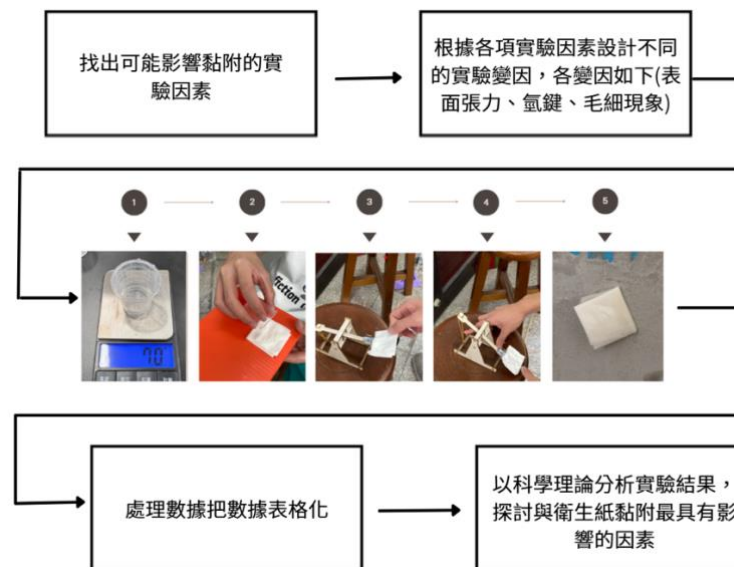


2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：從平凡到神奇：淺談濕衛生紙的黏附魔法
一、摘要
本研究透過研究沾水的衛生紙與牆面之間的表面張力、氫鍵、毛細現象，探討以上作用力對濕衛生紙黏附在表面上的影響，藉由改變溫度、液體、紙的纖維...等變因，嘗試找出各種可能的作用力對於濕衛生紙黏附的不同影響程度，並利用實驗結果，找出能用最少的液體使衛生紙黏附的參數。
二、探究題目與動機
生活中常見學生將濕衛生紙丟擲於廁所牆面，且能吸附其上，不易清理。此現象引發探究：為何濕衛生紙具備黏性？水本應減少摩擦力，何以加入衛生紙反而產生黏附效果？哪些因素會影響衛生紙的黏附效果？
三、探究目的與假設
(一) 探討可能影響衛生紙黏牆之因素。 (二) 設計實驗，測量不同溫度(表面張力)對濕衛生紙黏牆之影響。 (三) 設計實驗，測量液體極性(氫鍵)對濕衛生紙黏牆之影響。 (四) 設計實驗，測量衛生紙纖維(毛細現象)對濕衛生紙黏牆之影響。
四、探究方法與驗證步驟
(一) 文獻探討 1.表面張力：表面張力源於液體分子間之內聚力，表面張力大小取決於液體性質與溫度；溫度升高，內聚力減弱，表面張力隨之下降。 2.氫鍵：氫鍵為分子間一種特殊型別的偶極子-偶極子吸引力。當氫原子與電負性較強之原子（如氧、氟、氮）結合時，氫原子帶有部分正電荷，能與另一帶有孤對電子之電負性原子形成吸引力。 3.毛細現象：此現象由凝聚力、附著力與表面張力共同作用引起。當附著力大於內聚力時，液體分子沿管道上升至與重力平衡。 (二) 研究方法 1.研究原理 (1)控制溫度，每隔 10 度測量一次，探討「表面張力」對濕衛生紙黏牆現象的影響。 (2)利用不同極性的食用油、甘油、水，探討「氫鍵」對濕衛生紙黏牆現象的影響。 (3)利用面紙、衛生紙、餐巾紙，探討「毛細現象」對濕衛生紙黏牆現象的影響。 2.實驗流程



圖一、實驗流程圖

3.實驗過程

(1)實驗前置步驟（實驗一、二、三皆相同）

- 把牆面垂直 90 度擺放且與投石器保持固定距離，以確保控制變因相同。
- 將衛生紙對折後鋪在平面上，讓衛生紙平均地吸收液體。
- 將沾濕的衛生紙放在自製的簡易投石器後，將投石器下拉至最底部後彈出。
- 每個毫升數（克數）直到出現連續五次一樣的結果才停止實驗，沒有發生連續結果則根據 17 次實驗，並依成功和失敗的比例判斷結果。

