

化學實驗在國際化學奧林匹亞卅年競賽的回顧與展望

方泰山 劉哲淵
國立臺灣師範大學 化學系

楔子

原在捷克國內的化學競賽，於 1968 年因鄰近匈牙利與波蘭的加入，而成爲所謂的第一屆國際化學奧林匹亞，至今(1998 年)已舉辦了卅屆。歷屆主辦國與參賽隊伍統計，各國參賽情形如表 1。這個由原東歐共產國家發起的化學奧林匹亞盛會，先後出現過 60 個國家隊伍名稱。除了 1971 年停辦一年，主辦國已遍及四大洲，其中主辦過 3 次的有捷克、匈牙利、波蘭、蘇聯（今已解體分治）—俄羅斯、與合併的東、西德，而主辦過 2 次的有保加利亞及羅馬尼亞。

國際化學奧林匹亞規則明定，國際化學奧林匹亞競賽包括兩大部份：第一部份—實驗；第二部份—理論。每一部份有四至五小時的測試時間。在兩個部份的中間，至少間隔一天爲休息時間。比賽前約半年，參賽者會收到所謂的「準備題」，在早期以英、法、俄、德四種語言書寫，參賽國可選擇其中之一，包括解答。主辦國有責任由專家去準備競賽的「試題」及樣品的「準備題」，並由這些專家組成國際化學奧林匹亞的科學委員會，他們要籌劃解題的參考方式以及給分的標準，並要在國際評審委員會中提出討論，以獲得共識與認可，作爲最後考題與評分共同準則。在競賽開始之前，競賽的試卷經由各隊的老師，翻譯成學生所能了解的母語和文字。理論試題部份最高可佔 60%，另 40%是屬於實驗試題，如此組成滿分爲 100 分。競賽試卷的批改由試題命題者與各隊教練(mentor)，各自參照評審委員會所達成共識的給分標準評分。這兩個評分結果再經由仲裁會議相互比較與討論，來確定每一位學生的最後成績。國際評審委員會中討論所有參賽者的最終成績並排序，依規章訂出最後的獎牌之標準，以完成競賽的最終成果。

本文將探討過去卅年來，實驗試題的運作與其在化學教育的地位及影響，理論試題部份將另文撰述。

鉑週年化學實驗大觀

1. 實驗題的內容與評析

表 1 歷年國際化學奧林匹亞的參賽國一覽表

國名	68	69	70	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99		
阿根廷																										X	+	+	+	+			
奧地利																																	O
奧地利						X	+	+	+	+	+	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X	
亞塞拜然																																	
白俄羅斯																												X	+	+	+		
比利時																																	
巴西																																	X
保加利亞	X	+	+	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
獨立國協																																	
加拿大																																	
中國大陸																																	
古巴																																	
塞普魯斯																																	
捷克斯拉夫	O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
捷克																																	
丹麥																																	
愛沙尼亞																																	
芬蘭																																	
法國																																	
西德																																	
東德																																	
希臘																																	
匈牙利	+	+	O	+	+	+	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
印度																																	
伊朗																																	
印尼																																	
愛爾蘭																																	
意大利																																	
卡拉克斯坦																																	
肯亞																																	
韓國																																	
科威特																																	
卡吉斯坦																																	
拉托維亞																																	
立陶宛																																	
墨西哥																																	
荷蘭																																	
紐西蘭																																	
挪威																																	
菲律賓																																	
波蘭	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
羅馬尼亞		X	+	+	+	O	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
俄羅斯																																	
新加坡																																	
斯洛伐克																																	
斯洛伐尼亞																																	
蘇聯																																	
西班牙																																	
瑞典																																	
瑞士																																	
中華民國																																	
泰國																																	
土耳其																																	
美國																																	
烏克蘭																																	
英國																																	
烏拉圭																																	
委內瑞拉																																	
越南																																	
南斯拉夫																																	

*註：表中「O」表示主辦國，而「+」表示參賽國，「X」為觀察國。

化學是一門實驗的科學，實驗在學校的化學教育中是不可或缺的一部分，因此，實驗在國際化學奧林匹亞(IChO)競賽中舉足輕重地扮演了一個很重要的角色。在國際化學奧林匹亞(IChOs)的歷程中，除了競賽的第一年外，實驗題都被安排在競賽的單元裡。在其後的卅年，中學的化學教育程度不斷地提昇，而且新的實驗也持續地加入化學實驗中，自然地這種結果就一定會反應到 IChO 競賽中的實驗試題裡。

