

【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：這不是魔術, 隔空點火之伯努利原理

一、摘要：

魔術表演中，常有的隔空取物，神乎其技每每都會贏得全場的驚訝與讚嘆聲，是特異功能嗎？NO，其實它只不過是運用各種物理或化學原理，配合各式道具及轉移注意力的障眼手法，熟練的表演罷了。就如同魔術表演中，常見的隔空點燃燭火是因蠟燭高溫燃燒氧化後，產生蠟蒸氣，也就是吹熄蠟燭後，常看到的白煙。因此不需直接在燭芯點火，只要在白煙(蠟蒸氣) 點火，不管距離多遠都可隔空點火。

而我們想探究的是如何以吹氣的方式並符合伯努利原理來隔空點燃燭火。伯努利原理在日常生活中，幾乎每個人一定都會碰到且印象深刻，只是大家沒有特別去想是什麼原理罷了。就是搭捷運、高鐵、火車等交通工具時，當捷運進站的瞬間，在月台會有一股強烈的引力將人往捷運車廂吸附拉扯，因此在月台候車都需站在劃有黃色的安全警戒線之後，以策安全。在此探究實驗中，我將以捷運進站的伯努利定律實例，運用到我們的實驗設定中。將燭火當成站在月台的人，吸管設定為捷運軌道，以吹氣來表示捷運進站時所產生的氣流變化。實驗最後得出我的結論：以吸管在燭火的左側或右側吹氣，因為空氣的流速變快，氣壓就變小。火焰會向壓力小的方向飄動，故會向吸管吹氣的一側移動。因此可以成功點燃隔壁的燭芯。以捷運進站實例推演我們的隔空點火假設探究，驗證了符合伯努利原理的流(風)速愈大，壓力愈小的原理。

二、探究題目與動機

有次參加營隊活動時，隊輔要我們比賽一口氣吹熄 1 整排 20 支蠟燭(圖 1)，但就是沒有人能一口氣吹熄 20 支。比賽中常出現一個有趣的現象，就是前面 1~7 支吹熄了，中間總是會有幾支跳著吹熄，如第 10、13、15 支跳著吹熄(圖 2)，當第二次在吹蠟燭時，第 13、15 支蠟燭卻點燃了(圖 3)。好多組同學都出現類似的現象。隊輔開玩笑的說，用力吹、努力的吹，不要已經吹熄的蠟燭又讓它點燃了，早餐沒吃飽嗎？你們都白努力了。大家只是哈哈大笑，這個深刻有趣的印象，引起我的研究興趣。因此也上網了解相關的物理原理。看到一則 2017 年的新聞，有位老翁因「伯努利定律現象」所生氣流吸力吸附，而頭撞火車死亡。溫于德(2017)。這是一個活生生的例子。因此我想以生活中常見的捷運進站所產生伯努利現象為實例，推演成我們假設的探究題目：這不是魔術, 隔空點火之伯努利原理。藉由這次以日常生活中的實例推演假設實驗，對於伯努利原理必會有深刻難忘的記憶。



圖 1. 整排 20 支蠟燭



圖 2. 中間蠟燭會有幾支跳著吹熄



圖 3. 第二次吹熄蠟燭時，第 13、15 支卻點燃了

三、探究目的與假設

捷運是最常使用的交通工具，對於捷運進站的瞬間，感受非常的深刻，因為隨著捷運快速進站，導致氣流變大，因此感覺非常的涼爽。同時又因氣流變大，壓力就變小。所以站在月台候車時，會有一股強烈的引力將人往捷運車廂吸附。我想以這捷運進站的伯努利原理實例，推導至我們的實驗設定中。而我們想探究的是如何以吹氣的方式並符合伯努利原理來隔空點燃燭火。在此探究實驗中，我們將蠟燭火焰當成站在月台的人，吸管設定為捷運軌道，以吹氣來表示捷運進站時所產生的氣流變化。藉由吸管對著蠟燭火焰吹氣，探討空氣流速的改變與氣壓產生的變化，分別觀察與探討如何達成隔空點火？有哪些變因會影響隔空點火呢？利用此實驗分析了解是否符合「伯努利定律」的原理？以此假設來驗證點燃隔壁燭芯為目的。

