

微型實驗在教師創新教學中之意義及其效果

方金祥

大仁技術學院幼兒保育系

摘要：因應九年一貫課程自然與生活科技領域教師之創新教學及能學到帶著走的能力，本文以簡易器材及廢物利用設計研發出低成本的二十九項微型實驗裝置：化學魔術畫板、微型酒精槍、微型氫氣槍、微型氫氣製備器、耗氧噴泉、微型水火箭、微型燃料電池、水中煙火、海底世界、微型木材乾餾裝置、微型氧氣製備裝置、微型掌心雷、微型環保鞭炮、乙炔製造器、環保電解裝置、水的分解與化合、杯中水、浮沈玩偶、磁浮飛碟、往上滾的雙錐球、神奇的喝水鳥、旋轉式立體飄浮魔鏡、神奇日光燈、化學火山爆發、自動噴泉、注射筒中的光泉、保特瓶水火箭、隔空旋轉器、水在注射筒中的沸騰。以及二項趣味實驗：(1)高分子吸水及(2)凹面鏡二次反射成像。這些微型實驗儀器裝置具有『小、省、快、好、易、安、多、高、少、低』等十大特點，也就是『體積小、時間省、反應快、效果好、易操作、又安全、動手操作機會多、趣味性高、用藥少、污染低』。這些微型實驗裝置皆兼具有環保理念的綠色實驗，著者在國內大學及中、小學推廣微型實驗已有多年，參與研習的教師與學生合計約有兩、三千人之多，成效非常受到化學教師及學生們的喜愛、肯定與讚賞。

關鍵詞：九年一貫課程、創新教學、微型實驗、綠色實驗

壹、前言

化學是一門實驗性科學，在化學教育中化學實驗的教學相當重要，化學實驗需要人人有機會親自動手操作，才能由實驗結果來驗證理論是否與實際相吻合。而化學實驗若能採用經微型化之實驗儀器，則可以節省許多化學試劑和縮短實驗時間，並得以訓練學生細心操作的技巧及培養創造思考的能力，使教師在有限時間及經費之下，能完成實驗教學的目標與要求，由此更見推廣微型實驗(Microscale laboratory, 簡稱 ML) 的意義。目前對岸大陸非常重視微型實驗之教學與推廣，已呈現出些許成效。2002 年 8 月在北京舉辦之第十七屆國際化學教育學術研討會(17th ICCE) 以及 2004 年 8 月在土耳其舉辦之第十八屆國際化學教育學術研討會(18th ICCE) 的會議皆將微型實驗列入研討的主題，在在呈現化學教育中採用微型實驗是一種新穎的實驗方法與其重要性。2002 年 12 月 9 日著者當年擔任高雄師大化學系主任時，為了讓國內學者及化學系學生對海峽兩岸微型實驗推展的狀況有更進一步

的了解，特別邀請中國大陸微型化學實驗研究中心主任周寧懷教授(杭州師院化學系教授)來台舉辦講演，並與著者(曾受聘擔任該研究中心的理事兼特約研究員)在高雄師大化學系共同舉辦「海峽兩岸微型實驗工作坊」，成效非常受到化學系教師及學生們的喜愛、肯定與讚賞，去(2004)年7月著者以大仁技術學院名義和大陸中國化學會、中國大陸微型化學實驗研究中心及齊齊哈爾大學、燕山大學、內蒙古民族大學共同發起在齊齊哈爾大學舉辦海峽兩岸學者微型實驗學術研討會，會中著者受邀擔任組委會主席並在大會中發表兩篇論文

貳、國外微型實驗的發展

1982年起 Mayo 等在 Bowdoin 及 Merrimack 學院等的有機化學實驗教學中便開始採用微型有機化學實驗，1984 年在美國化學年會中首次發表微型實驗，1985 年在美國化學教育雜誌刊出有關微型化學實驗的論文，1986 年第一本「微型有機實驗」書問世，1989 年第二版出版，根據統計至 1989 年底美國已有四百多所院校採用了微型實驗，Mayo 預測到 1992 年將有百分之八十左右的美國大學基礎有機實驗會走向微型化。微型有機化學實驗在國外發展非常迅速，並帶動了無機化學、普通化學及中目前學化學的微型實驗的研究與應用。

目前微型實驗在大學和中學化學中的應用已受到國際化學教育界的重視，美國化學教育雜誌自 1989 年 11 月起開闢了「微型實驗(microscale laboratory)」的專欄，以加強對微型化學實驗的報導，至今微型化學實驗在世界上已有很好的發展。

【大陸微型實驗的發展】

大陸從 1988 年起由杭州師範學院化學系周寧懷教授引進並開始研發一系列的微型化學實驗，首先是在大學院校來推廣使用，爾後陸續推廣到全國中學。目前微型化學實驗已被列為高校化學教育研究中心的課題，並積極籌組研究協作組來大力推展，至今已有十年了。在大陸的教委會有關部門、中國化學會和各有關院校的支持下，經過很多教師的共同努力，微型化學實驗已在大陸七百多所院校及中學推廣應用。

最早幾年重點是放在大學無機化學、普通化學和有機化學等實驗的微型化，開發了幾個系列的微型實驗儀器，杭州師範學院化學系周寧懷與宋學梓教授於 1992 年出版了第一本「微型化學實驗」。之後，將微型化學實驗推廣應用的重點往中學發展，首屆中學微型化學實驗研討會於 1994 年 11 月在鄭州舉行，從此在中學微型化學實驗已奠定了良好基礎。