根據 IChO 的規則，主辦國必須擔保每一個競爭的學生都在相同的情況下做實驗。各國參賽的人數只要不是很多（例如：在 1978 年的第 10 屆國際化學奧林匹亞競賽中只有 48 個選手參加）時，命題者就不用去考慮太多空間的問題，但以第 30 屆的 184 名選手為例，在準備競賽的實驗單元時，數個實驗室、多樣設備和大量化學藥品就會讓主辦單位大費週章。而那些因素就會成為實驗試題的選擇及最主要的考量因素。所以在這些情況下，實驗試題的型式一再地侷限於一定限度的情形是不足為奇的，並且問題可以根據他們的內容區分至特定的一類中。

表 2 表示在過去 30 年的 IChOs 中，實驗問題類型和數目依年統計。其中類型 I 為無機物的定性分析；類型 II 為有機物的定性分析；類型 III 為定量分析（體積的測定），又分為：A 是酸鹼滴定法、B 是過錳酸滴定法、C 是碘滴定法、D 是銀滴定法、E 是錯合物滴定法；IV 為合成，又分為：O 是有機物種、I 是無機物；V 為其他單元。

由表 2 可知在 30 屆的國際化學奧林匹亞中，總共有 71 個 IChO 實驗單元。而其中 18 個單元是屬於類型 I (佔 25.3%)、8 個單元是屬於類型 II (佔 11.3%)和 28 個單元是屬於類型 III (佔 39.4%)。前三大類型，合計佔全部的 76.1%。屬於分析化學領域的實驗單元約為總化學實驗單元的 3/4 強。

而在分析實驗題當中，定性分析單元（類型 I 和類型 II）在競賽的前幾年是比較偏愛的部份，而在其後的 IChOs 中，就差不多很少出現過。所以在表 2 中，我們可以發現定量分析化學（類型 III）的問題為往後競賽的實驗部份中最常出現的單元。例如最近第卅屆 IChO 的實驗問題，則全都屬於類型 III（定量分析）。第一個問題是利用錯合物滴定法，第二個問題則是利用酸鹼滴定、過錳酸滴定以及碘測定等實驗技巧。

綜合歷屆實驗題（附錄：歷屆奧林匹亞的實作內容概要），將其內容概要，以五大類型分述如表 3。類型 III 是最常出現的單元（在所有 IChOs 中只有三屆例外），那是因為實驗中所用的設備（如滴管、吸量管、定量瓶等）都沒有太大的問題而且也是比較容易準備的。但是這就可能有一個問題產生，也就是命題者為了努力地去發現新的實驗點子和如何去應用體積的測定，又要做跟以前有所不同的問題做出些修飾，造成 IChO 的問題常常超出

了一般的高中生程度。也就是命題者會爲了不想抄習過去的題型而會設計一些與高中的設備與技術相差甚遠代做的實驗題（例如：用到光譜儀由技術員測量、光度計讓學生分析等等）。

表 2 國際化學奧林匹亞第 1 至 30 屆的實驗題類型與統計

屆別	年 (公元)	參賽 隊數	主辦		實驗題的類型和數目					單元的 總數目
			城市	國碼	I	II	III	IV	V	
1	1968	3	布拉格	CS	—	—	—	—	—	0
2	1969	4	卡托維茲	PL	1	—	—	—	1	2
3	1970	7	布達佩斯	H	1	—	1A	—	—	2
4	1972	7	莫斯科	SU	1	—	1A,B	—	—	2
5	1973	7	索菲亞	BG	2	1	—	—	—	3
6	1974	9	布加勒斯特	RO	2	1	—	—	—	3
7	1975	12	維斯布瑞姆	H	2	1	1A	—	—	4
8	1976	12	哈勒	GDR	1	1	1A,B	—	—	3
9	1977	12	布拉迪斯拉	CS	—	—	1A	—	2	3
10	1978	12	土倫市	PL	—	—	1A	—	1	2
11	1979	11	列寧格勒	SU	1	—	1B	—	—	2
12	1980	13	林茨	A	1	1	1B	—	—	3
13	1981	14	伯加斯	BG	1	1	1A	—	—	3
14	1982	17	斯德哥爾摩	S	1	—	1A,1E	—	—	3
15	1983	18	蒂米什瓦拉	RO	1	1	1B	—	—	3
16	1984	21	法蘭克福	D	—	—	1A	10	—	2
17	1985	22	布拉迪斯拉	CS	—	—	1A	—	—	1
18	1986	22	來頓	NL	—	—	1A,D,E	1I	—	2
19	1987	26	維斯布瑞姆	H	1	—	1C	—	1	3
20	1988	26	赫爾新基	SF	—	—	—	10	1	2
21	1989	26	哈雷	DDR	—	—	1A	10	—	2
22	1990	28	巴黎	F	1	—	1C	10	1	4
23	1991	30	羅茲	PL	—	—	1A	—	1	2
24	1992	33	匹茲堡	USA	—	—	1E	—	—	1
25	1993	37	普魯佳	I	—	—	1A	10	—	2
26	1994	42	奧斯陸	N	—	—	1E,1A,C	—	—	2
27	1995	43	北京	CHINA	1	—	1C	1I	—	3
28	1996	46	莫斯科	RUS	—	—	1C	10	—	2
29	1997	48	蒙特婁	CND	—	1	1E	10	—	3
30	1998	48	墨爾本	AUS	—	—	1E,1B	—	—	2
實驗題類型總計					18	8	28	9	8	71

