

高中學生應用勒沙特列原理判斷非均勻相系化學平衡的迷思概念探討

李世峰^{1*} 李田英²

¹ 國立金門高級中學

² 國立臺灣師範大學 科學教育研究所

摘 要

本研究探討高中學生應用勒沙特列原理判斷非均勻相系化學平衡的迷思概念。參與研究之學生為桃園市某校高三學生 332 名，研究工具為研究者分析學生在開放式試題結果所得資料，設計一份涵蓋七個中心概念，總數 50 題的二段式測驗。試題的第一部份是檢驗學生對知識了解的正確性，第二部份則是探究學生之所以持此種認知的理由。試題內容效度經由四位具化學專業的高中化學教師審核評定，測驗的庫李信度為 0.81。測驗資料分別以描述性統計及皮爾遜(pearson)積差相關分析，結果發現 41 項有關勒沙特列原理之迷思概念，其中有 19 項乃國內外研究類似之發現，另 22 項為本研究所特有。最顯著的迷思概念有：1.不論反應物種的濃度改變與否，59%的學生認為平衡前正反應速率等於平衡後正反應速率，同理平衡前逆反應速率亦等於平衡後逆反應速率；2.在鹽類溶解度平衡中，41.6%學生認為難溶性鹽類易解離或是以為鹽類皆可溶，使濃度改變造成平衡移動；3.定容、定壓下，30.9%的學生認為加入惰性氣體不影響平衡；4.有 31.6%的學生認為體積加倍，活動空間變大，碰撞機會變小，正、逆反應速率改變。建議能在教學前先了解學習主題主要的迷思概念類型，區分特質編寫化學教材提供學生正確知識，搭配反應速率對時間作圖的方式教學，讓學生從圖形概念中體會速率與時間在濃度、壓力、溫度等因素變化下的相對關係，可幫助學生對化學平衡建立正確概念減少迷失。

關鍵詞：勒沙特列原理，非均勻相系，二段式測驗，迷思概念

壹、前言

化學平衡是化學學習中重要的概念，它不但是學習相關化學概念的基礎，同時在其它自然科學及日常生活中的應用也相當廣泛。不過在化學領域的學習中，化學平衡的概念對學生而言是難理解的單

元(Finely, Stewart & Yarroch, 1982)。

化學平衡的重點包括平衡狀態、平衡常數、平衡移動的原理、溶度積常數等，學生必須具備如莫耳數、化學計量、濃度、分壓、理想氣體定律等先備知識及有關的數學運算能力，才能對化學平衡有較佳的概念。學生先備知識不足時常會感到困難

* 為本文通訊作者

並容易產生迷思概念或發生解題困難的情形 (Wheeler & Kass, 1978; Hackling & Garnett, 1985; Gussarsky & Gorodetsky, 1988; Voska, Kirk W., Heikkinen & Henry W., 2000)。國內相關的研究中亦顯示學生在學習化學平衡時會產生不少迷思概念 (林宏一, 民 79; 蔡玫錦, 民 81; 邱美虹, 民 83; 高紹源, 民 85; 洪瑞英, 民 87; 劉嘉茹, 民 89; 鄧雅文, 民 92; 陳定惠, 民 93)。

在 Wheeler 和 Kass(1978)對 99 位 12 年級的學生測驗，發現有六個主要的化學平衡迷思概念類型：

迷思概念類型	比 例
1. 質量和濃度(mass vs. conc.)	29%
2. 速率和程度(rate vs. extent)	29%
3. 平衡常數的恆定性 (constancy of K_{eq})	47%
4. 勒沙特列原理的誤用 (misuse of Le chatelier)	95%
5. 濃度不變 (constant concentration)	84%
6. 競爭平衡 (competing equilibria)	60%

其中學生對勒沙特列原理的迷思概念比例高達 95%，國外文獻指出學生在對勒沙特列原理應用於化學平衡的判斷上及在學習上有相當的困難，且在非均勻相系統(heterogeneous systems)的化學平衡，學生不考慮反應物與生成物的相態(phases)而造成誤用。此非均勻相系的化學平衡於國內的相關文獻甚少討論，本文第一研究者教學經驗中，感覺到學生對於學習勒沙特列原理並不困難，而對國外學生有如此

高比例的迷思概念甚覺訝異。因此，研究者想了解國內學生在應用勒沙特列原理判斷化學平衡時，是否也感覺困難，而其所遭遇的困難又有那些。

研究者以二段式選擇測驗方式來探討學生在化學平衡中應用勒沙特列原理時所持有的科學概念及其理解的程度，也想了解學生在相關的評量測驗中，圈選答案的背後，是根據何種理由去推理的，並具那些概念，整理歸納這些結果，將有助於教師確認學生的迷思概念。

