

美國國際化學奧林匹亞國家代表隊的選拔與訓練

——爲進軍國際化學奧林匹亞做暖身運動——

方泰山 邱寶鳳

國立臺灣師範大學化學系

教育部於七十一年十一月十八日公布「中學數學及自然學科資賦特優學生輔導升學要點」，到現在已舉辦過三次輔導升學。化學科成績優異學生隨著這個辦法，先由各校推荐，再經教育部委託師大科教中心初選與複選而進入化學科研習營。其詳細情形已分別在七十一（註一）、七十二（註二）與七十三學年度（註三），中學數學及自然學科資賦優異學生輔導升學總報告中可見端倪，然而其成效如何，無法馬上看出。今年八月底在東京舉行的第八屆國際化學教育會議，美國代表曾在會中報告該國去年（1984年）（註四）第一次參加國際化學奧林匹亞第十六屆競賽的準備與參加情形，葡萄牙的代表也報告該國主辦第十四屆（1982年）（註五）國際化學奧林匹亞競賽時，命題題型與學生回答的千奇百態內容。筆者將其主要部分簡介於后，給國內關心科學教育的學者專家與政策主事者作參考。在此國家經建成功外交正在求多方向發展之際，如果能打開類此活動之參與，如同多項運動揚眉國際舞台，無異給國家民族打了一針強心劑，尤其是在此正大力振興國內科技教育之際。

一、美國化學奧林匹亞營

（一）選拔程序（進化學資優營）

A. 區域選拔

1. 各地的化學分會（每州約1～3個分會）選出5～13名學生：

- a. 依各分會人口，決定該分會代表人數。
- b. 選拔方法由各分會自行決擇。
- c. 約有 2000 名學生參與。

B. 國家選拔

2. 由各分會選出之學生參加國家標準選拔考試：
考試內容包括選擇、理論性的問答，由美國化學會（ACS）總會命題選拔。
3. ACS由其中選出前 20 %進入資賦優異訓練營。

(二) 訓練營

A. 時間、地點：2 個星期（六月初），在美國空軍官校（U.S. Air Force Academy）。

B. 目標：

1. 提升學生學習化學的機會與環境，加強他們在這個領域的熱心度。
2. 讓學生能在一個密集且較高水準的大學環境裡學習化學。
3. 讓學生有機會和來自全美各地的學生切磋琢磨。
4. 增進大學教師和高中老師之間的合作。
5. 儲備學生參與化學國際奧林匹亞之能力。
6. 選擇四名最優秀學生，組成美國代表隊參與化學國際奧林匹亞。

C. 課程作息表：

1. 除了星期六、日和最後一天，每天按一定之時間表作息。
2. 標準作息課程：

- a. 0600 起床
- b. 0615 早餐
- c. 0800 晨課

包括：上課、討論、問題解答、測驗。

- d. 1115 午餐
- e. 1300 實驗課

- ① 實驗內容包羅整個化學領域。
- ② 實驗方式採食譜與非食譜兩種形式。
- ③ 撰寫各種形式的實驗報告

- f. 1615 晚餐

g. 1800 晚課

① 包括：家庭作業、實驗報告、複習（自修）、專題演講與娛樂（自由活動）。

h. 2300 熄燈

3. 星期六上午：騎馬練習。
4. 星期日上午：自由活動。
5. 星期六與日下午和晚上——和平常作息一樣。

D. 訓練項目：

1. 理論部分：

- a. 分析化學——平衡、酸鹼化學、滴定、吸收定律。
- b. 物理化學——熱力學、動力學、分解程度、圖示法。
- c. 無機化學——配位化學、合成、定性分析、反應。
- d. 有機化學——合成、反應機構。
- e. 生物化學——胺基酸、蛋白質、肽胺基順序、醣、酯肪酸、核酸、酵素。

2. 實作部分：

- a. 定性與定量分析——平衡的混合物、與合成。
- b. 設計一些可訓練化學基本技巧的實驗：如迴流反應、蒸餾、滴定、液體量取、過濾等等。
- c. 供給一些實驗室裝備：如玻璃器皿、加熱包、鐵環、夾子、分析天秤等等。
- d. 實驗報告：

① 要求撰寫不同形式之報告，以增加學生寫作技巧與處理數據的能力。

e. 實驗指引：

- ① 有些實驗指引非常詳細且完整，敘說實驗技巧與所用儀器。
- ② 有些實驗只有非常模糊之指示，甚至沒有任何資料，目的在於訓練學生自行設計各自的實驗計畫、過程、以及數據的處理。

