

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：隱藏於凶宅中的祕密
一、摘要
<p>本實驗的內容主要是指紋鑑識以及血跡檢驗，指紋鑑識的目的是觀察指紋的保存是否會因為環境變因以及時間因素而受到影響，環境方面則是以潮溼與乾燥兩種狀況模擬雨天和晴天進行討論，了解潮溼環境會不會對指紋鑑識的成效產生負面影響，並分別探討指紋在玻璃、紙張及陶瓷上採集的成效。實驗結果顯示粉末法的奈米級磁粉在指紋採集清晰度上皆優於碳粉，且指紋在潮溼環境中仍可清晰保留。</p> <p>第二部分為血跡檢驗，我們配製不同濃度的血液，使用魯米諾試劑及酚酞試劑進行檢測，並使用酒度計及分光光度計探討不同濃度血液的折射率及對光的吸收率，做出相關曲線圖來增強我們對血跡檢驗的認識，得知血液濃度與折射率、光的吸收率存在正相關，其中藥品取得難易度：酚酞易於魯米諾，血跡檢驗呈色明顯度：酚酞優於魯米諾。</p>
二、探究題目與動機
<p>現今治安動盪的社會下，人們為了還給受害者一個公道而發展出了鑑識科學，我們更是對「凡走過必留下痕跡」這句話特別有感，法國法醫學家、犯罪學家埃德蒙·羅卡 (Edmond Locard) 曾提出路卡交換定律的理論，主張凡兩個物體接觸，必會產生轉移現象，這與凡走過必留下痕跡的想法不謀而合，於是我們針對指紋檢測及血跡鑑識兩大領域予以研究，此外，我們也好奇雖然說凡走過必留下痕跡，但是否會因為環境的影響對指紋採集成效產生差異，並比較不同的檢驗方式了解血跡或指紋檢驗的難易度。</p>
三、探究目的與假設
<p>(一)指紋檢驗：準備三種基材收集指紋，分別是玻璃、陶瓷和紙張，主要探討指紋是否會因採集方式、印上指紋的材質、環境溼度及時間影響下對指紋產生清晰度之差異。</p> <p>變因：不同採集方式、不同的塗抹材質、不同時間長短、不同環境因素 (有無遇水模擬雨天環境)。</p> <p>(二)血跡檢驗：將不同濃度的血液滴入魯米諾溶液中，觀察其螢光發光的時間和強度，另外使用酚酞法(KM 試劑)，檢測血跡的存在，將樣本放入分光光度計中，量測其吸收率。</p> <p>變因：不同血跡濃度。</p>
四、探究方法與驗證步驟
<p>(一)指紋</p> <p>1.指紋的特性：</p> <ol style="list-style-type: none">(1)損而復生：在不傷及真皮的情況下，指紋受到損傷後仍然可以恢復原狀，不會改變其特徵與形狀。(2)人各不同：幾乎不會找到兩個指紋完全相同的人，即使是同卵的雙胞胎，其指紋的特徵仍會存在些許差異。(3)終生不變：指紋在胎兒在母體發育後三、四個月就能成形並發育完全，並且會隨著胎兒的發育而成長，同時影響指紋之間的線間距離長短、紋線粗細、指紋面積、褶皺之差別等，直到個人死亡腐化分解前，其指紋纖維線特徵、排列的型態等等，原則上一生都不會有太大的改變。

(4)短期不滅：日常生活中，人的手指經常會沾染到環境中的汗水、油脂等分泌物，因此在水分散失之後，這些分泌物會遺留下來，在短期內運用採集法仍能加以觀察。

2.指紋的採集方法：在指紋的殘留物中，水分佔了極大的比例，因此大量的汗水可以吸附粉末，而粉末法就是利用這類原理。即使水分蒸發，汗液中仍有不易蒸發的高黏稠性之有機附著物，所以仍會顯現。

