

卓越的化學教育

——第10屆國際化學教育會議記實

方 泰 山

國立臺灣師範大學化學系

引 言

第 10 屆國際化學教育會議，於一九八九年八月廿日至廿五日在加拿大安大略省滑鐵盧市，以建教合作及電腦數學聞名的滑鐵盧大學舉行⁽¹⁾。本屆的主題為“卓越的化學”(Excellence in Chemistry)，吸引了來自全球 60 個國家，445 位化學教育工作者⁽²⁾。主辦人為來自我國臺大及清大的校友滑大教授揭鈞博士。筆者以一篇「中華民國臺灣地區的高中化學奧林匹亞及資優營」的論文⁽³⁾與會。

本次大會在四個主題：(1)卓越的教學，(2)卓越的學習，(3)高品質的化學評量，與(4)化學的教學研究與應用的指引下，邀請了十位著名的化學教育專家與學者，其中包括了一九八一年及一九八六年的諾貝爾化學獎得主 Ronald Hoffman 及 Dudley Herschbach，分別詮釋主題及全球性的化學教育的過去，現在與未來。聘請了十二位在化學主要領域學有專長的專家，分別主持各該共同進行的領域的口頭論文 72 篇，壁報論文 215 篇。更有意思，是在定名為公元 2000 年的化學課程研討會，邀請一些資深大學教科書作者為引言人，進行物化、無機、分析、有機及普化的討論會。除此，主辦當局，並在每天晚上主題演講分發當天出版，取名為“Ne-On”的會議精華快報。另外，安排了二個研習會：一在會前，主題為利用“Spread sheets”(工作簿)來教學，即所謂電腦輔助教學；一在會後，為示範實驗教學。

筆者以下，謹就這次大會精華部份，提出報告。

大會精華

一、諾貝爾化學獎得主的昇華

現任教於美國康乃爾大學，在 1981 年以理論計算軌域能階聞名的諾貝爾化學獎得主 Roald Hoffman 教授，現身說法，陳述他如何以“教育工學”理念，從事美國公共電視的化學教育。最值得自豪的是在他的領導下，最近完成了一個有 26 個單元系列的“化學世界”專輯，分別錄製在十三個錄影帶裡。Hoffman 博士透露了，他現身螢光幕的心聲：籌集經費是第一件頭痛的事，還好 Annenberg 基金會及一些公益團體，全力的支持這個影集，結果每分鐘的影像平均耗去了三千美元；其次的難題，就是如何在有限經費及版權的保護下去獵取“真實化學生活”的珍貴鏡頭，所幸是“工廠”及“尖端科技”的“施予”，解決了這些問題；第三難題就是製作科學影集的“學術”與“技術”的“不同語言”的協調問題。他呼籲，化學專家們，有興趣於“大眾傳播”的，不妨挺身而出。這 26 個單元影集主要是為非—化學主修的學生設計，沒有方程式，更沒有數學計算。每個影集，以敘述、討論、示範實驗、檔案影集及觀念回顧方式呈現。Hoffmann 教授利用投影式的可樂視放映其中一集：化學的趨動力—能量和亂度，其中演示明星，威斯康新大學的 Showalter 教授，煞有其事，帶著安全眼鏡，全身做適當裝備，在影片中做示範實驗教學；Hoffmann 教授在片頭，片中及片尾適時出現，把化學世界的能量和亂度這二個非常抽象的觀念，演活了。這套影集目前正以每套 375 美元的工本費在市面上銷售，預定明年（1990 年）元月開始在美國的公共電視出現。儘管這套影集的問世，引發了學術價質與商品價質間的爭論，這位理論化學家，希望這套影集及其所能運轉出的未來，將賜給一般社會大眾“理性”的化學力量。

在一九八六年和我國中央研究院院士李遠哲教授，共同獲諾貝爾化學獎的哈佛大學資深教授 Dudley Herschbach 博士，他那風趣特殊的教學法，把近五百位與會者，帶上一種激發的狀態。整個演講會，可以說是完全由聽眾的問題，串連出的一場 60 分鐘的演講。由問與答的質量，聽眾似乎非常喜歡這種原先大會規定不准發問的邀請演講。Herschbach 教授，在他的妙答中，形容“化學”就像是一門“灰姑娘”的科學，是由二個認養的不起眼的醜陋姊妹：物理與生物所烘托出來，不是白馬王子，也不是傳奇的仙母；但可以確定的是：我們每一人都可能被吸引進入去扮演的腳色。如果從物理化學的“玄子”（metaphor）角度來看“化學”，這位分子束專家，描述其就像一幅“印

