

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030816

致命吸引力

學校名稱：新北市私立康橋高級中學

作者： 國二 王彩伊 國二 張芷瑄 國二 陳彥伶	指導老師： 田代蕨 余承翰
---	-----------------------------

關鍵詞：奈米鐵、去蛋白

摘要

於生物課發現奈米技術可治癌症，因部分藥物以蛋白質製作，所以使用蛋白質替代藥物並製造出奈米鐵粉來測試，經實驗發現奈米鐵粉可吸附蛋白質。

本實驗以三氯化鐵 (FeCl_3) 和氯化亞鐵 (FeCl_2) 配合氨水製出奈米鐵粉並用其吸附蛋白質，希望藉此找到奈米鐵粉可吸附多少蛋白質。本實驗以電泳來觀察剩餘的蛋白質並透過銀染使結果顯現。

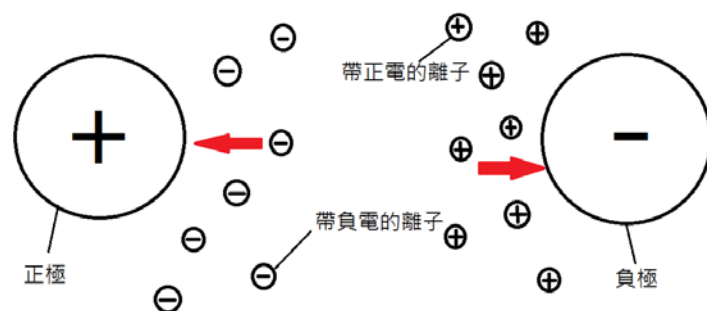
我們以氨水為界面活性劑，覆於一般鐵粉之上以降低其內聚力使之不再團聚而成為奈米鐵粉。為製出品質更穩定的鐵粉我們多次更改滴入氨水的方法。

本研究主要目標為製造鐵粉並確認其吸附蛋白質之效力，進而探討可否用於吸附藥物。經實驗發現自製鐵粉具吸附蛋白質之效力，並證實鐵粉多寡將影響蛋白質剩餘量。

壹、研究動機

常在新聞、網路或是報章雜誌看到治療癌症的相關報導，如：吃何種食物可以預防癌症或有什麼辦法可使癌症不藥而癒等。我們對於治療癌症的方法感到十分好奇，查詢資料後發現除了化學治療、手術之外，還有奈米技術也用於癌症治療上。

奈米技術是如何運用在治療癌症上？目前有兩種方法，一種是植入奈米裝置，另一種是讓奈米鐵當攜帶者。將奈米裝置植入身體後，此裝置便會隨著血液的路徑在全身上下流動，尋找癌細胞並將訊息傳出體外。另一種方法是讓奈米鐵當攜帶者，奈米鐵「攜帶者」正式名稱為「載體」，其特點為體積非常微小，可將藥物更深入人體內。我們想重現奈米鐵攜帶藥物治療癌症，但因實驗過於困難所以我們無法做出。經討論後，基於許多藥物是以蛋白質製成，所以我們決定自製奈米鐵粉並用其吸附蛋白質，希望能夠模擬奈米鐵攜帶藥物的樣子。因為我們沒有光學儀器，所以無法直接觀察鐵粉吸附蛋白質的量。因此，我們從反向進行以進行電泳及銀染確認蛋白質剩餘的量。蛋白質電泳為一種物理現象，其運作原理是在介質中設置一個電場，帶電分子會朝與自己電性相反的電極移動。（如圖一）由於不同性質的分子泳動速率不同，因此電泳被廣泛利用於分離 DNA 或蛋白質。分離 DNA 所使用的是洋菜膠體，而分離蛋白質的則是聚丙烯醯胺膠體。



(圖一)

銀染的原理是將膠體泡在鹼性的環境下，並使用藥劑讓銀離子還原成金屬銀，當銀離子還原成金屬銀顆粒時，會沉澱在蛋白質帶 (結果) 上，使得膠體染色，進而使我們容易觀察電泳後結果。

貳、研究目的

- 一、製作出鐵粉
- 二、改良製作鐵粉之方式，優化成奈米大小鐵粉
- 三、利用奈米鐵粉去吸附蛋白
- 四、證明小鐵粉可吸附較多蛋白
- 五、以不同實驗證明奈米鐵粉的吸附效力
- 六、利用電泳及銀染觀看實驗結果

參、研究設備及器材

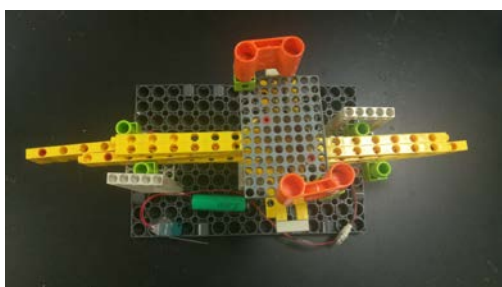
一、器材

加熱攪拌器	滴定架組	微量滴管	乳膠手套
乳頭滴管	刮勺	燒杯	保鮮膜
強力磁鐵	免洗筷	漏斗	鑷子
濾紙	量筒	小刀	電流供應器
試管	複式顯微鏡	載玻片	蓋玻片
電子秤	攪拌子	離心機	小型離心管

強力磁鐵	杵和鉢	染劑槽	自製震盪機
------	-----	-----	-------

二、藥品

三氯化鐵 (FeCl_3)	氯化亞鐵 (FeCl_2)	Sodium thiosulphate	甘油 (Glycerol)
鹽酸 (HCl)	氨水 (NH_4OH)	Ethanol	Temed ($\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2$)
純水 (dd H_2O)	丙烯醯胺 (acrylamide)	Sodium acetate	Sodium carbonate
Gel buffer	Stacking buffer	Silver nitrate	AP
TCA	Glutaric Dialdehyde (戊二醛)	Formaldehyde	



(圖二) 第二代自製震盪機俯瞰圖



(圖三) 依序排列左上至左下為 15%AA、Stacking Gel，中間為 Temed，右邊為 AP



(圖四) 依序排列左上至左下為 Gel Buffer、4%Glycerol、25%AA，右上至右下 Temed、AP



(圖五) 依序排列由左至右為氯化鐵、氯化亞鐵、Ammonia、鹽酸



(圖六) 依序排列由左至右為硫代硫酸鈉、醋酸鈉、95%乙醇，前面為戊二醛



(圖七)由左至右為硝酸銀、福馬林



(圖八)由左至右為碳酸鈉、福馬林

肆、研究過程及方法

一、

(一) 製作鐵粉

本實驗一共有三代改良。在第一代鐵粉水溶液中我們的鐵粉顆粒已經可以達到 100 奈米的大小，為了使我們的鐵粉顆粒可以變得更小，第二代時我們將氨水的濃度從 25%調降為 1M，由於鹽酸濃度太高，第三代時則再把鹽酸濃度從 1M 調整成 0.1M。

