

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中 (職) 組 成果報告表單

題目名稱： 寸「晶」難買寸光陰

一、摘要：

在自然科學實驗中，精準度是很重要的一個條件，以這個要件和我們日常生活結合，故我們想要動手製作簡單及方便取材的裝置，利用此裝置做到與市面上精準度接近的儀器。

本實驗利用槓桿、光的反射原理去測量微小質量。利用能測量到小數點後三位的儀器製作鋁箔砝碼，分別做 0.001 克、0.005 克各五個，每次實驗都依序加五個同質量砝碼且各做十次實驗，測量其函數關係，刪除離標準值(+/-)1.5 或(+/-)2 的誤差，並得到函數圖形，進而去推測到小數點後四位。

二、探究題目與動機

高中課程中有教更深的反應速率、沉澱物、反應平衡等單元，而我們觀察學長姊操作沉澱物的實驗的時候，發生反應的沉澱物狀態為霧狀，顛覆了我們對溶液中沉澱物都是白色粉狀的認知，進而一問，發現這個是硝酸鉛和鹽酸的沉澱物，氯化鉛。放了沒多久後，那滴沉澱物的外觀又改變很多(一開始的霧狀變成結晶雪花狀)，因此我們想對這個沉澱物進行探討與延伸。

在探討文獻階段時，我們得知可以利用光槓桿測量微小質量，也由於能測量到小數點後四位的儀器實在太貴，而我們想利用這兩點測量沉澱物質量是否可以推到小數點後四位，最後我們想利用測量不同時間下的沉澱質量，去推算氯化鉛的沉澱速率。

三、探究目的與假設

- (一) 製作出可以測量或推算出微小質量的裝置。
- (二) 計算紙槓桿對於光點移動距離與物體質量的關係。

四、探究方法與驗證步驟

一、研究原理

(一) 槓桿原理

$$1. \text{ 施力臂} \times F \text{ 施力} = \text{ 抗力臂} \times W \text{ 抗力}$$

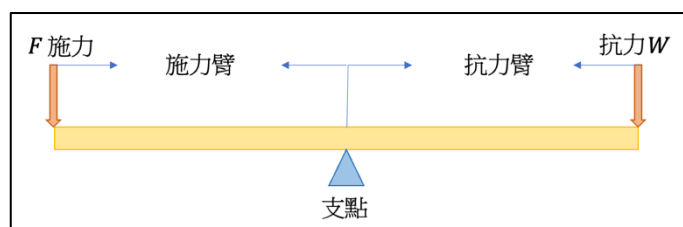


圖 (一) 槓桿原理

(二) 光槓桿理論探討

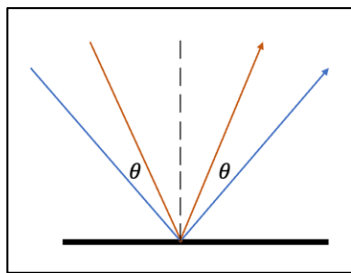


圖 (八)

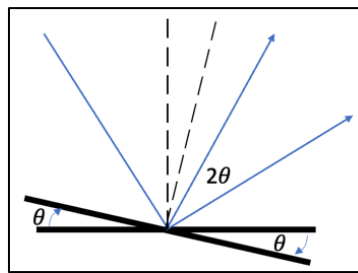


圖 (九)

1. 如圖 (八) 所示，若固定平面，將入射角轉 θ 度時，反射角會轉 θ 度。
2. 如圖 (九) 所示，若固定入射角，將平面將轉 θ 度，反射角會轉 2θ 度。