表 3 五大類型的內容概要

類別	內容概要
類型 I	在有編號的試管中放置一些鹽類、溶液或是金屬類，然後讓選手去檢驗每根試管中樣品的內容和組成。化學反應的種類就可以包括很多種(例如：酸鹼、氧化還原、沉澱、錯合物形成等等的反應)。因此這就要推理、應用和解釋到底反應是那一種。
類型 II	需要有許多有機化學反應的知識，尤其是有關於官能基的部份。這樣才能判斷有機化合物的結構。因為對於官能基的不同反應，我們常常可以藉由一些已知的試劑來測試辨別。
類型 III	各種溶液中體積測定的實驗。(容量分析)
類型 IV	利用簡單位的方法和競賽所允許的時間做的合成實驗，可分為有機和無機兩種。
類型 V	是屬於嘗試在傳統的實驗單元和依照困難度來完成的創造性問題上作協調而產生的新類型問題。

表 3 也顯示在實驗單元中的有機合成(類型 IV)出現的機率比無機合成多，這顯然是由於在 IChO 競賽中的合成受限於化學藥品和裝置，特別是時間的因素。所以也只有固體的產物、簡單的方法和足夠短的時間，才適合做為在實驗室的製備。因此，產物要能夠以一個簡單的方式就能夠進行純化和乾燥，而且它們之中有些可以用其他的方法分離與鑑定，例如：色層分析技術就會出現在三次的競賽試題中。有機合成試題是需要克服一些問題和需要一些經驗。通常試題所書寫的實驗過程是針對一位有經驗的實驗者，對於來參加 IChO 的學生們，其程度仍有一段很長的距離。所以，命題者會詳細描述每一個實驗步驟讓學生有所遵循。這種作法看起來是非常實際的；但卻使得每一個步驟都將會變得冗長而累贅。一個單元的試題常需要三頁，甚至以上的篇幅才能詳細地說明。如此競賽的學生就會很容易產生一種緊張的情緒，而且甚至可能會對學生實驗的成果產生負面的影響。有一點需要特別注意的是，在學校中的實驗室環境，實驗上是和競賽中的環境迥然不同的。在學校的實驗室裡教師都可以給學生們建議，所以也就能夠將學生們的注意力直接引到合成的重要階段上，而在 IChO 的實驗室裡的監試人員，並不能幫助學生，所以他們是處於「又聾又啞」的情況下作實驗。所有的實驗工作都必須自己靠自己才行。

在表 3 中的類型 V，則是屬於嘗試在傳統的實驗單元和依照困難度來完成的創造性問題上作些協調而產生的新類型的問題。歷屆屬於本類型的題目整理於表 4。

表 4 類型 V 的實驗單元 (新類型)

屆 別	新 類 型 的 內 容
第 二 屆	學生必須作氣體滴管和測定所產生氣體體積的實驗
第 九 屆	利用熱滴定法來測定溶液中次氯酸鹽的量，學生需要畫一個滴定曲線來決定當量點為何，並且提出反應熱的計算過程
	學生需要利用觀察法來研究蟻酸和溴之間的反應速率
第 十 屆	測定碘化物和過氧化二硫酸根離子(S ₂ O ₈ ²⁻)之間的反應速率
第 十 九 屆	測定混合溶液之焓變化
第 二 十 屆	競賽者必需測定某一個弱酸的解離常數，和其隨著濃度的改變而有不同的立體結構改變導致的旋光性
第 二 十 二 屆	以競爭反應的實驗題，研究化學反應動力學
第 二 十 三 屆	利用電化學法來測定銅(II)和鋅(II)銨錯合物的穩定常數