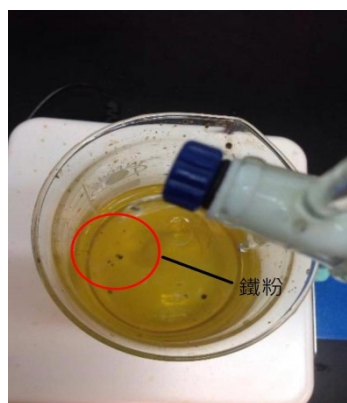
第一代

1. 將 2.7 克的三氯化鐵 (FeCl_3) 加入 50 毫升的純水中，並加入 10 毫升的鹽酸 (HCl)
2. 將 1.9 克的氯化亞鐵 (FeCl_2) 加入 50 毫升的純水中，並加入 10 毫升的鹽酸 (HCl)
3. 分別將這兩種溶液放入攪拌子並放在加熱攪拌器上攪拌，攪拌至藥品完全溶於水中
4. 分別將兩杯溶液利用過濾紙及漏斗過濾
5. 將兩杯溶液均勻混合在一起

6. 架設滴定組並調整滴量，使每滴氨水滴下之速率、劑量相同

7. 放上加熱攪拌器攪拌，同時利用滴定架滴入 50 毫升的 25% 氨水 (NH_3)

(如圖九和圖十)



(圖九)



(圖十)

第一代鐵粉

第一次鐵粉 (2015/11/17)

本次製作之鐵粉不具磁性，顏色約為土黃色，顆粒偏大。我們推測鐵粉不具磁性是因為藥品變質，後經老師指導發現製作出的鐵粉溶液顏色不尋常，應偏灰黑色。顆粒偏大則是因為此次實驗使用乳頭滴管以手控的方式將氨水滴入，所以無法控制其滴量以及速度，而導致此結果。



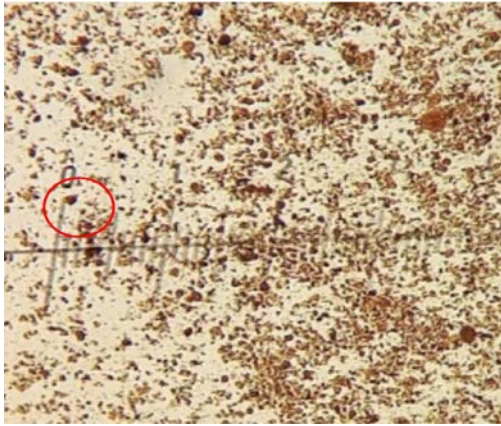
(圖十一) 第一次奈米鐵粉 (放大 100 倍)



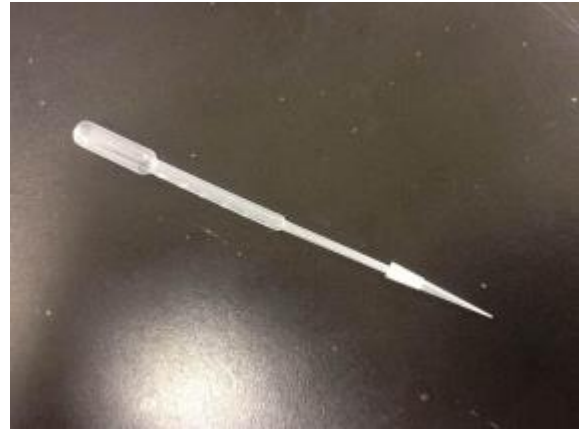
(圖十二) 乳頭滴管

第二次鐵粉 (2015/11/24)

經改良後，我們將乳頭滴管套上微量滴管，以控制滴量，但因為仍是手控，故無法控制滴速，所以顆粒仍達不到奈米大小。我們也推測有可能是因滴氨水時，滴速過快而導致此結果。



(圖十三) 第二次奈米鐵粉 (放大 100 倍)



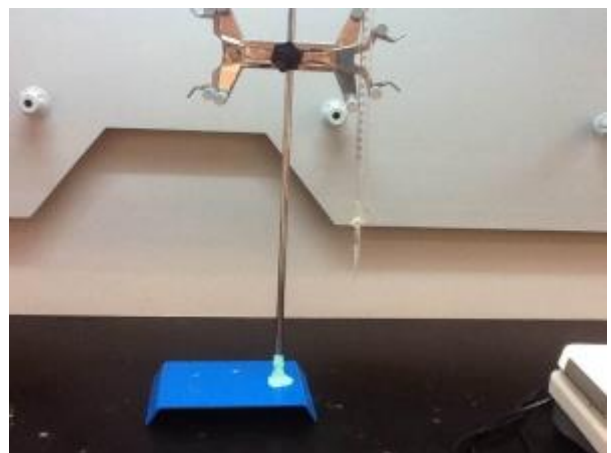
(圖十四) 乳頭滴管套上微量滴管

第三次鐵粉 (2015/12/21)

此次製作之鐵粉水溶液與前兩代製作之鐵粉水溶液有顯著的差異，也更加接近理想中的鐵粉水溶液。其磁力比起前兩代更為明顯，且溶液呈現黑色。雖然第四代鐵粉水溶液非常接近理想值但仍有顆粒大小不均的問題，因此我們利用滴定組來控制滴量與速度，希望藉此改善此問題。結果，使用滴定組後顆粒大小不均的問題仍存在，我們推測可能是因滴速過快且滴量過多而導致。



(圖十五) 第三次奈米鐵粉 (放大 100 倍)



(圖十六) 滴定組

第四次鐵粉 (2016/1/5)

本次製造鐵粉我們將滴速調慢，並利用滴定組配合微量滴管使滴量減少，因此顆粒大小平均，且磁性也更為良好。此次製作的鐵粉可謂是最成功的一次，因為其顆粒大小與分布皆比之前更為平均，且溶液呈現黑色。



(圖十七) 第四次奈米鐵粉 (放大 40 倍)



(圖十八) 滴定組套上微量滴管

※滴入時，動作不可過快，並須一滴一滴加入，滴速越慢，其顆粒大小越小

第一次	第二次
第三次	第四次

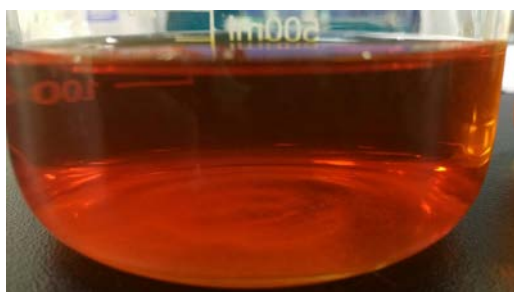
第二代鐵粉

為了優化鐵粉使鐵粉顆粒變更小，我們將氨水濃度降低，以減緩氨水和鹽酸酸鹼中和的速度。我們一共進行了四次實驗，但每次鐵粉顆粒皆無磁力，因此我們經討論後又進行了配方改量，調整鹽酸濃度。

