科學十問——水淹金山寺

圖文／謝迺岳

白蛇傳中，白娘子為了報復法海和尚，就施法用大水淹沒了金山寺。令人納悶的是，那兒來的水足夠把一座山上的廟給淹了？畢竟古代的氣候暖化還沒那麼嚴重啊。於是，我們找來一些身邊的器材模擬這個現象，雖然解開了初始問題，卻又帶來了更多謎團…。

天水自來

準備一支容量 600mL 無色透明的寶特瓶，沖洗乾淨後，把瓶子的上端切掉 1/6 高，留下一個大約 500mL 的塑膠杯。在杯內盛入 200mL 的自來水，猜猜看在水中加入 1mL 廣用指示劑後，水會變成什麼顏色？紅橙黃綠藍靛紫？請選擇一個顏色後，再繼續實做。

先猜想、再檢驗是個很好的學習方法，可以減輕學習負擔。因為如果猜中了會有成就感，也不須再死記；猜不中也會不服氣，從而加深了印象。

答案是藍色。大多數人會猜綠色，因為他們認為自來水是中性。然而從水管流出的水雖然經過水廠消毒與過濾，卻沒有改變自來水的酸鹼值。自然界的水來自天空，在流過地表時溶解了一些礦物質，如石灰岩中的碳酸鈣，因此自來水會呈現弱鹼性的淺藍色！

不倒金剛

現在來搭建金山寺。取一塊約 5cm^3 大小的粘土，並在十秒鐘內把粘土捏塑成正四面體的形狀，然後把粘土粘在塑膠盤上。請問正四面體是什麼？如果沒製作過，就請先在紙上畫出它的形狀。

許多人會把粘土捏成金字塔（五個面）或方糖（六個面）。正四面體具有四個面，每個面都是正三角形，其實就是三角錐！有一種白磷分子 P4 就是正四面體，化學活性很強，曾經是火柴頭的成份，在戰場上作為燃燒彈。生活中常見的正四面體有粽子與消波塊，它們具有較大的底面積與較低的重心，因此把三角錐或圓錐放在盤子上就不容易倒。

金碧輝煌

把錐形的粘土粘在塑膠盤的中央，並在粘土上方直立五支火柴，並使火柴頭合併在一起。接著把 200mL 自來水（含有廣用指示劑）倒入盤內，手握杯底讓杯子壓在盤上，這時可見杯中的水位比杯外低。請問杯子內外的氣壓何處較高？

由於盤上的水內外連通，因此各處水面的壓力必然相等；所以杯外的氣壓加水壓就會等於杯內的氣壓，也就是杯內的氣壓較大。這個實驗證明了空氣有體積、有質量，是一種物質。

烈焰沖天

抓住杯底，把杯子提高距離火柴上方約 20cm，另一手持點火槍預備點火。在火柴點著的一瞬間，把杯子壓回盤面，等到盤上的水進入杯中以後，手再緩緩離開杯子。這時可見三個奇妙的現象：杯內水位升高，杯內充滿白色氣體，以及水由藍色變成綠色了。

杯內水位升高，表示杯內氣壓小於外界的大氣壓。原因是什麼？有人認為是杯內的氧氣都被消耗光了，但是氧氣只佔有杯中空氣的 1/5，也就是 100mL，而本實驗中的 200mL 水卻全部被吸入杯中，原因是什麼？

原來剛點著火柴時，高熱的氣體快速膨脹衝出杯外，等冷卻時卻回不來，使得大量自來水湧入杯中，遠超過杯中氧氣消耗的量。

衝冠紅顏

當盤中的水衝入杯內時，不只淹沒了由火柴與粘土搭建的金山寺，而且原本藍色的水居然變成綠色了。廣用指示劑在中性的水溶液中呈現綠色，可見有些酸性物質溶解在自來水中，形成了酸鹼中和。問題是：是誰提供了酸？

火柴的主要成份是黑色火藥，其中含有碳黑、硫磺和氯酸鉀，在燃燒後會產生二氧化碳與二氧化硫等氣體。當這些氣體溶於水後會形成碳酸與亞硫酸，使得自來水酸鹼中和呈現綠色，甚至能呈現酸性的黃色。所以

