

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：生活裡的科學:色素跑跑卡丁車

一、摘要

生活中處處皆是色彩，但是你知道嗎？其實我們所見的顏色，是由很多不同色素組成的！透過一連串濾紙色層分析的實驗，我們能得知不管是人工合成的彩色筆色素、還是自然葉子中的葉綠素，大多的顏色都是由數種色素依不同比例組合而成，才變成我們眼前所見的顏色。而且改變沖提液(水、酒精、洗手乳等)、紙質(濾紙、影印紙等)等因素，可以讓相同的色素混和物展現出不一樣的層析結果，像是黑色彩色筆在沖提液為水、酒精、稀釋洗手乳的情況下，會分離出不同的紅、藍、黃色。

二、探究題目與動機



之前在用彩色筆畫畫的時候，很常因為潑到水而使顏料暈開成數種顏色，並發現有的顏色一下子就被沖離原本的線條，有的卻離原本的線條很近，就像是在賽車時有的選手快，有的選手慢一樣。於是我們感到好奇：為什麼只畫上一種顏色，卻會分離出其他顏色呢？若是改變其中的條件，又會造成什麼影響？將疑問告訴老師後，老師告訴我們是顏料是由不同色素依不同比例組成，而且每種色素對紙張的附著力不同，才會造成色素被沖開時遠近不一。對於這個生活中常見的現象仍感到好奇的我們決定展開研究，利用生活中容易取得的材料來探討「各種因素對色素分離結果的影響」。

〈圖一〉潑到水後暈開的黑色筆跡

三、探究目的與假設

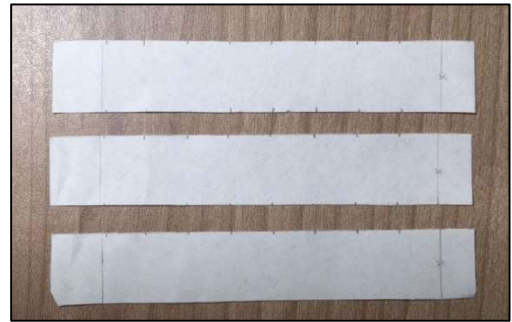
為了研究各種因素對色素分離結果的影響，我們利用自然課本提到的「濾紙色層分析法」來做實驗，如此一來可以避免直接潑水造成色素移動方向不一的情況，也更容易直接進行比較。我們假設筆的種類、沖提液種類、沖提液濃度、紙張的材質都會影響彩色筆顏料色層分析的結果，也很好奇除了人工合成的色素之外，天然的葉綠素是否也是由多種色素組成？因此設定以下實驗目標來探討這些變因對色層分析結果造成的影響：

- 一、水洗彩色筆與一般水性彩色筆色層分析結果的差異
- 二、比較沖提液的濃度與種類對色層分析結果的差異
- 三、改變紙張材質對色層分析結果的差異
- 四、葉片中的葉綠素是否也能分離出多種色素

四、探究方法與驗證步驟

事前準備:

首先，將 11cm 圓形濾紙剪成長 10cm、寬 1.5cm 的長條，然後把要接觸沖提液的底部修平(避免接觸沖提液的時間不一)，上方預留固定用的空間，並在下方約 0.7cm 處用鉛筆畫上橫線。接下來在邊緣以鉛筆標記 1~8cm 的刻度(0cm 刻度是下方 0.7cm 畫橫線處)。以長尾夾固定濾紙於掛勾，再固定在壁板上，下方放置小水杯(見〈圖二〉〈圖三〉〈圖四〉)。



〈圖二〉剪裁後的濾紙：x 記號是之後要點上顏料的地方

實驗一、水洗彩色筆與一般水性彩色筆:

《步驟與說明》：這個實驗的操作變因是彩色筆種類(可水洗和一般)，於是將沖提液固定為水，也使用相同廠牌的濾紙(剪裁方式如事前準備所述)，且皆為黑色顏料。為使顏料能順利向上移動而非斜線前進，分別以兩種彩色筆在兩條濾紙 x 記號處「垂直」輕點三下，再將濾紙架設成〈圖四〉的樣子就完成準備。因為用滴管加水太慢了，於是我們使用針筒(不含針)在小水杯中加水，直到水面接觸到濾紙底部，同時注意水面不可碰到顏料點，以免顏料被洗掉。持續觀察直到沖提液最高處上升至 8cm 刻度。

