

實驗名稱：紅綠燈

實驗原理：

靛胭脂 (indigo carmine) 為一種藍色染料，但在鹼性環境 (pH=13) 下會變黃色。所以在鹼性溶液中，空氣中的氧使其氧化，形成綠色的氧化態。溶液中的葡萄糖為還原劑，會先將靛胭脂還原成紅色的中間產物，再還原成黃色的氧化態。因為有綠、紅、黃三種顏色變化，所以稱此實驗為紅綠燈。

表演方法：

- 器材：燒杯 (500 mL, 2 個)、玻棒 (2 支)、紅綠燈容器 (上下共 2 L, 1 個)、滴管 (1 支)
- 藥品試劑：葡萄糖 (glucose, 30 g)、氫氧化鈉 (NaOH, 12 g)、靛胭脂 (indigo carmine, 0.25 g)
- 前置流程：
  1. 藥品配製方法如下表，此部分葡萄糖濃度稍作調整，取 0.22 M 與 0.33 M 的平均值。因為反應會隨溫度而有影響，冬天與夏天的劑量不一定相同，實際表演時仍可根據當時狀況再做調整 (葡萄糖濃度可再降低至 0.22 M 或 0.11 M，視氣溫及表演時間決定)。

紅綠燈容器上下層的藥品配製方法。

有活栓平底燒瓶  
(上層，藍色液體)

0.278 M 葡萄糖溶液：30 g 葡萄糖溶於 600 mL 的水，全數倒入有活栓平底燒瓶中。

0.25% 靛胭脂溶液：0.25 g 靛胭脂溶於 100 mL 的水，置於黑蓋茶色瓶中保存，共可用 4 次。取 20 mL 至有活栓平底燒瓶中。

無活栓平底燒瓶  
(下層，透明液體)

1.5 M 氫氧化鈉溶液：將 12 g 氫氧化鈉溶於 200mL 的水，全數倒入無活栓平底燒瓶。

2. 液體裝好後，將玻璃活栓裝在有活栓平底燒瓶上，並確認所有活栓是關的狀態。小心將兩個平底燒瓶及玻璃活栓組裝在一起，不能讓液體流出或互相混合。先固定好中間的活栓，再接上兩邊軟管。

■ 表演流程：

1. 演員將紅綠燈容器的活栓打開，讓反應進行顏色改變。
2. 數分鐘後，溶液變成黃色，可再次將紅綠燈容器翻轉，讓氧化還原反應再次進行。



照片：

實驗名稱：彩色搖瓶

實驗原理：

此為常見的藍瓶紅瓶反應。亞甲基藍 (methylene blue) 與刃天青 (resazurin) 可用做化學指示劑，兩者在還原態時皆為無色，在氧化態時，前者呈藍色為藍瓶實驗，後者呈紅色為紅瓶實驗，因此可製造出色彩變化的效果。在鹼性狀態下，溶液靜置時，作為還原劑角色的葡萄糖 (glucose) 會將亞甲基藍由藍色的氧化態慢慢還原成無色的還原態，搖晃溶液使空氣中的氧溶於溶液中，亞甲基藍會被氧化而由無色的還原態變成藍色的氧化態，此一反應可重覆進行數次。

表演方法：

- 器材：塑膠量杯 (5 L, 1 個)、玻棒 (1 支)、黑蓋茶色瓶 (100 mL, 2 個)、量筒 (500 mL, 1 個)、訂製螺旋蓋平底燒瓶 (1 L, 8 個)、試管 (18×180 mm, 8 支)、試管架 (2 個)、滴管 (3 支)
- 藥品試劑：氫氧化鈉 (NaOH, 112 g)、葡萄糖 (140 g)、亞甲基藍 (0.1 g)、刃天青 (0.1 g)
- 前置流程：
  1. 將 112 g 氫氧化鈉溶於 4.2 L 的水中，完全溶解且待溶液冷卻後，加入 140 g 葡萄糖使其溶解。由於溶液會逐漸變黃，因此需現配。
  2. 以量筒量取 500 mL 溶液，分別裝入 8 個平底燒瓶中，蓋上蓋子。
  3. 指示劑的配法如下表，並準備 3 支藍瓶試管、3 支紅瓶試管與 2 支紫瓶試管。將試管分別放入 2 架試管架中，並在試管及試管架上標示「紅」、「藍」、「紫」等字樣。

