

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 物理科

佳作

030113

雙液滴的碰撞現象

學校名稱：臺中縣立大雅國民中學

作者：  國一 唐琳  國一 陳欣愉  國二 姚立軒  國二 張嘉修	指導老師：  鐘文生
--	------------------

關鍵詞：雙液滴、碰撞、表面張力

# 雙液滴的碰撞現象

## 摘要

我們經過一連串的實驗，我們發現雙液滴碰撞會彈開與液滴的表面張力有關。當碰撞的兩液滴的表面張力相同，則雙液滴在碰撞瞬間會黏合在一起而成為一顆液滴；但如果是兩液滴的表面張力差距越大，則雙液滴在碰撞瞬間彈開的機率將升高，機率甚至高達百分之百。另外，液滴在碰撞前的瞬間速率、碰撞的方式(擦撞或正面碰撞)和質量大小也將影響雙液滴彈開的機率。瞬間速率越快則彈開機率較低，相反的，彈開機率則升高。雙液滴使用擦撞的碰撞方式，其彈開機率較正面碰撞來的大。這幾個結果顯示，碰撞的力道越大，雙液滴越容易黏合在一起，相反的，越容易彈開。

## 壹、研究動機

我們是一群資優班的學生，我們有一門課叫做「專題研究」，只要是資優班的學生都會上這門課，有分語言專題研究及科學研究，我們選擇從事科學研究，未來不僅可做為資優生審核的資料，也是讓我們學習科學知識的一個途徑，做的好的話，還可以參加校外科展比賽。一開始我們不知道要做什麼，我們上網查一些歷屆科展的作品，也看了學校歷屆學長姐參加科展的文章。直到有一位同學發現一件資料，就是水滴會在高溫金屬表面上停留很久的時間而不會蒸發，這個現象令我們感到驚奇，我們就決定要去了解這到底是怎麼一回事，但後來我們發現這已經有理論解釋這樣的現象了，而這已經經過一個月的摸索。本來我們已經決定要換題目了，但後來有一個大膽的同學拿學校實驗室所使用的變性酒精，把它滴在高溫金屬表面上，本來也只是想要亂玩，結果我們有了另一個大發現：變性酒精液滴與蒸餾水滴在相互撞擊後居然會彈開分離，這樣的結果引起我們的注意，我們的疑問是：為什麼兩顆液滴會彈開呢？所以我們決定朝「兩顆液滴的碰撞」的有趣現象來進行深入研究，希望得到一些有價值的結果，進一步解答我們心中的疑問。

## 貳、研究目的

- 實驗一、研究雙液滴碰撞彈開的機率與液體種類的關係。
- 實驗二、觀察加熱器加熱溫度與鋁金屬表面溫度的關係。
- 實驗三、研究雙液滴碰撞彈開的機率是否受到鋁金屬表面溫度的影響。
- 實驗四、改為較小的液滴，觀察是否影響實驗三的結果。
- 實驗五、比較變性酒精作為「被撞角色」與「主動撞擊別人的角色」，兩者情形對雙液滴碰撞

彈開的機率是否有所影響。

實驗六、研究兩顆相同種類(成分)的液滴相互撞擊時，對雙液滴碰撞彈開機率的影響。

實驗七、改為較小的液滴，探討是否影響實驗六的結果。

實驗八、使用丙酮與正丙醇做為碰撞溶液時，對雙液滴碰撞彈開機率的影響。

實驗九、使用不同濃度的變性酒精作為被碰撞液滴時，對雙液滴碰撞彈開機率的影響。

實驗十、計算出在 L 型軌道上滾動的液滴在撞擊前的瞬間速率。

實驗十一、改變液滴在碰撞前的瞬間速率對雙液滴碰撞彈開機率的影響。

實驗十二、比較液滴為正面碰撞與擦撞兩種不同狀態對雙液滴碰撞彈開機率的影響。

### 參、研究設備與器材

- 一、600 萬畫素照相機，具攝影功能，如圖一。
- 二、電子平面加熱器，上限為 540°C，如圖二。
- 三、鋁片軌道組，如圖二。
- 四、平面鋁片。
- 五、燒杯數個。
- 六、塑膠滴管數枝，滴大水適用。針筒數個，滴小水適用。
- 七、蒸餾水、變性酒精、米酒 19.5%、洗碗精 1%、丙酮、正丙醇。
- 八、溫度計，如圖三。
- 九、數位攝影機
- 十、電子秤



圖一



圖二



圖三

### 肆、研究過程與方法

#### 實驗一的實驗步驟

- 1、使用一片平面鋁片。
- 2、將鋁片表面溫度固定在 280°C 左右。
- 3、將兩滴蒸餾水滴在鋁片表面上，觀察水滴相互碰撞的情形。計算水滴在第一次碰撞時彈

開的機率。

- 4、把各種不同成分的液滴交換滴在鋁片表面上，觀察水滴相互碰撞的情形。計算水滴在第一次碰撞時彈開的機率。

**※注意一：**我們發現加熱器上顯示的溫度與我們使用的溫度計所測量得到的值並不一樣，所以考慮到溫度的問題，我們做了實驗二：溫度校正實驗。

**※注意二：**實驗一在操作上有一個缺點，就是水滴滾動的速率及方向是無法掌控，我們為了讓每一次的水滴滾動方向及速率可以得到準確的控制，我們購買 L 型的鋁金屬來做實驗，使水滴可以穩定的在一個軌道上來前進並進行碰撞。所以實驗二之後的實驗皆是使用 L 型鋁金屬軌道。

### 實驗二的實驗步驟

- 1、使用 L 型鋁金屬軌道與一台加熱器。
- 2、將加熱器顯示溫度調至 250°C，等十分鐘。
- 3、使用溫度計測量鋁片表面溫度並記錄下來。
- 4、將加熱器顯示溫度調至 300°C，等十分鐘。使用溫度計測量鋁片表面溫度並記錄下來。
- 5、重複上述動作將平面加熱器顯示溫度調至 350°C、375°C、400°C、450°C、500°C、540°C，測量鋁片溫度並記錄下來。

### 實驗三的實驗步驟

- 1、為了避免碰撞時會產生亂撞的情形，我們後期都利用 L 型鋁金屬軌道進實驗，並固定 L 型鋁金屬軌道傾斜 3 度角。
- 2、將液珠(蒸餾水、洗碗精、米酒)滴在軌道 0 cm 處(終點的地方，靜止狀態)，再將變性酒精滴在 10 cm 處(較高處)，此變性酒精會順著軌道滾下而去撞擊下方靜止的液珠(蒸餾水、洗碗精、米酒)。
- 3、改變加熱器溫度為 350°C、400°C、450°C、500°C、540°C(相對應：鋁金屬表面溫度分別為 261°C、307°C、339°C、384°C、415°C，參考實驗二)，重複第三步驟。



圖四

### 實驗四的實驗步驟

實驗方法如實驗三，不同的是，此實驗使用「針筒」滴出較小顆的液滴。

### 實驗五的實驗步驟

- 1、使用塑膠滴管來製造液滴(較大顆)，首先將變性酒精滴在軌道 0 cm處(終點的地方，靜止狀態)，而其他液珠(洗碗精和米酒)滴在軌道 10 cm處(較高處)，則液珠(洗碗精和米酒)會由上方滾下撞擊下方靜止的變性酒精。統計彈開機率。
- 2、改變溫度之後，重複步驟 1。
- 3、引用實驗三與此實驗的資料進行比較，分析結果。

### 實驗六的實驗步驟

- 1、使用塑膠滴管來製造液滴(較大顆)，首先將大液珠(變性酒精、米酒、洗碗精、蒸餾水)滴在軌道 0 cm處(終點的地方，靜止狀態)，再滴一相同種類的大液珠滴在軌道 10 cm處(較高處)，上方的大液滴將滾下去撞下方靜止的大液珠。統計彈開機率。
- 2、改變溫度之後重複步驟 1。

### 實驗七的實驗步驟

- 1、實驗方法如實驗六，不同的是，此實驗兩滴都使用「針筒」滴出較小顆的液滴。

### 實驗八的實驗步驟

- 1、使用塑膠滴管來製造液滴(較大顆)，首先將大液珠(變性酒精、正丙醇、丙酮、米酒、洗碗精、蒸餾水)滴在軌道 0 cm處(終點的地方，靜止狀態)。
- 2、再滴一顆丙酮或正丙醇(大液珠)在軌道 10 cm處(較高處)，此丙酮或正丙醇液滴將滾下去撞下方靜止的大液珠。統計彈開機率。

### 實驗九的實驗步驟

- 1、拿取變性酒精加水稀釋，配成 40%、50%、60%、70%等重量百分濃度。
- 2、使用塑膠滴管來製造液滴(較大顆)，首先依序將 70%、60%、50%、40%等變性酒精濃度的液滴滴在軌道 0 cm處(終點的地方，靜止狀態)。
- 3、再滴一顆沒有稀釋的變性酒精在軌道 10 cm處(較高處)，此變性酒精液滴將滾下去撞下方靜止的大液珠。統計彈開機率。