象畫”，只有從一個完全正確的位置，才能美好地去欣賞它的妙處；換句話說，也只有透過“研究”與“教學”才能加入我們的“瞭解”與“欣賞”化學的另人難以置信的主題。做為老師的我們，必需要幫助學生如何去“瞭解”與“欣賞”化學家們的所做所為。這位起步晚，遲來諾貝爾獎得主，露了一手他如何利用教學技術去“清洗”他的優秀“哈佛生”的腦袋瓜，比如他教“量子論”，一位叫做Kerry Bron學生，給了老師所指定作業一首“迴響”詩：量子仙境

只知有一特殊秘密的地方，
充滿者看不見的空間：
青蛙跳躍其間不過如此遠，
腳踏車、汽車，也只有十、廿哩。
個人、微笑或大笑，
蟋蟀沒有起伏的音調，
人們也只有一定的財富。

世界如此一途地在改變：
晚上不會成為白天，
但却是一個晚上，一個白天，
正如創始者一波耳所預言，
這地方對凡人充滿者神密，
它不是一個平常的境界，
無法經由陸、海或空抵達，
只有經由想像進入這個量子仙境。

在結束他的演說時，評論了一段少有的妙語：生命中最重要的事情是什麼呢？那就是“愛，熱情，遠見與承諾”。他把這段話呈獻給才過世不久的偉大化學教育家，伯克萊大學的George Pimental做為詮釋“卓越的化學”主題的剖白者。

二、主題的詮釋：邀請演說精萃

加拿大知名度頗高，廣被尊重的無機化學家Ron.G.Gillespie教授，在大會開幕典禮道出他卅年教學研究的感受心聲「此時此刻，是決定改變化學命運的關鍵時刻，因

為化學的公衆形象已陷入了空前未有的低潮」，那麼什麼是最好的方法來改善此困境呢？「固然，TV，報章雜誌，科學中心，及大眾化的科學演講都扮演著重要的角色，但是唯一可保證成功的大衆科學文明，仍是要透過正規的學校教育，且愈早開始的學校科學教育愈好」。最顯而易見的是在大專院校層次上的非主修科學的普通化學教學，需要通盤檢討。由於目前的普通化學教學過份地強調量的和計算的化學，一般所謂的“敘述化學”的有機與無機材料太過單調且貧乏；再之普化的教學課本確實是太厚了，應大大地削減一翻。有些老師們不願意教普化，實在是因為他們感覺到其中的某些單元或領域沒有信心，因此 Gillespie 教授建議「若那些對普化感覺到有任何一主題不甚暢快，那就不要去嚐試成為普化教學的一員」。

時間永遠不停地在畫過空間；時間在變！教材也應該在變！但教科書的作者，出版商，各級考試的主持人，出題者，甚至制度的策劃創造者，却常常抗拒這股潮流，因為他們怕“失去市場”，“重新命題”或“預知改變後的未來”，因此 Gillespie 教授也呼籲，居於化學及其教育的領導者：IUPAC 及世界各國，地區的化學學會，能主導，這“思變的潮流”，換言之，強勢的領導者，可以改變，去除“抗拒者”的強勢阻碍改變的人。

澳大利亞，Monash 大學的 Peter Fensham 博士，是一位國際著名的化學教育家，他的同事們常開玩笑地說：「如果你想要找到 Fensham，最佳的賭注應放在最靠近他家的國際機場，候機室裡」，他以「如何學習那些教卓越化學人的化學」發表演說。傳統的化學的“教”與“學”，常把目標放在“宣稱的知識”和“喚起的知識”的再評量，並用其來解決相當簡單的問題，事實上，很多研究指出，其距離理想，還有一段相當的距離，尤其是“質”和“量”的優劣和多寡，在教與學上常不成比例。那些具有決定教材多寡的老師，要能“協和”地去考慮這“質”和“量”的問題。誠然，Fensham 所談“教”與“學”化學，也許永遠是不會有定論，但是由他的演說“教學”的魅力，他的“知識”和“他的信心”所生出的親和力，似乎可讓大眾，離“化學”已不遠矣！！