(1)碳粉法：將碳粉用棉花刷開後，使碳粉能夠吸附在指紋上。

(2)磁粉法：用磁性筆將奈米級大小的磁粉吸起來後刷在指紋上，觀察粉末分布的情形。

3.材質的影響：觀察在不同材質上，指紋成像的清晰程度，主要有陶瓷器具、紙張表面、玻璃表面。

4.時間的影響：固定每周一與周五採集指紋，拍照比對不同時間下採集指紋，其清晰度如何。

5.環境(水分)對指紋成像的影響：準備兩組實驗，一組為正常(不加水)的，一組則將蓋了指紋的玻璃與陶瓷放入水中，觀察其成像情形。

(二)血跡檢驗方法及原理

1.酒度計：酒度計的測量原理是當光線穿過不同濃度的溶液時，會產生折射角度的改變。因此，利用此原理，我們就能利用其折射率的變化來推算出血液的濃度。

2.分光光度計：

比爾定律 在固定的波長下，吸收度與樣品物質的濃度之間，存在著一個關係式，稱為比爾定律。

$$A=\epsilon bc$$

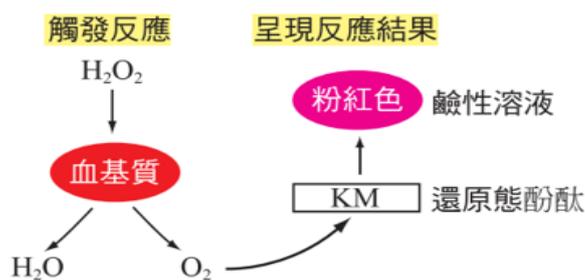
A：吸收度、 ϵ ：消光係數， $L/(\text{mol}\cdot\text{cm})$ 、b：光穿過物品的長度（光程長度）cm、c：有色溶液的濃度 mol/L
任何物質對不同的光有著不同的吸收度。根據吸收光譜的特性，我們將波長固定，在相同溫度與溶劑的情況下，就能將消光係數趨近於一常數。若我們把消光係數及光程長度固定，理論上能夠得知有色溶液的濃度與吸收度會呈現正比的關係。

3.魯米諾檢驗法：要使魯米諾發光，必須將其與氧化劑接觸，本實驗使用雙氧水來當作氧化劑。而魯米諾與氫氧化物反應時會產生一個雙負離子，而這個雙負離子能被雙氧水的氧氧化並產生一個過氧化物。過氧化物被激發後，釋放的能量將以光子的形式存在，並釋放出肉眼可見的藍光，魯米諾檢驗血液之流程圖如圖一所示。



圖一 魯米諾法檢驗血液

4.酚酞法(KM 試劑)：其原理主要是過氧化氫觸發還原酚酞指示劑， H_2O_2 會對血紅素中的金屬酶進行觸發反應，而金屬酶的金屬離子會使 H_2O_2 分解產生氧，與酚酞指示劑進行氧化還原反應而產生粉紅色，反應原理如圖二所示(陳鴻仁，龍騰文化)。



圖二 酚酞法檢驗血液的原理

(三)無水/有水環境以粉末法在不同時間及不同材質下採集指紋(吳宣穆等, 2022 全國科學探究競賽)

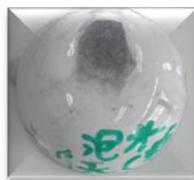
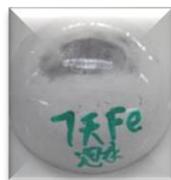
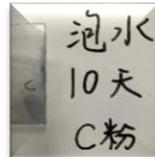
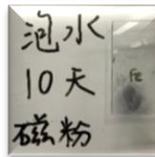
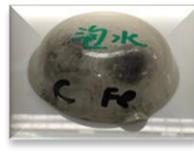
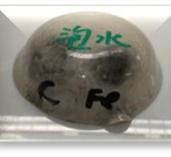
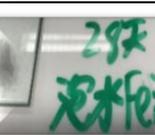
在不同環境下, 以碳粉和奈米磁性鐵粉採集陶瓷、玻璃、紙張上之指紋, 經由長時間的觀察, 實驗結果如表一、表二所示, 由實驗結果我們獲得以下推論:

