

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

030109

國立高雄師範大學附屬高級中學

指導老師姓名

林貴雄

作者姓名

徐悅群

陳立瑜

楊亭亭

中華民國第 四十四 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科別：物理科

組別：國中組

作品名稱：繞圈高手-----呼啦呼啦

關鍵詞：表面張力 圓周運動

編號：

高雄市第四十四屆中小學科學展覽會作品說明書摘要表

作品名稱：繞圈高手 -- 呼啦呼啦
一、研究動機： 當洗頭的時候，擠洗髮精時，洗髮精由瓶子擠到手上時，流出來的洗髮精尾端會帶動整個流出來的洗髮精流柱一起轉圈，非常好玩，就像洗髮精流柱在搖呼啦圈一樣，但洗手時水卻不會轉圈，到底洗髮精為什麼會轉圈呢？和之前在二上理化課本（康軒版）第四章－壓力和浮力有關嗎？
二、研究目的： 探討黏液流柱會轉圈的原因及影響的變因
三、研究過程與方法 研究過程一：什麼條件下，黏液流柱會產生繞圈現象？ 實驗一：當流柱離接觸底座很遠時，還會繞圈嗎？ 實驗二：探討當縮短流柱長度時，在什麼長度下流柱會繞圈？ 研究過程二：什麼變因會影響黏液流柱繞圈頻率？ 實驗三：流柱繞圈時有一定的頻率與底部堆積，探討流柱的長度對兩者的影響。 實驗四：探討流柱的流出孔徑對黏液流柱繞圈頻率的影響及黏液的黏稠度對流柱繞圈頻率的影響。 研究過程三：是什麼因素使得黏液流柱產生繞圈現象？ 實驗五：底座形狀對繞圈現象發生的影響。 實驗六：流注撞擊半徑大小不同的球體，會改變繞圈的長度範圍嗎？ 實驗七：讓洗髮精流柱由空中流入液體中，不同的黏滯的液體對流柱改變的程度不一樣，觀察繞圈現象的發生範圍。 實驗八：觀察黏液流柱在繞圈時的形狀作歸納分析其受力情況。 實驗九：使用美乃滋，減小流柱重力，增加表面張力，觀察流柱繞圈現象。
四、研究結果： 1.太長的黏液流柱在空中不論流柱粗細或稠稀都不會繞圈。 2.太長的黏液流柱在空中不論在空中加以什麼刺激，在空中也都不会繞圈。 3.在縮短黏液流柱長度時，確實會造成繞圈現象；用 100% 的黏液時(最黏稠),繞圈現象發生長度約 4cm, 使用 95%的黏液時,繞圈現象發生的長度約 0.5cm, 使用 90%的黏液時,繞圈現象不再發生.由此可知繞圈現象的發生必然是由液體的黏稠特性引起。 4.黏液流出的口徑大小也會影響繞圈的發生，孔徑小的,提早發生繞圈，孔徑大者，晚些發生繞圈。 5.流柱的長度愈長，繞圈愈快，週期愈短 .繞轉頻率與流柱長度呈線性關係。 6.流柱的長度愈長，流柱愈細，底部堆積直徑愈小。 7.流柱繞轉時在底部堆積的面積與週期也成線性關係，週期愈長，堆積覆蓋面積愈大。 8.黏液愈黏稠，繞轉頻率比較慢。 9.底座向上擠壓的力量，使得流柱彎曲而離開中心軸位置，歪斜流柱的重力與張力作用，提供了向心力。 10.流柱倒地，沿著倒地的方向牽引後至者往切線繼續偏移.由於上述二者作用使得流柱持續繞圈。
五、參考資料： 1.葉偉文，2000，物理馬戲團(1)，天下遠見 P256 2.國立編譯館，高中物理學第二冊，P57～P59，第九章流體力學

研究題目：

繞圈高手 -呼啦呼啦

壹、研究動機：當洗頭的時候，擠洗髮精時，洗髮精由瓶子擠到手上時，流出來的洗髮精尾端會帶動整個流出來的洗髮精流柱一起轉圈，非常好玩，就像洗髮精流柱在搖呼啦圈一樣，但洗手時水卻不會轉圈，到底洗髮精為什麼會轉圈呢？和之前在二上理化課本（康軒版）第四章－壓力和浮力有關嗎？

