

大陸如何準備國際化學奧林匹亞(IChO)

— 參訪1992年大陸山東濟南化學冬令營暨化學競試 —

方泰山* 施正雄*

國立臺灣師範大學 化學研究所**化學系**科學教育中心*

在東歐解體，蘇聯瓦解的一股自由經濟與民主世界浪潮中，我們接受了大陸 92 年化學冬令營營長王夔教授的邀請⁽¹⁾，在 -4°C 的寒冬下，於元月 19 日至 23 日參觀並訪問在山東大學舉行的化學冬令營及化學競試。來自大陸各省市，自治地區的 65 位中學精英與近百名化學教育工作者，齊聚於榮獲 1991 年波蘭 23rd IChO 冠軍，來自山東濟南一中的金寧同學的故鄉——濟南，揭開了大陸 1992 年參加 24th IChO 的選拔活動之序幕。

一九八四年的啓示及一九八七年 IChO 初試

一批約 10 位左右，來自北京各著名大學及學術機構且熱心青少年化學教育的化學家，（包括中科院化學所、中國科普研究所、北京化工學院、北京大學、清華大學、北京師範大學及北京醫科大學），積極籌畫第一次大陸化學競試及化學研習營。一九八四年，四月二十八日，在中國青年報公布了大陸化學競賽試題；五月上旬，在中央電視台向全大陸播映實作部份的競賽題；然後由各省市、自治區及香港地區優勝的前三名，於七月廿五日到八月三日集中在北京舉行第一屆化學夏令營，詳細解說並加訓練。第一部份的理論試題有十八項大題：內容包括：(1)物質的量及其單位——莫耳；(2)金屬的還原性順序；(3)化學反應的熱效應；(4)關於瓶蓋和容器材料的選擇；(5)液氨的生成；(6)變色鏡片問題；(7)空氣中汞含量的測定；(8)新型的醫藥用高分子；(9)水合醋酸銅的結構；(10)C-14 同位素的應用範圍；(11)肌肉酸痛的原因；(12)關於潛水夫病症；(13)月岩中有沒有生命的痕跡；(14)錯在那裡；(15)碘量法；(16)地球的化學演化；(17)泡沫滅火器的問題及(18)中國古代化學成就。至於實作部份，共有 7 題，即(1)鋅板放入硝酸銅溶液中的反應；(2)是什麼氣體；(3)風化和潮解；(4)檢驗酒精含量的方法；(5)鎢的化學反應；(6)酯化反應，及(7)藍瓶子實驗；其中第(7)題不計分。這二大部份可以說是綜合了從 1968 年第一屆 IChO 到

1983 年第十五屆 IChO 的競試試題精華；喚起了大陸青少年對化學科學的注意與興趣。1985 年，出版了所謂「一九八四年，全國化學競賽題解和思路」⁽²⁾；經過三年的「秣馬利兵」「勵精圖治」，且出版了「1968—1987」國際奧林匹克化學競賽題及解答⁽³⁾；因此，1987 年第一次派四位選手參加在匈牙利維斯布瑞姆市 (Vesprem)舉行的第 19 屆 IChO，一鳴驚人，獲得一金二銀一銅，似乎是可預期的。往後四、五年間，年年至少都得到二面金牌以上，一九八九年在芬蘭的 IChO 中，更是大滿貫的四金牌。

承襲一九九一年的大滿貫與一九九二年的期待

大陸一九九一年的冬令營⁽⁴⁾，是在去年 1 月 22 日～26 日在江蘇省儀徵市的儀徵化纖工業聯合公司舉行，由各省市、自治市及地區，61 名選手，選出一等獎 10 名，二等獎 18 名，三等獎 23 名及四等獎 10 名，其中一等獎的 10 名分布在 9 個省、市、自治區——參加了四月間的集訓後，甄選出四名，參加在波蘭的 23rd IChO⁽⁵⁾，結果：金寧（山東濟南一中，成績 94.75），林誠（福建三明一中，成績 94.75），江琪（上海華東師大二附中，成績 92.50），各獲一面金牌，倪浩（江蘇無錫一中，成績 84.75），獲得銀牌。

