

· 2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：犯罪剋星--指紋現形記

一、摘要：

打擊犯罪是每位具有偵探魂的高中生感興趣的議題，從最早的柯南卡通、CSI 犯罪現場影集到最近的屁屁偵探，均讓人心生激動與憧憬，當然現今的執法人員講求科學辦案，甚至善用 VR 與 AR 模擬犯罪現場，幫助找出案件的關鍵人物，而初試啼聲的我們，也想帶著一股熱情投入鑑識科學的領域，希望能藉由此次的研究了解鑑識科學迷人之處。

指紋人各不同、永久不變，即使是雙胞胎也各自擁有自己獨一無二的指紋。指紋源自手指末端的指腹，依文獻閱讀可了解指紋是由凹凸的皮膚所形成的紋路，可略分為線端、分歧線、短線、眼形線與島形線等指紋特徵點，每條圖文上都是布滿著汗孔，因此留有被分泌出來的的汗液，也會沾有皮膚其他的分泌物質，如皮脂、蛋白質等，而當手指觸碰到物品時，就如蓋印章一樣，在物品的表面上留下手指的指紋特徵。

為了比較採集指紋的難易度，我們嘗試使用三秒膠法、硝酸銀法、碘蒸氣和粉末法進行實驗。發現粉末法的方便性優於三秒膠法、硝酸銀法和碘蒸氣法，因此我們選用奈米等級粉末（奈米碳粉、磁性鐵粉）來採集指紋，紀錄不同時間點採集指紋的變化情形，並且比較在不同的材質上指紋採集容易程度。另外，為了了解環境因素是否對指紋保存造成破壞，我們模擬雨天情形進行探討，將蓋有指紋的素材泡入水中，同樣在不同時間點進行採集，比較它們與乾燥指紋之間的差異。

二、探究題目與動機

為了增進我們對於鑑識科學的先備知識，發現了一個有趣的名詞，「路卡交換定律（Locard Exchange Principle）」。路卡交換定律也稱為羅卡定律，是法國法醫學家、犯罪學家埃德蒙·羅卡（Edmond Locard）創建的，其理論在於「凡兩個物體接觸，必會產生轉移現象」。用於犯罪現場調查中，犯罪者雖然會盡力帶走大部分東西，但同時都會為自己留下微跡證，例如一些物件或一些實物。隨著科技的發展，社會上犯罪的手法也愈趨高明，在鑑識科學中，指紋採集扮演著一個十分重要的角色，也是對於案件的一個強而有力的直接證據，因此我們希望能探討影響指紋顯現清晰程度的因素。

當然鑑識科學的領域範圍廣泛，包含生物鑑識、化學鑑識、物理鑑識、現場勘察等等，本次研究著重於物理鑑識中的指紋鑑識，透過實驗來了解犯罪現場中，指紋大概會花多少的時間消失，探討經過不同時間點後指紋的清晰度是否受到影響，進而探討指紋在各種不同材質和環境改變的情況下，是否依然能保持清晰可辨的紋路，因此我們將研究題目訂為「指紋現形記」，期待能對鑑識科學有更深一層的認識。

三、探究目的與假設

針對此次實驗我們設計了以下變因：

材質變因：玻璃、陶瓷、紙張。

環境變因：乾燥環境、潮溼環境。

採集方式：粉末法、硝酸銀法、碘蒸氣法、三秒膠法。

- 1.利用不同的採集方法，比較指紋採集的難易程度。
- 2.探討在不同材質的待測物上，指紋的成形狀態。
- 3.我們將採集好的指紋每隔幾天觀測一次，觀察時間因素對指紋保存的影響。
- 4.觀察環境因素(有無下雨)對於指紋顯現的影響。

