

# 杯子裡的風暴

班級：5年1班

資優班座號：4號

姓名：蔡沂頤



2016

# 杯子裡的風暴

當小朋友把茶葉或糖放到杯中攪拌的時候，①茶葉為什麼會旋轉，然後往茶杯中央集中？②這個現象跟離心力有關嗎？若是離心力作用的話比較重的東西不是應該往外跑嗎？

**Key words** 次級水流 / 離心力 / 摩擦

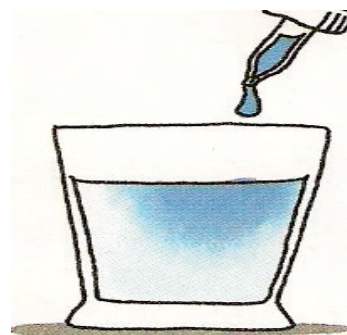


‘玻璃杯中，由於濺開的關係，你會看到一圈一面向外擴散、一面下沉的漩渦環，③你能解釋一下漩渦環的成因嗎？④漩渦環擴散的原因是什麼？⑤環內的水是怎麼旋轉的？⑥同一滴墨水為什麼會產生更多的環（卻較不明顯）呢？

**Key words** 對流 / 漩渦度

如果你在旋轉中的轉盤上裝滿清水的玻璃杯中，在稍微偏離中心軸的位置滴一滴有顏色的墨汁到杯裡，⑦墨汁有顏色的部分在杯中會壓縮成什麼樣子呢？⑧墨汁為什麼會短暫保持在一層薄膜中，不和清水混合？

**Key words** 壓力梯度 / 離心力 / 泰勒墨水牆



## 小叮嚀：

- 請動手查資料並做實驗，根據你所觀察到的現象來回答問題。實驗時請小朋友注意安全。
- 歡迎使用科學儀器及實驗證明，能用數據或圖表、繪畫呈現是最好的；使用攝影器材也很棒。
- 請勿引用、抄襲「維基百科」、「百度」、「雅虎奇摩知識」等網頁現成答案。若有其他檢索出處或參考書籍，請記得標明資料來源。

★截止日期:105年05月13日星期五下午4:00

Q1：當小朋友把茶葉或糖放到杯中攪拌的時候，①茶葉為什麼會旋轉，然後往茶杯中央集中？②這個現象跟離心力有關嗎？若是離心力作用的話比較重的東西不是應該往外跑嗎？

A：把茶葉放到杯中攪拌的時候，攪拌的旋轉運動會讓杯中產生漩渦。因為攪拌筷子是循外圍攪拌，水分子會因離心力向外靠，所以我們會發現水面中心明顯凹陷下去，而靠近邊緣的水位則比較高，整個水面看起來就像是一個碟子的形狀，這時茶葉會被水流帶著旋轉並且帶到外圍。

因為和固體接觸的流體很喜歡附著、緊貼著固體表面，所以杯子和水的粘滯力使杯邊緣和杯底的水會因摩擦使水流速度減慢，此時，茶杯邊緣、杯底及中心位置產生不同的壓力，而壓力差會產生另一股次級水流。這時，接近底部的水一方面會繞著杯子的中心軸慢慢轉動，一方面還會往軸心的方向集中流過去，伴隨著這個速度的科氏力會指向杯子中央，於是茶葉順著水流又被推向杯底，使得茶葉聚集在中央。

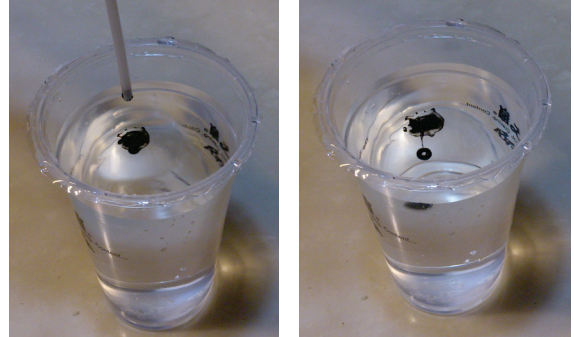
由於泡水的茶葉比較重、會沉到杯底，而杯底的水在往中心軸流過去的時候，湧進中心處的水一定要有宣洩的管道。這些水沒有別的地方可以去，只好沿著中心軸的上方被頂上去。我們把接近底部的水這種一邊轉、一邊往中心流過去，然後還沿著中心軸被往上頂的現象稱為次級水流(secondary flow)。

科氏力是使得物體偏移其運動方向，是垂直於運動方向跟轉動軸方向的力。離心力作用方向沿著圓周運動的半徑向外推出(或拉出)的力。茶葉會旋轉然後往茶杯中央集中，這個現象跟離心力、科氏力和次級水流都有關。