指示劑濃度與劑量。

	藍瓶指示劑 (0.1 g 亞甲基藍/80 mL 水)	紅瓶指示劑 (0.1 g 亞甲基藍/80 mL 水)
藍瓶試管	25 滴	
紅瓶試管		5 滴
紫瓶試管	25 滴	5 滴

■ 表演流程：

1. 演員將平底燒瓶的蓋子打開，將 8 支試管分別加入 8 個平底燒瓶中，再旋緊蓋子。
2. 搖晃即可使溶液重覆變換顏色，可搭配舞蹈或劇情。

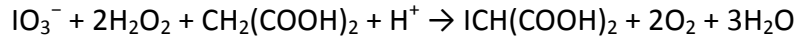
照片：



實驗名稱：振盪反應

實驗原理：

振盪反應 (Oscillating reactions) 是 W. C. Bray 於 1921 年所發現的，又稱「B-R 反應 (Briggs-Rauscher reaction)」，為複雜的氧化還原反應，總反應式如下：



(碘錳錯離子：淡黃棕色)

(藍色)

在整個反應體系中，錳離子為催化劑，所形成的碘錳錯離子呈現淡的黃棕色，而雙氧水為氧化劑，將碘離子氧化成碘分子，其與澱粉作用而呈現藍色。反應因為左右兩邊反應物濃度的削減與增加，而呈現來回振盪的變色現象。

表演方法：

- 器材：燒杯 (2000 mL, 2 個)、玻棒 (3 支)、量筒 (500 mL, 2 個)、量筒 (10 mL, 1 個)、H 形容器 (約 2.5 L, 1 個)
- 藥品試劑：30% 雙氧水 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , 260 mL)、濃硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 4 mL)、碘酸鉀 ( $\text{KIO}_3$ , 34.4 g)、澱粉 (0.18 g)、丙二酸 ( $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$ , malonic acid, 9.36 g)、硫酸錳 ( $\text{MnSO}_4$ , 2.04 g)、熱水 (600 mL)
- 前置流程：
  1. 先配製三種溶液，配製順序為 B 溶液→C 溶液→A 溶液。
  2. A 溶液：130 mL 的水加入 260 mL 的 30% 雙氧水，最終濃度約為 20%。
  3. B 溶液：準備 800 mL 水於燒杯中，加入 4 mL 濃硫酸混和後，再加入 34.4 g 碘酸鉀混勻溶解。
  4. C 溶液：秤取 0.18 g 澱粉於燒杯中，加入 600 mL 的熱水使其溶解，再加 9.36 g 丙二酸及 2.04 g 硫酸錳。
  5. 先將 H 形容器以架子固定好。待 B 跟 C 溶液皆溶解後，將 C 溶液倒入 B 溶液的燒杯中，混勻，再倒入 H 形容器。H 形容器兩邊的液體高度要一樣。
- 表演流程：
  1. 演員將 A 溶液由 H 形容器的一邊緩緩加入，振盪反應隨即開始發生，觀眾便可看到顏色千變萬化的視覺效果。

照片：



實驗名稱：酸鹼變色

實驗原理：

酸鹼指示劑通常是有機染料，本身即為弱酸或弱鹼，可用來測試 pH 值，當滴入溶液時酸鹼指示劑會與氫離子或氫氧離子反應，轉變成相對應的酸式或鹼式，而呈現不同的顏色。因此當溶液的 pH 值改變時，可觀察到顏色的變化。基於各種酸鹼指示劑所呈現的不同顏色，可以製造出有如彩虹般的實驗效果。

