

## 利用腦波技術 ERPs 探討心智旋轉對化學結構表徵辨識之影響

黃琴扉<sup>1</sup>、沈明勳<sup>2</sup>、周嘉宜<sup>3</sup>、黃瑞瑩<sup>4</sup>、劉嘉茹<sup>5</sup>

國立高雄師範大學科學教育研究所<sup>1,2,5</sup>

國立高雄師範大學物理系研究所<sup>3</sup>、中華民國海軍軍官學校<sup>4</sup>

Email<sup>1</sup> : [chinf1027@yahoo.com.tw](mailto:chinf1027@yahoo.com.tw)

Email<sup>2</sup> : [sigmashen@gmail.com](mailto:sigmashen@gmail.com)

Email<sup>3</sup> : [cychou@anet.net.tw](mailto:cychou@anet.net.tw)

Email<sup>4</sup> : [layinn@mail.nsysu.edu.tw](mailto:layinn@mail.nsysu.edu.tw)

Email<sup>5</sup> : [chiajuju@ms26.hinet.net](mailto:chiajuju@ms26.hinet.net)

### 摘要

本研究旨在探討不同學習成就學生對於化學結構式辨識之差異。本研究共有 18 位自然科學領域的大學生與研究生（平均年齡 21 歲）參與研究，每位受試者均需填寫化學結構式概念問卷，經由問卷分析後，本研究篩選高、低分組各三名進行深入晤談。經由問卷分析、解題時間數據分析、晤談資料編碼與分析後，本研究結果顯示：高分組學生在化學結構式辨識的答題時間比低分組長，且能順利使用結構式的背景知識進行解題；而低分組學生雖然解題時間較短，但答對率較低，且解題策略僅用一般的物件旋轉觀念，而忽略元素符號的定義與化學結構式的理論。

關鍵字：化學結構式、解題策略、學習成就

### 壹、研究背景與目的

在化學的學習中，化學結構式是非常重要的概念，其連結了原子、分子與鍵結的觀念，也是學習化學反應的基礎 (Wu, Krajcik & Soloway, 2004)。然而，Wu, Krajcik 和 Soloway 的研究中指出學生對於化學結構式的學習常常感到困難，其主要的原因除了化學結構式本身的抽象概念之外，更重要的是化學結構式的學習需要涉及視覺空間表徵的相關能力，而對於視覺空間表徵的判斷能力則可能與心智旋轉能力有關 (Wu & Shah, 2004)。關於心智旋轉的相關研究多指出，心智旋轉是一種視覺思考，其對於科學家、機械學家、藝術家等等，是一種不可或缺的能力，也是人們問題解決過程中極重要的能力之一 (Heil, Rauch & Hennighausen, 1998; Moè, 2009; Muthukumaraswamy, Johnson & Hamm, 2003; Peronnet & Farah, 1989; Riečanský & Jagla, 2008)；而在科學的學習上，Moè (2009) 更明確的指出，心智旋轉能力影響了學生在幾何學、數學、物理與化學上的學習。在科學教育的研究中，也有許多研究以問卷或晤談等方式進行心智旋轉的研究（黃雅琪，2007；呂旭英，2006；于富雲、陳玉欣，2007），有鑑於此，本研究採用問卷與晤談方式外，以深入探討不同學習成就的學生，在化學結構式辨識與學習的差異，並試圖詮釋心智旋轉在化學結構式學習上的影響。

Mayer (1992) 提出專家與生手在解題時間、解題策略上均有所不同，然而在化學結構式的辨識上，要精確的掌握研究對象的解題時間十分困難，因此本研究輔以事件相關電位研究，從腦波儀器中精準的量測每一位研究對象的答題時間，並加以分析。除此之外，本研究也將彙整問卷與晤談的相關分析結果以進行探討，從中了解高、低成就學生在解題時間與策略上的差異。總結來說，本研究結合了化學結構式概念問卷、解題時間數據、晤談等研究方法，藉由生理證據與問卷、晤談等研究工具的輔助，以探求不同學習成就學生在化學結構式辨識上的解題差異，並嘗試詮釋心智旋轉在化學結構式學習上的影響；本研究之結果將可提供教育相關人員參酌。

