中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組　物理科

030110

「導」力全開，毫秒必「蒸」

—探討凹、凸、平介面的蒸發與導流

學校名稱：新北市立義學國民中學

作者：	指導老師：
國二 莊子揚	陳又君
國二 施育婕	洪寬亮
國二 陳致良	

關鍵詞：介面、蒸發、導流

摘要

觀察鋁椅，發現雨後凹凸面的蒸發速率較平面快，推測與水的蒸發和導流有關。研究後發現，是因雨滴被鋁椅凹凸面切割，擴大佔據介面的面積；且凹面因接觸空氣表面積增加，其蒸發速率大於平面及凸面；當雨滴下時，凸面的水又被凹面拉下，導致整體蒸發速率的提升。

各介面的蒸發與導流皆與水滴形狀有關，蒸發過程水量不斷改變，水滴形狀隨之而異。因與介面的附著力不斷改變，故非等速蒸發。凹面寬越窄，兩壁吸附力越強，可拉開水，增加蒸發面積，但太窄則無此效果。凸面越寬，水滴被拉扁，同樣有此效果。

因水的表面張力在不同介面，造成導流速度不同。凸面的兩緣會限制水珠的寬，使與介面接觸面積較小，速率較快，凹面因附著力太大，所以導流速率最慢。

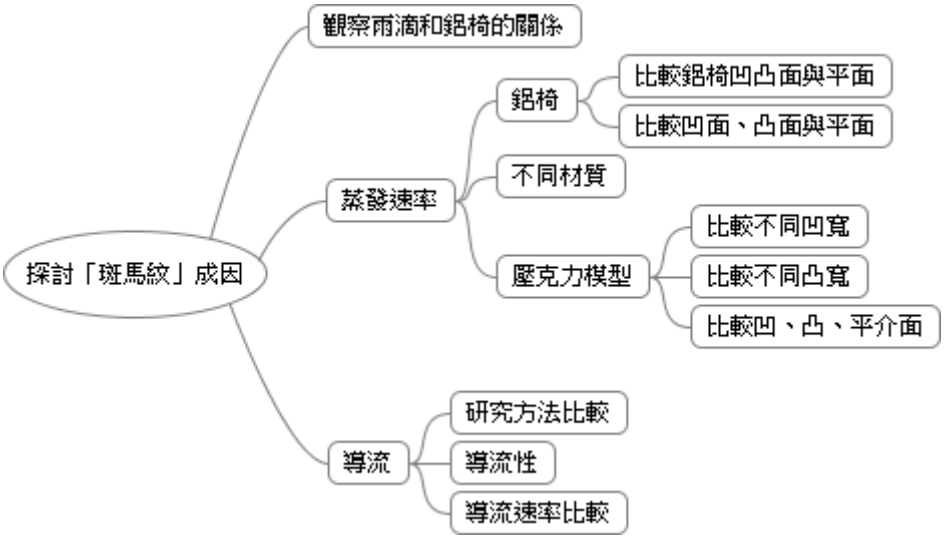
壹、研究動機

有次雨天過後，我們在公園鋁椅上坐著休息。但卻沒注意到椅子上有某些部分未乾！屁股上便有了一條條的「斑馬紋」……於是我們便想探討為什麼褲子不是整片濕，而是部分濕、部分乾？而且對照比較，發現乾的部分竟然是凹凸面，凹面不是會積水嗎?為什麼反而是乾的?

貳、研究目的

一、凹凸條痕、平面三介面與蒸發的關係

二、凹凸條痕、平面三介面與導流的關係



參、研究設備及器材

表一、研究設備與器材

圖片			
名稱	噴霧器	單眼相機	色素
用途	模擬下雨情況	拍攝水蒸發情形	將水珠染色以便觀察
圖片			
名稱	Micropipette 微量滴管	角度調整器	ImageJ 軟體
用途	滴微量且精準的水量	調整不同的角度	測量面積、長度….
圖片			
名稱	手持式顯微鏡	壓克力模型	鋁板
用途	拍攝為小水珠	作為實驗用模型(凸寬2、3、4、5、6mm)	作為實驗用模型 感謝大地實業股份有限公司提供

肆、研究過程及方法

一、比較不同介面的蒸發速率

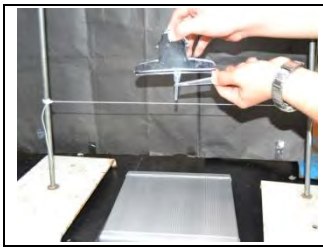
(一)比較鋁板凹凸面和平面上水的蒸發速率

1.實驗條件與作法：

(1)雨滴在鋁椅上的大小是不固定的，若要比較凹凸面和平面的蒸發速率，必須以定量的水進行實驗。除了定量，還要定力滴水，故用夾子以相同力氣夾有相同水量的滴管，並在相同的高度下滴水。

(2)以 ImageJ 測量兩者接觸面積。

(3)觀察不同介面水消失的形狀及大小的變化。



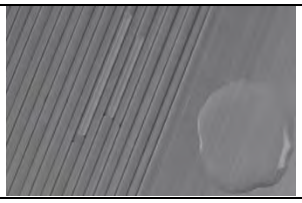
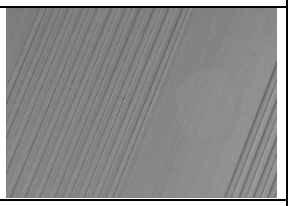
圖一、以等水量比較凹凸面和平面蒸發速率

(4)記錄各介面的蒸發速率。

2.觀察蒸發過程

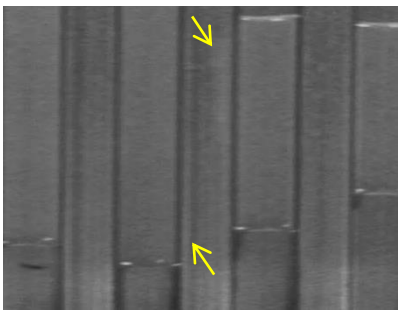
(1)比較各介面水滴消失的快慢

表二、觀察凹凸面和平面的蒸發速率

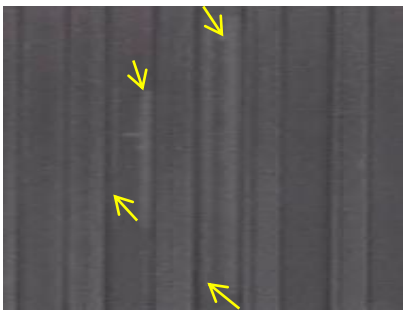
	開始	過程	過程	結束
蒸發狀況				
說明	平面的水是圓形狀，而凹凸面的則是不規則形狀分散在凹凸界面上	凸面的水消失	凹面的水消失	平面的水消失

(2)觀察各介面水消失的情形

水滴在凹凸介面上時因為表面張力會在介面上連成一片，待水漸漸地蒸發，水會被凹凸介面區隔開來。凹凸分隔開後，凸面上的水會被凹面的兩壁吸引，導致水從凸面兩側消失(圖二)。接下來，凹面上的水慢慢蒸發，而後會被兩壁拉開，最後消失(圖三)。



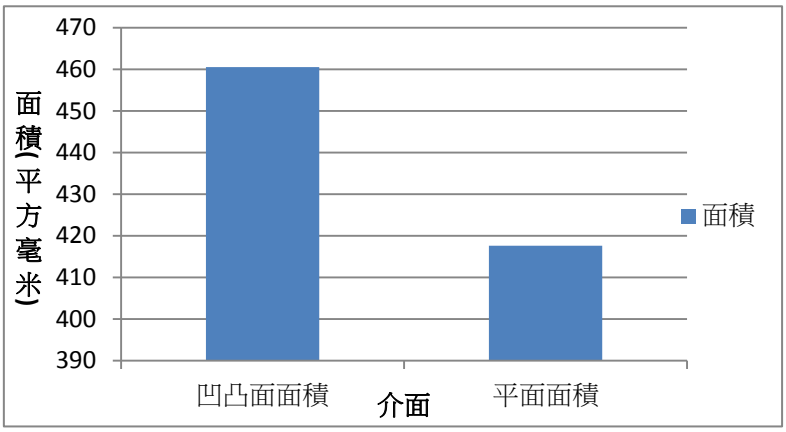
圖二、水被兩邊拉開，造成中間無水，兩邊有水。使表面積較大，使蒸發速率快。(圖中箭頭所指之處為凹面殘水)



圖三、凸面水中間無水，兩邊有水。這證明了凹面會將凸面的水往下拉。(圖中箭頭所指之處為凸面殘水)