1. 玻璃上的指紋以碳粉採集較磁性鐵粉不易顯現, 有時甚至非常不容易觀察到; 然而, 紙張上的指紋以碳粉採集, 可得清晰的指紋輪廓。奈米磁粉不管在玻璃、陶瓷還是紙張上, 皆能清楚成像。我們推論是與粉末的顆粒大小有關係, 若希望利用碳粉得到清晰的指紋應選擇顆粒更為細小的奈米碳粉進行實驗。
2. 在沒有其他外力破壞的情況下, 時間對於指紋保存, 不論在乾燥或潮溼的環境下皆不會造成太大的影響, 可能與指紋組成的成分有關。指紋含有少許油脂、胺基酸等物質, 碳粉、奈米磁粉能被指紋印附著, 因此即便指紋印的水分蒸發掉, 指紋上不溶於水的有機和無機物質仍然會遺留下來, 使得時間因素造成的影響微乎其微, 在為期一個月的觀察後, 指紋依舊清晰可見, 並不會隨著時間的流逝而有太大的改變。

表一 無水環境以粉末法在不同時間及不同材質下採集指紋

天數	玻璃		陶瓷		紙張	
	碳粉	奈米磁粉	碳粉	奈米磁粉	碳粉	奈米磁粉
0						
7						
10						
14						
21						
28						

表二 有水環境以粉末法在不同時間及不同材質下採集指紋

天數	玻璃		陶瓷	
	碳粉	奈米磁粉	碳粉	奈米磁粉
7				
10				
14				
21				
28				

(四)血跡檢驗

1.魯米諾檢驗法

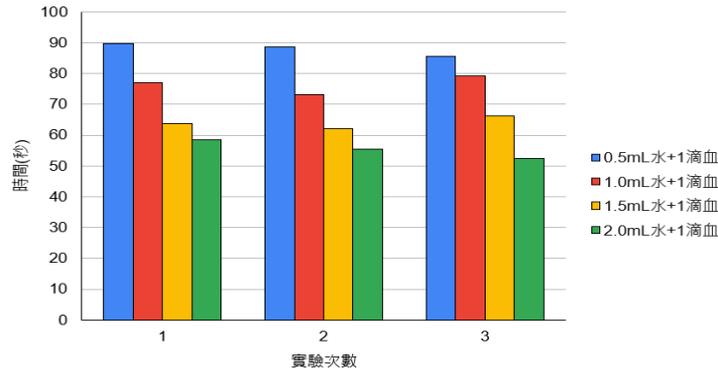
魯米諾 (Luminol, $C_8H_7N_3O_2$) 又稱光靈敏、發光胺，IUPAC 命名為 5-氨基-2,3-二氫萘-1,4-二酮，魯米諾與血跡反應的化學發光過程中，電子由激發態回到基態時會釋放出波長介於 450~475 nm 之間藍色螢光，因此可運用此反應來檢驗血跡的存在，魯米諾化學發光對於血液檢測有一定的精準性與專一性，由於反應的靈敏度高，即便犯人刻意使用清潔劑洗滌沾有血跡的地板或是沙發等，仍會有微量的血跡反應，本實驗於暗室操作之實驗結果如圖三所示。



圖三 魯米諾化學發光法檢驗血跡

本實驗取得的血液來源為豬血，使用 1 毫升小滴管分別將 1 滴原血加入 0.5mL、1 mL、1.5 mL、2 mL、2.5mL 的蒸餾水中，由於此部分實驗主要目的是希望藉由實驗了解真實犯罪現場在血跡鑑識的過程中，到底能否偵測到血跡反應，因此採用文獻最佳濃度的魯米諾試劑進行測試，改變血液濃度模擬犯人刻意破壞現場的意圖，實驗結果顯示 1 滴原血加入超過 2.5 mL 的蒸餾水，稀釋倍數約為 65 倍以上，即不易藉由肉眼觀察出螢光反應，量測出來的螢光發光時間也容易產生較大的誤差，我們針對不同濃度的血液進行重複實驗，量

測其螢光發光時間，實驗結果如圖四所示，血液濃度愈高，螢光發光時間愈長。



圖四 魯米諾試劑檢測不同濃度的血液螢光發光時間關係圖

2. 酚酞試劑檢驗法(KM 試劑)