### 實驗十的實驗步驟

- 1、放一支尺在 L 型軌道前面，藉此知道水滴滾動的距離。
- 2、將鋁金屬表面溫度固定在 384°C(加熱器加熱溫度為 500°C)。
- 3、將水滴滴在軌道 5cm 處，水滴滾下，滾動距離有 5cm，使用照相機連拍液珠(蒸餾水)撞到另一個液珠(蒸餾水)的瞬間，照相機設定每秒照六十張照片。
- 4、在電腦螢幕上將照片顯示出來，計算水滴瞬間的滾動距離及時間。使用距離除以時間計算速率。
- 5、滴在軌道 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm處，重複步驟 3、4。

### 實驗十一的實驗步驟

- 1、我們將溫度固定在 384°C(加熱器加熱溫度為 500°C)。
- 2、將液珠(蒸餾水、米酒)滴在軌道 0 cm，再將另一個液珠(變性酒精)滴在軌道 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm處，使其相撞，統計碰撞而彈開的機率。

### 實驗十二的實驗步驟

- 1、我們使用軌道組，然後在軌道上擺了一個小鋁片，藉由這個小鋁片，使液滴產生擦撞的撞擊方式。
- 2、在軌道 0 cm處滴一滴液滴(洗碗精，靜止狀態)，再將另一個液滴(變性酒精)滴在軌道 10 cm處(在高處)。則變性酒精液滴將由上方滾下，再擦撞下方的液滴(洗碗精，靜止狀態)。統計碰撞彈開的機率。
- 3、把小鋁片移開，使用正面碰撞的方式，重複步驟 2，統計碰撞彈開的機率。

## 伍、研究結果

### 實驗一的研究結果

一、實驗目的：研究雙液滴碰撞彈開的機率與液體種類的關係。

二、實驗數據：

三、液滴碰撞照片：(照片中：較小顆的為變性酒精，較大顆為米酒)

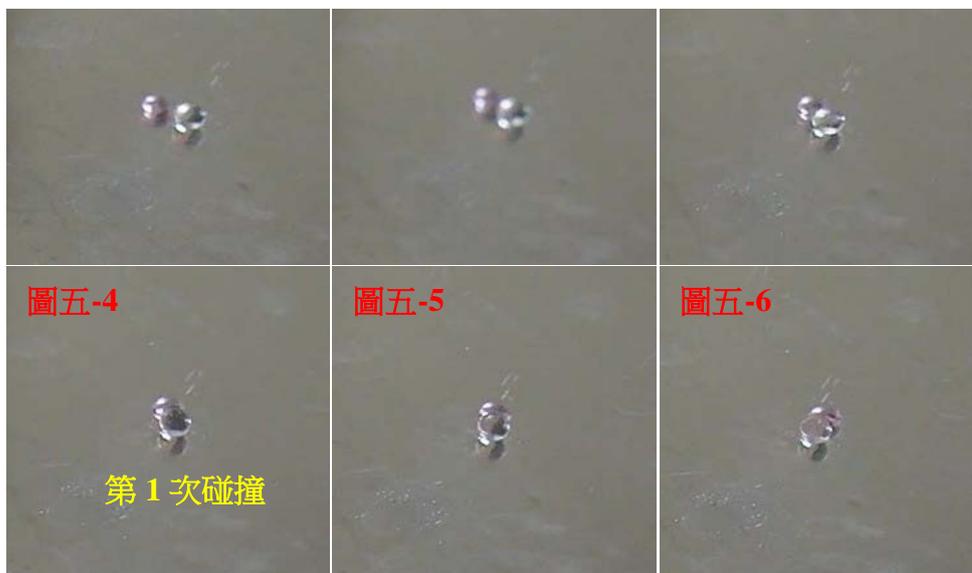
被碰撞物 碰撞物	水	變性酒精	米酒(19.5%)	洗碗精 (10%)	酒水(10%)
水	撞 1:10% 撞 2:20%	撞 1:10% 撞 2:0%	撞 1:0% 撞 2:--%	撞 1:14% 撞 2:0%	撞 1:0% 撞 2:--%
變性酒精	撞 1:58% 撞 2:90%	撞 1:25% 撞 2:0%	撞 1:70% 撞 2:100%	撞 1:46% 撞 2:88%	撞 1:20% 撞 2:80%
米酒(19.5%)	撞 1:2% 撞 2:0%	撞 1:18% 撞 2:100%	撞 1:0% 撞 2:--%		
洗碗精(1%)		撞 1:18% 撞 2:33%	撞 1:0% 撞 2:--%		
酒水(10%)	撞 1:0% 撞 2:--%	撞 1:2% 撞 2:100%	撞 1:2% 撞 2:100%		

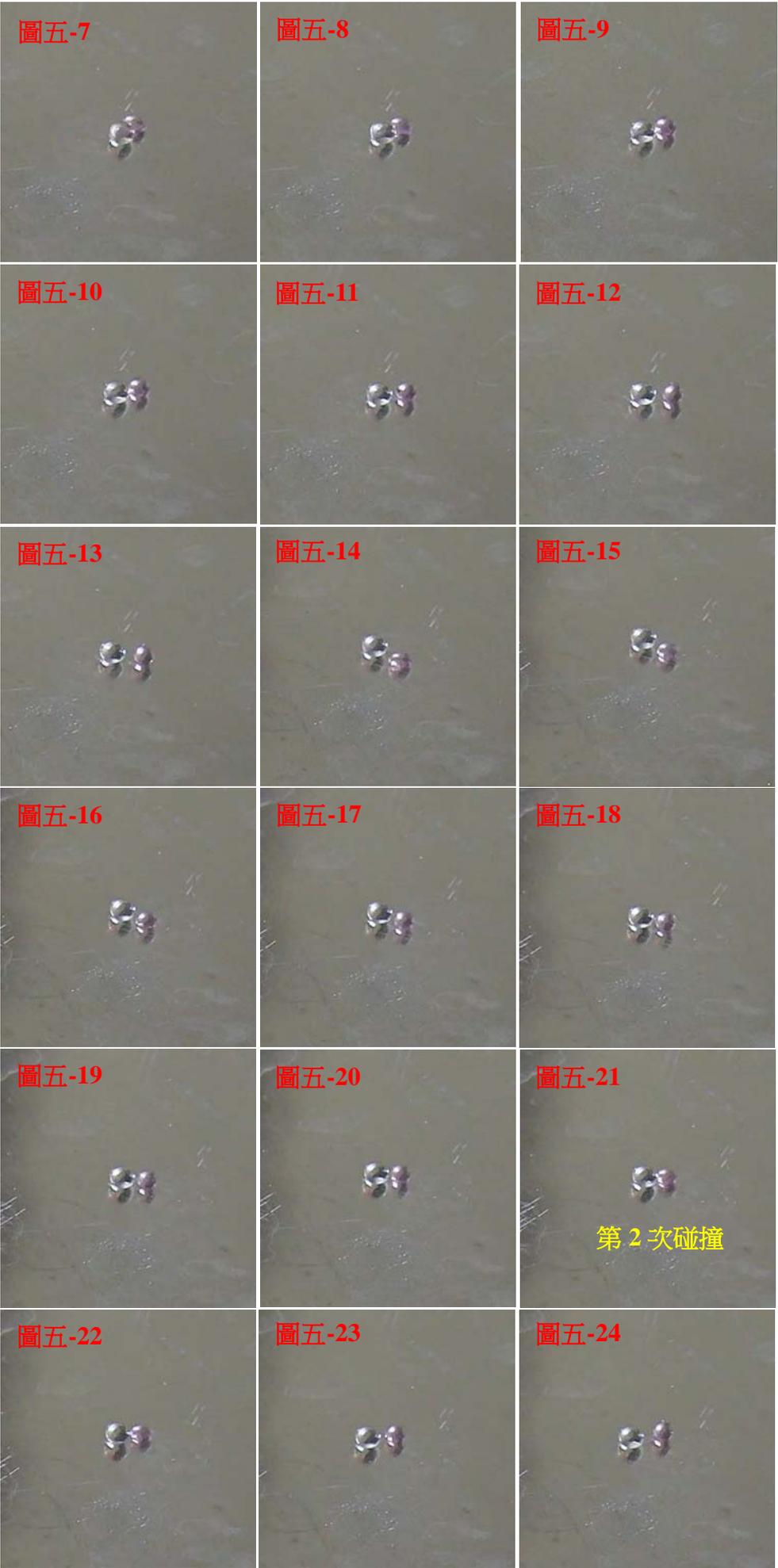
撞 1：此為兩顆液滴的第一次碰撞機率。

撞 2：此為兩顆液滴的第二次碰撞機率。(第一次碰撞彈開的液滴會再進行第二次碰撞)