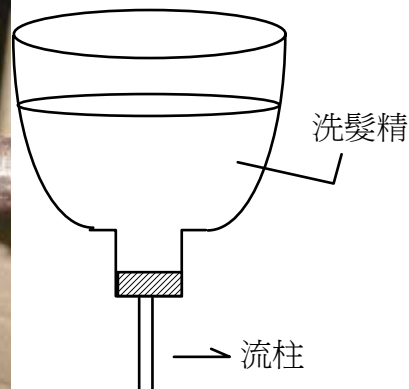
貳、研究目的：探討黏液流柱會轉圈的原因及影響的變因。



參、研究器材及裝置：

洗髮精	攝影機	數位相機	燒杯	磅秤
螺旋側微器	瓶蓋	尺	鐵架	寶特瓶
鑽孔機				

裝置如圖示：



- 1.將寶特瓶切掉一半，取上半部(含瓶口部分)，瓶口蓋鑽洞，當寶特瓶倒置在紙箱洞口後，下方以硬膠片承接由瓶中流出的黏稠的流柱，觀察流柱的外型變化。
- 2.以相機,攝影機紀錄實驗數據。

肆、研究過程：

研究過程一：什麼條件下,黏液流柱會產生繞圈現象？

實驗一：

實驗目的：當流柱離接觸面很遠時，還會繞圈嗎？

實驗步驟：

繞圈高手

- 1.觀察由容器的底部流出的流柱，當流柱很長時，流柱在空中是否會繞圈？
- 2.改變瓶蓋鑽孔的直徑，重複步驟 1，再觀察流柱在空中是否會繞圈？
- 3.改變黏液的黏稠度(加水稀釋)，重複步驟 1，再觀察流柱在空中是否會繞圈？
- 4.如果流柱在空中不會繞圈，加以各種刺激，如：瞬間吹偏、持續吹偏、瞬間加量、週期加量、搖晃瓶子等五種，觀察流柱在空中是否轉圈。

實驗數據 1：

濃度		100%	95%
口徑 (cm)	0.4	N	N
	0.5	N	N
	0.6	N	N

實驗數據 2：

孔徑：0.4cm 液柱：30cm 液體濃度：100%

改變種類	瞬間吹偏	持續吹偏	瞬間加量	週期加量	搖晃瓶子
繞圈	N	N	N	N	N

孔徑：0.4cm 液柱：30cm 液體濃度：95%

改變種類	瞬間吹偏	持續吹偏	瞬間加量	週期加量	搖晃瓶子
繞圈	N	N	N	N	N

孔徑：0.4cm 液柱：30cm 液體濃度：90%

改變種類	瞬間吹偏	持續吹偏	瞬間加量	週期加量	搖晃瓶子
繞圈	N	N	N	N	N

實驗結果：

- 1.長長的黏液流柱在空中不論流柱粗細或稠稀都不會繞圈。
- 2.長長的黏液流柱在空中不論在空中加以什麼刺激，在空中也都不會繞圈。

推論：

- 1.長長的流柱似乎都不會繞圈，只得縮短流柱的長度，以硬塑膠片攔截流柱，使流柱長度減短，觀察這個改變是否會使流柱繞圈。

實驗二：

實驗目的：探討當縮短流柱長度時，在什麼長度下流柱會繞圈？

實驗步驟：

- 1.以硬塑膠片攔截流柱，使流柱長度減短，觀察這個改變是否會使流柱繞圈
- 2.改變黏液流出孔徑，重複步驟 1。
- 3.改變黏液黏稠度，重複步驟 1。



實驗數據 3：

孔徑：0.4 裝載高度：7.5cm 濃度：100%

液柱高度	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
繞圈	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N

結果：當流柱高度在 1.5cm 至 5.5cm 時,流柱在底部繞圈.

孔徑：0.6 裝載高度：7.5cm 濃度：100%

液柱高度	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
繞圈	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N

結果：當流柱高度在 2.5cm 至 5.5cm 時,流柱在底部繞圈.