二、研究過程

(一) 製作紙槓桿裝置

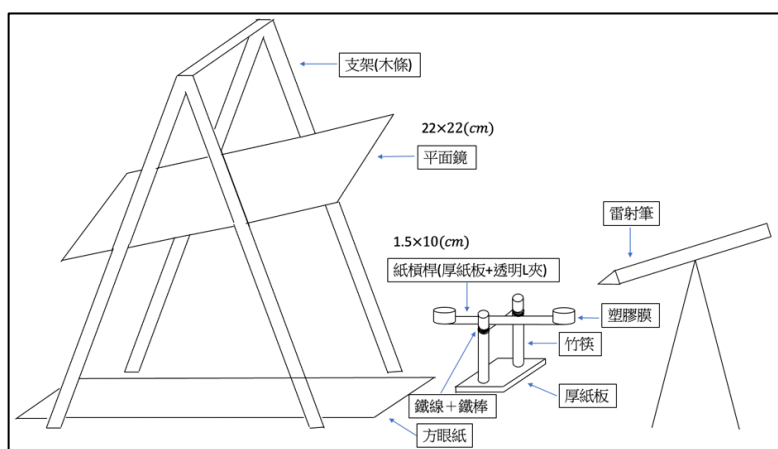


圖 (十) 紙槓桿裝置之簡圖

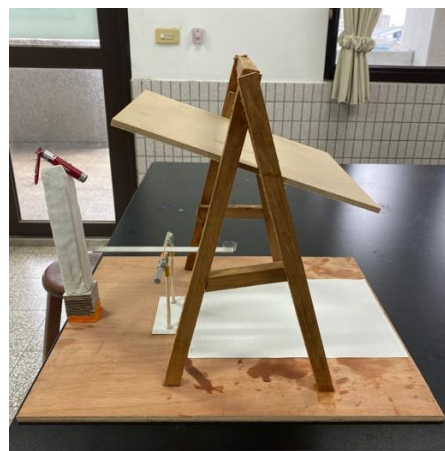


圖 (十一) 紙槓桿裝置

1. 製作支架
 - (1) 製作一條 $22\text{cm} \times 2\text{cm}$ 、四條 $40\text{cm} \times 2\text{cm}$ 的木條與 $22\text{cm} \times 22\text{cm}$ 的木板，並將其利用工業用白膠組成支架，如圖 (十) 所示。
 - (2) 再將平面鏡黏在先前製作的支架木板上。
2. 製作紙槓桿
 - (1) 製作 $15\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ 的厚紙板、透明 L 夾各一片，將其利用膠帶黏起來。
 - (2) 利用畫長方形兩對角線的交點，找出紙槓桿之重心，方便後續的測量。
 - (3) 把糖果包裝上的半圓形塑膠膜剪下，黏在紙槓桿的兩端，並確保兩個塑膠膜的質量相等。
 - (4) 將兩隻竹筷鋸成高 12cm ，利用鐵線纏繞成單槓狀，並黏在厚紙板上，如圖 (十) 所示。
3. 製做雷射支架
 - (1) 把黏土搓成長方體狀，將雷射筆固定至最頂端。
4. 製作鋁箔砝碼
 - (1) 利用電子秤將鋁箔紙製作成 0.001g 、 0.005g 克的鋁箔砝碼各五個。

(二) 紙槓桿裝置之改良

1. 紙槓桿耐重程度的改良

(1) 原本我們是利用西卡紙製做紙槓桿，但在經過實驗後發現西卡紙的材質太軟，導致使用西卡紙製作的紙槓桿放置至支點上時會由兩端向下凹陷變形，所以我們後來改成利用厚紙板製作，使紙槓桿的耐重程度增加。

2. 紙槓桿反射雷射光之材質的改良

(1) 原本我們是用白色 L 夾製作反射雷射光的材料，但是經過實驗後我們發現反射到方格紙上的雷射光點會由內向外散開，導致反射出來的光點變得不清楚且形狀不規則，我們推測可能是因為白色 L 夾在印刷時顏料印刷得不均勻，導致雷射光在反射時無法反射出明確的一個點。所以我們改成用透明 L 夾，讓雷射光可以順利反射，使光點的清清楚、形狀固定。

