

屏東縣第 63 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：水躍-不同液體的彈力測試實驗

關鍵詞：水躍、黏滯係數、圓形水躍

編號：B2001

摘要

我們的實驗是選不同的液體，使其從不同的高度落下，在不同的鋪墊底板時，觀察水躍半徑有何變化。根據我們的實驗結果，沙拉油是很特別的液體，因為不會受到落下高度與鋪墊底材的影響。

如果是想要消除水的水躍現象，可以選用矽膠墊當作鋪底的材質；而如果是想要增加水的水躍現象，可以選用厚鐵板。如果是黏滯係數和甘油差不多的液體，可以選用木板或是矽膠墊減少其水躍現象。

壹、前言

一、研究動機

前陣子,我們發現開水龍頭後,水流下來時,發現水打下來的地方和我們平常看到水高度的地方不一樣,在我們的好奇心下,我們上網去查為什麼?看完了許多的相關影片後,知道了這是水躍現象也決定要做水躍的實驗了。

二、研究目的

- (一) 溶液種類對水躍現象有何影響。
- (二) 不同高度落下對水躍現象有何影響。
- (三) 溶液落下底部材質對水躍現象有何影響。

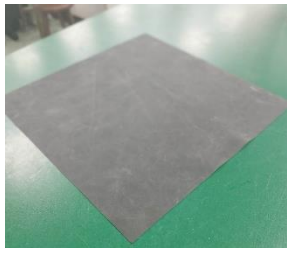
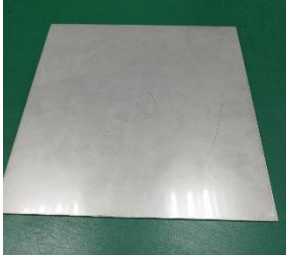

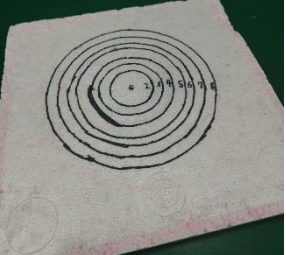




三、文獻回顧

低雷諾數圓形及多邊形水躍的研究	年份：2008	作者：呂軒豪
打開水龍頭，水鉛直落到正下方的水平板時形成圓形水躍。我們實驗研究 $20 < Nr < 150$ 的低雷諾數圓形水躍的變因，探討圓形水躍半徑和流量、出水口高度、以及液體黏滯係數間的關係。改用高黏滯係數的液體（4：1 的乙二醇水溶液），鉛直落入板上深 h 的相同液體時，先形成圓形， h 漸大時形成環形圓紋曲面，再加大 h ，形成多邊形水躍，內外圍同方向旋轉，轉速 ω ；液中加水，黏滯係數高於及低於某定值，多邊形都消失，側面觀察，外圍液體作鉛直面旋轉。將水平板改置於旋轉盤上方，使高黏滯係數（4：1）的乙二醇水溶液鉛直落入板上方形形成多邊水躍，逐漸加快旋轉盤的轉速至 ω 時，多邊形都消失；逐漸減少乙二醇的濃度，至完全用水實驗，亦有多邊形出現，我們認為；平板上方的液體的轉動是非圓形水躍的成因。		

利用因次分析法研究圓形水躍的變因	年份:2006	周雨綱、洪健凱、 胡思宇、高頌凱
<p>流量 Q 的液柱由高度 H 處流下，撞到水平板時，輻射狀的向外散開，在半徑 R 處突然跳躍成一水牆，稱為圓形水躍。我們假設影響圓形水躍的變因有 (1) 流量 (2) 高度 (3) 重力加速度 g (4) 黏滯係數 ν，$R = kQ^\alpha H^\beta g^\gamma \nu^\delta$，先用因次分析法找出 α, β, γ, 和 δ 的關係，再用控制變因法實驗，由 $\log R$ 對 $\log Q$ 圖，$\log R$ 對 $\log H$ 圖，及 $\log R$ 對 $\log \nu$ 圖得到 α, β, 和 δ。實驗的結果和近年來期刊上所發表用繁雜數學得到的公式甚為接近。水和酒精的溫度改變時黏滯係數變化很大，甘油水溶液的濃度變化使黏滯係數的變化更大，用以探討黏滯係數對圓形水躍半徑的影響，效果很好。</p>		