四、探究方法與驗證步驟

1.為了比較各種不同的方法採集指紋，我們嘗試使用三秒膠法、硝酸銀法、碘蒸氣和粉末法進行實驗，實驗結果分項討論如下：

(1)三秒膠法：

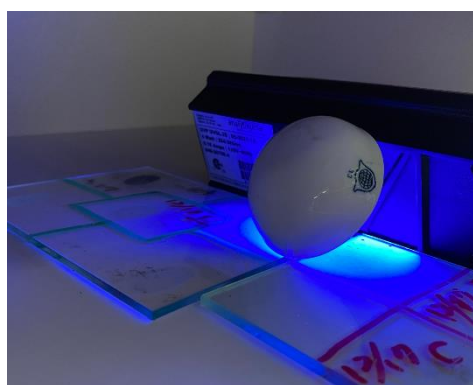
三秒膠的主要成份為氰基丙烯酸(乙)酯，顯現指紋的原理在於利用指紋中的水分及其他含有陰離子的物質作為催化劑，促使氰基丙烯酸酯行成聚合反應，因此顯現潛伏指紋。三秒膠法會在短時間內產生大量白色蒸氣，蒸發在極弱鹼性物質的環境催化下，就可產生聚合硬化，進而讓袋中的指紋顯現，如圖一所示，缺點為此方法產生的蒸氣有毒且易對皮膚、眼睛造成刺激，在學校進行實驗需留意安全性。

(2)硝酸銀法：

調配 1%的硝酸銀試劑，刷掃於待測指紋上，或將待測指紋浸泡至 1%硝酸銀試劑中。銀離子會和指紋汗液中的氯離子結合，生成氯化銀 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ ，再藉由紫外光照射氯化銀使其還原成黑色的銀 $2\text{AgCl} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{Cl}_2$ ，因此使指紋顯現，實驗過程如圖二所示。實驗結果顯示我們利用此法採集玻璃、陶瓷、壓克板上的潛伏指紋，雖可在實驗結束後觀察到指紋，但卻會隨著時間增長而變淡，此法較適用於紙張、原木表面等材質。



圖一 三秒膠法



圖二 硝酸銀法

(3)碘蒸氣法：

碘具有昇華的現象，會由固體直接氣化成氣體的碘分子而吸附在指紋內之有機物上，

$I_2 + \text{油脂} \rightarrow I_2 \cdot \text{油脂}$ ，實驗結果顯示使用碘蒸氣法時，顯現出的潛伏指紋不管在玻璃、陶瓷和紙張上，均會隨時間增長而褪色，因此採集的指紋不易保存，在完成實驗後必須立即照相記錄，此法較適用於密閉容器內且油脂豐富的指紋。

(4)粉末法：

由於指紋的殘留物中，水分佔有相當大的比例，剩餘為少量的油脂、有機物、無機鹽類，所以能夠吸附粉末而使指紋顯現。粉末法的適應範圍廣也便利性高，不需等待化學反應完成而使潛伏指紋顯現，目前常用的粉末有碳粉、鐵粉、紅粉、灰鉛粉等，僅需使用軟毛刷輕掃即能發現清晰可見的指紋，如圖三所示，通常淡色物體儘量使用深色粉末，深色物體則儘量使用淡色粉末，以增加對比的效果。

綜合以上指紋採集的方法，我們發現粉末法在毒性、等待時間上佔有較大的優勢，因此研究方法決定採用奈米等級的碳粉、磁性鐵粉進行實驗，感謝參加研習時主講老師建議的磁性鐵粉組，如圖四所示，方便我們進行實驗。



圖三 粉末法



圖四 磁性鐵粉組

2. 指紋的五大特性：

(1)人各不同：依據過去實驗驗證未曾發現擁有相同指紋的兩人，即使是 DNA 相同之同卵雙胞胎，比對指紋特徵時，仍然會有些微差。

(2)終身不變：指紋在胎兒 3 個月即已經形成，隨著個人發育、成長，只會影響指紋之間的線距長短、紋線粗細、指紋面積，指紋排列的型態基本上一生都不會有太大的改變。

(3)觸物留痕：因指紋凸紋上佈滿汗孔，能在接觸物體留下汗液。

(4)損而復生：人類皮膚具再生能力，只要不傷及真皮，經過一段時間皆能恢復原狀。

(5)短期不滅：手指有汗水等分泌物，接觸物面時會遺留指紋，揮發性物質會隨時間蒸發，故仍能檢測。

3 指紋的特徵點：

在眾多不同的指紋中，卻有一些常見、可清楚辨認的特徵，以上是一指紋常出現的構造。每個指紋都有各自獨特的特徵，而我們便可從這些特徵辨認出犯案過程的關鍵證據。圖五為常見指紋特徵形狀，《How It Works 知識大圖解 國際中文版》第 14 期(2005 年 11 月號)亦提供詳細的指紋鑑識揭密，如圖六所示。