備註：圖二、圖三中為使殘水更加清晰，有將圖片之對比度及亮度作些微調整。

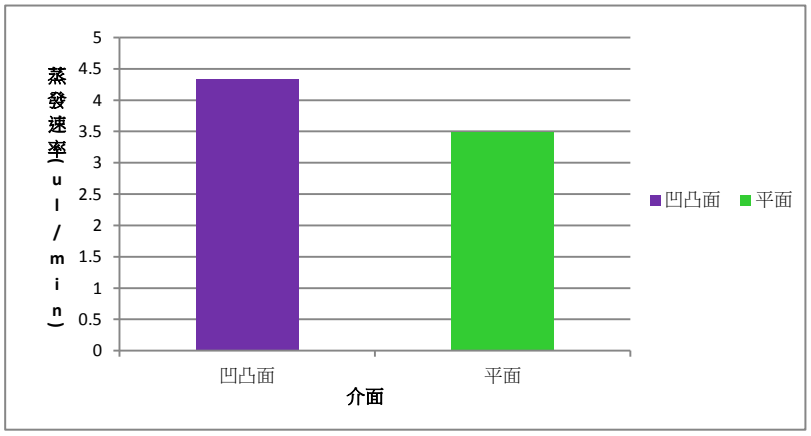
3.比較接觸面積



圖四、兩滴水的接觸面積

凹凸面上面積是平面上水面積的 1.1 倍。

4.比較鋁板凹凸面與平面的蒸發速率



圖五、鋁板凹凸面與平面上水的蒸發速率

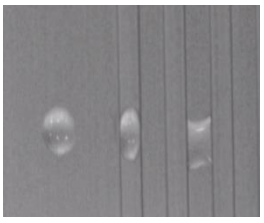
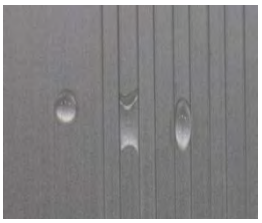
綜合 3.、4.，發現凹凸面水的接觸面積較大，故蒸發速率較快。

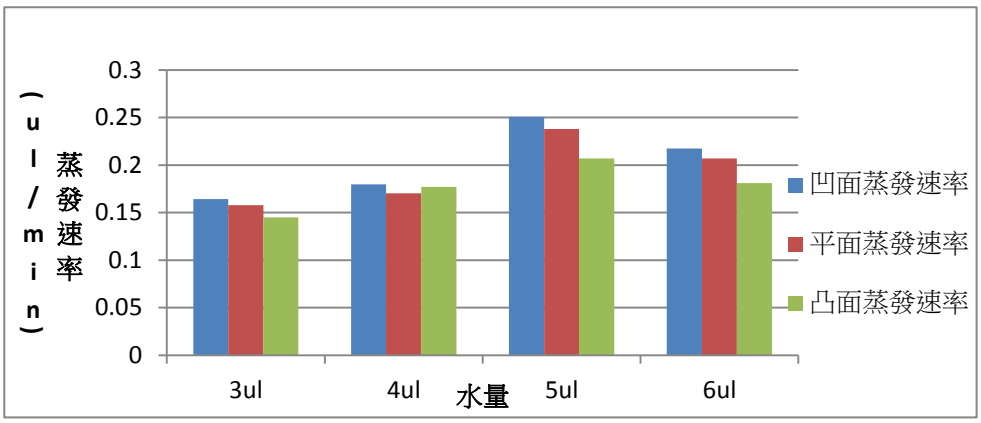
(二)以不同水量分別比較鋁椅上凹面、凸面、平面的蒸發速率

1.實驗條件與作法：

在不同介面以單點滴入水，考慮凸面有一定承載水量，凹面的水不能跨到凸面，故只能比較 3ul~6ul。

表三、3ul~6ul 的蒸發速率的比較

3ul	4ul	5ul	6ul
			



圖六、鋁椅 3ul~6ul 凹凸平的蒸發速率

2.討論：

比較 3ul~6ul 在凹凸面的蒸發速率，得知凹面的蒸發速率比平面快。

觀察水在凹、凸介面的蒸發，可知凸面的水會被凹面拉走，故在整個蒸發時間，除了 31.25%的時間有凸面蒸發，大部分都是凹面在蒸發的。而凹凸面的蒸發速率為平面的 1.24 倍。在比較凹和平面的蒸發速率後，因為凹面蒸發速率較平面快，所以這是導致凹凸面的蒸發速率較平面快的原因之一。

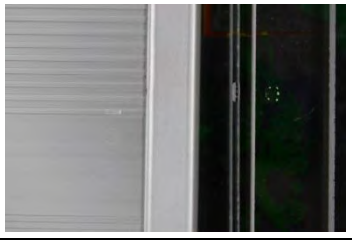
(三)比較不同材質對水滴蒸發的影響

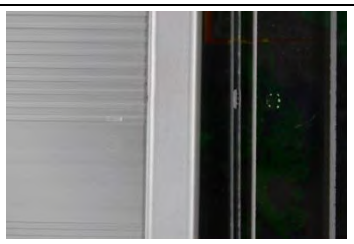
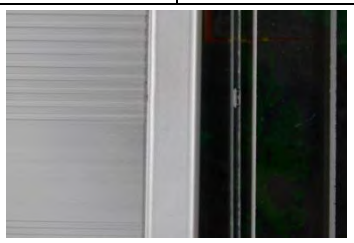
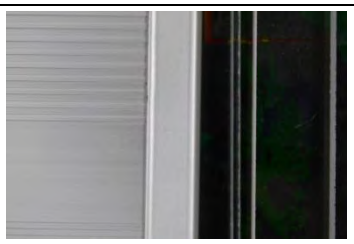
1.實驗條件與作法：

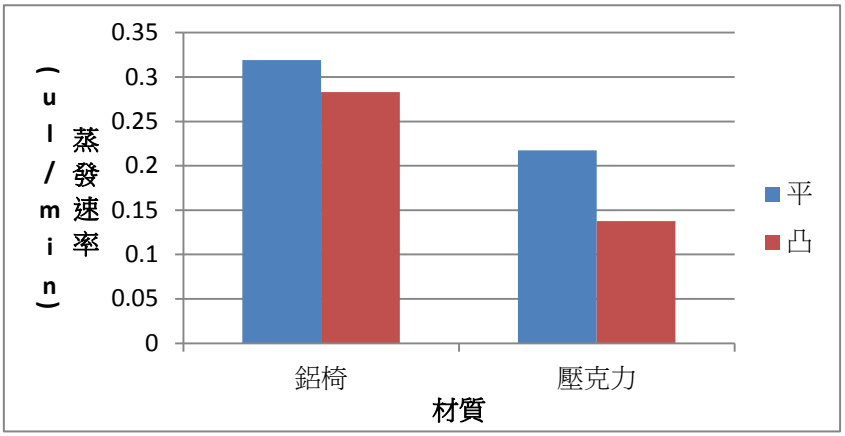
由以上實驗得知凹凸面上水的蒸發速率較平面快，若改變凹面及凸面的寬是否也會影響蒸發速率?為深入了解其中的原因，決定作模型分別比較蒸發速率。

製作鋁金屬模型有困難，市面上有許多壓克力加工廠，於是決定以壓克力作為本研究中模形的材料。但不同材質對水的親和性不同，因此必須先比較兩者對水蒸發造成的影響，且實驗須以同水量進行。

表四、不同材質對水滴影響

	
開始(由左至右的介面為鋁椅、凸寬 2mm 的壓克力、平面的壓克力)	鋁椅平面水蒸發完

		
鋁椅凸面水蒸發完	壓克力平面水蒸發完	壓克力凸面水蒸發完



圖七、材質對水蒸發速率的差異

以等量的水滴在壓克力及鋁椅上，發現鋁椅平面上水珠的接觸面積 16.763mm^2比壓克力平面上珠的接觸面積 15.161mm^2大，故鋁椅上水珠蒸發速率較快。因兩材質上各界面蒸發速率排序相同，所以壓克力板可以取代鋁椅進行實驗。

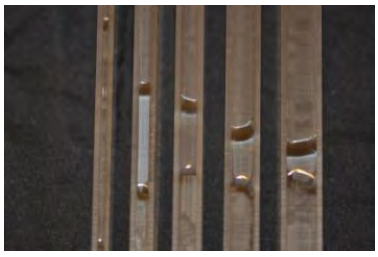
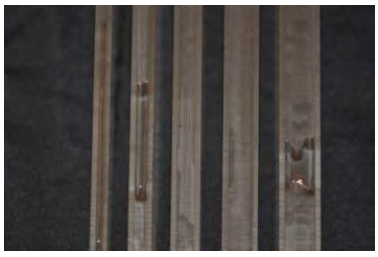
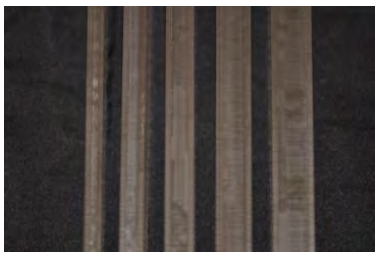
(四)改變凹面的寬度比較蒸發速率

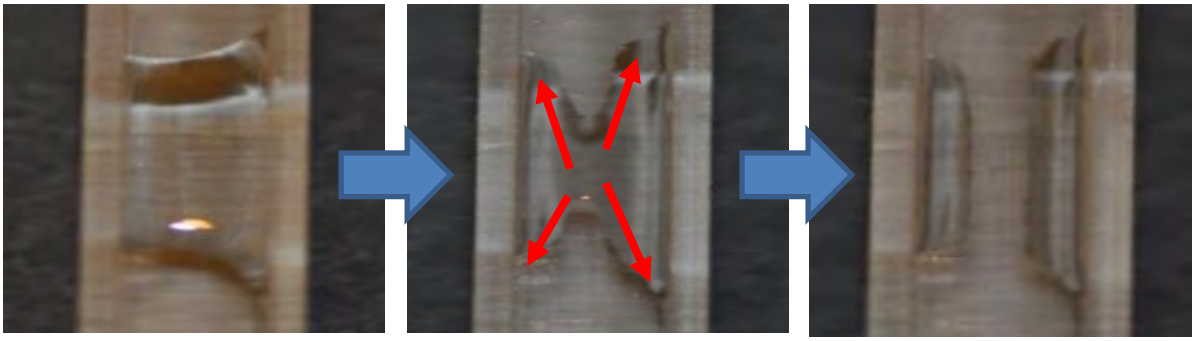
1.實驗條件與作法：

水位於凹面的定義是水珠同時接觸到其接觸介面的兩邊。欲同時比較蒸發速率和不同寬度的凹面有何關係，必須以最大寬度的填滿水量進行實驗。故實驗以 270ul 作為實驗水量，測試 2mm、4mm、6mm、8mm 及 10mm 五種。