本年度，大陸的化學冬令營暨化學競賽日程表如下：

一九九二年化學冬令營暨化學競賽日程表

日 期	上	午	下	午
元月 19 日	9:00—11:00 開幕式		2:00—4:00 參觀、座談	
元月 20 日	8:00—11:30 理論一試 教師座談會（一試說明會）		2:30—5:00 理論二試 教師座談會（二試說明會）	
元月 21 日	遊覽市區（老殘遊記—大明湖）		12:00—18:00 實驗考試 教師座談會（實驗說明會）	
元月 22 日	全天遊覽孔夫子的故鄉（ <u>曲阜</u> ）—孔府、孔林、孔廟			
元月 23 日	8:00—12:00 學術報告		2:30—5:00 閉幕式	
	1. 激光（雷射）化學 }（學生） 2. 碳的結構化學新進展 } 3. 簡單的「複雜系統」化學（老師）			

由於 24 th IChO 主辦國美國，在去年 23 rd 會場，已分發了下一屆競試的準備試題，大陸方面在這次冬令營所安排的各項活動，可以說是早做了萬全的準備工作，且已充分安排插入各項競試及說明會中。根據大會分析，在 63 個準備題⁽⁵⁾當中：屬於大一普化領域約 8 題，大二分析約 3 題，大二有機及大三生物化學約 25 題，大三無機約 10 題，大三物化約 20 題，以地球上的化學為主題，內容包括地表、地中及高空化學，動植物化學及環境與能源化學，所涵蓋的物質約有 170 種之多，所涉及的深度及廣度則相當新穎，如 C_2 ， C_{60} 結構，臭氧層危機的動力學，造成南極冰層溶解的溫室效應，而結晶學可以說是較深的立體概念，但綜合題則較為稀鬆平常。關於實作方面，大陸方面由首次夏令營中的分析⁽²⁾認為中學常用的化學儀器約 60 種，競賽中則已有 43 種之多，而基本操作方面，中學常用的技巧約有 29 種，競賽中已概括有 28 種之多；在 24 th IChO 預備題中實作則列有五大部份：(1)蘇打灰，即碳酸鹽，強調二元弱酸的滴定；(2)蛋殼中，磷(P)的分光光度分析法；(3)涉及有機過渡金屬化合物的合成與分析；(4)有機酯的製備與分析；及(5)有機香草醛的氧化還原。

兩套理論試題，即所謂 A 卷及 B 卷；A 卷滿分 60 分，3.5 小時的作答，模擬 IChO 考試，由於限於篇幅，試題暫且割愛。在 65 名競試選手，最高分為 54.5 分，最低分為 9.5 分，其分佈如下：

分數區	60 ┌ 55	54 ┌ 50	49 ┌ 45	44 ┌ 40	39 ┌ 35	34 ┌ 30	29 ┌ 25	24 ┌ 20	19 ┌ 15	15 以下
人 數	0	13	13	14	5	4	6	7	2	2
分布(%)	0	20	20	21.8	7.7	6.2	9.2	10.8	3.1	3.1

~ 60 % ←

B 卷，則較難，滿分 100 分，作答時間為 2.5 小時，安排在理論二試，其題目摘錄如下，做為我國中學生思考的方向。

理論試題 (B 卷)

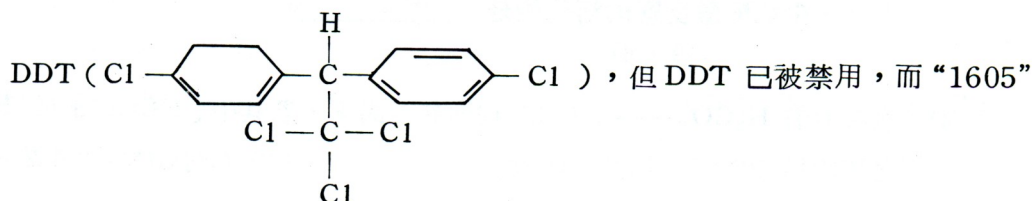
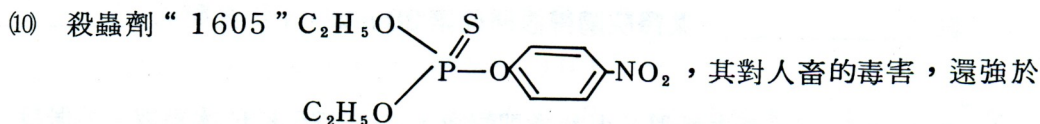
1. 填空：

- (1) 砒霜 (As_4O_6) 和可溶性砷化物都是劇毒品，常用來製造殺蟲劑，滅鼠藥等，人誤服 0.1 克即可致死。常用的有效解毒劑是 _____，_____，

