

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

佳作

080107

「絕對不偏心」

— 酒架平衡重心的探討與廣用酒架的設計

學校名稱：新北市板橋區埔墘國民小學

作者： 小六 吳昊羽 小六 吳晟佑 小六 江東峻	指導老師： 顏岫鋒 許誨君
---	-----------------------------

關鍵詞：廣用酒架、力矩平衡

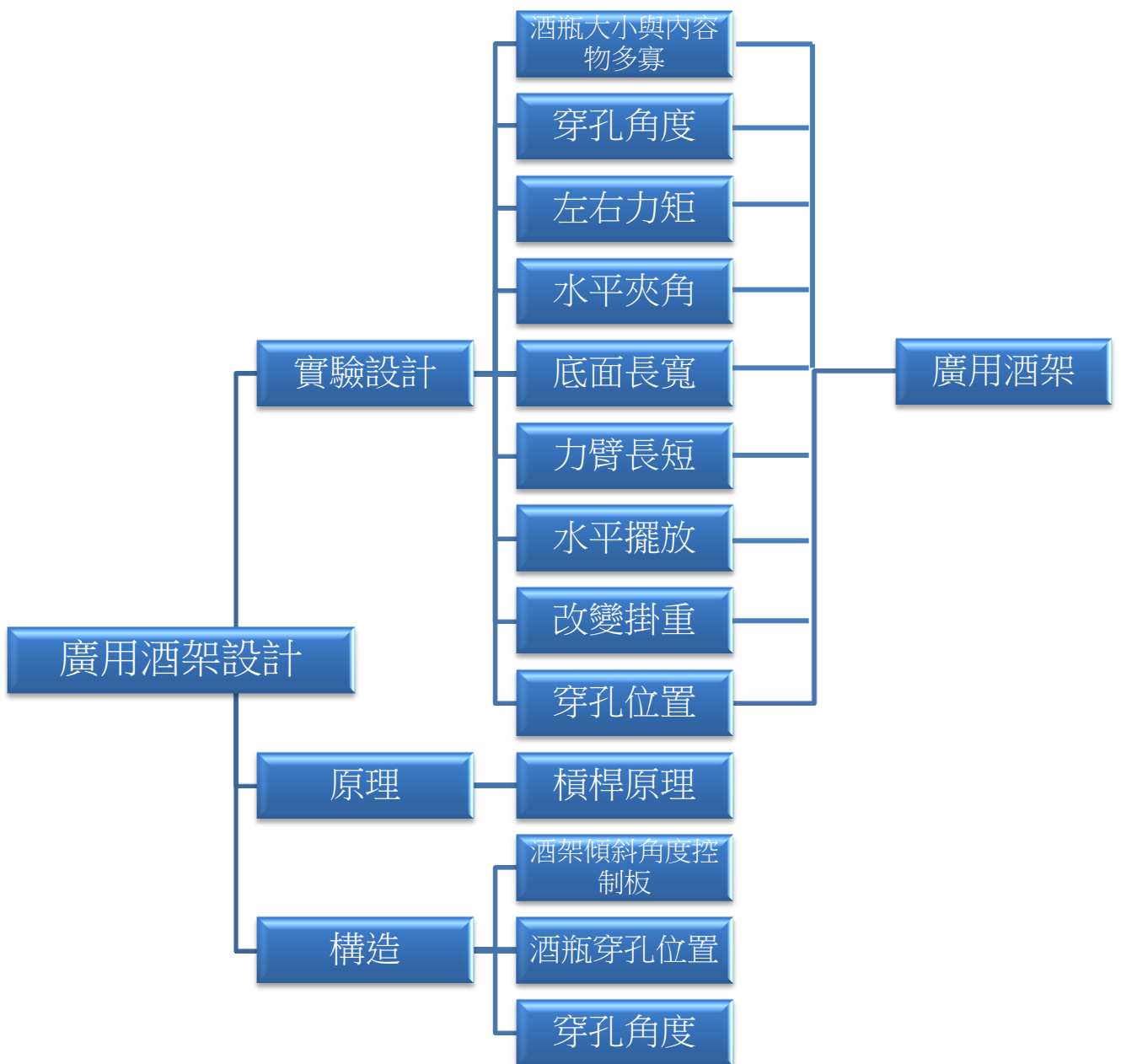
「絕對不偏心」—酒架平衡重心的探討與廣用酒架的設計

摘要

在旅遊時看到一座特殊的酒架，上面的酒瓶看似漂浮在空中，而感到好奇藉此深入研究酒架。

影響酒架平衡的變因有，包括酒架的穿孔角度、傾斜角度、側面底面寬度和正面底面長度、酒瓶的長短大小、瓶中裝的內容物多寡等。在研究中，發現不同的酒瓶，會有不同的平衡範圍，酒架是有一個掛重的範圍的而不是一個固定值，當酒瓶越輕時，酒架的水平夾角要越大甚至接近90度，較易達成平衡；當酒架傾斜角度加上穿孔角度，如果大於或等於180度時就一定不能平衡，當左右力矩大約相等時，重心落點就會落在酒架的底面範圍中而平衡。

我們利用齒輪來改變穿孔角度，與可拆換的傾斜角度控制板來改變底面積及水平夾角，成功做出一個能置放多樣酒瓶的廣用酒架。








壹、研究動機

曾經在飯店看到一座很特別的酒架，那架子看似簡單，只有細細的一根支架卻可以讓酒瓶平衡，好像漂浮在空中似的，讓人印象深刻，也在心中留下了「為什麼酒瓶不會倒？」的疑問。直到上了六年級自然課的第一單元，才知道是**槓桿原理**讓酒架平衡。這時候我們不禁好奇：「有沒有一種萬用酒架，能讓所有的瓶子都不會倒？」如果能做出來，也許我們可以成為小學生申請專利的第一人呢！於是有了這份研究的誕生。

貳、研究目的

- 一、探討不同的酒瓶和液體量是否都能平衡於酒架之上。
- 二、探討酒架和酒瓶整個系統達成平衡時，平衡重心兩側左右的力矩是否相等。
- 三、探討固定力臂長度，改變砝碼掛重，測量酒架平衡重心偏移的情形。
- 四、固定砝碼掛重，改變力臂長度，測量酒架平衡重心偏移的情形。
- 五、酒架穿孔位置不同，測量酒架平衡重心偏移的情形。
- 六、酒架側面底面範圍長寬不同，如何影響酒架平衡。
- 七、酒架水平夾角不同，如何影響酒架平衡。
- 八、酒架的穿孔角度不同，如何影響重心偏移的情形。
- 九、探討水平平衡的酒架擺放，穿孔角度、水平夾角的關係。
- 十、廣用酒架的設計與應用。

參、研究設備及器材

	
<p>各種變因酒架一批</p>	<p>木工室酒架製作</p>
	
<p>長短大小不同酒瓶一批</p>	<p>平衡測試台</p>
	<p>砝碼、細鐵環，電子秤、三角板、尺、簽字筆、布條、鋸子、漏斗、童軍繩 (繩子)</p>
<p>木棒</p>	<p>其他器材</p>

