

2007 白沙化學驚奇秀

The 2007 NCUE Wonder of Chemistry Show

【策劃者：楊水平】【示範者：柯威名 92240016】【更多化學驚奇秀】

阿拉丁神燈與大象的牙膏

器材和溶液

- 不鏽鋼水壺（約 1 L）1 個、縫衣線長度適中 1 條、衛生紙 1 包、500 mL 玻璃量筒 3 個、小燒杯（50 mL） 2 個、刮勺 1 個。
- 35%過氧化氫（ H_2O_2 ）1 瓶、碘化鉀（KI）少許、蘇打（碳酸鈉）少許、沙拉脫 1 瓶、色素少許。
- 使用約 50 mL 過氧化氫和 2 g 碘化鉀的使用量效果最好，但依容器大小有所改變。在本次實驗中，過氧化氫的需求量為：1 L 不鏽鋼水壺用 65 mL，解說方面 500 mL 量筒用 20 mL，大象牙膏方面 500 mL 量筒用 50 mL。碘化鉀的需求量為：1 L 不鏽鋼水壺用 2.6 g，解說方面 500 mL 量筒用 0.8 g，大象牙膏方面 500 mL 量筒用 2 g。碳酸鈉的需求量為：1 L 不鏽鋼水壺用 2.6 g、解說方面 500 mL 量筒用 0.8 g、大象牙膏方面 500 mL 量筒用 2 g。

安全須知

- 反應會放出大量高溫的水蒸氣應該避免燙傷。

示範步驟

- 阿拉丁神燈
 1. 準備一不鏽鋼水壺，加入 65mL35% 過氧化氫溶液於上述瓶內。
 2. 用衛生紙包住約 2 g 的碘化鉀和 2g 碳酸鈉混合粉末，用細繩綁住衛生紙。懸吊此衛生紙於水壺的壺蓋並且蓋緊扣住細繩，此衛生紙勿與過氧化氫溶液接觸。
 3. 在表演時，稍微地打開水壺的壺蓋讓衛生紙掉入過氧化氫溶液中，隨即產生大量的煙霧，造成阿拉丁精靈從瓶中冒出的現象。
 4. 用透明玻璃量筒代替水壺，重複上述實驗，使觀眾了解水壺內實驗的構造。
- 大象的牙膏

1. 準備 2 個量筒，加入 50mL35% 過氧化氫溶液、少量(約 3~5mL)沙拉脫和不同的色素(1 小匙)。
2. 用小燒杯混合 2g 碘化鉀粉末和 2g 碳酸鈉粉末。
3. 立即產生大量彩色柱狀的泡沫，此泡沫狀似大象用的牙膏。

注意事項

- ◇ 碳酸鈉勿與過氧化氫事先混合。否則，過氧化氫的抑制劑失去效應而造成過氧化氫的提前分解，而使得實驗效果下降。
- ◇ 在大象的牙膏方面，以直接混合碘化鉀粉末和碳酸鈉粉效果為最佳。若用衛生紙包覆混合粉末，則示範效果下降。

廢棄物處理

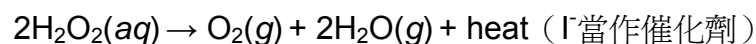
- 待期反應完後，一定要等到過氧化氫不再冒泡為止才分離衛生紙和液體。衛生紙棄置於垃圾筒內，液體可到入水槽中。因為此反應產生的產物(水和氧氣)對環境都無害，所以可以直接處理。

原理和概念（簡易）

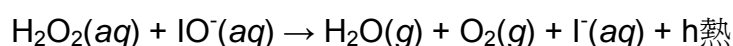
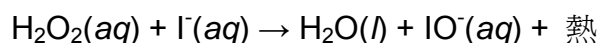
- 過氧化氫溶液藉由碘化鉀催化分解反應，產生氧氣和水蒸氣，以及大量的熱。
- 催化反應定義：某物質加入某反應後，能降低此反應的活化能，使反應加速。但是某物質本身並不會因此而增加或減少，稱此物質為催化劑。加入此物質的反應稱為催化反應。

原理和概念（進階）

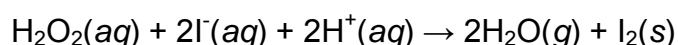
- 過氧化氫溶液的催化分解反應，產生氧氣和水蒸氣，以及大量的熱。過氧化氫在常態下分解速率不快，加入碘化鉀後瓶內立即發生劇烈作用，產生大量氧氣與煙霧般水氣，顯示碘化鉀在反應中發揮了催化作用。此催化反應如下所示：