- _____，也可用乙二硫醇解毒，其反應方程式爲 _____。
- (2) Co-60 (^{60}Co) 廣泛用在癌症治療，其半衰期爲 5.26 年，則其衰變速率常數爲 _____。某醫院購得該同位素 20 mg，十年後剩餘 _____ mg。
- (3) 在 300 K 下，鮮牛奶置 5 小時後即變酸，但在 275 K 的冰箱裡，可保持 50 小時，牛奶變酸反應的活化能是 _____。
- (4) 血液中有 H_2CO_3 — HCO_3^- 緩衝液的關係，若其中 $[\text{HCO}_3^-]$ 與 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 之比約爲 20:1，則其 pH 爲 _____。 $[\text{Ka}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.2 \times 10^{-7}]$
- (5) β -二酮比單酮易烯醇化，其原因是 _____

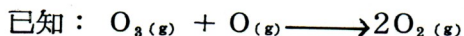
- (6) 在空氣中對某一樣品進行紅外線分析，在樣品中會干擾這種分析的氣體是 _____。
- (7) 假定某個星球上的元素遵守下列量子數的限制：
 $n = 1, 2, 3, \dots$
 $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$
 $m_l = \pm 1$
 $m_s = +1/2$
 則該星球上，週期表上前四個惰性元素的原子序分別爲 _____
 _____。
- (8) 市售滅火劑，含鋁發泡劑的主要成份是硫酸鋁和小蘇打。據報導，鋁在人體內的累積不利健康，因此市場上出現，有所謂“無鋁發泡劑”商品，但這種商品仍是 CO_2 發泡，其主要成分是 _____。

- (9) 海水淡化的方法之一是離子交換法，其法是使海水先通過陽離子交換樹脂（堿型）得到“純水”。若使海水先通過陰離子交換樹脂，所產生的問題是



則否，其原因是_____。

2. 在海拔 20—40 Km 的高空，少量臭氧（ $\sim 10 \text{ ppm}$ ）吸收了太陽的大部份（95—99%）有害紫外輻射。而在地球近表面，小到只有 0.2 ppm 的臭氧卻能促進光學反應造成有害煙霧。因此，人們力圖保護高空大氣中的臭氧，防止地球近表面臭氧濃度增加。



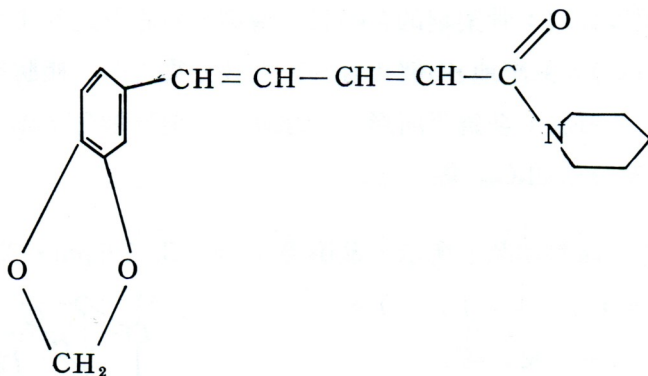
這種分解可通過高空大氣層中某些微量組成分的作用達成，其中 NO 和 Cl 原子是研究得較透徹的兩種催化劑。利用以上資料，試回答下列各問題：

- (1) 分別寫出以 NO 及 Cl 原子為催化劑的臭氧分解的詳細反應方程式。
 - (2) 高空大氣層中冷媒 CFC_1 和煙霧發射劑 CF_2Cl_2 的存在有何危害？寫出有關的反應方程式。
 - (3) 世界上許多科學家強烈反對發展超高超音速運輸機（SST），其主要的理由是什麼？
3. 以金屬鋅（陽極）和銅（陰極）為電極，含有酚酞和澱粉的 KI 水溶液為電解液，組成一個電解槽，電解開始不久，陰極區溶液呈紅色；而陽極區溶液仍保持無色，