貳、化學平衡迷思概念相關研究

學生學化學平衡為何會非常的困難？Huddle 和 Pillay(1996)認為有兩個原因：1. 化學平衡包含了許多抽象的概念；2.科學與日常生活上的名詞及用語常代表不同的意義。而 Quilez-Pardo 和 Solaz-Portoles(1995)則認為學生對化學平衡有許多的誤解，學生不知如何運用化學平衡的原理與原則，且不能將這些原理轉換到新的或不熟悉的情境，這是學生在學習化學平衡時會覺得非常困難的主要原因。同樣的，對高中化學老師來說，在高中化學課程裡，教化學平衡和熱力學一直是很大的挑戰，因為學生會面臨非常多抽象且困難的概念(Banerjee, 1995)。有許多學者曾針對化學平衡概念進行研究，這些研究有些是針對化學平衡的概念進行分析，有些是設計更好的教學方法來矯正學生的迷思概念，以提供老師在進行教學時可以作為參考。

現將國內外學者在化學平衡的迷思

概念研究，整理歸類如下：

1. 固定的濃度：在一特定化學反應中，無法察覺某些物種保持一定濃度，反應物與產物在平衡狀態時，二者濃度間存在的數學關係式，例如：認為達平衡時，產物的濃度等於反應物的濃度(Wheeler & Kass, 1974; Johnstone et al., 1977; Gage, 1986; 蔡玟錦, 民 81)；
2. 左邊與右邊(left and right sidedness)：學生認為化學平衡方程式的兩邊為不相關聯的個體，換言之，他們認為可以對平衡系統的單一邊進行溫度、壓力的改變，或是認為反應的任一邊都是分開的物理本體，所以可以分開操弄(Johnstone et al., 1977; Gorodetsky & Gussarsky, 1986; Garnett & Hackling et al., 1995)；
3. 化學平衡為動平衡(dynamic equilibrium)，學生在學習此概念之前，已經接觸了物理平衡(physical equilibrium)，而物理平衡屬於靜平衡(static equilibrium)；教師在教學中並未解釋二者的差異，所以學生自動將化學平衡視為靜平衡，認為是二個靜態獨立系統，根本不瞭解化學反應動態的本質，認為化學反應會停止，因為反應物用完所以化學反應停止，沒有動平衡的概念，以為化學平衡不是動態的過程沒有變化(Johnstone et al., 1977; Garnett & Hackling et al., 1995; 邱美虹等, 民 88; 劉嘉茹, 民 89; 鄧雅文, 民 92; 陳定惠, 民 93)；
4. 學生對反應的原有經驗為反應是單方向的，必定完全由反應物變成產物，此經驗即影響了平衡反應的概念；許多學生甚至不能清楚區分完全反應(completion reactions)與可逆反應(reversible reactions)的不同特性(Wheeler & Kass, 1978; Hackling & Garnett, 1985)；
5. 相信正反應會在逆反應開始前結束(Wheeler & Kass, 1978; Garnett & Hackling et al., 1995)；
6. 對於逆向箭頭的解釋(Interpretation of the reversed arrow convention)：方程式中正向和逆向箭頭表示的長度不一樣時，學生認為達平衡時，箭頭長度較長的反應方向速率比較快(Johnstone et al., 1977)；
7. 當一系統達平衡時，若狀態改變，則與平衡移動方向同向者速率增快，而逆向者速率減慢，學生認為正反應與逆反應是獨立的，例如：當溫度上升時，吸熱反應方向的速率增快，而放熱反應方向的速率減慢(Johnstone et al., 1977; Hackling & Garnett, 1985; 林宏一, 民 79; 高紹源, 民 85)；
8. 不瞭解化學平衡時速率的特質，認為化學平衡時，速率為零(邱美虹, 民 88; 劉嘉茹, 民 89; 鄧雅文, 民 92; 陳定惠, 民 93)；
9. 學生不能把維持平衡和左右兩邊反應速率相等，速率和反應中的每一個物

種的濃度是由反應的本質來決定，這些觀念連接在一起(連啓瑞，民 84)；

10. 平衡系統其中一個組成濃度改變，K 值便跟著改變；另當氣態平衡系統的體積改變，K 值便跟著改變；K 值與溫度無關(Granett & Hackling et al., 1995)；
11. 體積改變或加入氬氣所引起的平衡移動，會改變平衡常數的大小(林宏一，民 79)；
12. 勒沙特列原理(Le chatelier's principle)的錯誤使用：無法在適當的狀況下運用勒沙特列原理；不能判斷在何種狀況下運用此原理及如何運用(Wheeler & Kass, 1974；Gorodetsky & Gussarsky, 1986)；
13. 變數的效應(Effect of variables)，平衡系統的溫度、壓力或物種濃度改變時，大部分學生對應用勒沙特列原理有很大的障礙(Johnstone et al., 1977)；
14. 不能判別非均勻相系統中之化學平衡的相關或不相關元素；學生通常的迷思概念是在回答固體的改變量時，誤用了勒沙特列原理，例如在非均勻相系統中加入固體會影響平衡系統，如果反應物是固體，加入反應物會向生成物方向移動(Gorodetsky & Gussarsky, 1986)；

參、勒沙特列原理迷思概念測驗的發展過程

本研究以第一研究者教學學校桃園市某校高三自然組八個班學生共 332 人為研究對象，他們均以班級為單位進行施測。所用的測驗為研究者所發展設計之勒沙特列原理迷思概念診斷測驗，試題之內容、發展過程、信度、效度說明如後：