3. 紙槓桿支點之大小改變

(1) 原本我們是利用較細的鐵線作為紙槓桿的支點，但是經由實驗後發現，當我們在紙槓桿上的塑膠模放入 0.001g 的鋁箔砝碼後，紙槓桿就會翻覆，且因鐵線太細，紙槓桿不容易水平平衡地放置於支點上。所以我們將鐵線換成了較粗的鐵棒，使紙槓桿較不易翻覆，也較容易水平平衡地放置於支點上。

(三) 測量放置 0.001g、0.002g ~ 0.005g 鋁箔砝碼後的光點移動距離

1. 將紙槓桿的重心置於支架上，使紙槓桿呈水平平衡狀態，紀錄經由紙槓桿與平面鏡反射至方格紙上的雷射光點，其光點即為原點。
2. 將一個 0.001g 的鋁箔砝碼放入半圓型塑膠膜中，觀察並記錄其光點的位移。
3. 重複步驟二的方法分別再加入四個 0.001g 的砝碼，觀察與記錄其光點的移。

(四) 測量放置 0.005g、0.010g ~ 0.025g 鋁箔砝碼後的光點移動距離

1. 將紙槓桿的重心置於支架上，使紙槓桿呈水平平衡狀態，紀錄經由紙槓桿與平面鏡反射至方格紙上的雷射光點，其光點即為原點。
2. 將一個 0.005g 的鋁箔砝碼放入半圓型塑膠膜中，觀察並記錄其光點的位移。
3. 重複步驟二的方法分別再加入四個 0.005g 的砝碼（1.5cm×20cm 的紙槓桿最多只能承受 0.03g 的質量），並觀察與記錄其光點的移動距離。

三、研究結果

表（一）測量放置 0.001g、0.002g ~ 0.005g
鋁箔砝碼後的光點移動距離（cm）

表（二）測量放置 0.005g、0.010g ~ 0.025g
鋁箔砝碼後的光點移動距離（cm）

重量 次數	0.001g	0.002g	0.003g	0.004g	0.005g
1	1.95	2.7	3.6	4.05	6.4
2	1	2	2.45	2.9	6.6
3	2.45	3.95	4.8	5.4	6.1
4	1.05	1.3	1.8	2.3	3.8
5	0.35	0.7	3.65	7.85	9.1
6	2	2.45	7.45	8.35	8.85
7	0.35	0.85	4.25	7.95	8.95
8	0.4	0.75	1.35	4.05	7.25
9	0.45	1.35	4.35	6.4	9.45
10	0.35	2.8	3.9	8.35	9.8

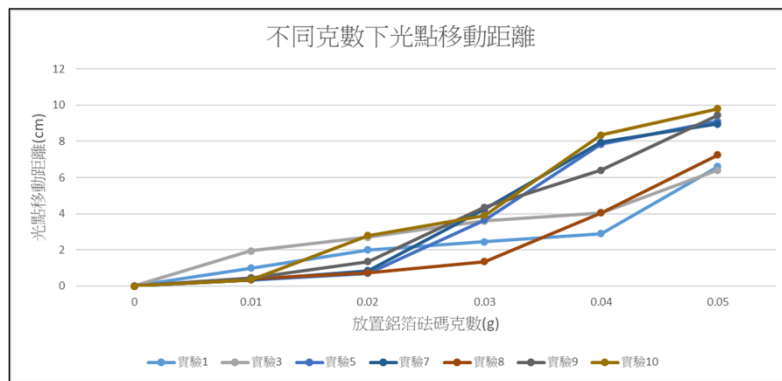
重量 次數	0.005g	0.010g	0.015g	0.020g	0.025g
1	0.73	4.51	6.16	18.36	19.97
2	3.43	4.63	17.98	18.53	
3	2.11	2.56	4.58	16.45	22.95
4	1.78	4.68	6.98	9.79	19.94
5	2.5	4.9	7.02	19.87	20.82
6	1.48	4.03	7.36	19.66	20.36
7	3.1	4.1	15.7	16.89	26.09
8	1.9	5.15	6.85	18.7	20.35
9	1.75	4.1	6.45	9.6	20.45
10	3.75	5.5	9.45	12.25	22.75