過了相當長時間後該區溶液才呈藍紫色。

試回答下列問題：

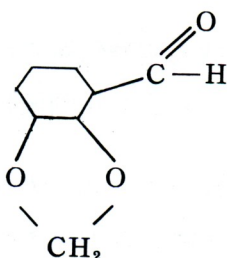
- (1) 寫出陽、陰極上，發生的化學反應方程式
 - (2) 怎麼才能使電解開始不久，陽極區溶液呈藍紫色？
4. 照相時若曝光不足，則已顯影和定影的黑白底片圖像淡薄，需對其進行“加厚”，若曝光過度，需對圖像進行“減薄”，試回答下列各問題：
- (1) 加厚的一種方法是：把底片放入硝酸鉛與赤血鹽溶於水所配成的溶液中，取出、洗淨、再用硫化鈉溶液處理。寫出底片圖像加厚的化學反應方程式。
 - (2) 減薄的一種方法是：按一定比例混合硫代硫酸鈉溶液和赤血鹽溶液，把欲減薄的底片用水充分濕潤後浸入，適當減薄後，取出沖洗乾淨。寫出底片減薄的反應方程式。
 - (3) 如底片經過加厚處理後，圖像仍不夠明顯，能否再次用以上方法繼續加厚？又經減薄後的底片，能否再次用以上方法繼續減薄？請說明理由。
5. 人們通常把白胡椒加工成粉末作為調味品，它的主要化學成分之一是生物鹼——胡椒鹼 (I) 其結構式如下：



(I)

據文獻記載，胡椒鹼有多種藥理作用，其中之一是鎮痙功效，台北某中醫根據古老的秘方，用口服胡椒粉治療癲瘋病症，雖然有效，但刺激性太大，患者十分痛苦。於是藥物學家進行該化學式的結構改造，經長期研究及臨床試驗，證實若去掉分子側鏈上的一個雙鍵，有相同的療效，此就是目前市面上所用“抗癲瘋”的基本結構(II)。試回答下列各問題：

- (1) 寫出化合物(II)的結構式，並用 IUPAC 命名
- (2) 茉莉花香的主要結構為



請設計，由此醛為起始物及所需其他化合物，合成化合物(II)的路線。

- (3) 問(2)中，若有任何立體化學存在，請予以說明。
 - (4) 化合物 I 及 II 與一分子 Br_2 反應，所得產物之結構為何？
6. 碳是地球上最重要元素之一，其化合物數目最多結構形式最豐富。純碳化合物，主要有三大類異構體：骨架型的金剛石，層型的石墨及近年才發現的球型球烯分子(Fullerene)。對應地，有機化合物可大致分為三類：脂肪族(鏈形、環形和多面體形)，芳香族(多為平面形)和球碳族(環球形分子如 C_{18} ，圓球形分子如 C_{60} ，橢球形分子如 C_{70} 等)。

- (1) 金剛石的立方晶胞如圖1所示。晶胞邊長 $a = 356.6 \text{ pm}$ ，碳原子 p 的座標參數為 $(1/4, 1/4, 1/4)$ 。

- (a) 列式計算 C—C 鍵的鍵長
- (b) 列式計算碳原子的空間占有率
- (c) 計算金剛石的晶體密度
- (d) 說明金剛石硬度大的原因

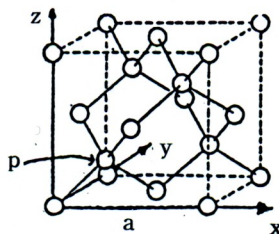


圖 1

(2) 球烯分子 C_{60} 又稱為足球烯 (圖 2)，它的晶體結構和分子結構數據如下：

- * 立方晶胞： $a = 1420 \text{ pm}$
- * 六方晶胞： $a = 1002 \text{ pm}$ ， $c = 1639 \text{ pm}$
- * C—C 平均鍵長 = 141 pm
- * 每個 C 原子總鍵角和 = 348°
- * 球心到 C 原子距離 = 351 pm

核磁共振光譜 (NMR) 測定證明：化合物 $C_{60}K_3$ ， $C_{60}Rb_xCs_{3-x}$ 中 C_{60}^{3-} 不停地轉動， C_{60} 的 ^{13}C -NMR 光譜中只出現一個峰。

- (a) 怎樣證明 C_{60} 分子是球形的？
- (b) 計算 C_{60} 分子的大小 (如以直徑表示)
- (c) 推測 C_{60} 分子中 C 原子的成鍵方式
- (d) 由 C_{60} 分子能否製成超導材料？
試舉一例。

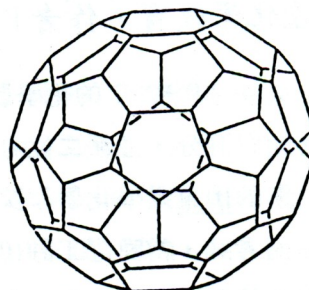


圖 2

(3) 比較探討純碳化合物

- (a) 金剛石、石墨、足球烯三種異構體中，何者能溶於有機溶劑？為什麼？
- (b) 猜測三種異構體中，可能有一種星際空間存在。且有一種異構體已被發現存在於死火山口。請確定其各為什麼異構體？解釋它們各為什麼會在這些地方存在。
- (c) 試推測雙原子分子 C_2 在星際空間、火山口及地球表面是否存在，並利用分子軌域理論預測 C_2 的鍵級。

這份考題，在 65 名選手中，在滿分 100 中最高分得 75.5 分，最低分得 22.5，其成績分佈如下：

分數區	70 以上	60 ~ 69	50 ~ 59	40 ~ 49	30 ~ 39	30 以下
人 數	6	13	19	11	11	5
分佈(%)	9.2	20	29.2	16.9	16.9	7.7

.....→ ~ 60 % ←.....