- (一) 何謂伯努利原理？
- (二) 探討吸管對蠟燭火焰的左側、中間、右側吹氣，那個位置較可能隔空引燃隔壁燭芯？
- (三) 探討吸管的管徑大小對蠟燭火焰吹氣，其火焰形狀的變化為何？
- (四) 探討吸管離蠟燭火焰什麼距離吹氣，可以符合伯努利原理及其效應最大，最容易隔空點燃隔壁燭芯？

四、探究方法與驗證步驟

(一) 伯努利原理，簡單的說就是：流(氣)體流速越快，壓力就變小。反之亦然。瑞吉斯(2020)

(二) 探討吸管對蠟燭火焰的左側、中間、右側吹氣，那個位置較可能隔空引燃隔壁燭芯？

1. 實驗器材：

蠟燭外徑 15mm x 230L ----- 2 支

吸管外徑 6mm x 210L ----- 1 支

打火機 -----1 個

2. 實驗步驟：

步驟一：將 2 支蠟燭左右並排，點燃右邊蠟燭。設定左側、中間、右側。(圖 4)

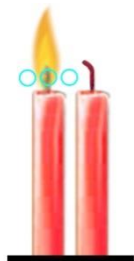


圖 4. 設定吸管吹氣的位置。



圖 5. 火焰左側吹氣結果。

步驟二：以同距離，常用的吸管規格平行於桌面且垂直於火焰，如(圖 4)左側位置，緩緩並持續吹氣。

實驗結果：火焰因氣流變化向左側吸附(圖 5)。

步驟三：將吸管平行於桌面且垂直於火焰，如(圖 4)中間位置，緩緩並持續吹氣。

實驗結果：火焰因由正面吹氣，可燃的蠟蒸氣及助燃的氧氣瞬間被吹散，因此火焰熄滅(圖 6)。



圖 6. 火焰中間吹氣結果。



圖 7. 火焰右側吹氣結果。

(三) 探討吸管管徑大小對蠟燭火焰吹氣，其火焰形狀的變化為何？

1. 實驗器材：

蠟燭外徑	15mm x 230L	-----	1 支
鋁箔包飲料用吸管外徑	4mm x 130L	-----	1 支
一般飲料常用吸管外徑	6mm x 210L	-----	1 支
大珍珠奶茶用吸管外徑	12mm x 210L	-----	1 支
打火機	-----	-----	1 個