一、試題內容

根據課本教材內容、文獻報告，整理發展出高中生容易產生的勒沙特列原理之迷思概念類別：(1)動態平衡的判斷(2)影響化學平衡的因素：濃度、壓力、溫度(3)變因對反應速率的影響(4)變因對平衡常數的影響(5)非均勻相系鹽類溶解度平衡的影響(6)非揮發性溶質對相平衡的影響(7)惰性氣體對化學平衡的影響等，作為命題設計的依據，每一道試題均含有一中心概念，並依迷思概念類別一個一個分開偵測，且對每一概念試題做雙向細目表，以確定所欲研究的迷思概念。

二、發展過程

依據前述之命題概念，並參閱相關文獻，設計一份以非均勻相系化學平衡為主的六大題組，內含 40 道試題的開放式勒沙特列原理迷思概念試題，其中每道題均有所欲測知的中心概念。

三、試題的效度、信度

開放式問答試題請四位具化學專業的高中化學教師，作內容效度的評估與建議，並將審查後之建議做為修正的方向。將開放式問答預測結果逐題歸納統整發展一份涵蓋七個中心概念並包含有 50 道題

的二段式測驗，整份試題的內容效度，同樣由四位資深高中化學教師、審核評定。測驗的庫李信度(KR-20)為 0.81，顯示試題內部一致性良好。

四、晤談

根據診斷測驗結果，彙整學生最顯著且重要的迷思概念，針對迷思概念設計晤談用的問題，用以探知學生產生迷思概念的原因；訪談過程全程錄音，內容為兩項重要迷思概念：1.不論反應物種的濃度改變與否，認為平衡前正反應速率等於平衡後正反應速率，同理逆反應速率亦前、後

相等；2.在鹽類溶解度平衡中，學生認為難溶性鹽類易解離或是以為鹽類皆可溶，使濃度改變，平衡移動。

肆、結果與討論

一、研究發現的勒沙特列原理迷思概念

本研究發現 41 項有關在非均勻相系中應用勒沙特列原理判斷化學平衡的迷思概念，其中有 19 項在國內外研究有類似發現，但另 22 項為本樣本所持有的(打*者)，茲分列如下：

(一)動態平衡的判斷

迷思概念	迷思比例
1.平衡是單向進行的反應	23.2%
2.以不正確的反應當成正、逆反應	5.7%
*3.樟腦丸在密閉系統中不與潮溼空氣作用，不會有汽化反應	3.6%

(二)濃度、溫度、壓力(體積)等對非均勻相系化學平衡的影響

迷思概念	迷思比例
1.反應物種濃度改變會造成平衡常數改變，必須以平衡的移動恢復平衡常數	20.5%
2.濃度改變並不改變平衡移動	10.8%
*3.單一物種濃度改變，其它物種濃度沒有依比例改變，將不會影響平衡移動	8.4%
*4.壓力(體積)的改變，致使平衡常數改變，平衡才跟著改變	9.7%
*5.非均勻相系化學平衡中若有固體的反應物種，因為沒有分壓，平衡不移動，也不會產生任何量的變化	31.9%
6.溫度下降，平衡向吸熱的方向進行，溫度上升，平衡向放熱的方向移動	28.6%
7.溫度下降，造成壓力改變而使平衡移動	33.3%

(三)濃度、溫度、壓力(體積)等對非均勻相系化學平衡反應速率的影響

迷思概念	迷思比例
1.不論反應物種的濃度改變與否，認為平衡前正反應速率等於平衡後正反應速率，同理逆反應速率亦前、後相等	59%
*2.反應達平衡狀態，無論如何改變，其正、逆反應速率恆為一定值	34.9%
3.濃度改變，不影響反應速率，反應速率只會因溫度、催化劑和本質而改變	19.9%
*4.體積加倍，活動空間變大，碰撞機會變小，正、逆反應速率改變	31.6%
5.正反應速率減少，相對的逆反應速率會增加	16.9%
*6.加入非揮發性溶質並不影響反應速率	20.2%
7.平衡被破壞時或定溫定容下，正、逆反應速率必須相等	16.9%
*8.加入非揮發性溶質，使溶液濃度改變，因而改變反應速率	16.2%
*9.溶質在水中解離後，會和水中 H^+ 、 OH^- 互相吸引，使反應速率改變	16.8%
10.液、氣態產生相變時，反應速率不同	9%
11.溫度不變，正、逆反應速率不會改變	21.4%
*12.含非揮發性溶質的溶液不易蒸發	11.4%

(四)濃度、溫度、壓力(體積)等對非均勻相系平衡常數的影響

迷思概念	迷思比例
1.平衡常數 K_p 會隨濃度的變化而改變	35.9%
2.平衡常數 K_p 會隨壓力的變化而改變	18.7%
*3.平衡常數 K_p 隨平衡移動的方向而改變	5.4%
*4.平衡常數 K_p 隨正、逆反應速率的變化而改變	6.3%

(五)非均勻相系鹽類對溶解度平衡的影響

迷思概念	迷思比例
1.學生單純的認定只要是加入固體就不影響平衡系內之濃度	11.2%
2.難溶性鹽類易解離或是以為鹽類皆可溶，使濃度改變，平衡移動	41.6%
*3.加入溶劑，體積變大，平衡向莫耳數多的一方移動	21.4%
4.加入溶劑不影響平衡	17.8%
*5.以鹽類內所含金屬的活性大小判斷平衡移動的方向	4.5%

