

渦流 Do Re Mi (渦流聲音現象的研究)

高小組物理科第二名

鳳山市鳳西國民小學

作者：羅士庭、陳孟祺、陳君豪、蕭永祥

指導教師：王世充、鄭文光

一、研究動機

由於家住公寓大樓，樓上人家每晚夜班歸來，浴室放水聲，淅瀝嘩啦地在水管中作響。尤其在冬夜裡擾人的流水聲，真是令人輾轉難以成眠。這個暑假中有比較長的時間，我向姊姊請教，姊姊說這是流水在水管中摩擦的聲音，但我百思不解的是：摩擦聲是這樣的嗎？那管中的咕嚕、淅瀝聲是如何產生？於是我把洗手台裝滿水，再把活塞拔開，然後把耳朵貼近水管聽。返校後，向老師報告。於是展開研究。

二、研究目的

- (一) 探討水在封閉管中的聲音。
- (二) 探討水在兩端都通的水管聲。
- (三) 出水口管徑和流速的關係。
- (四) 出水口管徑和拉力的關係。
- (五) 出水口管徑和吸力的關係。
- (六) 出水口管長和吸力的關係。
- (七) 管徑長短與形成漩渦的關係。
- (八) 不同形狀的出水口形成的漩渦。
- (九) 漩渦聲音從那裡來？

三、研究設備與器材

- (一) 分貝計
- (二) 自製測速器
- (三) 彈簧拉力計
- (四) 繩長30公分
- (五) 同心圓偏心透明板
- (六) 三角架
- (七) 直尺、游標卡尺
- (八) 錄音機、U形管
- (九) 自製測音笛
- (十) 吸水泵浦
- (十一) 各種直徑尺寸水管數支

四、研究內容與方法

〔觀察〕：我們先把水槽裝滿水，為使不影響水面靜止狀態。以繩子拉起活塞

，於是反覆觀察發現：

- 1.槽中會產生渦流現象，有時是順時，有時是逆時針方向轉動。
- 2.當未產生渦流時，在底部的排水管出現聲音。
- 3.當出現渦流時，水管中的聲音更加高。
- 4.渦流有時作偏心轉動，有時會出現像飲料被吸乾的聲音。

〔研究一〕：水管一端通，另一端不通的承接管。

〔實驗一〕：不同角度的水管

項次 音高 角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
15°	82.7	81.9	84.2	80.2	82.5	84.3	82.1	82.6	84	82.5	82.7
30°	84.2	83	83.2	82.5	86.2	84.2	83.2	81.2	83.1	84.2	83.5
45°	84.4	82.7	87.6	85	84.2	85.6	84.2	86	83.2	84.3	84.7
60°	82.3	82.7	81.8	84.2	88.1	89.3	85.3	86.3	87.9	90.6	85.9
75°	89.1	89.7	86.5	88.9	85.6	86.3	85.5	86.3	86.9	85.1	87
90°	86	88.4	93.6	96.3	93.6	90.6	93.5	94.2	92.3	91.8	92.7

（表一）不同角度的音高

水在水管流動的聲音。是否有點像裝茶壺水的聲音一樣呢？於是我們把水柱架於三角架上，並量取不同的角度，相同的水壓，相同的承接管，而水管一端通，另一端不通，測量其最高分貝值。

〔發現〕：

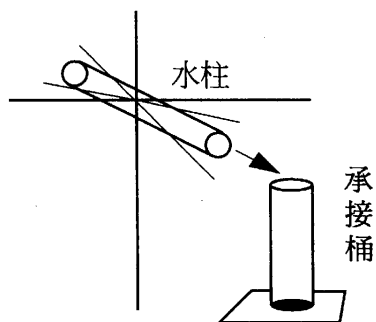
- 1.當水柱成90° 射出，成拋物線狀，射入承接桶時，其水柱最高點距水桶遠，分貝高。
2. 當水柱成15度射出，距水桶近，故分貝低。

〔實驗二〕：不同距離的水聲

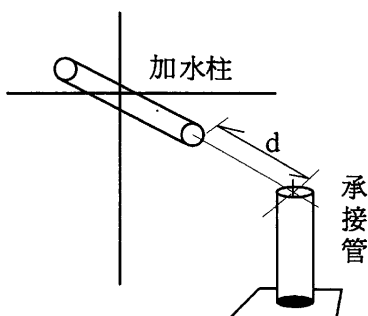
以同樣2又8分之3吋直徑，長60公分的水管，水管成30度，我們假設水的高度會影響聲音的大小。

