



臺中女中福爾摩斯上法庭

化學鑑識—— 血跡的檢測

教師 陳鴻仁
臺中女中 化學科



掃描QR code
下載教材電子檔

前言

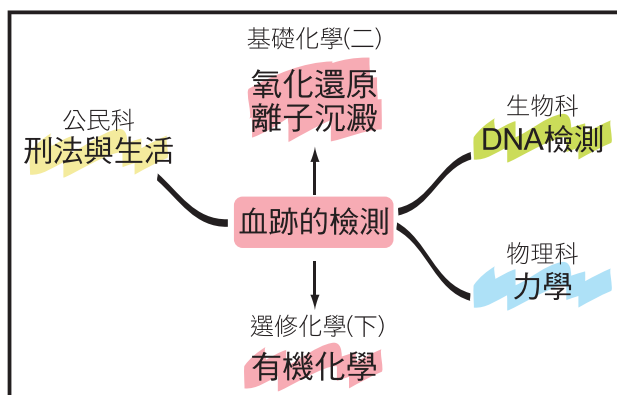
「福爾摩斯上法庭」是一門結合社會與自然科學的跨科課程，希望藉由關心冤案這個社會議題，了解當前司法審判的現況及科學辦案的過程。籌備開課之初，團隊的老師對於冤案、司法審判與鑑識科學等議題大多陌生，而筆者對鑑識科學的概念也僅止於腦中浮現的推理小說或CSI影集中，關於犯罪現場的描述，當命案發生後，主角或辦案人員總會到命案現場進行勘驗，利用現場的蒐證，將每一個疑點、每一個環節逐步地抽絲剝繭、反覆推敲，直到案件水落石出。

讓學生利用所學科學知識，化身辦案神探，找出真相，這應該會是有吸引力的課程，然而如何緊扣課程目標、落實成為有意義的課程呢？為了備足知識，團隊老師們陸續參與一連串的律師、法官、法醫與警官的演講、研習與案例討論，數次的課程研議與進修，漸漸對司法審判、科學鑑識與冤獄成因之間的關係有一些認識與了解，也確定了化學鑑識在福爾摩斯上法庭的課程中的定位，因此設計了「血液辨識」與「指紋現蹤」兩個基礎課程，在本期刊物中，將分享「血液辨識」的課程設計。

對於課程的初衷，希望給同學們的不僅僅是化學在鑑識科學的應用，最重要的是如何解題的推演能力、判斷能力與決策能力。「每一個人都有可能是受害者，甚至是加害者」和「避免不科學的科學證據」被誤用而影響審判，應該是科學原理在法學上的實踐與應用之中更重要、更嚴肅的課題。

鑑識科學不再僅僅是扮演破案的關鍵角色，也將是避免不當冤判出現的抑制劑，甚至是冤案平反的催化劑！

跨領域課程連結



教學設計與流程

一、單元學習目標

1. 認識鑑識科學的功能與解題策略對結果的影響。
2. 瞭解「還原態酚酞試劑檢測法」的原理。
3. 瞭解「魯米諾試劑檢測法」的原理。
4. 讓學生瞭解血跡檢測於犯罪現場的採證與應用。

二、授課流程

	教學活動	時間 (分)
第一節	舉例說明：如何解題與解題策略對結果的影響	20
	影片欣賞：推理探案－消失無蹤	20
	影片心得討論	10
第二節	血液採集原理講解與示範操作	20
	學生操作練習	10
	分組操作並完成任務	20

基本觀念

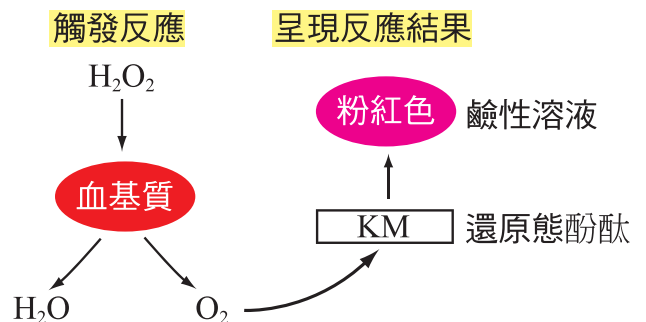
血液是一種結締組織，由細胞、纖維和基質構成，血液由血球有形成分和血漿組成，血球中的紅血球內含血紅素。血紅素是一種具有四級結構的結合蛋白質，四級結構由兩條或兩條以上的胜肽鏈構成，每個胜肽鏈以非共價鍵連結，含氫鍵及凡得瓦力等；血紅素易與氧結合成含氧血紅素（ HbO_2 ）。