(2)實驗一（探討不同溫度對濕衛生紙黏牆的影響）

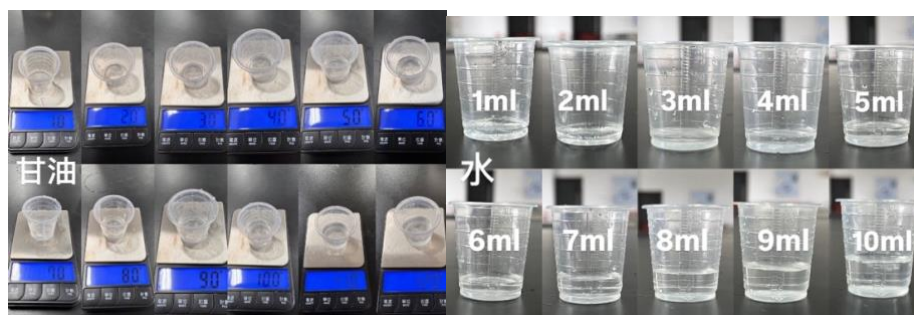
- 因為溫度越越高表面張力會隨之降低，因此我們改變水溫來進行實驗。
- 利用加熱器將水溫加熱至所需溫度。
- 將所需的毫升數以量杯測量並用衛生紙吸附後投出，觀察是否可以黏附。
- 並每隔 10°C 進行一次實驗（達到 0°C 的液態水的條件較難，故改成 2.5°C），紀錄能夠吸附的最小水量。



圖二、改變水溫測量水溫與黏附的關係

(3)實驗二（探討液體極性對濕衛生紙黏牆的影響）

- 因為每克液體提供的氫鍵數不同，因此我們利用不同極性的液體來進行實驗，不同液體的單位氫鍵含量計算如表三。
- 以電子秤取不同質量的液體進行實驗。
- 將甘油、食用油所需的毫升數以量杯測量並用衛生紙吸附後投出，觀察是否可以黏附，紀錄能夠吸附的最小水量。



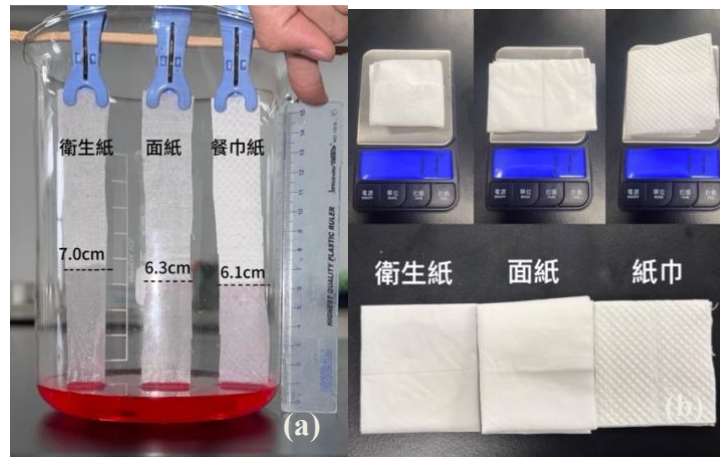
圖三、改變液體質量測量液體極性與黏附的關係

克數	食用油提供的氫鍵數	水提供的氫鍵數	甘油提供的氫鍵數
1	0	1/9	3/92
2	0	2/9	6/92
3	0	3/9	9/92
4	0	4/9	12/92
5	0	5/9	15/92
6	0	6/9	18/92
7	0	7/9	21/92
8	0	8/9	24/92
9	0	1	27/92
10	0	10/9	30/92
11	0	11/9	33/92
12	0	12/9	36/92

表三、每克不同液體所含氫鍵數

(4)實驗三（探討衛生紙纖維對濕衛生紙黏牆的影響）

- 因為不同纖維的衛生紙會影響毛細現象，因此我們使用不同編織和粗細的衛生紙來進行實驗。
- 我們先測試不同材質的毛細現象，將衛生紙、面紙、紙巾裁切成長條狀，並垂直放入滲有色素的水中靜置一段時間後（如圖 a），發現衛生紙的毛細現象最大，其次是面紙，最小是紙巾。
- 把衛生紙、面紙、紙巾裁剪至重量相同的克數，並且摺疊使三種表面大小一致，讓他們接觸牆面的表面積大小一樣（如圖 b）。
- 將所需的毫升數以量杯測量並用衛生紙吸附後投出，觀察是否可以黏附，紀錄能夠吸附的最小水量。



圖四、(a)纖維粗細、密度不同的紙測量毛細現象
(b)將三種紙裁切成相同大小及重量

(三) 研究分析與結果

1. 實驗一：探討不同溫度對濕衛生紙黏牆的影響

實驗結果發現，當水溫從 0°C 加熱 90°C 前實驗結果都無變化，由於版面問題我們保留此實驗中結果唯一有所不同的 100°C 溫度的水與 90°C 的水做對比。