〔發現〕：

- 1.距離遠，水柱加速就快，快速的水速撞擊管壁及水面的聲音也跟著提高。
- 2.我們再仔細聆聽，每個試管都在水管上端10到15公分的地方分貝計顯示最高值，而這個高度，正好是水柱撞擊水面的位置。



（圖一）不同角度的水聲



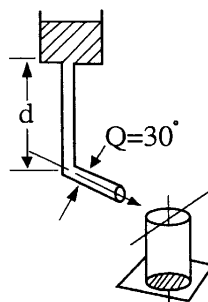
(圖二) 不同距離與音高

項次 距離 \ 音高	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
15cm	85	80.4	83.2	82.5	80.6	84.2	82.6	81.3	82.5	81.3	82.3
30cm	84.5	86.3	85.2	83.2	82.5	84.2	86.1	84.3	82.5	83.2	84.2
40cm	84.9	86.2	87.3	84.3	87.2	86.3	85.6	86.3	84.5	88.2	86.1
50cm	88.4	86.7	90.3	91.2	86.7	88.3	91.3	89.2	91.3	90.4	89.4
60cm	92.4	90.3	91.2	89.6	88.6	93.1	86.2	88.4	90.2	90.3	90.1

(表二) 不同距離與音高

〔實驗三〕：不同水柱壓力之音高

先以水位的高低來當水柱壓力大小，於是把水箱架高離地面60、80、100、120、140、160、180公分，以了解水壓力的變化，是否產生不同的音高，於是做了以下的實驗。



(圖三) 不同壓力下與音高

〔發現〕：

項次 角度 \ 音高	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
60cm	86.5	88.2	86.4	87.2	86.3	88.3	84.6	89.2	86	84.2	86.7
80cm	90.2	86.7	88.3	86.5	91	88.2	87.6	89.6	91.2	87.3	88.6
100cm	91.3	92.3	89.2	88.6	90.3	90.3	91.5	88.7	91	90	90.3
120cm	94.2	90.2	92.3	93.2	91.4	93	94.6	91.8	90.6	92	92.1
140cm	95.2	93.2	94.3	92.4	96	96.8	95.2	93	94	93.8	94.4
160cm	100.4	96.8	98.4	99.3	96.2	99.3	100.4	94.6	99.3	96.4	98.1
180cm	107.2	106.5	105.2	107.3	108.2	110	104.2	107.3	108.2	104.3	106.8

(表三) 不同壓力下的音高

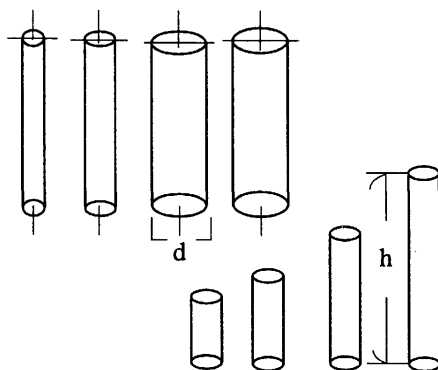
- 1.水從較高的位置流下，所產生的位能，撞擊水面時。其分貝也高。
- 2.在相同的水柱傾角，相同的承接水管，相同的距離，在密閉另一端水漸漸加滿後，當水柱撞擊水面瞬間，其分貝值最大。

〔實驗四〕：不同管長管徑，有不同的音高嗎？

我們在四年級學過，聲音高低和空氣柱的長短有關，但水柱在噴射下與承接管的直徑及管長有關嗎？以下是我們的實驗。

〔發現〕：

- 1.同一角度，同一水柱與距離下，承接管直徑大其分貝小，直徑小的分貝大。
- 2.在其他條件相同下，承接管的長短似乎看不出聲音的高低。但其音高最大值是在水柱撞擊水面的聲音。



(圖四) 不同管徑與管長

項次 管徑 音高	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
7/8"	109.2	107.2	110.3	108.4	109.8	107.4	110.4	111.2	107.3	106.4	108.8
1"	103.4	102.4	101.9	102.4	105.4	103.6	102.8	104.5	108.2	103.5	103.8
1 3/8"	102.4	98	96.4	94.5	89.4	100.2	98.4	96.3	97.8	96.8	97.1
2"	86.2	90.4	91.2	88.3	87.5	90.2	91.4	88.4	88.6	89.2	89.1
2 3/8"	84.2	80.3	84.5	82.6	81.6	84.3	82.6	83.5	84.5	80.2	82.8