由表 2 可以看出：在 IChOs 的卅年歷史中，有關於實驗部份的單元及內容，有一些週期性的關係。在競賽的前幾年都有兩個實驗題。其後，在實驗部份的分數佔總分的比率逐漸增加後，實驗題的內涵也就相對地增加。似乎命題者也會覺得在競賽中兩個實驗題佔 40 分比理論部分 60 分（有 6 或 7 題之多）的單元也著實多了一些。這個趨勢在第 5 屆到第 14 屆中可以很明顯的看出來。例如在 1975 年時，實驗題甚至增加到 4 個；而在 1978 年和 1979 年時又只有安排兩個實驗題。在 1982 年之後，國際評審團要求命題者要創新實驗題的內容，強調不是用單元的數目而是要用單元的內容來區分競學生的實驗能力，而且覺得應該在競賽中安排至少兩個問題。其中一題最好是一個複雜的問題。正如表 2 所示，觀察員接受了這個挑戰並且已經在法蘭克福的競試題(第 16 屆 IChO)中改變了實驗題的內容。其中一個單元是簡單的有機化合物的合成，以及結合了熔點測定和色層分析的技術為其實驗題的重點。這種理念一直維持到現在。

此外，時間是重要的限制因素並且影響著學生在實驗部份得分的結果。尤其是當有很多的實驗問題要解決以及命題者假設學生需要同時解決單元中的問題時，學生要如何地把握時間是很重要的。例如：混合起始物需經過一些時間的加熱迴流（工作一），而在同時學生希望能作些其他的實驗（工作二）。然而，這可能是命題者的安排，但是大多數的學生做實驗都是一個做完接著另一個，因此他們並不習慣於做這樣的一種實驗工作。其次，他們擔心會忽略一些細節的問題。此外，實驗題常常會包含一些附加的問題和單元在裡面，並且在 IChO 中已經有一個慣例，那就是答案和結果都必需寫在答案卷內適當的格子裡才可以。所以學生們也就更不會同時作一個以上的實驗單元。

第三次的 IChO 國際研習討論會議於 1990 年在阿姆斯特丹舉行。在此會中發表了一篇

「在過去的 IChO 中最好的單元」報導。這篇報導把 1980 至 1990 年的 IChO 單元區分為下列幾個等級：極佳的、好的、不是很好、不適合的，再根據八個國家的代表團領導人的圈選決定。這篇報導中提到有價值的「前十二名」，也就是最近幾年來最好的十二個單元。其中有關實驗問題的部份，整理後列如表 5。

表 5 國際化學奧林匹亞(1980~1990)中最佳的實驗單元內容表

第十四屆	製備一個緩衝溶液	類型 III (A)
第十六屆	在可口可樂中磷酸的電位測定	類型 III (A)
第十八屆	鎳錯合物的實作合成與分析	類型 III (A,D,E)和類型 IV (I)
第廿一屆	阿斯匹靈的合成	類型 III (A)和類型 IV (O)

2. 實驗題應佔總分的百分率

在 IChO 的前幾年，有許多有關理論和實作部份之間配分的相關討論。起初國際評審團的大多數委員都認為實驗部份只要佔總成績的 30% 就足夠了，後來又希望能增加到現行的 40%。而這項決定的主要考量，乃在於論理問題的單元常出現在實驗問題中，因此理論部份的配分就人為地增加到實驗部份的配分上。終究名為實驗題，其實是屬於理論問題。對於這樣的傾向主辦單位應加以改善。

因此在以前的國際評審團，為了解決這個問題經過了很多的努力，最後建議命題者儘量不要在實驗題中含有理論問題的內涵。然而它卻很難對命題者有任何具體的約束力。此外，要在完全沒有理論部份問題的情況下去命一個實驗試題，在技術上也是一件很不容易的事。在面對上述的問題所產生的爭論，確實一直都存在著。

3. 實驗單元組合題的安排、結構、探討與計算問題

檢視在 IChO 競賽中的上述五大類型可以將其分為如表 6 所列兩種不同的結構。

表 6 實驗單元的結構部份分配表

種類	所屬類型	結構部份
1	類型 I 和類型 II	直接可由實驗或測量就可以得到可解釋的結果
2	類型 III、類型 IV 和類型 V	所需要的數值必須要經由多次實驗或測量，而且還必須要再經過更多的實驗或計算才能獲得