目前大陸方面在微型實驗之推展，已受到國外同行的矚目，杭州師範學院化學系周寧懷教授為大學院校首先推展微型化學實驗的專家學者，周寧懷教授曾相繼在國際理論與應用化學聯合會的學術大會(IUPAC)及歐亞化學大會發表論文，由此可見，大陸在微型化學實驗推展所做的努力，已有相當的績效。

1998年4月22日至26日，由杭州師範學院負責舉辦九八年微型化學學術大會(ACML)，會中合併舉行兩項研討會，一為第四屆全國微型化學實驗研討會，二為第二屆中學微型化學實驗研討會。在此次學術大會中著者受邀前往與會並發表論文及擔任研討會分組副主席，並以「減量減廢化學教學實驗設計研究」一，在學術大會中報告、作品展示與現場解說，受到與會大學教授專家學者及中學教師一致肯定。在學術大會後獲大會頒贈優秀論文一等獎與著者鼓勵。之後，大會決定成立「微型化學實驗研究中心」，中心並聘請筆者擔任首屆理事兼特約研究員，以加強兩岸學術交流，並期望微型化學實驗能在兩岸大學院校及中學加速推展。

【國內微型實驗的發展現況】

有關微型實驗在本省之推廣正在積極努力當中，本文著者由於曾經在高雄師大化學系擔任「化學教學實習、教具製作及微型化學」等課程多年，在教學過程中需要不斷補充新的教學資料，在微型實驗設計上頗感興趣，經過多年的努力後，在微型化學實驗設計方面有些心得與收穫，近幾年來陸續將微型實驗相關著作發表在「科學教育月刊」中有二、三十篇相關的文章。在中國化學會「化學」雜誌中發表18篇化學教育論文。1998年至2002年於上海市華東師大的「化學教學」雜誌中發表2篇。在北京師大的「化學教育」中共發表3篇有關微型實驗之論文。

著者在累積多年的教學研究之實務經驗後，於1998年10月由高雄復文圖書出版社出版《微型化學實驗之設計與製作》一書，2002年8月另一套微型化學書籍由國立編譯館主編出版之大學用書《微型化學實驗教學之理論與實務》問世，在國內積極地繼續努力研發與推展微型實驗，在許多縣市國中辦理師生研習活動。近年來在教育部經費支助之下，特別前往高雄縣及屏東縣辦理離島、偏遠及山地學校師生微型實驗推廣活動研習，每一場次皆能獲得與會教師與學生們一致的肯定與喜愛，對國中理化的教學相當有助益。

參、微型實驗發展的特色與微型實驗儀器舉隅

一、微型實驗裝置之特色：

從教學需要和環保理念出發，著重於中學化學及大學普通化學具體實驗的微型化及改進創新，研製出一批製作精美且符合微型儀器裝置的特點，其特點可用『小、省、快、好、易、安、多、高、少、低』等十個字來詮釋，也就是

『體積小、時間省、反應快、效果好、易操作、又安全、動手操作機會多、趣味性高、用藥少、污染低』。使化學教師及學生皆能親自動手組合微型實驗裝置，及親自動手操作實驗，使實驗之安全性、可操作性與趣味性顯著提高。

二、著者近年來開發完成之微型實驗儀器舉隅：

著者原先在高雄師大微型化學實驗研究室所研發出來的微型實驗裝置約有四十餘套，皆曾在中學化學及大學普通化學中推廣，並曾由師生參與實做研習，成效非常理想。茲僅提供下列二十九項微型實驗裝置（相片一）供同好參考。



