

2025 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：大「顯」身手——用手機觀察變大的顯微世界！！

一、摘要

本探究探討手機顯微鏡與膨脹顯微術之間的結合，製作出低成本、方便攜帶且具高解析度的顯微觀察工具。在實驗中，我們透過加裝凸透鏡與傳統顯微鏡的目鏡、物鏡，以及調整載物台和整體裝置的穩定性等方式，改造原先的手機顯微鏡，另外搭配 Fiji 影像處理軟體進一步提升拍攝影像品質。由於簡易的顯微鏡伴隨著許多限制，因此我們搭配了膨脹顯微術，藉由水凝膠將細胞放大以便觀察，彌補了手機顯微鏡在放大倍率上的極限。此外，我們選擇以小鼠腦神經細胞做為樣本，利用高基氏染色對比度高的特性，以助於辨識細節。期望能藉此普及顯微觀察，並應用於教育與科學研究領域。

二、探究題目與動機

在學校的生物實驗中，時常需要使用顯微鏡來觀察細胞的輪廓和分布狀態，但我們認為它的有體積龐大、不利於攜帶、價格昂貴等缺陷，於是我們有了疑問「要如何讓大家都可以隨時隨地觀察顯微世界呢？」

在查詢許多資料後，我們發現了科學 maker 的「手機簡易顯微鏡」，如圖（一），並決定以此為基礎進一步的改良。之後，我們也找到可將樣本放大的「膨脹顯微術」。於是我們決定將兩者做搭配，嘗試在縮減顯微鏡體積及成本的同時，也能達到一般光學顯微鏡的放大倍率及解析度，希望能滿足能日常生活中在各處皆能觀察顯微世界的好奇心。



圖（一）簡易手機顯微鏡

（圖片來源：<https://ywyang236.blogspot.com/2021/07/maker>）

三、探究目的與假設

一、探究的目的

本研究以自製顯微鏡為主，結合膨脹顯微術和高基氏染色，最後透過軟體上的影像處理，嘗試讓手機顯微鏡在未來有更大運用空間。

二、設備的訂定

為了避免其他變因影響實驗結果，實驗中所使用到物鏡、目鏡及手機皆為相同型號。

目鏡型號：WF10X

物鏡倍率：40X

手機型號：iphone13

四、探究方法與驗證步驟

一、手機顯微鏡的製作

(一) 器材：手機、熱熔膠、ImageJ 軟體

(二) 材料：壓克力板 (底座、載物臺、手機架)、螺絲零件 (螺絲、螺帽、黑色拉帽)、照明零件 (LED 燈座、電池、強力磁鐵)、3D 列印積木、手機固定器、目鏡、物鏡

二、手機顯微鏡的改良

(一) 提升裝置穩定度

1. 調節輪

手機顯微鏡的基礎裝置原為使用螺帽調節載物台高低，但由於螺帽並非完全貼合，轉動時易不小心被連帶抬升，因此在觀察物品時能成功對焦，但放手後即會變得模糊。於是我們將調節載物台的兩個螺帽改為拉帽，讓轉動更穩定並減少觀測誤差。

2. 整體 (包括壓克力板、目鏡、物鏡等)

單人操作手機顯微鏡調節載物台時容易產生晃動，進而造成樣本掉落、目鏡及物鏡錯位、光線不能通過等等的問題。因此我們利用 3D 列印積木組裝一座橋狀物用於架設物鏡，並在放置目鏡的板子上利用熱熔膠圍出一個圓圈加以固定，最後我們將在其餘不需要調節處皆封上熱熔膠，增加整體裝置的穩定度。

(二) 增加放大倍率

1. 嘗試一：在原裝置的基礎下，加裝凸透鏡

我們以疊加兩個不同的透鏡，讓放大倍率增加。先分別測量不同凸透鏡的焦距，經計算後將其擺在相應的位置並固定。

優點：裝置較為簡便，利用原先手機顯微鏡模組便能完成。

缺點：畫面較模糊，透鏡邊緣的成像皆不清晰，且塑膠製的透鏡容易有刮痕。

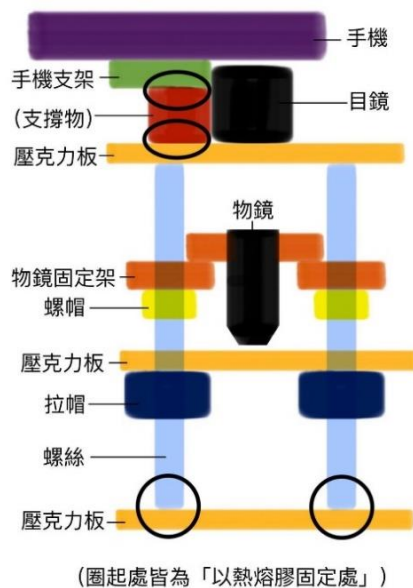
2. 嘗試二：利用一般顯微鏡的物鏡及目鏡

我們借用一般顯微鏡的 10 倍目鏡及 40 倍物鏡加裝至手機顯微鏡上。將裝置最上方原本為透鏡的壓克力板轉至另一向，使光路徑上的是透明後改放目鏡，接著再將下方透鏡拆下改裝物鏡。