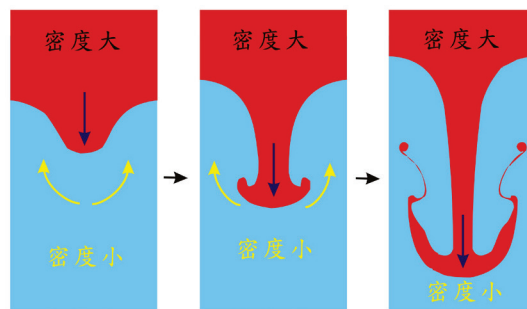


Q2: 如果把一滴墨汁，滴進一杯裝滿清水的玻璃杯中，由於濺開的關係，你會看到一圈一面向外擴散、一面下沉的漩渦環，③你能解釋一下漩渦環的成因嗎？④漩渦環擴散的原因是什麼？⑤環內的水是怎麼旋轉的？⑥同一滴墨水為什麼會產生更多的環(卻較不明顯)呢？

A: 實驗觀察：一滴墨汁滴到清水中，墨汁剛接觸水面時，由於表面張力會使墨汁迅速擴散成環狀，墨汁會往下沉，隨著墨汁體積的擴散，整體透明度越來越低。墨汁的密度比水大，當我們把密度大的液體擺放在密度小的液體上方時，會驅使上方的液體侵入到下方的液體中。可是這些液體都是不可壓縮的，所以受到「侵犯」的低密度液體會因被排擠的結果而往兩側流開，形成漩渦環。因為這個緣故而導致的對流也會順便把一部份入侵的



高密度液體帶走。被帶到新環境的高密度液體並不會很安分，於是，同樣的「侵入→流開」的戲碼



再度上演，會產生更多的漩渦環。這個不穩定性會因液體的推擠與流動而很快地散佈開，造成了我們所看到的墨水暈開來的現象。質點論也可用來解釋墨汁滴在水中的顏色擴散，因為墨汁滴在水中，墨汁分子受到水分子碰撞，將墨汁分子撞到溶液各角落，使墨水分子擴散到溶液四方。

擴散是粒子經由互相碰撞而導致物質有從高濃度的地方慢慢散佈到低濃度地方的現象。所以，將一滴墨汁滴入水中，墨汁中的染料分子會迅速的擴散開來。

當密度較大的液體在密度較小的液體上方時，它們界面上的小擾動會發展成為不穩定的流動。這種現象稱為瑞利泰勒不穩定性。

Q3：如果你在旋轉中的轉盤上裝滿清水的玻璃杯中，在稍微偏離中心軸的位置滴一滴有顏色的墨汁到杯裡，①墨汁有顏色的部分在杯中會壓縮成什麼樣子呢？②墨汁為什麼會短暫保持在一層薄膜中，不和清水混合？

A：旋轉中的杯子，表面看起來水面是不動的，實際上，即使是不動的物體都隨時會受到一個離心力的作用。除了離心力，因為它有一個運動速度，就還會多受一個科氏力(Coriolis force)的作用。內外不均的壓力差剛好用來和離心力相抗衡，所以大部分的水就這樣處於兩力相平衡的狀態，因此不動。但接近杯底的水的命運就不同了。這些水因為貼著往反方向轉得很快的杯底，所以它就處於兩難的狀態：既無法和上方壓下來的水層一樣不動如泰山，卻也無法盡情地隨杯底一起轉啊轉，於是它採取了折衷的辦法——慢速轉動。所以，在旋轉中的水杯中，水中的水流已經開始轉動時，水的表面根本看不出來。有旋轉的情況，會產生漩渦結構。漩渦結構是水流會沿著漏斗狀的空氣洞，以螺旋狀的方式快速地(快到停格還看不清楚)往下流，並產生螺紋。漩渦空氣柱中間細長的部位轉速較快，所以會將水流往下帶。就會出現一條細細的線條連接到水底小孔，看起來漩渦好像是被這條線慢慢往下拉。漩渦的其他部分則是以同心圓的方式旋轉並慢慢擴散並下降。



把一滴墨汁滴到旋轉中的水杯中，稍微偏離中心軸的位置，所滴入的墨汁會短暫保持在一層薄膜中，不和清水混合，不會接近漩渦底部的外圍區域，漩渦底部外圍附近的水很乾淨。因為在旋轉的情況下，墨汁是以垂直界面的方向為軸在旋轉。在同心圓柱間的兩層環狀不可壓縮流體，隨管壁旋轉，且受固定外力作用下，造成瑞利泰勒不穩定性發生在兩層流體環狀界面的情況。

我們發現在漩渦底部的水流會逆流而上，上升速度不快但是旋轉的速度很快。並且上升到色素水會反彈的地方，有的水流會擴散，有的水流則會被吸入漩渦的本體並快速下降。逆向水流的動力來源是在整個漩渦結構上半部和漏斗細長部分中間的部分。這個部份以非常快的速度旋轉帶動了下方的水以逆流的方式往上流。會使墨水像一層薄膜一樣旋轉，這代表旋轉中的水流有能力帶動物體，並且將物體侷限在這個範圍之內。

壓力梯度就是指液體中兩點有壓力差。指沿流體流動方向，單位路程長度上的壓力變化。

渦旋是指流體順著某個方向環繞直線或曲線軸的區域。