1. 化學魔術畫板



2. 微型酒精槍



3. 微型氫氣槍



4. 微型氫氣製備器



5. 耗氧噴泉



6. 微型水火箭



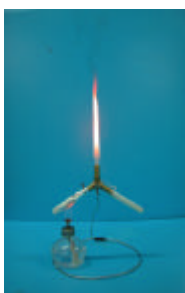
7. 微型燃料電池



8. 水中煙火



9. 海底世界



10. 微型木材乾餾裝置



11. 微型氧氣製備裝置



12. 微型掌心雷



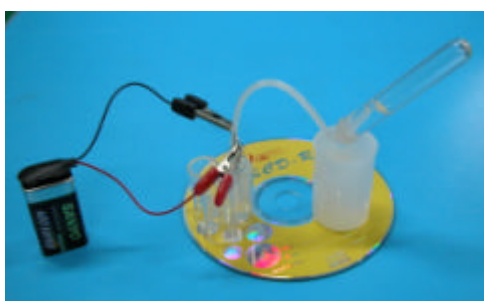
13. 微型環保鞭炮



14. 乙炔製造器



15. 環保電解裝置



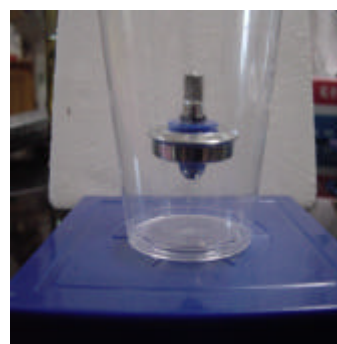
16. 水的分解與化合



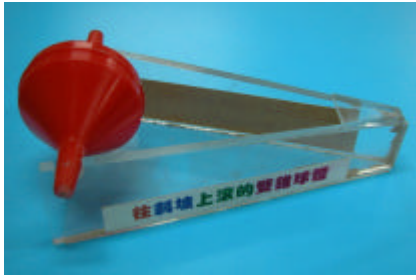
17. 杯中水



18. 浮沈玩偶



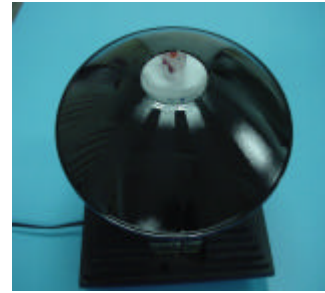
19. 磁浮飛碟



20. 往上滾的雙錐球



21. 神奇的喝水鳥



22. 旋轉式立體飄浮魔鏡



23. 神奇日光燈



24. 化學火山爆發



25. 自動噴泉



26. 注射筒中的光泉



27. 保特瓶水火箭



28. 隔空旋轉器



29. 水在注射筒中的沸騰

相片一 研發之微型實驗儀器

三、國內出版微型實驗相關書籍

著者出版的微型化學主要書籍有二冊（相片二 1~2），相關書籍有三冊（相片二 3-4），相關論文有五、六十篇。



1. 高雄復文書局出版



2. 國立編譯館出版



3. 高雄師大出版



4. 科教月刊抽印本

相片二 已出版微型實驗相關之書籍

肆、趣味實驗實例介紹

為了配合九年一貫課程自然與生活科技領域教師能在教學上更有創意、更為生動、有趣，並能多給學生親自動手做實驗的機會。著者覺得微型實驗在現今的環境及正在實施九年一貫課程自然與生活科技領域之教師，在創新教學設計與學生學習興趣之提升及創造力之培養。茲以高分子吸水及凹面鏡二次反射成像等為例，以供各位教師參考。

一、高分子吸水—化學魔術神秘紙杯

以兩個透明塑膠杯、三個紙杯、吸水能力超強的高分子聚合物—聚丙烯酸鈉以及氫氧化鈉溶液、稀鹽酸溶液、酸鹼指示劑等化學藥品，設計一套「神秘紙杯」，使紙杯中之水被留置於紙杯的杯底，經將紙杯倒置時卻沒有水掉出來，使倒入紙杯中之水再倒出來時會變成另一種顏色，最後似乎會消失，此一簡單的實驗即變成非常神秘且有趣的化學魔術

1.原理

利用吸水能力超強的高分子聚合物—聚丙烯酸鈉 (Sodium Polyacrylate，如相片三)置於杯底，其吸水量可達約聚丙烯酸鈉重量的 800 倍（每公克聚丙烯酸鈉可吸收 825 mL 的水）如表一所列，因此經倒入水後，杯中之水會被超強的高分子聚合物吸住且膨脹起來，進而會卡住杯底，若將該杯反轉過來時便覺得水不會掉下來。



相片三 市售聚丙烯酸鈉（超強吸水能力之高分子聚合物）

表 1 超級吸水高分子聚丙烯酸鈉之吸水能力

水的類別	蒸餾水	自來水	尿液 (約相當於 0.9% NaCl)
吸水倍數(mL/g)	800	300	60

2. 材料與藥品

紙杯	3 個
透明塑膠杯	2 個
聚丙烯酸鈉	5 g
紙尿布	1 片
蒸餾水	100 mL
氫氧化鈉溶液 (1 M)	1 mL
稀鹽酸溶液 (1 M)	1 mL
酚? 指示劑	1 mL

3. 神秘的四個杯子的設計與化學魔術演示

A. 演示前準備

- (1) 準備兩個透明塑膠杯及三個紙杯。
- (2) 在第一個透明塑膠杯中滴入 2 滴的酚? 指示劑溶液。
- (3) 在第二個透明塑膠杯中滴入 1 滴的 1 M 氫氧化鈉溶液。
- (4) 第一個紙杯中滴入 2 滴的 1 M 稀鹽酸溶液。
- (5) 第二個紙杯中滴入 4 滴的 1 M 氫氧化鈉溶液。
- (6) 第三個紙杯子中放入一小刮杓的超吸水高分子聚丙烯酸鈉及 8 滴 1 M 稀鹽酸溶液。
- (7) 將兩個透明塑膠杯疊在一起。
- (8) 將三個紙杯疊在一起，第一個紙杯在最上面，第二個紙杯在中間，第三個紙杯放在最底下。

B. 化學魔術演示

- (1) 將三個紙杯以一字排開擺在桌上，其中置有聚丙烯酸鈉的第三個杯子放在最左邊，然後依次為第二個紙杯、第一個紙杯放在最右邊。
- (2) 第一個透明塑膠杯及第二個透明塑膠杯擺在第一個紙杯的右邊。

- (3)將約 10 mL 的蒸餾水倒入擺在桌上最右邊的第一個透明塑膠杯中(觀察顏色)。
- (4)將第一個透明塑膠杯中的水倒入第二個透明塑膠杯中 (觀察顏色)。
- (5)將第二個透明塑膠杯中的水倒入第一個紙杯中。
- (6)將第一個紙杯中的水全部倒入旁邊第二個紙杯中，觀察由第一個紙杯倒出來的水是什麼顏色。
- (7)再將第二個紙杯中的水全部倒入第三個紙杯中，觀察由第二個紙杯倒出來的水又是什麼顏色。
- (8)最後將此三個紙杯的位置調整幾次之後，讓學生或觀眾猜猜看最後由第二個紙杯中倒出來的水會在那一個紙杯裏面？