肆、研究過程或方法

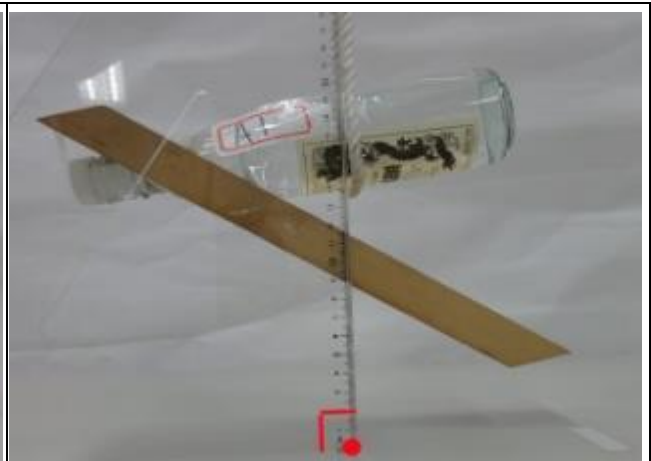
一、不同的酒瓶和液體量是否能平衡於酒架之上

(一) 實驗步驟：

1. 找出三個大小不同的瓶子，從小到大命名為 A.B.C，0 代表沒裝水，0.5 代表半瓶水，1 代表裝滿水。例如:A0 代表 A 瓶沒有裝水，A0.5 代表 A 瓶裝半瓶水。
2. 將 A.B.C 三個瓶子分別固定在酒架上，看是否能保持平衡。
3. 利用繩子把瓶子吊起來，當瓶子在酒架上保持平衡的那一刻，找出重心落點。



1 無法平衡的酒架 A0



2. 垂掛方式找重心



3. 可以平衡的酒架 B0.5

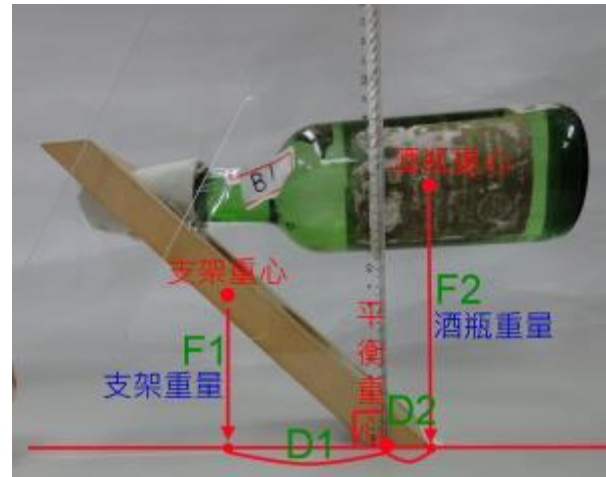


4. 可以平衡的酒架 C0

二、酒架和酒瓶整個系統達成平衡時，平衡重心兩側左右的力矩是否相等

(一) 實驗步驟：

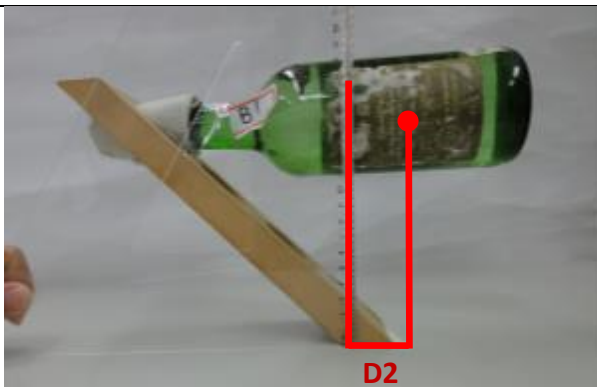
1. 根據第一個實驗，選出在實驗一成功平衡的 B0.5、B1、C0、C0.5 四個瓶子，進行第二個實驗。
2. 用電子秤分別秤出酒架的重量(F_1)和 B0.5、B1、C0、C0.5 四個瓶子的重量(F_2)。
3. 用繩子以垂掛方式測量 B0.5、B1、C0、C0.5 四個瓶子平衡於酒架上的重心(平衡重心)。
4. 測量酒架重心和平衡重心之間的距離(D_1)，B0.5、B1、C0、C0.5 四個瓶子的重心和平衡重心的距離(D_2)。
5. 計算酒架方向力矩($F_1 \times D_1$)。
6. 計算酒瓶方向的力矩($F_2 \times D_2$)。



1. 垂掛方式找酒瓶重心



2. 量測 D_1



3. 量測 D_2



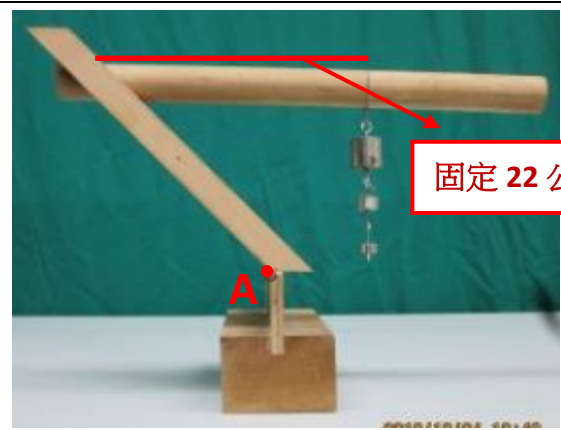
三、固定力臂長度，改變砝碼掛重，測量酒架平衡重心偏移的情形

(一) 實驗步驟：

- 1.將木棒固定在酒架上(酒架為 45° 穿孔，站立時與水平夾角成 45°)。
- 2.在木棒上距離酒架 22 公分的地方吊上帶有掛勾的細鐵環。
- 3.把酒架放在站立架上，逐漸增加重量，直到找出掛重最輕的平衡重心落點。
- 4.逐一標示不同掛重的重心落點，直到找出掛重最重的平衡重心落點。
- 5.以酒架底面靠酒架方向最外側為 A 點，測量 A 點至各重心落點的距離。