實驗數據 4：

孔徑：0.4 裝載高度：7.5cm 濃度：95%

液柱高度	1	2	4	6	8	10
繞圈	Y*(1~1.5 會轉)	N	N	N	N	N

結果：當流柱高度在 1cm 至 1.5cm 時,流柱在底部繞圈.

孔徑：0.6 裝載高度：7.5cm 濃度：95%

液柱高度	1	2	4	6	8	10
繞圈	N	Y*(2~2.5 會轉)	N	N	N	N

結果：當流柱高度在 2cm 至 2.5cm 時,流柱在底部繞圈.

實驗數據 5：

孔徑：0.4 裝載高度：7.5cm 濃度：90%

液柱高度	1	2	4	6	8	10
繞圈	N	N	N	N	N	N

孔徑：0.6 裝載高度：7.5cm 濃度：90%

液柱高度	1	2	4	6	8	10
繞圈	N	N	N	N	N	N

結果：濃度 90%時,不論流柱多少,都不會繞圈.

實驗結果：

- 1.在縮短黏液流柱長度時,確實會造成繞圈現象;用 100% 的黏液時(最黏稠),繞圈現象發生長度範圍約 4cm,使用 95%的黏液時,繞圈現象發生的長度範圍約 0.5cm,使用 90%的黏液時,繞圈現象不再發生.由此可知繞圈現象的發生必然是由液體的黏稠特性引起.
- 2.黏液流出的口徑大小也會影響繞圈的發生,孔徑小的,提早發生繞圈,孔徑大者,

晚些發生繞圈。

推論：

在觀察流柱繞圈時，發現流柱愈長，口徑愈細，繞圈的頻率愈高，還有什麼因素會影響這個繞圈現象呢？

研究過程二：什麼變因會影響黏液流柱繞圈頻率？

實驗三：

實驗目的：流柱繞圈時有一定的頻率與底部堆積，探討流柱的長度對兩者的影響。

實驗步驟：

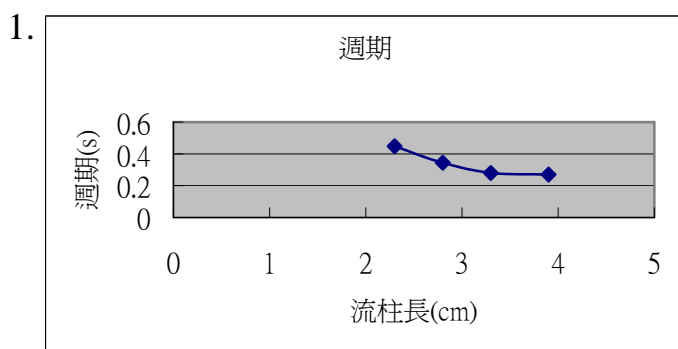
1. 調整流柱長度，使流注繞圈，測量繞 10 圈的時間，求平均週期及測量底部堆積凸起部分的直徑。
2. 改變流柱長度，重複上述的步驟。
3. 比較流柱長度對繞圈頻率與底部堆積直徑的影響。

實驗數據 6：

口徑：0.4cm 裝載高度：7.5cm

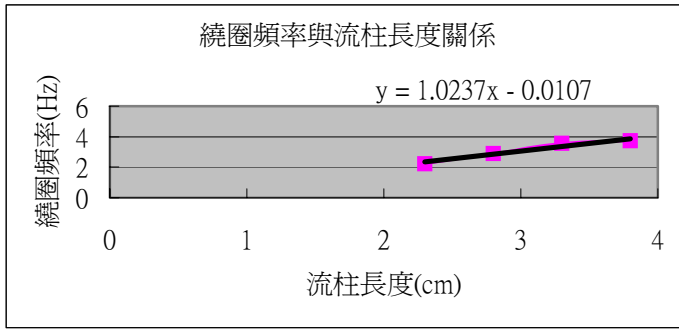
流注高度 (cm)	2.3	2.8	3.3	3.8
每轉十圈時間 (秒)	4.88	3.41	2.72	2.72
	4.35	3.31	2.85	2.60
	4.19	3.60	2.79	2.75
平均(秒/週)	0.447	0.344	0.279	0.269
底部堆積直徑(mm)	6	5	4	3