注：符號--，表示沒有任何實驗次數。

注 2：第二次彈開機率幾乎都較第一次高，是撞擊第一次將力道分散了，所以第二次撞擊時的力道比較小。





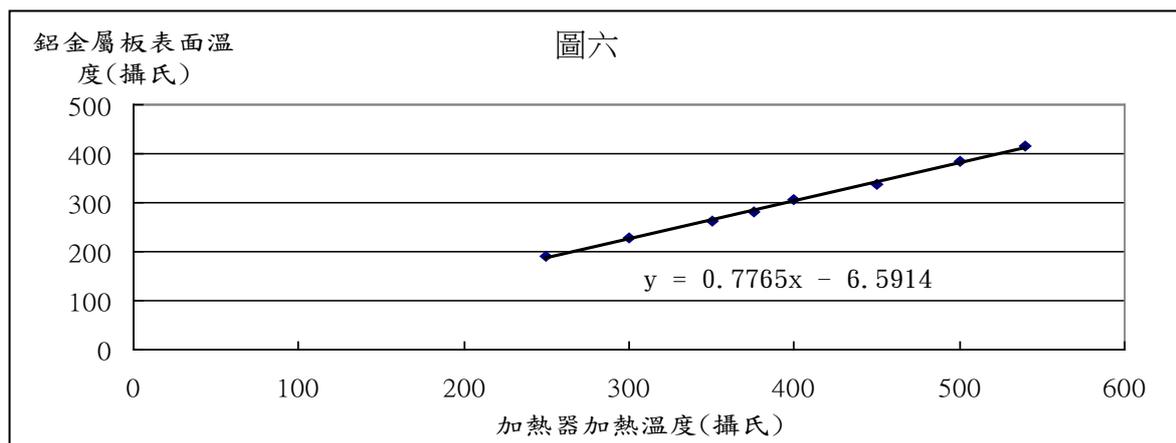
## 實驗二的研究結果

一、實驗目的：觀察加熱器加熱溫度與鋁金屬表面溫度的關係。

二、實驗數據：

加熱器加熱溫度(X)	250°C	300°C	350°C	375°C	400°C	450°C	500°C	540°C
鋁金屬片表面溫度(Y)	191°C	228°C	261°C	280°C	307°C	339°C	384°C	415°C
差距(X-Y)	59°C	72°C	89°C	95°C	93°C	111°C	116°C	125°C

三、將實驗數據轉換成曲線圖：



一、結論：

- 1、方程式為  $y = 0.7765x - 6.5914$ ，其中  $x$  代表加熱器加熱溫度； $y$  代表鋁金屬板表面溫度。
- 2、我們實驗發現加熱器的加熱溫度與鋁金屬板表面溫度有一段差距，這個差距隨溫度升高而越大。