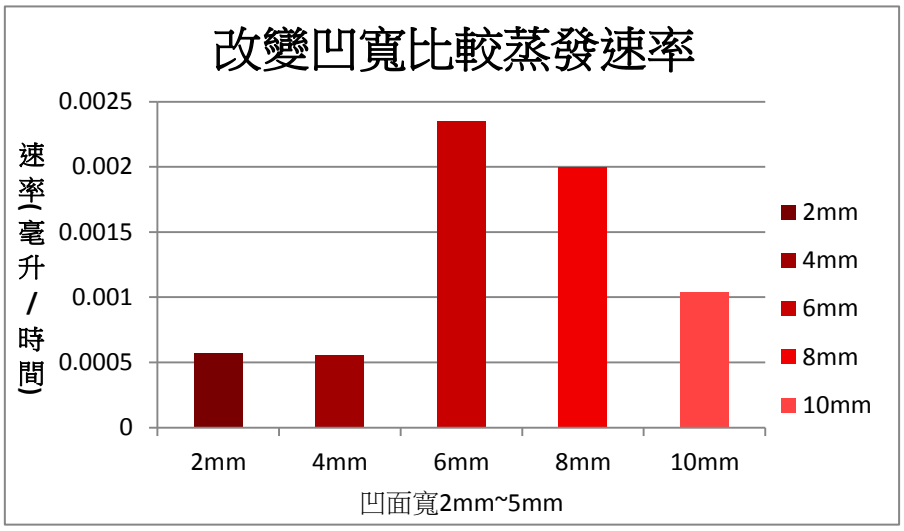
2.結果：

表五、不同凹面寬度水的蒸發過程

蒸發狀況比較			
說明	開始	6mm 蒸發完	8mm 蒸發完
蒸發狀況比較			
說明	10mm 蒸發完	2mm 蒸發完	4mm 蒸發完



圖八、在凹寬 6mm 水流動的情形



圖九、改變凹寬的蒸發速率

3.分析：

可得知蒸發的速率依序是 6mm 而最慢的是 4mm，由影片可以得知蒸發的水是從中間開始蒸發，再從兩邊蒸發。

4.討論：

在不同的凹面滴入等量的水，水都是填滿凹面，可以把它看成是長方體， 高是凹面模型的高度，長寬依各凹面而異，但面積是一樣的。觀察蒸發的整個過程，發現兩邊的溝槽會把水從凹面的中央拉過來，故凹面中央的水會先消失，水會沿溝壁拉長，再消失。6mm 的溝槽拉得最快也最長，所以它消失得最快，其次是 8mm 和 10mm。可是寬度為 4mm 及 2mm 的，因為凹面太窄，水始終黏附在兩壁之間，故兩者蒸發速率最慢且不相上下。

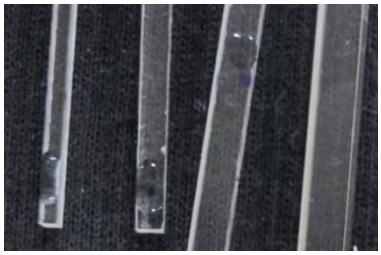
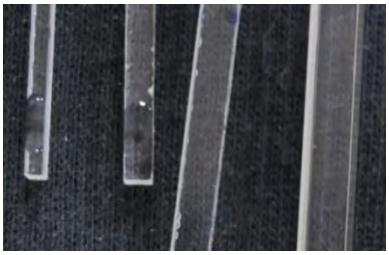
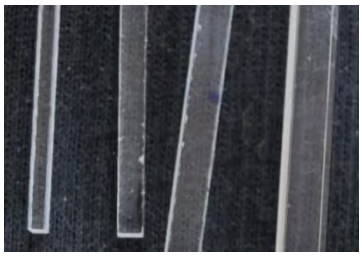
(五)改變凸面的寬度比較蒸發速率

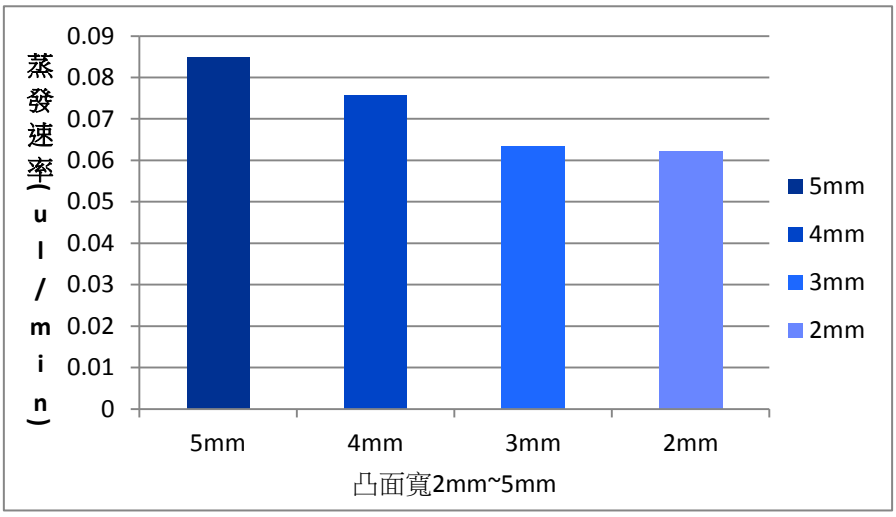
1.實驗條件與作法：

水位於凸面的定義是水珠同時接觸到其接觸介面的兩緣。欲同時比較蒸發速率和不同寬度的凸面有何關係，必須以最小寬度的承載水量進行實驗。故實驗以 17ul 作為實驗水量，測試 2mm、3mm、4mm 及 5mm 四種。

2.結果：

表六、改變凸的寬蒸發過程

蒸發狀況比較			
說明	開始		寬度 5mm 上水滴蒸發完
蒸發狀況比較			
說明	寬度 4mm 上水滴蒸發完	寬度 3mm 上水滴蒸發完	寬度 2mm 上水滴蒸發完