由二份理論試題成績的統計，大概可以看出，在十一億人口中（約1.5億青年）選出的65位中，大約有60%的已達到IChO的水準，三部份總成績平均成績，以100為滿分，而在79分以上的共有15人列為一等獎，78分～60分，共27人，列為二等獎，60以下共23人為三等獎。換句話說60分以上的一、二等獎，已可媲美IChO獎牌。很巧地是，這次大陸取15名參加四月中的集訓和我國原計劃中的從台灣地區選取15名，可說是不謀而合。我們帶去的15個小禮物，也正好派上用場，送給這15位一等獎的大陸準IChO選手。

大陸化學教育工作者「戰戰兢兢」是IChO金牌的鑄造者

大陸1992年的化學競試，理論試題是由化學會中央所組成九人命題競賽評審組所命題與評分，並派二位可能負責1992年IChO帶隊的教授授課解析；實驗試題則由主辦的山東大學化學學院化學系所組成42人實驗小組命題及評審。第一天6個小時的理論考試，當晚趕工評出1～65名次，中央的九人小組每位評審分別暗中看約前30名有希望入選選手在第二天下午6小時的實作競賽。山東大學化學系所訓練的評審員，每人只要全程釘住2～3位選手，仔細的評作實驗的潛力，根據命題小組所做的checking-list客觀評分並分析每位選手的優缺點，以做為爾後培訓IChO的依據。

利用空檔中，訪談了幾位中學帶隊老師，發現這些中學生選手，皆是經過層層競試中的佼佼者，而來到這裡參加1992年IChO的大陸代表的選拔。據北京海淀區教師進修學校所辦的化學奧林匹亞學校領隊卞老師說，他所帶來的二位北京人大附中同學，從進入學校起就利用週末或假日課餘到他的奧林匹亞學校研習。該校有計畫地培養在化學方面有天份及興趣的人才，這種重點學校，以大陸一元化的體制（即一個人的生老病死，幾乎是在同一體系中成長），到處都有。不過已有帶隊出國參加IChO經驗的段先生和吳先生表示，有幾次所選出的大陸代表，反而是來自“偏遠地區”如福建山區；當年拿個金牌衣錦榮歸，不僅有龐大的軍警摩托車開道，所屬學校的科學大樓與設備經費則滾滾而來，對大陸的科學普及化有很大的啓示作用。總之大陸的IChO能有這樣的成績，那些為化學教育付出代價者，不論是各級學校的老師，或是大學裡的教授，默默地耕耘才是真正的“化學金牌”的鑄造者。

誌謝

感謝中華民國國際化學奧林匹亞指導委員會的批准及海峽彼岸大陸1992年化學競賽暨冬令營營長王夔教授盛情邀請；還有該營全體工作同仁的熱情接待及提供各方面資

料，尤其是北京清華大學宋心琦教授全程溫馨的嚮導與款待；更要謝謝國立台灣師範大學科學教育中心魏明通主任的安排來回大陸濟南的旅費與冬令營費用。

參考資料

1. 大陸中國化學會四屆輪值理事長之一，現任北京醫科大學藥學院教授，也是學部（即教育部）委員，為大陸 IChO 的推動者，曾是 1988 年在芬蘭 20th IChO 的大陸領隊。
2. 大陸中國化學會科普工作委員會編「一九八四年全國化學競賽題解和思路」中國青年出版社出版，1985 年 7 月第 1 版。
3. 中國科協青少年工作部，中國化學會，編譯「1968—1987 國際奧林匹克化學競賽及解答」，大陸科學普級出版社，1988 年 4 月第 1 版。
4. 方泰山「迎接第廿四屆國際化學奧林匹亞——第 23rd IChO 觀察報告(II)」化學（中國化學會發行），第 49 卷第 3 期，pA 314，民 80 年。
5. 大陸化學會，化學教育，No.3，51(1991)。