(表四) 不同管徑與音高

項次 管長 音高	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
40cm	92.4	96.2	94.5	98.4	94.3	93.6	98.4	96.3	98.5	96.3	95.9
60cm	95.6	97.2	98.4	97.4	100.2	92.3	96.5	98.4	96.8	97.5	97.2
80cm	96.2	94.6	97.4	94.9	97.8	96.4	98.4	95.6	92.4	99	96.3
100cm	94.6	93.2	95.6	94.3	90.2	94.3	96.5	98	94.2	96.8	94.8
120cm	96.8	98.4	97.2	97.6	100.2	92.6	93.4	96.8	95.2	97.3	96.6

(表五) 不同管長與音高 (管徑為1 3/8")

〔研究二〕：二端都通的水管。

〔實驗一〕：不同角度的水聲

我們以〔研究一〕〔實驗一〕中的方法，但承接管另一端必須露空，因此我

們必須以鐵絲固定於一支架上，而以不同角度的水柱來量測音高。

〔發現〕：

1. 從兩端都通的承接管來看，90度拋物線下來的水柱因為是兩端露空，音高反而最低。
2. 15度時由於水柱直接撞擊到管壁，因而略高，但嚴格來說並沒有明顯的差別。

〔實驗二〕：距離不同的水聲

以〔研究一〕〔實驗二〕中的方法，在其他條件相同之下，水柱角度30度承接管也是2又8分之3吋直徑，長60公分的水管。

〔發現〕：

在水柱射入角一定，水管直徑、長度相同下。水注與管壁拍擊聲大約是相同值。

〔實驗三〕：不同管徑、管長，有不同音高嗎？

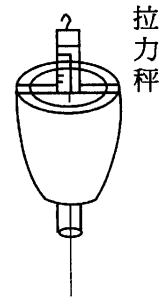
〔發現〕：

1. 管徑小的水管即使兩端都通，聲音比較高。反之管徑大的水管，聲音比較低。
2. 相同管徑的水管在相同的水柱下，水柱與管壁相撞擊後，即隨管壁流下，所以沒有比較明顯的差別。

〔研究三〕：渦流與排水管的關係。

〔實驗一〕：排水管徑和拉力有關嗎？

我們懷疑水在水管中流動與管徑大小有關，於是用7/8吋，1吋，1又7/8吋，2吋，2又3/8吋的管徑各10公分焊接於圓形水缸底部，作排水管，放滿了定量的水，再以拉力彈簧秤底部加以30公分長的細棉線，放於排水口下，看管中水對繩子的帶下的拉力。



(圖五) 管徑與拉力

項次 管徑 \ 拉力	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
7/8"	10	10	12	10	11	10	10	15	10	10	10.8
1	12	10	15	11	15	12	12	10	12	12	12.1
1 3/8"	10	15	12	15	15	10	12	12	15	10	12.6
2"	12	15	20	15	15	15	15	15	15	10	15
2 3/8"	5	10	10	10	10	10	5	10	10	10	9

(表十) 管徑與拉力 (管長60cm)

〔發現〕：

- 1.由於管徑2吋的水拉力最大，但2又3/8吋時的水拉力忽然下降。是由於水缸內產生很大的漩渦，而測繩在漩渦中心空擺，因此拉力降低。
- 2.2吋與2又3/8吋水管，由於管徑過大而短，流下的水均呈開花式撒下未能集中。
- 3.其餘7/8吋、1吋、1又3/8吋的水拉力相差有限。
- 4.影響拉力大小最主要的原因，可能是管子的長短。

〔實驗二〕：管徑與水的流速有關嗎？

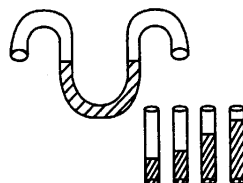
〔省略〕

〔實驗三〕：排水管直徑大小和吸力的關係？

〔省略〕

〔實驗四〕：排水管長短與吸力的關係？

在（實驗三）中大直徑相同的水柱高，擁有較多體積的水量，但相對水管內壁的附著面積也較大，實驗結果大直徑有較大的吸力。我們懷疑：水管的長短是否也是造成吸力大小的因素。因此我們利用四種直徑的水管，將其切成21公分，內裝不等長的水柱來做測試，看是否影響吸力。（以內徑0.45公分為測試）