(六)非揮發性溶質對相平衡的影響

迷思概念	迷思比例
*1.學生認為食鹽溶解為吸熱，造成平衡的移動	13.6%
*2.平衡反應式中無非揮發性溶質的反應物，故不影響平衡	18.7%
*3.平衡移動是因為加入非揮發性溶質後溶液的沸點上升，不易汽化造成	27.1%
*4.在液、氣兩相平衡中加入非揮發性溶質，平衡被破壞至新平衡建立，未考慮定溫下蒸氣壓為定值，因此誤認濃度會改變	26.9%

(七)惰性氣體對非均勻相系化學平衡的影響

迷思概念	迷思比例
1.定容、定壓下加入惰性氣體不影響平衡	30.9%
2.定容下加入惰性氣體，系統總壓變大，平衡向莫耳數少的一方移動	23.7%
*3.定容下加入惰性氣體，造成反應物種分壓變大或變小	19.2%
*4.定壓下加入惰性氣體，造成氣體分壓變大或不變	15%
*5.定壓下加入惰性氣體，系統濃度增加，平衡向總莫耳數少的一方移動	12.6%
*6.定溫下在非均勻相系加入惰性氣體，平衡移動至新平衡建立後，反應物種濃度改變	33.3%

二、迷思概念討論

依據測驗結果，學生在七大中心概念下，應用勒沙特列原理判斷化學平衡所具有的迷思概念討論彙整如下：

(一)動態平衡的判斷

大部分學生(佔 63.3%)能了解動態平衡的三項條件：定溫，密閉系統，正、逆反應速率相等，但部份同學具有下列迷思概念：

1. 平衡是單向進行的反應。
2. 以不正確的反應當成正、逆反應。
3. 樟腦丸在密閉系統中不與潮溼空氣作用，不會有汽化反應。

在國外文獻有關勒沙特列應用於化學平衡的研究，大多是對外顯現象的觀察研究，少有從學生先備知識背景去探討，例如從「定義」著手去研究，學生是否知道何謂平衡？當基本的定義不了解，學習勢必產生許多迷思，本測驗結果顯示仍有 23.2%的學生因為在定義上不了解而具迷思概念，認為動平衡是單向進行的，這發現與文獻上：學生對化學反應的原有經驗認為反應是單方向的(Wheeler & Kass, 1978; Hackling & Garnett, 1985)提到的相同，但事實上平衡必須具備三要項件：定溫、密閉系統、可逆反應且正、逆反應速率相等；另外國內邱美虹等(民 88)在探究

高一學生化學平衡概念的學習，發現學生沒有動平衡的概念，認為化學平衡在開放系，且正逆反應非同一系統。

以不正確的反應當成正、逆反應，國內蔡玫錦(民 81)亦發現相同現象，至於學生解釋樟腦丸在閉容器中不與潮溼空氣作用，就不會汽化，則為本研究 3.6%同學特有的想法。

(二) 濃度、溫度、壓力(體積)等對非均勻相系化學平衡的影響

探討濃度因素對平衡的影響，在國外文獻報告中指出，在固定的壓力及溫度，加入其中一個反應物，反應向生成物方向移動，另有部分同學認為濃度改變並不影響平衡的移動(Qui'lez & Solaz, 1995)，此迷思概念與本研究結果一致，本研究有 10.8%同學認為濃度改變不影響平衡。

其次 20.5%的同學認為濃度改變會造成平衡常數改變而導致平衡移動，此發現與 Garnett 和 Hackling(1995) 等人同。唯發現本研究有 8.4%同學認為若僅是單一物種濃度改變，其它反應物種濃度沒有依比例改變，將不會影響平衡，這是國外文獻未提及的。

Gorodetsky 和 Gussarsky(1986)發現學生無法定義出非均勻相系統中影響平衡狀態相關與不相關元素，而常誤用勒沙特列原理判斷平衡。從本研究統計結果發現有 31.9%的學生認為在固態—氣態非均勻相化學平衡中若有固體的反應物種，將因為沒分壓，平衡不移動，也不會產生任何量的變化；因為本研究學生以直觀方式判

定相關因素，如固體存在就不影響平衡，正是產生迷思的主因。

平衡系統的溫度、壓力或物種濃度改變時，學生對應用勒沙特列原理有很大的障礙(Johnstone et al., 1977)，就像研究學生的迷思概念：溫度下降，平衡向吸熱的方向進行；此與蔡玫錦(民 81)和林宏一(民 79)發現相同，溫度下降，平衡應向放熱方向進行，而學生誤判向吸熱方向進行。

(三) 濃度、溫度、壓力(體積)等對非均勻相系化學平衡反應速率的影響

有 16.9%的同學有重大迷思概念，認為當正反應速率減少，相對的逆反應速率會增加。且另有 20.2%的同學認為加入非揮發性溶質並不影響反應速率。關於平衡再建立時的正、逆反應速率之比較，有下列迷思概念：