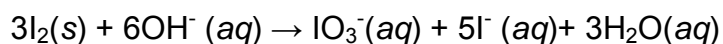
這個反應以二步驟進行，而 IO^- 為反應之中間物質。



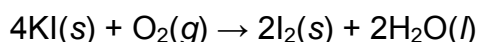
- 過氧化氫的安定劑（錫酸鈉以及有機磷酸或其銨鹽、鹼金屬鹽）分別單獨使用或複合使用，能抑制過氧化氫分解。本示範實驗會進行下面的氧化還原反應：



在本示範實驗中，反應瓶中加入的蘇打（碳酸鈉）為去除上面反應所生成的碘，碘在鹼性環境（碳酸鈉溶液）中會產生自身氧化還原反應，來避免產生碘蒸氣。其反應式如下：

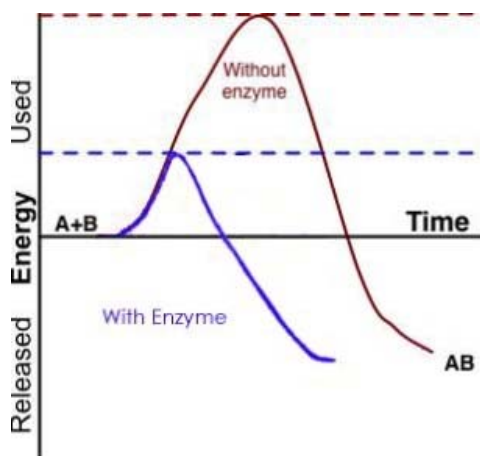


- 碘離子的還原性很好，若碘化鉀在空氣中放置一段時間，會與空氣中的氧氣發生氧化還原反應而產生碘和水，其反應式如下所示：



此處碘可在碳酸鈉溶液中自身氧化還原而產生碘離子，不會影響實驗效果。

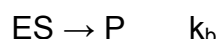
- 催化反應在化學動力學上，簡單來說就是降低反應活化能的一種作用。



圖片來源：www.polyenzyme.com/images/ActivationGraph.jpg（擷取日期：96年6月）

酵素（Enzyme）催化是在生物體內常見的催化反應，因此用酵素催化來當作例子，如上圖所示，這是一個經酵素催化後的反應。縱軸座標為反應能量，橫軸座標為反應時間。紅色的反應路徑是沒有經酵素催化的反應途徑，可以從圖中看得出，紅色反應路徑所需要的反應活化能較高，其反應時間也較長。藍色反應路徑為有加入酵素催化的反應，可以從圖中看出，藍色反應路徑所需的反應活化能較低，其反應時間也較短。

一般酵素催化遵循 Michaelis-Menten mechanism，即：



E代表酵素（Enzyme），S代表基質（Substrate）。 k_a ， k_a' ， k_b 代表反應速率常數。

反應速率 $V = k_b[\text{ES}]$ ，採用Steady-state approximation。

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_a[E][S] - k_a'[ES] - k_b[ES] = 0$$

$$\text{推得：} [ES] = \left(\frac{k_a}{k_a' + k_b} \right) [E][S]$$

而 $[E]_0 = [E] + [ES]$ ，一般來說，基質的量會遠大於酵素的量，在反應中基質濃度約等於起使基質的濃度。可寫為 $[S] \approx [S]_0$ ，所以得知：

$$[ES] = \frac{[E]_0}{1 + \left(\frac{k_a' + k_b}{k_a} \right) \frac{1}{[S]_0}}$$

所以，根據以上反應式，可以導出酵素催化的反應速率：

$$V = \frac{k_b[E]_0}{1 + \left(\frac{k_a' + k_b}{k_a} \right) \frac{1}{[S]_0}}$$

