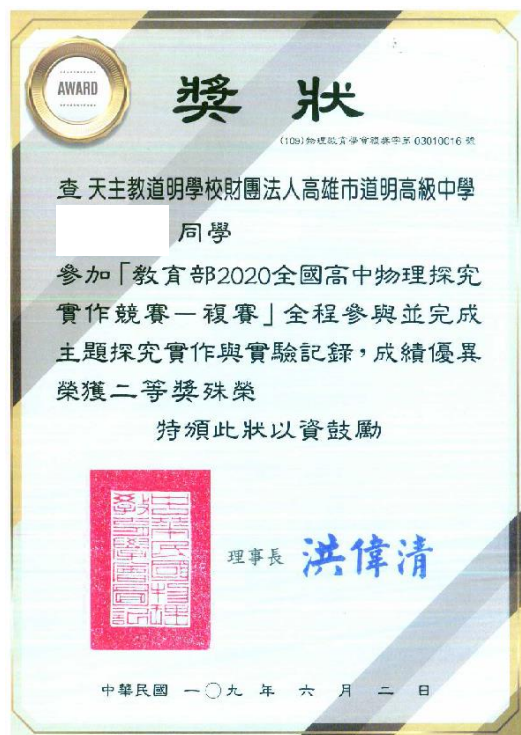
	天主教道明高級中學 108 學年度		辦理單位：	中華民國物理教育協會
	活動名稱：	2020 全國高中物理探究實作競賽活動		
	活動地點：	道明中學	活動日期：	109.05.23



複試競賽照片



賽前小組自主練習照片：薩克森碗



複試競賽題目：皂膜過濾器

10. 皂膜過濾器(Soap Membrane Filter)

A heavy particle may fall through a horizontal soap film without rupturing it. However, a light particle may not penetrate the film and may remain on its surface. Investigate the properties of such a membrane filter.

較重的顆粒可能會通過水平放置的肥皂膜而不會使它破裂。然而，輕的顆粒可能不會穿透薄膜並可能保留在其表面上。研究這種肥皂膜過濾器的性質。

全國高中探究與實作 實驗紀錄簿

編號: 23

探究主題: 皂膜過濾器

學校: 道明中學

隊名: 蘿蔔守護神

隊長: 吳相林

隊員:

探究題目與題目分析(4%)

(1)探究題目(請自行填入):

皂膜過濾器

(2)分析題目訊息(2%)

1. 無論較重與較輕的物體均可能不使皂膜破裂
2. 較大的物體通過皂膜,但較小的物體將停留在其表面
3. 請研究此皂膜性質

(3)訂定探究議題(2%)

1. 何為最恰當的皂膜比例?
2. 物體體積對皂膜過濾器之影響
3. 物體質量對皂膜過濾器之影響
4. 物體高度對皂膜過濾器之影響
5. 過濾器材質對過濾能力之影響

實驗原理(10%)

正確描述競賽題目相關的科學概念、理論和原理(10%)

皂膜由表面活性劑溶液所構成,此膜必須能夠動態重構與自我修復。(其允許因體通過卻限制氣體)
當掉落的物體向下壓彎液膜時,在表面張力作用下,傾向於回縮的液膜會產生一個向上的力阻礙物體向下運動,此力的影響取決於物體動能。如果不能超過穿透液態膜所需的「動能臨界值」,這些物質顆粒會被截留;而超過臨界值的物質顆粒,則能夠通過。

此膜如同細胞膜,物體穿透其表面後,能回復至原狀態。膜的結構處於流體變化之中,分子以雙層排列,為「流體鑲嵌模型」。

* Marangoni 效應:

受外界擾動的液體使局部變薄時,在表面張力梯度的作用下形成 Marangoni 流,使液體沿最佳路徑流回薄液面,進行修復。

實驗設計(30%)

(1)提取競賽題目中的變因(5%)

1. 手丟下物體之高度
2. 物體質量
3. 過濾器材質
4. 皂膜成分比例
5. 物體體積

(2)依據變因提出研究問題(5%)

1. 洗碗精、甘油及膠水需以什麼比例調配成皂膜,才能具有足夠的表面張力支撐最小的保麗龍球?
2. 體積和物體穿透與否之關係?
3. 質量和物體穿透與否之關係?
4. 動能和物體穿透與否之關係?
5. 不同材料所製作的過濾器,效果是否不同?