圖十、比較不同凸面的蒸發速率

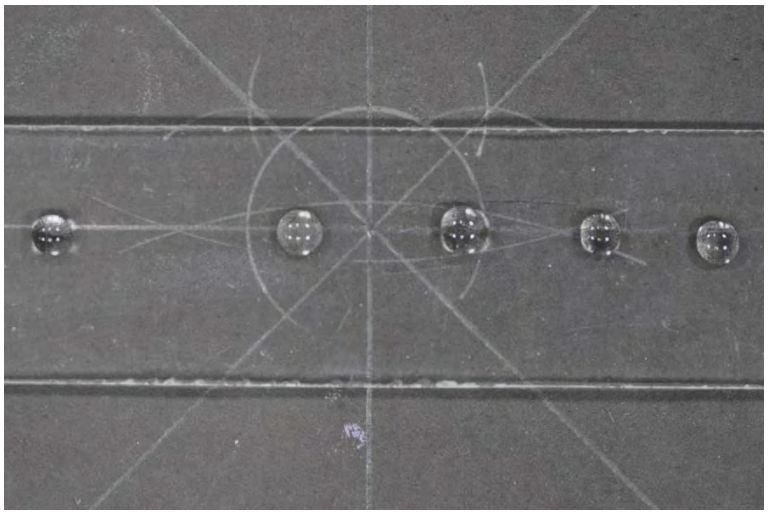
3.分析

由圖表趨勢可知，當凸面寬度越寬，水滴會因介面較寬而被拉得越大。所以其高度較小，故與空氣接觸之表面積較大，蒸發速率就較快。

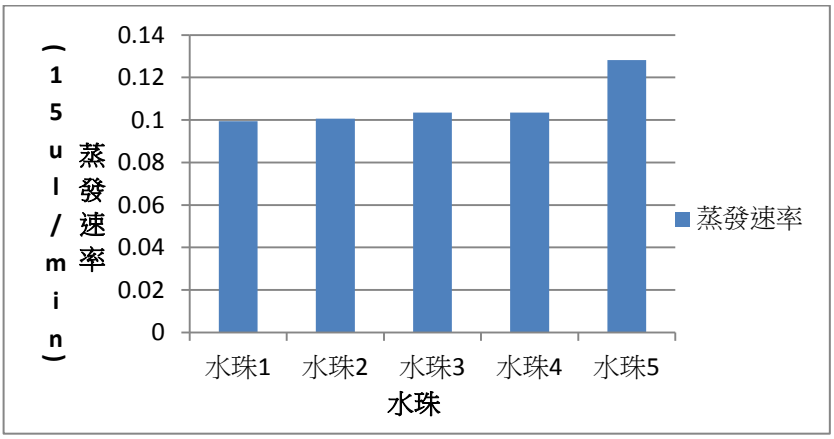
(六)同時比較凹凸平的蒸發速率

在比較蒸發速率前，想了解壓克力的擺放是否會影響到水珠蒸發速率，實驗滴 5 滴水珠，每滴水珠的間距分別為一顆、兩顆、三顆、四顆水珠寬，比較蒸發速率。

1.結果：



圖十一、不同水珠間距對蒸發率的影響



圖十二、不同間距的水珠蒸發速率

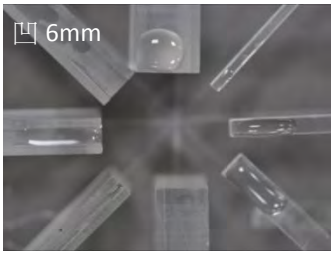
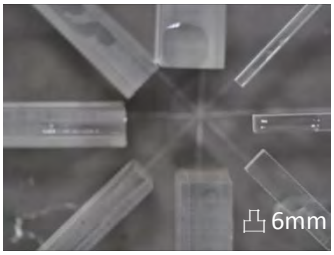
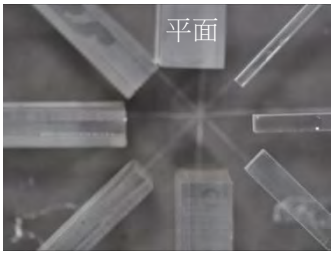
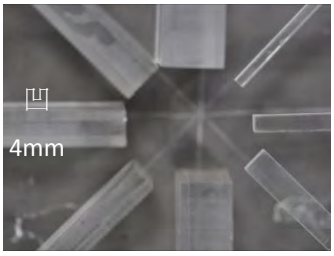
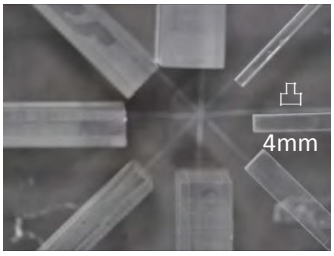
可以發現水珠五和水珠四的間距最大，且只有一邊有水珠，另一邊沒有，因此蒸發最快，而水珠一和水珠二間距較小，蒸發速率最慢，得知，水滴的間距會影響蒸發速率，也就是壓克力的擺放會影響，因此以圓形的方式擺放模型，讓彼此水珠受到的影響最為相同，實驗數據受到影響最小。

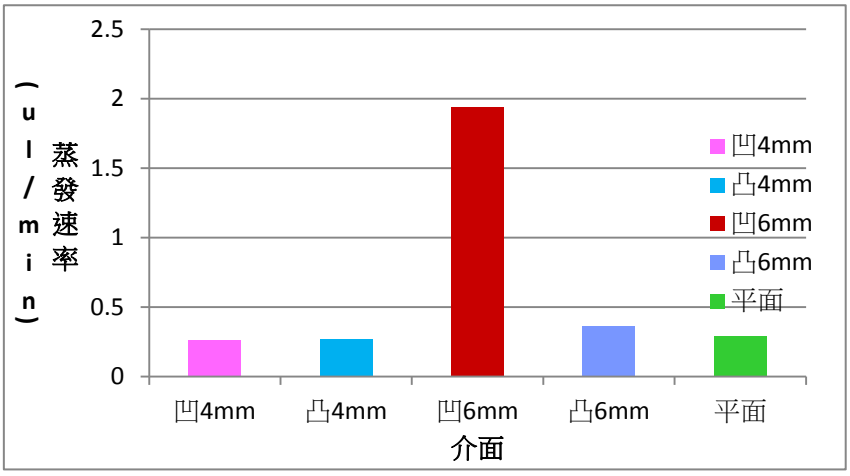
2.實驗條件與作法：

不同的凹寬與凸寬蒸發的速率不同，不同介面差別如何？實驗須以等水量同時比較這些介面，凸面有最大承載量的限制，凹面又要考慮連接兩邊，所以取 97ul 進行研究。實驗時，各壓克力模型要排成圓形，以使其相互間的影響相同。

3.結果：

表七、蒸發最快凹、凸、平組合的蒸發過程

蒸發狀況比較			
說明	凹 6mm 蒸完	凸 6mm 蒸完	
蒸發狀況比較			
說明	平面蒸完	凹 4mm 蒸完	凸 4mm 蒸完



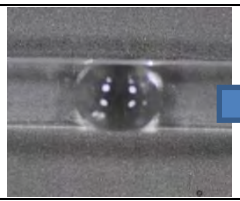
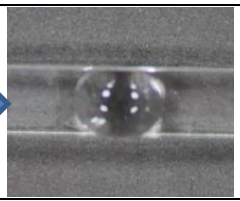
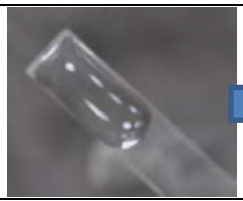
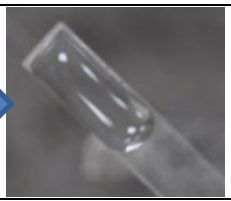
圖十三、蒸發最快凹、凸、平組合的蒸發速率

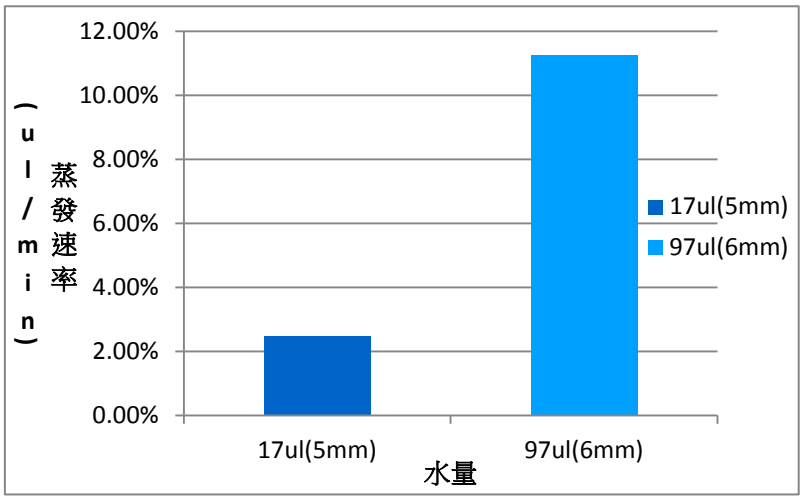
4.討論：

比較（五）、（六）實驗，水同樣滴在凸 4mm 上，只是水量不同，卻發現當水量差 80ul，蒸發速率就差了約 4 倍！於是得知水量的多寡會影響凸面蒸發的速率，可以推測整個過程，蒸發速率並不是等速的。

(七)比較大小水量對凸面蒸發速率關係(大水量：97ul；小水量：17ul)

表八、比較大小水量對凸面蒸發速率關係(左為小水量變化過程；右為大水量變化過程)

			
22.471mm^2	22.758mm^2	29.056mm^2	32.332mm^2



圖十四、比較凸 4mm 大小水量的蒸發速率

1.討論：

大小水量的水滴在蒸發過程中所變大的百分比相差甚多，推想是因為水量較大時，水與凸面兩緣接觸的面積較大，故被拉的較開。換言之，水量與被拉大的百分比呈正關係。

觀察蒸發過程，發現不論在大小水量的蒸發時，兩者水滴都會被拉大。小水量只被拉開了約 2.5%，大水量卻被明顯拉開 11.3%，兩者水滴拉大百分比相差如此之大，這也是為什麼大小水量在同一凸面蒸發時，速率會差這麼多的原因。

二、探討凹、凸及平面三者之間的導流效果

(一)研究方法比較

1.決定測量各角度時滴水的方法：

操作時發現先固定再滴水的缺點：水一滴下去便會往下流，無法準確的測出速率；滴水再抬角度的缺點：抬角度時水珠會被晃動。故想了解哪一種的數據穩定性會較高。

(1)先固定角度後滴水

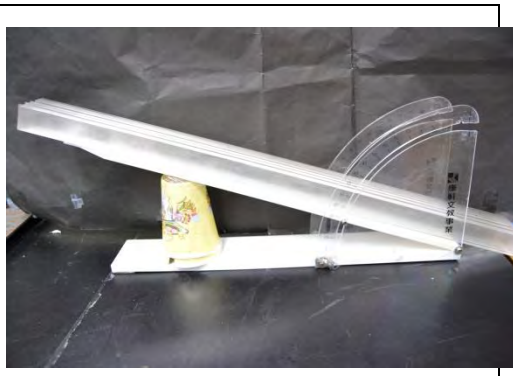
A.將角度調整器調至 20 度角，並將 2mm 溝槽固定上去。

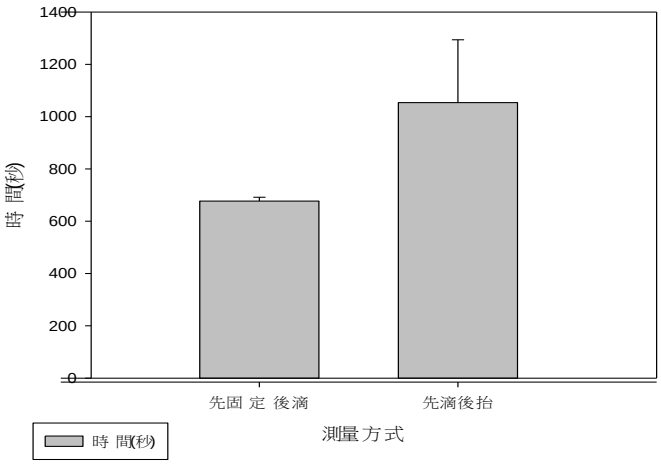
B.滴 100ul 的水在溝槽上，並開始計時直到水至溝槽尾端，重複上述步驟三次。