1. 不論反應物種的濃度改變與否，平衡被破壞至建立新的平衡，正反應與逆反應速率與初始平衡時相同，與 Garnett 和 Hackling(1995)等的發現同；
2. 濃度改變不影響反應速率，國內蔡玫錦(民 81)亦有相同發現。

學生認為當正反應速率減少，逆反應速率就增加，這迷思概念與 Johnstone et al., (1977)，Hackling 和 Garnett (1985)的發現相同，國內林宏一(民 79)及高紹源(民 85)亦有類似發現：當平衡時，若狀態改變，有反應速率降低時，另相對的反應速率會增加，因為學生認為正反應與逆反應是獨立的。其次，液、氣態產生相變時，反應速率不同的迷思概念，國內洪瑞英(民 87)

也有類似發現：學生認為蒸發速率先增加，凝結速率要經過一段時間才會增加。

其它的迷思概念如下：(1) 加入非揮發性溶質並不影響平衡的反應速率（迷思比例 20.2%）；(2) 加入非揮發性溶質，使溶液濃度改變，因而改變反應速率（迷思比例 16.2%）；(3) 非揮發性溶質解離成離子會與水中 H^+ 、 OH^- 互相吸引，使反應速率改變（迷思比例 16.8%）；(4) 食鹽水不易蒸發成水蒸氣（迷思比例 11.4%）；這是本研究所持有，相較國內外文獻少有討論。

溫度一定，體積改變不影響正、逆反應速率，蔡玫錦(民 81)指出是高中學生常有的迷思概念；其它的迷思概念：(1) 反應達平衡，無論溫度或體積如何改變，其正、逆反應速率恆為一定值（迷思比例 34.9%），(2) 體積加大使空間變大，碰撞機會變小，造成反應速率變小（迷思比例 31.6%），皆是國外文獻未提及的迷思概念，為本研究所持有的。

(四) 濃度、溫度、壓力(體積)等對非均勻相平衡常數的影響

44.9%的同學能正確判斷溫度改變而影響平衡常數的改變；但亦有 21.7% 學生呈現平衡常數受濃度變化影響的迷思概念；5.4%學生認為平衡常數隨平衡移動的方向影響；6.3%學生認為平衡常數隨正、逆反應速率變化影響。平衡常數隨濃度或壓力的變化而改變，在國外 Gorodetsky 和 Gussarsky(1986)及 Garnett 和 Hackling(1985)有類似發現：體積改變或加入氖氣所引起的平衡移動，會改變平

衡常數的大小。至於平衡常數隨平衡移動方向或隨正、逆反應速率的變化而改變的迷思概念，則是本研究少數同學持有的，國外研究未提及，值得再追蹤。

(五) 非均勻相系鹽類對溶解度平衡的影響

有 21.4%同學以加入溶劑，體積變大，平衡向總莫耳數多的一方移動，解釋平衡以莫耳數多寡來判斷移動方向的概念，一般用於含有氣態的平衡反應，而非用固態、液態的溶解度平衡，這亦是學生常有的迷思。另有 17.5%答錯的同學認為溶劑的加入不影響平衡，亦是重大的迷思概念。鹽類溶解度的概念是學生學習感到困難的地方，因為在非均勻相系的化學平衡，學生應用勒沙特列原理判斷時有很大障礙(Johnstone et al., 1977)，再加上不能判別非均勻相系統中影響平衡的相關或不相關元素，學生通常的迷思概念是在回答固體的改變量時，誤用了勒沙特列原理(Gorodetsky & Gussarsky, 1986)。由上述研究可了解，在學習鹽類的溶解度平衡後，加入固體離子對於濃度變化的影響與沈澱量之關係，對學生而言是困難的(邱美虹等，民 88)，加上學生必須具備鹽類可溶、微溶、難溶的先備知識才可作正確判斷，因此無形中又多一層困難。

國外研究顯示，學生無法意識某些物質在一些化學反應中顯現固定或恆定的濃度(Wheeler & Kass, 1978)；增加固體產物的量會改變它們的濃度，另有固體不會影響化學平衡，因為它們的濃度保持固定(Qui'lez & Solaz, 1995)。由本研究的迷思

概念顯示，只要鹽類是固體，就不影響平衡系之濃度，其中關鍵概念是不了解鹽類是否具有可溶性？若可溶，解離後將會改變濃度而影響平衡；由本研究的迷思概念：無法判斷鹽類是否可溶或易解離，此是文獻上少提到的。

國外文獻指出在鹽類溶液中加酸或水不會破壞平衡(Qui'lez & Solaz, 1995)，本研究 17.8%學生有相同的迷思概念，認為溶劑的加入不影響平衡；其它的迷思概念：加入溶劑，體積變大，平衡向總莫耳數多的一方移動，這是典型的勒沙特列原理誤用，這類迷思共佔 24.4%，比例頗大，但國外較少提到。