血紅素中的金屬酶——過氧化氫酶，可催化氧化還原反應，金屬酶係指酵素結構的組成部分是金屬離子，如錳、鐵、鈷、鎳、銅、鋅等，它們可催化過氧化氫分解出氧和水。

還原態酚酞試劑檢測法 (Kastle-Meyer test)

一、原理

還原態酚酞試劑檢測法（以下簡稱KM試劑檢測法），試劑包含過氧化氫溶液與還原態酚酞指示劑，前者觸發反應，後者用以顯示反應結果。以過氧化氫針對血紅素中的金屬酶——過氧化氫酶或過氧化物酶，進行催化反應。金屬酶中的金屬離子（如鐵離子等）使過氧化氫分解出氧，分解出的氧和無色酚酞指示劑進行氧化還原反應而改變顏色。若該物質含血紅素，則還原態酚酞被氧化為氧化態，在鹼性溶液中呈粉紅色（圖一）。



圖一：KM試劑的檢測原理

二、使用器材

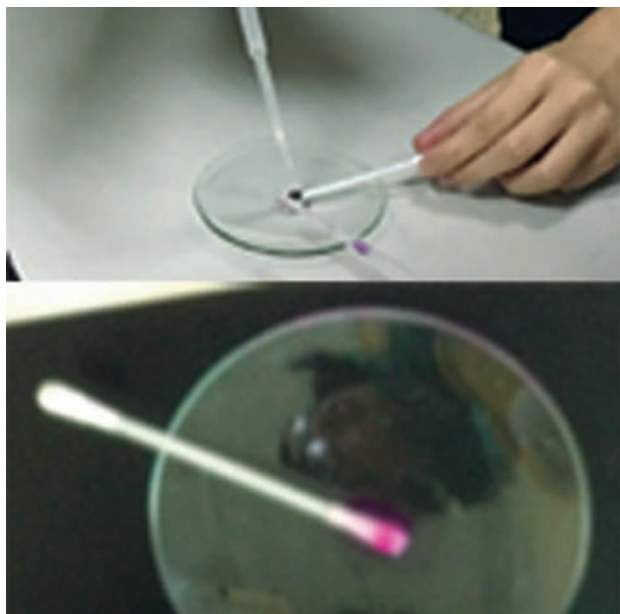
器材或溶液	數量
小燒杯（50毫升）	4 個
量筒（10毫升）	2 個
滴管	4 支
表玻璃	3 個
棉花棒	10 支
氫氧化鉀	20 公克
鋅粉	20 公克
蒸餾水	100 毫升
酚酞	2 公克
酒精	20 毫升
3% H_2O_2 (aq)	20 毫升

三、試劑配製

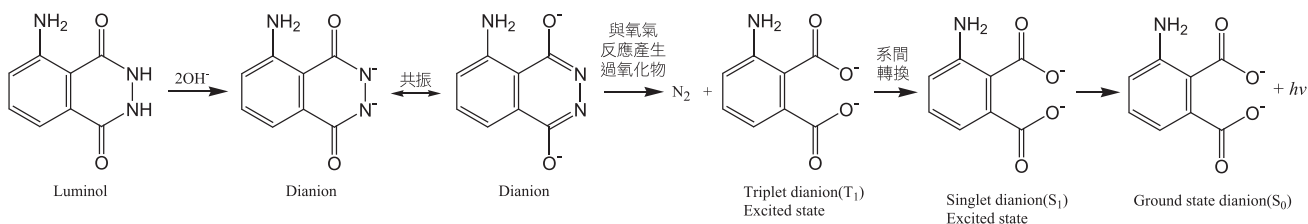
1. 取2公克酚酞、20公克氫氧化鉀、20公克鋅粉，置入100毫升蒸餾水中，混合後加熱攪拌，取澄清液，保存於棕色瓶中4°C冷藏。
2. 實驗前將步驟1配製的溶液以酒精稀釋五倍，置於燒杯中。