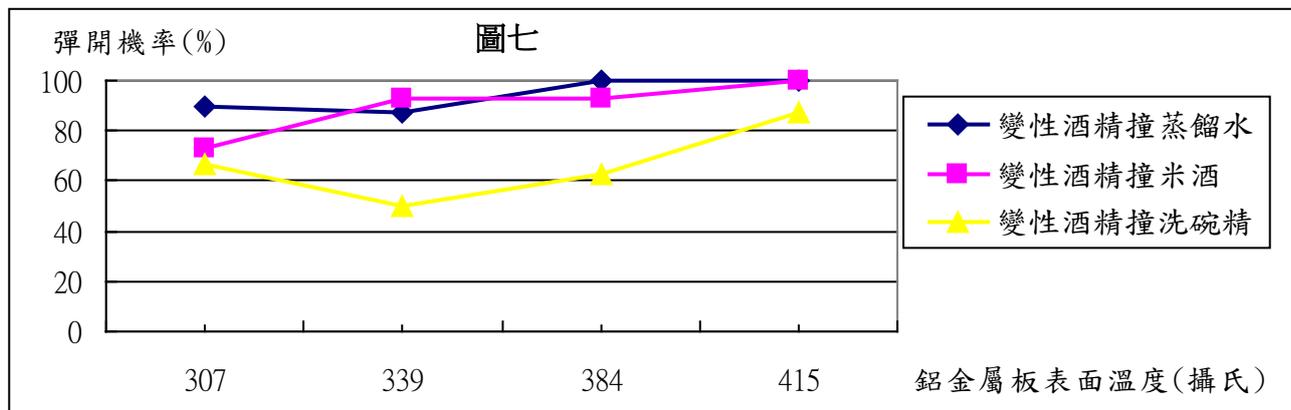
## 實驗三的研究結果

一、實驗目的：研究雙液滴碰撞彈開的機率是否受到鋁金屬表面溫度的影響。

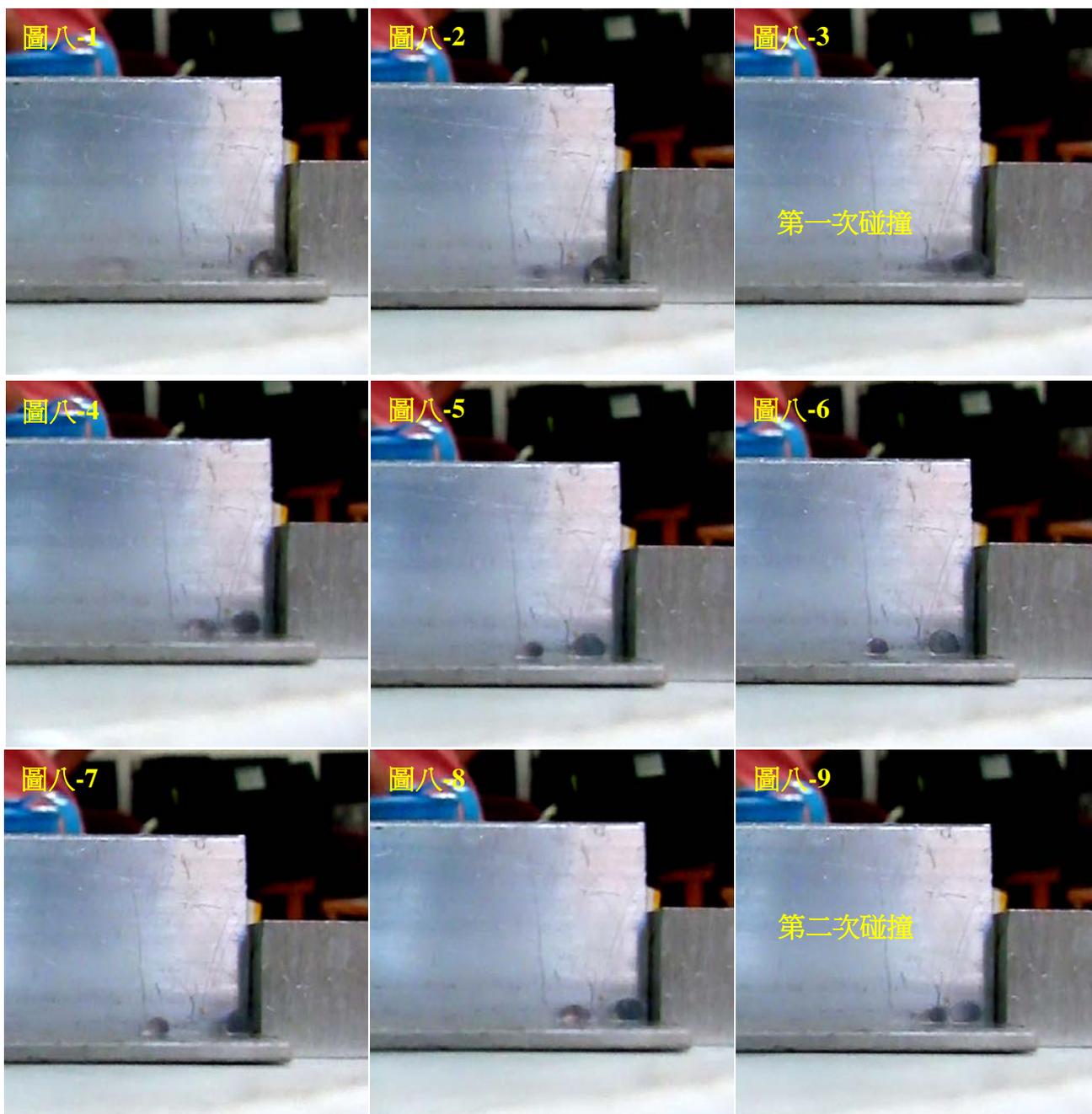
二、實驗數據：

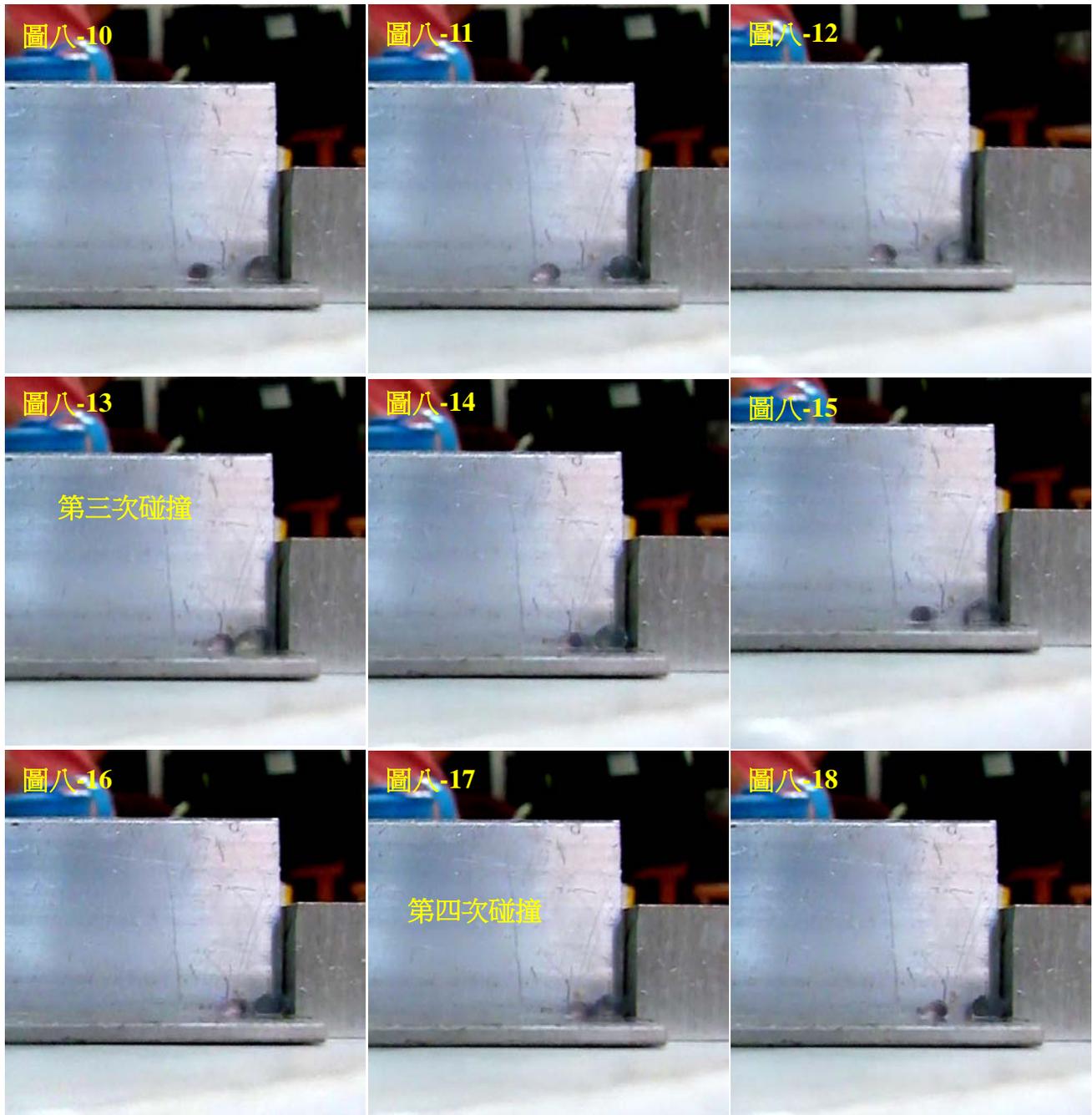
鋁片表面溫度	307°C	339°C	384°C	415°C
溶液				
變性酒精撞蒸餾水	90%	87%	100%	100%
變性酒精撞米酒	73%	93%	93%	100%
變性酒精撞洗碗精(1%)	67%	50%	63%	87%

三、將實驗數據轉換成曲線圖：



二、水滴碰撞過程：





- 三、總結：1、變性酒精撞擊的對象不同，會造成不同的彈開機率。此處以變性酒精撞擊洗碗精的彈開機率最低。
- 2、從此實驗中，雙液滴彈開的機率受到金屬表面溫度的影響而呈現些許升高的現象。

## 實驗四的研究結果

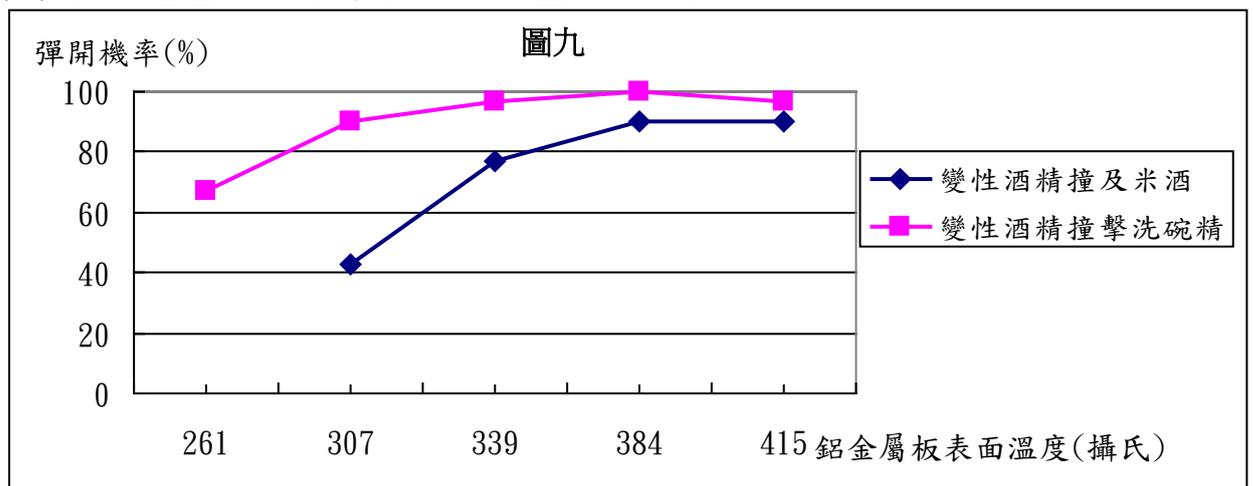
一、實驗目的：改為較小的液滴，觀察是否影響實驗三的結果。

二、實驗數據：

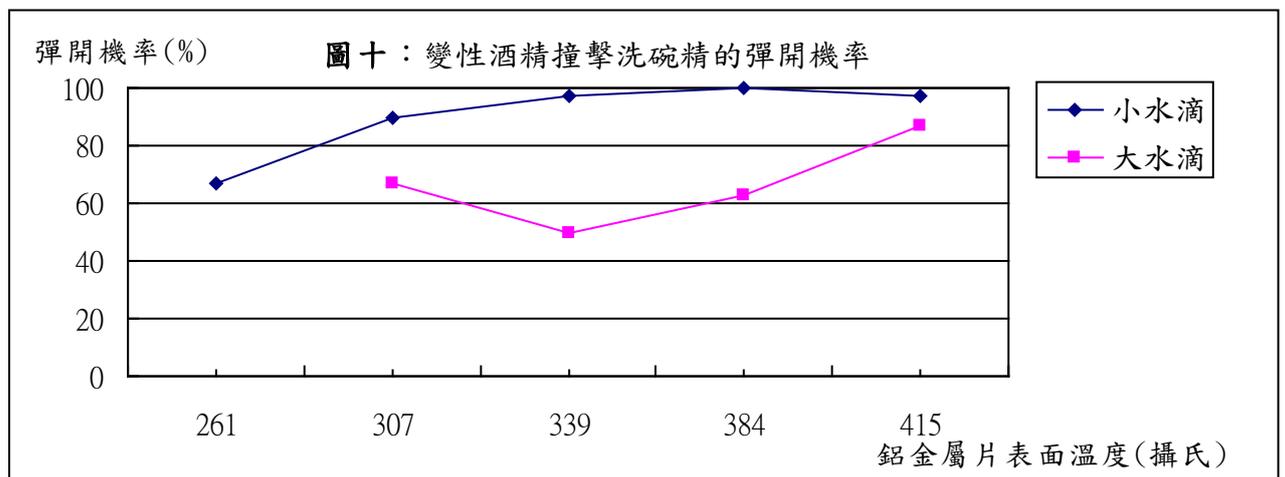
鋁片溫度 溶液	261℃	307℃	339℃	384℃	415℃
變性酒精撞米酒	爆開	43%	77%	90%	90%
變性酒精撞洗碗精(1%)	67%	90%	97%	100%	97%

