 相關教學方法能著墨的地方。

伍、參考文獻

1. DuBose, J. T., Scott, S. B., & Moss, B. (2024). Physical Chemistry Education and Research in an Open-Sourced Future. *ACS Physical Chemistry Au.*, 4(4), 292-301. <https://doi.org/10.1021/acspchemau.3c00078>
2. Alasadi, E. A., & Baiz, C. R. (2023). Generative AI in education and research: Opportunities, concerns, and solutions. *Journal of Chemical Education*, 100(8), 2965-2971. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00323>

陸、計畫執行影像集錦