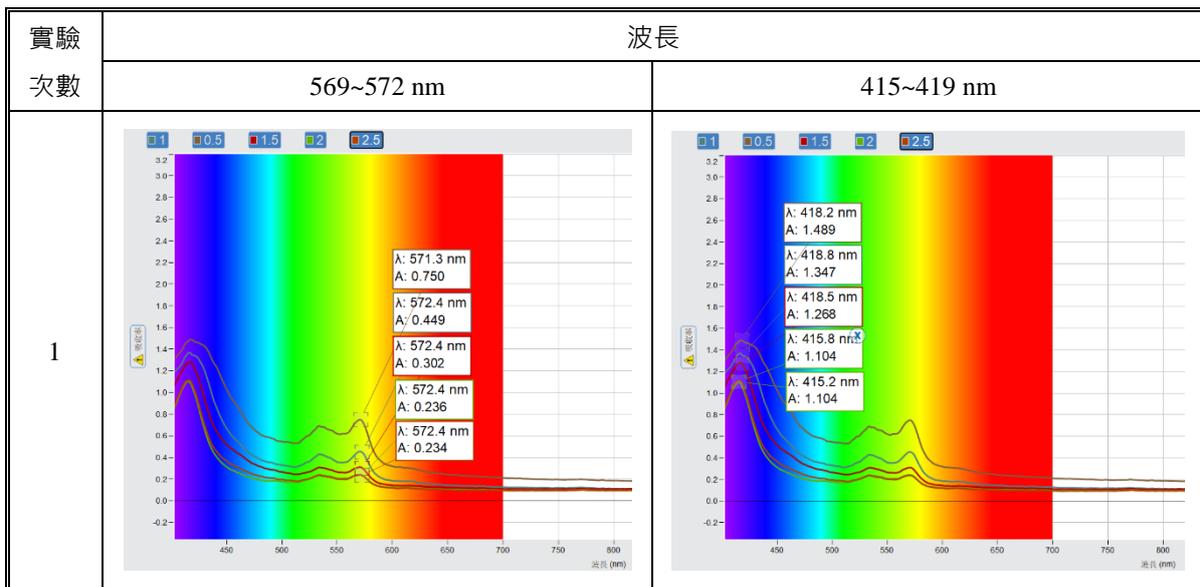
KM 試驗的主要成分為還原態酚酞，在強鹼的環境下，酚酞溶液經鋅粉還原成無色溶液，使用時需先混合雙氧水再做檢測，若樣品含有血跡，雙氧水會與血紅素中的過氧化氫酶反應產生 O_2 ，使還原態酚酞氧化而呈現明顯的粉紅色，將不同濃度的血液與 KM 試劑反應之結果如圖五所示，實驗結果顯示血液濃度愈高，KM 試劑的粉紅色愈趨明顯。