整合上述的研究背景，本研究的主要目的是探討不同學習成就學生對化學結構式辨識的差異，本研究的研究問題如下：

- 一、不同學習成就學生在化學結構式辨識的解題時間有何差異？
- 二、不同學習成就學生在化學結構式辨識的解題策略有何差異？
- 三、心智旋轉能力對化學結構式學習之影響為何？

## 貳、研究方法

本研究基於研究目的與問題，進行研究設計，以逐步釐清心智旋轉與化學結構式學習的關連性，其研究設計、對象、工具與資料分析判準分述如下：

### 一、研究對象

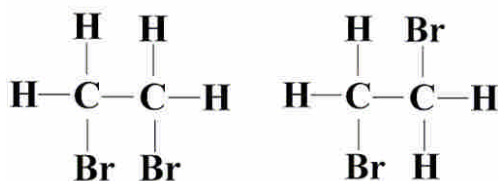
本研究的研究對象為 18 位自願參與本研究大學生與研究生，平均年齡 21 歲，其學科背景分別為物理、數學、化學、生物、科學教育，其高中均選填自然組，然而除了化學系的學生之外，其餘學科背景的學生，從大二開始均未再修習化學課程。參予研究的受試者均需進行化學概念問卷填寫，本研究依照問卷分數篩選出高分組與低分組各 3 位（高分組平均分數 82 分，低分組平均數 0 分），進一步深入晤談，並分析此 6 位受試者之答題時間數據，以比較兩組受試者在化學結構式辨識之解題差異。

### 二、研究流程

本研究的研究流程，分為三大部分，第一部份為化學結構式概念問卷之填寫，第二部份為答題時間測量，第三部份為半結構式晤談。以下分為三大部分進行說明：

#### （一）化學結構式概念問卷

本研究基於研究設計，依照結構式的命名、單鍵旋轉與不同取代基位置等主要觀念，自行發展化學結構式概念問卷，概念問卷採半結構式問卷，設計後之問卷經兩位科學教育專家、一位資深高中化學教師等三位專家審查後達表面效度。其問卷題目舉例如圖一：



以上兩個化學結構式是否相同？為什麼？

圖一：化學結構式概念問卷題目舉例

化學結構式概念共有 20 題，所有受試者填答完畢後，由三位資深高中化學教師進行評分，評分前，由三位專家針對評分要點擬定給分標準，再採個別評分，個別評分後則進行分數比對。如果分數一致，則達到評分共識，若分數不一致，則三位專家進行討論，以求得評分共識。

## (二) 答題時間測量

本研究從化學結構式概念問卷的填答狀況，挑選學生較容易出錯的題型，以設計事件相關電位的實驗圖片。圖片的所有格式均符合事件相關電位實驗之需求，而受試者則需要依照不同圖片的配對進行按鈕反應，以量測其答題時間；為了讓受試者能熟悉實驗的作答方式，實驗開始之前，每位受試者皆練習觀看與本研究無關的圖片以熟悉按鈕回應，練習到受試者能順利進行反應，才開始進行正式實驗。再者，為了消除受試者在按鈕反應時間的個別差異，本實驗在化學結構式的實驗前，進行了圖形辨識實驗，以當成個別受試者答題時間的基準。另外，基於心智旋轉對化學結構式學習之可能影響，因此本研究也加入圖形旋轉的實驗，並蒐集答題時間。所有受試者在判斷答案的正確與否後，必須快速的按下反應按鈕以進行答題，當受試者按下按鈕後，即由儀器自動記錄答題時間。

## (三) 晤談

實驗結束後，每位受試者均需接受半結構式訪談，目的在於確認本研究中，受試者答題時所使用的辨識策略與想法，受試者將在不知道答案的情況下回答自己的解題策略。晤談大綱依照受試者的問卷填答與實驗結果編制，並經由三位科學教育專家審查達表面效度；其晤談大綱內容主要為詢問受試者填寫此答案的原因與想法。所有晤談過程均予以錄音，經錄音檔轉錄與資料編碼建檔後，作為後續資料分析之證據引用。