4.5%學生以鹽類內所含金屬的活性大小判斷平衡移動的方向，是國內外文獻未見到，為本研究所特有的發現。

(六) 非揮發性溶質對相平衡的影響

液、氣相中加入非揮發性溶質的化學平衡，在國外文獻很少提出探討，因為這其中牽涉的概念很多，包括蒸氣壓、鹽類溶解，相平衡等等，可能複雜，故國外文獻較少討論；本研究結果顯示，真正了解原因且作正確選擇的僅佔 16.9%。另有 20.5%同學以加入非揮發性溶質造成溶液的沸點上升，而不易汽化來解釋平衡，另有 13.6%的同學認為食鹽溶解為吸熱，造成平衡的移動，這些理由雖從字面上解讀沒有錯，但並不是平衡移動的原因。在錯誤的同學中有 18.7%，以平衡反應式中無非揮發性溶質的反應物，故不影響平衡，此是常有的迷思的概念。

研究所呈現的迷思概念在液態、氣態兩相平衡狀態加入非揮發性溶質時，平衡被破壞至新平衡建立，26.9%學生未考慮定溫下蒸氣壓固定，因此認為反應物濃度會改變，這是國外文獻未探討的。

(七) 惰性氣體對非均勻相系化學平衡的影響

有 20.7%的同學認為定容下加入惰性氣體，系統總壓變大，平衡向莫耳數少的一方移。11.1%的同學認為加入惰性氣體造成反應物種分壓變大而平衡移動，8.1%的同學認為定容下加入惰性氣體， CO_2 分壓變小，上述三類同學顯示在壓力的變因下，學生對勒沙特列原理應用於判斷化學平衡具有迷思概念，因為在定容下加氮氣，雖總壓加大，但各分壓不變，不影響平衡移動。Qui'lez 和 Solaz(1995)發現，加入惰性氣體不會破壞平衡，因為沒有反應；國內林宏一(民 79)發現，加入一大氣壓氮氣時，因為體積不變，所以系統壓力增加，根據勒沙特列原理，平衡應向係數較小的一方移動；本研究亦有類似的發現。

至於定容下加入惰性氣體，造成反應物種分壓變大或變小；定溫下在非均勻相系加入惰性氣體，平衡移動至新平衡建立後，反應物種濃度改變；定壓下加入惰性氣體造成反應物種分壓變大或不變；則國內外文獻較少探討到，為本研究所持有。

伍、結論

1. 從學生先備知識背景去探討，學生是否知道何謂平衡？當基本的定義不了

解，學習勢必產生許多迷思，本研究 63.3% 學生能了解動態平衡的三項條件：定溫、密閉系統、正逆反應速率相等，但仍有 23.3% 學生因為在定義上不了解而具迷思概念，認為動態平衡是單向進行的。

2. 在非均勻相系化學平衡反應中，學生常以直觀方式判定相關因素，例如固體存在就不影響平衡，或溫度上升、下降時亦常以直覺判定方向，導致錯誤。
3. 在非均勻相系反應速率中，學生常有的迷思：(1) 加入非揮發性溶質並不影響平衡的反應速率；(2) 加入非揮發性溶質，使溶液濃度改變，因而改變反應速率；(3) 非揮發性溶質解離成離子會與水中 H^+ 、 OH^- 互相吸引，使反應速率改變；(4) 反應達平衡，無論溫度或體積如何改變，其正、逆反應速率恆為一定值；(5) 體積加大使空間變大，碰撞機會變小，造成反應速率變小。
4. 在非均勻相系平衡常數，大部分的學生能正確判斷定溫度的改變而影響平衡常數的改變，但亦有學生呈現平衡常數受濃度變化、平衡移動的方向、正逆反應速率變化等影響的迷思概念。
5. 非均勻相系鹽類對溶解度平衡的影響，學生常有的迷思，認為加入溶劑，體積變大，平衡向總莫耳數多的一方移動，但平衡以莫耳數多寡來判斷移動方向的概念，一般用於含有氣態的平衡反應，而非用固態、液態的溶解度平衡；亦有學生延伸誤用元素活性，以鹽類內

所含金屬的活性大小判斷平衡移動的方向。

6. 非揮發性溶質對相平衡的影響，本研究結果所呈現的迷思概念在液態、氣態兩相平衡狀態加入非揮發性溶質時，平衡被破壞至新平衡建立，學生未考慮定溫下蒸氣壓固定，因此認為反應物濃度會改變。
7. 惰性氣體對非均勻相系化學平衡的影響，研究顯示在壓力的變因下，學生對勒沙特列原理應用於判斷化學平衡具有迷思概念，因為不了解在定容下加氬氣，雖總壓加大，但各分壓不變，不影響平衡移動。
8. 從學生晤談資料得知本研究兩項顯著且重要的迷思概念產生的原因分述如下：
 - (1) 不論反應物種的濃度改變與否，認為平衡前正反應速率等於平衡後正反應速率，同理逆反應速率亦前、後相等(迷思比例 59%)，產生原因為：
 - A. 學生對化學平衡定義擴充解釋，達平衡時正逆反應速率相等，擴大推論到初平衡正反應速率等於新平衡正反應速率，逆反應亦同理可證；
 - B. 學生以物理概念不當的類比到化學概念，例如物理能量守恆概念，物體動能增加位能相對減少，學生類比推論化學平衡的正反應速率加快，逆反應速率減慢，才可達平衡。
 - (2) 難溶性鹽類易解離或是以為鹽類皆可溶，使濃度改變，平衡移動(迷思