此外在命題者和競賽的學生之間，彼此經由 IChO 的競賽單元來互相交流意見，而這種交流在 IChO 競賽實驗單元中則更是明顯。關於 IChO 競賽實驗單元中在命題者和競賽生之間的三大類別關係與相關的實驗單元如表 7。

表 7 命題者和競賽學生之間的關係表

關係類別	內 容	描 述	舉 例
完全依賴的問題	學生得到明白的指示並且知道如何在沒有任何會影響實驗的可能變因之下去完成一個實驗單元。而實驗的結果就只有精確度的差異而已。	在此關係中，實驗的評估不僅取決於實驗工作的精確度而且還包括了可能產生的意外情況和無法預料的方面。	第廿七屆的實作二
半依賴的問題	實驗大致已告知學生但不告訴他們如何準確地做實驗。	事實上，也就是沒有附上實驗的詳細步驟和說明，讓學生自己去設計如何做實驗。(限定實驗藥品與器材)	第廿五屆的實作二
完全獨立的問題	實驗問題的本質解釋得很清楚，而且學生可以去選擇實驗的器材與自行設計實驗步驟。	這樣作自然地會有可能有不同的情況產生。(當然所有的設備器材和化學藥品都是在實驗室可以找得到的。)	第廿七屆的實作一

“完全依賴的問題”就例如第廿七屆的實作二，這是一個合成含結晶水之順式二甘氨酸銅錯合物的實驗。命題者已經將實驗的步驟條列地十分清楚，而且也有詳細的說明，競賽學生只要隨著步驟一步一步地操作就可以完成實驗。所以，實驗的結果如何，就只有比較彼此之間精確度的問題。“半依賴的問題”就例如第廿五屆的實作第二單元，實驗內容是利用酸鹼滴定來決定檸檬的含量。實驗大致上已經告訴學生，而沒有詳細的步驟，讓學生自己去設計做實驗。至於“完全獨立的問題”就像是第廿七屆的實驗第一單元，只是單純地說明未知的溶液種類及可用的試劑與器材，讓學生自己去辨別出未知溶液的化合物為何。所以這種問題就需要學生自己去選擇實驗的步驟、試劑與器材來正確地辨別未知溶液中的化合物。

至於實驗單元裡的計分計算問題，亦可以分為三大類型，其內容與舉例如表 8。分類 1 的例子就像是某些類型一或是類型二的題目一樣，也就是只要定性地將未知化合物的名字寫出就可以來計分了。例如第廿七屆的實作一單元，只要將未知溶液的化合物寫出即可。分類 2 的例子就像是第廿七屆的實作三單元，實驗的結果必須將滴定的體積寫出並且還要計算出含量百分比（或產率）並寫出方程式，甚至在最後還必須寫出計算的式子，所以有計算時就必須將其他方面的結果分數也列入計分中。而分類 3 的例子，就如同在第十

六屆的實作二單元，在此單元中必須利用酸鹼滴定來測定可口可樂中磷酸的濃度，其結果必須將滴定曲線圖畫出來，並且還確定當量點的位置。所以像這類型的單元就必須做複雜的計算才行。

表 8 實驗單元的計分計算問題分類

分類	內容	舉例
1	只要一至兩個的步驟就可以計分的簡單計算	第廿七屆實作一(單元)
2	包含兩個或以上的步驟之計算，所以就有一些其他方面的考量會納入計算中	第廿七屆實作三(單元)
3	包括學生自己設計的步驟之中有關圖、表…等等工作的複雜計算	第十六屆的實作二(單元)

4. 實驗題評分標準的評估

不但在實驗題的內容方面，就連其評分標準都是國際評審團團員們之間所熱烈討論，而且是最具爭議性的主題之一。在競賽的最初幾年，致力於評估有關參賽者完成的結果和命題者的實驗結果，各自是如何獲得的……等等方面，而在討論之中也常出現一些良佳可行的具體建議。一個已經運作得很好的系統是被建議繼續使用在評估競賽者的實驗品質上，例如競賽者在實驗室的操作上犯了錯誤，就會造成競賽者在實驗部份的得分上減少。而這樣的評分系統從 1977 年的第九屆 IChO 中就已制定成評分的共同標準。

雖然這個標準已經很明顯地加以規範，但是評分的主要仲裁員都是經由主辦國家的命題老師來擔任，所以這就會有一些爭論點的產生。多次想要組成任務小組來研究改進，但卻都遭到否決。最後國際評審團得到了一項結論，也就是評估實驗命題的品質不是必要的，因為其好壞就直接會反應在學生的實驗結果的好壞上。所以逐漸地這個問題就被忽略了。也就因為這樣，任何有關的討論已經冷卻下來，以其在 IChO 中目前參賽者的數目還用不著作上述的評估。