C. 猜猜看

- (1)當學生或觀眾猜水在最右邊的第一個紙杯中時，便將此一紙杯拿起來並翻轉過來看看，發覺沒有水掉出來。
- (2)當學生或觀眾接著猜水在第二個的紙杯中時，便再將此一紙杯拿起來並翻轉過來看看，發覺也沒有水掉出來。
- (3)三個紙杯中之前二個紙杯皆沒有水，那應該是在最左邊的第三個紙杯中，但經將第三個紙杯拿起來並翻轉過來看，竟然也發覺還是沒有水掉出來。

D. 動動腦

- (1)三個杯子倒過來時皆沒有水，那到底水會跑到哪裡去？水會消失嗎？請學生或觀眾動動腦想一想。
- (2)為何一開始倒入第一個透明塑膠紙杯中的水是無色透明，而把第一個透明塑膠紙杯中無色透明的水倒入第二個透明塑膠紙杯中時，水的顏色即刻變成紅色？
- (3)為何由第二個透明塑膠杯中倒出來的紅色水，經倒入第一紙杯中後，再倒出來的水卻變成無色透明色的？
- (4)為何由第一個紙杯中倒出來是無色透明色的水經倒入第二紙杯中後，而由第二紙杯中倒出來的水卻變成紅色的？
- (5)為何在第三紙杯中也倒不出水來，因此這三個杯子都沒有水會調出來，那原先的水到底到哪裡去了？
- (6)經察看第三個紙杯時，卻發現由第二個紙杯中倒出來的水是紅色的，但是當紅色的水一倒入第三個紙杯中時，水卻倒不出來，其理由何在？

4.化學魔術神秘的紙杯之特色

- (1)用藥少，只需一小刮杓（約 200-300 mg）的吸水性超強的聚丙烯酸鈉。
- (2)可用市售紙尿布中之吸水棉屑來替代吸水性超強的聚丙烯酸鈉來演示。
- (3)可多次分段加水演示，更增加化學魔術之神秘性。
- (4)配合酸、鹼性溶液及酸鹼指示劑之加入，使其演示過程中發生顏色變化，更增加了化學魔術之可看性。
- (5)可讓學生瞭解市售紙尿布的吸尿原理。

5.結論

由於第一個透明塑膠杯中事先已加入 2 滴的酚酞指示劑，因此當加入蒸餾水時然是成無色，但是當由第一個透明塑膠杯中的水倒入第二個透明塑膠杯中時水即刻變成紅色，乃是由於在第二個透明塑膠杯中事先已加入 1 滴的 1 M 氫氧化鈉溶液。由第二個透明塑膠杯中紅色的水倒入事先加入 2 滴 1M 的稀鹽酸溶液的第一個紙杯時，由於酸中和之故使水之顏色消失成無色透明。

由第一個紙杯中無色的水倒入事先加入 4 滴 1M 的氫氧化鈉溶液的第二個紙杯時，由於酸中和之故使水之顏色又變成紅色。最後再由第二個紙杯中紅色的水倒入第三個紙杯中預先加入 8 滴 1M 的稀鹽酸溶液及一小刮杓的吸水性超強的高分子聚合物，由於酸中和之故使水之顏色又變成無色，而在最後一杯紙杯中的水也會被預先放在紙杯中的少許高分子聚合物完全吸收住，並轉變成無色透明的膠體狀物質並微微地固定在第三個紙杯的杯底。

本演示實驗所用之聚丙烯酸鈉是一吸水能力超強的高分子聚合物，超強吸水能力的高分子之用途很廣，老年人及嬰兒用之紙尿布，或婦女使用之衛生棉等都需要用這種吸水能力超強的高分子聚合物來發揮其超強吸水能力。本演示實驗所用之聚丙烯酸鈉只需用一小刮杓的量（約 200-300 mg），亦可用市售紙尿布中之吸水棉屑一小片（相片四）。可簡單地只用自來水及超強吸水能力的高分子聚合物，而不需另外在杯中加入酚酞指示劑溶液、氫氧化鈉溶液或稀鹽酸溶液等化學藥品。但是若依上述設計再加入酚酞指示劑溶液、氫氧化鈉溶液或稀鹽酸溶液於不同的紙杯中來配合演示時，便可增加顏色的變化，更增加其可看性和神奇性。因此用紙杯來演示時確實是一組非常神奇的化學魔術。若用透明塑膠杯替代紙杯時，便可揭開整個化學魔術的奧妙之處，並可讓學升學到酸鹼指示劑在酸鹼性溶液中的顏色變化及高分子聚合物之超強吸水能力，進而由此一超強吸水現象讓學生或觀眾瞭解到「市售紙尿布」吸尿的原理。



相片四 市售紙尿布中之吸水棉屑

二、凹面鏡二次反射成像—旋轉式立體飄浮魔鏡

將市售 3D 飄浮魔鏡（相片五）是一套會令人感到相當好奇、驚訝而有趣的科學玩具，所產生之物像是看得到摸得到卻是抓不住的靜態飄浮實像。本文之主要目的是欲將產生的靜態飄浮實像的「3D 飄浮魔鏡」，改良設計成能呈現出旋轉式立體飄浮實像的「旋轉式立體魔鏡」。此套改良式立體魔鏡可以增強立體視覺效果，在九年一貫課程自然與生活科技領域教師在凹面鏡之教學時，更能引起學生學習凹面鏡成像原理之興趣，除此之外旋轉式立體魔鏡也能作為居家擺飾以及將生活與科學結合在一起，以增添生活的樂趣。