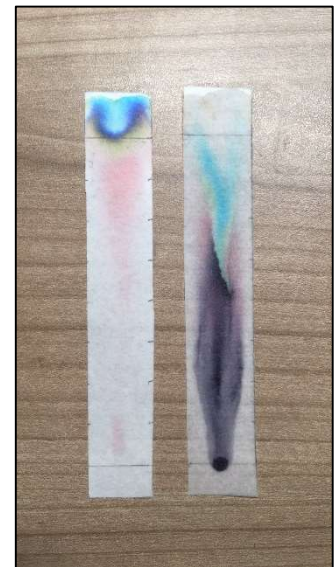


〈圖三〉被長尾夾固定在掛勾上的濾紙



〈圖四〉完整設備:尺是在看照片時拿來當比例尺用

《觀察結果與分析》：如〈圖五〉所示可水洗的分離結果由上至下為青藍、靛藍、黃、粉紅，一般彩色筆由上至下為青藍、黃、暗紅、黑(推測應為從原顏料點持續析出的色素重疊、尚未分離)。兩者分離出接近顏料三原色(青、洋紅、黃)，符合色彩學中黑色是由三原色組成的理論。兩者上升至八公分刻度皆需要大約 16 分鐘，且過程中沖提液液面中心比靠近邊緣的地方略低 1mm 左右，也可以觀察到同樣一種色素在靠近邊緣的地方爬升的比中間還高，邊緣的色素比較擴散、中間色素較濃且深，呈現 U 形，我們推斷是因為色素含量較多的地方會些微阻擋沖提液上升。另外比較兩者後發現，水洗彩色筆原本的顏料點已經完全離開基準線，一般彩色筆的原點仍在原位，判定可水洗彩色筆中含有的色素對濾紙的附著力較低，更容易被水帶走。



〈圖五〉

左:黑色可水洗彩色筆色層分析結果
右:一般黑色彩色筆色層分析結果

實驗二、沖提液的濃度與種類:

《步驟與說明》：先配製以下三種溶液(為確保沖提液能接觸到濾紙，皆配製 20ml 以上)，並混合均勻。

1.25%稀釋洗手乳→洗手乳：水=1:1(體積比)

2.10%稀釋洗手乳→洗手乳：水=1:9(體積比)

3.37.5%酒精→75%酒精：水=1:1(體積比)

以黑色可水洗彩色筆在濾紙(與實驗一相同廠牌)上垂直輕點三次，用長尾夾固定好。分別在小水杯加入三種沖提液直到液面接觸濾紙條底部。

《觀察結果與分析》：我們將這個實驗分成「種類」和「濃度」兩個部分來比較.....

1.種類: 結果如〈圖八〉〈圖九〉所示。

10%稀釋洗手乳

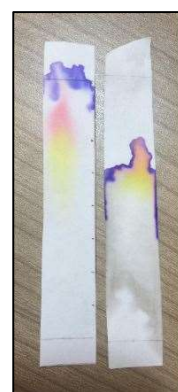
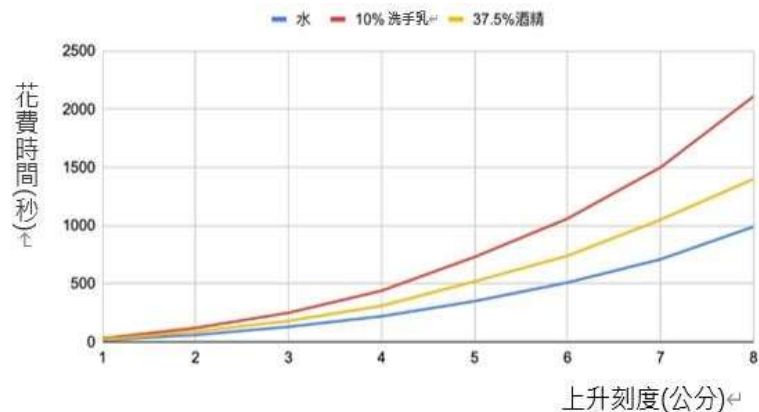
(圖八)由下至上為紫藍、紅、黃。與沖提液為水時相比，最上方的青藍色沒有被分離出來，且黃色系色素變得比紅色系還要高，可得知各個沖提液容易帶動的色素是不同的。此外，沖提液上升很不平整，上