90度 毫升/次數	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml	8ml	9ml	10ml
1	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
2	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
3	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
4	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
5	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
6						X	O	O	O	O
7						X	O	O	O	O
8						X	O	O	O	O
9						X	O	O	O	O
10						X	O	O	O	O
11						X	O	O	O	O
12						X	O	O	O	O
100度 毫升/次數	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml	8ml	9ml	10ml
1	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O
2	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O
3	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O
4	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O
5	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O
6					X	O	O	O	O	O
7					X	O	O	O	O	O
8					X	O	O	O	O	O
9					X	O	O	O	O	O
10					X	O	O	O	O	O
11					X	O	O	O	O	O
12					X	O	O	O	O	O
13					X	O	O	O	O	O
14					X	O	O	O	O	O
15					X	O	O	O	O	O
16					X	O	O	O	O	O
17					X	O	O	O	O	O

(參考實驗數據表，記號 O 為可黏附，記號 X 為無法黏附)

2. 實驗二：探討液體極性對濕衛生紙黏牆的影響

毫升/次數	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml	8ml	9ml	10ml
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6					X	X	X	X	X	X
7					X	X	X	X	X	X
8					X	X	X	X	X	X
9					X	X	X	X	X	X
10					X	X	X	X	X	X

毫升/次數	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml	8ml	9ml	10ml	11ml	12ml
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6					X	X	X	X	X	X	X	X
7					X	X	X	X	X	X	X	X
8					X	X	X	X	X	X	X	X
9					X	X	X	X	X	X	X	X
10					X	X	X	X	X	X	X	X
11					X	X	X	X	X	X	X	X
12					X	X	X	X	X	X	X	X
13					X	X	X	X	X	X	X	X

毫升/次數	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml
1	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X

註：食用油即使在衛生紙吸附達到達飽和後，仍不可黏附。

註：食用油即使在衛生紙吸附達到達飽和後，仍不可黏附。

(參考實驗數據表，記號 O 為可黏附，記號 X 為無法黏附)

3. 實驗三：探討衛生紙纖維對濕衛生紙黏牆的影響

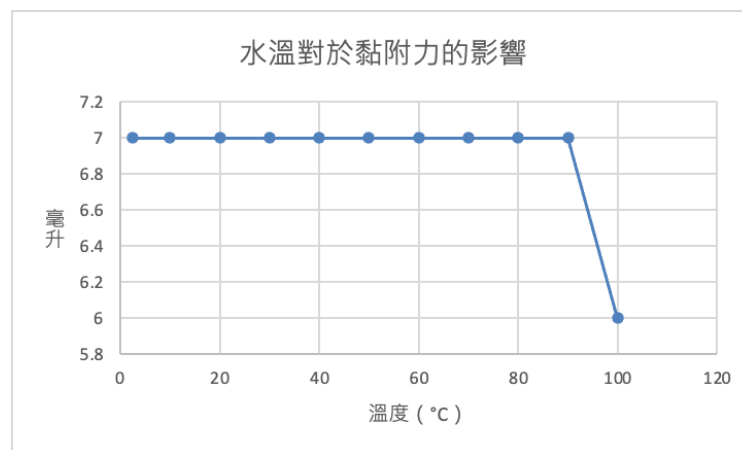
實驗結果發現，衛生紙和紙巾實驗結果皆為 6 毫克，由於版面問題我們保留此實驗中實驗結果與其他兩者皆不同的餐巾紙作為代表。

餐巾紙 毫升/次數	1ml	2ml	3ml	4ml	5ml	6ml	7ml	8ml	9ml	10ml
1	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O
2	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O
3	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O
4	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O
5	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O
6										
7										
8										
9										
10										

（參考實驗數據表，記號 O 為可黏附，記號 X 為無法黏附）

（四）研究結論與建議

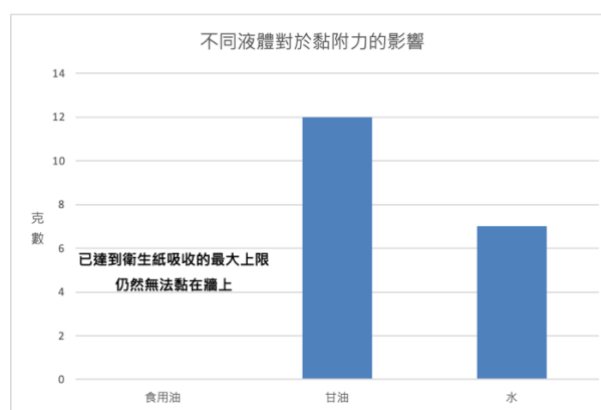
1.實驗一：探討不同溫度對濕衛生紙黏牆的影響



圖五、不同水溫下，測量濕衛生紙是否能夠黏附的最低水量關係圖

根據圖五，水溫達 100°C 時，濕衛生紙黏附牆面所需水量最少。液體溫度越高，表面張力越小，內聚力亦較小，使液體更易黏附於其他表面，黏附力越大。因此，水溫越高，對牆面(玻璃)之黏附力越大，證明表面張力確實影響濕衛生紙黏附牆面之現象。

