

2022 年【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：哈哈！我比你熱！—探討哈氣與吹氣溫度不同的成因

一、摘要：

冬日在外迎著刺骨的冷風，我們可能會將雙手捂在嘴巴前哈氣來溫暖雙手。到家後，熱了牛奶，我們會吹氣使牛奶降溫避免燙傷了口。哈氣取暖，吹氣散熱，此次的實驗便是探討造成兩者溫度不同的原因。

實驗分為兩部分。第一部分我們以粗細不同的吸管模擬吹氣哈氣時嘴巴張開的大小，接水龍頭紀錄噴出水的長度，並用物理的斜拋運動公式計算軌跡並回推出水速度。吸管口徑小的推論出速度較快、壓力較大；口徑大的則反之。第二部分我們設計吹氣孔洞模擬嘴巴進行實驗，自製不同大小的孔洞紙板放置於吹風機口測量孔洞溫度，孔洞小出風口溫度較低。

由此得出，吹氣時因嘴巴張開較小、風速快、壓力較大，溫度也會較低；哈氣時嘴巴張較大、風速慢、壓力較小，溫度則較高。

二、探究題目與動機

探究與實作課程中，老師讓我們做成雲實驗，此實驗跟絕熱膨脹相關。促使我們上網查詢有關絕熱膨脹的資料，因此發現哈氣取暖吹氣散熱的生活現象與此原理也有相關。對著掌心哈氣感覺到的溫度比吹氣的溫度高，這引起我們好奇是什麼原因使得兩種方式造成的溫度不同。上網查找文獻後，我們發現不只是絕熱膨脹，還與白努力定律有關聯，經過推論後我們認為此現象是因為哈氣與吹氣時的壓力不同，但因為學校沒有壓力測量器，因此我們想以兩項較簡單的實驗加上白努力定律證明孔洞大小與壓力的關係，以及壓力與溫度的關係。

三、探究目的與假設

實驗設計的原理是來自熱力學第一定律：

而能量可用功或熱量形式傳出系統，以功為例

$$W = P \times \Delta V。$$

W：功

P：壓力

ΔV ：體積變化量

我們推斷在排氣時，相同風量，若出風口小，排出的氣體會被壓縮，壓力增大，所排出的風溫度也會跟著上升；出風口大則反之。

而這次實驗即是以熱力學第一定律出發佐以白努力定律

白努利方程式表示如下：

$$\rho v^2/2 + \rho gh + P = \text{常數} \quad v \text{ 為液體流速}$$

ρ 為液體密度

g 為重力加速度

h 為液體相對於基準點的高度

P 為液體壓力。

為了滿足能量守恆定律，流體分子力學能的總和應該在流動路徑上的各處皆要相同，亦即動能與位能的和不論流體流往何處皆應保持定值。

（白努利方程式中 $\rho v^2/2$ 其實就是液體單位體積的動能，而 ρgh 為單位體積的位能）

如果今天流體在同一水平面上流動（也就是 h 為定值），則在流體流速快的地方壓力會變大，反之，流體流速慢時壓力會變小

我們先以白努力定律驗證了孔洞大小不同造成速度不同，而速度越快壓力越大，推得孔洞大小與壓力關係。最後實驗孔洞大小不同造成溫度不同來驗證假說，推斷吹氣和哈氣溫度不同的原因。

依據以上的推論及實驗設計，我們得到實驗目的：

1. 觀察吹氣致冷的現象並探討可能成因。
2. 證明因吹氣哈氣的孔洞大小差異，排出的氣體溫度高低不同的原理。

四、探究方法與驗證步驟

實驗一

為了證明嘴巴張開大小與壓力的關係，我們將不同粗細的吸管模擬嘴巴大小，並將吸管插入水龍頭後開水，測量其從吸管噴出水柱的斜拋軌跡水平距離，運用斜拋公式推算出速度，代入白努力定律得到壓力的關係。

研究變因：

控制變因	接水邊的吸管和出水邊的吸管夾角為 60 度、水龍頭轉動角度 55 度、出水邊吸管與水平面墊板夾角為 30 度、水溫、接水邊吸管長 7.0 公分、出水邊吸管長 9.8 公分
操縱變因	吸管孔徑的大小
應變變因	當出水口越小，噴出水柱的水平距離愈遠，流速愈快