升到三公分刻度處便發現藍紫色會向外暈開，推測是洗手乳較難以帶動藍紫色上升、容易帶動紅、黃上升，各色素滯留和前進速度相差太多使上升不平整，或是顏料太多使洗手乳無法有效的將色素推展開來。上升至 8cm 刻度所花費時間是沖提液為水時的兩倍以上，但是仍可上升至 8cm 刻度。37.5%酒精(圖九)的色層分析結果及色素上下順序和沖提液為水時非常相似，不過青藍色和靛藍色的距離更接近，靛藍色和黃色的距離則更遠，因此我們能得出沖提液為酒精時，青藍色色素和靛藍色色素的 Rf 值比沖提液為水時更接近的結論。另外，37.5%酒精沖提液上升至 8cm 的速度介於稀釋洗手乳和水之間(見〈表一〉)。

綜合以上結果，得知沖提液種類影響的是各色素之間的先後順序與沖提液上升相同高度所需的時間。

2.洗手乳濃度:結果如〈圖七〉所示，25%洗手乳的色層分析結果由下至上為紫藍、紅、黃。色素上下順序和 10%時相近，但是藍紫色無法上升的情況更嚴重，當重提液上升超過兩公分刻度便能發現藍紫色有向外暈開的情形且紅藍依然重疊。藍紫色較淡的地方會被紅黃突破，持續上升，推測是藍色對濾紙吸附力不高，洗手乳又不易帶動藍色，才導致藍色位於各色素上方卻會阻礙沖提液上升。超過三十分鐘後(上升至五公分刻度)沖提液上升極不平整，

〈表一〉沖提液種類與上升時間關係圖



〈圖七〉

左:10%色層分析結果



〈圖八〉



〈圖九〉

右:25%色層分析結果 10%洗手乳 37.5%酒精

最高處與最低處相差約一公分，藍紫色大部分停留在五公分刻度，紅色則達到六公分刻度。而令我們感到意外的是：沖提液最高只能上升至六公分刻度，實驗進行到約四十五分鐘時最高點便停止變化，只有色素些微流動。隔天持續觀察(經過十四小時)，沖提液竟然回到兩公分的位置(可以從〈圖七〉中看出下降的痕跡)。我們推測造成此現象的原因是重提液濃度太高導致密度變大，毛細現象的力量因此比地心引力小。綜合以上結果我們可以推知沖提液濃度主要影響上升同樣高度所需的時間及能上升的高度，對色素順序較無明顯影響(見〈表二〉)。

實驗三、紙張材質：

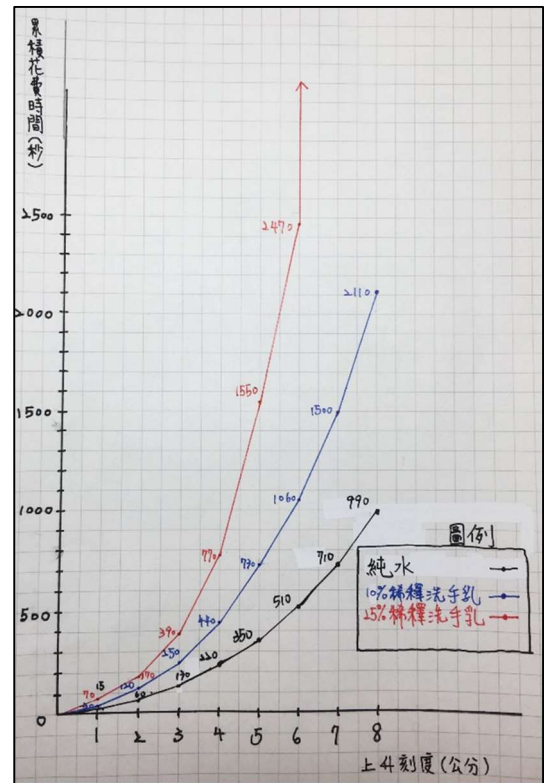
《步驟與說明》：將影印紙依照「事前準備」所述之濾紙剪裁方法進行剪裁，並且用黑色可水洗彩色筆垂直輕點三次，並在沖提液為水的情況下進行色層分析法。

《觀察結果與分析》：影印紙色層分析結果如〈圖十〉與〈圖十一〉所示。可以觀察到沖提液最高處不平整，最高只能上升到接近六公分，但是和洗手乳不同，沖提液不會往下降，推測應與紙張纖維有關。有色素的地方上升較高。色素分離效果不佳，大部分還是黑色，部分看出黃、紅、紫、藍(如〈圖十一〉方框中)。色素主要分布在沖提液最高處，且原點消失，由此可知水洗彩色筆大部分的色素對影印紙的吸附力不高，極易被水帶走。至於花費時間，由於上升速度較濾紙緩慢許多，上升至六公分高度約需 1.5 小時。與用濾紙進行色層分析之結果比較後，得知紙質會影響色素順序及花費時間。