分析：



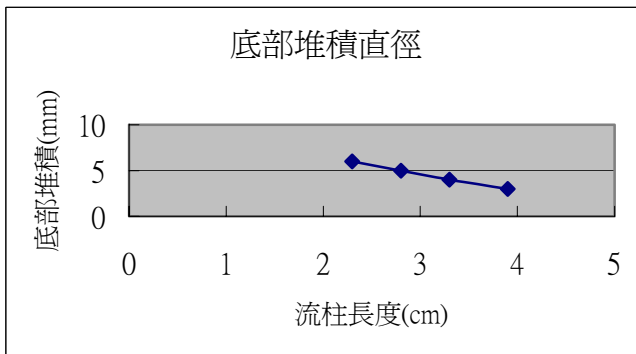
黏液的流柱長度愈長，週期愈短，亦即轉得愈快。

2. 將週期轉為頻率 ($f = \frac{1}{T}$)，分析繞圈頻率與液柱長度的關係，如下圖

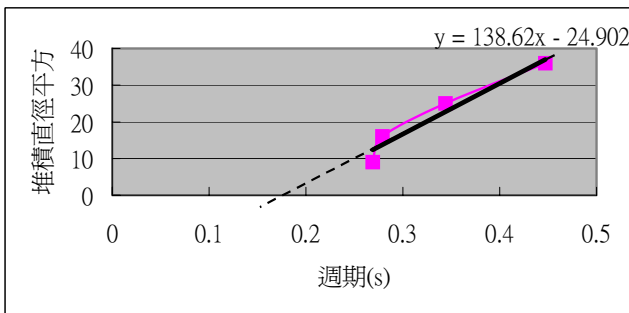


由數據歸納得到： $f=1.0237L-0.0107$

3. 黏液流柱長度愈長，在底部堆積凸起的範圍愈小，由上述知道，它繞轉得快一些。



4. 底部堆積凸起範圍直徑的平方代表堆積面積，探討面積和週期的關係。

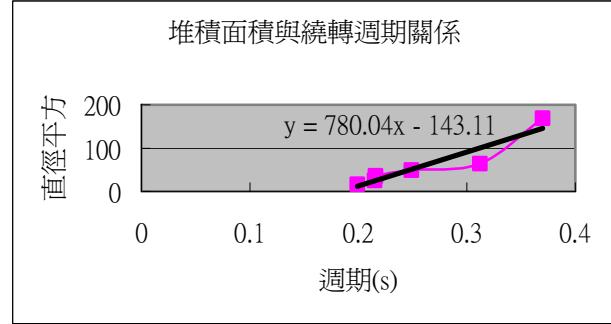
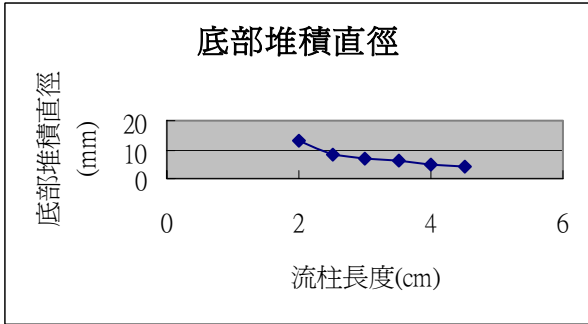
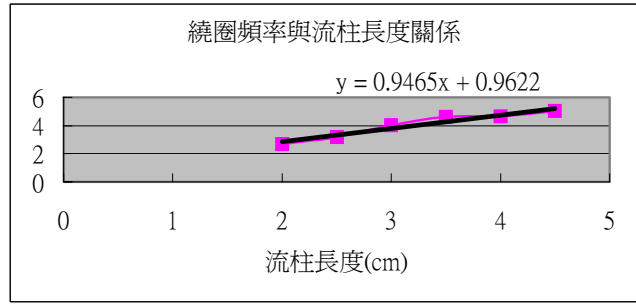
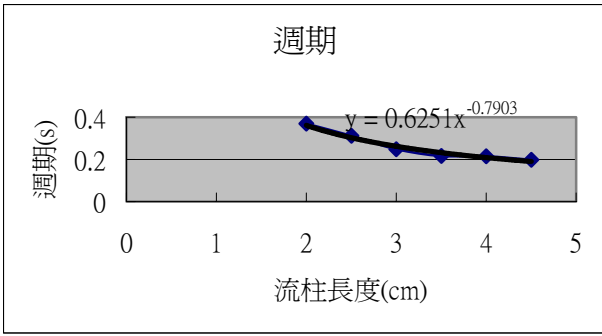