從歷史的角度來看，有關實驗單元評估方面的討論已經讓國際評審團的成員分成兩種不同意見的群體。在第一種群體的人，認為實驗的結果就可評估該實驗單元的，至於是如何得到結果的過程則就不需要知道。提議不要去看中間的成果（例如：在滴定中的消耗量）而且不用去檢查計算部份，因為不管任何的錯誤都會影響到最後的結果。至於在第二種群體中的人是比較理性的，提醒大家要了解 IChO 實驗只是一種學生間的競賽，而不是實驗技術高超的專家們自由比賽的活動。這些學生並不一定是老練的，況且他們待在化學實驗室的時間也應該只有數個小時或是數天，而不是數週或是數個月。此外，實驗技術專家們

通常可能已經重複過這些實驗，並且修正了任何有關的已知錯誤。因此，競賽的學生是並不全會做到這樣的事情的。所以，當我們在評估學生的解答時，教練和命題者們應該去尋求在實驗或計算中正確與不正確步驟的界線為何，才能公正合理來評定參賽學生的高下。

結論：化學實驗教師與化學實驗技巧是致勝的關鍵

幾年前有一份在學校所做的研究問卷調查中，有下列兩個主要問題為研究調查者所提出來：(1)什麼人，促成你要開始學化學？(2)影響你決定去成為一位化學家的主要因素是什麼？從各種不同領域的回答者，如：有剛進學校的學生、應屆畢業的學生和一些從事和化學有關的人，如化學研究者、化學教師、參加全國化學能力競賽者、化學產品部門人員等等中，分別得到了下列的統計結果：

- (1) 化學教師是影響年青人及讓他們對化學這門新的科目產生興趣的重要人物。化學是中學自然科學領域中最新的一門教學領域。
- (2) 化學實驗是影響年青人去研究化學的第二主因。化學是科學領域中，最具實徵性而有趣的具體科學。

其次的影響因素是父母或朋友、生活地點的工作機會和高所得收入所致。很有意思的是，具有高度影響力的媒體是排在第七位上。但不管如何，上述的結果雖並非在每一個國家、城市都會有同樣的排序。不過這樣的調查所得的結果也都相距不遠。例如，在 1991 年由 UNESCO 在巴黎所召開的“全球變遷中的師資訓練研討會”中所發表有關的數據，以及我國化學奧林匹亞工作小組在歷屆的各種研習與競試活動所做調查，有相類似之處。

因此，化學實驗在化學教育中有著一個不可取代的地位。若在學校基礎教學中，當學生們的興趣已經被其他的科目所佔滿時，要學生來學習有關化學的理念就已經太晚了。所以化學教師在化學教學的過程中也就扮演著要克服這種結果的一個重要的關鍵人物。一開始，教師如果能靈活地掌握化學的知識，那麼化學可能就變成一個非常吸引人而且有趣的一門學校科目，甚至於在剛開始的課程中就有可能決定了一個學生未來是否從事化學領域工作的命運。所以，一個好的化學教師知道一個好的實驗，並不能完全地被其他的工具和設備所取代，如電視、電腦和影片等。雖然上述的媒體也應該被使用但是不能說只要用上述的工具就能說明化學的反應和過程。因此，示範實驗是十分重要的，因為它提供了一個安全的化學實驗操作的示範。它同時也表演了如何處理化學的物種、實驗的設備、儀器以及實驗裝置，而且這些實驗才是能夠引起學生感興趣的地方。

一個化學實驗能夠吸引學生的注意，主要是由於它們有特殊的特色。不同於物理或生物實驗，它們能吸引學生是因為在實驗的過程當中，有些未知的和不可解的、刺激的和危

險的情況常常伴隨著他們。並且有些變化和改變常常是刺激有趣的。一般而言，學生喜歡作化學實驗。在學生能夠了解化學實驗的情形之下來做實驗，他們才能樂在其中。也就是當我們控制某一個變數時，實驗能夠被控制而且能預知它反應的方向時，是一件很有趣的事情。

實驗問題在國際化學奧林匹亞的競賽中是不可分離的一部份。所有競賽的學生們可以在比賽中獲得 40% 的實驗分數。因此，能夠得獎牌與否取決於那些學生是否在化學實驗室中是否有良好的訓練。在比賽的過程中能夠充滿自信的人被認為是能在理論部份和實驗部份中都能得到好的成績的人。而且實驗部份的單元外在刺激要比理論部份大的很多。因此在實驗部份中得到好的成績往往就是決勝的關鍵。自 1991 年第 23 屆的 IchO 起，實作競賽就按排在理論競賽之前，因此在實驗部份問題中有好的開始，必然是會影響到理論部份的成績。