實驗器材：

魔術黏土適量、粗吸管(直徑 1.2 公分)*1、細吸管(直徑 0.6 公分)*1、有把手的旋轉式水龍頭*1、平面墊板、膠帶、量角器*1、捲尺*1

實驗步驟：

1. 兩根管徑不同的粗吸管(直徑 1.2 公分)和細吸管(直徑 0.6 公分)，將其裁切成兩段分別為，接水邊吸管長 7.0 公分、出水邊吸管長 9.8 公分的吸管。
2. 使用魔術黏土各別固定粗細吸管，使兩吸管的接水邊和出水邊夾角皆為 60 度。
3. 將吸管接水邊與水龍頭相接，並用魔術黏土和膠帶固定，確保開水後無漏水情形。
4. 吸管下端水平放置一墊板，使其與接水邊垂直並與出水邊夾 30 度角。
5. 以水龍頭轉軸中心為支點，將量角器中心對準支點，零刻度線對準水龍頭把手。開水時，將水龍頭把手轉動直到對準 35 刻度線停止。
6. 觀察出水孔噴出的水斜拋水平距離，在隔板上畫記，使用捲尺量測長度並記錄水平距離數值。
7. 重複上述步驟，實驗粗細吸管噴水斜拋各六次，取其平均值。
8. 整理數據與分析。



圖 1 實驗一 自製裝置實圖

實驗數據與結果分析：

吸管粗細(cm)	粗吸管(直徑 1.2 公分)	細吸管(直徑 0.6 公分)
噴出水的距離(cm)		
第一次	17.3	23.7
第二次	17.8	23.0
第三次	18.0	24.0
第四次	16.5	23.8
第五次	16.5	23.0
第六次	17.0	22.9
平均	17.18	23.4