來自加拿大 Harry Ainlay Composite 高級中學的 Frank Jenkins 是一位廣為加拿大及海外所仰重的一位高中資深化學教師，尤其是他領導的小組所發展出的課程：Alchem，頗受歡迎。這套課程重視化學的社會價值觀。他以“科學、技術、社會（S.T.S.）的化學教育”發表專題演講。一個真正的 STS 化學教育，應該是在“科學過程的技能”，“創造和批判力的想法”，“高程度的腦力過程”，具有“高文化的，歷

史過程的，解決問題的，決定性的，良心的”特質等等項目，能和標準化學教科書內所涵蓋的內容，緊密地結合在一起。目前，國際間已有相當多這樣的課程，如美國的 Chem Com，英國的 Salter's Chem，加拿大的 STSC Chem。

“尋求化學卓越：什麼是我們有的？什麼是我們所沒有的？”國立墨西哥自動大學的物理化學教授 Carlos M. Castro-Acúna 回答了這個問題：我們有的，是各級學校的化學課程；我們所沒有的，是一個能成功地整合由中學到大學的化學課程。我們有的，是化學領域間的整合；我們所沒有的，是一個能成功地整合含有數學、物理及生命科學的化學課程。他指出，所謂的“卓越”，乃是“不管自我資源的多寡”，能獲取最大利益的就是“卓越”。因此，他認為“財富”和“卓越”並沒有多大關連存在，但他強調，“巧婦難為無米之炊”，每個化學家或教育家，都應取信我們的社會，“教育”是我們主要目標，要聯合政府，教師與學生，來完成這個“卓越”的使命。可不是嗎？一年種稻，十年植樹，百年樹人！

除此，未開發中國家之一，素有“飢餓國度”之稱的伊索匹亞，Addis aboba 大學化學系主任 Tarekegn Gebiyesus 教授報告該校化學系，如何成長，並且沾沾自喜第一個化學系的博士候選人，如何在重重西方著名教授審問下，通過博士學位的論文口試。正開發中國家，來自全世界人口最多國家的中國大陸，北京大學的高等化學教育研究中心華彤文教授，報告才在1985年成立的該中心，三年多來的研究方向。大陸把“卓越化學”教育責任重心擺在大學，因此成立這個由33個教授組成的諮詢研究中心，引導中心的學術研究。在89-90年代的主要十個研究方向，分別是：

- (1) 調查大學化學系畢業生的動向。
- (2) 研究化學訓練的目標和準則。
- (3) 改革化學專業訓練的課程。
- (4) 制定師範教育的卓越課程。
- (5) 改革應用化學專業訓練的課程。
- (6) 改進化學實驗課程。
- (7) 應用電腦科技至化學教育。
- (8) 建立化學試驗庫。
- (9) 評估化學教育。
- (10) 比較國際間的化學教育。

先進國家，如荷蘭 Chemiedidactick Vrije 大學的 Bourma 教授，也是一位熱心

國際間化學教育的專家，目前是 IUPAC 的 CTC（教學委員會）和 IChO（國際化學奧林匹亞委員會）兩個委員會的重要成員，報告了荷蘭化學會，如何推動“卓越化學”：如專家學者應邀至各個學校的巡迴演講、學校週期表及化學實驗安全的制定，工廠一學校的建教合作，日常生活化學的巡迴展示，除此，二年一次，對社會大眾開放所謂“化學日”，化學真相的專題報導，記者的化學日，化學專家庫等等的活動。從 1989 年 3 月起，來自工業界，大眾傳播界，環境保護人士以及消費者的代表們，有機會成為“化學老師”和“政策制定官員”間的學生和老師，共同追求“基本”及“共識”的“化學”，努力地再追回這已近“黃昏”的化學公眾形象。

三、多嘴且滾熱的討論會

五個精彩絕倫的討論會，主題分別是走向二千年代的物理化學、有機化學、分析化學、無機化學及普通化學。其間也同時進行的還有：化學競試及科學展覽，低成本的教具和儀器，我們應該傳送怎樣的態度給學生有關化學工業，評估與評量，中學的化學，老師的訓練，教育策略，學習理論，電腦輔助教學，如何改進實驗室的訓練，組成卓越課程的因素，化學和社區計畫，科技對學習的沖擊，電腦在作業和測驗之間的應用，等等廿個項目，進行論文發表與討論。筆者選擇了其中的物化、普化、化學競試及中學化學課程，從頭至尾參與聆聽與研討。