比例 41.6%)，產生原因為：

- A. 學生把勒沙特列原理應用只限於參與化學反應的反應物或生成物本身才會改變平衡；
- B. 學生受傳統化學計量的觀念影響，固體濃度為定值，加入不會改變濃度，不影響平衡；
- C. 學生不了解固體鹽類特性，對其是否屬難溶性、可溶性鹽類缺乏認知，只直接判定是固體而濃度固定，就不影響平衡。

陸、課程教材及教學上的建議

1. 由本研究分析結果，發現學生在勒沙特列原理應用時產生的迷思概念共計 41 項，若能針對學生的迷思概念編寫化學教材，或是在教材中將迷思概念列為異例(anomaly)，也許可降低學生迷思概念比例。
2. 在從事教學前先瞭解學習主題主要的迷思概念類型，並區分其特質，接著提供學生相關的正確概念，以彌補先備知識不足，教師再詳細講解課程內容，較能使學生達到正向的學習效果，因為學生動態類比的心智模式影響化學平衡概念學習（陳婉茹，民 92；陳定惠，民 93；Chiu, M.H., Chou, C.C. & Liu, C.J., 2002），從學生晤談資料得知，學生常以物理概念不當類比推論到化學概念，而產生迷思。因此在學生學習化學平衡時，教師可用正確且多樣性的類比模式（multiple analogical

models）教學，幫助建立化學概念（Allan G. Harrison. & Onno De jong, 2005）。

3. 在本研究中發現，在探討濃度、壓力（體積）、溫度等因素對化學平衡反應速率的比較，學生感覺困難；濃度、壓力、溫度三個向度的討論，學生答錯比例為 79.3%、50.6%、53.9%，從晤談知道學生無論從濃度、壓力（體積）或者從溫度去判斷平衡的正、逆反應速率變化，皆有一半以上同學產生錯誤認知；研究者建議化學教師在進行平衡前後反應速率比較的教學，可利用反應速率對時間作圖的方式教學，讓學生從作圖的概念中體會速率與時間的變化關係，以幫助建立正確反應速率概念，接著再分別依濃度、壓力（體積）、溫度等變因，作速率對時間的相對圖形，如此學生較易學到正確概念。
4. 在有關鹽類溶解度平衡的概念研究，同學迷思概念比例佔 41.6%，顯示學生在判斷平衡的移動上感到困難，因此常誤用勒沙特列原理；在國內邱美虹等（民 88）的研究，即指出平衡後，加入固體離子對濃度變化的影響與沈澱量之關係，均是高中學生感到學習困難的部份。建議在鹽類溶解度平衡的教學上，可從鹽類是否具可溶性著手教學，先教導學生判別鹽類本身是屬於不溶性鹽類（溶解度 $< 10^{-4}M$ ）或是微溶性鹽類（ $10^{-4}M < \text{溶解度} < 10^{-1}M$ ），亦或是可溶性鹽類（溶解度 $> 10^{-1}M$ ），學生若能了

解鹽類可溶性或解離性，應該可降低學生僅單純的認為只要是固體就不影響平衡系內之濃度的錯誤認知。

5. 在定容下或定壓下加入惰性氣體對非均勻相系的化學平衡研究，學生在定容條件下，誤用勒沙特列原理的學生比例佔 23.7%，在定壓條件下，誤用比例佔 12.6%；此顯示部份學生在壓力與體積關係及惰性氣體的特性上無法真正了解；建議教學上可從波以耳定律及惰性氣體特性介紹。例如氣態、固態反應在定容下加氮氣，雖然總壓加大，但容積不變且惰性氣體不與其它物種反應，所以各分壓不變，不影響平衡移動，另在定壓下，加氮氣，造成容積變大，致使反應物種濃度變小或各氣體分壓變小，造成平衡移動。