相片五 市售 3D 飄浮魔鏡

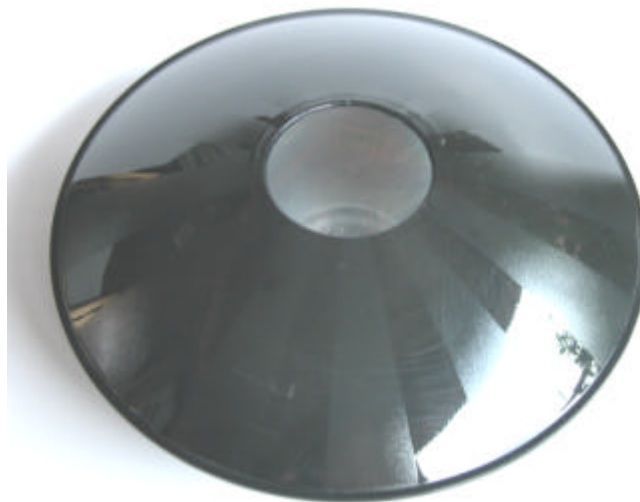
【「3D 立體飄浮魔鏡」之結構與成像原理】

(一) 3D 立體飄浮魔鏡之結構

市售 3D 立體飄浮魔鏡之結構簡單，是由上下兩面凹面鏡面對面所組成，其一為內徑 22.0 cm 外徑 22.4 cm 立體飄浮魔鏡之底座(相片六)，二為內徑 22.0 cm 外徑 23.8cm 中央有一直徑 6.2 cm 小孔之立體飄浮魔鏡蓋子(相片七)。凹面鏡之特性經筆者進一步測量結果，得知此兩面凹面鏡之鏡心相距 9 cm，兩面凹面鏡之焦距為 9 cm，凹面鏡之鏡中心恰各為另一凹面鏡的焦點，凹面鏡之曲率半徑皆為 18 cm，凹面鏡之弧度皆為 37.5° 。



相片六 立體飄浮魔鏡之底座(下面的凹面鏡之內徑 22.0 cm，外徑 22.4 cm)



相片七 立體飄浮魔鏡之蓋子(上面的凹面鏡之內徑 22.0 cm，外徑 23.8cm，中央小孔直徑 6.2 cm)

(二) 3D 立體飄浮魔鏡漂浮成像之原理

3D 立體飄浮魔鏡飄浮成像之主要原理與凹面鏡成像原理相同如圖 1 所示，它是利用物體置於兩面大小相同的凹面鏡組合在一起的凹面鏡之底座之中心點，亦即是放在上面凹面鏡的焦點位置上，由於光線有可逆的性質，當平行主軸射入的光線，反射時會聚集於一點（焦點）。反之，當物體擺在立體飄浮魔鏡上面凹面鏡的焦點上（亦即在立體飄浮魔鏡下面凹面鏡的中心處）時，上方光線照射到物體經兩次反射後物像又聚焦於立體飄浮魔鏡上面凹面鏡中心之孔洞上方而成立體飄浮實像，此一立體飄浮實像之大小比實物稍大，而其方位是與實物之左右相反。

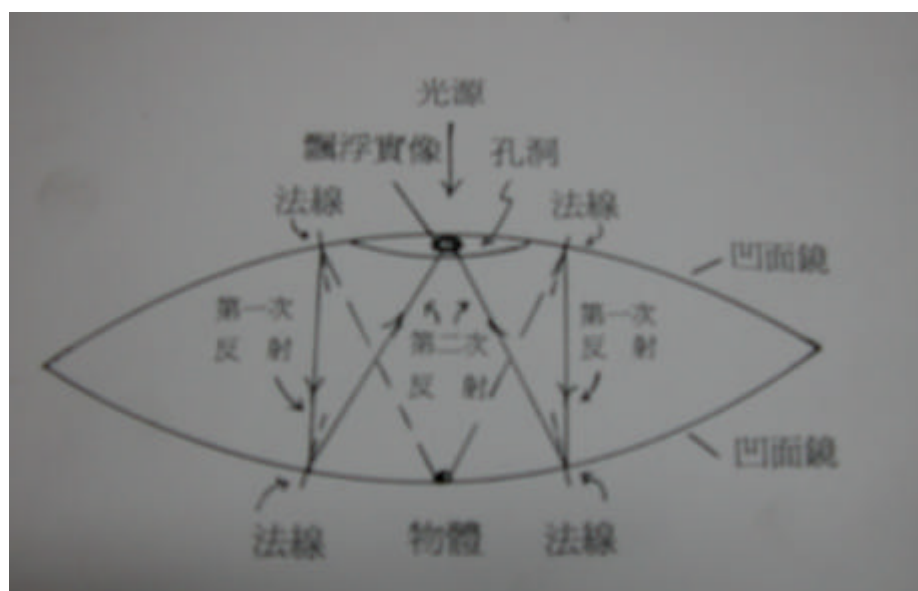


圖 1 立體飄浮魔鏡經二次反射成漂浮實像之示意圖

【旋轉式立體飄浮成像之設計與組合】

市售「3D 立體飄浮魔鏡」只能將小物體置於凹面鏡的中心，經二次反射的結果產生靜態飄浮的實像。若欲看到其他方向的立體飄浮實像，除非觀看者自己變更觀看位置或者是轉動立體飄浮魔鏡的位置。本設計是在既不變更觀看者之位置，也不轉動立體飄浮魔鏡的位置，而只需設法使置放玻璃或塑膠小動物的位置轉動，即可將原本靜態的立體飄浮實像轉變為旋轉式的立體飄浮實像，使觀看者只要從固定的一個角度便可看到立體飄浮實像的全貌。茲將旋轉式的立體成像的設計與組合過程說明如下：