(2)先滴水後抬角度：

A.將 2mm 溝槽固定上去，在溝上滴 100ul 的水，快速抬至 20 度角後固定不動。

B.抬定位後即開始計時直到水流至溝槽尾端才停止，並重複上述步驟三次。

	
圖十五、角度調整器	圖十六、溝槽擺放位置圖



圖十七、決定角度方式

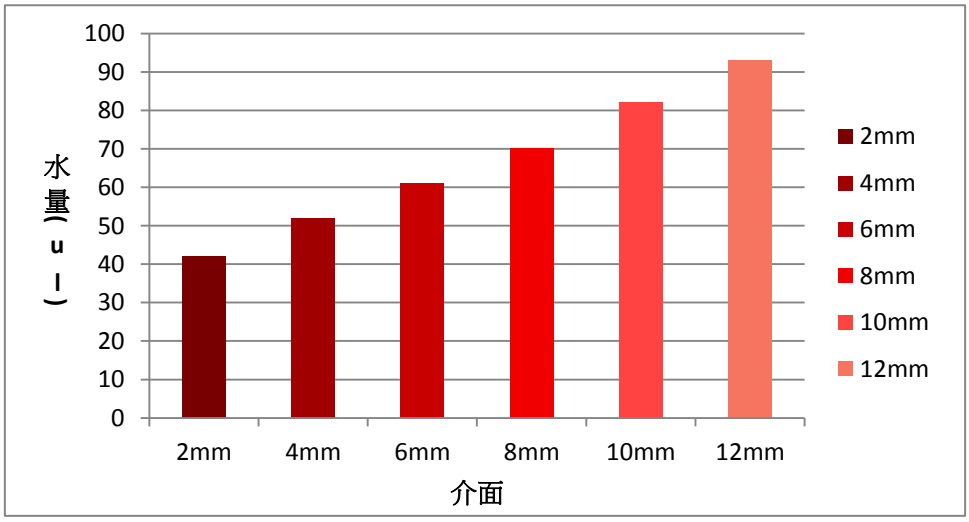
2.結論：

比較這兩種方法，分析之後發現先固定後滴的標準差較小，也就是這種操作方法穩定度較高，比較沒有誤差。

(二)導流性

想要了解各種介面的導流性，也就是需要多少水才能流下來。實驗將先固定角度調整器，然後再滴水。如果越少水量就能流下來，也就是啟動水量越少，表示導流性越好。

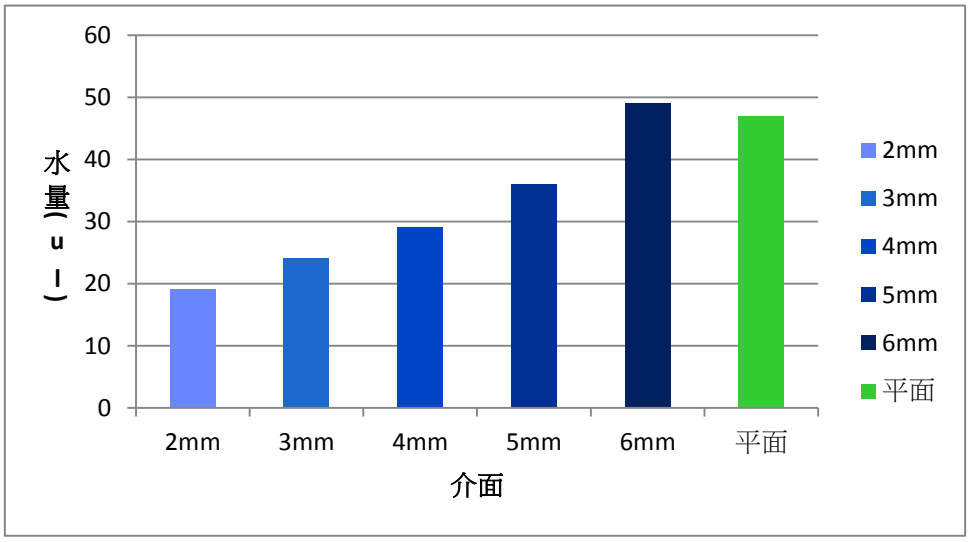
1.比較各種凹面的導流性：



圖十八、各凹面啟動水量

隨著寬度增加，所需要的水量越多，所以導流性越差，寬度每增加 2mm，所需水量就增加 10ul。

2.比較各種凸面和平面的導流性：

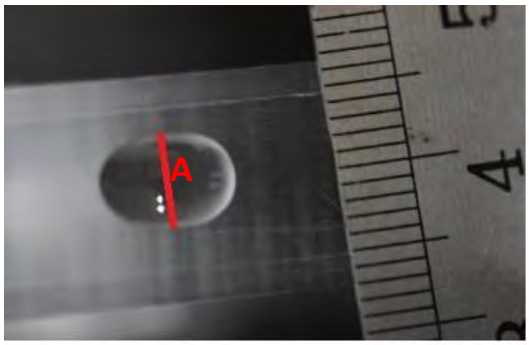


圖十九、各寬凸面及平面啟動水量

凸面越寬，附著力會越強，故所需的啟動水量越多。

3.測量水滴在平面的寬度

表九、平面上水珠的寬

平面俯視圖	
水滴寬度	A=0.565 公分

凸面上的水滴因有凸寬的限制，故水珠的寬度一直是固定的。但平面上的水滴可自由攤開，沒有介面邊緣的限制，測平面上的水滴其寬度介於凸寬 5mm 到 6mm 間，所以啟動水量也介於這兩種溝槽之間。

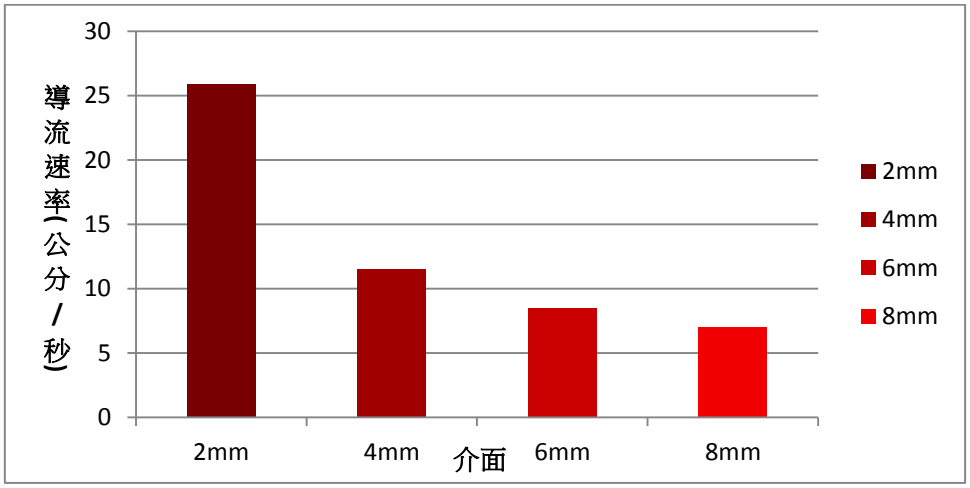
(三)導流速率比較

在接下來的導流速率比較的實驗中，均以先滴水再抬到所要角度來進行。因為在測導流速率時，所滴的水量必為在此條件時所能流動的。也就是在滴水的過程中，水珠會邊滴邊滾，進而導致導流速率不準確。所以以先滴水後抬角度來進行，快速抬至所要角度，藉由慣性使水珠在抬的過程中仍能待在原地。