三、將實驗數據轉換成曲線圖：

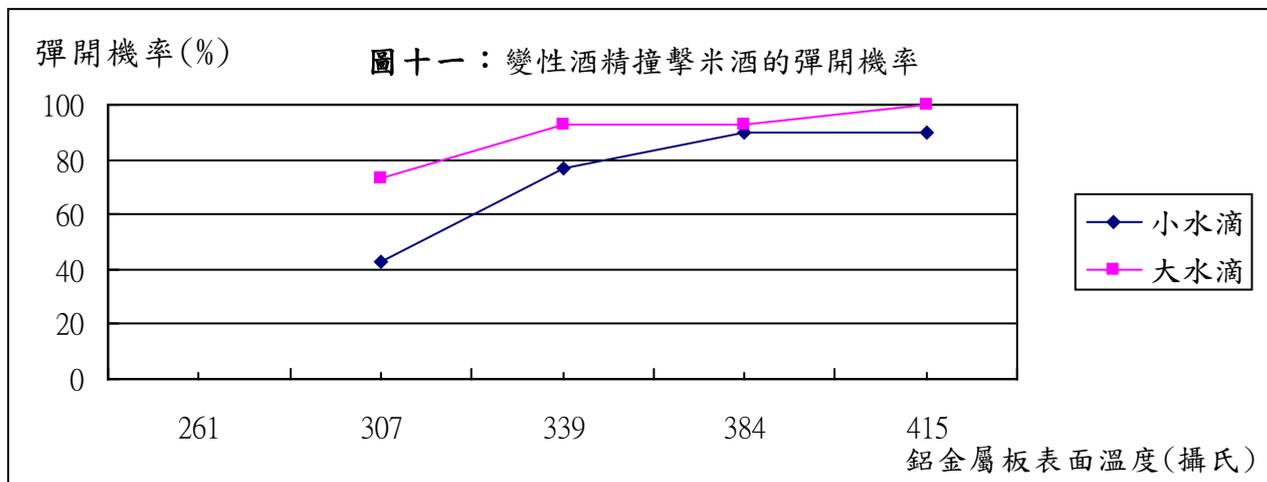
(一)雙液滴碰撞彈開的機率是否受到鋁金屬表面溫度的影響？



(二)匯集實驗三與此實驗的結果，針對『變性酒精撞擊洗碗精』的實驗，液滴的大小顆對彈開機率的影響：



(三)匯集實驗三與此實驗的結果，針對『變性酒精撞擊米酒』的實驗，液滴的大小顆對彈開機率的影響：



#### 四、總結：

- 1、圖九的實驗結果中，雙液滴碰撞彈開的機率隨著鋁金屬表面溫度的升高而有變大的趨勢。
- 2、圖十的實驗結果中，小液滴碰撞彈開的機率較大液滴來的大。但圖十一的實驗結果中卻顯示大液滴碰撞彈開的機率較小液滴來的大。

### 實驗五的研究結果

一、實驗目的：比較變性酒精作為「被撞角色」與「主動撞擊別人的角色」，兩者狀況對液滴碰撞彈開的機率是否有所影響？

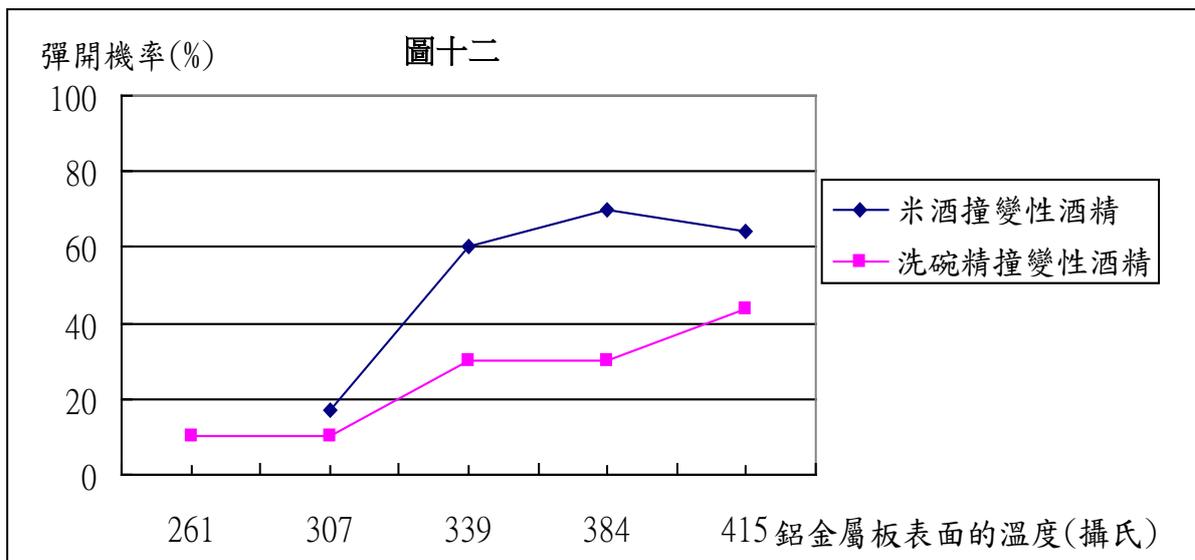
二、實驗數據：

溶液 \ 鋁片溫度	261°C	307°C	339°C	384°C	415°C
米酒撞變性酒精	爆開	17%	60%	70%	64%
洗碗精(1%)撞變性酒精	10%	10%	30%	30%	44%

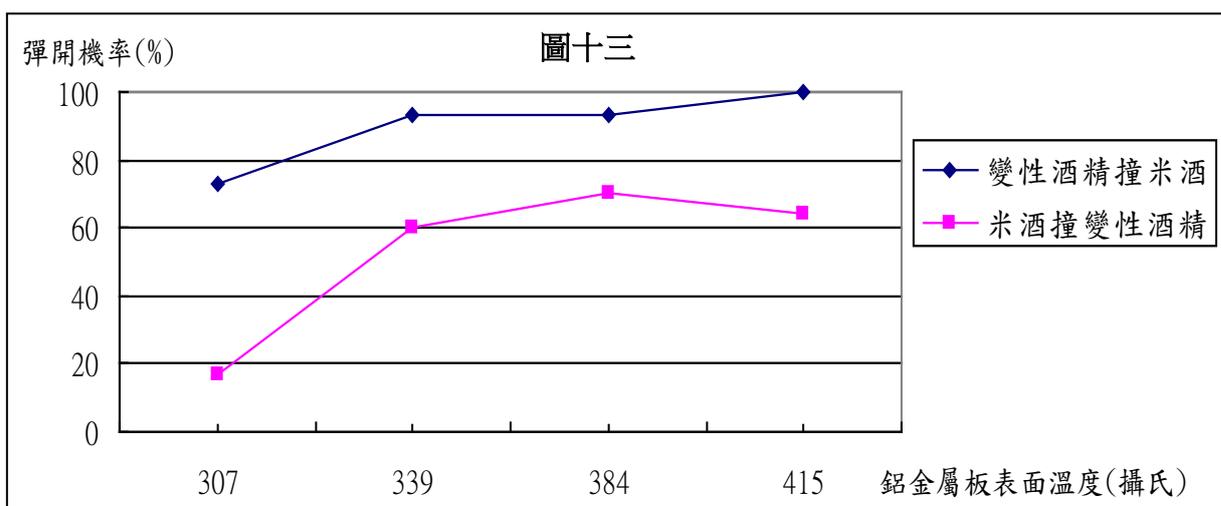
三、將實驗數據轉換成曲線圖：

(一)『米酒撞變性酒精』與『洗碗精(1%)撞變性酒精』兩者彈開機率是否受到鋁金屬表面

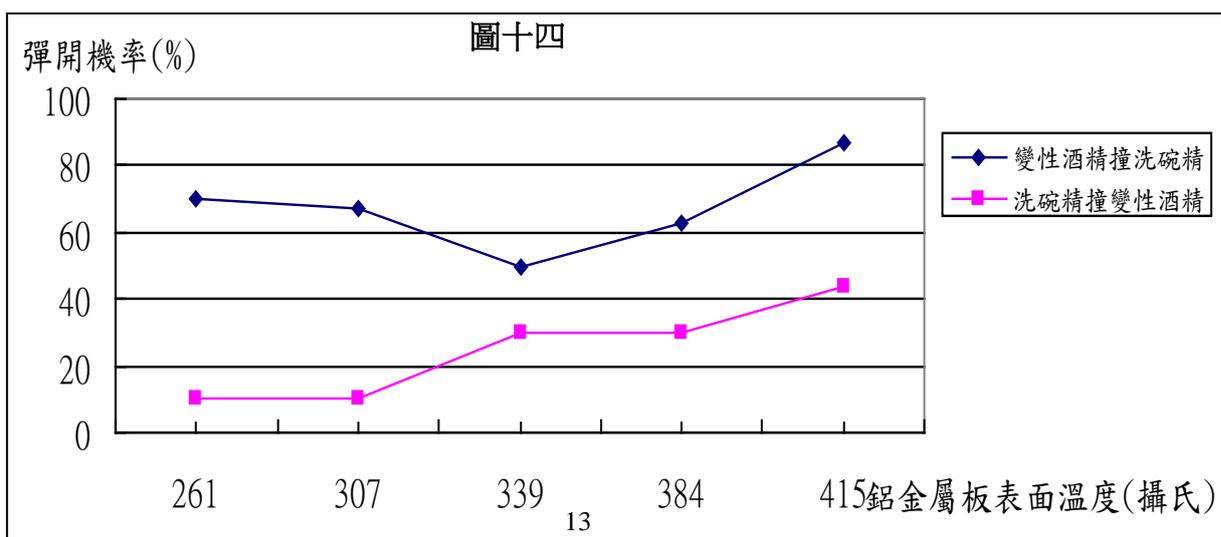
溫度的影響？



(二) 匯集實驗三與此實驗的結果，針對「米酒撞變性酒精」與「變性酒精撞米酒」，兩者彈開機率之比較：



(三) 匯集實驗三與此實驗的結果，「洗碗精(1%)撞變性酒精」與「變性酒精撞洗碗精(1%)」，兩者彈開機率之比較：



#### 四、總結：

- 1、此實驗發現『米酒撞變性酒精』與『洗碗精(1%)撞變性酒精』兩者彈開機率會隨著鋁金屬表面溫度的升高而有變大的趨勢。
- 2、變性酒精做為「主動撞別人的角色」時，雙液滴彈開的機率較高。