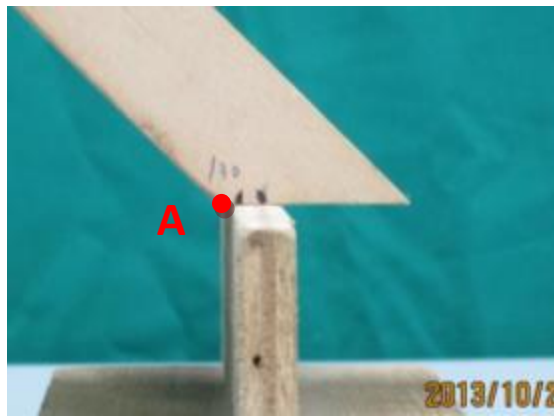


1.改變掛重讓酒架能平衡於站立架上

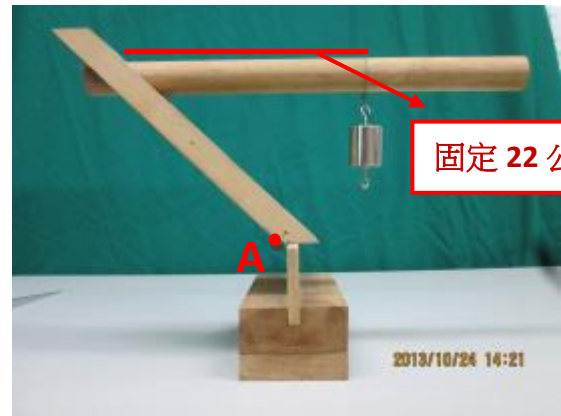


固定 22 公分

2.測量不同掛重之重心落點



3.標示各重心落點



固定 22 公分

4.測量不同掛重之重心落點

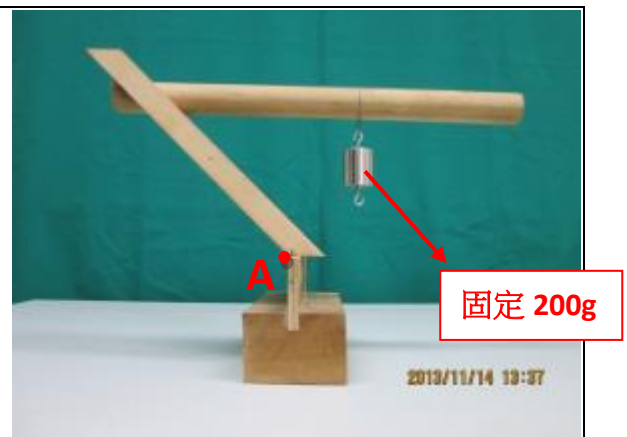
四、固定砝碼掛重，改變力臂長度，測量酒架平衡重心偏移的情形

(一) 實驗步驟：

- 1.將木棒固定在酒架上(酒架為 45° 穿孔，站立時與水平夾角成 45°)。
- 2.在木棒吊上帶有掛勾的細鐵環，固定掛重 200g 。
- 3.移動細鐵環，以 1 公分為一單位逐漸增加距離，直到找出距離酒架最近的平衡重心落點。
- 4.逐一標示不同距離的重心落點，直到找出距離酒架最遠的平衡重心落點。
- 5.以酒架底面靠酒架方向最外緣為 A 點，測量 A 點至各重心落點的距離。



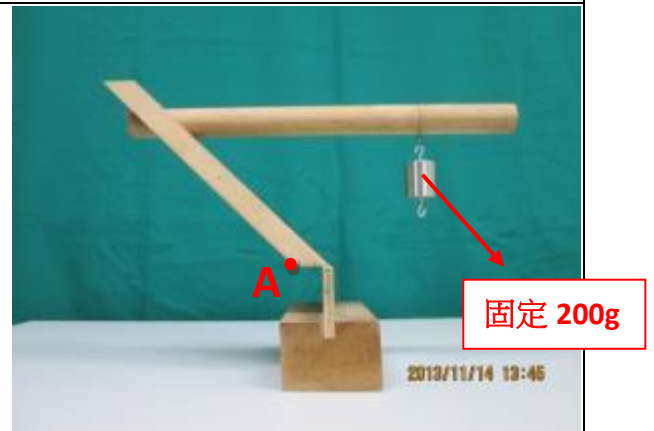
1.移動細鐵環讓酒架能平衡於站立架上



2.測量不同力臂長度之重心落點



3.標示各重心落點



4.測量不同力臂長度之重心落點

五、酒架穿孔位置不同，測量酒架平衡重心偏移的情形

(一) 實驗步驟：

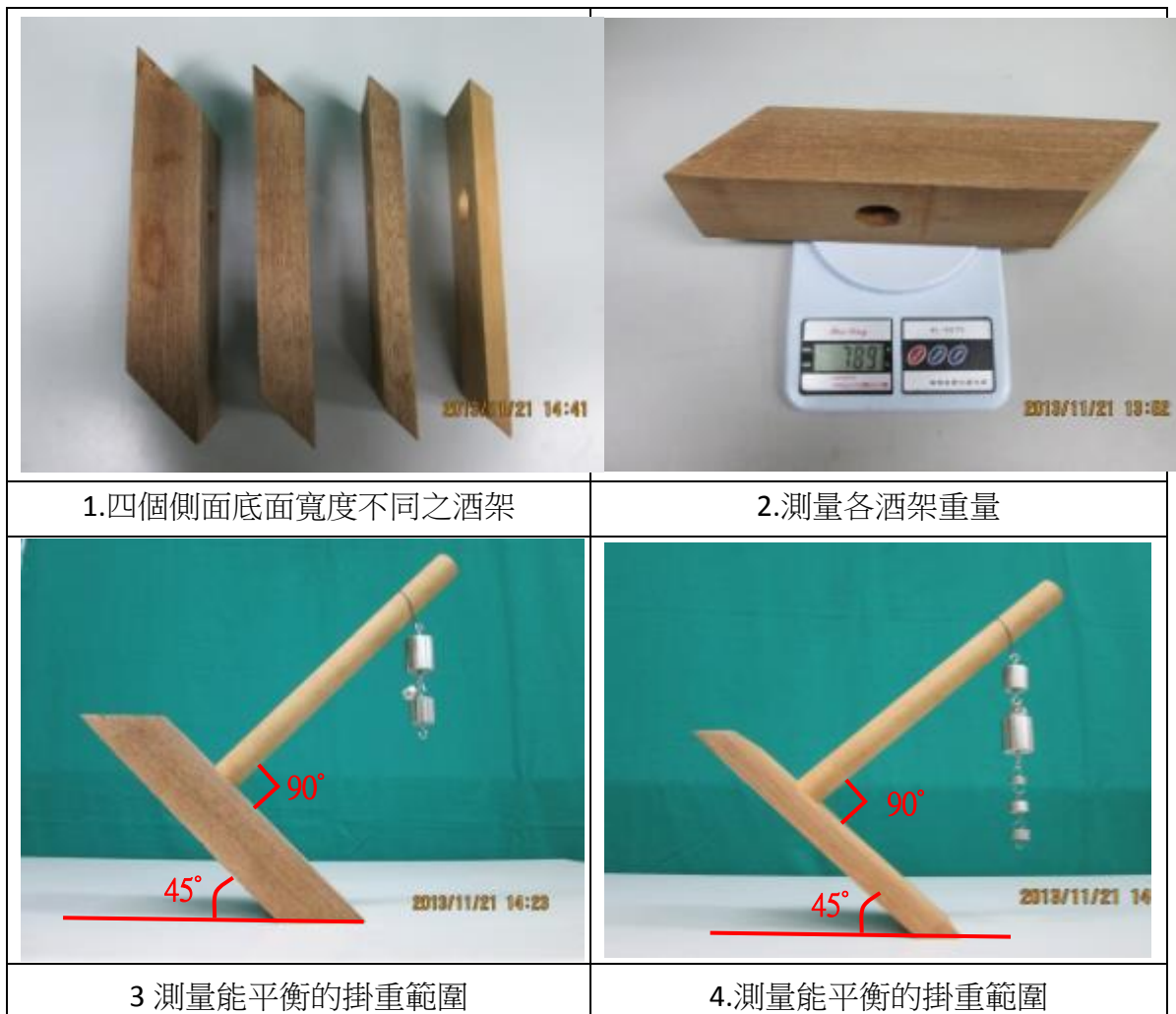
- 1.將穿孔命名由下而上為穿孔 1、2、3、4(酒架為垂直穿孔，站立時與水平夾角成 45°)。
- 2.將酒瓶置入穿孔中並以垂掛方式測量重心落點。
- 3.依序測量不同穿孔位置的重心落點。
- 4.測量各種心與 A 點的距離。



六、酒架側面底面範圍長寬不同，如何影響酒架平衡





(一) 側面底面寬度不同之實驗步驟：

1. 在木棒上距離酒架 27 公分處套上細鐵環。
2. 準備 4 個側面底面寬度不同之酒架(1.7cm、2.5cm、4.2cm、5.7cm)並測量各酒架重量(每個酒架都垂直穿孔，站立時與水平夾角成 45 度)。
3. 以 10g 為一單位逐漸增加重量，找出酒架能平衡時，掛重之最小值與最大值。
4. 計算出掛重最小值與最大值的掛重差。