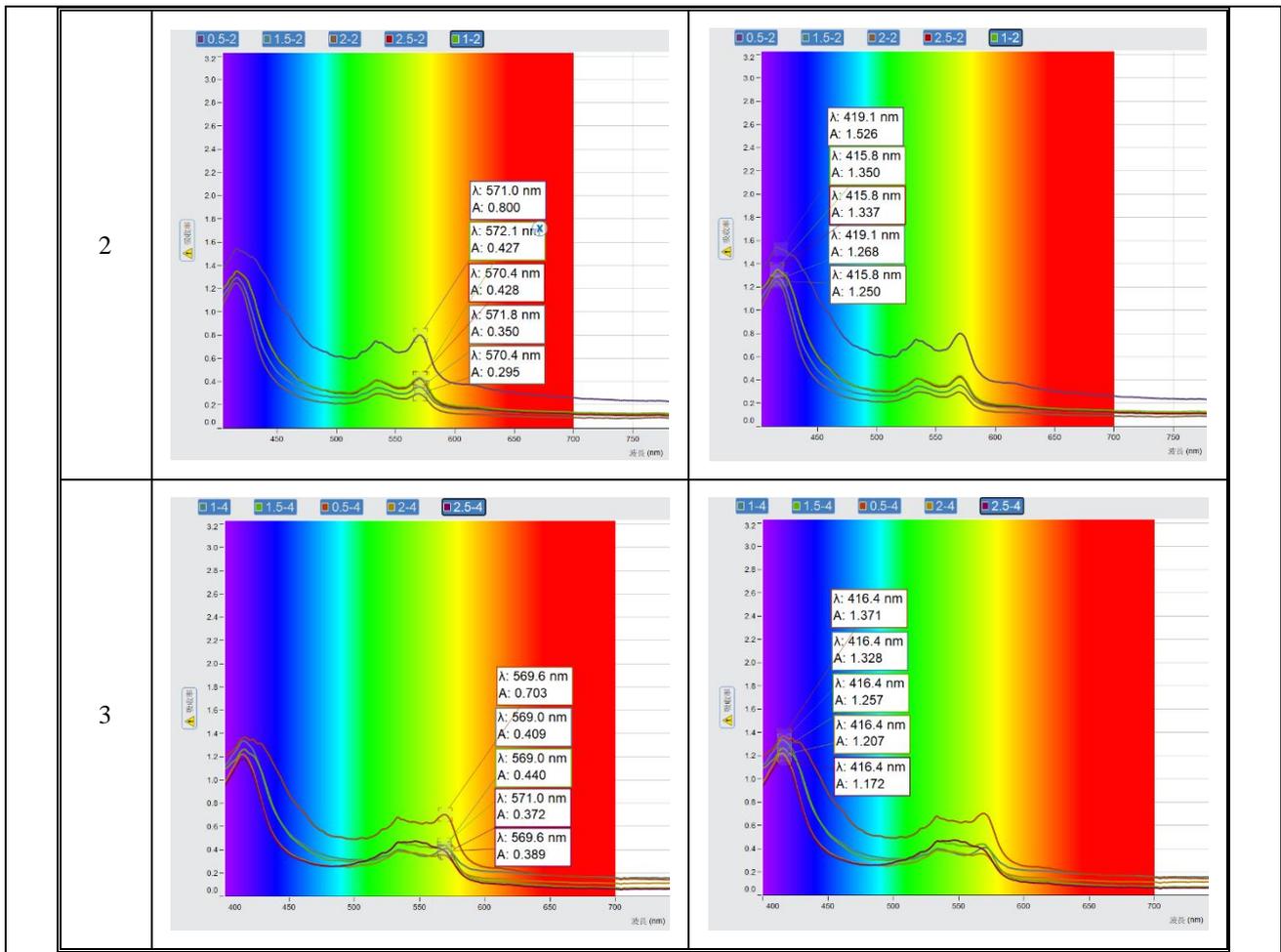


圖五 KM 試劑檢測血跡

為了探討不同濃度的血液與 KM 試劑發生反應產生的顏色變化，將待測液以分光光度計進行重複測試，本研究所得的分光光度計光譜圖如表三所示，分光光度計分析法是利用待測物選擇不同波長的光吸收特性而建立的，測量溶液對於每個波長的吸收度，進而得到吸收光譜曲線。由實驗結果可知，在波長 569~572 nm 和 415~419 nm 有較高的吸收率，尤其是 415~419 nm，且血液濃度愈高，吸收率愈高。

表三 不同血液濃度之分光光度計圖譜





五、結論與生活應用

隨著科技的發展，鑑識科學逐漸成為現今執法人員破案的重要推手。在指紋檢驗方面，利用每個人指紋的獨特性，能夠利用粉末快速地掌握嫌疑犯的身分，指紋成為許多犯罪案件的關鍵證據。而在血跡檢驗方面，透過正確的採檢方式，可協助鑑識人員判斷犯罪現場中是否有被嫌犯刻意擦拭掉的血跡，血液濃度愈高，試劑的顯色愈趨明顯，藉由此次的研究，讓我們對於鑑識科學的領域有更深刻的體會。

參考資料

- 1.陳鴻仁。台中女中福爾摩斯上法庭化學鑑識—血跡檢驗。龍騰文化科學探究 MIT -化學，12-17。
- 2.吳宣穆、陳靖佳、張宇閔。犯罪剋星--指紋現形記。2022 全國科學探究競賽。
- 3.認識分光光度計 (一) 原理與設計概念-勢動科技
<https://www.actr.com/tw/tw-report/tw-report-technology/335-tw-tech-spectrophotometer-principle-concept.html>
4. CSI：指紋鑑識 (四) 那些常在影集中看到的指紋採證手法
<https://a66236666.pixnet.net/blog/post/301138981-csi%3a%e6%8c%87%e7%b4%8b%e9%91%91%e8%ad%98%28%e5%9b%9b%29%e6%bd%9b%e4%bc%8f%e6%8c%87%e7%b4%8b%e9%a1%af%e7%8f%be%e6%8a%80%e8%a1%93---%e9%91%91%e8%ad%98%e7%a7%91%e5%ad%b8>
- 5.張育唐 (2011)。比爾定律與吸收度。科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台。
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=40839>