貳、研究設備與器材

一、研究器材如下表：

			
矽膠墊	不鏽鋼板	木板	保麗龍板
			
燒杯	自製漏斗	自製木架	水盆

二、研究藥品如下表：

		
甘油	沙拉油	自來水

參、研究方法與過程

一、實驗步驟

(一) 不同黏滯係數液體對水躍現象有何影響。

實驗 1. 用水、甘油、沙拉油從 10 公分高處落下，底部材質為不銹鋼平板，觀察水躍現象的半徑與高度。

(二) 不同高度落下對水躍現象有何影響。

實驗 2. 用水從 10cm、20cm、30cm 高處落下，底部材質為不銹鋼平板，觀察水躍現象的半徑與高度。

(三) 溶液落下底部材質對水躍現象有何影響。

實驗 3. 用水從 10cm 高處落下，底部材質為不銹鋼、木板、矽膠平板，觀察水躍現象的半徑與高度。

二、實驗過程



取不同溶液 300cc

倒入漏斗

使溶液漏下，觀察水躍半徑

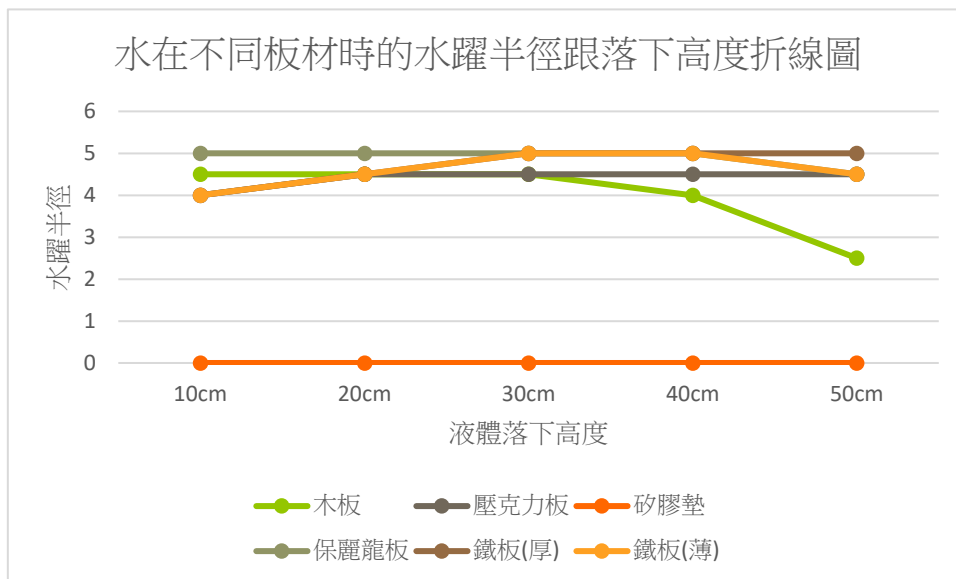
肆、研究結果

我們每種液體都重複做了三次實驗，紀錄三次的水躍半徑後，求其平均值，紀錄結果如下表：

一、水在不同板材上的水躍半徑平均值。

	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
木板	4.5 cm	4.5 cm	4.5 cm	4 cm	2.5 cm
壓克力板	4 cm	4.5 cm	4.5 cm	4.5 cm	4.5 cm
矽膠墊	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
保麗龍板	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	4.5 cm
鐵板(厚)	4 cm	4.5 cm	5 cm	5 cm	5 cm
鐵板(薄)	4 cm	4.5 cm	5 cm	5 cm	4.5 cm

根據我們的實驗數據，可以明顯得知，當水從不同高度落下時，都無法在矽膠墊上形成水躍的圈圈。而除了矽膠墊之外，大多數情況下，水躍的半徑是落在 4-5cm 的範圍中。

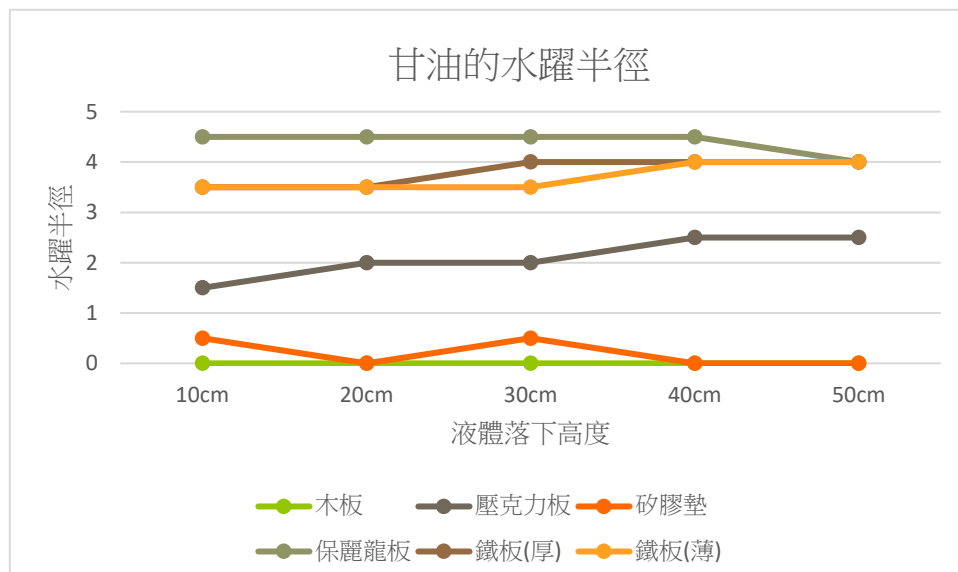


而將數據轉換成折線圖之後，可以看出使用壓克力板、保麗龍板、跟矽膠墊三種板材時，水躍半徑幾乎不會受到落下高度的影響。而使用薄鐵板時，水躍半徑會隨著高度增加而上升，在落下高度為 30~40cm 時，達到最大值。換成木板時，水躍半徑則是隨著落下高度一路下降。