堆積面積和繞轉週期有線性關係，歸納式如右： $A=aT+b$

實驗數據 7：(液柱流出孔徑改為 0.5cm 及 0.6cm)

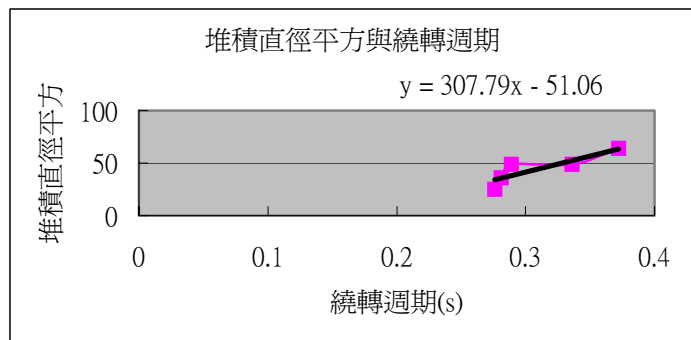
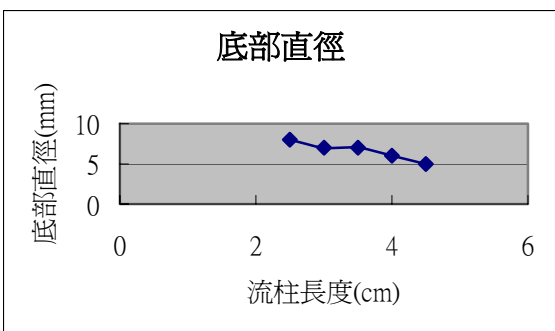
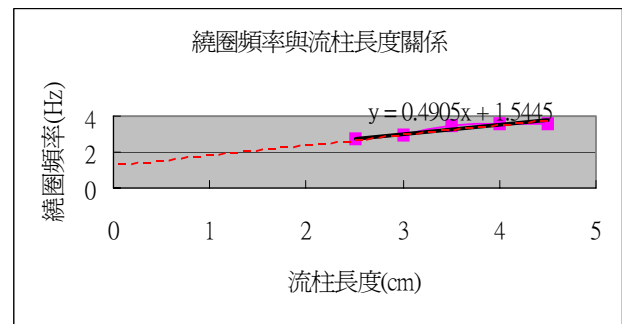
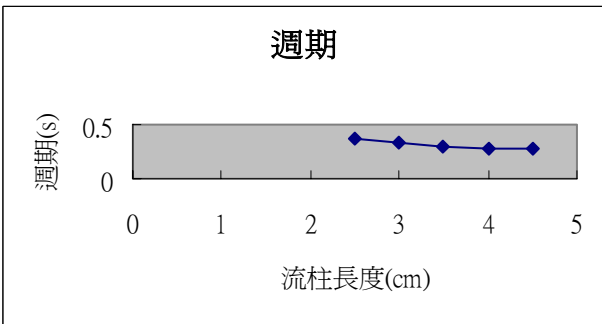
口徑：0.5cm 裝載高度：7.5cm

流注高度 (cm)	2	2.5	3	3.5	4	4.5
每轉十圈時間 (秒)	3.50	2.94	2.44	2.10	1.56	1.97
	4.00	3.18	2.65	2.26	2.10	1.88
	3.62	3.25	2.38	2.12	2.20	2.11
平均	0.37	0.312	0.249	0.216	0.215	0.199
流出面積 (mm)	13	8	7	6	5	4



口徑：0.6cm 裝載高度：7.5cm

流注高度 (cm)	2.5	3	3.5	4	4.5
每轉十圈時間 (秒)	3.72	3.22	2.90	2.65	2.68
	3.75	3.22	2.88	2.97	2.91
	3.69	3.65	2.38	2.81	2.69
平均	0.372	0.336	0.289	0.281	0.276
流出面積 (mm)	8	7	7	6	5



