

【2021 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：究竟擦在哪-擦擦筆的奧秘

一、摘要：

尋找方便使用的物品，相信是現代社會每個人所追求做的事。隨著時代變遷，科技日新月異，人們研發方向逐漸以「便利」為目標，而擦擦筆就是眾多原子筆中在這個理念下具代表性的產物之一，物品既有其好處也有壞處，許多人在使用擦擦筆後，都會受寫出來的字「消失」的困擾。本次實驗為探討擦擦筆寫出的字消失的原因，利用兩種探究方法找出部分消失和完全消失時的溫度、擦擦筆和一般原子筆的差異、擦擦筆的主要成分等。

我們透過實驗得出可擦拭原子筆會因溫度變化而有不同表現形態，平均在溫度為 49°C 時，擦擦筆所寫出來的字會開始消失；而在溫度為 57°C 時，完全消失。而可擦拭原子筆的原理為「可逆熱變色混合」，而其成分中含有發色劑、深淺變色劑和變色溫度調整劑，三者不同環境下，會產生不同化學型態導致擦擦筆顯色。擦擦筆雖然使用方便、可維持版面乾淨整潔、節省空間，但若擦擦筆寫出來的字在影印或放置在高溫的環境下、物體旁，會造成字跡的消失，所以在使用上要比較注意。

二、探究題目與動機

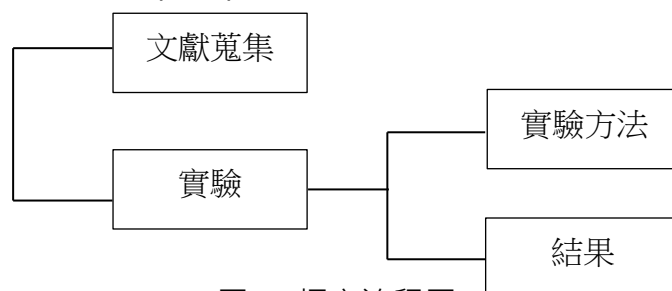
過去人們常使用擦擦筆來解決寫錯字的問題，相較於立可帶，擦擦筆不會有修改過的痕跡且因為擦擦筆末端即是用以擦拭的橡膠粒，所以在使用上十分便利。但也聽到過用擦擦筆寫過的紙拿去墊泡麵或正在使用的筆記型電腦等，擦擦筆所寫出來的字竟然消失的新聞。因此，我們想尋找溫度高於幾度以上，用擦擦筆寫的字會消失，並找出字消失的原因。利用網路上別人分享過使擦擦筆的字消失的物品，經過大量測試過後，找出其共通點，並比較一般原子筆和擦擦筆的成分。

三、探究目的與假設

假設的前提是擦擦筆寫出的字遇熱會消失，而遇冷會恢復。

假設：擦擦筆寫出的字在 50°C 的環境下會開始消失。

此專題提出以文獻尋找擦擦筆寫出的字消失的原因，從 2006 年以來的新聞媒體或是網路報章上曾提過的物品來找出原因並分析，產出幾個能夠避免擦擦筆寫出的字消失的辦法，並將其成分與一般原子筆做比較(圖一)。



四、探究方法與驗證步驟

(一) 文獻蒐集

1.可擦拭原子筆與一般原子筆的比較，如表一：

表一 一般原子筆與可擦拭原子筆兩者成分差異

	一般原子筆	可擦拭原子筆
微囊體顆粒	無	有
乳化劑	無	有
樹脂	有	有
染料	有	有
載色劑	有	有

2.可擦拭原子筆顯色原理：

分為藉由「溫度變化原理」或「顆粒大小原理」來顯色。

A. 溫度變化原理：

此類型擦拭筆原理的專利權歸百樂公司所有，是把熱變色墨水或者是熱變色固體包膜在微囊體裡，這個方法稱為可逆熱變色混合。它主要有三種成分：

- (1)發色劑(選擇顏色)
- (2)深淺顯色劑(決定顏色)
- (3)變色溫度調整劑(決定變色的溫度)

資料整理如表二：

表二 三種成分在不同情況下的狀態

	常溫	擦拭時/65°C以上	擦拭後置於-10°C以下
參與成分	發色劑和深淺顯色劑 形成鍵結	發色劑和深淺顯色劑斷鍵、 顯色劑和變色溫度調整劑形成鍵結	變色溫度調整劑和深淺顯色劑斷鍵、 發色劑和深淺顯色劑形成鍵結
結果	墨水顯色	墨水消失	墨水顯色

B. 顆粒大小原理：

此種原理被應用在三菱公司的擦擦筆中。墨水內含的樹脂是墨水可被擦拭的主要成分，比一般原子筆樹脂有更低的玻璃轉移溫度，能比墨水更快形成膠狀物並沉澱到紙的表面。接著墨水再沉澱並結合在樹脂上，墨水就不會滲入紙張內。