表演方法：

■ 器材：塑膠量杯 (5 L, 1 個)、量筒 (500 mL, 7 個)、量筒 (50 mL, 1 個)、柱狀水缸 (8 L, 1 個)、玻棒 (2 支)、黑蓋茶色瓶 (100 mL, 2 個)、燒杯 (250 mL, 1 個)、白蓋大透明瓶 (600 mL, 1 個)、軟木塞蓋透明酒瓶 (600 mL, 6 個)

■ 藥品試劑：氫氧化鈉 (NaOH, 6 g)、廣用指示劑 (15 mL)、甲基紅 (methyl red, 0.5 g)、95% 酒精 (200 mL)、碳酸氫鈉 ( $\text{NaHCO}_3$ , 0.84 g)、草酸 ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 1.26 g)

■ 前置流程：

1. 稱取 6 g 氫氧化鈉於 5L 塑膠量杯中，加入 3 L 的水，攪拌至溶解成 0.05 N 氫氧化鈉溶液。各取 500 mL 分裝至其中 4 個酒瓶，在各取 300 mL 分裝至另 2 個酒瓶，蓋上軟木塞。
2. 0.5 g 甲基紅先溶於 50 mL 酒精中，再加 50 mL 的水，保存於黑蓋茶色瓶。
3. 取廣用指示劑 15 mL 及甲基紅溶液 3 mL 至另一個黑蓋茶色瓶。
4. 將 0.84 g 碳酸氫鈉與 1.26 g 草酸溶於 400 mL 的水，裝入白蓋大透明瓶中。
5. 柱狀水缸裝入 6 L 的水。
6. 在 250 mL 燒杯上做 150 mL 的標線記號。

■ 表演流程：

1. 演員 A 負責拿著玻棒持續攪動柱狀水缸中的水，速度需緩慢，之後須視顏色的分層效果調整速度。
2. 演員 B 陸續倒入溶液至柱狀水缸中，依序是：黑蓋茶色瓶中的廣用指示劑與甲基紅、白蓋大透明瓶中的緩衝溶液。
3. 演員 B 取裝有 500 mL 氫氧化鈉溶液的 1 個酒瓶，將裡面的氫氧化鈉溶液倒入燒杯至 150 mL 標線處，再將燒杯中的溶液緩慢倒入柱狀水缸中。此時溶液顏色會開始變化。
4. 演員 B 陸續將剩下 3 個裝有 500 mL 氫氧化鈉溶液的酒瓶進行上述同樣的步驟。演員 A 可控制攪拌的速度讓顏色分層明顯。待溶液完全變紫，即完成實驗。
5. 酒瓶中皆有剩餘的氫氧化鈉溶液，是為了搭配「美的冒泡」實驗。



照片：

實驗名稱：液氮爆發

實驗原理：

液態氮為氮氣在極低溫下形成的液體型態，溫度低於  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在室溫下會迅速揮發成氣體。本實驗將熱水迅速倒入液態氮中，產生大量氮氣與水蒸氣形成爆炸般的效果。

表演方法：

■ 器材：塑膠桶 (約 100 L, 2 個)、耐熱水壺 (1~2 L, 2 個)、工作手套 (2 雙)

■ 藥品試劑：液態氮 (約 20 L)、熱水 (1200 mL)

■ 前置流程：

1. 演出前 5~10 分鐘，將 2 個塑膠桶各裝約 10 L 的液態氮。
2. 2 個耐熱水壺各裝 600 mL 的熱水。

■ 表演流程：

1. 2 名演員需戴著工作手套，各拿一個耐熱水壺，由高處將熱水迅速倒入塑膠桶中，產生爆炸般的煙霧。

照片：



實驗名稱：美的冒泡

實驗原理：

酸鹼指示劑通常是有機染料，本身即為弱酸或弱鹼，可用來測試 pH 值，當滴入溶液時酸鹼指示劑會與氫離子或氫氧離子反應，轉變成相對應的酸式或鹼式，而呈現不同的顏色。因此當溶液的 pH 值改變時，可觀察到顏色的變化。基於各種酸鹼指示劑所呈現的不同顏色，可以製造出有如彩虹般的實驗效果。