(3) 針對研究問題提出假設 (5%)

根據先前所蒐集的資料，我們假設體積或質量或高度愈大的物體，愈有機會穿透皂膜且不使其破裂。此外，我們認為影響實驗結果的變因為物體本身條件和皂膜成分，與過濾器材質並無關聯，因此假設各材質所製作的過濾器對物體穿透的情形皆相同。

(4) 針對研究假設計實驗 (5%)

◎ 實驗一：皂膜成分之探討

以不同的比例調配泡泡水，再各以5 mm之保麗龍球放置其上，尋找能使球穩定不穿透的泡泡水成分比例。

◎ 實驗二：不同體積物體與皂膜的關係

以實驗一調配之泡泡水所形成的皂膜，用不同體積的保麗龍球放置其上，觀察各結果。
(質量極小，可忽略)

10

◎ 實驗三：不同質量物體與皂膜的關係

將油土搓成圓球狀，分別為10g、20g、30g和40g，放置於實驗一調配之泡泡水所形成的皂膜上，觀察各結果。

※我們發現不同質量的油土，同時具有不同體積。此實驗有兩個操縱變因，無法控制，為求質量和穿透結果關聯的真實性，我們停止此實驗。

◎ 實驗四：不同高度釋放物體與皂膜的關係

將相同體積(10mm)的保麗龍球，以不同高度向下釋放，觀察各結果。
(注：皂膜)

◎ 實驗五：不同材質的過濾器

將毛根及鋁線彎成撈魚框狀，製作不同的過濾器並觀察其效果。

◎ 實驗六：物體截面積的改變是否造成影響

(5g)
將相同質量的油土搓成底面直徑不同之長條，通過皂膜，觀察其變化。

11

(5) 能確定實驗組與控制組 (5%)

實驗	控制組	實驗組
(一)	甘油：洗潔精：膠水 = 1 : 1 : 1	其他比例之組合
(二)	保麗龍球直徑 10 mm	直徑 15 mm / 20 mm / 40 mm / 50 mm
(三)	油土 10 g	20 g / 30 g / 40 g
(四)	高度 1 cm	2 cm / 3 cm / ... / 20 cm
(五)	撈魚框	毛根 / 鋁線
(六)	長條底面直徑 0.5 cm	1.5 cm / 2.5 cm / 3.5 cm

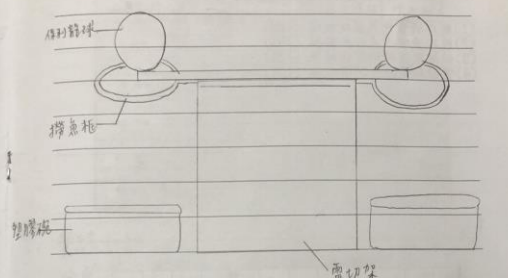
(6) 敘述器材的架設與測量 (5%)

我們將雷切架上的短壓線條的兩端插入已沾皂膜之過濾器，並在其下方放置碗，以利承接掉落的物體。

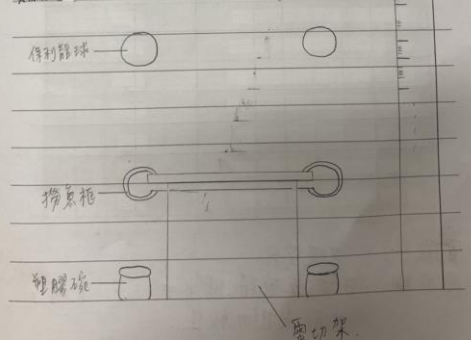
為提升效率，一次進行兩個狀態之觀察。
(操縱變因：高度)
除了實驗四，其他實驗的物體皆於放置在短壓線條上的長壓線上進行滑落，以確保各狀態高度一致。