在物理化學的討論會裡，來自英國牛津大學，著有數本大學及研究所教科書的 P. W. Athins 教授，首先以“物理化學”的問題與前瞻，發表看法，他舉出：(1)物化內涵是否涵蓋太廣？(2)過于老式？(3)那些題材應刪修？那些應加入？(4)數學在物化應扮怎樣的角色？並以其所著的教科書，詮釋如何才是一門好的物化課程；加州大學戴維斯分校的 McQuarrie，在 GRE 考試，擔任委員多年，報告“為什麼有這麼多學生，對某些問題會做錯？”GRE 是美國教育測驗社所舉辦的測驗，其中化學，由八個來自物化、分析、有機、無機四個領域的專家學者所組成，至少每年聚會一次，審視測驗結果及策劃未來。他提出了歷年來學生測驗結果，給物化領域的老師們做參考。泰國 Chulalongkorn 大學的 Dhabanandana 教授，說明了泰國所面臨的物化教學問題：正如其它國家一樣，學生們對物化缺乏興趣，甚至有恐懼感，他們所採取的策略是在高中增加了一些物理化學的主題，但至今仍“無能為力，轉回頹勢”。以數字分析見長的物理化學教科書作者，J. H. Noggle，舉例談“教科書的似是而非”，薩依，金夏沙大學的 Uyewa 教授

概談“物理化學”的教學經驗：內容分爲原子分子結構，物質狀態，熱力學，光譜分光法，化學動力學，量子化學及分子動力學七大部份；由於該國設備短缺，物化教學，偏重在每小時五頁書的講授，解題也是發揮學習的一個窮人學習的好方法，只要一個簡單的口袋計算機即可，他們用這種方法，也發掘了一些對物化有潛力的學生。

普通化學討論會，更是令人拍案叫絕，主持人加拿大的Humphreys 教授，以蠟燭點氫氧混合爆鳴氣的轟然巨響，揭開序幕，同時在幻燈銀幕上打出一幕幾本厚重的普化教科書壓着莘莘學子，喘不過氣來的漫畫鏡頭，接著“秀”了一張學生推著菜籃車進入擺有各式商品的普通化學架子，選了他們需要的菜色，出口結帳的老師，清點了它們所買的是什麼？各式各樣的菜單相繼出籠，美國奧立崗大學的Hawkeo，談“什麼是學生所需要學習？”，加拿大Guelph大學的Bunce，則解說：我們在大一普化該教那些？加州柏克萊大學的gardner，則強調大一普化應加強新手：非主修科學的課程與教學，尤其是生活空間所涉及的有關化學的“地球圈和生物圈”。最後，來自美國佛羅里達州立大學的Mellon 教授，他根據最近美國科學促進協會的研究報告〔Science for all american, a project 2061 Report on Literacy Goal in Science, mathematics and Technology; AAS: washington, DC, 1989〕指出：“有關科學文明的教學，需符合「科學啓發」與「科學價值」的本質來行事”。其意乃謂教法應始自「現象」的學習，而非「答案」的學習；要讓學生的活動，依科學家們的「觀察→收集資料→利用事實→善用假說」來從事科學活動；他又指出，美國國家科學教師協會正在促進各個科學領域的主要教學活動，能從集中於大一，分散至國、高中的六年教學活動，效果也許會更加昭彰。會場多次出現火爆場面，這在西方國家已是屢見不鮮，多聽人家的意見，約束自己的動作，會把一件真理變明白的！！教育是一件因人、時、地而所不同的行動，尤其是普通化學，是人人都懂，但却是人人都不懂的東西，要去滿足所有人，協和出所有人都滿意的執行方案，是永遠辦不到的，也許開幕典禮Gillespil 教授所說「若那些對普化感覺到有任何一主題不甚暢快，那就不要去嚐試成爲普化教學的一員」，可不是嗎？

四、化學奧林匹亞，已經上路了嗎？

你可知道嗎？自從一九六八年，國際化學奧林匹亞，在東歐開賽以來，今年已堂堂進入第21個年頭。你可又知道，已有多少國家參與？26個。更令人驚奇的是第一次有東方地區參與，而總積分獲得冠軍，確是我們的大陸同胞，在1988年第20屆赫爾新