### 實驗六的研究結果

一、實驗目的：研究兩顆相同種類(成份)的液滴互相撞擊時，對雙液滴碰撞彈開機率的影響。

二、實驗數據：

鋁片溫度 溶液	261°C	307°C	339°C	384°C	415°C
變性酒精撞擊變性酒精	0%	0%	0%	0%	0%
米酒撞擊米酒	爆開	0%	0%	0%	0%
洗碗精(1%)撞擊洗碗精(1%)	0%	0%	3%	0%	0%
蒸餾水撞擊蒸餾水	爆開	0%	0%	0%	0%

三、總結：

- 1、很明顯的，相同種類(成份)的液滴互相撞擊時，雙液滴碰撞彈開的機率幾乎都為零。

### 實驗七的研究結果

一、實驗目的：改為較小的液滴，觀察是否影響實驗六的結果。

二、實驗數據：

鋁片溫度 溶液	261°C	307°C	339°C	384°C	415°C
變性酒精撞擊變性酒精	0%	0%	0%	0%	0%
米酒撞擊米酒	爆開	0%(跳來跳去)	0%	0%	0%
洗碗精(1%)撞擊洗碗精(1%)	0%	0%(跳來跳去)	3%	0%	0%
蒸餾水撞擊蒸餾水	爆開	0%	0%	0%	0%

### 三、總結：

- 1、很明顯的，即使改為較小的水滴，相同種類(成份)的液滴互相撞擊時，雙液滴碰撞彈開的機率幾乎都為零。

## 實驗八的研究結果

一、實驗目的：使用丙酮與正丙醇做為碰撞溶液時，觀察對雙液滴碰撞彈開機率的影響。

### 二、實驗數據：

#### (一)丙酮撞擊其他液體：

雙液滴撞擊方式	碰撞彈開的機率
丙酮撞擊洗碗精(1%)	100%
丙酮撞擊蒸餾水	100%
丙酮撞擊米酒	100%
丙酮撞擊變性酒精	25%
丙酮撞擊正丙醇	0%
丙酮撞擊丙酮	0%

#### (二)正丙醇撞擊其他液體：

雙液滴撞擊方式	碰撞彈開的機率
正丙醇撞擊洗碗精(1%)	60%
正丙醇撞擊蒸餾水	30%
正丙醇撞擊米酒	65%
正丙醇撞擊變性酒精	0%
正丙醇撞擊正丙醇	0%
正丙醇撞擊丙酮	0%

### 三、總結：

- 1、結果顯示丙酮撞擊洗碗精、米酒、蒸餾水等溶液，其彈開機率都很高，為 100%。此結果與變性酒精撞擊洗碗精、米酒、蒸餾水等溶液時的彈開機率相似。
- 2、雖然正丙醇撞擊洗碗精、米酒、蒸餾水等溶液，其彈開機率沒有很高；但相對於正丙醇撞擊變性酒精、丙酮、正丙醇等彈開機率為零，還是明顯高很多。

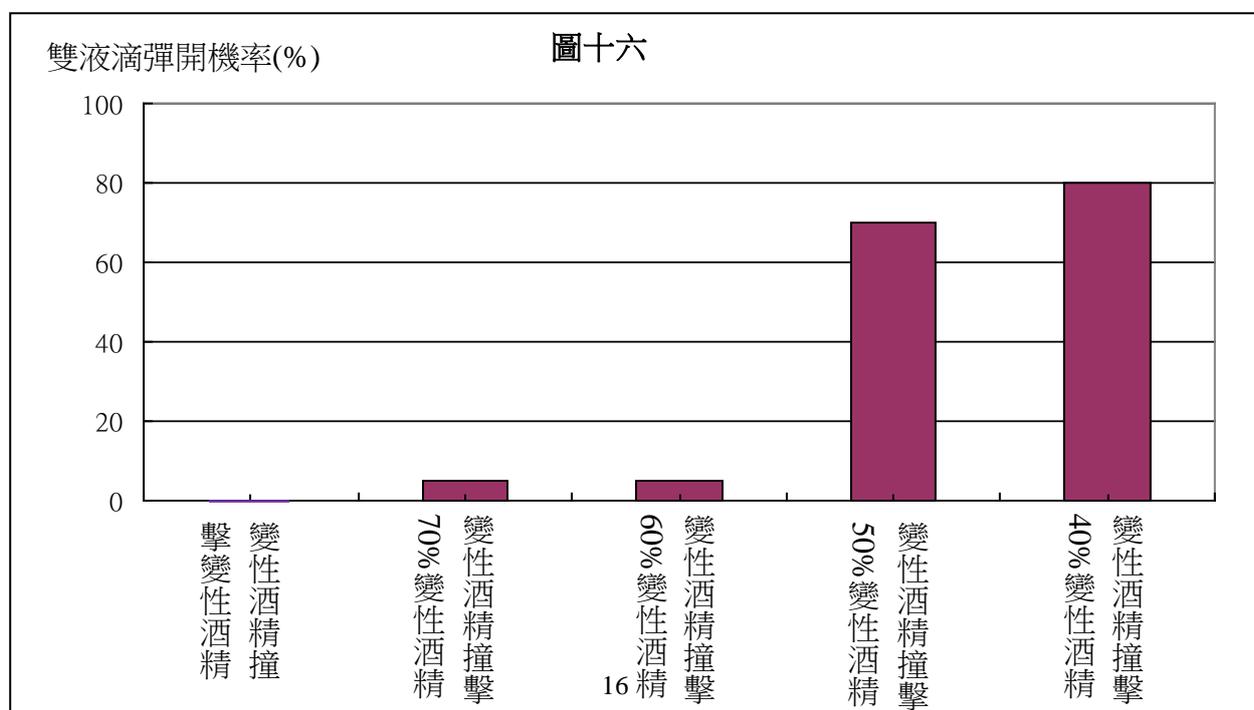
## 實驗九的研究結果

一、實驗目的：使用不同濃度的變性酒精作為碰撞溶液時，對雙液滴碰撞彈開機率的影響。

二、實驗數據：

雙液滴撞擊方式	碰撞彈開的機率
變性酒精撞擊變性酒精	0%
變性酒精撞擊濃度 70%的變性酒精	5%
變性酒精撞擊濃度 60%的變性酒精	5%
變性酒精撞擊濃度 50%的變性酒精	70%
變性酒精撞擊濃度 40%的變性酒精	80%

三、將實驗數據轉換成曲線圖：



四、總結：實驗結果發現，變性酒精濃度越低越容易彈開。

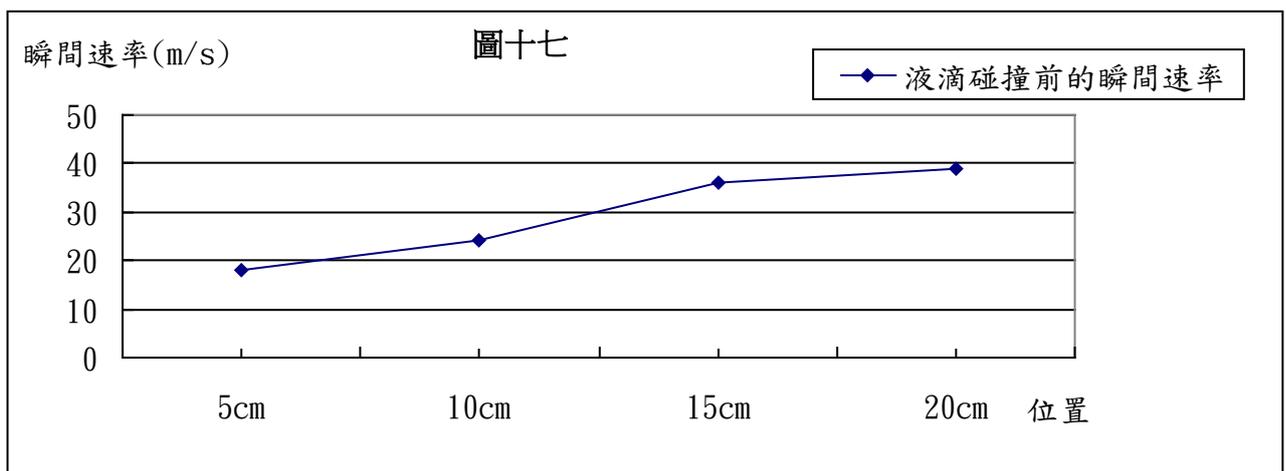
### 實驗十的研究結果

一、實驗目的：計算出在 L 型軌道上滾動的液滴在相互撞擊前的瞬間速率。

二、實驗數據：

公分數 次數	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
第一次	18 cm/s	24 cm/s	36 cm/s	39 cm/s
第二次	19.8 cm/s	24.3 cm/s	36 cm/s	39 cm/s
第三次	18 cm/s	24 cm/s	36 cm/s	39 cm/s
第四次	16.2 cm/s	23.7 cm/s	36 cm/s	39 cm/s
平均	<b>18 cm/s</b>	<b>24 cm/s</b>	<b>36 cm/s</b>	<b>39 cm/s</b>