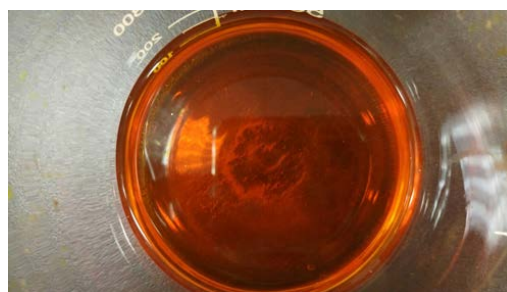
1. 將 2.7 克的三氯化鐵 (FeCl_3) 入 40 毫升的純水中，並加入 10 毫升的鹽酸 (HCl)
2. 將 2 克的氯化亞鐵 (FeCl_2) 加入 40 毫升的純水中，並加入 10 毫升的鹽酸 (HCl)
3. 分別將這兩種溶液放入攪拌子並放在加熱攪拌器上攪拌，攪拌至藥品完全溶於水中
4. 分別將兩杯溶液利用過濾紙及漏斗過濾
5. 將兩杯溶液均勻混合在一起
6. 將 50 毫升的純水與 2 毫升的 25% 氨水混合，製成 1M 的氨水，並以微量滴管抽掉 2 毫升的混合溶液
7. 將步驟五之溶液放上加熱攪拌器攪拌，同時以乳頭滴管滴入氨水

第一次鐵粉 (2016/5/28)

本次製做的鐵粉水溶液呈現紅色，與往常的黑色不同且不具磁性。



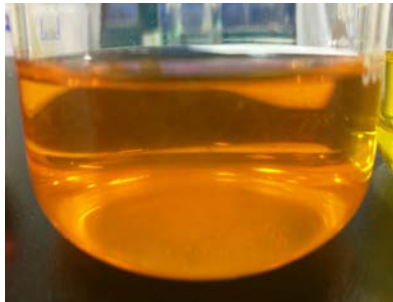
(圖十九)



(圖二十)

第二次鐵粉 (2016/5/29)

本次實驗所製作之鐵粉水溶液呈現橘色且不具磁性。



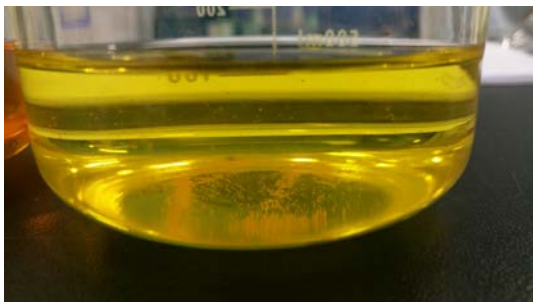
(圖二十一)



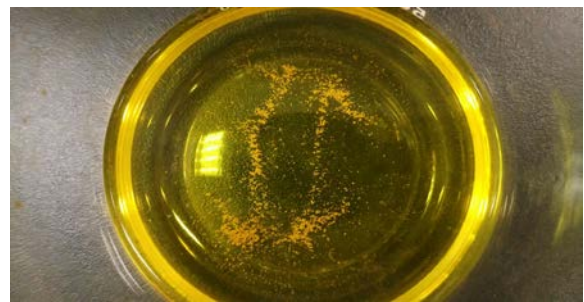
(圖二十二)

第三次鐵粉 (2016/5/30)

本次所製作之鐵粉水溶液呈現黃色且不具有磁性。



(圖二十三)



(圖二十四)

第三代

為了使鐵粉顆粒具有磁力，經討論後我們決定降低鹽酸濃度，使氨水滴入時不要被鹽酸酸鹼中和而無法與三氯化鐵及氯化亞鐵作用。

1. 取 2 毫升的 26M 氨水稀釋 25 倍
2. 取 1 毫升 1M 鹽酸，加 9 毫升純水稀釋成 0.1M
3. 將 5.4 克的三氯化鐵 (FeCl_3) 加入 40 毫升的純水中，並加入 10 毫升的稀釋鹽酸(HCl)
4. 將 2 克的氯化亞鐵 (FeCl_2) 加入 40 毫升的純水中，並加入 10 毫升的稀釋鹽酸 (HCl)

5. 分別將兩種溶液放入攪拌子並放在加熱攪拌器上攪拌，攪拌至藥品完全溶於水中
6. 分別將兩杯溶液利用過濾紙及漏斗過濾
7. 將兩杯溶液均勻混合在一起
8. 將 50 毫升的純水與 2 毫升的 25% 氨水混合，製成 1M 的氨水，並以微量滴管抽掉 2 毫升的混合溶液
9. 將步驟六之溶液放上加熱攪拌器攪拌，同時以乳頭滴管滴入氨水

第一次鐵粉 (2016/6/2)



(圖二十五)



(圖二十六)

(二) 清洗鐵粉

1. 準備 4 個燒杯，並以純水清洗
2. 分別倒入 100 毫升的純水
3. 將乳膠手套的手指部份剪下，並重複三次
4. 將強力磁鐵塞入剪下的其中一個手套中
5. 將含有強力磁鐵的手套泡入步驟 (一) 所製作之溶液中 (如圖二十七)
6. 承上，將沾滿鐵粉溶液的手套泡入第二杯的純水中，並輕輕轉圈
7. 重複步驟 6 四次
8. 將已清洗之沾滿鐵粉溶液的手套用免洗筷貼緊，並用放在燒杯上晾乾



(圖二十七)



(圖二十八)

(三) 萃取出鐵粉

1. 24 小時後，將已清洗之沾滿鐵粉溶液的手套中的磁鐵取出
2. 將手套上鐵粉以免洗筷刮下
3. 用杵與鉢研磨鐵粉 (如圖三十)



(圖二十九) 晾乾鐵粉



(圖三十) 用杵與鉢研磨鐵粉

※查詢資料後，我們發現目前奈米鐵粉較為普及的製造方法為使用三氯化鐵 (FeCl_3) 以及氯化亞鐵 (FeCl_2)，經溶液混合、攪拌、沉澱、清洗及烘乾等步驟後製作而成。其中因為我們沒有可烘乾鐵粉的儀器，所以我們將機器烘乾改為 24 小時自然晾乾。

(四) 鐵粉泡回純水

1. 以 0.001 克鐵粉：1 毫升純水的比例，製成鐵粉水溶液(如圖三十一)



(圖三十一)

(五) 計算鐵粉大小

1. 取 3 μ l 的鐵粉水溶液製成玻片
2. 分別在顯微鏡底下取大小鐵粉各 30 顆放大 1000 倍
3. 以顯微鏡底下之比例尺紀錄鐵粉的直徑
4. 以直徑計算出體積代入公式: $\frac{4}{3} \times \text{圓周率} \times r^3$
5. 以直徑計算出球體表面積代入公式: $4 \times \text{圓周率} \times r^2$
6. 分別計算出直徑、體積、表面積的平均

(六) 鐵粉泡入蛋白質

我們利用自製的鐵粉進行了三個實驗。實驗一我們製作了大顆粒鐵粉以及小顆粒的鐵粉，並假設小顆粒鐵粉會因表面積較大而吸附較多的蛋白質，實驗二的變因則是鐵粉吸附蛋白質的時間差異，我們分別於 30 秒、1 分鐘、5 分鐘及 10 分鐘時取上清液。實驗三的變因為蛋白質濃度，我們將蛋白質稀釋，並用大顆粒鐵粉以及小顆粒的鐵粉來進行實驗。

實驗一:

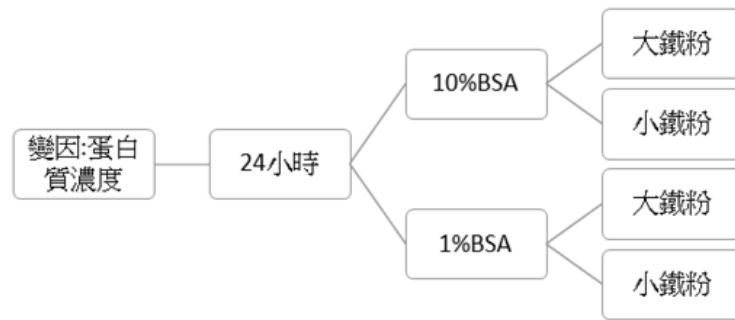
實驗一的目的是要證明我們的假設:小顆粒的鐵粉可以比大顆粒的鐵粉吸附更多的蛋白質。

實驗一配方：

1. 以 0.001 克鐵粉：1 毫升純水的比例，將大、小顆粒的鐵粉製成鐵粉水溶液
2. 將牛血清白蛋白 (BSA) 用純水泡成 10% 以及 1% 濃度的蛋白質溶液，並離心 1 秒鐘
3. 將 1 毫升的小顆粒鐵粉溶液與 0.5 毫升的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管
4. 將 1 毫升的大顆粒鐵粉溶液與 0.5 毫升的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管
5. 將磁鐵置於小型離心管下，開始計時
6. 於 24 小時後從蛋白質與鐵粉混和溶液中吸出 0.1 毫升的上清液，分別放入小

型離心管中

7. 將抽取出的上清液加入 0.1 毫升的 1% 甘油以及 0.2 毫升的 simple buffer , 並離心 3 秒鐘



(圖三十二) 實驗一配方

實驗二:

第一代第一次配方:

1. 將鐵粉水溶液輕搖，並分別取 1000 μ l 至 8 個小型離心管中
2. 將牛血清白蛋白 (BSA) 用純水泡成 10% 濃度的蛋白質溶液，並離心 1 秒鐘
3. 將 0.5 毫升的鐵粉溶液與 0.5 毫升的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管，製成 50% 溶液 (如圖三十五)
4. 將 0.25 毫升的鐵粉溶液與 0.75 毫升的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管，製成 25% 溶液
5. 將磁鐵置於小型離心管下，開始計時
6. 於 30 秒、1 分鐘、5 分鐘和 10 分鐘時從蛋白質與鐵粉混和溶液中吸出 0.1 毫升的上清液，分別放入小型離心管中 (如圖三十六)

第一代第二次配方：

1. 將鐵粉水溶液輕搖，並分別取 1000 μ l 至 8 個小型離心管中

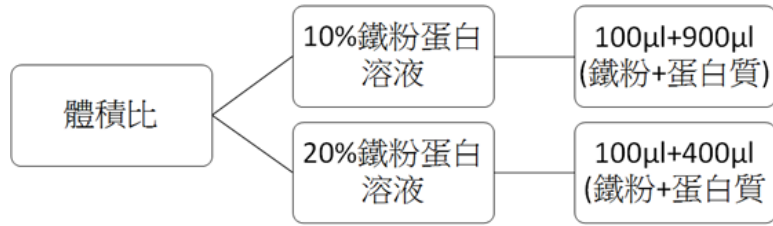
2. 將牛血清白蛋白 (BSA) 用純水泡成 1% 濃度的蛋白質溶液，並離心 1 秒鐘
3. 將 0.5 毫升的鐵粉溶液與 0.5 毫升的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管，製成 50% 溶液 (如圖三十五)
4. 將 0.25 毫升的鐵粉溶液與 0.75 毫升的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管，製成 25% 溶液
5. 將磁鐵置於小型離心管下，開始計時
6. 於 30 秒、1 分鐘、5 分鐘和 10 分鐘時從蛋白質與鐵粉混和溶液中吸出 0.1 毫升的上清液，分別放入小型離心管中 (如圖三十六)



(圖三十三) 第一代配方

第二代配方：

1. 將 100 μ l 鐵粉分別裝入小型離心管中
2. 將 400 μ l 的 3% BSA 加入步驟 1 其中一管鐵粉中，製成體積百分濃度 20% 的鐵粉蛋白質溶液
3. 將 450 μ l 的 3% BSA 加入步驟 1 其中一管鐵粉中，製成體積百分濃度 10% 的鐵粉蛋白質溶液
4. 將磁鐵置於小型離心管下，開始計時
5. 於 30 秒、1 分鐘、5 分鐘和 10 分鐘時從蛋白質與鐵粉混和溶液中吸出 0.1 毫升的上清液，分別放入小型離心管中 (如圖三十六)



(圖三十四) 第二代配方



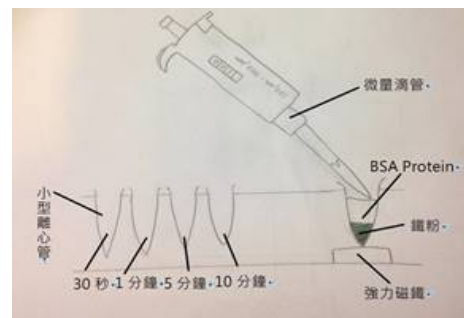
(圖三十五)



(圖三十六)



(圖三十七)



(圖三十八)鐵粉泡入蛋白質示意圖

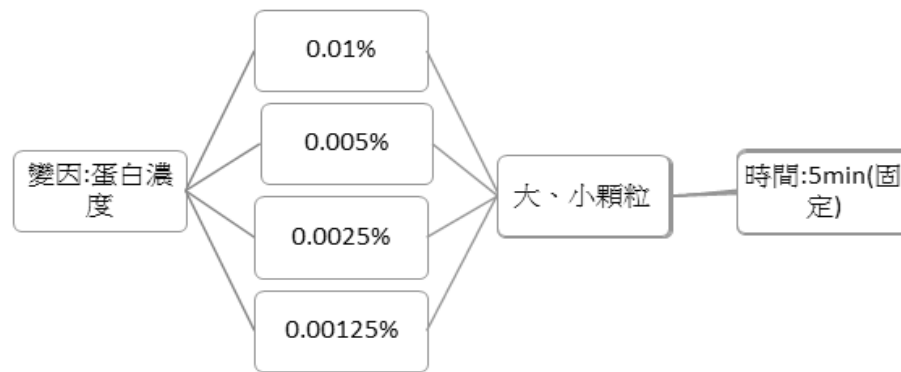
實驗三:

在實驗三中我們分成兩代，第一代是將蛋白質從 0.01%開始減半序列稀釋 0.01%、0.005%、0.0025%和 0.00125%濃度的蛋白質溶液進行實驗。第二代則為 1%、0.5%、0.1%、0.05%、0.01%。我們認為隨著蛋白質濃度下降，顯示在 SDS 膠體上的蛋白質就會越少。

第一代

1. 以 0.001 克鐵粉：1 毫升純水的比例，將大、小顆粒的鐵粉製成鐵粉水溶液
2. 將牛血清白蛋白 (BSA) 用純水泡成 0.01%、0.005%、0.0025% 以及 0.00125%濃度的蛋白質溶液
3. 將 1 毫升的小顆粒鐵粉溶液與 0.5 毫升的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管
4. 將 1 毫升的大顆粒鐵粉溶液與 0.5 毫升的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管