基大賽的四名高中選手，在 104 位參賽中分別獲 1、4、14 及 44 名，二面金牌，一面銀牌及一面銅牌，成果相當輝煌。難怪，本次大會正式開鑼前的暖身會議：國際化學奧林匹亞討論會，西方的化學教育家，好奇地問道：中國人怎樣完成這個任務？可惜，會場中，未見有大陸的代表出席回答這個問題，倒是腦筋動得快的某西方人士，打趣臆測地說：大概是在 11 億中國人口中，七百萬中學生選出來，當然會有如此的成績？！是嗎？

國際化學奧林匹亞是集合世界優秀青少年共同切磋琢磨化學理論與實際的一個大賽。正如美國的化學奧林匹亞營代表，在論文發表會，所引用的“人文化學方程式”：

學生 + 化學 + 競試 → 高能量的化學反應

高能量就是化學教育所訴求的目標，此次大會，將其列為“卓越化學”的重要主題之一。

經過 26 年的滄海桑田，UNESCO，負責中介這個國際盛會的 Alexander Pokrovsky 博士，在大會大力宣傳這個活動，爲了擴大國際社會的參與，宣佈將組織區域性的自然科學奧林匹亞，如泛美、南非及亞洲的競賽，並已決定今年底在捷克斯拉夫，舉行第一屆國際生物奧林匹亞。

瑞典的 Lindberg 問“是否所有參與 Olympiads 的學生，禁止中等學校以外的訓練？”法國、奧地利，及加拿大的學者，馬上提出反駁的意見，荷蘭籍的會議主席 Bouma，則反問道：「同學們爲何而競賽？高水準的知識？或合作性的友誼？」芬蘭的 Saarinen 敦促「最好能取消實驗部份的競賽！？」怕被世人遺忘的墨西哥代表，尚未進入情況地問道：「國際化學奧林匹亞委員會，是否有興趣於拉丁美洲國家的參與？」（事實上，巴西已準備參與，派了觀察員與會），此時 Pokrovsky 馬上解釋「一個有興趣參與的國家，委員會絕對歡迎，但需自行先計畫參與的所有程序，一般說來，大概要花個 2～3 年去完成佈署參加競賽的學生代表隊，其中包括 1～2 年的領隊以觀察員參加盛會，熟悉國際化學奧林匹亞，明年（1990 年）的國際化學奧林匹亞，將在法國舉行，有興趣的國家可洽：

Prof Jousot-Dubien, Jacques

16 ruede s orsneaux

75020 Paris

France

來自美國聖地牙哥的 Barbara Sawey，特別提醒大家注意，化學實驗的安全規則，尤其是那些藥品禁止在競賽時使用？應請國際化學奧委會開出清單。總言之，化學奧林匹

亞應往何方向走？執行秘書 Pokovsky 對以上的意見，有些同意，有些則持不同的看法，不過對日益膨脹的競賽，區域性的競賽，似乎是可行之道。最後南非的 Gray，強調：化學的大眾化和化學奧林匹亞，絕對是不可以混為一談。

五、大會的二個附加價值：

電腦輔助教學與示範實驗教學研習

大會特別安排二個研習會：一為會前的電腦輔助教學，題目為利用“工作簿”(Spreadsheets)的教學⁽⁵⁾；及會後的示範實驗教學，各為一個上午，學費分別為加幣50元及38元，主要是用在所發給的材料費，前者發給一本“工作簿”及一片已有程式的磁碟片，後者則取得一本有62個菜單的示範實驗和一盒自我把玩實驗的工具及材料⁽⁶⁾。

八月廿日的上午及下午各開一班，筆者參加上午班，每人有一套16位元的AT電腦及彩色顯示器，由教師 Patricia Flath 所發展出的類似 LOTUS - 1 - 2 - 3 的所謂 Quattro Spreadsheet program 及其用在化學教學，練習了一些例子：(1)如何去打學生實驗報告所劃的數據之分數（如計算結晶水），(2)如何去學習週期表之間的關係，(3)如何用在物理化學理論方程式的 Simulation（如線性的最小平方值），等等，這種“Spread sheets”的教學理念，確是處在資訊時代的我們，應該加以推廣的。