乾冰為二氧化碳的固體形態，室溫下會揮發為二氧化碳氣體，在水中會加速揮發，並產生氣泡與白煙。當加入酸鹼指示劑的鹼性溶液遇上乾冰，除了有冉冉白煙的視覺效果，逐漸變成酸性的溶液也使得顏色有所改變。

表演方法：

- 器材：量筒 (500 mL，6 個)、量筒 (50 mL，1 個)、黑蓋茶色瓶 (100 mL，3 個)、滴管 (數支)、酒瓶 (600 mL，6 個)、塑膠量杯(5 L，1 個)
- 藥品試劑：氫氧化鈉 (NaOH，6 g)、酚酞 (0.5 g)、間-硝基苯酚 (0.5 g)、百里酚酞(0.5 g)、95% 酒精 (150 mL)、乾冰 (6×4×3 公分，6~7 塊)
- 前置流程：
  1. 本實驗與「酸鹼變色」搭配，使用裝在酒瓶中的 0.05 M 氫氧化鈉溶液，所以無需另外配製。若要單獨進行本實驗，可先將 6 g 氫氧化鈉溶於 3 L 的水中，濃度為 0.05 M。
  2. 分別將 0.5 g 的酚酞、間-硝基苯酚與百里酚酞溶於 50 mL 酒精，保存於 3 個黑蓋茶色瓶中。
  3. 表演前將上述 3 個指示劑滴入 6 個量筒中，劑量如下表。

美的冒泡之指示劑劑量。

	紅	橙	黃	綠	藍	紫
酚酞 (滴)	4	4				4
間-硝基苯酚 (滴)		40	40	40		
百里酚酞 (滴)				4	4	4

- 表演流程：
    1. 演員將 6 個酒瓶中的氫氧化鈉溶液一一倒入 6 個量筒中。
    2. 由於量筒中已有酸鹼指示劑，因此透明的溶液倒入後會顯現出繽紛的紅橙黃綠藍紫 6 個顏色。
    3. 演員再將乾冰一一放入量筒中，乾冰冒出冉冉白煙，20~30 秒後量筒中的溶液再度變透明。
    4. 演員亦可將乾冰放入「酸鹼變色」的柱狀水缸中，也會有顏色變化的效果。
- 照片：



實驗名稱：瓶中精靈

實驗原理：

過氧化氫 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ，俗稱雙氧水) 的催化分解反應，產生氧氣、水蒸氣、及大量的熱。過氧化氫在常態下分解速率不快，但若加入二氧化錳 ( $\text{MnO}_2$ )、碘化鉀 (KI) 等催化劑後瓶內立即發生劇烈作用，產生大量氧氣與煙霧般水氣。此催化反應為：  

$$2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{heat}$$
 除了上述兩種化學藥品，一般酵母粉或紅蘿蔔亦可催化過氧化氫的分解，但反應較不激烈且速率慢。

表演方法：

■ 器材：不透明酒瓶 (600~750 mL, 4 個)、打洞軟木塞 (4 個)、神燈架 (紅酒鐵架, 1 個)、面紙 (數張)、棉線 (1 捆)、量筒 (50 mL, 1 個)

■ 藥品試劑：30% 雙氧水 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , 200 mL)、二氧化錳 ( $\text{MnO}_2$ , 8 g)、碳酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 2 g)