趨勢與數據 6 的相同，歸納式如下：

孔徑	頻率與長度	面積與週期
0.5cm	$f=0.9465L+0.9622$	$A=aT+b$ (a=780,b=-143)
0.6cm	$f=0.4905L+1.5445$	$A=aT+b$ (a=307,b=-51)

實驗結果：

- 1.流柱的長度愈長，繞圈愈快，週期愈短。繞轉頻率與流柱長度呈線性關係。
- 2.流柱的長度愈長，流柱愈細，底部堆積直徑愈小。
- 3.流柱繞轉時在底部堆積的面積與週期也成線性關係，週期愈長，堆積覆蓋面積愈大。

實驗四：

- 實驗目的：
- 1.探討流柱的流出孔徑對黏液流柱繞圈頻率的影響
 - 2.探討黏液的黏稠度對流柱繞圈頻率的影響

實驗過程：

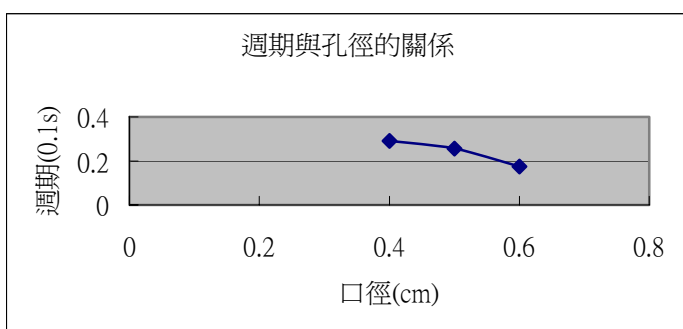
- 1.使流注繞圈，測量繞 10 圈的時間，求平均週期。
- 2.使用同一種黏液、在相同的液柱長度，但改變黏液的流出孔徑，重複步驟 1。
- 3.控制相同的液柱長度、相同的流出孔徑，改變黏液的黏稠度，測量繞圈週期。
- 4.比較各變因對繞圈頻率的影響。

實驗數據 8：

流柱高度：3cm 黏液濃度：100%

口徑 (cm)	0.4	0.5	0.6
每轉十次時間 (秒)	3.12	2.40	1.60
	3.06	2.91	1.46
	2.53	2.36	2.18
平均(秒/週)	0.29	0.256	0.175

分析：



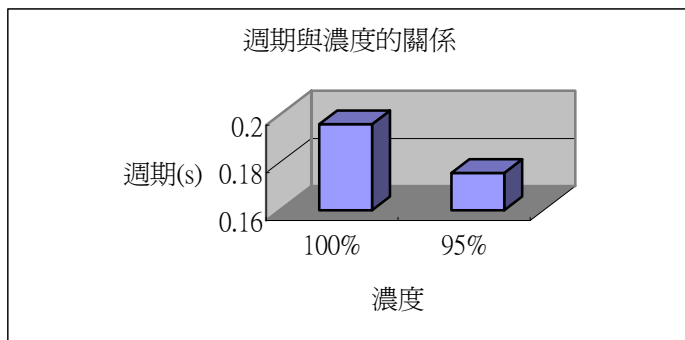
1. 流柱長度保持 3cm 時，孔徑愈大，繞轉的週期愈小，亦即轉得快。

實驗數據 9：

流注高度：3cm 口徑：0.4cm

濃度	100%	95%
每轉十次時間(秒)	1.69	2.19
	2.00	1.65
	2.19	1.43
平均	0.196	0.176

分析：



1.黏液愈黏稠，液柱繞轉週期愈長，亦即轉得慢，

實驗結果：

1. 孔徑愈大，繞轉的週期愈小，亦即轉得快。
2. 黏液愈黏稠，繞轉頻率比較慢。

研究過程三：是什麼因素使得黏液流柱產生繞圈現象？




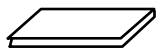
實驗五：

實驗目的：觀察黏液流柱落至容器底部時，液體因為黏稠，總來不及流走而造成堆積凸起，是不是因為堆積凸起而使得流柱繞圈？堆積凸起形狀和繞圈現象有關嗎？以本實驗以油黏土捏成不同形狀來模擬洗髮精的堆積，觀察繞圈現象的改變。