（圖八）水柱的長短與吸力

項次 吸距離 長度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
4	0.8	0.7	0.5	0.8	0.7	0.4	0.8	0.5	0.8	0.7	0.67
4.5	1.2	1.0	1.0	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	1.2	1.0	1.04
5	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3	1.0	1.2	1.3	1.2	1.2
5.5	1.0	1.5	1.4	1.5	1.2	1.2	1.4	1.2	1.3	1.5	1.32
6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.6	1.5	1.5	1.49
6.5	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7
7	1.8	2.0	1.8	2.0	2.1	2.0	1.8	1.9	2.0	2.2	1.96
7.5	2.1	2.2	2.2	2.0	2.0	2.3	2.2	2.1	2.2	2.0	2.13
8	2.4	2.2	2.3	2.2	2.4	2.2	2.1	2.2	2.3	2.2	2.25
8.5	2.6	2.5	2.4	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.2	2.5	2.41

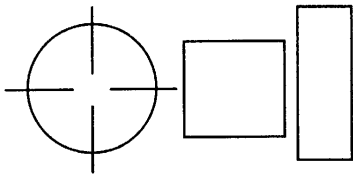
（表十三）水柱的長短與吸力

〔發現〕：

- 1.我們以0.45公分內徑水管，做不同的水柱高，代表排水管的不同長短有不同的吸力，水柱較高，其吸力也較大。
- 2.當小水管小水柱，水本身有附著力，故水柱太少，不容易流下而沒有吸力。
- 3.內徑0.9公分的水柱也不可超過10公分，否則我們設定的U型管內的紅墨水會被吸出去。

〔實驗五〕：排水管形狀和渦流

我們最容易取得的形狀圓形、正方形、長方形來作觀察其渦流現象，以及排水時的聲音。



(圖九) 不同形狀的排水管

形狀	產生渦流現象
圓形	渦流柱會在渦流四週旋轉,有時偏心旋轉會有唧唧聲。
正方形	渦流會在內接圓作旋轉。
長方形	渦流以短邊為直徑作內接圓旋轉。

(表十四) 各種形的渦流

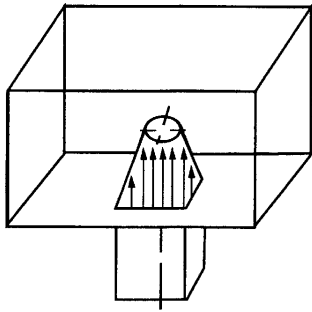
〔疑問〕：為何正方形，長方形出水管還是出現圓形渦流，而漩渦只出現在內接圓範圍。

〔推論〕：由於出水口呈長方形柱，水箱內的水可能也受到與出水口等面積，同形狀的吸力。而液體表所形成的渦流空氣柱即受到相同的吸力作用，在未形成細長的錐形空氣柱，就被長方形周圍的強力吸成大氣口，而大的氣口，在小吸力下聲音短暫。

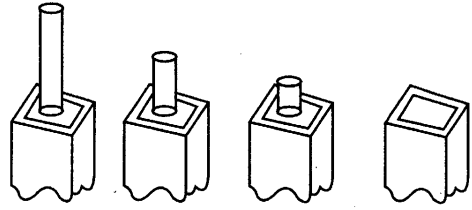
〔證明〕：我們先在長方形管內接上一條1吋水管，露出長方形管外有8、7、6、5、4、3、2、1、0公分。

〔發現〕：

- 1.較長的水管反而聲音較長，但8公分時可能水面高度受限，故時間較7公分短。
- 2.越短的管因受長方形管的側方吸力影響，使原吸力口變大，故吸力聲音時間變短。
- 3.不放管時間只有2秒。即內管越短，越會受長方形管側方吸力影響。使吸力口變大，故聲音小，時間也變短。