■ 前置流程：

1. 先將軟木塞打洞，以保障化學反應若不小心提前在瓶中發生，氣體仍有冒出的地方。
2. 以面紙包住二氧化錳與碳酸鈉成面紙捲，每個面紙捲的劑量為 2 g 二氧化錳與 0.5 g 碳酸鈉，製作面紙捲的手法如下：將一張單層面紙以十字型剪裁成 4 小張，每張約 10×10 公分，每次用一小張。將秤取好的二氧化錳與碳酸鈉放在一小張面紙中央，稍微混勻，再將面紙像包春捲一樣包成長條狀的面紙捲。取約 40 公分長的棉線，棉線其中一端預留 10~15 公分的長度，其餘纏繞在面紙捲外圍並打死結。
3. 將 4 個酒瓶各裝入 50 mL 雙氧水。
4. 在容器內加入雙氧水後，手抓著棉線預留端，讓面紙捲進到瓶子裡，此時用軟木塞將棉線卡在瓶口，讓面紙捲懸吊在瓶頸附近而不會碰到雙氧水。

■ 表演流程：

1. 演員以神燈架將 4 個酒瓶拿到場上。
2. 將軟木塞拔開，並稍微搖動酒瓶至瓶口開始冒煙，演員隨即放手並遠離酒瓶。
3. 反應完成後，需等酒瓶冷卻才可收拾，且不可將瓶口封住。

照片：



實驗名稱：魔沙

實驗原理：

魔沙因為表面具有疏水性物質，所以不沾水，在水中會聚集成條狀或塊狀，一旦離開水面又會變成乾的鬆散狀。市面上有魔沙套組的魔術道具，通常搭配水變色的手法一起表演。在水變色的部分，我們採用澱粉、碘液與維生素 C 的反應，以便定量及調整手法。

碘液與澱粉結合通常會呈現深藍色，然而一般用的澱粉包含直鏈澱粉與支鏈澱粉，前者與碘液會變藍，後者與碘液會變紫色或紫紅色，所以深藍色是上面兩者的混和顏色。

維生素 C 為一水溶性維生素，是強還原劑，本實驗以維生素 C 將碘分子還原成碘離子，進而改變溶液顏色。

表演方法：

■ 器材：透明水缸 (10 L, 1 個)、銀鋁蓋塑膠透明瓶 (330 mL, 2 個)、燒杯 (500 mL, 2 個)、量杯 (5 L, 1 個)、量筒 (500 mL, 1 個)、玻棒 (2 支)、滴管 (數支) 研鉢 (1 個)、攪拌子 (1 個)、加熱攪拌器 (1 台)

■ 藥品試劑：魔沙 (紅、綠、藍各 50~140 g)、熱水 (150 mL)、澱粉 (9 g)、碘液 (100mg/mL, 12 mL)、Lemon C (維生素 C 含量：50 mg/1.6 g/片, 6 片)

■ 前置流程：

1. 取 12 mL 碘液加入 300 mL 的水，裝入塑膠透明瓶。
2. 將 6 片 Lemon C 片溶於 200 mL 溫水中，裝入另一個塑膠透明瓶。
3. 將 9 g 澱粉溶於 500 mL 水中，以加熱攪拌器讓澱粉完全溶解。
4. 將魔沙倒入透明水缸中，以單手可握取的量為限。再緩慢倒入 5500 mL 的水。此時可以手調整魔沙的形狀與位置。
5. 冷卻後的澱粉溶液倒入透明水缸中。

■ 表演流程：

1. 演員先將塑膠透明瓶中的碘液倒入水缸中，讓水變深藍色。
2. 依序將魔沙由水中取出，撒在舞台上或事先準備容器盛裝。
3. 倒入維生素 C 容易讓水缸中的液體變透明，此時水缸中已無魔沙。

照片：



實驗名稱：大象牙膏

實驗原理：

過氧化氫 ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ，俗稱雙氧水) 的催化分解反應會產生氧氣、水蒸氣、及大量的熱。過氧化氫在常態下分解速率不快，但若加入二氧化錳 ( $\text{MnO}_2$ )、碘化鉀 (KI) 等催化劑後瓶內立即發生劇烈作用，產生大量氧氣與煙霧般水氣。此催化反應為： $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{heat}$ 。反應出的氧氣在清潔劑中形成大量泡沫，會不斷膨脹湧出瓶外，若反應條件恰當，可噴出 2~3 公尺高的條狀泡沫。在反應瓶中加入碳酸鈉則可避免碘蒸氣的產生。