四、檢測方法

1. 以蒸餾水清洗棉花棒頭，利用棉花棒輕沾類似血漬的物質，並360°轉動使棉棒頭完整地沾染樣品。
2. 以酒精殺菌後，沾染一滴還原態酚酞。
3. 沾染一滴過氧化氫。
4. 若出現粉紅色的變化，為陽性反應，則此檢體推測為血液（圖二）。



圖二：KM試劑檢測畫面



圖三：魯米諾試劑的檢驗原理

魯米諾試劑檢測法 (Luminol test)

一、原理

魯米諾 ($\text{C}_8\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_2$) 又稱光靈敏，IUPAC命名為5-氨基-2,3-二氫萘-1,4-二酮。魯米諾在強鹼中反應生成二價離子團，再跟氧結合成有機的過氧化物。氧的生成與KM test原理相同，過氧化氫被血液中的金屬酶催化分解產生；此有機過氧化物化合物極不穩定，隨即分解產生氮氣、3-氨基苯二甲酸激發態。當激發態釋放能量回到基態時，多餘的能量會以光子形式釋放，發出藍色螢光（波長介於450~475 nm之間）（圖三）。

二、使用器材

器材或溶液	數量
量筒（10毫升）	2個
滴管	3支
黑色墊板	1個
長尾夾	1個
噴霧瓶	1個
衛生紙	數張
魯米諾 ($\text{C}_8\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_2$)	0.6公克
氫氧化鉀	4.5公克
蒸餾水	75毫升
3% H_2O_2 (aq)	80毫升

註 魯米諾試液可先裝於噴霧瓶中

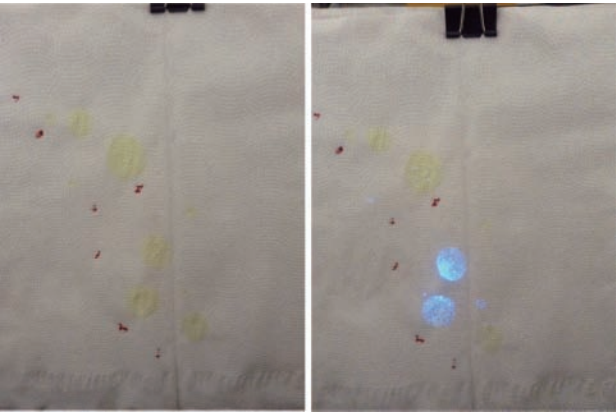


三、試劑配製

1. 取0.6公克魯米諾（ $C_8H_7N_3O_2$ ）與4.5公克氫氧化鉀，置入75毫升的蒸餾水中，並均勻攪拌。
2. 將步驟1配製的溶液，與等體積的3% H_2O_2 混合，並倒入噴霧瓶中。

四、檢測方法

1. 以蒸餾水清洗棉花棒頭，利用棉花棒輕沾類似血漬的物質。
2. 將棉花棒置於表玻璃上，於暗室中噴魯米諾試液於其上，若出現藍色螢光為陽性反應，否則為陰性（圖四）。



圖四：魯米諾試劑呈現陽性反應畫面

動手測試

一、待測溶液

了解上述兩種檢驗法後，即可動手操作實驗，教師事前可準備不同的液體，如此可比較不同液體呈現的檢驗結果，建議準備待測溶液如下：黃血鹽溶液、赤血鹽溶液、紅 / 藍墨水、血液。

二、實驗操作

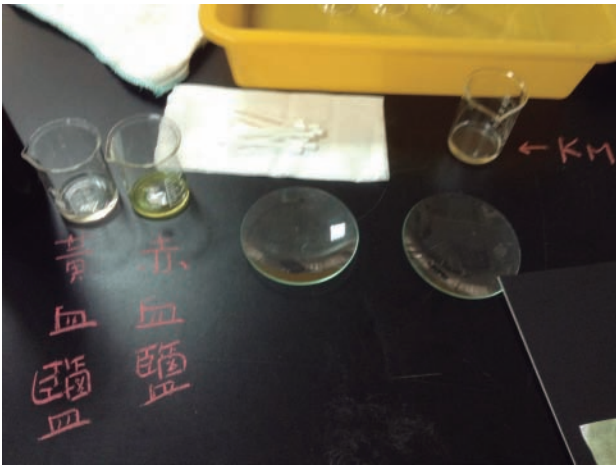
實驗前，先將衛生紙以長尾夾固定在黑色墊板上，將待測溶液滴在衛生紙不同位置，再以KM試劑及魯米諾試劑檢驗，將所得結果記錄（陰性或陽性）於表格中（如表一所示）。