實驗四、自然中的色素：

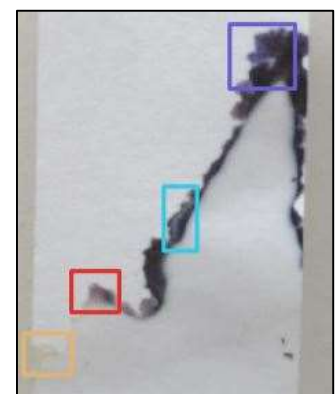
《步驟與說明》：首先萃取葉綠素。採集葉片、清洗乾淨，再浸泡熱水以軟化葉片角質層。接下來擦乾放入小燒杯，倒入適量乙醇，放進大燒杯中隔水加熱直至葉片變白。將溶解葉綠素的乙醇過濾後裝入乾淨瓶子中密封備用。因為葉綠素的顏色偏淡，且乙醇容易暈開，所以我們用乾淨的棉花棒反覆沾取溶解葉綠素的乙醇至濾紙上，直到有明顯綠色為止。因為葉綠素需要用有機物才能成功分離(像是水就無法溶

〈表二〉沖提液濃度與上升刻度關係圖(因為在同一高度可能會停留超過五秒，甚至更長，因此表中秒數數據皆是四捨五入到十位數)



〈圖十〉

影印紙的色層分析結果



〈圖十一〉

影印紙部分放大圖

解葉綠素)·所以我們找到了含有常見的醋酸(有機酸)的食用醋來沖提葉綠素·來觀察其分離葉綠素的效果。

《觀察結果與分析》:如〈圖十三〉所示。效果比起教科書常見的丙酮加石油醚差上很多·不過仍是成功分離出色素·可以看到〈圖十三〉中·8cm 刻度附近有黃色色素的痕跡·因此我們可以推斷·即使是天然的色素·也是由多中色素混合而成!不過這個結果是無法判定葉綠素萃取物中還有多少色素。



葉綠素萃取(隔水加熱)

〈圖十三〉(左)

葉綠素色層分析結果

五、結論與生活應用

經過以上實驗·發現原來我們生活中的顏色——無論是人工合成(像是彩色筆)還是天然的好比葉子·大多都是由數種色素依不同比例組成·才造就我們現在所見的顏色。將實驗的結果整理後·可以得知下結論:

- 1.彩色筆品牌(種類)不同·構成同一類顏色的色素會不同·層析效果也不同。
- 2.在同樣使用濾紙的情況下·沖提液越濃稠·上升同一高度所花的時間越長。
- 3.不同的沖提液在展開相同的色素混合物時·結果不相同·色素對沖提液的 Rf 值也不相同。另外·在同一實驗中·隨著時間變化·同種色素的 Rf 值也會改變。
- 4.沖提液上升會越來越緩慢·甚至可能因為「紙質」和「濃度」因素而無法繼續上升·並且色素種類影響整體上升時間不大·只有在色素濃度較高的地方稍微變慢。
- 5..使用不同材質的紙張·除了使沖提液上升速度改變外·色素分離的效果會不一樣·例如濾紙分離色素的效果優於影印紙。
- 6.一種沖提液不一定能完全分離色素混和物·有機物質(像是實驗中的葉綠素)甚至需要使用有機溶劑才能分離出一部份。若要完整得知顏料中含有多少種色素·必須經過各種沖提液的結果進行綜合分析比較。
- 7.每一種色素對紙張的附著力不一樣·能被沖提液沖走的難易度也不同·才會造成色素像是在賽車一樣·分出上升的快慢喔!

雖然很多時候辛苦畫出的作品因為被濺濕而毀壞·但其實也可以反向利用色素對紙張吸附力不同的特性·改變沖提液比例·種類和紙張材質來暈染出不同的美感(可以做出像水波一樣的紋路喔!)。透過這些實驗我們知道不同變因對單一實驗的影響及結果·更重要的是·在過程中我們得知生活中的材料也可以拿來做實驗·即使沒有專業的器材·藥品·依舊能做出完整的結果。鼓勵大家也能從生活中發現問題·再利用手邊的材料解決問題·並從中學習·應用·實踐處處是科學的精神!

參考資料:無