在分析 IChOs 卅年來的 71 個實驗單元題中，可能可以去推斷有些單元類型是要具備了普通必備的基本實驗技巧，而另一個部份的單元類型則是被視為是必須要經常使用才能很熟練的實驗技巧。這些單元的內容雖然在中學的實驗課程中有包括在內，但是有關精熟度的訓練卻並不包括。其餘的單元類型則是屬於必須對實驗技巧已經十分精熟才能得到分數。這些單元在中學中亦並不包含在內。

如同國際化學奧林匹亞理論部份的比賽大綱，指定為 1、2、3 給每個實驗代表由淺至深類型的單元，就可以得到有關實驗精熟度的關係表。從此表中可以了解學生在 IchO 實驗部份中有關實驗精熟度和實驗單元的關係(表 9)，這是實作部份，國際間參賽的會員國，所需共同來詳加規畫及共同遵守的未來「實驗單元」大綱，期待大家的努力促成。

表 9 實驗精熟度與實驗單元的關係表

實驗單元序號	實驗精熟度
1	普通的
2	很好的
3	極佳的

參考文獻

1. Collection of Competition Tasks from the First Ten International Chemistry Olympiads, Editors: A. Sirota and J. Machackova, Czechoslovak UNESCO Committee, Bratislava, 1980.
2. Collection of Competition Tasks from the International Chemistry Olympiads, Second Edition, Editors: M. Cerny, J. Krejci, J. Machackova, P. Petrovic, A. Sirota, and F. Zemanek, Bratislava,

1985.

3. Collection of Competition Tasks, 16th~26th International Chemistry Olympiads, Editors: S. Racinsky, J. Spicka, D. Pavlistova, Prague 1995.
4. Reports from the international Workshops on the Development of the international Chemistry Olympiads.
5. Reports on the participation of the Slovak delegation in the IChO (1993~1997).
6. 30th Anniversary of the International Chemistry Olympiad, a Brief Review on the History and Content of the International Chemistry Olympiad by International Information Center, Bratislava, Slovakia, 1998.
7. 方泰山等,「中華民國參加第 24-30 屆國際化學奧林匹亞競賽計畫與總報告」,1992-1998,教育部中教司與國立臺灣師範大學化學系。
8. 魏明通、方泰山、蕭次融、施正雄,「第一屆至第二十五屆(民國 57 年~82 年)國際化學奧林匹亞競賽試題及參考解答(中文版)」,國立臺灣師範大學化學系主編,中華民國 82 年 10 月。
9. 方泰山、蕭次融,「國際化學奧林匹亞—化學課程教材與 1986~1996 年分類試題」,國立臺灣師範大學科學教育中心編印,中華民國 86 年 4 月。
10. 方泰山、蕭次融,「國際化學奧林匹亞—化學課程教材與 1986~1996 年分類試題解答」,國立臺灣師範大學科學教育中心編印,中華民國 87 年 4 月。

附錄：歷屆奧林匹亞的實作內容概要

屆數	題號	實驗內容	題數累計
第二屆	第五題	使用試劑器材檢測未知認管的組成	2
	第六題	擬定實驗方案來測定金屬的量	
第三屆	第七題	設計簡易方法來測定酸的量	4
	第八題	用酸鹼中和來辨視試管中的物質	
第四屆	第七題	使用試劑器材檢測未知試管的組成	6
	第八題	利用酸鹼和錳滴定來推測混合物的組成	
第五屆	第七題	試用最少步驟來辨認試管中的鹽類	9
	第八題	選用試劑來辨認試管中的無機物質	
	第九題	選用試劑來辨認試管中的有機物質	
第六屆	第六題	使用試劑來辨認試管內的無機物質	12
	第七題	用已知溶液來辨認其他試管中的陽離子	
	第八題	使用試劑來辨認試管中的陰陽離子	
第七屆	第九題	利用相互的反應辨認各試瓶中的物種	16
	第十題	利用試劑來辨認各種固體化合物	
	第十一題	利用試劑來辨別出各種有機物	
	第十二題	利用滴定來得知碳酸鈉的含水量	
第八屆	第八題	使用試劑來辨認試樣中的陰陽離子	19
	第九題	利用酸鹼和錳滴定來定量草酸(鈉)	
	第十題	利用給定的步驟來判定未知物組成	