表一：

待測溶液 檢驗法	0.1M 黃血鹽 溶液	0.1M 赤血鹽 溶液	墨水 (紅 / 藍)	血液
KM試劑 檢測	陰性	陽性	陰性	陽性
魯米諾 試劑檢測	陰性	陽性	陰性	陽性

三、實驗結果判斷

待測溶液 檢驗法	血液	非血液
KM試劑 檢測	陽性：由無色變成粉紅色	陰性：仍為無色
魯米諾 試劑檢測	陽性：出現藍色螢光	陰性：無藍色螢光





圖五：學生進行「動手測試」

如何分辨人類和其他動物的血呢？

KM試劑與魯米諾試劑皆能檢測血跡的存在，但無法分辨是否為人血或其他動物的血液（如雞血、豬血）。分辨人血或其他動物的血可利用抗體與抗原的配對原理，利用由某種類型的細胞製造出來的抗體，稱為單株抗體，可與人類血液中特有的成分（抗原）結合而呈陽性反應，其他動物血液則無（呈陰性），以分辨之。單株抗體有以下特點：

- ①特異性高：由於單株抗體是單一的抗體群，只會與單一的抗原點結合，不會連接在不相關的東西上。
- ②敏感性高：可選擇及控制單株抗體的性質與濃度，用以作出高敏感度的檢測工具。

市面上已推出檢測卡，可快速分辨血液是否為人血，其檢測方式相當簡單，只要先將可疑血跡放入試管中，待可疑血跡在試管中溶解後，取數滴溶液滴入檢測卡，如果是人血，此卡就會出現兩條線（圖六），若是其他動物血，則只有一條線。



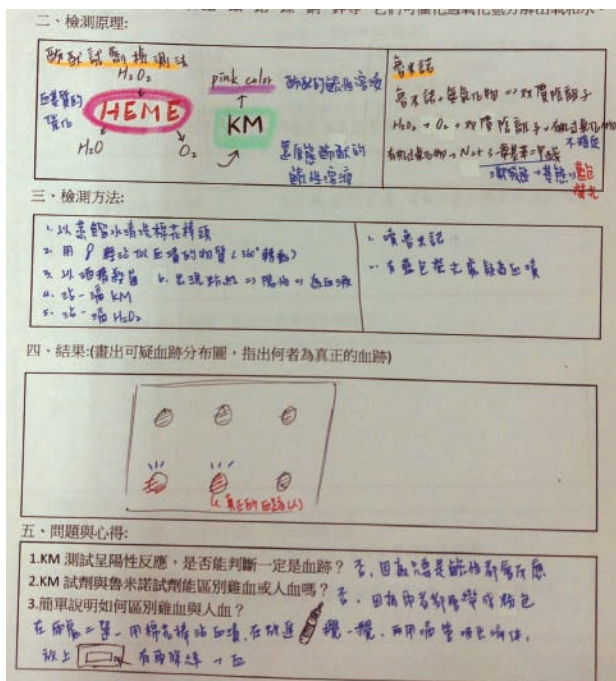
圖六：檢測卡呈現兩條表示為人血



結語

「能讓隱藏的血跡顯色真是太酷了！」、「以前只有在電視電影中看到的血液採證我也可以做到耶！」、「魯米諾噴在血跡上的藍色光好美！」、「原來酚酞也可以檢測血跡！我以為它只是酸鹼指示劑呢」、「看到血好可怕！抗體試片好像驗孕片……」、「我們這組採證程序錯了，結果當然就……沒了」這些是課後部分同學的回饋與心得，這就是動手做的樂趣（圖七）。

從課程目標的角度，動手做讓學生了解採證與檢驗流程的重要，懂得化學原理對結果判斷也會較準確。尤其這次的主題「血液辨識-血跡的檢測」可以與物理科「血跡噴濺型態」與生物科「血液DNA檢測」貫串成為血液鑑識相關的系列課程，讓學生的學習脈絡更清晰明確！



圖七：學習單回饋

參考資料

1. 刑事雙月刊

圖片來源

圖一～圖七：臺中女中陳鴻仁老師提供