(二) 正面底面長度不同之實驗步驟：

- 1.在木棒上距離酒架 27 公分處套上細鐵環。
- 2.準備 3 個正面底面長度不同之酒架(6cm、9cm、12cm)並測量各酒架重量(每個酒架都垂直穿，孔與水平夾角成 45 度，站立時與水平夾角成 45 度)。
- 3.以 10g 為一單位逐漸增加重量，找出酒架能平衡時，掛重之最小值與最大值。
- 4.計算出掛重最小值與最大值的掛重差。
- 5.以 X 軸為底面長寬，Y 軸為掛重差，製作圖表。

	
1. 3 個正面底面長度不同之酒架	2. 測量各酒架重量
	
3. 測量能平衡的掛重範圍	4. 測量能平衡的掛重範圍

七、酒架水平夾角不同，如何影響酒架平衡

(一) 實驗步驟：

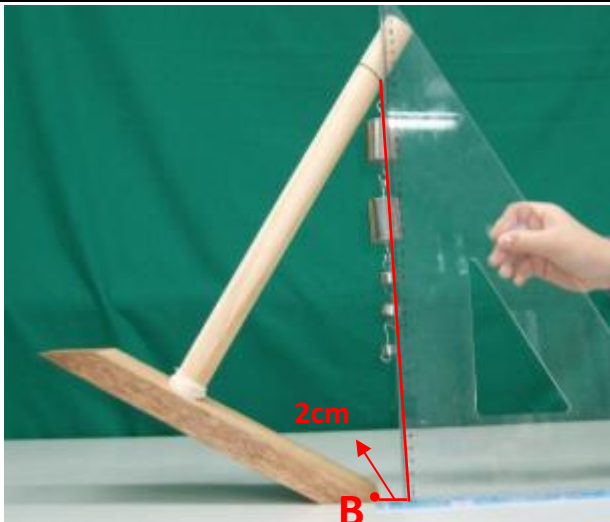
1. 準備 5 個站立時與水平夾角不同之酒架(15、30、45、60、75 度)
2. 以酒架底面吊掛砝碼方向最外緣為 B 點，細鐵環之鉛錘點與 B 點相距 2 公分。
3. 以 10g 為一單位逐漸增加重量，找出酒架能平衡時，掛重之最小值與最大值。
4. 計算出掛重最小值與最大值的掛重差。
5. 以 X 軸為水平夾角，Y 軸為掛重，製作圖表。



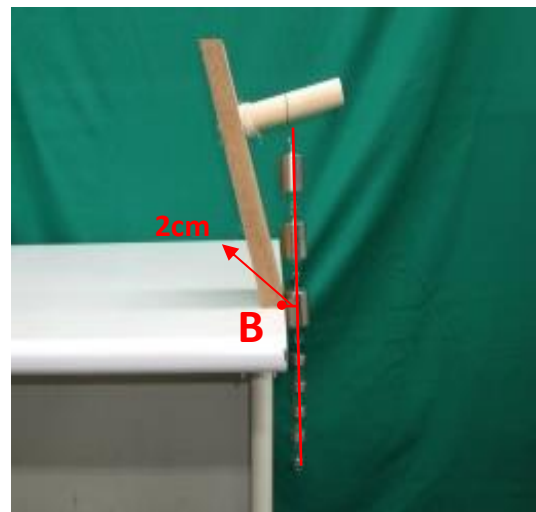
1. 5 個站立時水平夾角不同之酒架



2. 製作不同長度之木棒



3. 測量不同水平夾角酒架之掛重範圍

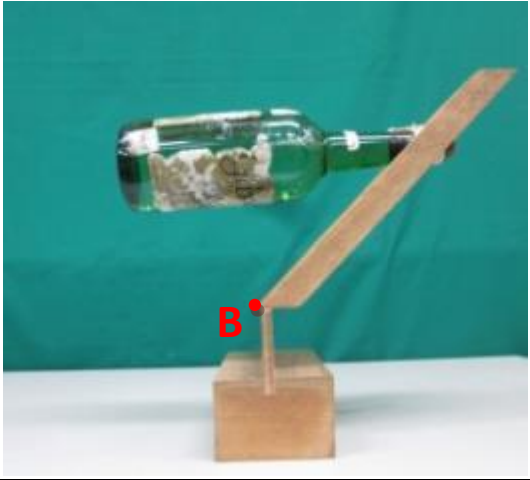
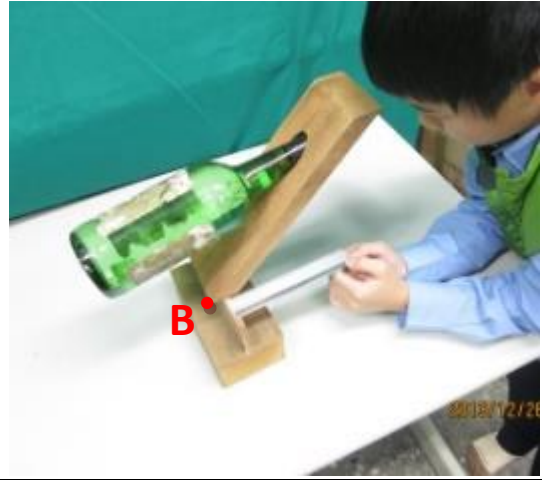
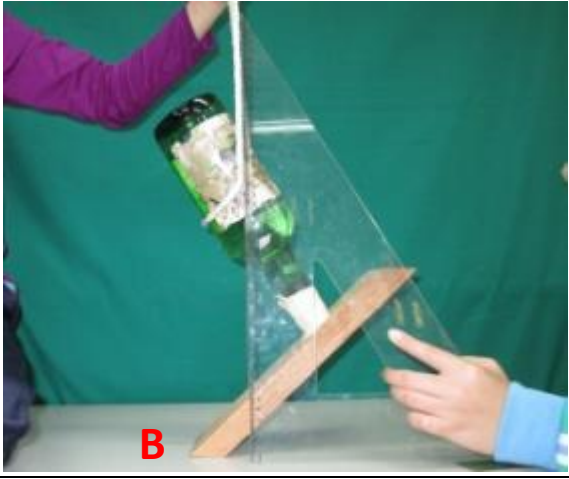
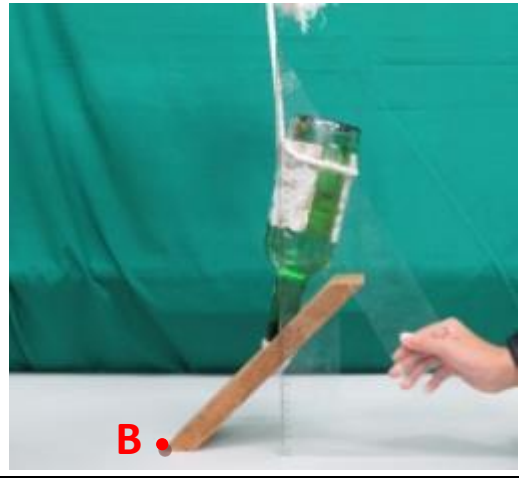