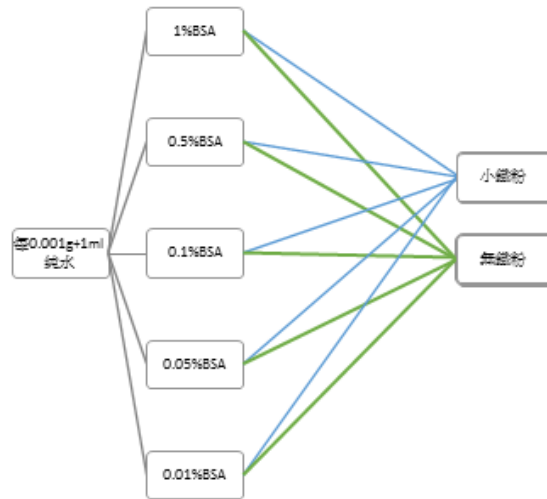
5. 將磁鐵置於小型離心管下，開始計時 5 分鐘
6. 於 5 分鐘時從蛋白質與鐵粉混和溶液中吸出 0.1 毫升的上清液，分別放入小型離心管
7. 將抽取出的上清液加入 0.2 毫升的 simple buffer，並離心 3 秒鐘



圖(三十九) 實驗三第一代配方

第二代

1. 以 0.001 克鐵粉：1 毫升純水的比例，將小顆粒的鐵粉製成鐵粉水溶液
2. 將牛血清白蛋白 (BSA) 用純水泡成 1%、0.5%、0.1%、0.05% 以及 0.01% 濃度的蛋白質溶液
3. 分別裝入有 1 毫升純水的小型離心管中，作為對照組
4. 再將 1 毫升的小顆粒鐵粉溶液分別與 0.5 毫升不同濃度的牛血清白蛋白溶液加入小型離心管
5. 將混合溶液均勻搖晃五分鐘
6. 將磁鐵至於離心管下方
7. 於 5 分鐘時分別從不同蛋白質濃度與鐵粉混和溶液中吸出 20 μ l 的上清液，分別放入小型離心管中
8. 將抽取出的上清液加入 20 μ l 的 sample buffer，並離心 3 秒鐘



(圖四十) 實驗三第二代

(七) 電泳

1. 架設電泳槽

- (1) 將兩片玻璃四角對齊，卡入直立式電泳槽中
- (2) 鎖緊電泳槽，並以純水測漏

2. 製作下膠層

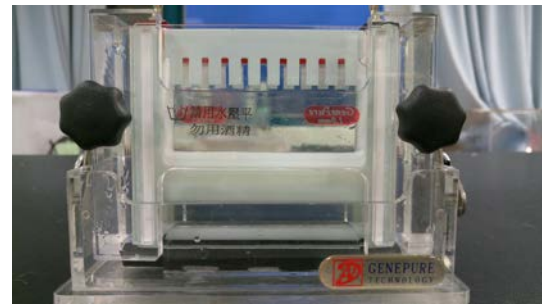
- (1) 取 6ml 25%Acetic acid、6ml gel buffer、6ml 40 glycerol 製成下膠
- (2) 加入 200 μ l AP 與 20 μ l Temed 使其凝固
- (3) 將下膠滴入電泳槽內(如圖四十一)
- (4) 滴入純水將膠體壓平
- (5) 靜待 45 分鐘

3. 製作上膠層

- (1) 2ml 15%Acetic acid、2ml stacking buffer、2ml 純水製成上膠
- (2) 加入 100 μ l AP 與 10 μ l Temed 使其凝固
- (3) 將上膠滴入電泳槽內
- (4) 插入染劑槽(如圖四十二)
- (5) 靜待 45 分鐘



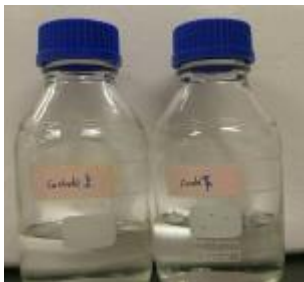
(圖四十一) 製作下膠



(圖四十二) 製作上膠

4. 通電

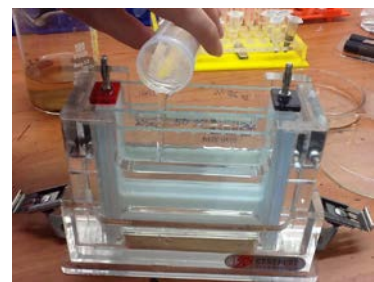
- (1) 將下 buffer 與上 buffer 加入電泳槽內 (如圖四十四和圖四十五)
- (2) 拔除染劑
- (3) 取 10 μ l 步驟 (四) 製作的鐵粉蛋白質溶液上清液，依序加入染劑槽內(如圖四十六)
- (4) 鎖緊電泳槽後，開始通電 (電壓 170 伏特、電流 200 微安培、通電時間 45 分鐘)
(如圖四十七)
- (5) 通電過程中觀察其變化並拍照紀錄