學生若是能夠了解壓力與體積關係，也能了解惰性氣體的特性，將可降低在應用勒沙特列原理判斷化學平衡的迷思概念。

6. 有 22 項迷思概念是本研究的特有發現，雖有些迷思概念人數不多，但建議未來可再深入探討，學生是否普遍存有這些迷思概念。

參考文獻

- 林宏一 (民 79): 大一與高三學生「化學平衡」解題歷程與行為之分析。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 邱美虹 (民 83): 從自我解釋所產生的推論探究高中生化學平衡的學習。師大學報, 39, 頁 489-524。
- 邱美虹、劉嘉茹、周金城和梁家祺 (民 88): 認知師徒制對學生化學概念改變的影響。論文發表於中華民國第十五屆科學教育學術研討會。彰化市：國立彰化師範大學。
- 洪瑞英 (民 87): 高中生的「化學平衡」概念之研究。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 高紹源 (民 85): 閱讀高中化學教科書後對高一學生所具有之迷思概念影響之研究—勒沙特列原理。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 陳定惠 (民 93): 高中化學類比實驗與迷思概念探討。國立台灣師範大學化學研究所碩士論文。
- 陳婉茹 (民 92): 探討動態類比對於化學平衡概念學習之研究——八年級學生概念本體及心智模式之變化。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 連啓瑞 (民 84): 師院學生化學平衡替代概念之定性研究。臺北師範學報, 18 期, 頁 289-319。
- 鄧雅文 (民 92): 我國中學生平衡迷思概念和心智模式之研究。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 蔡玟錦 (民 81): 發展紙筆測驗以探究高三學生對化學平衡的迷思概念並應用以發展教學診斷工具。國立彰化師範大學學報, 12, 頁 149-174。
- 劉嘉茹 (民 89): 以研究綱領與本體分類論的觀點探究概念改變機制之研究。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- Allan G. Harrison.& Onno De jong. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. Journal of Research in Science Teaching, 42(10), 1135-1159.
- Banerjee, A.C. (1995). Teaching chemical equilibrium and thermodynamics in undergraduate general chemistry classes. Journal of chemical Education, 72, 879-881.
- Chiu, M.H., Chou, C.C. & Liu, C.J. (2002). Dynamic process of conceptual change : analysis of constructing

- mental of chemical equilibrium. Journal of Research in Science Teaching, 39, 688-712.
 - Finley, F. N., Stewart, J. & Yaroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. Science Education, 66(4), 531-538.
 - Gage, B.A. (1986). An analysis of problem solving processes used in college chemistry quantitative equilibrium problems. Dissertation Abstracts International, 48, 94a, (University Microfilms No.8709066)
 - Garnett, P., Garnett, P.J. & Hackling, M.W. (1995). Student's alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. Studies in Science Education, 25, 69-95.
 - Gorodetsky, M. & Gussarsky, E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods, European Journal of Science Education, 8(4), 427-441.
 - Gussarsky, E. & Gorodetsky, M. (1988). On the chemical equilibrium concept: constrained word associations and conception. Journal of Research in Science Teaching, 25(5), 319-333.
 - Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. European Journal of Science Education, 7(2), 205-214.
 - Huddle, P. A & Pillay, A.E. (1996). An in-deep study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. Journal of Research Science Teaching, 33, 65-77.
 - Johnstone, A. H., MacDonald, J. J. & Webb, G. (1977). Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. Education in Chemistry, 14(6), 169-171.
 - Qui'lez-Pardo & Solaz-Portole's (1995). Students' and teachers misapplication of Le Chatelier's principle: Implications for the teaching of chemical equilibrium. Journal of Research in Science Teaching, 32, 939-957.
 - Voska, Kirk W. ,Heikkinen & Henry W.(2000) Identification and Analysis of Student Conceptions Used to solve Chemical Equilibrium. Journal of Research in Science Teaching, 37(2), 160-176.
 - Wheeler, A. E. & Kass, H. (1974). Student misconceptions in chemical equilibrium as related to cognitive level and achievement. ERIC Document, No. Ed 091236.
 - Wheeler, A. E. & Kass, H. (1978). Student Misconceptions in chemical equilibrium. Science Education, 62(2), 223-232.
- 投稿日期：95 年 11 月 02 日
接受日期：95 年 12 月 01 日

An investigation on senior high school students' misconceptions of applying Le chatelier's principle under heterogeneous systems on chemical equilibrium

Shih-Feng Lee¹ Tein-Ying Lee²

¹National Kinmen Senior High School

²Graduate Institute of Science Education, NTNU

Abstract

The study was aimed at investigating the misconceptions of applying Le chatelier's principle under heterogeneous chemical equilibrium systems for senior high school students in Taiwan. Three hundred and thirty-two 12th grade students in Taoyuan who had studied chemical equilibrium participated in the study. A two-tier test was developed based on the analysis of students' answers on an open-ended test. There are 50 multiple-choice items, including seven central concepts, where the content knowledge was examined in the first tier and students' understanding of that knowledge in the second. The test was validated by four senior high school teachers who possessed profound professional chemistry knowledge; The reliability (KR-20) is 0.81. Data were analyzed through descriptive statistics and Pearson product-moment correlation. The results indicated a list of 41 patterns of misconceptions underlying misuse of Le chatelier's principle, 19 of which are identified in literature, whereas 22 of them are unique to this research. The most significant key-misconceptions revealed by the study are:

1. Whatever concentration of reactant may change, the rate of the forward (or reverse) reaction on initial chemical equilibrium should be equal to the rate of the forward (or reverse) reaction on final chemical equilibrium.
2. When insoluble salt is dissolved in pure water to form a saturated solution, an equilibrium is established between the solid and its ions in solution. The student thought all the insoluble salt could be dissolved, which could change the solubility equilibria.
3. The student contended the temperature and pressure on constant, the chemical equilibrium wouldn't be influenced by adding noble gas.
4. The student contended as the volume increases, the probability of collision will decrease, which may result in the decrease of the rate of chemical reaction.

Propose understanding the main misconception patterns of the learning topic, distinguishing the speciality and writing chemistry teaching materials to provide students correct knowledge before instructing. Collocate with instructions through diagramming on reaction rates and time to help students realize relative relationships between rates and time under such factors as concentration, pressure and temperature so as to help students set up correct concepts on chemistry equilibrium as well as avoid losing.

Keywords : Le chatelier's principle, heterogeneous systems, two-tier test, misconception