圖五 指紋特徵



圖六 指紋鑑識揭密

4. 探討乾燥環境下以碳粉、磁性鐵粉在不同時間及不同材質下採集指紋。

乾燥環境下，以碳粉、磁性鐵粉採集玻璃、陶瓷、紙張上之指紋，我們經由長時間的觀察，其實驗結果如表一所示，由表一我們可以發現，碳粉對於玻璃上的指紋採集較磁性鐵粉不容易顯現，有時甚至非常不容易觀察到；然而，當我們把碳粉刷掃於紙張上，卻又能清楚的看到指紋的輪廓，而鐵粉不管在玻璃、陶瓷還是紙張上，皆能清楚成像。我們認為這應該是與粉末的顆粒大小及粗細有關係，應選擇顆粒更為細小的奈米碳粉進行驗。另外，經由實驗可推論在沒有其他外力破壞的情況下，時間長短對於指紋保存並不會造成太大的影響，我們認為這應該是和指紋組成的成分有關。指紋含有少許油脂、胺基酸等物質，而碳粉、磁性鐵粉能被這些黏著性高的物質所附著，所以即便指紋的水分蒸發掉，指紋上的有機和無機物質仍會遺留許久，因此時間因素造成的影響就會較輕微。

表一 乾燥環境下，不同時間點以碳粉、磁性鐵粉採集玻璃、陶瓷、紙張上之指紋

	玻璃		陶瓷		紙張	
	碳粉	磁性鐵粉	碳粉	磁性鐵粉	碳粉	磁性鐵粉
當天						
7天						



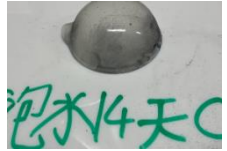









10 天						
14 天						
21 天						
28 天						

5. 探討潮溼環境下以碳粉、磁性鐵粉在不同時間及不同材質下採集指紋。

為模擬真實犯罪現場可能因為氣候關係造成指紋的破壞，例如雨天情形，因此我們將不同基材下採集指紋泡入水中再進行分析測試，實驗結果如表二所示，表中可發現在泡水的環境中，以碳粉、磁性鐵粉採集玻璃和陶瓷上之指紋並不會遭到明顯的破壞，我們推論可能是指紋成分含有不溶於水的物質，例如皮脂等分泌物。由於油脂不溶於水，因此即使指紋泡過水，在經由粉末法採集之後，仍然能夠成功獲取指紋。

表二 潮溼環境下，不同時間點以碳粉、磁性鐵粉採集玻璃和陶瓷上之指紋

	玻璃		陶瓷	
	碳粉	磁性鐵粉	碳粉	磁性鐵粉
7 天				
10 天				

14 天				
21 天				
28 天				

五、結論與生活應用

鑑識科學係指運用於法庭的科學，涉及之範圍層面廣泛，為跨領域的的整合型科學，包含物理、化學、生物等鑑識及現場勘察，未來除了再精進指紋的研究外，我們希望能對血跡檢驗、筆跡與文書鑑定、玻璃破碎紋路等進行相關實驗，以提升對鑑識科學的認識。

「凡走過必留下痕跡。」如同路卡交換定律主張：凡兩物體接觸必產生跡證轉移。指紋具備與眾不同以及終生不變等性質，可視為優良的判案決定條件，因此也常被稱為物證之王。本實驗研究結果顯示，指紋在玻璃、陶瓷、紙張上形成後，若不經外力刻意破壞，並不會因環境因子改變而消失，即使雨天環境也能在基材乾燥後順利採集指紋。

生活應用方面，指紋可以廣泛用於辨識個人身分等資安領域，例如：門禁管理系統、手機、個人電腦、網路安全認證系統。指紋能夠提供更佳的安全性及方便性，但是也能造成資安問題，例如：若指紋資料庫外洩可造成嚴重的隱私問題。

參考資料

- 1.指紋算命 <https://www.xiao84.com/tools/zhiwen/sm.html>
- 2.李承龍 2018/12 科技大觀園 讓你成為犯罪剋星
- 3.高中自然科學探究 化學 翰林出版社
- 4.生活化學 天然防偽標誌—淺談指紋與鑑識採證法
<https://www.lifechem.tw/blog/210403>