實驗過程：

1. 從孔徑流出黏稠的流柱，在黏液正下方放置各形狀的物體為底座，觀察是否可以使得流柱繞圈。
2. 讓黏液流柱流至半球形、圓錐、角錐和平面等四種底座，會轉圈嗎？

實驗數據 10：

形狀	半球形	圓錐	角錐	平面
				
口徑 (cm)	0.4	Y	N	Y*(1.5~5 會轉)
	0.5	Y	N	Y*(2~4.5 會轉)
	0.6	Y	N	Y*(2.5~5.5 會轉)

實驗結果:

- 1.黏液流柱流至圓錐,角錐時,不會使得流柱繞圈。
- 2.黏液流柱流至半球形底座,平面時,會使得流柱繞圈。
- 3.以不同半徑的半球形底座,碰觸流柱,觀察是否使流柱繞圈。

實驗六:

實驗目的:流注撞擊半徑大小不同的球體,會改變繞圈的長度範圍嗎?

實驗過程:

- 1.讓黏液流柱分別流至球半徑為 A:0.4cm, B:0.9cm, C:1.4cm, D:2.4cm 的四個半球體底座,觀察黏液流柱流至這四個球體時會轉圈的範圍。

實驗數據 11:

孔徑:0.4cm 裝載高度:7.5cm

球體種類	A	B	C	D
會繞圈範圍	3~4	3~4.5	3~5	3~5.5

孔徑:0.6cm 裝載高度:7.5cm

球體種類	A	B	C	D
會繞圈範圍	3~4.5	3~5	3~5.5	3~6

實驗結果:

- 1.半球形物體與流柱碰撞,都會引起流柱繞圈。但繞圈現象發生流柱的長度範圍不及平面底座。
- 2.球半徑愈大,流柱繞圈現象發生的長度範圍愈大。
- 3.球半徑愈大愈接近平面,因此黏液在底部堆積的形狀似乎不是繞圈現象發生的主要原因。
- 4.黏液流柱由高處落下,在底部與底座發生碰撞,底座施予流柱作用力,這是繞圈現象發生的原因嗎?再設計實驗七驗證之。

實驗七:

實驗目的:讓洗髮精流柱由空中流入液體中,不同的黏滯的液體對流柱改變的程度不一樣,觀察繞圈現象的發生範圍。

- 實驗過程:
- 1.讓洗髮精流到裝不同深度(11公分、6公分、3公分)的同質洗髮精燒杯裡。
 - 2.觀察繞圈現象發生的範圍。
 - 3.將燒杯中的洗髮精改為水,重複步驟1、2。

實驗數據 12:



孔徑：0.4cm

洗髮精深度(cm)	轉圈情形	水深(cm)	轉圈情形
11	2~5cm 轉圈	11	3~4.5cm 會轉
6	2.5~4.5cm 轉圈	6	3.5~5cm 會轉
3	3~4.5cm 轉圈	3	4cm 左右會轉

實驗結果:

- 1.由數據顯示，流柱射入洗髮精中產生繞圈現象的範圍比較大，比較容易繞圈，流入水中比較晚發生繞圈現象，範圍也比較小。
- 2.洗髮精比水黏稠，流柱流到洗髮精中流速應該變得比較慢，落入洗髮精中流柱的動量改變得多，受向上擠壓的力比較大。

推論:

- 1.是否因為擠壓的力量改變了流柱的形狀，而產生繞圈現象？
- 2.流柱繞圈，相當於做圓周運動，圓周運動需要向心力，誰提供向心力呢？
- 3.再設計實驗八驗證之。蒐集流柱繞圈時的照片分析受力情形。

實驗八：

實驗目的：觀察黏液流柱在繞圈時的形狀作歸納分析

實驗過程：

- 1.拍攝繞圈的黏液，描繪流柱形狀.
- 2.觀察流柱傾斜方向.
- 3.分析可能的力作用.