優點：成像變得更清晰，且易於拍攝。

缺點：成本相對提高許多。

最後我們選擇使用方法二來進行實驗觀察，改裝結果如圖（二）和圖（三）。



圖（二）改裝後的手機顯微鏡示意圖

圖（三）實際的手機顯微鏡裝置

（三）利用軟體輔助

1. Fiji (以 ImageJ 為主，加裝許多外掛模組的集合體)

我們藉由軟體的影像處理技術，提高拍攝照片的對比度及曝光度，並濾除不必要的光線波長範圍，使原本模糊的影像增加解析度，同時也能觀察到更多細節。

三、膨脹顯微術的原理

膨脹顯微術利用水凝膠吸水膨脹的原理，將其應用在細胞上。當水凝膠滲入細胞內形成凝膠網格，利用藥劑讓樣品（被標記物）交聯至凝膠網格中，再泡入去離子水中使其膨脹，將細胞撐大而不改變輪廓，本實驗使用的藥劑可讓樣品膨脹大概 4 倍。

四、高基氏染色的原理

高基氏染色是用重鉻酸鉀 ($K_2Cr_2O_7$) 和硝酸銀 ($AgNO_3$)，反應讓金屬沈澱在細胞中，形成黑色的沈積物，使得部分神經元被隨機染色。高基氏染色在神經細胞的細胞本體、軸突、樹突和樹突棘上，可藉此染色方式進行相關的神經細胞研究，例如：樹突棘密度與性別的關係。