(二) 實驗部分

1. 實驗方法：

- (1) 用容器裝 10g · 25°C 的水。
- (2) 將以擦擦筆寫過的紙 (字還在) 放進水中。
- (3) 沿容器壁緩慢倒入 100°C 的水直到字開始消失。
- (4) 用溫度計測量字在幾度時開始消失和幾度時完全消失，並記錄下來 (表三) 。

2. 結果：

表三 部分及完全消失的水溫、相差溫度比較表

	部分消失(°C)	全部消失(°C)	部分消失到全部消失 相差溫度(°C)
第一次	43	60	17
第二次	49	51	2
第三次	40	45	5
第四次	58	63	5
第五次	49	58	9
第六次	51	63	12
第七次	50	56	6
第八次	49	59	10
第九次	54	61	7
平均	49.22222	57.33333	8.111111

(三) 名詞解釋

● 微囊體顆粒：

又稱微型膠囊，把墨水放大後，即可觀察到許多微囊體顆粒。微囊體顆粒內含三種擦擦筆變色的主要成分 (染料、顯色劑、變色溫度調整劑)，因微囊體顆粒堅固且不易瓦解，使擦擦筆擁有良好的書寫效果及可擦拭特性。

● 乳化劑：

能使兩種互不相溶的液體混合時形成穩定的乳狀液所需加入的第三種物質。其主要作用在於能降低兩種不能相混合的體系間的界面張力。常用到的乳化劑有多醣體、纖維素衍生物、澱粉衍生物、壓克力樹酯、聚烯烴基二醇等。

乳化劑在擦擦筆中是用來控制墨水滲進紙張纖維的滲透程度，增強墨水被擦拭的效果。

- 樹脂：
為一種黏性的液體，能使墨水的黏稠度增加且能延展墨水。主要成分為較易揮發的萘烯類物質，使樹脂具有特殊的味道；萘烯中含有不易揮發的黏性固體，使樹脂黏度變大，形成固體。
- 染料：
為一種有顏色的物質，通過媒染劑能使一定顏色附著在纖維上，且不易脫落變色。
- 變色溫度調整劑：
又稱感溫油墨，使物質受熱或冷卻溫度達到某一特定的區間，材料的顏色會變成透明狀；溫度下降到一定程度後，顏色將會恢復。
使用擦擦筆擦拭時溫度升高，變色溫度調整劑會讓發色劑和顯色劑分開，並和顯色劑形成鍵結；而當溫度低至-10°C時，變色溫度調整劑將和顯色劑分開，發色劑和顯色劑再次形成鍵結。
- 玻璃轉移溫度(Tg)：
一般為塑料發生在玻璃態和橡膠態相轉移時的溫度。溫度低於玻璃轉移溫度時，塑料會呈現出堅硬但易碎裂的玻璃態；溫度高於玻璃轉移溫度時，塑料會呈現出柔軟的橡膠態。
樹脂的玻璃轉移溫度若大於 0°C 就會造成筆跡太過堅硬而無法破壞樹脂膜層，顏料也會停留在上面，也就不能達到良好的擦拭效果。

五、結論與生活應用

1. 結論

- (1) 可擦拭原子筆的原理為「可逆熱變色混合」，而其成分中含有發色劑、深淺變色劑和變色溫度調整劑，三者在不同環境下，會產生不同化學型態。因此，導致擦擦筆顯色。
- (2) 透過實驗得出可擦拭原子筆會因溫度變化而有不同表現形態，平均在溫度為 49°C 時，擦擦筆所寫出來的字會開始消失；而在溫度為 57°C 時，完全消失。
- (3) 在上述名詞解釋中可了解到一支可擦拭原子筆內部也含有其他重要的成分，如：微囊體顆粒內包覆著染料、顯色劑、變色溫度調整劑；樹脂能使墨水的黏稠度增加且能延展墨水；染料不易脫落變色等。

2. 生活應用

擦擦筆寫出來的字在影印或放置在高溫的環境下、物體旁，會造成字跡的消失，所以在使用上要比較注意 (表四)。

表四 可擦拭原子筆的優缺點

優點	缺點
使用方便	重要文件上不建議使用
可維持版面乾淨整潔	冬天不易使用
節省空間	紙本上有污漬時，會越擦越髒

參考資料

- 1.論文：「真是太「擦淨」了—研究可擦拭墨水」
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2016/04/2016040618032157.pdf>
- 2.維基百科：魔擦鋼珠筆
https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/Pilot_Frixion
- 3.維基百科：擦擦隱形筆
https://www.wikiwand.com/zh-mo/Pilot_Frixion
- 4.維基百科：染料
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E6%9F%93%E6%96%99>
- 5.維基百科：感溫油墨
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E6%84%9F%E6%BA%AB%E6%B2%B9%E5%A2%A8>
- 6.維基百科：樹脂
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E6%A0%91%E8%84%82>
- 7.MBA 智庫百科：乳化劑
<https://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E4%B9%B3%E5%8C%96%E5%89%82>
- 8.破解「擦擦筆」筆跡隱形秘密
<https://pansci.asia/archives/56892>
- 9.何謂玻璃轉移溫度
<https://www.researchmfg.com/2016/08/tg-glass-transition-temperature/>