四、討論

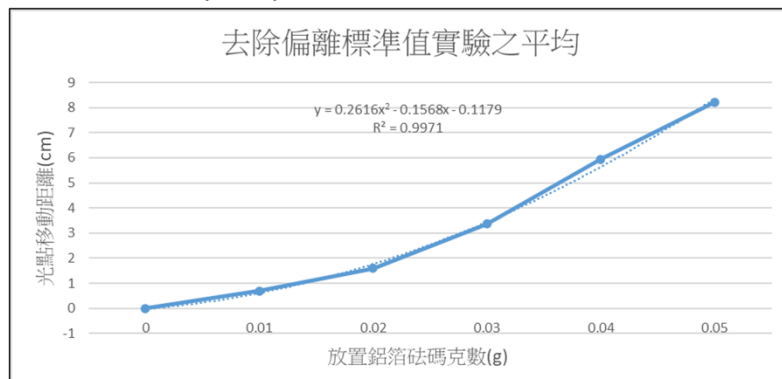
(一) 用 Excel 找出不同重量下光點移動位置及砝碼的線性關係

表(三)找出 0.001g~0.005g 下光點移動位置及線性關係

g 次數	實驗1	實驗2	實驗3	實驗4	實驗5	實驗6	實驗7	實驗8	實驗9	實驗10	平均
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.01	1	2.45	1.95	1.05	0.35	2	0.35	0.4	0.45	0.35	1.035
0.02	2	3.95	2.7	1.3	0.7	2.45	0.85	0.75	1.35	2.8	1.885
0.03	2.45	4.8	3.6	1.8	3.65	7.45	4.25	1.35	4.35	3.9	3.76
0.04	2.9	5.4	4.05	2.3	7.85	8.35	7.95	4.05	6.4	8.35	5.76
0.05	6.6	6.1	6.4	3.8	9.1	8.85	8.95	7.25	9.45	9.8	7.63