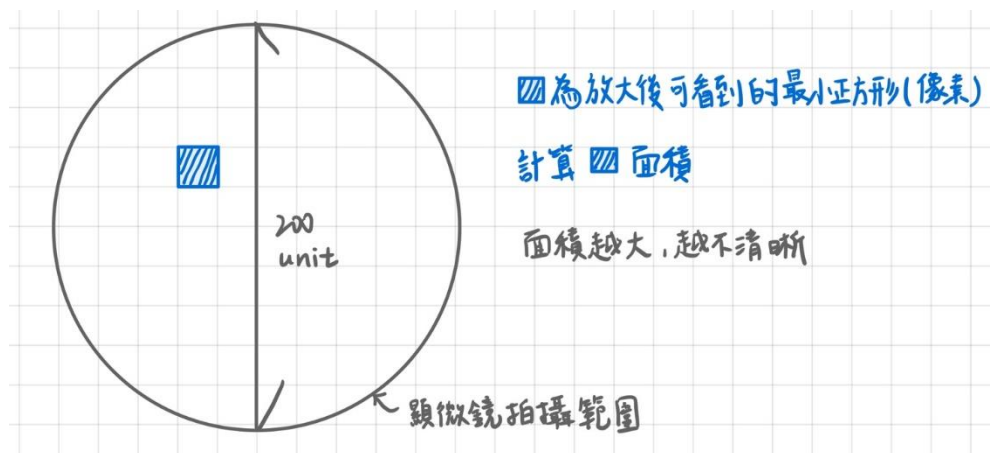
五、結論與生活應用

一、結論

（一）清晰度比較

定義：利用其可看到的最大像素格的面積來比較其清晰程度，面積越小者代表較清晰，反之。

方法：如圖（四）



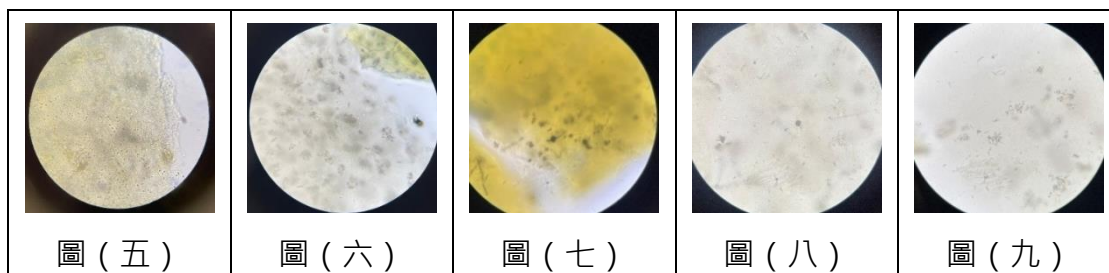
圖（四）清晰度比較定義

表（一）顯微鏡像素格面積比較

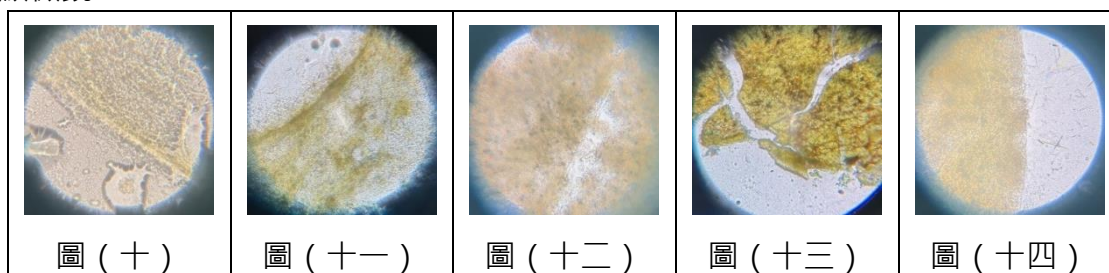
	1	2	3	4	5	average
一般顯微鏡	1.000	0.79	0.856	0.875	0.888	0.882
手機顯微鏡	0.495	0.681	1.039	0.901	0.686	0.760

由表（一）得知，手機顯微鏡的解析度偏差較大，但和一般顯微鏡可測量出的數值相差不大，甚至部分較好。然而手機顯微鏡影像邊緣會發生色散的現象。取樣自下列照片（圖（五）到圖（二十七））：

一般顯微鏡



手機顯微鏡



（二）成本比較

從表（二）得知，手機顯微鏡在價格上有明顯的優勢，也可以根據需求購買合適的物鏡和目鏡。

表 (二) 成本的比較

手機顯微鏡	一般顯微鏡 (型號 : LX100-LED)
40 倍物鏡 : 1100 元 10 倍目鏡 (WF10X) : 450 元 壓克力板 : 約 50 元 螺絲 : 約 150 元 螺帽 : 約 15 元 其他 : 約 100 元	10000-15000 元
共約 1865 元	約 10000-15000 元

二、討論

由於樣本膨脹後會產生厚度，在拍攝過程中須不斷轉動細調節輪，以觀察不同層面中的細胞畫面，獲得連續變化的影像。但也因此在拍攝某一瞬間的照片時，僅能對焦到該層面的細胞，而其餘細胞會呈現模糊不清晰。

三、生活應用和未來展望

我們自製的手機顯微鏡可以搭配一些電腦軟體 (例如 : ImageJ 等) 進行統計細胞數目，應用在水質檢測等方面，透過手機和電腦間的傳送，快速進行統整及計數，有利於隨時隨地的進行拍攝和研究工作。期許未來能更深入的開發並推廣其低成本、易取得的特性，幫助顯微觀察的拓展和普及。

參考資料

1. 楊于葳 (2021 年 07 月 24 日) 。科學 maker 如何得到手機顯微鏡？登記注意事項。取自 <https://ywyang236.blogspot.com/2021/07/maker>
2. 李林瓊 (2023 年 02 月 02 日) 。肉眼就能看清細胞！耶魯科學家「創新成像技術」讓細胞膨脹 8 千。環球生技。取自 <https://news.gbimonthly.com/tw/article/show.php?num=56020>
3. 邁向科學研究的前線：手機變身螢光顯微鏡！(2014 年 07 月 16 日) 。取自 <https://pansci.asia/archives/63586>
4. Gao, Q., Chen, Q., & Liu, J. (2022) . A novel approach for analysis of nonlinear interactions in fuzzy state space systems using dynamic logic. Nature Machine Intelligence. from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35408934>
5. Wang, Y., & Zhang, L. (2023) . Advanced methods for the assessment of cellular processes in drug discovery. Nature Machine Intelligence, 5 (2) , 112-120. from <https://www.nature.com/articles/s>
6. Liu, H., Wu, Z., & Zhang, Y. (2020) . The new era of in vivo imaging techniques :

- A comprehensive review. from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6880804>
7. FD Neurotech. (2022). MSDS for PK401 [Material Safety Data Sheet]. from <https://fdneurotech.com/wp-content/uploads/2022/03>
 8. Chen, Y., & Li, S. (2018). The advancements in machine learning applied to pharmacogenomics. Scientific Reports, 8 (1) , 37377. from <https://www.nature.com/articles>
 9. Green, M., & Lopez, R. (2022). Understanding the biochemical pathways of neurodegeneration. Neuroscience, 486, 234-246. from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii>
 10. 【Image J】螢光染色圖像處理。 (2023 年 03 月 01 日) 。取自 https://blog.csdn.net/weixin_54004950/article/details
 11. FD Neurotech. (2022). FD Rapid GolgiStain Kit (Large) . from <https://fdneurotech.com/catalog/fd-rapid-golgistain-kit-large>
 12. Wang, Y. & Liu, Z. (2023). Machine learning algorithms in cellular imaging : Challenges and opportunities. Nature Machine Intelligence, 5 (3) , 120-130. from <https://www.nature.com/articles>
 13. (PDF 檔案) FD Neurotech. (2012). Web PK401 [Material Safety Data Sheet]. from <https://www.fdneurotech.com/docs/1333571253.web>