4. 測量不同水平夾角酒架之掛重範圍

八、酒架的穿孔角度不同，如何影響重心偏移的情形

(一) 實驗步驟：

- 1.準備 11 個酒架，穿孔角度分別為:20、35、45、60、70、90、105、120、135、150、165 度。
- 2.酒架水平夾角固定 45 度。
- 3.將酒瓶固定在不同酒架上，以平衡測試台找出平衡重心。
- 4.不能平衡時利用繩子吊掛酒瓶的方式來測量出重心落點。
- 5.測量各重心與 B 點（酒架底面酒瓶方向最外緣）之間距離。
- 6.以 X 軸為與 B 點之間的距離；Y 軸為穿孔角度作圖。

	
1.置於站立架測重心落點	2.測量重心與 B 點距離
	
3.以垂掛方式測量重心落點(穿孔與酒架正面夾角 60 度)	4.以垂掛方式測量重心落點(穿孔與酒架正面夾角 165 度)

九、探討水平平衡的酒架擺放，穿孔角度、水平夾角的關係

(一)實驗步驟：

- 1.準備 a.b.c.d 四個大小不同的酒瓶，分別插在穿孔角度和水平夾角不同的酒架並成水平姿勢。
- 2.分別固定在穿孔角度不同的酒架，使其平衡並讓酒瓶與桌面平行；測量穿孔角度與水平夾角的度數



十、廣用酒架的設計與應用

(一)實驗步驟：

- 1.將酒架底面裁切成各種角度，再用竹筷串接成可拆解拼裝的組合式底面，做為酒架傾斜角度的控制板。
- 2.將置放酒瓶的的穿孔處用線鋸鋸下來，酒架中央鋸一個鏤空的大長方形，並用螺絲鎖住穿孔處。
- 3.側邊固定一個半圓形塑膠齒輪，做為穿孔角度調節器。(如圖)
- 4.準備 6 個已做記號的不同大小酒瓶，並分別秤出每個酒瓶的重量。
- 5.把酒瓶依序固定在廣用酒架中，調出可以使各個酒架平衡的角度和水平夾角。



伍、研究結果

一、探討不同的酒瓶和液體量是否都能平衡於酒架之上

(一) 實驗照片：

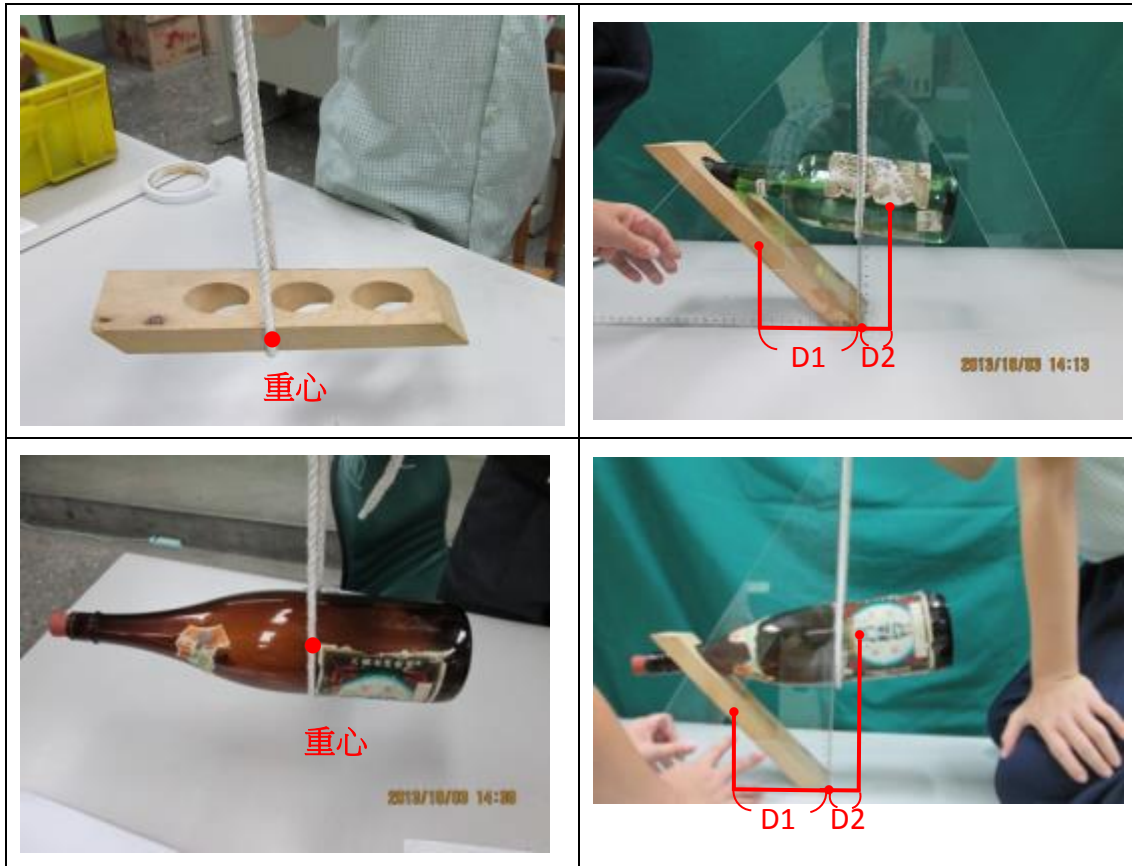
編號	A0	A0.5	A1
是否平衡	X	X	X
照片			
重心落點			
編號	B0	B0.5	B1
是否平衡	X	O	O
照片			
重心落點			
編號	C0	C0.5	C1
是否平衡	O	O	X
照片			
重心落點			

(二)實驗發現

- 1.重心落點要在酒架底面範圍之內才能平衡。
- 2.不同的酒瓶和不同的水量有不同的重量，所以不一定都能達成平衡。
- 3.酒瓶太重或太輕都較不易達成平衡。

二、探討酒架和酒瓶整個系統達成平衡時，平衡重心兩側左右的力矩是否相等

(一)實驗照片



(二)實驗表格：

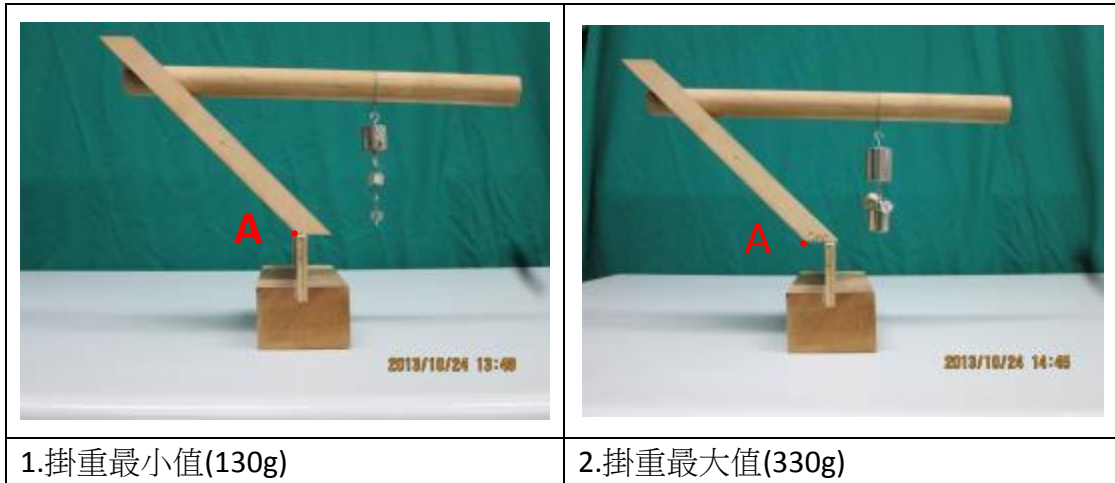
編號	F1 支架 重量	F2 酒瓶 重量	D1	D2	F1xD1	F2xD2
B0.5	175	955	8.6	1.5	1505	1432.5
B1	175	1224	8.7	1.3	1522	1591
C0	175	976	9.1	1.6	1592.5	1561
C0.5	175	2048	9.7	0.8	1697.5	1638.4