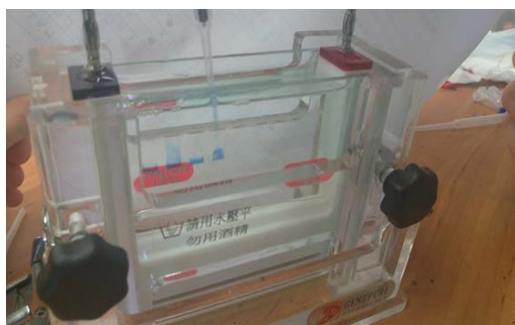
(圖四十三) 上下 buffer



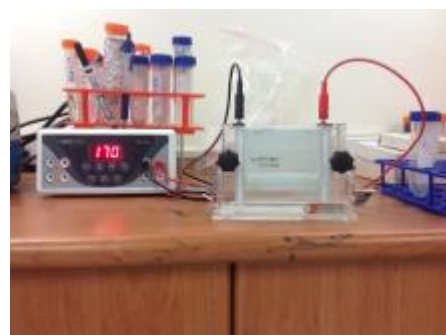
(圖四十四) 加入下 buffer



(圖四十五) 加入上 buffer



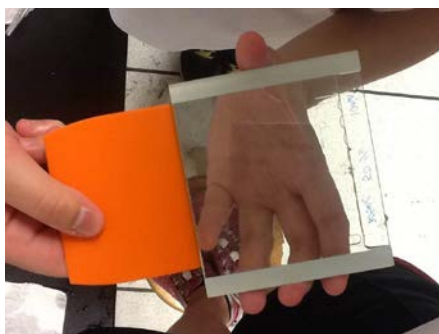
(圖四十六) 打入檢體



(圖四十七) 通電

(八) 銀染

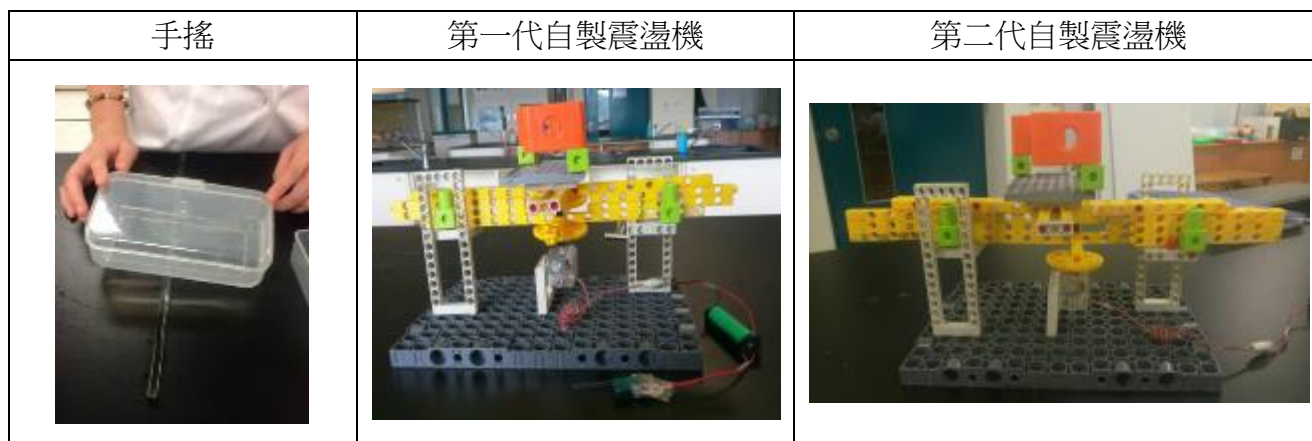
1. 將膠體取出 (如圖四十八)
2. 將上膠剪除 (如圖四十九)
3. 將步驟 2 膠體泡入純水清洗，左右搖晃 5 分鐘 (washing)
4. 將水倒出並重複步驟 3 兩次
5. 將 0.3g 的硫代硫酸鈉 (Sodium thiosulphate)、30ml 的乙醇 (Ethanol)、10g 醋酸鈉 (Sodium acetate) 以及 250 μ l 的戊二醛 (Glutaraldehyde) 混合
6. 將水倒出，並將膠體泡入步驟 5 之溶液中，持續左右搖動 30 分鐘 (Sensitizing)
7. 將溶液倒出，用純水清洗膠體三次，每次持續左右搖動 5 分鐘(washing)
8. 將 0.25g 的硝酸銀 (Silver nitrate) 以及 20 μ l 的福馬林 (Formaldehyde) 混合
9. 將膠體泡入步驟 8 之溶液中，持續左右搖動 20 分鐘 (silver reaction)
10. 用純水清洗膠體兩次，每次持續左右搖動 1 分鐘
11. 將 2.5g 的碳酸鈉 (Sodium carbonate) 以及 10 μ l 的福馬林 (Formaldehyde) 混合
12. 帶蛋白質染色結果出來後，用純水清洗膠體



(圖四十八) 取出膠片



(圖四十九) 剪下上膠



(圖五十)

伍、研究結果

一、實驗一：

在實驗一中我們將大、小顆粒的鐵粉分別泡入 10%、1% 蛋白質中，並用磁鐵吸附 24 小時，希望可以證明兩件事：1. 我們製作的鐵粉具有吸附蛋白質的能力 2. 小顆粒鐵粉會比大顆粒鐵粉吸附更多蛋白質。本實驗共操作兩次。

(一)第一次：

在本次實驗中可看出經鐵粉吸附後蛋白質有減少的跡象，可惜大、小鐵粉的吸附效果看起來差異不大。由於上述原因，我們決定再次進行實驗。

BSA: 10% 10% 10%
鐵粉： 無 大 小



(圖五十一)

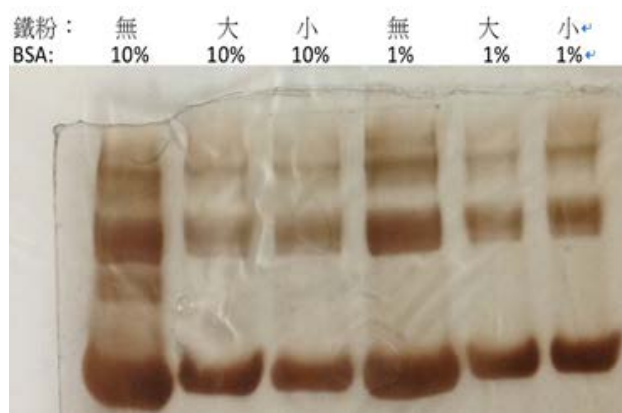
鐵粉：無 小 大
BSA: 1% 1% 1%



(圖五十二)

(二)第二次：

在此次實驗中可以看出蛋白質色帶的顏色有越來越淡，因此可以確認經鐵粉吸附過的蛋白質濃度有下降的趨勢，且小鐵粉比大鐵粉吸附更多的蛋白質。



(圖五十三)

二、實驗二：

實驗二共有並三次實驗分為兩代，兩代間最大的區別為鐵粉泡入蛋白質的濃度計算方法的差異，以及 BSA 濃度的調整。我們所做實驗的三次，第一次為第一代，後兩次為第二代。

第一代第一次: 在第一次實驗中，我們將 BSA 的濃度設定為 10%，並分別將 1000 μ l 的 10%BSA 與 250 μ l、500 μ l 的鐵粉混合，製成一管 25%、一管 50% 的待吸附蛋白質溶液。經過鐵粉吸附蛋白質及電泳後，我們將膠體拿去銀染，結果發現蛋白質並未被染出。我們推測蛋白質並未被染出是因為我們操作技術不夠純熟，可能在過程中發生失誤，導致結果失敗。(如圖三十五和三十六)



(圖五十四)第一代第一次 25% 結果



(圖五十五)第一代第一次 50% 結果

第二代實驗與第一代實驗最大的差異是我們調整了鐵粉與蛋白質混合的配方與配置方法。

第一代是將 1000 μ l 的 BSA 以重量百分濃度的方式製成 25% 與 50% 的鐵粉蛋白質溶液，

第二代則是以體積百分濃度將 100 μ l 的 BSA 製成 20% 與 10% 的鐵粉蛋白質溶液。

第二代第一次: 與老師討論後，在本次實驗我們將 BSA 濃度改為 3%，並調整計算、配置鐵粉蛋白質溶液的方法，將重量百分濃度改為體積百分濃度。但經過電泳、銀染等步驟後，我們發現結果仍不如預期，我們推測此次實驗失敗是因為電源供應器供電不穩，造成過程中電流供應斷斷續續，影響了結果。(如圖三十七和三十八)



(圖五十六) 第二代第一次 50%結果



(圖五十七) 第二代第一次 25%結果

第二代第二次: 此次結果為四次中最成功的一次，但因蛋白質並未被拉開所以結果只有一條線。本次實驗 BSA 仍採用 3%，鐵粉蛋白質溶液的配方也與第二代第一次實驗相同。於此次實驗結果可從色帶上明顯看出蛋白質濃度下降，代表溶液中的蛋白質確實有被奈米鐵粉吸附，因此可證實奈米鐵粉確實有吸附蛋白質的功效。