表演方法：

■ 器材：錐形瓶 (5 L, 2 個)、錐形瓶 (2 L, 2 個)、泡綿雙面膠筒管 (2 大 2 小，共 4 個)、試管 (18×180 mm, 4 支)、試管架 (1 個)、燒杯 (500 mL, 1 個)、量筒 (250 mL, 1 個)、量筒 (50 mL, 1 個)、玻棒 (1 支)



- 藥品試劑：35% 雙氧水 (900 mL)、碘化鉀 (KI, 25 g)、碳酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 25 g)、綠色色素 (0.5 g)、黃色色素 (0.5 g)、紅色色素 (0.5 g)、紫色色素 (0.5 g)、沙拉脫 (2 小瓶)
  - 前置流程：
    1. 將 25 g 碘化鉀與 25 g 碳酸鈉溶於 100 mL 水中，再分別取 20、25、25、20 mL 裝入 4 支試管中。
    2. 將相對應的泡棉雙面膠筒管套在錐形瓶口。
    3. 表演開始的 20~30 分鐘前，倒入 250 mL 的 35% 雙氧水至 5 L 錐形瓶中，再倒入 200 mL 的 35% 雙氧水至 2 L 錐形瓶中。
    4. 將 4 種色素分別倒入 4 個錐形瓶中。
    5. 加入些許沙拉脫至 4 個錐形瓶裡，稍微搖晃至有少許泡沫。
  - 表演流程：
    1. 演員同時將 4 支試管中的溶液倒入 4 個錐形瓶中，演員同時後退遠離錐形瓶。
    2. 錐形瓶會噴發出彩色泡沫。
    3. 帶泡沫產生速度減緩後，再進行收拾，此時錐形瓶溫度仍然很高。
- 照片：



實驗名稱：炸氫氣球

實驗原理：

氫氣於常溫常壓下為一種無色無味的極高度易燃氣體，本實驗根據此特性以熱源引爆氫氣球，產生強烈的聲光效果。

表演方法：

- 器材：氣球 (10 吋，數個)、釣魚線、長尾夾 (數個)、蠟燭 (2 支)、竹竿 (約 1.5~2 公尺長，2 支)、點火槍 (1 支)、膠帶
- 藥品試劑：氫氣
- 前置流程：
  1. 剪一段約 4 公尺長的釣魚線，一端綁在長尾夾上固定，其餘長度纏繞於長尾夾後再以第二個長尾夾夾住釣魚線的自由端。
  2. 用膠帶將一支蠟燭固定在一支竹竿的一端。
  3. 將氫氣灌入氣球中，適度大小即可，把開口打結。將已綁上長尾夾的釣魚線自由端綁在氣球打結處，要牢固。
- 1. 前置作業完成後，移動到戶外，將纏繞於長尾夾上的氫氣球釣魚線鬆開，讓

氫氣球飄至一層樓的高度左右。

■ 表演流程：

1. 演員 A 拿著氣球由舞台左側上台，演員 B 拿著燭火由舞台右側上台。
2. 帶氫氣球定位後，2 名演員同時拿著燭火引爆氫氣球。

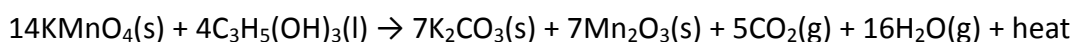
照片：



實驗名稱：無中生火

實驗原理：

過錳酸鉀 ( $\text{KMnO}_4$ ) 為一強氧化劑，常溫下即可與有機物反應。當過錳酸鉀接觸到甘油 ( $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ) 時會產生激烈的氧化還原反應，放出大量的熱，使得甘油汽化成氣態後，與空氣中及產物之一的水蒸氣結合，形成白色煙霧，當反應繼續發生，更多的熱量使甘油起火燃燒，進而使衛生紙燃燒產生火光。本實驗中過錳酸鉀為氧化劑，甘油為還原劑，化學反應式如下所示：