(三)實驗發現：

1. 當平衡時，酒架方向的力矩與酒瓶方向的力矩大約相等。
2. 相同的酒瓶，瓶內所裝液體量越多時，整體平衡的重心，越往酒瓶方向偏移(D2 值越小)。
3. 實測結果 $F1xD1$ 的值與 $F2xD2$ 的值接近，符合槓桿平衡時左力矩=右力矩的原理。實質未能完全相等，為實驗操作所致之誤差。

三、探討固定力臂長度，改變砝碼掛重，測量酒架平衡重心偏移的情形

(一) 實驗照片



1.掛重最小值(130g)

2.掛重最大值(330g)

(二) 實驗表格

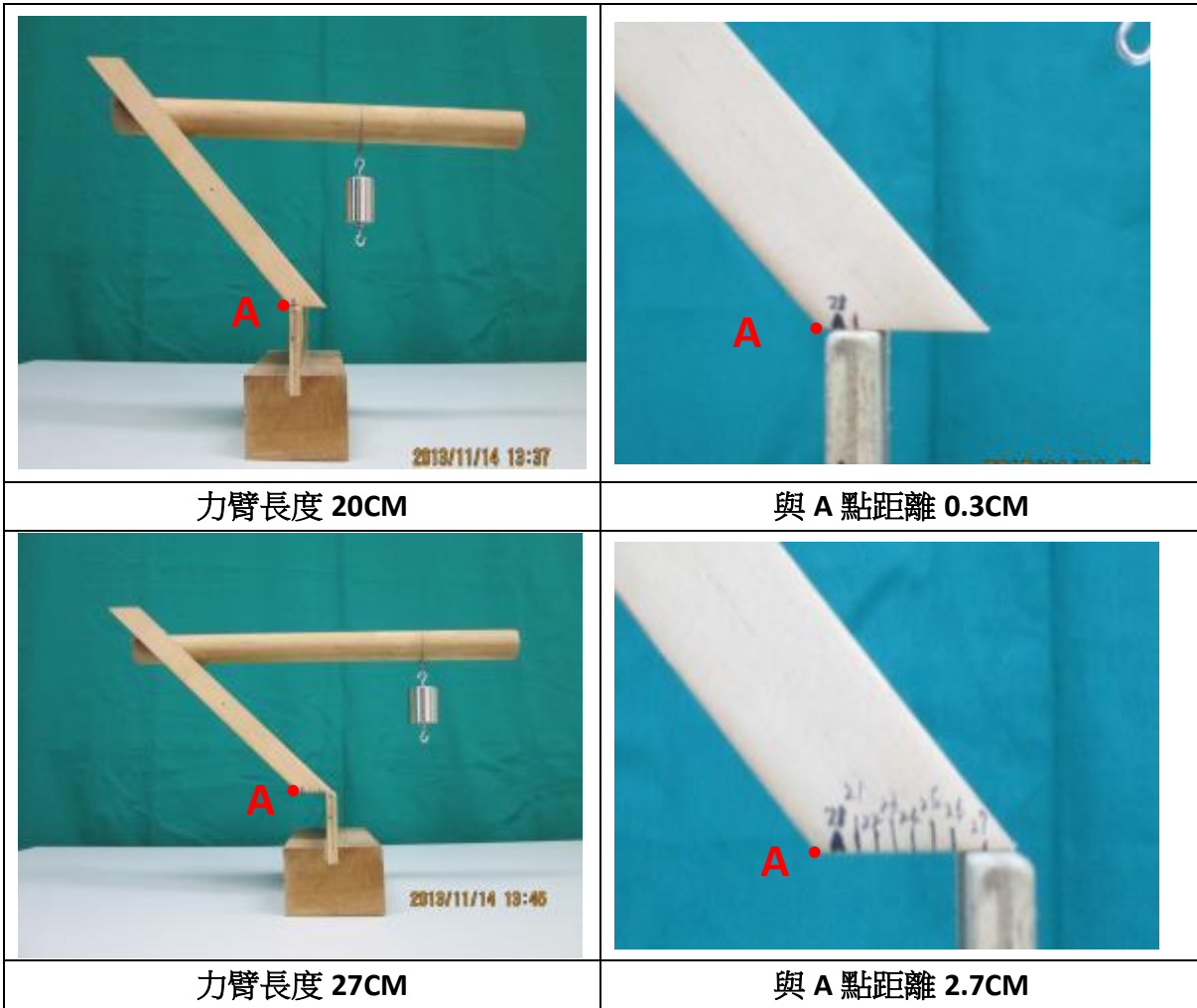
砝碼掛重	130g	160g	200g	230g	260g	300g	330g
重心落點							
重心與A點距離(cm)	0.25	0.65	1	1.3	1.6	2.1	2.6

(三) 實驗發現

- 掛重越重，平衡重心落點越往砝碼掛重的方向偏移(距A點越遠)；掛重越輕，則重心落點越往支架傾斜的方向偏移(距A點越近)。
- 可以平衡的掛重不是一個固定值，而是一個範圍。
- 只要重心落點落在支架底面範圍內的砝碼掛重，都能使酒架平衡不倒。