E. 評估：

1. 客觀性

a. 理論知識與能力：

- ① 兩個各為3小時的筆試。
 - (i) 第一次考試——包含分析、物化和無機化學。
 - (ii) 最後測驗——涵蓋所有化學領域。

② 一個 3 小時的實驗考試：

(i) 無機定性分析。

(ii) 每位學生領取 6 支含有未知試樣溶液的試管，限制用 6 個藥滴瓶，以檢出未知液中所含陰陽離子各兩種。

2. 主觀性：

a. 包括評量每個學生的：成熟度、誠實性、堅忍性、獨立性、外交性、穩定性、社交性、彎曲性、練達技巧、創造力、靈敏度及解決問題能力。

3. 總成績：

a. 客觀：理論 60 %、實驗 40 %。

b. 主觀：不納入正式評分，只做為成績相接近時取捨之參考（結果沒用到）。

F. 成果：

1. 參加研習營的學員在研習前，其實驗技巧與研究報告的寫作能力均很弱，有機和生化的程度也由弱到非常弱參差不齊，至於熱力學、平衡及一般無機化學則需再加強。

2. 二個星期的研習營之後，以上所提的寫作能力、實驗技巧、有機、生化、熱力學及平衡等均有長足的進步。

3. 實驗技巧與有機知識仍相當薄弱，但已有相當的改善。

(三) 第十六屆國際化學奧林匹亞（註六）

A. 地點：西德、法蘭克福。

B. 時間：一九八四年七月一日至十日。

C. 參與國家：22 國。

D. 理論筆試：5 小時。

1. 內涵：

a. 一級放射線之衰變。

b. 配位化學——反應及結構。

c. 空間（立體）選擇性的有機反應。

d. 有機合成與反應機構。

e. 吸收光譜計量分析。

f. 氣體定律與化學式之決定。

g. DNA 和核醣酐的配對。

h. 蛋白質——胺基酸、及其系列、酶。

E. 實驗室操作：5 小時。

1. 內容包含二大部分：

a. phenacetin 之硝基化。

b. Cola (可樂) 中磷酸之定量。

2. 由技巧、報告、產物產量、問題之解答與實驗結果之分析等項目來評鑑學生。

F. 總評分：

1. 筆試佔 60 %。

2. 實驗佔 40 %。

G. 結果：

美國隊在無機、物化及生化三方面有很優異的表現，但在有機及實驗操作方面表現平平。在 22 國 88 位與賽者中，美國隊名次分別 13，36，50 與 51 (名次之總和為 150)，得到一面銀牌、二面銅牌、一個嘉獎。

今年 (1985) 第十七屆國際化學奧林匹亞，美國亦再度積極準備及參與。一切的方式均同前 (1984)，但總人數比第一次增加了一倍，多達 5000 人。訓練營在課程方面，除第一天改變外，其餘均同。第一天增加了「化學研究的水準與遠景」之專題演講，邀請了國際著名的美國化學學者：William N Lipscomb, Linus Pauling, Russell Grines, Roald Hoffman 清一色皆為諾貝爾化學獎得主，主要目的是以他們的形象，吸引參與訓練營的學生對化學之熱心度，但能聽懂者，可能只佔少數。課程內涵也非常類似 1984 年，但不全相同，針對上屆參與化學奧林匹亞缺失再改進，如加強實驗與寫作之訓練，加深有機及生化的知識層次，分析化學多增加了去年所沒有的導電及非水溶液的酸鹼化學，物理化學除了已強調之重點外，再加強動力學觀念，無機則朝敘述性方面加強。至於學生成績的評量也略作修正，理論部分要能反應所選訓之題材，實驗則移到無機的合成。評量時以產品之外觀、產量、結果之分析、報告寫作能力及回答實驗問題等之評分做為標準。訓練營的結果是學員的有機生化知識與實驗技巧加強了，而對動力學和酸鹼化學 (水溶液與非水溶液) 的概念也大大地加深了。一九八五年六月卅日至七月九日，在捷克斯拉夫 (Czechoslovakia) 的布拉提斯拉瓦 (Bratislava) 所舉行的第十七屆國際化學奧林匹亞，也一樣有 22 國 88 位與賽者，美國代表隊的四位隊員名次依次為 12，25，44，54，總名次由 150 躍至 135，進步甚多。這次競賽方式完全

和1984年一樣，內容涵蓋：理論筆試部分：①一合金中鋁的分離與滴定定量，②電子結構、順磁性、分子結構、鍵強及鍵長。③ Ca^{2+} 單獨存在及與 SO_4^{2-} 共存時對 EDTA 之反應性。④旋光消失 (racemization) 反應的動力學。⑤熱力學與電化電池。⑥有機合成。⑦一有機反應的產物、反應機構、動力方程式與反應級數。⑧單醣之結構及其單互換之計量；在實驗部分，只出一道題目：「在非水溶液中滴定一弱酸以決定其相對之分子質量」。這次成果分析，美國隊沒有發現互相矛盾之弱點，而學生們在有機合成及單醣之結構等理論方面仍相當薄弱，至於實驗技巧已相當熟練。