1.比較不同凹寬的導流速率：

(1)實驗條件與作法：

要比較不同凹寬的導流速率，水量必須固定，但是水量的選擇要使最寬的凹面能夠填滿兩邊，要使最窄的凹面中的水不要流得太快，所以選擇 1000ul。



圖二十、不同凹面導流速率

(2)結論：

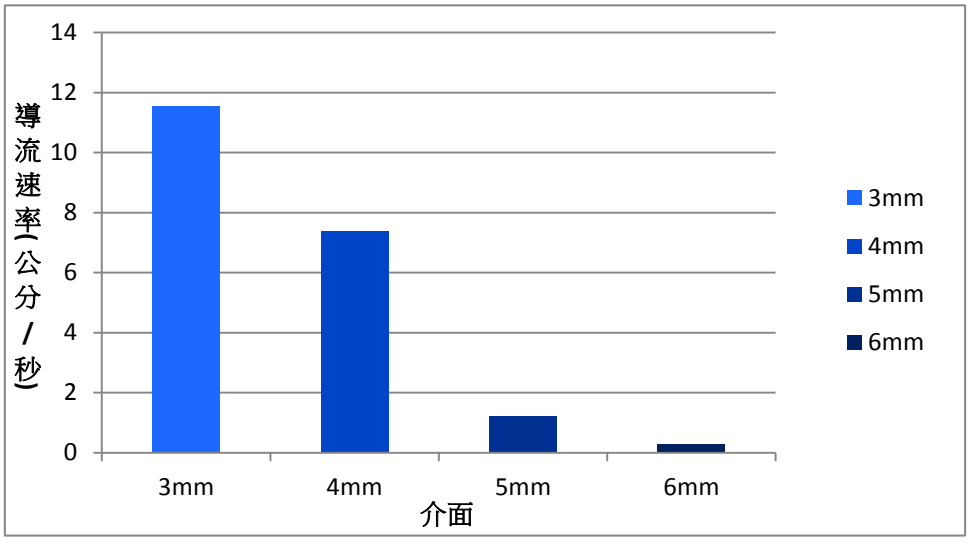
A.隨著凹面的寬度越寬，導流速率就會越慢。

B.同樣的也是因為當凹面越寬的時候，介面與水之間的附著面積加大，附著力

就會增加，故流得較慢。

2.比較不同凸寬的導流速率：

由於滴的水量需相同，受限於最窄的凸寬能乘載的最大水量，所以實驗選擇 100ul，寬度則選擇 3~6mm。



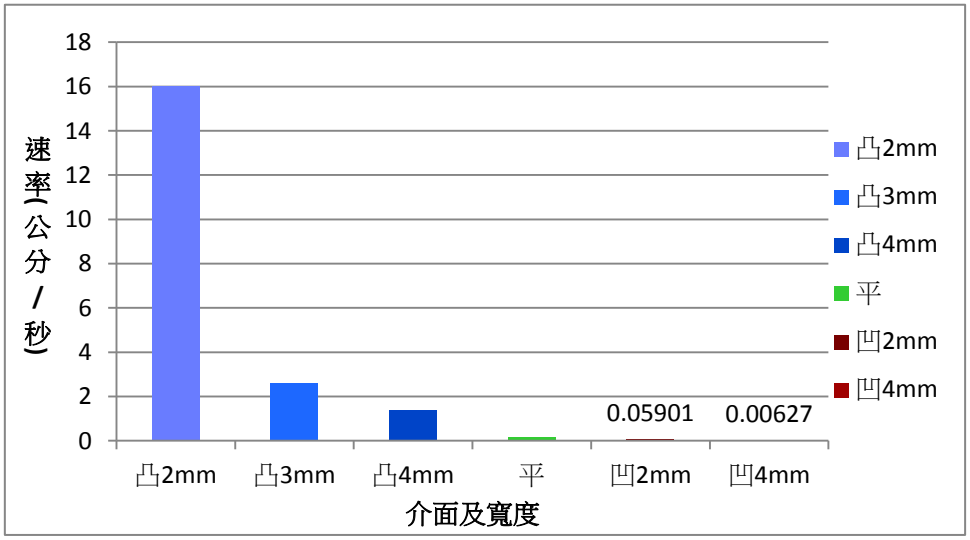
圖二十一、不同凸面導流速率

(1)隨著凸面的寬度越寬，導流速率就會越慢。

(2)同樣的越窄的凸面，水和凸面的接觸面積越小，附著力也越小，所以流得較快。

3.同時比較凹、凸、平三種壓克力模型的導流速率：

水量在 30ul 時最能比較三者的導流速率。故以 30ul 的水量進行實驗。以凹 2mm、凹 4mm、凸 2mm、凸 3mm、凸 4mm 與平面測試。



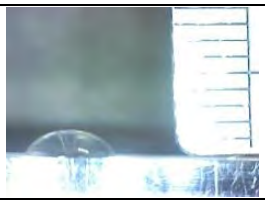
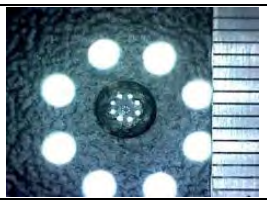
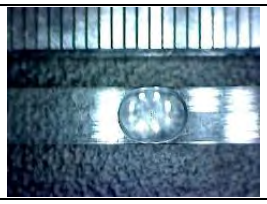
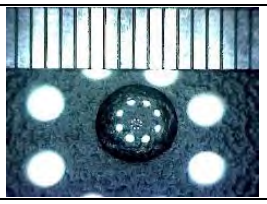
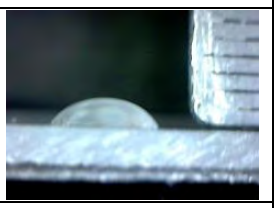
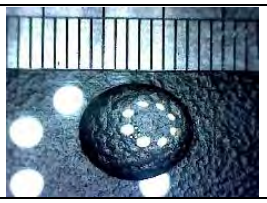
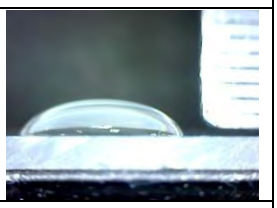
圖二十二、不同凹、凸、平導流速率比較

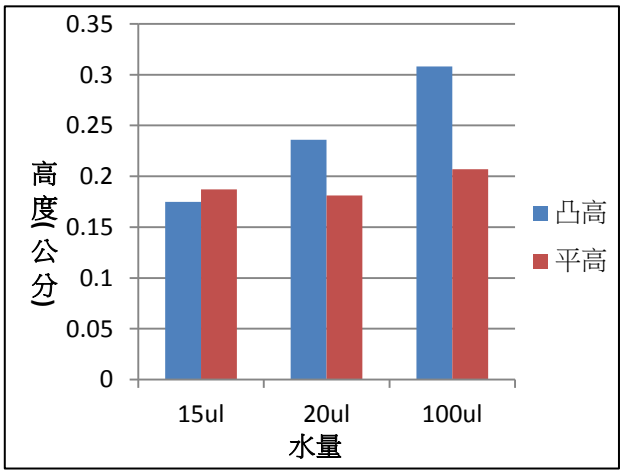
整體而言，導流速率為：凸>平>凹。

4.比較不同水量時，平面與凸面的導流速率和水滴形狀：

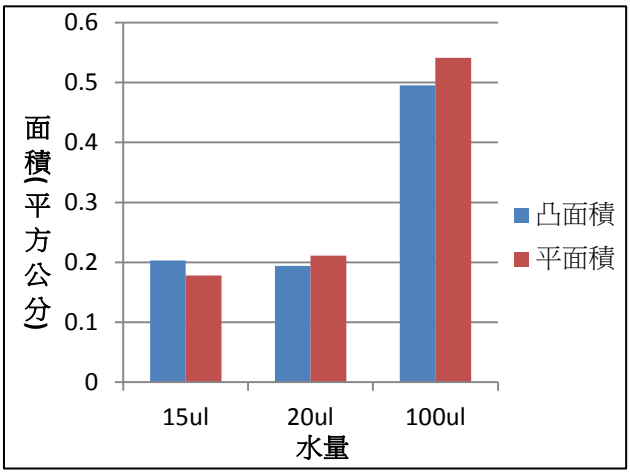
既然啟動水量的多寡和水珠形狀有關，所以又想，那水滴形狀越相近，導流速率是否也會越相近？因此分別滴不同水量在凸面及平面上來加以比較。

表十、不同水量在平面及凸面的形狀(圖片)

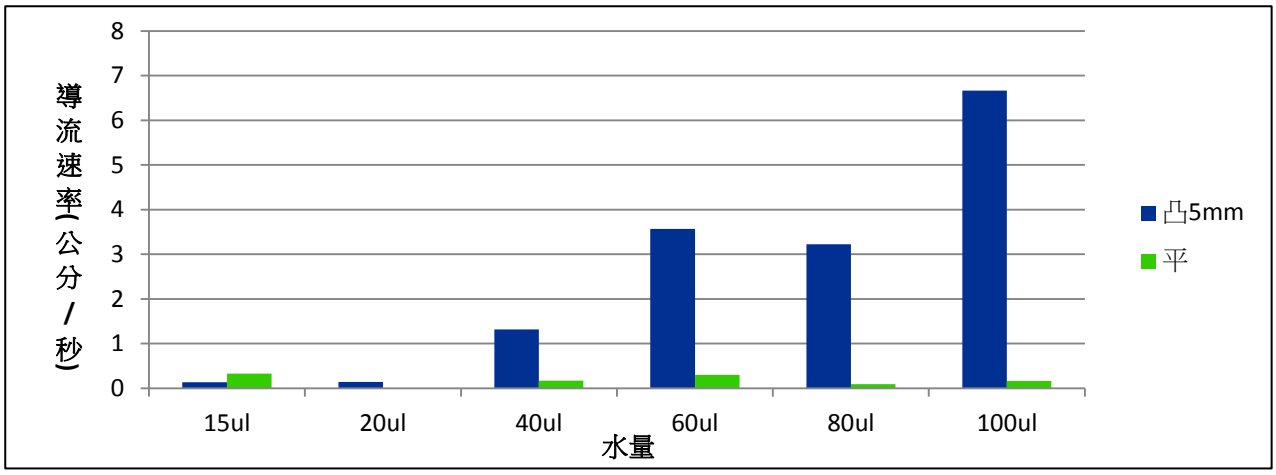
	凸俯視	凸側視	平俯視	平側視
15ul				
	0.203 cm^2	0.175 cm	0.178cm^2	0.187 cm
20ul				
	0.194 cm^2	0.236 cm	0.211 cm^2	0.181 cm
100ul				
	0.495 cm^2	0.308 cm	0.541 cm^2	0.207 cm