表演方法：

■ 器材：面紙、壓克力碗 (1 個)、大仙女棒 (數支)、紙膠帶、蠟燭 (數支)

■ 藥品試劑：過錳酸鉀 ( $\text{KMnO}_4$ , 0.5 g/支)、甘油 (50~100 mL)

■ 前置流程：

1. 將一張單層面紙以十字型剪裁成 4 小張，每張約 10×10 公分。
2. 取一小張面紙，將少許過錳酸鉀 (約 0.5 g) 置於中央，再將第二小張面紙蓋在上面。
3. 把仙女棒前端放在第二小張面紙上，頂端部分剛好在面紙的中央處。將面紙對摺，小心地將面紙捲繞在仙女棒前端，再用長 2 公分左右的紙膠帶固定。
4. 將 50~100 mL 的甘油倒入壓克力碗中。
5. 固定好蠟燭不會倒。

■ 表演流程：

1. 演員將大仙女棒沾甘油，20~30 秒後大仙女棒會開始冒煙燃燒，進而點燃大仙女棒。
2. 演員可拿著燃燒著的大仙女棒進行表演。
3. 趁大仙女棒燃燒時，可將準備好的蠟燭點燃，接著進行「小心！火燭」實驗。

照片：



實驗名稱：小心！火燭

實驗原理：

二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 常壓下為無色無臭、不助燃也不可燃的氣體，重量比空氣重，所以可應用在滅火方面。一般實驗室中以碳酸鹽加酸製備二氧化碳，例如以碳酸鈣與稀鹽酸反應，並以向上排空氣法收集，其化學反應式為： $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。此外，二氧化碳的固體狀態為乾冰，在室溫下會直接昇華為氣體。本實驗打算以二氧化碳無色無臭的特性，魔術般地澆熄燃燒中的燭火。

表演方法：

■ 器材：不鏽鋼水壺 (5 L, 1 個)、擦手紙 (2 張)、蠟燭 (數支)、點火槍 (1 支)

■ 藥品試劑：乾冰 (6×4×3 公分, 2~4 塊)

■ 前置流程：

1. 將 2 張擦手紙沾濕，濕度以水不會滴下來為原則，然後放入水壺底部鋪平。
2. 取 2~4 塊乾冰放入水壺中，將壺蓋關好，壺嘴可不要關，稍微搖晃水壺後放置於一旁靜待 3~5 分鐘，讓乾冰昇華的二氧化碳能充滿整個水壺內部。
3. 此時可將蠟燭點火備用。

■ 表演流程：

1. 演員拿著裝有乾冰的水壺，一一澆熄燭火。

照片：



實驗名稱：焰色瓶

實驗原理：

焰色試驗為當金屬原子受熱時，其電子會被激發到較高能量的激發態，當此激發態的電子由外層躍遷回內層時，多餘的能量若是以可見光的形態釋放，即為我們看到的可見光光譜。不同金屬原子會發出其獨特的光譜，落在可見光範圍的部分即是肉眼可看到的顏色。本實驗將常見的幾種金屬化合物進行燃燒，希望能看到