12

實驗 (一)、(二)、(三)、(五)、(六)：



實驗 (四)：



13

實驗結果與分析 (40%)

- (1) 能以適當方式呈現數據 (10%)
- (2) 能以適當方式分析數據 (10%)
- (3) 依據數據歸納實驗結果 (10%)
- (4) 實驗結果符合科學理論 (10%)

成分比例				所得成之實驗結果與5ml水 混合後之現象
黃油	蔗糖精	膠水		
1	1	1		否
1	1	2		否
1	2	1		是
2	1	1		否
1	1	2		否
2	2	1		不 能 測
1	2	2		否
2	1	2		否

實驗(一)：皂膜成分

小結論：甘油：洗碗精：膠水 = 1：2：1時，
皂膜支撐力較佳

落下後刺蝟 球之直徑 (mm)	保留於角膜表面	穿透角膜	穿透後角膜 膜不破裂
10 mm	✓		
15 mm	✓		
20 mm	✓		
40 mm		✓	
50 mm		✓	

實驗(二)

小結論：體積愈大，愈容易穿透膜

實驗(三)：(未進行)

給予氣體之 高度 (cm)	待測定氣體表層	是否自腹 破	是否自腹 不腹
0	✓		
5	✓		
10	✓		
15	✓		
20	✓		
25	✓		

實驗(四): 高度不同

小結論: 高度對自腹影響不大

給予氣體之高度 (cm)	待測定氣體表層	是否自腹 破	是否自腹 不腹
0.5			✓
1.5			✓
2.5			✓
3.5		✓	

實驗(五): 截面積不同

小結論: 截面積愈大, 對自腹破壞力愈大

過濾器之材質	停留在膜表面	實處於膜 透過膜內	膜不破
撈魚網(塑膠)	✓		
毛根	✓		
鉛線		✓	

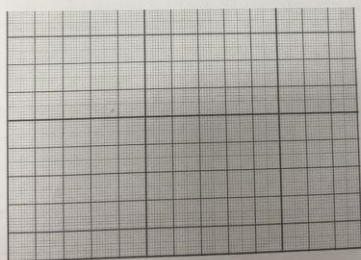
實驗五(五): 不同材質的過濾器

小結論: 鉛線製的過濾器幾乎無法支撐物體

過濾器材質	保留於皂膜表面	皂膜是否破裂
濾紙(細型)	✓	不破裂
毛根	✓	不破裂
鋁線		破裂

實驗(五):不同材質的過濾器

小結論:鋁線製的過濾器幾乎無法支撐物體



結論 (10%)

- (1)結果到結論的推理過程完備 (5%)
- (2)依結論提出預測與研究限制 (5%)

- (一) 肥皂水比例確實對實驗結果有顯著影響，其中洗碗精、膠水、甘油的比例在2:1:1時，皂膜穩定且能撐到不同種類液體自由下落時為止。
- (二) 在其他因素固定(不同直徑的保麗龍球重量差異極小，可見略)體積越大的球體，越不易被皂膜支撐；反之，體積小的球體，越易被皂膜撐住，但在超過撐起液體的臨界值時，皂膜會直接破裂。
- (三) 在我們測量範圍內(1cm~26cm)不同高度，若初體與皂膜接觸表面積(5cm)的情況下，高度(距離)下降時破壞力對皂膜是否破裂的判斷不大。
- (四) 以不同材質實驗，我們發現以鋁線製的框沾肥皂水時，幾乎無法支撐物體，以毛根製的框沾肥皂水時支撐力較鋁線大；而其中以毛根框沾肥皂水，能承受的力最大。我們推測：鋁線因圓鋼太細所以與肥皂水的垂直接觸面積太小，毛根或毛根也極薄，且毛根框與肥皂水的接觸面積為一定厚度的平面，能撐到時肥皂水比較厚，故皂膜較堅固；毛根相較於鋁線是面更寬的支撐，使皂膜能撐起較厚的肥皂水。

