

2025年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

☐國中組 ☐普高組 ☐技高組 成果報告格式

題目名稱：你怎麼停住了?水的層流現象

一、摘要

層流是種低雷諾數下，流體分層滑動無混合，速度呈拋物線分佈的現象。黏性會導致低耗能，泊肅葉定律可描述層流的流量關係。雷諾數超過臨界值 ($Re \approx 2000$) 便不再是層流(而是湍流)。其生活應用如穩定水流、醫療點滴等，至於特性則包含高效低擾動、精密流控、航空翼型設計等。

我們驗證了不易產生層流的環境：在不穩定環境（有風）的情況下，層流將不產生。而若膠帶圍的區域太大導致戳洞洞口較大，然後流速又較快，將不易產生層流。同時實驗水球水量對層流的影響：水量多的氣球雖流速快，卻不影響產生層流，但最後因水量減少而造成水壓下降及水流不穩，導致層流消失。而水量一半時可以正常產生層流。水量 $1/4$ 時沒產生層流，推測是因水量少而使水壓低，而導致流速慢且不穩定，所以不易產生層流。

二、探究題目與動機

有一天，我在YouTube上看到一部由一位外國人拍攝的科學實驗影片，標題寫著「層流現象」。原本只是好奇點開，沒想到畫面卻讓我大開眼界。影片中，一股水流正在透明管中緩緩流動，卻完全看不出任何水波或擾動，整個畫面就像按下了暫停鍵一樣——水明明在流，但外觀看起來卻如同完全靜止。

在查詢「層流現象」的資料後，我了解到層流是一種流體流動的模式，在這種情況下，流體粒子沿著平行且平滑的路徑移動，彼此之間幾乎沒有混合。這種流動方式通常發生在流速較低或黏度較高的情況下。並且可以透過把膠帶貼在裝水的氣球上並且戳洞，來簡單地製作層流。

我對這個神奇的現象感到興趣。到底為何把膠帶貼在氣球上，就可以產生這個現象？不同的水量也都能做到嗎？膠帶的貼法會有影響嗎？

三、探究目的與假設

根據查到的資料，層流現象要是流速較低且黏性不高的情況下才有機會產生，於是我們利用水球 + 膠帶來做出簡易的層流現象。

因為層流分層流動的特性，所以我們推測:不能在有不穩定因素（如水流流速不固定及有風等）的狀況下產生。同時，我們也假設:氣球水量、膠帶黏法及孔洞大小等因素所造成的流速差異，也會影響層流的產生與否。

$$Re = \frac{uL}{\nu} = \frac{\rho uL}{\mu}$$

層流現象與雷諾數有關，在雷諾數小於2000時層流產生，大於4000時發生湍流。

ρ = 流體密度 u = 流動速度

L = 特性尺寸，例如管道直徑

μ = 流體的動態黏度 ν = 運動黏度

四、探究方法與驗證步驟

為了確定風以及流速對層流發生的影響，我們設計了實驗：

1.在無氣流擾動情況下用膠帶在固定水量水球上圍出一個小區域，並戳洞觀察層流是否產生，同時觀察要膠帶所圍成的區域大小與層流的產生是否有關。



圖（一）為洞較大時

圖（二）為洞較小時

2.在有氣流擾動的情況下以膠帶在固定水量水球上圍出一個小區域，並戳洞觀察層流是否產生。



圖（三）為洞較大時

圖（四）為洞較小時

3.做出三種水球: ①水 $\frac{3}{4}$ 滿②水半滿③水 $\frac{1}{4}$ 滿，在無氣流擾動情況下製造層流，並觀察其穩定度。



圖（五）水量為 $\frac{3}{4}$ 滿時

圖（六）水量為半滿時



圖（七）為水量 $\frac{1}{4}$ 滿

4.另外做對照組，在氣流擾動的環境之下(用厚紙搨風)操作，主動破壞層流成功因素，並觀察與紀錄。

五、結論與生活應用

1. 結論

原本以為要產生出層流現象是多麼容易的事情，即使老師有再三確認，但我們仍認為這並不困難。然而，真正到了實驗當天，光是綁汽球就困擾我們許久，而且每次水流的速度使總使我們措手不及，必須非常精準地控制每個環節，否則又得重做一次。

實驗 1 和 2，我們發現在不穩定（有風）的情況下，層流將不產生。膠帶圍的區域太大導致戳洞洞口較大，然後流速又較快，導致雷諾數變大，因此不易產生層流。此實驗驗證了層流要在穩定的環境及流速下產生，同時洞口不能太大。

而在實驗 3 中，我們發現水量多的氣球雖流速快，但是不至於影響層流產生，只是最後因水量減少而造成的水壓及水流不穩，導致層流消失。而水量一半的可以正常產生層流。水量 $\frac{1}{4}$ 的沒產生層流，我們推測是因水量少而水壓低，進而導致流速慢且不穩定，所以不易產生層流。

經過資料彙整與實際操作後，我們認為，層流現象看似平平無奇，但其實不易產生，有許多的變因存在。

2. 生活應用

現實中，層流能利用流動規律轉解決人類部分的技術問題。而隨著一些製造技術的進步，比如材料科學、計算流體力學（CFD）等，其應用將持續拓展，成為各界領域不可或缺的幫手。例如：

- (1)降低術後感染風險與實驗室污染:過濾後的空氣以層流形式均勻輸送，減少空氣中的微粒和細菌
- (2)永續應用:將層流技術利用在海水淡化、碳捕獲等環保領域
- (3)提升舒適度與資源效率:室內利用層流設計均勻調節室內溫度和通風，降低冷熱不均衡及氣流擾動不適感
- (4) 保障半導體、光學元件等高端產品的良率:確保空氣中的微粒被高效過濾，避免產品缺陷
- (5) 水處理與環保:幫助沉澱池中的雜質穩定下沉並控制水流，避免管道內湍流引起的二次污染

參考資料

- 1.流體流經表面的確切物理機制，層流、紊流之間還有過渡區<https://today.line.me/tw/v2/article/vVEo8K>
- 2.層流與紊流流動：差異、範例與為何重要<https://www.ansys.com/zh-tw/blog/laminar-vs-turbulent-flow>
- 3.【動手玩流力-原理】層流與紊流<https://www.youtube.com/watch?v=NgtCnzFNiT4>
- 4.模流分析之冷卻分析的層流/湍流(紊流)/雷諾數基本概念<https://www.youtube.com/watch?v=FwRfOXd3EQs>