## 三、資料分析

本研究針對化學結構式概念問卷、答題時間數據以及訪談資料進行編碼與分析。本研究所定義之「不同學習成就學生」，是依照化學結構式概念問卷分數之前後 27% 之比例，將受試者分為高、低分組各四位，但是因篩選出來的低分組有 1 位受試者不願意配合晤談，故剔除一位，考量等組問題，因此本研究選取高、低分組各 3 位。另外，本研究也針對受試者事件相關電位實驗進行初步分析。

## 參、結果與討論

本研究針對化學結構式概念問卷、答題時間測量，以及晤談等三方面進行分析與探討，以研究成果詮釋高、低分組受試者對化學結構式辨識之解題差異與原因：

根據表一發現，高分組在化學結構式概念問卷中得分平均 82 分，低分組則均為 0 分，顯示高、低分組在成績表現上有顯著差異。另外，在事件相關電位的實驗分析中，本研究篩選六位受試者，其按鈕反應的測試通過率皆達到 85% (表一)，表示六位受試者對於實驗呈現之圖片皆可在 5 秒內進行回應，且受試者所進行的按鈕回應與其所選擇的答案是一致的。換句話說，測試的通過率可以顯示受試者答題的可信度，倘若通過率太低，則其答題時間的數據將被視為無效樣本；而本研究所有受試者均通過按鈕反應測

試。

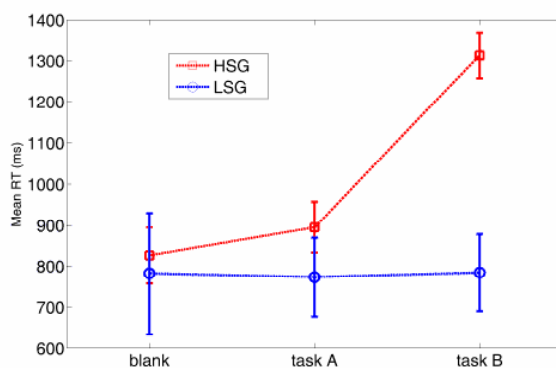
表一：高低分組分數及通過率

組別	編號	化學概念問卷分數	按鈕反應測試通過率%
高分組	3	76	98
	13	82	100
	18	88	98
低分組	10	0	95
	15	0	98
	17	0	100

註：問卷分數滿分 100 分

其次，本研究分析答題時間，結果發現高、低分組在化學結構式實驗之答題時間有所差異（圖二）。首先，高、低分組在圖形單純辨識中，其答題時間沒有差異；其次，高、低分組在圖形旋轉的答題時間上有些微差異，但未達顯著差異，然而可以看出高分組的答題時間較長；而在化學結構式辨識的答題時間差距，兩組均較前兩項實驗多，且高分組的反應時間比低分組長。確切而言，高分組所花費的解題時間比低分組長。

由圖二的結果彙整，可以發現高分組在化學結構式的辨識上，其答題時間顯著高於低分組，而高分組的解題正確率也顯著高於低分組。在過去的研究中也顯示，專家在面對問題時，通常花費較長的時間去搜尋與比對背景知識、掌握問題狀態中的各項層面，並進行高層次的思考與分析，以產生整體化的較佳答案；而生手通常會依照直覺解題，其解題過程中，推理歷程無法產生緊密連結，導致解題步驟鬆散且片斷化，雖然解題時間可能較短，但錯誤率較高（Glaser & Chi, 1988; Voss & Post, 1988）。