實驗數據 13：



分析：

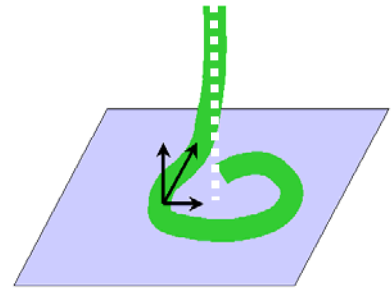
- 1.白色的線為鉛直線，是流柱繞圈的中央軸，由諸多的照片可以看出，流柱均不在鉛直線上，重力往下的作用力與流柱內聚力合力提供了向心的力量。這可能先是底座向上的作用力阻止流柱往下流動，黏滯液體的表面張力很大，液體不會散掉，致使流柱彎曲，使流柱歪斜離開正中心軸位置，造成後續的流柱繞轉。
- 2.由照片可以看出，黏稠液體由於表面張力的作用，流至平面時，尚未全部散去，還躺在平面上，這個現象可以牽引隨後流下的流柱順序在落點前方(沿著切線方

向)依次序落下。

- 3.假如液體黏稠度不夠(如水柱),表面張力不足以維持水柱形狀而散開,則對後段流柱缺乏牽引力量,只會往下落下,不會繞轉。

實驗結果:

- 1.底座的向上作用力擠壓流柱,使得流柱彎曲,使得流柱離開中心軸位置,歪斜流柱的重力與張力合力作用,提供了向心力(如右圖所示)。
- 2.流柱倒地,沿著倒地的方向牽引後至者往切線繼續偏移。
- 3.由於上述二者作用使得流柱持續繞圈。
- 4.由上述推論,假如表面張力很大,而底座向上擠壓的力量很大,應該就很容易使得流柱繞圈了,因此再選擇很黏、流速很慢的美乃滋,再印證上述的推論。



實驗九：美乃滋才是繞圈高手

實驗目的：減小流柱重力，增加表面張力，觀察流柱繞圈現象

實驗過程：1.將美乃滋由上往下擠在盤子上

- 2.觀察是否繞轉，及運動狀況。

實驗數據 14：



實驗結果：

- 1.幾乎在任意高度，美乃滋流柱都會繞圈圈，它看起來好像是一根繩索，撞擊底座時，只會繞圈圈而不會流動，繞圈圈是唯一的結果。
- 2.由慢動作觀察，流柱本來是垂直的，當碰及底座時，先彎曲，再開始繞著中心點繞圈圈，這明白的告訴了我們洗髮精繞圈圈的祕密了。

伍 研究結論：

- 1.太長的黏液流柱在空中不論流柱粗細或稠稀都不會繞圈。
- 2.太長的黏液流柱在空中不論在空中加以什麼刺激，在空中也都不會繞圈。
- 3.在縮短黏液流柱長度時，確實會造成繞圈現象；用 100% 的黏液時(最黏稠),繞圈現象發生長度約 4cm, 使用 95% 的黏液時,繞圈現象發生的長度約 0.5cm, 使用 90% 的黏液時,繞圈現象不再發生.由此可知繞圈現象的發生必然是由液體的黏稠特性引起。
- 4.黏液流出的口徑大小也會影響繞圈的發生，孔徑小的,提早發生繞圈，孔徑大者,晚些發生繞圈。
- 5.流柱的長度愈長，繞圈愈快，週期愈短 .繞轉頻率與流柱長度呈線性關係。
- 6.流柱的長度愈長，流柱愈細，底部堆積直徑愈小。

- 7.流柱繞轉時在底部堆積的面積與週期也成線性關係，週期愈長，堆積覆蓋面積愈大。
- 8.黏液愈黏稠，繞轉頻率比較慢。
- 9.底座向上擠壓的力量，使得流柱彎曲而離開中心軸位置，歪斜流柱的重力與張力作用，提供了向心力。
- 10.流柱倒地，沿著倒地的方向牽引後至者往切線繼續偏移.由於上述二者作用使得流柱持續繞圈。

陸 參考資料

- 1.葉偉文，2000，物理馬戲團(1)，天下遠見
- 2.國立編譯館，高中物理學第二冊，P57~P59，第九章流體力學

評語

030109 國中組物理科

繞圈高手—呼啦呼啦

雖能由觀察日常生活現象而作進一步的探討，但未能掌握問題所涉的基本原理和主要探究方向。