(圖五十八) 第二代第二次 50% 結果



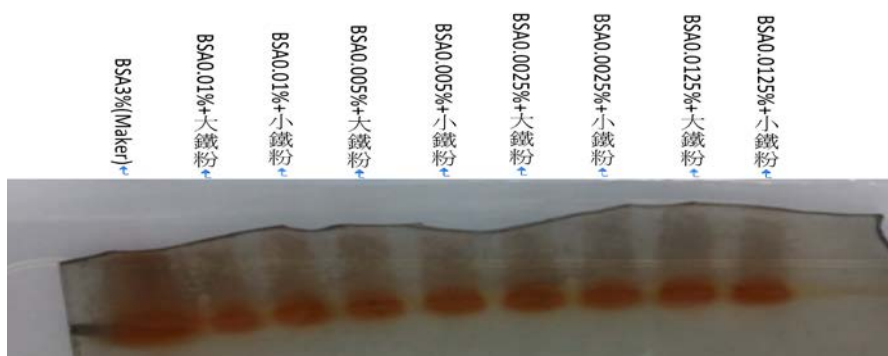
(圖五十九) 第二代第二次 25% 結果

三、實驗三:

在實驗三中我們想驗證我們的假設:越濃的蛋白質經鐵粉吸附過後會比濃度低的蛋白質剩下更多的蛋白質，除此之外我們也想找出鐵粉可吸附蛋白質的量。本實驗是以序列稀釋的方式來調配蛋白質的濃度，我們一共改良了兩次。

第一代: 於本代實驗我們將 BSA 配置成 0.01%、0.005%、0.0025%、0.00125% 的水溶液來進行實驗，我們預測結果將會照著這兩個規律:1. 濃度越高的蛋白質溶液較濃度低的蛋白質溶液

會剩下更多的蛋白質 2. 小鐵粉會比大鐵粉吸附更多的蛋白質。但結果卻是所有濃度的蛋白質皆呈現相同顏色、相同粗細在色帶上，經討論後我們決定改變蛋白質的濃度。



(圖六十)

第二代

第二代實驗一共進行了四次，蛋白質濃度皆為 1%、0.5%、0.1%、0.05%、0.01%。這四次的實驗最大的差異是前兩次的實驗有使用大顆粒與小顆粒的鐵粉，結合時間為 5 分鐘，而後兩次實驗僅使用小顆粒的鐵粉，並加入了純蛋白質作為對照組，結合時間皆為 5 分鐘。

第一次: 本次實驗結果十分不理想。根據我們實驗前的預測，濃度較高的蛋白質應該比濃度較低的蛋白質剩下更多的蛋白質，且小鐵粉會比大鐵粉吸附更多的蛋白質，但呈現出的結果卻與我們的預測十分不符，不僅大鐵粉比小鐵粉吸附更多的蛋白質，濃度較低的 BSA 還比濃度較高的 BSA 剩下更多蛋白質。我們認為造成本次實驗失敗的原因可能是因為使用微量滴管時不夠細心，因此將不同濃度的蛋白質混在一起而造成結果不符預期。

結合時間：皆為 5mins

BSA 濃度：	1%	1%	0.5%	0.5%	0.1%	0.1%	0.05%	0.05%	0.01%	0.01%
鐵粉大小：	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小



(圖六十一)

第二次: 於第二次實驗結果中可看出由左至右第五格至第十格符合我們的兩個想法，但前四格仍不符預期，因此我們決定再一次進行實驗。

結合時間：皆為 5mins

BSA 濃度：	1%	1%	0.5%	0.5%	0.1%	0.1%	0.05%	0.05%	0.01%	0.01%
鐵粉大小：	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小



(圖六十二)

第三次: 為了減少實驗變因使結果更加精確，經討論後我們決定在本次實驗中只採用小鐵粉，另一格加入純蛋白質。本次實驗的 0.01% BSA 比 0.1% BSA 吸附過後還要濃，這並符合我們的預測，我們推測此次為操作上的失誤，為了加以改善我們進行了第四次實驗。

結合時間：皆為 5mins

BSA 濃度：	1%	1%	0.5%	0.5%	0.1%	0.1%	0.05%	0.05%	0.01%	0.01%
有無鐵粉：	無	小	無	小	無	小	無	小	無	小

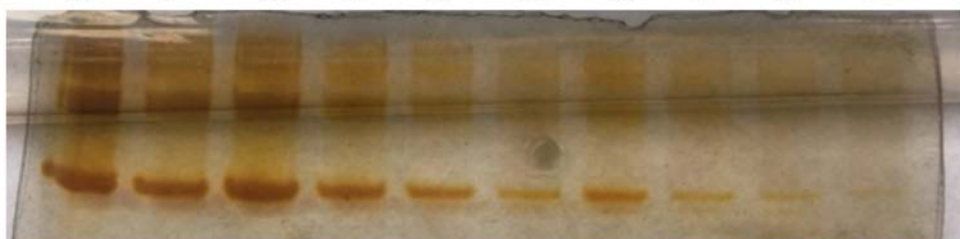


(圖六十三)

第四次: 此次實驗為實驗三中較為成功的一次，可以看出經鐵粉吸附後蛋白質有明顯下降。於色帶呈現出的結果中我們也可看出 0.01% BSA 經鐵粉吸附後所遺留下的 BSA 十分少，為了找出鐵粉所能吸附蛋白質的量，因此我們又使用了 0.005% 的 BSA 進行實驗。

結合時間：皆為 5mins

BSA 濃度：	1%	1%	0.5%	0.5%	0.1%	0.1%	0.05%	0.05%	0.01%	0.01%
有無鐵粉：	無	小	無	小	無	小	無	小	無	小



(圖六十四)

陸、討論與結論

實驗中我們發生了許多問題，導致實驗成果不明顯或失敗，但經實驗後我們仍可歸納出下列結論：

(一)本實驗製作之鐵粉顆粒可達 20 至 50 奈米

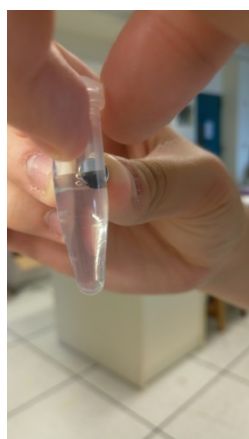
在我們製作的兩代鐵粉中，第一代鐵粉僅可達 100 奈米的大小，為了製作出更微小的鐵粉粒子，經討論後，我們將氨水濃度降低，以減緩氨水和鹽酸酸鹼中和的速度。經多次實驗後，我們終於製作出顆粒大小約為 20 至 50 奈米的鐵粉。