圖二十三、不同水量在平面及凸面的高度



圖二十四、不同水量在平面及凸面的面積



圖二十五、不同水量在平面及凸面的導流速率

(1)滴 20ul 時，因兩者面積相似，所以導流速率也會相近。

(2)滴 15ul 時，因在凸面上的水珠會因人為力量使水滴硬是被拉大，所以與介面接觸面積增加，附著力增加，因此導流速率比在平面時來得慢。

(3)滴 100ul 時，凸面上的水珠會因凸面的兩緣限制水珠的寬，使其與介面接觸面積變小，附著力也變減少，因此導流速率比在平面時來得快。

(4)綜合上述(1)~(3)，發現水珠形狀越相近，導流速率真的也會越相近。

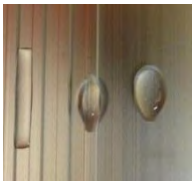
5.同時比較鋁椅凹、凸、平三介面的導流速率：

因為要同時比較導流速率，可是凸面承載水量都比較小，所以只能用小水量去比較三個介面，但又因小水量很難在凹面及平面滾動，所以必須以高角度斜面進行比較，此時凸面上的水會滾動的非常的快速，故實驗改以手迅速抬至 50 度，因慣性的緣故，移動到 50 度過程，水滴不會邊抬邊移，就可以同時比較速率。

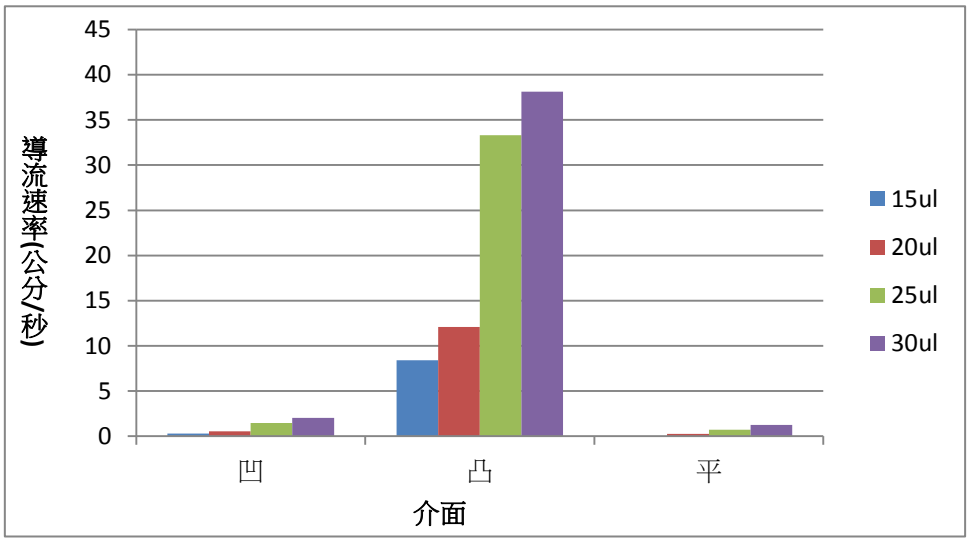
分別以 15~30ul 為實驗水量，同時比較鋁椅上凹、凸、平三面的導流速率。

圖二十六、鋁椅擺放位置

表十一、不同水量在凹凸平三介面的照片

	15ul	20ul	30ul	25ul
全拉				

1.導流速率：



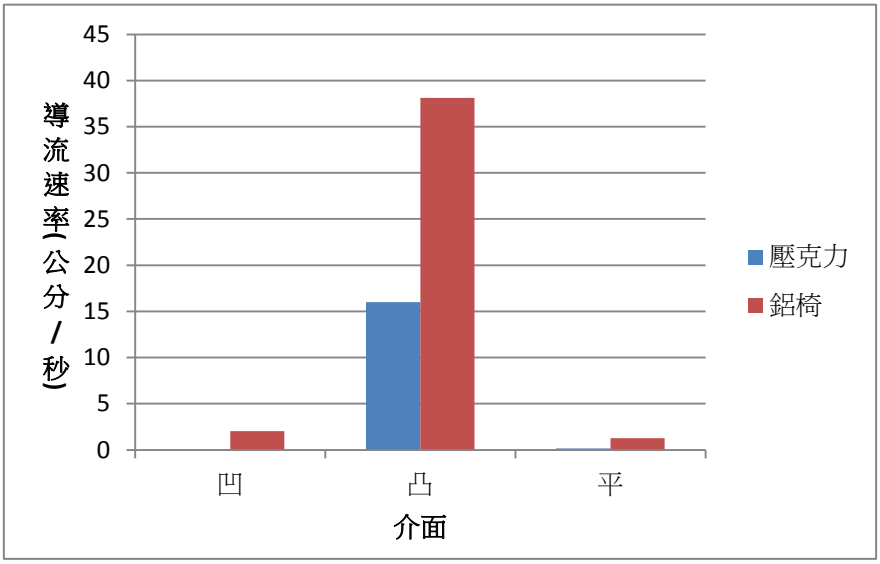
圖二十七、不同水量凹凸平三介面導流速率比較(鋁椅)

(1)水滴越大，造成接觸面積跟重量比例較小，因此附著程度較小，造成導流速率提高。

(2)整體而言，導流速率為：凸>凹>平

6.比較材質是否會影響導流速率：

為了找出壓克力與鋁椅的導流速率有何差異，故找實驗中壓克力與鋁椅條件相同(同為 50 度角，滴 30ul 水)的實驗數據來加以比較。



圖二十八、壓克力與鋁椅導流速率比較

(1)壓克力凹凸平三者的導流速率均比鋁椅來得慢

(2)壓克力導流速率快慢順序：凸>平>凹；鋁椅導流速率快慢順序：凸>凹>平

(3)會造成此現象是因為鋁板的凹面比較淺；壓克力的凹面比較深，由此可知，凹深與材質皆會影響導流速率。

伍、討論

一、研究方法與器材的討論

(一)實驗器材

1.鋁椅樣品

經過網路的搜尋，找到各運動場、棒球場上鋁椅的製造廠商——大地實業股份有限公司。我們因此拿到了鋁椅的樣品，如此就可以在實驗室進行實驗了。感謝大地實業股份有限公司。

2.模型的製作沿革：

因鋁椅上各介面蒸發速率不同，因此想進一步探討不同介面的寬度變化如何影響蒸發速率。而實驗首先面臨的問題就是，如何製作不同寬度的介面。

製作沿革如下：

(1)用冰棒棍製作凹面模型。但因為冰棒棍上高凹凸不平且無法黏牢，導致會漏水，故不採用。

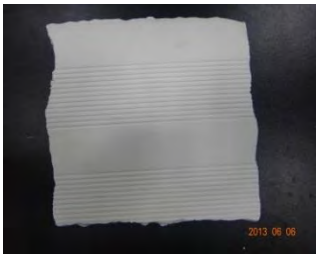
(2)用白膠翻鋁椅的模型。但白膠碰到水後，會變成糊狀且拿起來後難定型，所以改別的材質翻模。

(3)用紙黏土翻模。陰乾後黏土會裂掉且在壓模時其容易變形，如果施力不均更會造成厚度不一致，此方法因此不適用，故還需再想別材質翻模。

(4)用石膏翻模，但石膏容易吸水，實驗又需要將水滴到模型上，這樣就會引響實驗數據，因此不能用這種方式做模型。

(5)用壓克力製作模型，經由工廠黏合後，縫隙較不易漏水，且壓克力不會吸水，符合各項限制，因此決定實驗用壓克力做模型。

表十二、各模型照片

		
用冰棒棍製作	用紙黏土翻模	用石膏翻模

3.模型的清潔與避免刮傷：

(1)避免刮傷：

為避免模型的刮傷，本研究在實驗進行完畢後就將模型以布料包覆，以避免空氣中的灰塵粒子或其他人為影響刮傷實驗的凹凸平介面，導致實驗結果不夠準確。

(2)模型的清潔：

A.清潔：

a.方法一

i 先以打氣筒從介面的斜側邊打氣，將可能落在介面上的灰塵粒子吹掉。

ii 再用觸控面板擦拭專用布沾洗潔劑(市售洗潔劑:純水=1:3)洗淨介面。

iii 最後以乾淨觸控面板擦拭專用布沾純水輕輕擦拭介面，作第二次清潔。

b.方法二

經過數次實驗後發現，以介面活性劑清洗的凹面模型，其上的黏著劑會消失，使水滴在蒸發的過程中會藉由模型的接縫處流走。如此將影響實驗的準確性，故需要調整清洗方式。

i 同方法一，以打氣筒將灰塵吹掉。

ii 以乾淨的觸控面板擦拭專用布沾自來水清洗介面。

iii 同方法一，再以另一條乾淨的觸控面板擦拭專用布沾純水擦拭介面。

B.擦乾：

a.將清洗完介面垂直放置，使其上之大部分剩餘純水流走。

b.以打氣筒從介面的側面灌氣，將水吹掉。

c.若有水留在介面上，用乾淨觸控面板擦拭專用布以按壓方式擦乾介面。

C.為控制好盡可能的所有變因，本研究皆用純水進行實驗。

(二)實驗裝置與操作

於不同的濕度及溫度下分別測量凹凸平三介面的蒸發速率，發現濕度越高的雨天或陰天，水滴的蒸發速率越慢。因外界環境因子會影響蒸發速率，但學校並無恆溫恆濕的空間，因此實驗必須在同一時間進行不同介面的比較，著重在了解不同介面之間的相對關係。

(三)實驗記錄

1.本研究蒸發速率的定義是以「總水量/蒸發所花的總時間」，但是每次蒸發皆須至少花 1.5-2 個小時以上，甚至到 9 個小時，故不可能完全在現場直接觀測並記錄結果，因此決定以相機用間格定時拍攝來觀測水的蒸發情形。但又發現，若單靠拍攝之照片定義蒸發完成的先後順序。照片會因光線折射使水滴留有水痕，難以判斷三介面水珠何時蒸完。因此後來決定以「在現場直接觀測」配合照片記錄結果。