(圖九之一) 長方形排水管吸力圖



(圖九之二) 長方形吸力口證明

項次 長度 吸距離	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
8cm	8.5	7.8	8.4	7.6	7.8	8.6	8.2	8.5	7.7	8.3	8.2
7cm	8.8	9.6	9.3	9.1	8.9	9.5	9.4	9.3	8.8	9.0	9.2
6cm	7.4	7.9	8.3	8.0	7.4	7.6	7.3	7.9	8.2	8.0	7.9
5cm	6.8	6.4	6.8	7.0	6.3	6.5	6.7	7.2	6.3	6.5	6.6
4cm	5.7	5.6	5.5	5.7	6.0	5.3	5.1	5.1	5.7	5.4	5.5
3cm	4.5	4.6	4.7	4.8	4.7	4.9	5.2	4.2	5.1	4.8	4.8
2cm	4.1	4.2	4.3	4.5	3.8	4.3	4.1	4.0	4.2	4.0	4.2
1cm	3.6	3.8	4.0	4.2	3.3	3.5	3.7	3.5	3.8	3.4	3.7
0cm	1.2	1.5	2.0	2.3	1.8	1.6	2.3	2.5	2.0	2.4	2.0

(表十四之一) 吸力口與聲音長短

〔實驗六〕：不同的直徑形成渦流的時間。

〔省略〕

〔實驗七〕：不同長度的水管形成渦流的時間。

〔省略〕

〔研究四〕：渦流的聲音如何形成？

由前述各項小實驗中得知吸力是造成渦流的主要原因，而這些吸力的來源是水在水管中運動，在前方快速的前進，所造成的低壓，必須由槽中的水來補充。而槽中的水先後填補下所造成上、下、左、右、前、後的壓力變化所造成渦流現象。但有些渦流只看到渦流，並未聽到被吸的聲音。因此我們做以下的實驗。

〔實驗一〕：管長與漩渦的轉速，音高關係？

〔發現〕：

- 1.水管長，形成的渦流轉速也較快。
- 2.吸力較大的長管吸破水面的聲音的分貝也較高。

〔實驗二〕：偏心渦流，偏心量與聲音的長短。

〔省略〕

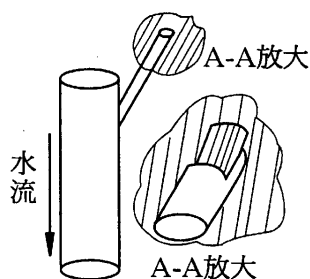
〔實驗三〕：偏心吸管與渦流聲音。

〔省略〕

〔實驗四〕：渦流Do、Re、Mi。

為了解漩渦的形成，及渦流聲音的原因。為了更進一步利用這種吸力吸動簧樂器，測其音高。

〔發現〕



(圖十一) 水流簧樂器

項次 音高 吸管長	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
15cm	112	110	109	113	114	118	110	109	114	112	112.1
20cm	107	108	105	110	107	108	108	106	108	107	107.4
25cm	103	104	105	105	106	102	102	104	103	101	103.5
30cm	101	100	102	104	102	103	100	98	98	100	100.8
35cm	96	97	100	93	96	92	96	95	94	96	95.5
40cm	93	92	90	94	92	90	91	90	92	90	91.4

(表二十二) 吸管長與音高

- 1.水管的吸力可改變音高外，吸管的長短也可增加音高。
- 2.發現渦流的形成，再逐一的探討原因，進而吸動簧樂器。

五、研究與討論

- 1.〔研究一〕中各實驗得知，水柱高，直接拍擊水面，距離遠，壓力大可以得到最大的分貝值。
- 2.〔研究二〕中，兩端都通的水管，距離，水柱角度，管徑大小其音高沒有顯著的不同。
- 3.〔研究三〕直徑太大漩渦大，排水口水不集中，原則上大口徑或長管其吸力拉力，流速均較大。
- 4.〔研究四〕長管流速快，吸力強。吸破水面的空氣柱吸力強，聲音高。偏心量大聲音高，但時間較短。

六、結論

- 1.此次承蒙王老師、鄭老師全力協助，方能順利完成。
- 2.充分了解須要團隊合作，感謝由於鄭老師的指導，才學會電腦繪圖。
- 3.我們四人從三年級到六年級整整四年，長期研究，我們希望到國中更能有這種機會繼續研究科展。

七、參改資料

- 1.復文百科全書。
- 2.大美百科全書。
- 3.有趣物理實驗-物理篇，一作者林立一欣大出版社。

評語

由家中水管的流水聲，引發探討渦流對流水聲的形成之研究。研究過程中能不斷注意問題並設法加以探究、改進，充分顯示出良好的創意和科學精神。唯對聲音音量的大小和音調的高低未明確區分，常以聲音的高低來表示聲音的大小，探究內容略嫌雜亂，但學生現場解說的表現良好，能對所做過的實驗詳加描述、解說。