(一) 材料

旋轉式投射燈 (Phantom Lamp)	1 台
3D 飄浮魔鏡	1 台
玻璃或塑膠小動物	9 種
小蠟燭	1 支

(二) 旋轉式立體飄浮成像之設計

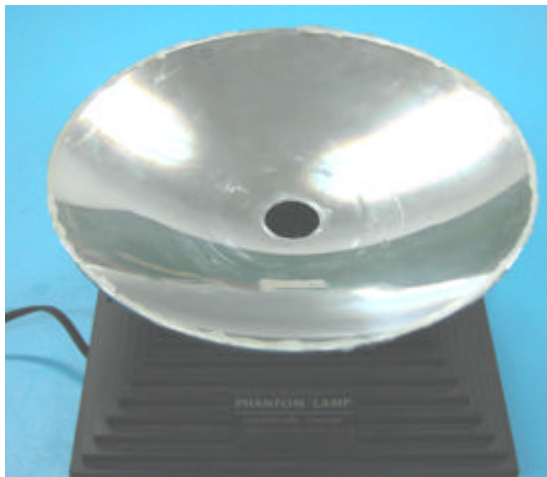
1. 將旋轉式投射燈(Phantom Lamp，相片八)之燈泡取下來，使其只有旋轉的功能，而沒有燈投射效果。
2. 用鑽孔機將立體飄浮魔鏡之底座中央處挖一直徑約為 2.5 cm 的小孔(相片九)，此孔之大小約與旋轉式投射燈燈座上方之孔相同。
3. 將已鑽有一小孔之立體飄浮魔鏡之底座，置於旋轉式投射燈燈座小孔上(相片十)。
4. 將原先就插在旋轉式投射燈燈座上之旋轉基座，再插入立體飄浮魔鏡底座之小孔上(相片十一)，並在旋轉基座上置放一張白紙片，以供置放玻璃或塑膠小動物之用。
5. 最後再將立體飄浮魔鏡之蓋子蓋在立體飄浮魔鏡之底座上面，便完成一套「旋轉式立體飄浮魔鏡」。



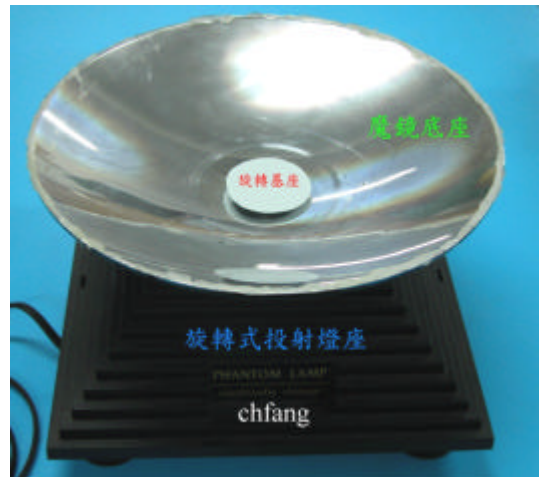
相片八 旋轉式投射燈(下：燈座，上：旋轉基座)



相片九 立體飄浮魔鏡之底座中央處挖一小孔



相片十 挖孔之立體飄浮魔鏡底座置於旋轉式投射燈燈座小孔上



相片十一 旋轉基座經飄浮魔鏡底座套入旋轉式投射燈燈座上

(三) 旋轉式立體飄浮成像之演示

1. 看得到卻抓不住的立體飄浮成像

- (1) 先準備一些玻璃小動物或塑膠小動物備用，如相片十二所示。
- (2) 將旋轉式立體飄浮魔鏡上面的凹面鏡打開，然後分別將玻璃或塑膠小動物置於旋轉基座之白紙片上，如相片十三所示。
- (3) 將立體飄浮魔鏡之上面的凹面鏡再蓋回立體飄浮魔鏡底座上面時，則置於旋轉基座上的玻璃或塑膠小動物會經兩次反射後以左右相反放大的實像飄浮在立體飄浮魔鏡上面凹面鏡的孔之上方位置，但是這種飄浮的實像是看得到，用手去處摸時卻是抓不住的，如相片十四所示。

(4) 若將旋轉式投射燈燈座之電源開關打開時，外觀上整個立體飄浮魔鏡是靜止不動的，只有在立體飄浮魔鏡內之「旋轉基座」會轉動。因此置於旋轉基座上的玻璃或塑膠小動物會隨著旋轉基座做 360 度的轉動。而呈現在立體飄浮魔鏡上面凹面鏡的孔上方之動物漂浮實像，也會隨著做 360 度的轉動，使動物的飄浮實像之全貌能完全展現出來，如相片十五及十六所示。