四、固定砝碼掛重，改變力臂長度，測量酒架平衡重心偏移的情形

(一)、實驗照片：



(二)、實驗表格：

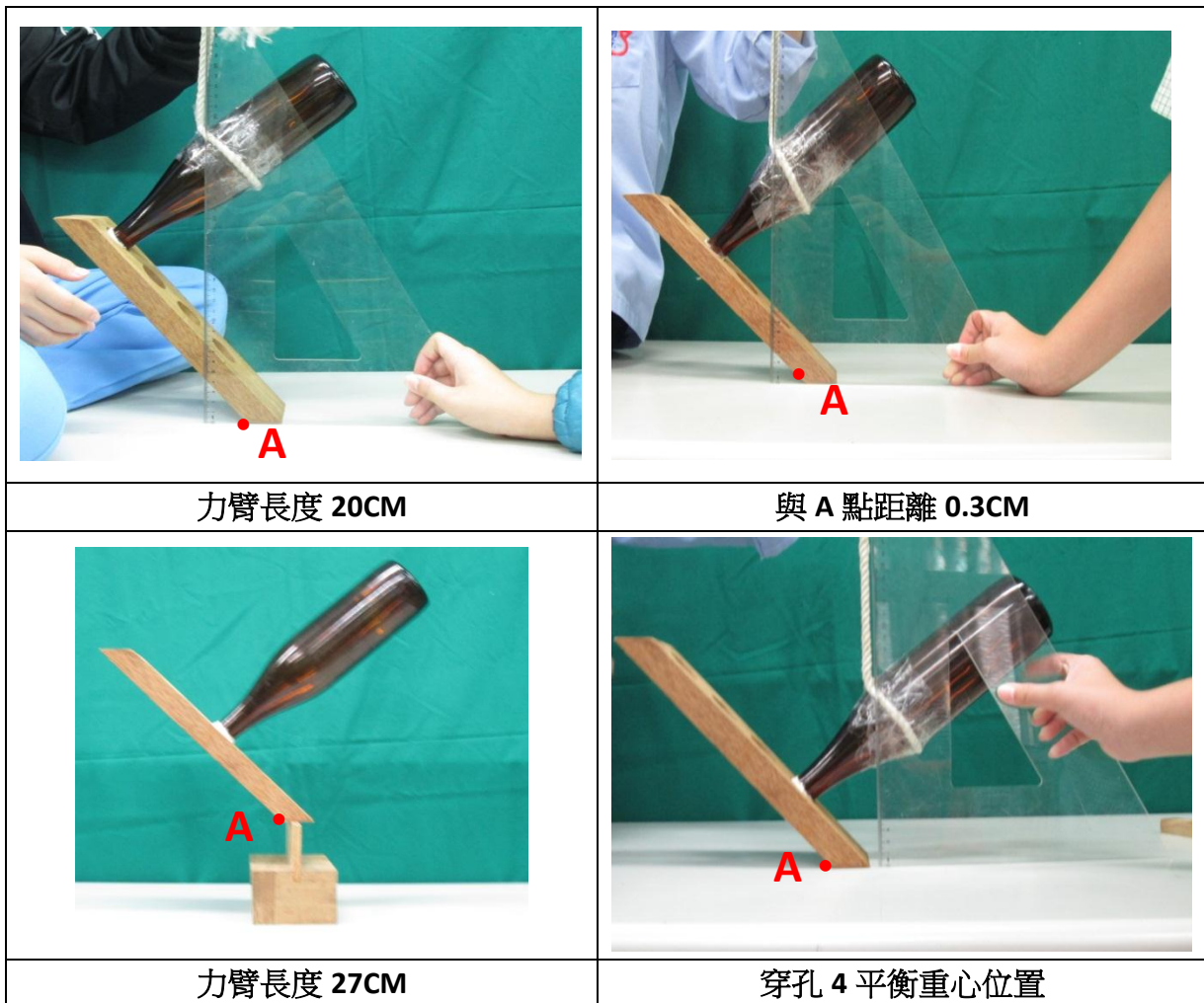
力臂 長短	20cm	21cm	22cm	23cm	24cm	25cm	26cm	27cm
重心 落點								
重心與 A 點距 離(cm)	0.3	0.65	1	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7

(三)、實驗發現：

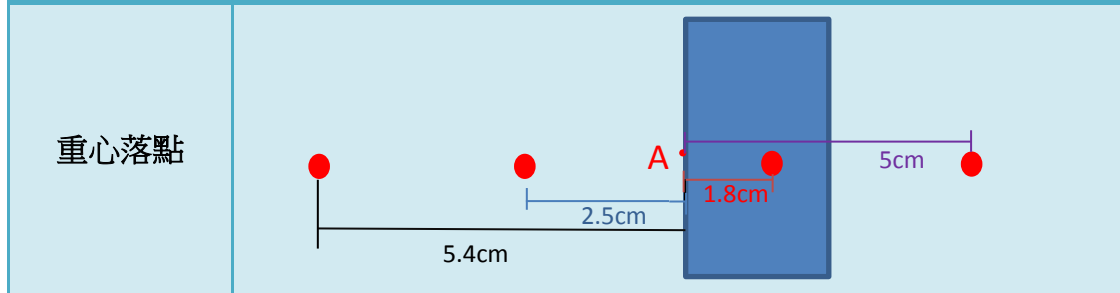
1. 固定砝碼掛重，若掛重與穿孔處距離越遠，重心落點越往砝碼掛重的方向偏移(與 A 點距離越遠)；反之，重心落點越往支架的方向偏移(與 A 點距離越近)
2. 平衡酒架掛了等重的砝碼後，能移動的力臂長度也有一定的範圍，也不是一個固定值。
3. 由實驗三、四得知：平衡酒架的重物力矩越大，整體平衡重心都會越往重物外側偏移

五、酒架穿孔位置不同，測量酒架平衡重心偏移的情形

(一)、實驗照片：



(二)、實驗表格：

穿孔位置 (由上往下)	1	2	3	4
重心落點				
重心與 A 點的 距離(cm)	5.4	2.5	1.8	5




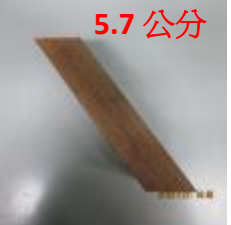
(三)、實驗發現：

1. 穿孔位置愈上方重心會往酒架方向偏移，穿孔位置愈下方重心會往酒瓶方向偏移。
2. 穿孔位置在上方時，放置較重的酒瓶較容易成功，穿孔位置在下方時，放置較輕的酒瓶較易成功。

五、酒架側面底面寬度不同，是否影響酒架的平衡

A. 酒架側面底面寬度不同對酒架平衡的影響

(一) 實驗照片及表格




側面底面 寬度 (cm)	1.  1.7 公分	2.5  2.5 公分	4.2  4.2 公分	5.7  5.7 公分
酒架淨重 (g)	176	288	535	789
掛重範圍	170 ~ 220	230 ~ 430	310 ~ 940	350 ~ 1790
輕重相差	50	200	630	1440

(二) 實驗發現：

1. 底面側面寬度越長，所能容納重心落點偏移的範圍也就越大，很明顯的砝碼掛重範圍也越大，掛重差變化趨勢線的斜率較大，酒架適用範圍就越廣。
2. 側面寬度變越長，重量越重，維持酒架平衡所需掛重的最大、最小值會比較大。

B. 酒架正面底面長度不同對酒架平衡的影響

(一) 實驗照片及表格

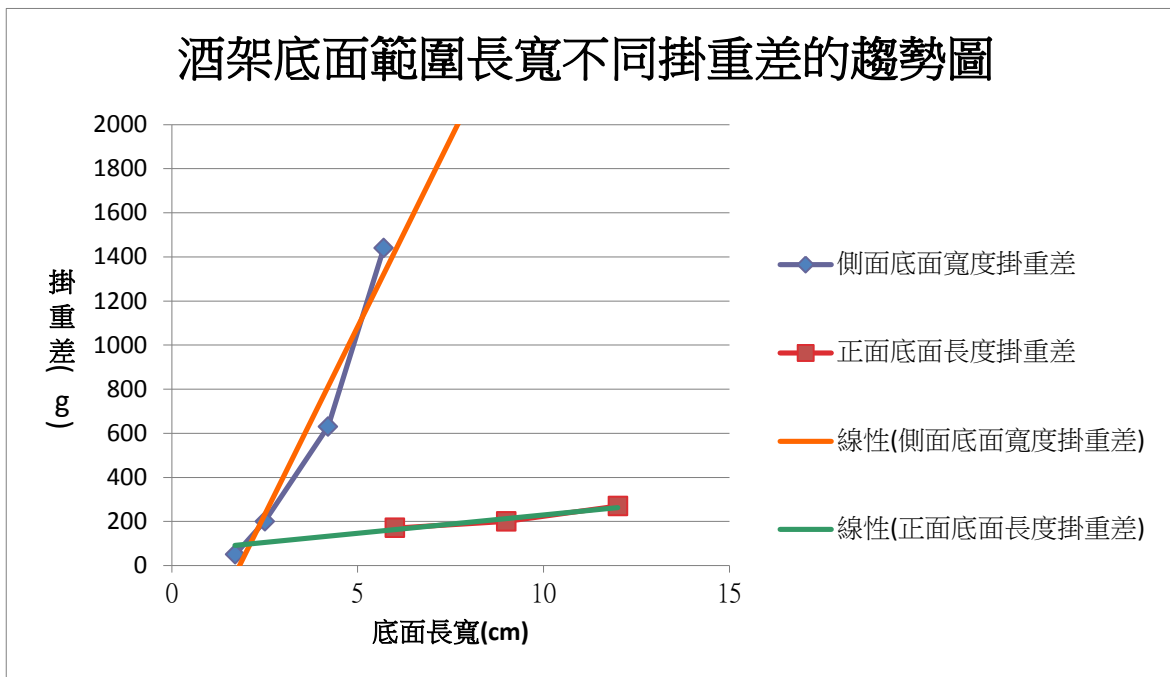
正面底面長度 (cm)	6  6 公分	9  9 公分	12  12 公分
酒架淨重 (g)	221	288	426
掛重範圍	200~370	230~430	370~640
輕重相差	170	200	270