附錄：歷屆奧林匹亞的實作內容概要（續）

屆數	題號	實 驗 內 容	題數累計
第 九 屆	第 九 題	用比色法來找出溴濃度與時間的關係	22
	第 十 題	使用熱滴定來求反應的相關數據	
	第 十 一 題	以酸滴定來定未反應氫氧化鈉的量	
第 十 屆	第 六 題	利用酸滴定來得知三種溶液的值	24
	第 七 題	利用電立來了物反應進行的方向與快慢	
第 十 一 屆	第 七 題	擬定檢測計劃來確定試管中的物質	26
	第 八 題	利用錳滴定來測定 $KmnO_4$ 的質量	
第 十 二 屆	第 七 題	利用試劑和儀器來辨別物質的結構組成	29
	第 八 題	利用溶解性與監定測出各種金屬樣品	
	第 九 題	容量法測定過二硫酸鉀 ($K_2S_2O_8$)	
第 十 三 屆	第 七 題	利用相互反應來辨認試管中的陰陽離子	32
	第 八 題	使用試劑來確定試管中的有機樣品	
	第 九 題	用容量法同時測定碳酸鈉和碳酸氫鈉	
第 十 四 屆	第 八 題	配製適當比例的緩衝溶液	35
	第 九 題	使用試劑和器材來辨認試管中的鹽類	
	第 十 題	以 EDTA 滴定來測定氯化鉛的 K_{sp}	
第 十 五 屆	第 八 題	以有效試劑來鑑別四種苯的衍生物	38
	第 九 題	利用錳滴定測定草酸（銨）的量	
	第 十 題	鑑別各試管中溶液及其反應	
第 十 六 屆	實 驗 I	合成硝化非那西汀並作其定性分析	40
	實 驗 II	利用鹼滴定測定可口可樂中磷酸的濃度	
第 十 七 屆	第 九 題	在非水溶液中用鹼滴定法測定弱酸	41
第 十 八 屆	實 驗 I	鎳鹽的合成	43
	實 驗 II	分別使用鹼、EDTA 和銀滴定來作定量分析	
第 十 九 屆	第 六 題	鑑定 9 種無機化合物	46
	第 七 題	按步驟測定混合液之焓變化	
	第 八 題	以碘滴定來測定碘酸鉀的濃度	
第 二 十 屆	實 驗 I	由有機酸之鈉鹽合成其衍生物	48
	實 驗 II	用分光光度法測定 H_2X 的解離常數	
第 二 十 一 屆	實 驗 I	製備阿斯匹靈	50
	實 驗 II	以酸鹼滴定來求出阿斯匹靈的質量	
第 二 十 二 屆	實 驗 I	合成查爾酮	54
	實 驗 II	鑑定燒瓶中的陽離子	
	實 驗 III	利用碘滴定來作水中溶解氧的測定	
	實 驗 IV	討論 S_N1 反應動力學並求 k_1	
第 二 十 三 屆	實 驗 I	利用鹼滴定來決定酸的解離常數	56
	實 驗 II	設計丹尼爾電池來測錯離子的形成常數	
第 二 十 四 屆	實 驗 一	利用 EDTA 滴定了解 CO_2 對溶解度的影響	57
第 二 十 五 屆	第 一 題	膽固醇之衍生物的有機合成	59
	第 二 題	利用鹼滴定來決定檸檬酸的含量	
第 二 十 六 屆	實 作 I	測定脂肪酸的酸值、皂化值和碘值	61
	實 作 II	以銀離子和硫氰酸根離子來作溴離子的定量	
第 二 十 七 屆	實 作 I	利用化學反應來辨別未知溶液	64
	實 作 II	合成 $[Cu(gly)_2 \cdot xH_2O]$	
	實 作 III	$Cu(gly)_2 \cdot xH_2O$ 中含銅量之測定	
第 二 十 八 屆	第 一 題	利用碘滴定法測定銅離子及鐵離子之濃度	66
	第 二 題	未知藥物樣品中的定性測定	
第 二 十 九 屆	實 作 I	瓶裝水中 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 濃度的測定	69
	實 作 II	利用試劑辨別未知有機化合物	
	實 作 III	取代基二氫-1,3-氧代氮代苯并環己烷的合成	
第 三 十 屆	實 作 I	草酸根沈澱再用錳滴定來測定鈣離子濃度	71
	實 作 II	鉍(III)錯離子混合物的分析	