圖二：高低分組反應時間對照圖

有鑑於文獻的詮釋，本研究進行晤談，結果發現高、低分組在學結構式辨識的解題過程中，其策略的確有差異，且牽涉到背景知識的運用：

研究者：這一題你認為兩個結構式是一樣的，你是怎麼想的呢？

H1：這裡，因為單鍵旋轉，轉過來就一樣了。

（20090720 晤談，H1 表示高分組編號 1 號受試者）

研究者：這一題你寫「X」，是覺得兩個結構式不相同嗎？

L3：哈哈，我不知道耶！我用猜的。

研究者：你怎麼猜的呢？是不是有一些判斷的方式呢？

L3：就是把它當成旋轉的，就是剛剛有一種圖沒有這些字（指元素符號）在上面，判斷方法一樣阿。

研究者：所以這些英文對你來說，在判斷上沒有影響嗎？

L3：有心理上的影響，沒有判斷上的影響……會知道它是化學的東西，就是元素嘛！這種化學的，應該是結構式吧！就是說應該跟一般的旋轉不一樣，可是真的太久沒有唸化學了，我也忘記有哪些規則，所以我是依照一般的旋轉的方式去看，但是我知道可能不能用這樣的方式去看，可是我也想不出其他的方式了。

(20090720 晤談，L3 表示低分組編號 3 號受試者)

由上述晤談資料發現，高分組受試者在化學結構式辨識的解題過程中，的確運用較多的背景知識進行判斷，而低分組則猶如生手一般，僅依照一般的旋轉方式進行解題。由於本研究在認知實驗的圖形設計上，已經篩選學生較容易錯的題目進行設計，因此當低分組用一般的旋轉進行判斷時，就導致全部答錯的得分狀況。

最後，本研究將研究結果比對受試者的個人資料與晤談稿，結果發現三位高分組的受試者均是化學系、所的學生，且均認為本研究所設計的化學結構式，在辨識上不會產生困難；然而三位低分組的受試者，則在大學中均是主修非化學背景的學生，且平均都超過三年沒有接觸化學課程，此三位學生均提及自己已經忘記化學結構式的許多辨識方法，也因此化學結構式辨識的任務上產生困難。

## 肆、結論與建議

依據上述統計結果、腦波數據分析與晤談結果，本研究所獲致的結論如下：

### 一、高分組花費較多的認知能力以區辨化學結構式，因此答題時間較長

高分組進行化學結構式的辨識時，其答題比低分組長，顯示高分組需要花費較長時間的認知能力以區辨化學結構式的正確性，然而由於低分組受試者幾乎都忘記化學結構式的規則與意涵，因此對低分組而言，化學結構式與一般圖形沒有差異，因此低分組僅利用一般的圖形旋轉之辨識能力解題，所以花費的時間較短。

### 二、化學概念問卷分數與晤談資料比對，顯現高低分組辨識策略之不同

由問卷分析中可以發現，高、低分組所具備的化學結構式背景知識差異甚大，比對晤談資料發現結果相互呼應。由晤談結果發現高分組在進行化學結構式的辨識時，考量了較多化學背景知識，而低分組則僅將化學結構式圖形視為單純圖像辨識，兩相對應之下，可發現高低分組辨識策略之不同。

### 三、高分組使用較多的心智旋轉能力以區辨化學結構式

由晤談結果發現，高分組在進行化學結構式辨識的解題時，會大量使用心智旋轉以進行化學結構式的判斷，然而低分組僅將化學結構式當成整體圖形旋轉，且較少涉及「翻轉」的旋轉策略。而 Núñez-Peña 和 Aznar-Casanova (2009) 發現，當受試者在答題過程中使用了心智旋轉能力時，其答題時間將會延長，換句話說，高分組進行化學結構式的辨識時，除了涉及背景知識外，也涉及心智旋轉能力。

依據研究結果與結論，本研究建議教育相關人員關注心智旋轉能力對自然科學學習

的影響，也建議後續研究人員利用事件相關電位的腦電波研究，以生理學證據提供專家與生手相關議題的深入詮釋。

#### 主要參考文獻：

- 鄭仕坤 (2005)。事件相關腦電位在情節記憶的研究進展。《應用心理研究》，28，75-90。
- Moè, A. (2009). Are males always better than females in mental rotation? Exploring a gender belief explanation. *Learning and Individual Differences*, 19, 21-27.
- Núñez-Peña, M. I., & Aznar-Casanova, J. A. (2009). Mental rotation of mirrored letters: evidence from event-related brain potentials. *Brain and Cognition*, 69, 180-187.
- Wu, H. K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465-492.