炫麗的彩色火光。

表演方法：

- 器材：陶瓶 (4 個)、吸管 (數包)、鋁箔 (數捲)、點火槍 (1 支)、藥匙 (數支)、滴管 (數支)
- 藥品試劑：細沙 (約 200~500 g)、硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 20~50 g)、氯化鈣 ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 20~50 g)、硼酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 20~50 g)、鹽酸 (12 N HCl, 2~5 mL)、95% 酒精 (80~100 mL)
- 前置流程：
  1. 製作焰色瓶：將吸管垂直塞入陶瓶中，讓吸管頂端位於瓶頸附近。用鋁箔紙將瓶頸部分充填墊高，再做一個鋁箔淺盤架在瓶口，淺盤的深度約 1~2 公分。在淺盤鋪一層細沙，滴上些許酒精讓細沙濕潤。鋪上一層金屬化合物粉末，再滴 3~5 mL 酒精讓粉末濕潤。
  2. 4 個焰色瓶分別為硫酸銅、氯化鈣、硼酸、硫酸銅加鹽酸。硫酸銅鋪滿一層後，滴入 2~5 mL 鹽酸，再滴入酒精。
  3. 演出前五分鐘需再次檢查酒精是否揮發，若已乾掉，需補足酒精至金屬化合物粉末成濕潤的狀態，約 5~10 mL。
- 表演流程：
  1. 以點火槍將焰色瓶點燃，演員可手持下半部進行表演。

照片：



實驗名稱：焰色噴霧

實驗原理：

焰色試驗為當金屬原子受熱時，其電子會被激發到較高能量的激發態，當此激發態的電子由外層躍遷回內層時，多餘的能量若是以可見光的形態釋放，即為我們看到的可見光光譜。不同金屬原子會發出其獨特的光譜，落在可見光範圍的部分即是肉眼可看到的顏色。本實驗將金屬化合物溶於液體形成金屬離子溶液，噴在火源上會形成彩色火團，其焰色效果與直接將金屬燃燒有些微的不同。

表演方法：

- 器材：噴霧器 (5 組)、蠟燭 (1 支)、量筒 (250 mL, 1 個)
- 藥品試劑：95% 酒精 (1000 mL)、醋酸鉀 ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ , 5~10 g)、硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 7~10 g)、氯化鈣 ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 5~10 g)、氯化亞鈷 ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 5~10 g)、鹽酸 (12 N HCl, 10 mL)

■ 前置流程：

1. 照下表配製 5 種焰色噴霧溶液。

以酒精當溶劑，提高金屬化合物濃度的焰色噴霧結果。

金屬化合物		溶劑 (95% 酒精)	濃度 (M)	焰色效果
名稱	重量 (g)			
醋酸鉀	5.0	200 mL	0.26	亮紫
硫酸銅加鹽酸 (加入 12 N 鹽酸 5 mL)	3.2	200 mL	0.06	藍綠
氯化鈣	5.2	200 mL	0.18	橘紅
氯化亞鈷	5.0	200 mL	0.11	金黃
氯化鈉	2.1	200 mL	0.18	黃

2. 表演前 5~10 分鐘需先預噴，以防噴霧器的管路乾掉。

■ 表演流程：

1. 演員先將燭火拿上場。
2. 輪流使用噴霧器噴燭火，即可有驚人的焰色噴霧效果。
3. 惟須注意操作實驗時，噴出噴霧的方向不可有人。

照片：



實驗名稱：混搭四元素之甲烷泡泡

實驗原理：

甲烷無色無味，為一極度易燃氣體，是天然氣的主要成分，燃燒 (氧化反應) 會產生二氧化碳與水。由於甲烷在室溫下易燃，因此操作者只要做好防護措施，就可在手上進行燃燒甲烷泡泡的實驗。

表演方法：

■ 器材：透明水缸 (10 L, 1 個)、實驗手套、海灘球 (6 吋)、塑膠軟管 (約 50 公分長)、活栓 (1 個)、點火槍 (1 個)

■ 藥品試劑：甲烷、沙拉脫 (少許)

■ 前置流程：

1. 透明水缸裝入 5~8 L 的水。
2. 將海灘球衝入甲烷至八分滿，並接上活栓軟管，細節參照實驗測試的流程。

■ 表演流程：

1. 演員將沙拉脫倒入水中，稍作攪拌。

2. 將甲烷由海灘球擠入水中，產生許多甲烷泡泡。
3. 演員可捧著甲烷泡泡點火，或是直接將水面上的甲烷泡泡點火。
4. 可重複數次，但需注意海灘球與點火槍不可靠近。

照片：