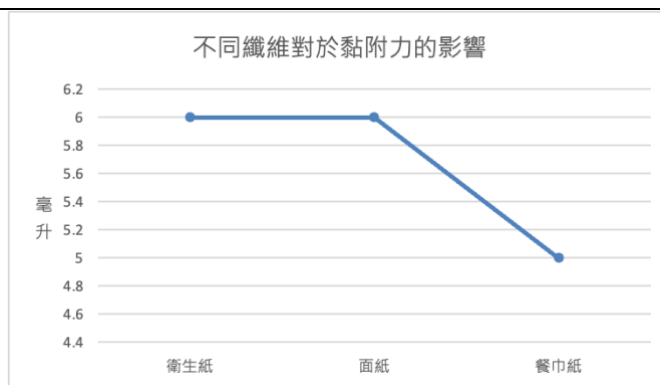
2.實驗二：探討液體極性對濕衛生紙黏牆的影響



圖六、不同液體極性下，濕衛生紙能夠黏附的最低質量圖

根據圖六，水所需質量最少，僅需 7 公克即可使衛生紙黏附。每克水提供之氫鍵數為 1/9，甘油約為 0.3/9，食用油則無氫鍵結構。實驗結果顯示，極性越大、氫鍵數越多，對牆面（水泥牆）之黏附力越大，證明氫鍵確實影響濕衛生紙黏附牆面之現象。

3.實驗三：探討衛生紙纖維對濕衛生紙黏牆的影響



圖七、不同粗細和密度的纖維下，濕衛生紙能夠黏附的最低水量關係圖

根據圖七，餐巾紙所需水量最少便能黏附。然而，前置實驗顯示衛生紙之毛細現象最明顯，面紙次之，餐巾紙最小。因此推論毛細現象與濕衛生紙黏附牆面之現象關聯性較低。

五、結論與生活應用

研究結果顯示，影響濕衛生紙黏牆之主要因素為氫鍵，與毛細現象之關聯較小。推論濕衛生紙接觸牆面時，水分子間及水分子與牆壁表面分子間形成氫鍵，使濕衛生紙緊貼牆面。相較之下，毛細現象主要涉及液體在狹窄空間之移動，對濕衛生紙和牆面之黏附影響有限。因此，使用極性較大且溫度較高之液體，能使衛生紙最輕易黏附。

利用我們的實驗，可以設計無膠黏貼式便條紙，僅需噴水便能輕鬆黏附於牆面，並且可重複使用。這樣的便條紙環保又方便，避免了傳統膠水留下的痕跡。另一方面，這項技術還能應用於可拆式壁貼或裝飾貼紙，透過調整材料的極性來實現無膠黏貼效果。這些創新應用不僅提升了材料的可持續性，也避免了對牆面的損害或不必要的清理。

參考資料

1. U.S. Geological Survey. (n.d.). Adhesion and cohesion of water. U.S. Geological Survey. Retrieved December 5, 2024, from <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/adhesion-and-cohesion-water#overview>
2. Khan Academy. (n.d.). Cohesion and adhesion in water. Khan Academy. Retrieved December 5, 2024, from <https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/chemistry-of-life/structure-of-water-and-hydrogen-bonding/a/cohesion-and-adhesion-in-water>
3. Hyper Physics. (n.d.). Surface tension. Georgia State University. Retrieved December 5, 2024, from <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/surten.html>
4. Buckley, D. H. (1974). Adhesion, friction, wear and lubrication in vacuum. Japanese Journal of Applied Physics, 13(S1), 297. <https://doi.org/10.7567/JJAPS.2S1.297>
5. 3M. (n.d.). Capillary action. 3M. Retrieved December 5, 2024, from https://www.3m.com.au/3M/en_AU/gives-au/education/science-at-home/capillary-action/
6. U.S. Geological Survey. (n.d.). Capillary action and water. U.S. Geological Survey. Retrieved December 5, 2024, from <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/capillary-action-and-water>