2. 實驗步驟：

由探討(二)的假設實驗中，要點燃右側的燭芯，就要由火焰的右側吹氣。

步驟一：以同距離，用鋁箔包用吸管外徑 4mm 吹氣。

實驗結果：因吸管口徑較小，火焰向右側吸附幅度偏小 (圖 8)。

因吸管長度過短，距火焰太近，不建議以此長度吸管做實驗。

步驟二：以同距離，用一般常用吸管外徑 6mm 吹氣。

實驗結果：因氣流較可控，火焰呈較穩定向右側吸附 (圖 9)。

以此規格吸管吹氣，氣流大小較好控制。

步驟三：以同距離，用珍珠奶茶吸管外徑 12mm 吹氣。

實驗結果：因氣流不易控制，火焰呈不穩定飄動向右側吸附 (圖 10)。

因吸管口徑較大，氣流大小不易控制，吹出後氣流較不集中。



圖 8. 吸管外徑 4mm 吹氣。



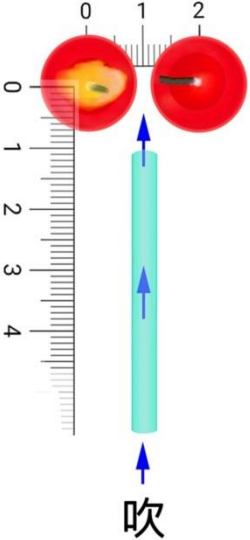
圖 9. 吸管外徑 6mm 吹氣。



圖 10. 吸管外徑 12mm 吹氣。

(四) 探討吸管離蠟燭火焰什麼距離吹氣，可以符合伯努利原理及其效應最大，最容易隔空點燃隔壁燭芯？

表 1. 吸管離燭火什麼距離吹氣之最易隔空點火及火焰狀況

示意圖	距離燭芯位置	燭火因氣流改變之引力變化	火焰狀況
	< 10 mm	吸管太靠近燭芯吹氣，因氣流生成的距離太短對於火焰的引力不足，不易控制。	火焰輕微的前後左右擾動。
	10 mm	吸管對燭火緩緩吹氣，並控制吹氣力道。氣流對燭火產生吸附力。火焰向右側燭芯偏移吸附並點燃。符合伯努利原理。	火焰往吸管方向小面積偏移吸附。
	20 mm	吸管對燭火緩緩吹氣，並控制吹氣力道。氣流對燭火產生吸附力。火焰向右側燭芯偏移吸附並點燃。符合伯努利原理。	火焰往吸管方向大面積偏移吸附。
	>30 mm	吸管對燭火緩緩吹氣，並控制吹氣力道。因吸管距燭火稍遠，氣流分散不集中，對燭火產生不穩定吸附力。火焰向右側燭芯不穩定飄移。	火焰往吸管方向偏移呈不穩定飄移擺動。

五、結論與生活應用

由上述以捷運進站的伯努利定律實例，推演的探究驗證結論：以外徑 15mm 的蠟燭 2 支，左右並排相距 20mm。用 6mm 吸管距離火焰 10~30mm 距離的右側吹氣，因伯努利原理，空氣的流速變快，氣壓就變小。火焰會向壓力小的方向飄動，故火焰會向吸管吹氣的一側吸附移動，因此可以成功點燃隔壁的燭芯(圖 11)。其中以吸管距離火焰 20mm 左右的距離吹氣，效應最大，最容易隔空點燃隔壁燭芯。故此假設探究，驗證了符合伯努利原理的流(氣)體流速越快，壓力就變小原理。



圖 11. 因伯努利原理，隔空點燃燭芯。

實驗過程中，以吹氣力道的控制、吸管管徑大小及吸管離蠟燭火焰什麼距離吹氣為主要的變因。同時以燃燒為實驗，所以實驗前需做好安全防護的準備。

1. 吹氣力道的控制: 應緩緩而持續的吹氣。不可忽快忽慢的吹氣。
2. 吸管管徑大小: 管徑太小吹氣，火焰偏移吸附的幅度偏小。管徑太大吹氣，氣流大小不易控制，吹出氣流較不集中。火焰呈不穩定偏移飄動。
3. 吸管離蠟燭火焰: 以 6mm 吸管距離火焰約 20mm 距離吹氣，最容易點燃隔壁燭芯。

相信藉由這次簡單又有趣的實驗，可以讓我們更輕鬆且印象深刻的了解到很多科學原理都是時刻出現在我們的生活中，就像伯努利原理，日常生活常見的事物如:

1. 無葉風扇: 它是靠底座內的馬達吸入空氣，再把這些氣流引導至圓環內的中空管道，管道較厚的一邊，有一圈很窄的縫，空氣從縫中噴出；形成伯努利現象，帶動周圍的氣流往圓環薄壁的縫隙出風口強力吹出。科學少年(2014)。
2. 伸卡球: 在打者來說是上飄快速直球，但進壘前會忽然變成下墜球 (sinker，下沉的意思)，根據伯努利定律，伸卡球會向右打者的內角偏轉。李名揚(2007)。

現今全球都在強調綠能環保，此實驗過程中，也讓我們想像到捷運或高鐵，尤其是捷運大部分地下化，在隧道裡行進，變因相對比較少。如果可以在隧道沿線加裝適合的風力發電設備配合伯努利原理產生的氣流變化發電，相信會是一項非常棒的綠能選擇。這個構想的啟發應該是我們這次實驗最大的收穫吧。希望這個乾淨又環保的綠能構想能有實現的一天。

參考資料

瑞吉斯(2020)。飛機升力不只白努利。科學人雜誌【第 222 期 8 月號】。

取自 <https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=4745>

溫于德(2017)。老翁頭撞火車亡 家屬認「白努利定律現象」求償。自由時報。

取自 <https://news.ltn.com.tw/news/society/breakingnews/2145811>

科學少年(2014)。沒葉片更涼快 - - 無葉風扇原理圖解。TechNews 科技新報。

取自 <https://technews.tw/2014/08/09/air-multiplier/>

李名揚(2007)。伸卡球魔力何來？—變化球密技大解析。科學人雜誌【第 67 期 9 月號】。

取自 <https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=1074>