2. 觸摸不會被燒到的立體飄浮成像：燃燒的蠟燭

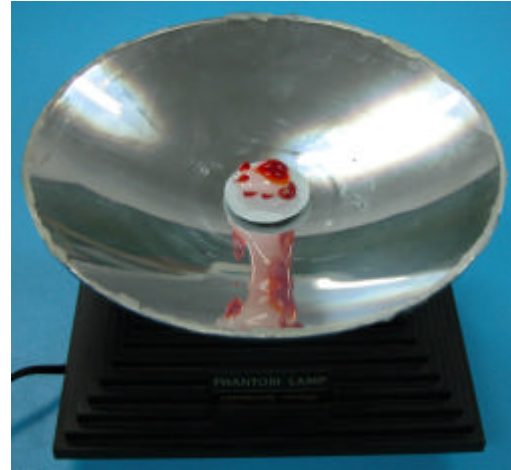
- (1) 先準備一支小蠟燭，點燃後備用（相片十七）。
- (2) 將動態立體魔鏡上面的蓋子打開，將已點燃之小蠟燭置於旋轉基座上。
- (3) 將立體魔鏡之上面的蓋子再蓋回立體魔鏡底座上面，則置於旋轉基座上正在燃燒的小蠟燭會以左右相反且放大的實像飄浮在立體魔鏡上面蓋子的孔之上方，但是這種飄浮的實像也只是看得到，當用手去觸摸燭火時卻是抓不住也不會被燒到，如相片十八所示。
- (4) 若將旋轉式投射燈燈座之電源開關打開時，則只有旋轉基座會轉動，整個立體魔鏡是靜止不動的。但是置於旋轉基座上的燭火會隨著旋轉基座做 360 度的轉動。因此在立體魔鏡之上面蓋子的孔上方所呈現出來的燭火漂浮實像也會隨著做 360 度的轉動，使蠟燭燃燒的飄浮實像之全貌完全展現出來。



相片十二 玻璃或塑膠動物小品



相片十三 將玻璃老鼠置於旋轉
基座中央處



相片十四 將立體磨鏡的上面之凹面鏡
蓋上後，玻璃老鼠的實像即
飄浮在魔鏡蓋子中間的上方



相片十五 經啟動旋轉式投射燈之電源開關時玻璃老鼠的放大實像也隨著轉動
(下：實物，上：漂浮實像)



相片十六 塑膠金龜子的實像飄浮在立體飄浮魔鏡上面凹面鏡中央的小孔上



相片十七 點燃的蠟燭



相片十八 蠟燭燃燒的立體飄浮實像

(下：實物，上：放大的飄浮實像)

結論：「3D 立體飄浮魔鏡」雖是屬靜態的飄浮成像，但是卻會令人感到相當地好奇與引起相當大的性趣。此一靜態的飄浮魔鏡經筆者將其稍加改良之後，便可使靜態的飄浮成像變成動態立體飄浮成像，使觀賞者只要站在固定的位置，便可清楚地看到物體的立體飄浮成像的全貌，使飄浮成像更加神奇有趣。透過此套改良式「旋轉式立體飄浮魔鏡」的動手操作，除可學到物理的現象與原理之外，也可將其視為居家裝飾擺設時，亦能將生活與科學結合在一起，進而增添生活的樂趣。

伍、結論與建議

一、結論

化學是物質科學的一門探究物質有趣的實驗科學，而化學實驗在中學化學教學中至關重要。但是目前實驗課在國中實施的情形並不理想，尤其是都市裏班級數特別多的大型學校，或是山地、離島的特偏鄉下的小型學校。其主要原因不外乎實驗設備的不足、經費欠缺、課程繁重、升學的壓力等因素所造成。要解決此一問題，勢必要給學生親自動手做實驗的機會。為了要能在縮短實驗時間及節省消耗藥品之情況之下，又要能夠提高實驗的正確性，以幫助學生對實驗原理的了解，進而提高學生學習化學之興趣，以提高教學成效，實是科學教學與學習上當務之急。

二、建議

由上述二十九項微型實驗及二項趣味實驗，若能將其提供給在九年一貫課程實施中的自然與生活科技領域之教師在其教學中加以推廣應用，以及能普推廣即到全國各中學辦理教師及學生的研習活動，則將更有助於教師的創意教學之設計能力，使教師更能樂於帶學生做實驗，更能引起學生的學習興趣及提升教學品質與成效。

參考文獻

- 方金祥 (1993)。簡易電解裝置。中華民國中央標準局專利公報, 20(7), 957。
- 方金祥 (1993)。簡易快速氣體製備裝置之設計研究。化學, 51, 177-180。
- 方金祥 (1995)。簡易環保電解裝置。中華民國中央標準局專利公報, 22(21), 2893。
- 方金祥 (1995)。新型電解裝置之設計研究。化學, 53, 385-394。
- 方金祥 (1997)。簡易安全水電解器。中華民國中央標準局專利公報, 24(5), 2347。
- 方金祥 (1998)。中學微型化學實驗之設計研究。化學, 56, 257 - 266。
- 方金祥 (1998)。微型化學實驗之設計與製作《發明創新專利與學術論著得獎作品集》。高雄, 高雄復文圖書出版社。
- 方金祥 (1998)。杭州師範學院學報 (增刊) 102, 23-25。
- 方金祥 (1998)。微型化學實驗設計。化學教學 (華東師大), 9, 135, 10-15。
- 方金祥 (1999)。簡易氧氣製造供應器。中華民國中央標準局專利公報, 25(20), 2415。
- 方金祥 (1999)。氫氣的簡易製法與氫氣槍。科學教育月刊, 218, 7-12。
- 方金祥 (1999)。柳橙汁變可樂。可樂變柳橙汁。科學教育月刊, 219, 69。
- 方金祥 (1999)。耗氧噴泉。科學教育月刊, 220, 25-26。
- 方金祥 (1999)。銀樹書籤。科學教育月刊, 223, 47-48。
- 方金祥 (1999)。微型氫氧混合爆鳴器。科學教育月刊, 224, 35-36。
- 方金祥 (1999)。多功能二合一水槍。科學教育月刊, 225, 32-35。
- 方金祥 (1999)。最『ㄅ一ㄨ、』的微型氫氧混合爆鳴器與微型電解裝置。中華民國第十屆發明及創新展覽參展作品說明書。
- 方金祥 (1999)。簡易趣味化學實驗四則。化學教育 (北京師大), 9, 156, 29-34。
- 方金祥 (1999)。微型電解裝置之設計研究。化學, 57, 225-236。
- 方金祥 (2000)。可回收可調式滴定裝置。中華民國中央標準局專利公報, 26(19), 2445-2447。
- 方金祥 (2000)。乾冰噴泉。科學教育月刊, 228, 33-36。
- 方金祥、楊慶成 (2000)。神奇的化學魔術—冷沸與冷泉。科學教育月刊, 229, 34-37。
- 方金祥 (2000)。另類化學槍-新型氫氣槍和酒精槍。科學教育月刊, 232, 55-60。
- 方金祥、徐永源 (2000)。簡易銅蝕雕。科學教育月刊, 231, 91-93。
- 方金祥 (2000)。微型氫氣製備裝置之設計研究。化學教育 (北京師大), 6, 165, 39-42。
- 方金祥 (2000)。滴管型微型電解與氫氧混合爆鳴器。廣西師範大學學報 (自然科學版微型化學實驗教學專輯), 18, 1, 132-135。
- 張簡琦麗、方金祥 (2000)。神奇的噴泉。科學教育月刊, 234, 56-57。
- 林佩蓼、張簡琦麗、方金祥 (2001)。減壓彩色噴泉。科學教育月刊, 236, 45-49。
- 方金祥 (2001)。化學魔術畫板。科學教育月刊, 239, 51-54。