2.以顯微照相機拍攝水珠的前視、俯視、側視圖時，需使顯微照相機與鋁椅平行，以達到前視、俯視、側視的定義；若無法以平行角度拍攝水珠，亦要以同一個角度拍攝不同水滴，易於表面積的比較。

二、研究結果討論

(一)鋁椅的蒸發模式

經由以上的觀察與實驗，可以解釋鋁椅上的凹凸介面蒸發較快的原因有二：

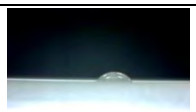
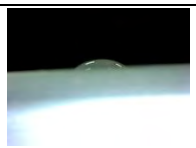
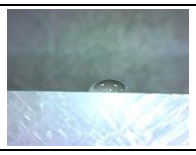
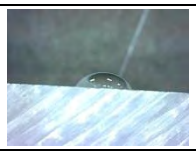
一、當雨滴落在凹凸介面時，凹凸面會將水珠切開，使得水珠飛濺，因此增加了水珠與空氣接觸之表面積；反之，平面上的水只是逐漸累積，並沒有濺開的現象。因此，凹凸面上水的蒸發速率會較平面快。

二、鋁椅上的凹面蒸發速率大於平面及凸面，在蒸發的過程當中，凸面兩邊的水會被凹面拉下，導致蒸發速率較平面快。

(二)比較不同材質的蒸發速率

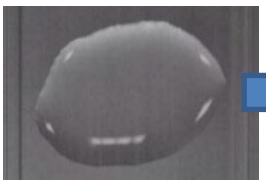
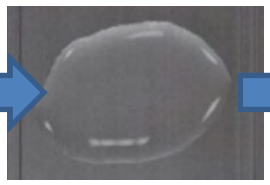
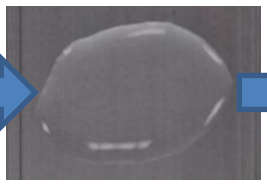
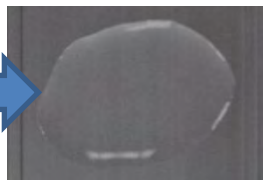
(1)鋁椅為金屬，具親水性，會將水拉開；壓克力介面較疏水，不會將水拉開。因此鋁椅上水的蒸發速率較壓克力上的快。由以下接觸角的測量可驗證之。

表十三、各介面不同水量接觸角

	5ul	10ul	15ul	20ul	25ul
鋁椅					
角度	50.366°	55.961°	52.098°	46.908°	49.452°
壓克力					
角度	65.050°	56.510°	60.779°	56.226°	58.105°

(2)觀察比較水在鋁及壓克力介面的消失情形，發現蒸發過程中，水滴在鋁介面上的接觸面積一直保持一致(如表十四)。而水滴上的燈光形狀由小變大，可知水滴表面由凸面漸變平，也就是水高度漸漸降低，直到蒸乾，表示鋁介面會把水滴固定住(pinging)。水滴在壓克力介面則是接觸面積持續變小，表示水滴沒有被固定的現象。因被固定的水珠(pinging)和空氣接觸的面積較大，這也是為什麼鋁介面的蒸發速率會較快的原因之一。

表十四、鋁椅與壓克力上水的消失情形

鋁椅				
壓克力				

(三)探討壓克力凹凸平三介面的蒸發

1.凹面的蒸發模式：

在蒸發過程中，水會被兩壁拉開拉長，而凹面中間的水位變低，會先蒸發完。由於兩壁對水的吸附力使得接觸空氣的表面積有所變化，實驗結果顯示蒸發速率和寬度並沒有一定的規律。6mm 蒸發最快，因為水最容易被拉開，讓中間的水最快

蒸發完，因此它的蒸發速率最快。雖然凹面越窄越容易拉開水，但 2、4mm 因為寬度太窄，水填滿凹槽，所以蒸發最慢。

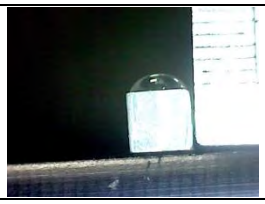
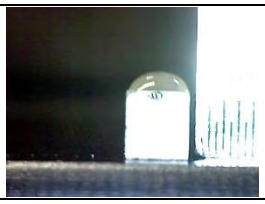
2.平面的蒸發模式

平面上的水俯視時都呈接近圓形，隨著時間的消逝，平面上的水滴越來越薄，直至完全蒸發完。但在蒸發期間，平面上的水都是呈接近圓形的形狀。

3.凸面的蒸發模式

結果發現隨著凸處的寬度越寬，其上之水滴蒸發得越快。推測在寬度小的時候，介面和水分子間的吸附力較小，水滴因內聚力而呈圓球狀，故其與空氣接觸的表面積就減小許多，所以蒸發速率較慢。

表十五、不同寬圖面側視圖

			
5mm	4mm	3mm	2mm

4.比較凹凸平三介面的蒸發速率

蒸發速率為凹寬 6mm>凸寬 6mm>平>凸寬 4mm>凹寬 4mm。顯示凹槽在適當的寬度之下，因為兩壁對水的吸附力，使得水與空氣接觸面積會變得很大，導致蒸發速率甚至大於凸面。平面的蒸發速率介於凸寬 6mm 到 4mm 間，觀察水滴在平面上時，水珠的寬度是介於 4mm~6mm 間，顯示當水滴形狀類似時，蒸發速率也會相似。

(四)導流

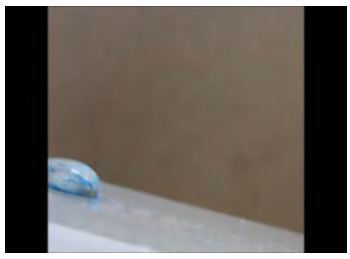
1.為什麼要比較各介面的導流效果

鋁椅凹凸面上的水珠之所以會比平面先乾，推測除了蒸發的原因之外，若鋁椅擺設不平，水珠會沿著鋁椅上的溝紋流動而消失，故想要探討不同介面流動消失的速率有無差異。

2.證明水珠在介面上是滾動前進

壓克力材質的平面作為介面，傾斜 20 度角，並滴上水珠，在水滴的上面滴上水溶性色素，可發現水珠上的染料隨著水珠前進，是順時針往前端移動再往後移動，故推測水珠是滾動前進的。

表十六、水滴染色滾動圖

3.比較各介面導流效果

分兩部分來比較：一是比較水滴在不同介面容不容易流下來。二是比較水滴在不同介面的導流速率。前者是固定介面的角度再滴水，發現無論凹或凸面，因為接觸面積越大，附著力也越大，因此介面越寬，啟動水量越大。而平面的啟動水量是介於 5 和 6mm 寬的凸面，水珠寬度也是介於 5 和 6mm 凸面寬，表示水滴形狀影響導流效果。

比較水滴在不同介面的導流速率，實驗的方法是先滴水後快速抬到所要角度，藉慣性使水珠固定在原位不動，再比較速率。實驗後發現無論凹面或凸面，因為接觸面積越大，附著力也越大，因此介面越寬，導流速率越差。同樣的，水珠形狀也與導流速率有關，測量不同水量在凸面及平面上面積及導流速率，發現形狀越相近，導流速率也會越相近。

鋁椅的導流速率較壓克力快，這是因為鋁椅的凹槽為 0.5mm，會造成此現象是因凹深及材質不同所引起。

鋁椅上以凸面寬 2mm 上的水容易掉落至凹面寬 2mm，且最容易導流，也導流得最快，故鋁椅不平時這也是導致凹凸介面較快消失的原因。

陸、結論

一、 蒸發

（一）水滴在任何一種介面的蒸發速率都不是等速的，因為在整個蒸發過程中，水量不斷改變，水滴的形狀會因為水和各介面的附著力不同而不斷改變，因而影響蒸發速率。

（二）凹面寬度越窄吸附力越強，越容易把水拉到兩側，但若凹面太窄，導致水太厚，所以蒸發速率最慢。

（三）凸面越寬，水滴被拉扁，因此水與空氣接觸之表面積就較大，蒸發速率因而較快。

二、導流

水滴在不同介面的導流速率不同，同樣是因為水滴形狀不同所造成的。凸面的兩緣會限制水珠的寬，使與介面接觸面積較小，速率較快，凹面因附著力太大，所以導流速率最慢。

三、鋁椅凹凸面上水消失較快的原因

(一)凹凸介面切割水，使接觸空氣面積增加。

(二)凹面使水與空氣接觸面積增加，故蒸發速率較平面及凸面快。

(三)因凹凸面寬皆為 2mm，當介面不平，有利導流。

柒、參考資料及其他

一、郭重吉 ，2012 年 8 月 ， 自然與生活科技(課本)2 上 ， 台南市：南一書局 ，p.152

二、陳眉君、黃凡真、張芳瑀、王虹雅 ， 第 50 屆中小學科學展覽會 ， 水滴在高溫鋸齒狀金屬表面上的爬坡現象國中組物理科, 臺中縣：大雅國民中學

三、鄧奉芸、張翠文 ， 第48 屆全國中小學科學展覽會 ， 力爭向上的水滴國中組物理科 ， 臺中縣：大雅國民中學

【評語】030110

本件主要探討蒸發、導流速率與表面積的關係，研究結果尚稱完整,也能應用於屋頂、牆壁等雨水流下或蒸發的相關現象及改進，但未能做和材質的相關性，有點可惜，對於環境條件未能做恆定控制，有待改進。