三、將實驗數據轉換成曲線圖：



## 實驗十一的研究結果

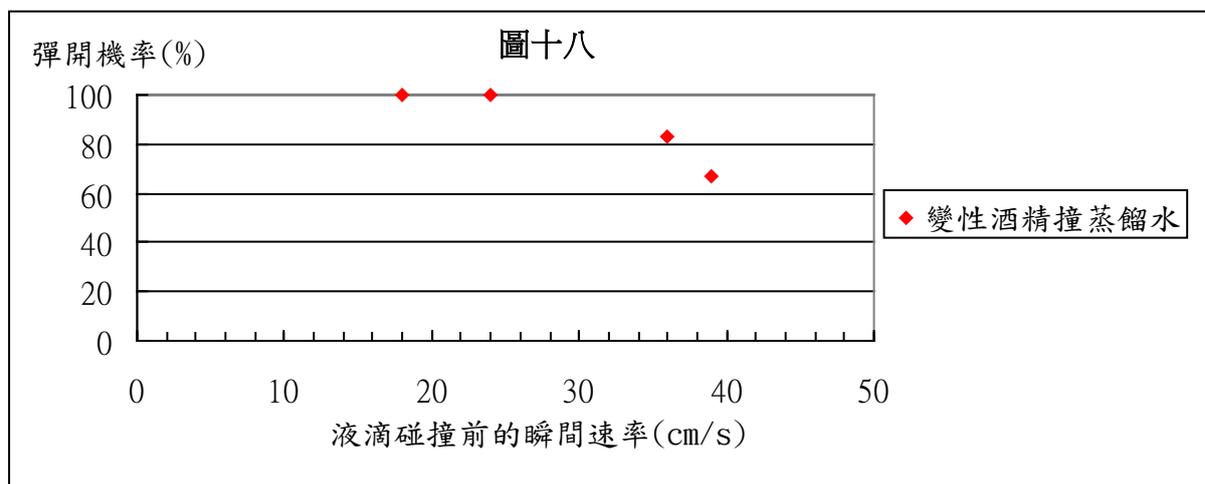
一、實驗目的：改變液滴在碰撞前的瞬間速率對液滴碰撞彈開機率的影響。

二、實驗數據：

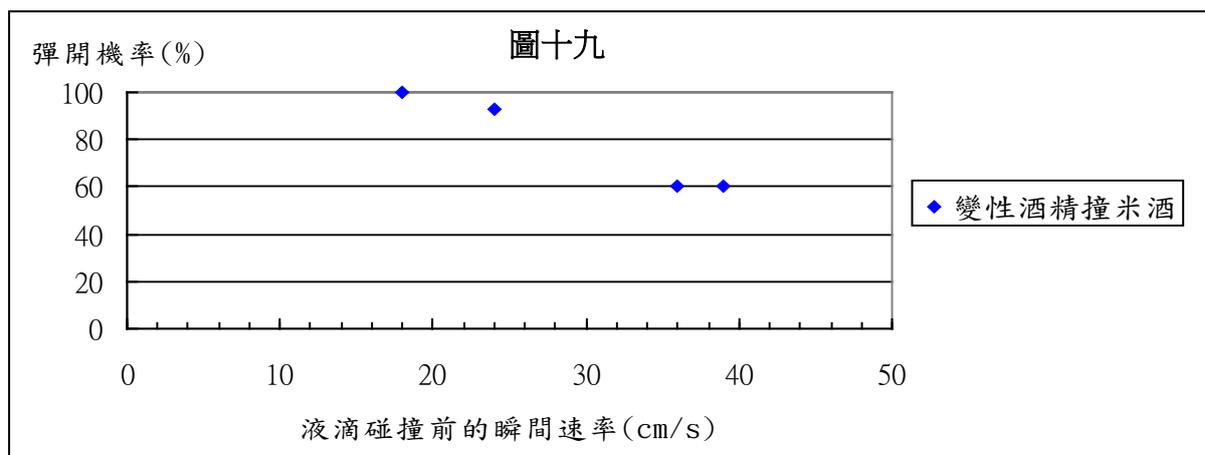
距離(碰撞前速率)	5cm(18 cm/s)	10cm(24 cm/s)	15cm(36 cm/s)	20cm(39 cm/s)
溶夜				
變性酒精撞蒸餾水	100%	100%	83%	67%
變性酒精撞米酒	100%	93%	60%	60%

三、將實驗數據轉換成曲線圖：

(一)針對變性酒精撞擊”蒸餾水”的實驗中，撞擊前的瞬間速率對彈開機率的影響：



(二)針對變性酒精撞擊”米酒”的實驗中，撞擊前的瞬間速率對彈開機率的影響：



三、總結：

1、碰撞前的瞬間速率越大，雙液滴碰撞彈開的機率越小。

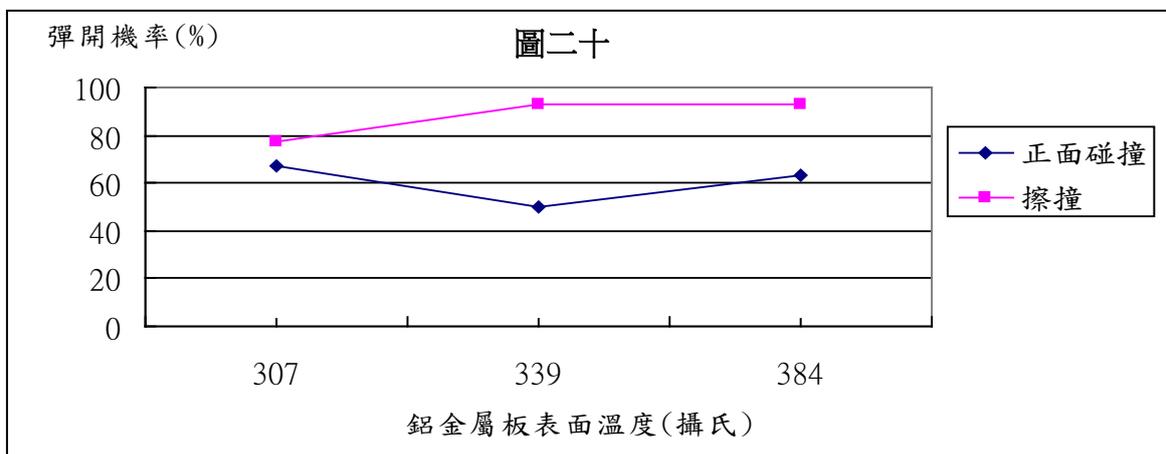
## 實驗十二的研究結果

一、實驗目的：比較液滴為正面碰撞與擦撞兩種不同狀態對液滴碰撞彈開機率的影響。

二、實驗數據：

撞的方式 \ 鋁片溫度	307°C	339°C	384°C
正面碰撞	67%	50%	63%
擦撞	77%	93%	93%

三、將實驗數據轉換成曲線圖：



四、總結：

1、液滴擦撞時的彈開機率較正面碰撞時來的大。

## 陸、實驗討論

### 一、雙液滴碰撞彈開的機率與液體的表面張力有關嗎？

我們從實驗一、三、四、五、六、七、八、九等實驗的結果可知，雙液滴碰撞彈開的機率與液體種類有關。實驗六、七中發現雙液滴為同種類的成分時，彈開機率為零。而變性酒精撞擊他種成分的液滴(如米酒、洗碗精、蒸餾水等物質)時，彈開機率就會變大很多，有時還高達 100%。這個效應也顯現在丙酮撞擊其他溶液與正丙醇撞擊其他溶液的實驗方面，如實驗八。

但實驗八也顯示，雖然為不同成分的液滴互相撞擊，如丙酮撞擊正丙醇、正丙醇撞擊變性酒精與正丙醇撞擊丙酮，其彈開機率也都為零。我們查維基百科的資料，丙酮、正丙醇與變性酒精的表面張力都非常接近【3】，所以我們認為雙液滴會黏合在一起，主要是因為液滴兩者的表面張力十分接近的關係。

所以，為證明我們的想法，我們把變性酒精用蒸餾水來稀釋，蒸餾水加的越多，表面張力會越大【5】。接下來進行實驗九的實驗，發現變性酒精不易與稀釋後的變性酒精相互黏合，隨著變性酒精濃度的下降(表面張力升高)而彈開的機率卻升高。

從以上的實驗可得到一個結論，那就是：**雙液滴的表面張力差距越大則容易彈開；而若雙液滴的表面張力差距越小則容易黏合在一起。**

### 二、液滴碰撞彈開的機率是否受到鋁金屬表面溫度的影響？

根據實驗四-圖九、實驗五-圖十二，雙液滴碰撞彈開的機率會受到鋁金屬表面的影響，會隨著鋁金屬板的溫度升高而彈開機率會略微變大。我們查過資料【4】發現溫度越高，水的表面張力會下降，但是，我們不知道其他的液體有沒有相同的情形。我們打算自製測量表面張力的儀器【2】，希望能測得液體的表面張力變化，目前還未成功。但是我們有測量水滴在滴上高溫金屬板上的溫度，發現水滴在短短 1 秒鐘就已經達到 90 度的高溫，所以滴在軌道下方 0cm 處的液滴，其停留時間達 4 秒鐘，此液滴溫度一定為 90 度左右，此液滴的表面張力基本上維持一定值，這不是造成液滴彈開機率較高的關鍵因素。關鍵是由上方滾下的液滴，其滾動時間未達 1 秒鐘，其溫度變化情形一定會影響到液滴的表面張力，只要能得知液滴在滾動期間的溫度變化，將得知液滴的表面張力變化。但要測得液滴在短期間被加熱的溫度變化極為困難，所以目前這個部分還未成功。