圖(十二)不同克數下光點移動距離

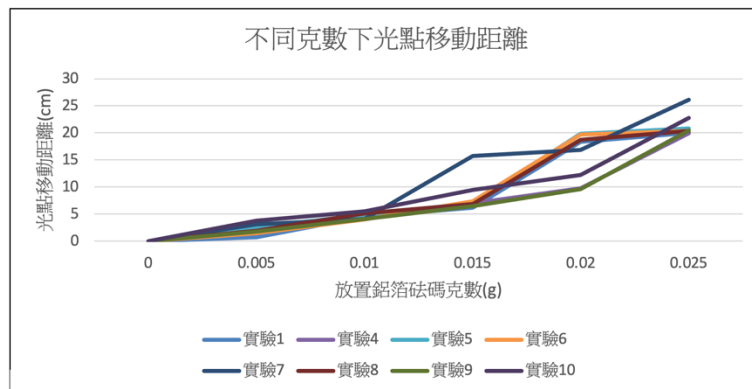


圖(十三)去除偏離標準實驗之平均

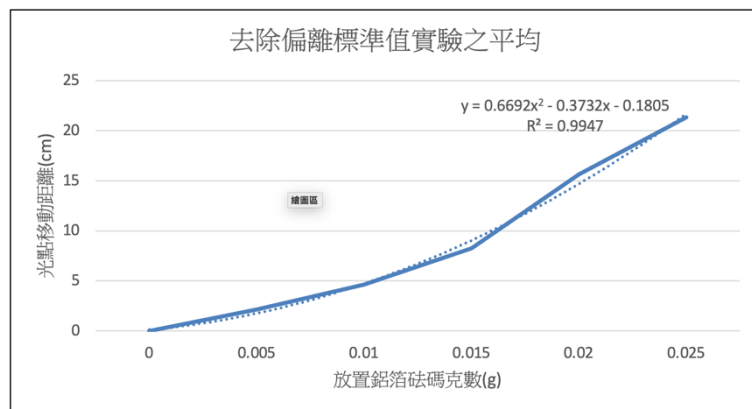
1. 我們先繪製第一次實驗至第十次實驗的折線圖，藉此找出偏差較大的線段，並且刪除，不列入線性關係之考量，如圖(十一)，我們最先刪除了實驗六的線性。
2. 再利用標準差(這裡是使用 ± 1.5)找出不在範圍內的數值，並刪除該實驗，如表(三)黃底格子內的數值，我們刪除了實驗二及實驗四。
3. 最後我們利用其他七組數值繪製出去除偏離標準值範圍數值取平均的線段及趨勢線，可得方程式為 $y=0.2616x^2-0.1179$ 且其中 R^2 為 0.9971，趨近於 1，表示線性計算量及實際操作的實驗數值吻合程度大。

表(四)找出 0.005g~0.025g 下光點移動位置及線性關係

g \ 次數	實驗1	實驗2	實驗3	實驗4	實驗5	實驗6	實驗7	實驗8	實驗9	實驗10	平均
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.005	0.73	3.43	2.1	1.78	2.5	1.48	3.1	1.9	1.75	3.75	2.252
0.01	4.51	4.63	2.56	4.68	4.9	4.03	4.1	5.15	4.1	5.5	4.416
0.015	6.16	17.98	4.58	6.98	7.02	7.36	15.7	6.85	6.45	9.45	8.853
0.02	18.36	18.53	16.45	9.79	19.87	19.66	16.89	18.7	9.6	12.25	16.01
0.025	19.97		22.95	19.94	20.82	20.36	26.09	20.35	20.45	22.75	21.52



圖(十四)不同克數下光點移動距離



圖(十五)去除偏離標準值實驗之平均

1. 我們先繪製第一次實驗至第十次實驗的折線圖，藉此找出偏差較大的線段，並

且刪除，不列入線性關係之考量，如圖(十三)，但沒有特別突兀的線性，我們進入第二步驟。

2. 利用標準差（這裡是使用 ± 2 ）找出不在範圍內的數值，並刪除該實驗，如表(四)橘底格子內的數值，我們刪除了實驗二及實驗三。
3. 最後我們利用其他八組數值繪製出去除偏離標準值範圍數值取平均的線段及趨勢線，可得方程式為 $y=0.6692x^2-0.3732x-0.1805$ 且其中 R^2 為 0.9947，趨近於 1，表示線性計算量及實際操作的實驗數值吻合程度大。

五、結論與生活應用

由實驗結果得知，經過運算後，雖然兩組實驗每次測量出光點移動的距離偏差值都不大相同，但我們還是可以從中找到相同的線性關係，且適合用於 0.001 克~0.3 克的質量。而實驗的取材容易，製作簡單，也方便用於算生活中物體的微小質量(例如:藥品等等)。

參考資料

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 國中組 生活與應用科學科 第二名 光知我的輕！
中華民國第 47 屆中小學科學展覽會 國中組 生活與應用科學科 第二名 明察秋毫-動態測量器。
中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 高級中等學校組 物理與天文學科 佳作 金箍棒變身。
中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 國中組 生活與應用科學科 第三名 無「髮」無天。
鄧群姿、蕭志與、歐建宏。解上上鉛。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 高中組 化學科 第三名 最佳(鄉土)。
陳竹亭教授主編 (民 100 年 7 月)。基礎化學(三)。新北市:泰宇出版股份有限公司。 3。
薛盛雄、張乃文主編 化學平衡。台北市。:建弘出版社有限公司。
簡玉蘭主編(民國 108 年) 基礎化學(三)。台南市:翰林出版事業股份有限公司。