答案是燃燒的火柴提供了酸，如果單純把火柴泡在水中不容易使水溶液變酸。

變本加厲

同樣使用粘土、火柴與廣用指示劑，改進以上的實驗，如何能產生更酸且呈現橘紅色的水溶液？

方法有以下數種，各依據不同的科學原理。

一、 使用更多根火柴。依據勒沙特列原理，增加反應物則生成物也會增加。所以一次點燃 30 支火柴，生成的酸性物質較多，就能使水溶液更酸。

二、 使用已經變成綠色的水。牛頓曾說：站在巨人的肩膀上，可以看得更遠；這是因為較高的基礎，容易使我們的成就更高。當我們使用中性的水，再加入酸性物質就會呈現更紅的顏色。

三、 使用較少量的水。因為同樣的溶質在較少的溶液中，可使濃度增加。當水中的氫離子濃度達到 10^{-4}mole/L 時，也就是酸鹼值為 pH4 時，水溶液就呈現橙色了。

雲霧繚繞

當火柴燃燒又被水淹沒後，在杯中出現了濃濃的白霧；隔了十分鐘就慢慢的消散了。這些白霧是什麼？二氧化碳、二氧化硫、水蒸汽、水、還是冰？請選一個。

二氧化碳、二氧化硫和水蒸汽是無色透明的氣體，我們看不見。在這麼熱的環境中，冰粒不可能存在；所以答案是小水滴。當火柴燃燒的瞬間，高熱把一些碳與硫的微粒噴射到空中，而水湧入時被火焰加熱成水蒸汽，部份水蒸汽遇到碳與硫的微粒就凝結成水。這個過程和夏天的熱對流成雲以及人造雨的原理相近，小水珠會反射與折射光線，看起來亮亮白白的，就是瓶中有霧的原因囉。

色彩繽紛

把所有用具清洗乾淨，換用新的粘土和火柴；在杯中盛入 100mL 自來水，然後注入 1mL 優碘溶液，再將溶液倒在盤子上。將火柴點著後，立刻蓋上杯子。請在實驗前先預測，水會變成什麼顏色？請在棕紅橙黃綠藍紫灰白黑銀金無色之中，選一個顏色。

陽光的色譜是紅橙黃綠藍靛紫，而這個色譜是電阻的辨識條碼。一般的電阻器上面都有四條色環，前兩環表示數字，第三環表示十的次方，第四環表示誤差。棕至黑代表一到十的數，而銀與金分別是誤差 10%與 5%。例如一根電阻器上依序是黃綠紅銀四條色環，它的電阻值就是 $4.5x10^2 \pm 10\%$歐姆。

回到水淹金山寺的實驗。火柴燃燒後，進入杯中的水會變成無色透明的狀態。

氧化還原

火柴燃燒時會產生二氧化硫氣體，當它遇到優碘時，會產生氧化還原反應。問題是：誰氧化了？誰還原了？

德國科學家本生發現讓二氧化硫、碘與水在 120℃高溫中反應後，生成物包括硫酸與碘化氫。反應過程中，硫的氧化數從+4 變為+6，因失去電子稱為氧化半反應；碘的氧化數由 0 變為-1，因得到電子而稱為還原半反應。

碘分子原本是紫色，溶於酒精時稱為碘酒，溶於人工血漿時稱為優碘，兩種液體都是棕色。用優碘為傷口消毒時比較不疼，因此比碘酒更受歡迎。當碘分子得到電子時，會生成碘離子，不吸收可見光，因此碘離子的水溶液就變得無色透明了。

變化萬千

現在買火柴不容易，只能在觀光區或某些金香店找得到。我們可以自製火藥：用硝酸鉀、碳粉與硫磺調配後，只須少量就可以重現水淹金山寺的實驗了。問題是：這個實驗有什麼應用價值呢？

首先，火柴燃燒的瞬間產生高熱，會使局部空氣快速膨脹並消耗氧氣，可以用來滅火。曾經有油井大火不易處理，後來消防單位投放炸藥才把火滅了。

其次，使用火柴與廣用指示劑可以操作酸鹼中和反應，火柴與優碘可以體驗氧化還原反應；真是低成本、

安全又有趣的科學實驗！在科學上，只要有反應發生，我們就可以互相檢驗是否有相關物質存在。例如用碘來檢驗硫，或用硫來檢驗碘，都很有用。

最後，燃燒能產生微粒並使水蒸汽凝結成水，更是人造雨的一種方法。學習科學就要趨利避害，能夠在生活中應用所學改善人類生活，學習才有意義！

謝迺岳

新竹市科學城社區大學