但可以合理推測的是，液滴被加熱一定是從 30、40 一直到上升到 90°C，我們知道水滴溫度較高，表面張力較小，這樣一個由溫度所造成的表面張力差距，一定會造成彈開機率的不

同。所以鋁金屬表面的溫度將難以避免會影響到液滴的表面張力，此將造成液彈彈開機率的不同。

### 三、液滴的大小顆是否會影響液滴碰撞彈開的機率？

根據實驗四的結果告訴我們，若為變性酒精撞擊洗碗精，則小水滴的彈開機率較大水滴來的高一些，如圖十；但若是變性酒精撞擊米酒，則小水滴的彈開機率較大水滴來的低，如圖十一。我們看不出液滴大小是否會影響雙液滴碰撞彈開的機率，我們認為原因是，雙液滴是否容易黏合在一起，要與撞擊接觸瞬間所產生的壓力有關。

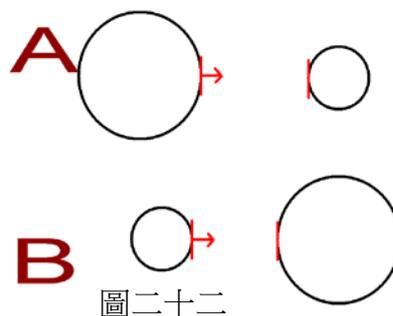
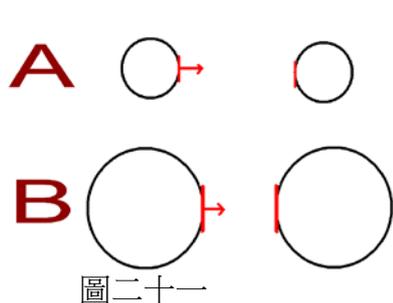
我們思考一個生活經驗，在一個泥濘的道路行走時，腳很容易陷入泥濘的泥巴中，今天我們若放一個面積較大的板子在泥巴上，我們的腳就不會陷入泥濘的泥土中了。我們認為雙液滴的碰撞現象，相當於是這樣的情形。

然而，實驗四中的碰撞液滴分別是屬於「大液滴撞擊大液滴(如圖二十一-A)」和「小液滴撞擊小液滴(如圖二十一-B)」兩個不同實驗，他們的「碰撞力道」(液滴的質量所造成)和「碰撞表面積」都不相同，所以擁有了兩個變因，因此我們無法看出彈開機率是否受到大小水滴的影響。最好的實驗方式是，質量相同而撞擊面積不同，或者，質量不同而撞擊面積相同，後者為實驗五的實驗方法。

實驗五只是兩顆液滴相互交互撞擊，碰撞面積相等，可以知道質量較大的碰撞力道會大於質量小的。結果我們發現大液滴去撞擊小液滴時的彈開機率較低，如圖二十二-A，而小液滴去撞擊大液滴時的彈開機率較高，如圖二十二-B，此在下面實驗討論四中再來分析。

所以，為了讓實驗更完全，我們應該朝控制相同的撞擊力道(此撞擊力道需由大小水滴的質量來造成)，而改變碰撞面積的大小，這樣就可以進一步證明雙液滴碰撞彈開的機率是否與壓力有關？但是這種實驗非常困難，我們一直沒有好的實驗方法。

後來，我們在實驗十一，只能以「改變液滴在碰撞前的速率」，來造成雙液滴不同的撞擊力道，也證明了撞擊力道越大，彈開機率越低，參考實驗討論五。



### 四、變性酒精作為「被撞角色」與「主動撞擊別人的角色」，兩者狀況對雙液滴碰撞彈開的機率是否有所影響？

從實驗五可知，變性酒精做為「主動撞擊別人的角色」時，雙液滴彈開的機率比較高，如圖十三與圖十四。我們做完實驗十一的實驗之後知道，水滴滾動的速率會影響碰撞彈開的結果，如果瞬間速率較大則碰撞彈開機率較小。

所以我們思考一個生活的例子，如果有一台轎車停紅綠燈，後方被一台摩托車追撞上去，若改被一台大卡車追撞，其撞擊力道一定比摩托車來的大，這是因為摩托車的質量小，而大卡車的質量大的緣故。如果假設有一台轎車停紅綠燈，今天從後方撞上去的車子都同樣改成同車型的 A、B 兩台轎車(質量相同)，差別在於 A 車時速 80 公里，而 B 車時速為 40 公里，撞擊前方車子後停下來，則比較這撞擊力道以 A 車來的大。我們查資料知道【8】，此即為：牛頓第二運動定律  $F=ma$ ( $F$  為力量， $m$  為質量， $a$  為加速度)。

所以我們用這樣的觀點來看實驗五的結果：「變性酒精撞擊米酒」的彈開機率較「米酒撞擊變性酒精」的機率來的高，為什麼？解答這樣的問題，一定要知道變性酒精與米酒兩者在碰撞前的瞬間速率大小為何？也要知道變性酒精與米酒的質量大小？我們測量變性酒精與米酒兩者從軌道上方滾下撞擊前方物體的瞬間速率大小，發現速率都為 33cm/s，若在撞擊前方物體之後停下，其加速度  $a$  相同。接下來我們測量變性酒精與米酒的質量，我們發現變性酒精一顆為 20.5mg、米酒一顆為 34.5mg，也就是米酒的質量較大。

所以，根據  $F=ma$ ，變性酒精和米酒的加速度幾乎相等，而變性酒精的質量比米酒來的小，產生的撞擊力量比較小，因此碰撞彈開的機率相對會比較高。

## 五、液滴在碰撞前的瞬間速率對雙液滴碰撞彈開機率有何影響？

從實驗十一中可知，液滴在碰撞前的瞬間速率越大，則雙液滴碰撞彈開的機率越小。這是因為液滴的滾動速率如果越大，則撞擊力道將比較大( $F=ma$ )，因此造成兩個液滴越容易黏合。

## 六、液滴為正面碰撞與擦撞兩種不同狀態對液滴碰撞彈開機率有何影響？

從實驗十二中可知，液滴為正面碰撞時的彈開機率較低，而擦撞時的彈開機率較高。我們認為這是因為擦撞時整個撞擊力道分散了，所以擦撞時較容易彈開。

### 柒、結論

- 1、『米酒撞擊變性酒精』與『洗碗精(1%)撞擊變性酒精』兩者彈開機率會隨著鋁金屬表面溫度的升高而有變大的趨勢。
- 2、變性酒精做為「主動撞擊別人的角色」與「被撞角色」時，雙液滴彈開的機率以「主動撞擊別人的角色」較高。
- 3、丙酮撞擊洗碗精、米酒、蒸餾水等溶液，其彈開機率都很高，為 100%。此結果與變性酒精撞擊洗碗精、米酒、蒸餾水等溶液時的彈開機率相似。
- 4、正丙醇撞擊洗碗精、米酒、蒸餾水等溶液，其彈開機率沒有很高；但相對於正丙醇撞擊變性酒精、丙酮、正丙醇等彈開機率為零，還是明顯高很多。

- 5、不論使用大液滴或小液滴，相同種類(成份)的液滴相互撞擊時，雙液滴碰撞彈開的機率幾乎都為零。
- 6、雙液滴的表面張力差距越大則容易彈開；而若雙液滴的表面張力差距越小則越容易黏合在一起。
- 7、碰撞前的瞬間速率越大，雙液滴碰撞彈開的機率越小。
- 8、液滴擦撞時的彈開機率較正面碰撞時來的大。

## 捌、參考資料

- 1、被忽略的神秘力量-表面張力，中華民國中小學科學展覽會第44屆，物理科，作者：吳尹傑、吳振華、洪鶴祐、林達
- 2、表面張力測量新方法-連通管原理的再應用，台灣國際科學展覽會 2008，物理與太空科學科，作者：林孟好、郭曉芮
- 3、表面張力係數，維基百科，網址<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/表面張力係數>
- 4、純水的表面張力，網址<http://140.120.11.1/Student/docs/surface.pdf>
- 5、水溶液的種類對表面張力增減的影響，網址<http://www.chemedu.ch.ntu.edu.tw/~byjin/Bubble/science/surface1.htm>
- 6、致命的吸引力，中華民國中小學科學展覽會第43屆，國中組，生活與應用科，作者：林怡欣、王珮如、柯苡均、葉靜璇
- 7、康軒，自然課本第五冊，第一章，直線運動。
- 8、康軒，自然課本第五冊，第二章，力與運動。

## **【評語】 030113**

本作品探討雙液滴經碰撞後變化的各種現象，並嘗試利用表面張力來解釋所觀測到的結果，唯此一關聯仍需較強的實驗結果來進一步佐證。