八月廿五日上午閉幕禮後的研習會，則是示範實驗的教學觀摩與實作。來自加拿大 Queen's 大學，教育學院的 Irwin Talesnick 教授，自市場買回的一瓶蘋果汁，打開自己先喝了一口，往一個連有大鐘的燒杯一倒，鐘就開始走動，指針正好由下午2點10分開始，一連串神秘、風趣，知識啟發性的化學實驗教學就這樣開始；顏色變化的週期性反應，永動的果汁機、質譜器、化學平衡……令人看得目不轉睛，這應該才是所謂的實驗教學法，所發給的盒子裡的東西，就是個人自己把玩的化學實驗作業。

參加了這二個會前會後的研習，才真正感受到“教育工學”的力量，也才真正完成了參加這個十全十美的第十屆國際化學教育會議。

結論與建議

二年一次的國際化學教育會議，結合全世界各個角落代表性的各級化學教育層面，

在五天的共聚時光，已發展且反應出現階段，化學界對社會及學校的教育責任，大家都有一個共同的感受：由於化學科技的進步、能源、醫藥及環境在享受之餘，却帶來了“汙染”的陰影，使化學的形象陷入了空前的低潮。大家都同意：要再由基本的學校教育再出發，尤其是普通化學的教育要真正的普通化，丟開厚重的、繁雜的以計量為主的化學，為全民重拾起「果汁可推動鐘錶」的笑容；將「化學奧林匹亞」加負載於具有天份的，執著的下一代，如此「卓越的化學」，必然會在本世紀的末葉，重新再進擊！再出發。

筆者，十年來在師大任教及在國內化學界的經驗，以一篇過去十年間，主管當局，為挽救基礎科學的末落，所實施的加強措施，落實在化學教育方面的資優甄選營及國內化學奧林匹亞的國家報告與會，深以為我們已和國際社會的脚步起了相當程度的共鳴，但由於受到我們的文化，制度的影響，建議需再加緊下列的脚步：

- (1) 加強民間化學學會化學教育組的“教育功能”，以負起更多的社會化學教育功能。
- (2) 簡化高中入學考試及大專入學考試的化學試題，只要能達到具有鑑別功能即可，將鑽牛角尖，且有學術性丟給資優營及化學能力競賽的場合去執行。
- (3) 儘速加入國際化學奧林匹亞的競賽，一九九〇年能派員為觀察員，到法國巴黎觀摩見習第廿二屆國際化學奧林匹亞，在廿三屆（在南斯拉夫），或廿四屆（在美國）能正式派隊參與比賽。
- (4) 加速改革各級學校課程，化學融入國中的理化課程以生活化為主，化學邏輯在高中課程正式登場，取消科學主修的大一普化，將其融入高中課程，改革非科學主修的大一普化課程。
- (5) 成立高等科學教育中心或加強目前的大學科學課程的改革計畫。
- (6) 推動“教育工學”的理念，至各級學校的教學；化學宜重視“實驗教學”及“電腦輔助教學”。
- (7) 鼓勵國內各化學教育團體，積極參與國際社會事務，加強國際間的交流與合作。

誌 謝

筆者感謝教育部提供往返加拿大的交通費用及國科會提供的註冊費及會議期間的生活費。

參考資料

- (1) Tenth International Conference on Chemical Education Aug 20th to 25th, 1989, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, Circular 1,283 .
- (2) 10th ICCE Attendee List, Published by 10th ICCE Secretary, Aug 24, 1989.
- (3) Tai-shan Fang, and Ming-Tong Wey, " Chemistry Olympiad and Study Camp for Senior High School Students in Taiwan " . 10th ICCE Abstracts, MPO4, 1989, Waterloo, Canada ; 科學教育月刊, 122 期, 16 頁, 民78年9月。
- (4) (a) Abstracts, Tenth International Conference on Chemical Education, August 20th to 25th, 1989, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.
(b) $^{20-25}_{10}\text{Ne-On}$, "Daily Conference Highlights" Editor: Elaine Jacobson, 10th International Conference on Chemical Education.
- (5) Patricia C. Flath, "Spreadsheets in Chemistry Workshop", Aug 20, 1989, 10th ICCE, Waterloo, Ontario, Canada.
- (6) Irwin Talesnick "Demonstrationo-Novel and Easy, The joys of Sound and Light in the Laboratory" Queen's University, Kingston, Ontario, Canada, Aug 25, 1989.