二、國際化學奧林匹亞試題舉隅

一九八二年第十四屆國際化學奧林匹亞在葡萄牙里斯本舉行，有十七國參與，主辦當局出了這樣一個問題：

「假定自然界發生了意外：水分子之間沒有氫鍵，預測自然界會有什麼樣的結果發生」。17 隊 68 位與賽者的答案，經主辦當局整理歸納如下（註七）：

(一) 由化學知識所得之延續

1. O與H間的鍵結將是非極性的共價鍵。
2. 水分子間的力量將被迫減弱為只有凡得瓦爾力。
3. 質子水合離子 (H_3O^+) 將會消失，因為將不會有 H^+ 。
4. 因為分子間的力量減小，水的沸點、凝固點將會變得很低。
5. 目前所有的酸鹼觀念將完全改觀。
6. 水合固體鹽類將不再存在。
7. 水液固體亦將不復有。
8. 離子化合物，不溶于水。
9. 水的解離不存在。
10. 共價鍵化合物，若在水中能形成氫鍵，將不溶于水。
11. 酸在水中將不解離，因為 H_3O^+ 不存在。
12. 水的離子積常數 (K_w) 等於零。
13. K_w 將沒有意義，因為水分子不會解離。
14. 電解質不會形成。

15. pH值將失去意義。

(二) 化學和物理之間的關係

1. 水的導電性必為零。
2. 水的密度會減小。
3. 冰將比水比重大，因此冰不再浮於水面上。
4. 因為水分子間失去交互作用，仿如氣態般的自由，因此水將以氣態而非液態存在。

(三) 化學和生物之間的關係

1. 若沒氫鍵，水就沒有溶解性，結果地球上可能就沒有生命，因為沒有維持生命所需的鹽類了。
2. 沒有氫鍵，就沒有DNA的生命雙螺旋，生命也難以存在。
3. 每一個有機生命體將被迫生活在如玻璃鐘罩般的隔離系統內。
4. 可能將有不同形式的生命體存在。
5. 若需靠水維生的生命將不存在。

(四) 化學和地質之間的關係

1. 沒有液態水存在，溫差的變化將很大。
2. 地球上將見不到海洋、湖泊、河流，因為水將只以氣體狀態存在。
3. 雨水將不再腐蝕岩石。

(五) 化學與休閒生活的關係

1. 為了喝水，我們將得買氣筒 (gas cylinders) 。
2. 不再見到雪片紛飛的景象。
3. 冰山將成為歷史名詞。
4. 想用冰來保存食物是難上加難。
5. 冰淇淋不再現世。
6. 冬天的體育活動將銷聲匿迹。
7. 冰上曲棍球選手面臨失業。

8. 不再有染色工業。

9. 學生不需要再學習「氫鍵」這單元。

總之世界各國均積極參與，尤其是美國去年開始派遣國家代表隊參加，提升了國際對這個國際化學奧林匹亞的注意力與其地位。我國由教育部舉辦國內類此的活動，今將堂堂進入第四年。在選上了免試升到大學化學系的所謂化學科資賦性向優異的同學，如能再假以時日的琢磨，在大伙兒揮汗擠大學窄門之際，將其送上國際化學奧林匹亞戰場（註七），相信必也能替國家立下汗馬功勞，說不定就是未來的諾貝爾獎得主呢！

三、參考資料

註一：教育部七十一學年度「中學數學及自然學科資賦優異學生輔導升學」總報告，教育部中教司主辦，國立台灣師範大學科教中心編印，72年9月，P39～47。

註二：同註一，73年9月，P54～69。

註三：同註一，74年8月，P53～77。

註四：The Eighth International Conference on Chemical Education, Aug 23～28, 1985, Tokyo, JAPAN P.355.

註五：由Michael D. Hampton.（美國中佛羅里達大學化學系副教授）（主辦人員）所提供資料。

註六：註四之P357由葡萄牙、里斯本大學理學院科教系Mariana P.B.A. Pereira教授所提供資料。

註七：第十八屆國際化學奧林匹亞競賽，將在一九八六年七月於荷蘭萊登（Leiden）舉行，想要參加的國家，需先派觀察員見習一次到二次，目前已有廿二國參與，所用語言有英語、俄語、德語與法語，尚未有東方的國家參與。