圖 2 噴出水的水平距離數值與平均值紀錄表

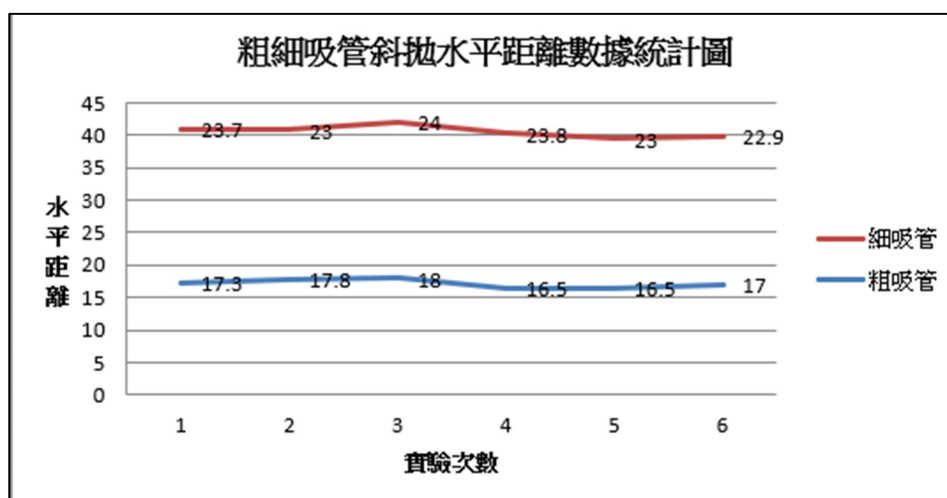


圖 3 噴出水的水平距離數值折線

從上述數據可得知粗吸管的水柱噴射水平距離小於細吸管水柱噴射水平距離。

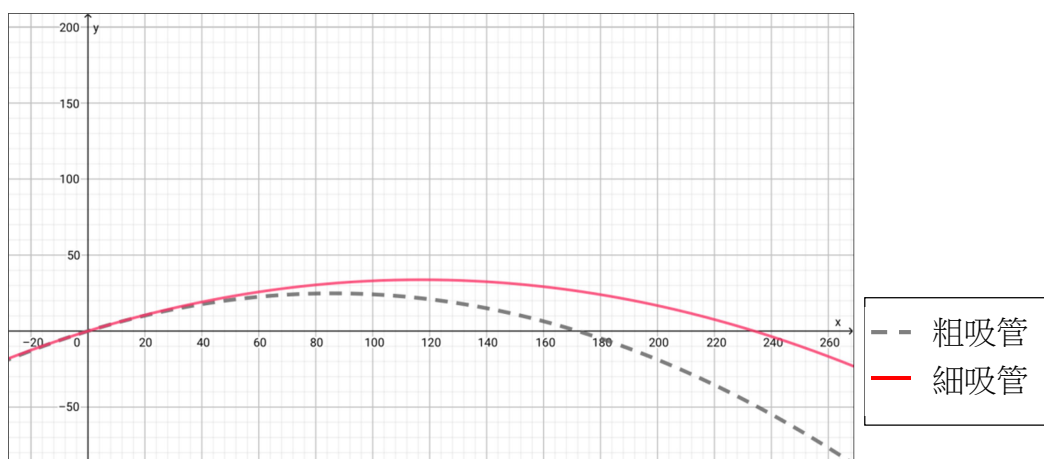


圖 4 噴出水斜拋軌道圖

由水平距離公式 $\Delta X(\text{水平距離量值}) = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$

$$\text{令 } \theta = 30^\circ, g = 10\text{m/s}^2 \quad \sin 2\theta = \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

代入水平距離量值，求 v_0^2

粗吸管水平距離的平均量值=17.183333333...cm≈17.2cm

$$17.2 = \frac{v_{0粗}^2 \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} \implies v_{0粗}^2 = \frac{344}{\sqrt{3}} \implies v_{0粗} = \sqrt{\frac{344}{\sqrt{3}}} \text{ m/s}$$

細吸管水平距離的平均量值=23.4cm

$$23.4 = \frac{v_{0細}^2 \frac{\sqrt{3}}{2}}{10} \implies v_{0細}^2 = \frac{468}{\sqrt{3}} \implies v_{0細} = \sqrt{\frac{468}{\sqrt{3}}} \text{ m/s}$$

$$v_{0細} = \sqrt{\frac{468}{\sqrt{3}}} \text{ m/s} > v_{0粗} = \sqrt{\frac{344}{\sqrt{3}}} \text{ m/s}$$

計算得出細吸管水噴出的初速大於粗細管，再藉由白努力定律流體速度越快壓力越大的原理，推得因細吸管初速大於粗吸管初速，所以細吸管的噴水孔出水壓力大於粗吸管噴水孔出水壓力。細吸管口徑較小視為孔洞小，粗吸管口徑大視為孔洞大，此實驗驗證假設孔洞小壓力越大，孔洞大壓力越小。

實驗二

實驗一證明孔洞小壓力大，孔洞大壓力小，但不足以代表壓力與溫度的關係。因為無法直接證明壓力與溫度的關係，因此我們設計實驗二探討溫度與孔洞大小的關係藉此證明壓力與孔洞大小的關係。我們自製了吹風機裝置模擬嘴巴，用不同孔洞大小改變出風口模擬嘴巴哈氣與吹氣，藉由觀察熱像儀上的數據探討孔洞大小與溫度的關係。

研究變因：

控制變因	環境（濕度、溫度、無風環境）、出風口與屏幕距離、吹風機、風量（吹風機強度級數）、放風時間
操縱變因	不同口徑大小的出風口
應變變因	釋放出的氣體溫度

實驗器材：

吹風機*1、膠帶一卷、紙杯*1、塑膠杯*1、熱像儀、圓形紙板*4（半徑分別為0.5、1、1.5、2公延長線*1、額溫槍

實驗步驟：

甲、製作吹風機前紙杯裝置

1. 將吹風機前面蓋子取下，並把紙杯杯底挖掉，覆上吹風機口，用膠帶固定。
2. 把塑膠杯口對上紙杯口，用膠帶黏貼至無縫。
3. 把塑膠杯杯底挖洞後，確認整個裝置無透風孔隙。
4. 將塑膠杯底孔洞大小的四個紙板上分別挖出半徑零點五公分、一公分、一點五公分、兩公分的圓孔洞。

