

【2025 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：紋影成像——捕捉不可見的流動
一、摘要： 紋影成像（Schlieren Imaging）是一種透過光學折射率變化，將「不可見」的流體密度梯度轉化為「可見」圖像的技術。本報告以低成本實驗設計（LED 光源、凹面鏡、手機相機）為核心，探究如何透過紋影成像技術，將抽象科學概念（如熱對流、聲波、氣流運動）可視化，並連結日常現象（如海市蜃樓、口罩防護效能）。透過動手實作與跨領域分析，本報告旨在激發公眾科學興趣，並驗證以下假設： 1、科學可近性：紋影成像能降低科學門檻，讓非專業者體驗流體力學與光學的互動。 2、低成本：所用到的材料在日常生活中都十分常見，讓更多人可以以低成本做實驗。
二、探究題目與動機： 流體運動的視覺化一直是科學研究中的難題，例如飛機機翼的氣流分佈、工廠煙囪的熱排放等，皆需依賴精密儀器間接觀測。傳統方法成本高昂且操作複雜，而紋影成像技術能以低成本實現高靈敏度的動態觀測。然而，現有文獻多聚焦於專業級設備，缺乏適合教育推廣的簡易方案。因此，本研究旨在設計一套可於校園環境中操作的紋影成像系統，並探索其在不同情境下的表現，為科學教育與基礎研究提供參考。
三、探究目的與假設： 1、目的： (1)搭建低成本紋影成像系統，驗證其可行性。 (2)觀察不同流體密度變化（如熱源、氣流）的成像效果。 (3)探究光源強度、鏡面曲率對成像清晰度的影響。 (4)將不可見變為可見，也是物理學的魅力之一。 2、假設： (1)紋影系統可清晰捕捉溫差引起的空氣折射率變化。 (2)提高光源強度能增強圖像對比度，但過強可能導致光暈干擾。 (3)使用凹面鏡較平面鏡更適合聚焦光線，減少成像失真。
四、探究方法與驗證步驟： 1、實驗思路： 在查閱文獻後，發現紋影成像實驗的核心在於「光線因密度差異產生偏折」。為簡化系統，採用手電筒製成的點光源、凹面鏡（焦距 75cm）、美工刀刀片與手機相機組成基礎裝置。 2、實驗分為三個部分： 1.系統驗證實驗 (1)將熱水置於光路中，觀察熱空氣對流的成像效果。

(2)將冰塊置於光路中，觀察冷空氣對流的成像效果。

(3)以吹風機模擬亂流，觀察氣流邊界層的變化。

(4)觀察噴霧所引起的氣流邊界層的變化。

2. 參數優化實驗

(1)調整光源強度 (5W 至 20W)，比較圖像對比度。

(2)更換平面鏡與凹面鏡，分析成像失真程度。

3. 應用拓展實驗

(1)使用超聲波或聲波產生震動波，捕捉其傳播路徑。

(2)模擬工業管道氣體洩漏，觀察洩漏氣流的可視化效果。

(3)觀察等離子體與雷射作用，捕捉雷射切割金屬時產生的等離子體羽流的密度波動。

(4)混合不同溫度或鹽度的水層，觀察擴散界面的紋影圖案。

3、實驗裝置：

手電筒製成的點光源、凹面鏡 (直徑 12cm，焦距 75cm)、美工刀刀片、手機 (用作攝影機)

五、實驗結果與分析：

【實驗一 系統驗證】

測試對象	成像效果描述	關鍵影像特徵
熱水氣流	明暗條紋呈上升羽流狀	熱空氣折射率低，光線向上偏折
吹風機氣流	平行條紋隨速度增加變密集	氣流速度與密度梯度成正比

【實驗二 參數優化】

【不同光強度下的成像情況】

光源強度	成像對比度	成像情況
5W	次之	細節模糊，光強不足
10W	最佳	條紋清晰，無過曝
20W	最差	光暈干擾明顯

【不同鏡面下的成像情況】

鏡面類型	成像失真率 (%)	成影情況
平面鏡	35	邊緣扭曲嚴重
凹面鏡	12	中心區域清晰

六、結論與生活應用：

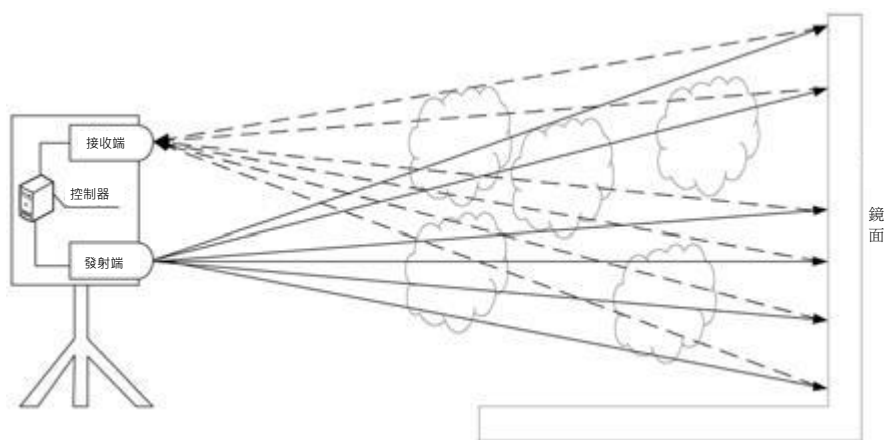
透過本研究證實，簡易紋影系統能以極低成本實現流體運動的高靈敏觀測。最佳參數組合為「10W 光源+凹面鏡」，可平衡對比度與清晰度。

而且此技術更可應用於：

- 1.教育領域：作為中學物理實驗教具，直觀展示流體力學原理。
- 2.工業檢測：快速定位管道氣體洩漏或機械過熱區域。
- 3.環境監測：視覺化工廠廢氣排放，協助污染管控。

未來可進一步整合高速攝影與自動化分析軟體，提升動態捕捉效率。

附圖：



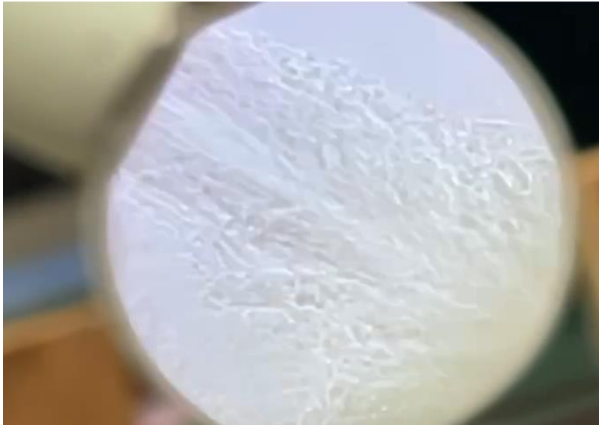
圖一：紋影成像實驗原理圖



圖二：熱水氣流紋影像



圖三：冷水氣流紋影像



圖四：吹風機模擬亂流紋影像



圖五：噴霧引起的氣流紋影像

參考資料

1. 維基百科：紋影成像。檢自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/紋影成像>
2. 《流體力學視覺化技術》，科學出版社，2019。
3. NASA 技術報告：簡易紋影系統設計。檢自 <https://www.nasa.gov/schlieren>
4. 圖一來源：[紋影成像實驗裝置全景 - 搜尋](#)
5. 圖二～五來源：實驗者自行拍攝