問題和討論

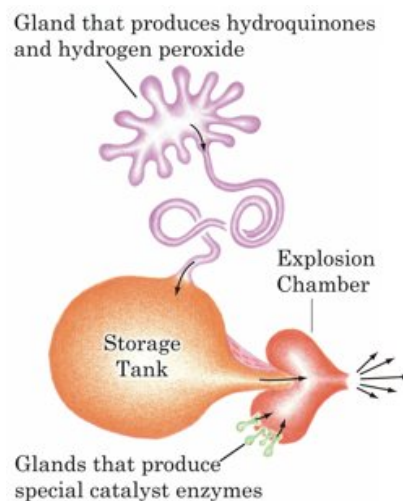
1. 此示範實驗中產生大量的雲霧狀的物質為何？
→ 水蒸氣。
2. 此示範實驗中過氧化氫分解後產生了甚麼氣體？
→ 水和氧氣。
3. 此示範實驗中碘化鉀的功用為何？
→ 催化過氧化氫的分解。
4. 此示範實驗中，碘化鉀是用來催化過氧化氫的分解。碘化鉀的總量有沒有減少或增加？
→ 沒有。催化劑本身參與反應，反應過後又產生，所以總體的量沒有減少或增加。

生活相關和應用

- 在自然界中有一種叫放屁甲蟲 (**bombardier beetle**) 的昆蟲，當它遇到敵人的時候，可以從尾部產生過氧化氫和酵素，產生大量的氣體來防禦敵人，而且在短短的一秒鐘裡面就能夠噴上 500 次！這個化學反應就和阿拉丁神燈相似。



下圖為放屁甲蟲尾部的器官構造，粉紅色的腺體會產生兩種化合物---對苯二酚（hydroquinones）和過氧化氫（hydrogen peroxide），然後送至貯藏室存放。當遇到敵人時，噴射室（Explosion Chamber）有腺體產生特殊催化酵素，使過氧化氫分解產生氣體快速噴出，其溫度甚至高達 100°C。

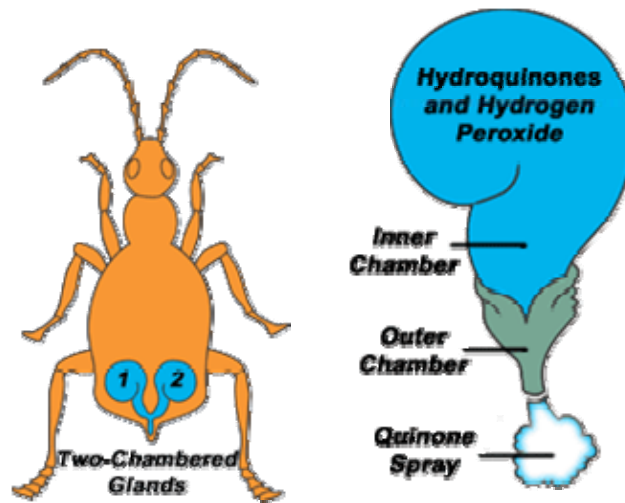


資料來源：<http://www.apologeticspress.org/articles/2102>（擷取日期：96年6月）

- 卡通版的放屁甲蟲：當放屁甲蟲（bombardier beetle）遇到敵人時，如青蛙等，在它的尾部兩個噴射室有腺體產生特殊催化酵素，使過氧化氫分解產生氣體快速噴出。



在噴射室中，它會分泌雙氧水和對苯二酚。然後他有兩個混和室，一個在外面，一個在裡面。遇到敵人它就會產生酵素，將混合室內的雙氧水分解，一口氣噴在敵人身上。你說是不是很神奇呢？



資料來源：http://www.creationevidence.org/fun_for_kids/kp006/kp6.html（擷取日期：96年6月）

表演照片



不銹鋼水壺的阿拉丁神燈



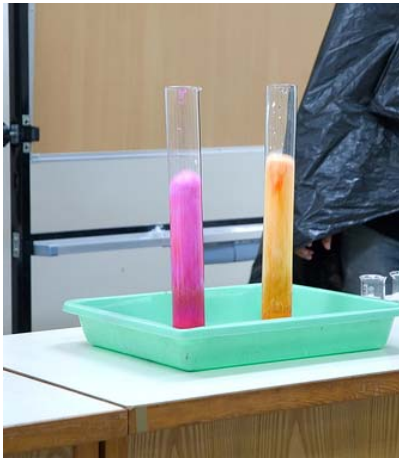
解說不銹鋼水壺內部的構造



透明量筒中過氧化氫和碘化鉀的反應



大象牙膏加入碘化鉀粉末



大象牙膏開始反應



大象牙膏產生大量泡沫



戲劇串場 - 「超級神燈製造者」



小朋友搶答實況

照片拍攝者：謝湘華 94242009