(二)本實驗製作之奈米鐵粉具磁力

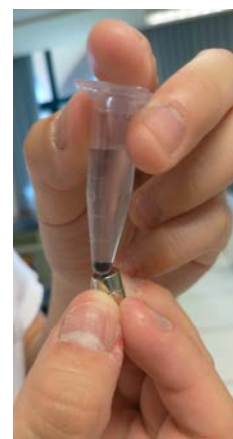
在我們所製作的兩代鐵粉中，第一代鐵粉是顆粒較大但磁力較強，而第二代鐵粉是顆粒較小但磁力較弱的。第一代的鐵粉大約為 100 奈米的大小，經優化後我們所製作的第二代鐵粉可達到 20 至 50 奈米的大小。下圖為吸附鐵粉的過程，於(如圖六十五)我們將小型離心管晃動，使鐵粉飄散於整個試管內，接下來使用強力磁鐵將鐵粉吸附於管壁上，並旋轉試管使所有鐵粉被磁鐵吸附 (如圖六十六) ，最後再將鐵粉聚集於試管下方(如圖六十七)。



(圖六十五)



(圖六十六)



(圖六十七)

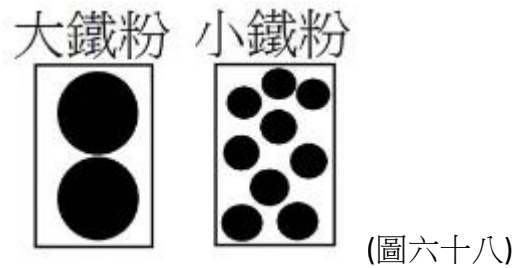
(三) 奈米鐵粉可吸附蛋白質

透過實驗可發現我們所製作之鐵粉確實可吸附蛋白質。於實驗一我們證明了鐵粉確實有可吸附蛋白質的功效，於實驗二、實驗三我們則透過多次實驗與多次改良找出了鐵粉可吸附蛋白質的量。

(四) 小顆粒鐵粉可比大顆粒鐵粉吸附更多蛋白質

在實驗二中，我們證明了小顆粒鐵粉可比大顆粒鐵粉吸附更多蛋白質。以單顆鐵粉來說，小鐵粉的表面積小於大鐵粉的表面積，但當有一大單位的鐵粉水溶液時，小鐵粉因體積比較小所以相較大鐵粉會有更多顆粒，因此總表面積會比大鐵粉還大，可比大鐵粉吸附更多蛋白質。

我們將本結果製成下列示意圖(如圖六十八)。



(五) 鐵粉可吸附蛋白質的最佳濃度大約為 0.01%至 0.005%

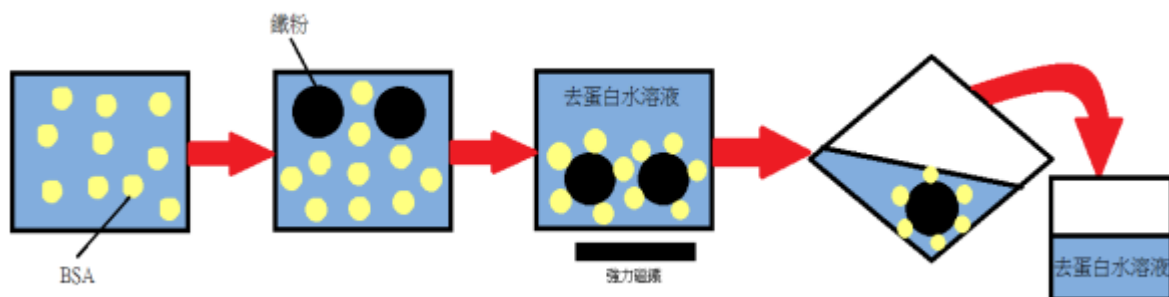
在實驗三中我們漸循漸進找出了鐵粉大約可吸附了蛋白質的濃度，從一開始的 0.01%、0.005%、0.0025%、0.00125%、0.01%再到 1%、0.5%、0.1%、0.05%、0.01%最後我們發現鐵粉可吸附蛋白質的最佳濃度大約為 0.01%至 0.005%之間。

柒、未來展望

在這次科展我們使用了簡易的方法與易取得的器材製作出奈米鐵粒子，在未來我們認為奈米鐵粒子可廣泛應用於更多方面。

一、去除水溶液中的蛋白質

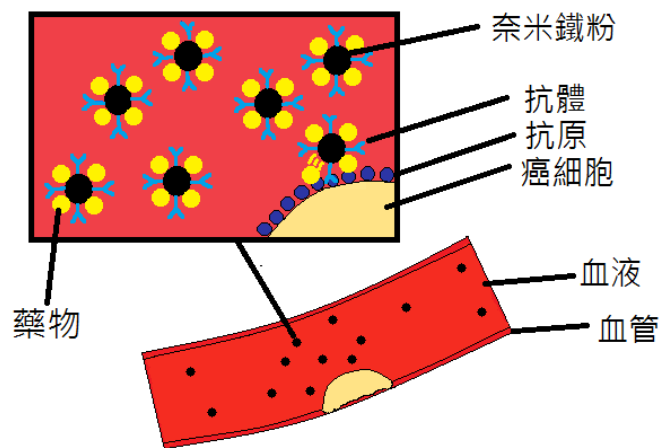
在實驗過程中，我們發現奈米鐵粉可吸附蛋白質的特性能夠作為一種簡易的方法運用於去除蛋白質上。假設有一杯含蛋白質的水溶液要去除蛋白質，只需要加入適量鐵粉並用磁鐵吸附，便可有效去除蛋白質，而不需要使用貴重儀器或者繁瑣複雜的方法。



(圖六十九)

二、將奈米鐵作為載體，攜帶藥物

本實驗最初動機便是看見奈米鐵被應用於癌症治療上。未來，我們也希望可以繼續進行奈米鐵的相關研究，使奈米技術應用於癌症治療上。下圖為查詢文獻時我們所發現目前科學家正在研究的奈米鐵粉應用於癌症治療的方法，目前較多資料是將藥物與抗體吸附於奈米鐵粉上，讓鐵粉去辨識並殺死癌細胞。



(圖七十)

捌、文獻與其他

一、朱榮聰、丁永強 (2010) '奈米氧化鐵粉末之製作' 遠東學報，4，371-376 取自

<http://www.feu.edu.tw/adms/aao/aao95/jfeu/27/2704/270414.pdf>

二、徐浚瑋、楊心美、林亮宇 (2015) 分子天堂路'國立台灣科學教育館科展群傑廳'取自

<http://science.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=12503>

三、陳彥辰、鄭有容 (2013) 奈米金屬粒子的研製及其後續應用 國立台灣科學教育館科展群傑廳 取自

<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=10253>

四、Dove Press. (2014). Development of a lauric acid/ albumin hybrid iron oxide nanoparticle system with improved biocompatibility

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25364244>

五、*NPG Asia Materials* (2016), Controlled nanoparticle release from stable magnetic microbubble oscillations p 2-10

<http://www.nature.com/am/journal/v8/n4/full/am201637a.html>

六、*Journal of chemical education* (1999), Preparation and properties of an Aqueous Ferrofluid ,76 (7), p 943-948

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed076p943?journalCode=jceda8>

【評語】 030816

1. 表達有活力，但已有類似方法的實驗。
2. 不同實驗間的濃度配法不同，卻用相同%表示，不易了解尺度大小，濃度單位表達不一致。
3. 放大倍率不一致，不易比較。
4. 文字編排要一致。
5. 知識和器材超出國中程度。