二、甘油在不同板材上的水躍半徑平均值。

	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
木板	0	0cm	0cm	0cm	0cm
壓克力板	1.5	2cm	2cm	2.5 cm	2.5 cm
矽膠墊	0.5 cm	0 cm	0.5 cm	0 cm	0 cm
保麗龍板	4.5 cm	4.5 cm	4.5 cm	4.5 cm	4 cm
鐵板(厚)	3.5 cm	3.5 cm	4 cm	4 cm	4 cm
鐵板(薄)	3.5 cm	3.5 cm	3.5 cm	4 cm	4cm

從實驗數據可以看出，用矽膠墊當作鋪墊的材料時，一樣不太會發生水躍現象，而使用甘油當作落下液體時，木板也不太會發生水躍現象。而其餘板材的水躍半徑則是從 1.5~4.5cm 這個範圍都有出現。



將數據轉換成折線圖之後，可以看出鐵板(薄)、鐵板(厚)、壓克力板三者作為鋪墊時，水躍半徑會隨著落下高度增加而上升；而保麗龍板則是當高度上升到 40cm 時，水躍半徑才開始下降。

三、沙拉油在不同板材上的水躍半徑平均值。

	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
木板	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm
壓克力板	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm
矽膠墊	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm
保麗龍板	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm
鐵板(厚)	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm
鐵板(薄)	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm	1 cm

從實驗數據可以看出，使用沙拉油當作落下液體時，不管鋪墊材質及落下高度(50cm 內)為何，水躍半徑皆維持 1 公分。

伍、討論

生活中最常使用的液體是水，打開水龍頭，看著水落在水槽上，是再自然不過的情景。可是沒有想到水在水槽上形成的圓圈半徑，居然有這麼大的學問。根據我們查到的資料，落下高度、液體的黏稠程度、接觸面摩擦力都會對水躍半徑造成影響。

這次我們選用了水、甘油、沙拉油三種液體，其黏滯係數分別為 $1\text{Pa} \cdot \text{s}$ 、 $0.83\text{Pa} \cdot \text{s}$ 、 $100\text{Pa} \cdot \text{s}$ ；搭配 6 種板材鋪墊，使液體從不同高度落下。從結果可以看出，當液體黏度夠大時，水躍現象主要是受液體影響；而黏度較小時，高度與鋪墊材質才會對水躍半徑造成影響。

水龍頭的水衝撞水平板的時候，水平板上方的一層薄薄的水會因為水柱的衝擊而形成重力波，撞擊水平板的水相當於重力波的波源，重力波由撞擊點輻射狀的向外擴張，波源也輻射狀的向外擴張，水的流速相當於波源的速度 (V_s)。

水龍頭的水剛流入水平板時，水的流速很快(水的流速大於重力波的波速 (V))，即： V_s 大於 V)，當水輻射狀的散開時，同時因為面積漸大，所以流速漸慢，另一方面由於水平板和水之間的摩擦產生黏滯阻力，使得水的流速更快速的減慢。當水的流速等於重力波的波速，即： V_s 等於 V 的瞬間，水位突然上升形成圓形水躍。(李文堂, 2009)

我們選用的材質中，摩擦力最大的是木板；最小的是鐵板。從實驗數據可以看出，摩擦力較大時， V_s 減少得較快， $V_s=V$ 的瞬間會比較早達到，水躍半徑明顯較小。

矽膠墊本身是有彈性的材質，所以水跟甘油落在矽膠墊上時，矽膠墊會吸收其衝擊力，使其無法向外形成重力波。所以水撞到矽膠墊的時候，有點像是換個方向向外流出而已，因此水躍現象不明顯。

而當落下高度增加時，我們以為水躍半徑會跟著增加，不過實際的結果比較像是液體撞到板材之後反彈了，所以水躍半徑並不是一直跟著高度而增加。

六、結論

1. 隨著液體黏滯係數的增加，水躍現象受鋪墊材質及高度的影響會減少。以我們的數據來說，沙拉油(黏滯係數 $100\text{Pa} \cdot \text{s}$)就是一個很好的例子。
2. 在低黏滯係數的液體落下時，若採用彈性較好的材質做鋪墊，水躍現象會較不明顯；反之，若要增加水躍現象，則須採用彈性較差的材質進行鋪墊。
3. 鋪墊材質的摩擦力也會對水躍現象造成影響。根據我們的實驗結果，越光滑的材質，水躍半徑會越大。
4. 液體落下高度在 30~40 公分附近，水躍半徑會達到最大，接著就會因為高度的增加，直接使液體反彈，造成水躍半徑的減少。

柒、參考資料

- 一、呂軒豪，2008。低雷諾數圓形及多邊形水躍的研究。
- 二、周雨鋼、洪健凱、胡思宇、高頌凱，2006。利用因次分析法研究圓形水躍的變因。
- 三、李文堂，2009。圓形水躍