鋁線: 毛根: 毛根框:

- (五) 使用厚度(5g)的黏土，在相同高度下以不同接觸面積，我們可以發現，越寬的黏土通過時對皂膜的破壞力較小；越扁的黏土對皂膜的破壞力較大。由此可知，決定能否通過皂膜且皂膜不破裂的因素是通過黏土的截面積，而非通過皂膜的厚度。

20

實驗心得 (6%)

(1)改進實驗設計之想法 (2%)

1. 每次每次實驗時，若將框上肥皂水厚度一致，若將中的肥皂水高度應超過撐起框較低理想，但器材中提供的量筒整較淺，我們只能適時補充等比例的肥皂水溶液以減少皂膜的厚度帶來的誤差。

2. 實驗過程中，因為調製肥皂水的甘油(兩三兩)為濃稠狀，而膠水與洗碗精為膠液，所以每次調配時，量杯底部會多少有些殘留，造成誤差。我們認為以有刻度的針筒取代量杯能減少這樣的誤差。

(2)提出進一步探究問題 (2%)

1. 不同品牌、不同成分的清潔劑是否對皂膜承重力造成影響？若有影響，因素是何種成分？

2. 在探討高度這個變因時(固定用10mm的保麗龍球)，受限於量筒器材(人的長度極限)只能討論高度1cm到20cm(每次實驗的高度是固定為5cm)。發現都浮在表面，或許我們討論的高度範圍沒有足夠的位能轉化成動能透過身邊液態皂膜所蓄的動能臨界點。

21

(3)完成探究歷程的感想 (2%)

在比賽期間，我們大致遇到以下幾個問題：

1. 材料包與想像中的不一樣，並且花了許久的時間討論各個材料可能的用途和使用方法。
2. 久久調配不出可以使得保麗龍球成功通過皂膜且不會破裂的比例。
3. 調配出比例後，發現經過一段時間，皂膜會變薄。使得相同尺寸、降落高度，原本可以通過並且皂膜不會破裂的保麗龍球，通過後皂膜破裂。

在比賽過程的前三個小時，我們幾乎都在經歷實驗的失敗。反覆嘗試不同洗碗精、甘油、膠水的比例，卻久久沒能成功調配出一個完美的比例。就在最困難、喪失信心的快要放棄的時候，我們找到一個比例：

「洗碗精：甘油：膠水 = 2:1:1」

22

做出這樣的比例之後，我們組彷彿看見一線希望，又重新燃起鬥志、找到探索的方向。

但是成功的喜悅並沒有持續太久，一段時間後我們發現皂膜溶液會在一段時間後變薄，使得球體通過後破裂。於是我們了解在實驗的過程中需要考慮的因素往往容易被忽略的空氣、溫度、濕度、物性、化性等。

在探索的過程中，我們的實作流程大概是：

猜想 → 實做 → 問題 → 挫折 → 解決
→ 分析 → 反思 → 檢討

其中，要從遇到挫折到解決問題是最難熬的，而要面對並克服失敗，最重要的是團隊的「氣」和「向心力」。我們這組雖然前兩個多小時屢試屢敗，但是還好組員都沒有放棄嘗試，最後才能突破困境。

在這場探索實作競賽中，我們不但增加

了實驗相關的科學知識和執行實驗的方法、能力，更多的是不輕易說放棄的團隊精神。或許五年、十年後我們會漸漸遺忘高一那年五月夏天我們做了什麼實驗，但是這樣合作的夥伴和經驗，將會儲存成為我們未來探索各領域新知識的能量和能力。