- 方金祥 (2001)。微型電解與顏色變換。科學教育月刊, 240, 62-67。
- 方金祥 (2001)。化學奇觀 — 水中煙火。科學教育月刊, 241, 64-66。
- 方金祥 (2001)。多功能微型氣體製備裝置之設計研究。化學教育(北京師大), 22, 539-41。
- 方金祥 (2001)。新型微型滴定裝置之設計研究。化學, 59, 45-50。
- 方金祥、張簡琦麗、林佩蓼 (2001)。微型電解裝置與微型水火箭。化學, 59, 353-360。
- 方金祥 (2001)。微型掌心雷。化學, 59, 501-508。
- 方金祥 (2002)。低值安全免電池化學槍。科學教育月刊, 247, 57-60。
- 方金祥 (2002)。低值迷你水火箭。科學教育月刊, 248, 67-72。
- 方金祥、林佩蓼 (2002)。中學微型木材乾餾有機化學實驗之設計研究。化學, 60, 265-271。
- 方金祥 (2002)。創意趣味微型化學實驗之演示及中學師生之實做研習。化學, 60, 541-547。
- 方金祥 (2002)。大學普通化學實驗儀器微型化之設計研究- 低值微型滴定裝置等。化學, 60, 695-664。
- 方金祥 著 (2002)。《微型化學實驗教學之理論與實務》。台北, 國立編譯館主編/出版。
- 方金祥 (2003)。科玩 DIY — 環保化學鞭炮。科學教育月刊, 257, 71-72。
- 方金祥、張簡琦麗 (2003)。科玩 DIY — 發光浮沈子。科學教育月刊, 258, 49-50, 60。
- 方金祥 (2003)。科玩 DIY — 大氣壓力。科學教育月刊, 259, 55-59。
- 方金祥 (2003)。科玩 DIY — 有趣的喝水鳥。科學教育月刊, 265, 44-46, 63。
- 方金祥 (2003)。微型電解裝置之設計與在中學化學教學應用之研究。化學, 61, 127-134。
- 方金祥 (2003)。零污染安全微型氯氣製備裝置之設計與中學化學教學演示之研究。化學, 61, 145-152。
- 方金祥 (2004)。何夫曼電解裝置微型化及教學應用研究。化學, 第 62 卷, 第 3 期, 頁。(刊印中)。
- 方金祥 (2004)。教師創意微型化學實驗教學設計。國民中小學九年一貫課程理論基礎 (二), 431-452。教育部主編。
- 方金祥 (2004)。科玩 DIY-化學魔術神秘紙杯。科學教育月刊 (刊印中)
- 方金祥 (2004)。科玩 DIY — 化學日出與日落。科學教育月刊 (刊印中)
- 方金祥 (2004)。科玩 DIY — 水的電解與合成。科學教育月刊 (刊印中)
- 方金祥 (2004,3)。科玩 DIY — 在注射筒中之發光噴泉。科學教育月刊 (刊印中)
- 方金祥 (2004)。科玩 DIY — 水在注射筒中之沸騰。科學教育月刊, 第 266 期 (刊印中)

方金祥(2004)。科玩DIY—旋轉式立體飄浮魔鏡。科學教育月刊，第266期(刊印中)
方金祥(2004)。科玩DIY—微型保特瓶水火箭與人造雲霧產生器。屏師科學教育，
19，59-64。

余岳川著(1998)。超級吸水高分子。生活與化學，頁73-75。台灣書店印行。

自然與生活科技(2003)。第三冊第三章第三節凹面鏡與凸透鏡，56頁。南一書局出版。

蕭次融(1986) 神奇的七個杯子。國中化學教師示範實驗，頁21-25，國立臺灣師大化研所，民國75年8月。

Fang, C. H. (1998). *J. Chem. Educ.* 75, 58-59.

Magic Illusion (Item No.MI3000) Colour and content of miniature supplied may vary. 2002.

Sarquis, J. and Sarquis M. (2003). 玩具教化學演示。九十二年度中學自然學科教師知能研習，高雄師範大學燕巢校區致理大樓，九十二年十月三十一日。