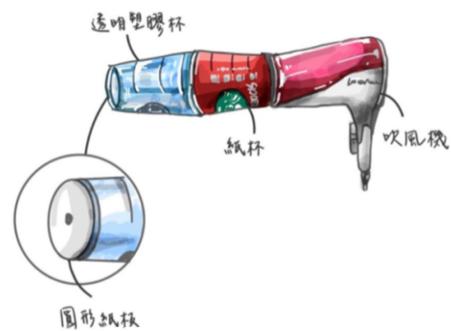


圖5 實驗二 裝置示意圖

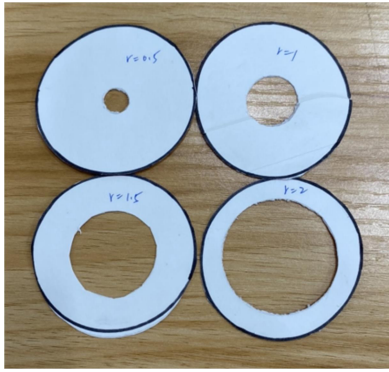


圖 6 不同孔洞大小的紙板



圖 7 自製裝置實圖

乙、實驗

1. 將熱像儀對準實驗裝置後開始進行實驗。
2. 分別進行四次將四種不同半徑孔洞的紙板裝上塑膠杯口。
3. 開啟吹風機五秒後關閉，錄影下來後觀察熱像儀在五秒末偵測到最終吹出氣體的溫度(開關吹風機和計時人員為同一人，避免反應時間的誤差)
4. 紀錄數值，每個不同大小孔洞的紙板重複測量三次。
5. 整理數據與分析。



圖 8 熱像儀拍攝圖

實驗數據與分析：

	r=0.5cm	r=1.0cm	r=1.5cm	r=2.0cm
第一次	34.5°C	33.1°C	36.0°C	36.7°C
第二次	34.5°C	35.2°C	35.9°C	36.9°C
第三次	34.5°C	36.8°C	36.7°C	37.1°C
平均溫度	34.5°C	35.0°C	36.2°C	36.9°C

圖 9 孔洞與測量溫度數值統計表格

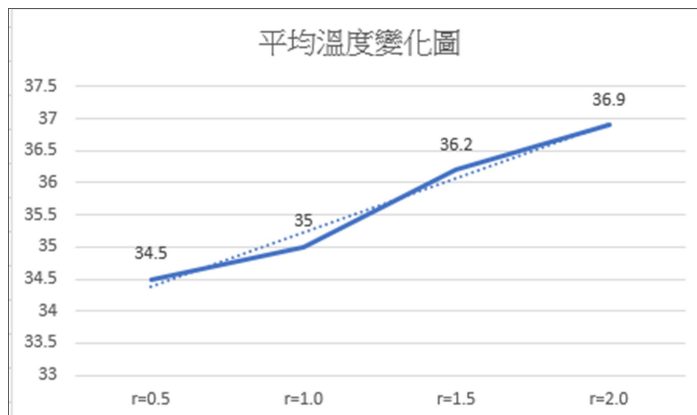


圖 10 平均溫度變化折線圖

從實驗數據（圖 10）中，可以得知半徑 0.5 公分、半徑 1.0 公分、半徑 1.5 公分、半徑 2.0 公分的孔洞測量出的平均溫度大小：

半徑 2.0 公分 > 半徑 1.5 公分 > 半徑 1.0 公分 > 半徑 0.5 公分

從實驗結果可得

孔洞大小較小，氣體排出時，出風口溫度較低。

孔洞大小較大，氣體排出時，出風口溫度較高。

結合兩項實驗結果可證明

→ 孔洞小，壓力大，溫度越低；孔洞大、壓力小、溫度越高

五、結論與生活應用

從實驗結果可得知吹氣口越小，壓力越大，導致溫度越低；吹氣口越大，壓力越小，導致溫度越高。此實驗驗證了我們的假設，而這個原理也運用於冰箱中的冷媒降溫和殺蟲劑噴出後瓶身變冷以及易開罐開瓶後瓶口有霧氣等生活例子中。

參考資料

- 全國中小學科展作品《吹冷哈熱——探討氣流引入效應之影響》史奇樂；吳欣俞；霍民邦 2020 年
- 普通物理(大學用書)
- 高瞻自然科學教育平台 白努力原則 趙書漢/洪連輝教授 2009 年