(二) 實驗發現：

1. 即使正面長度(底面的長)不同，但因酒架傾斜角度都是 45 度，直角穿孔支架厚度相同，所以底面所能容納重心落點偏移的範圍都一樣大，因此掛重差的值都非常接近。

五、綜合上述 A.B：酒架底面範圍長寬不同，如何影響酒架平衡圖如下

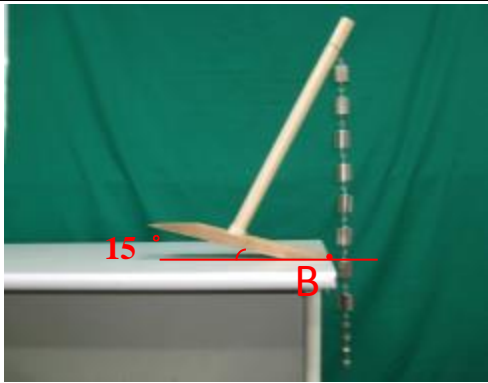
(一) 實驗分析趨勢圖



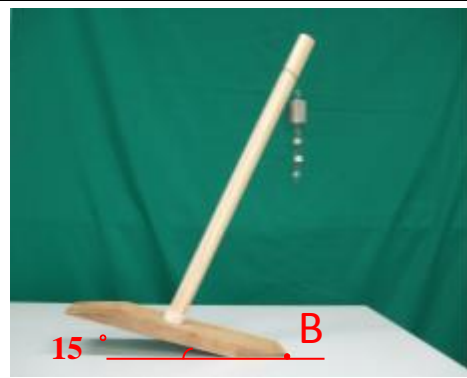
- 1.酒架側面(底面的寬度)不同，砝碼掛重的輕重相差變化很大，趨勢線的斜率較大，變化愈明顯。
- 2.正面長度越大，支架重量越重，維持平衡所需掛重的最大與最小值就較重，但掛重差都非常接近，線性趨勢線斜率較小，較平緩，表示掛重差的差異不大。因此增加酒架的正面長度，並不能明顯增加掛重範圍。

六、酒架水平夾角不同，如何影響酒架平衡

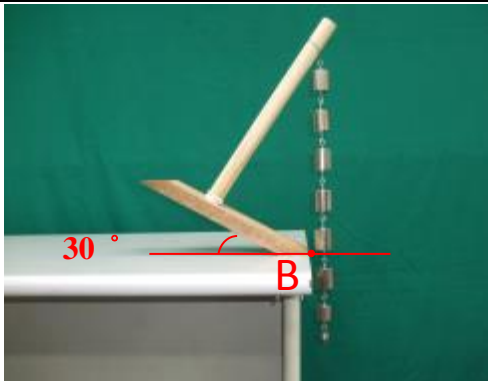
(一) 實驗照片：



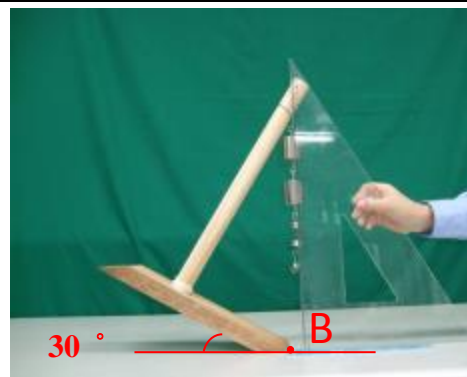
水平夾角 15 度最大掛重



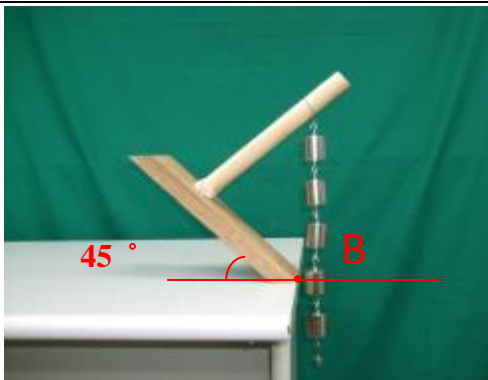
水平夾角 15 度最小掛重



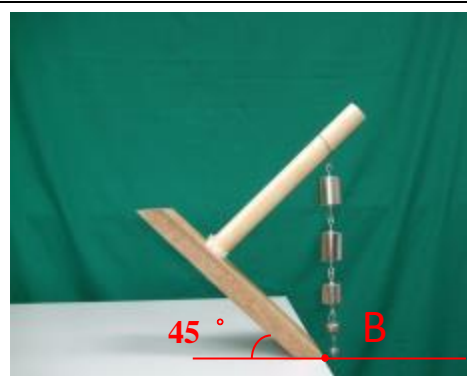
水平夾角 30 度最大掛重



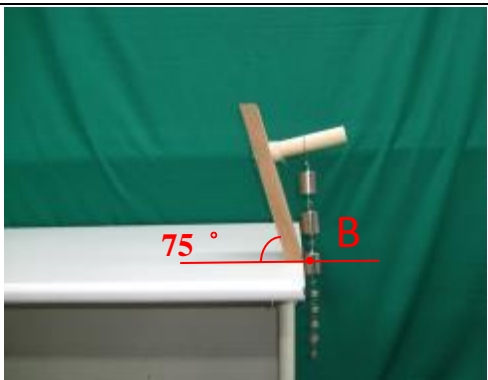
水平夾角 30 度最小掛重



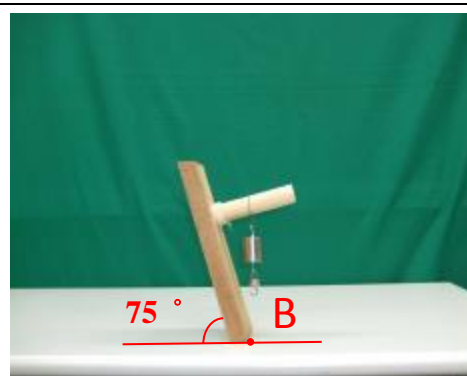
水平夾角 45 度最大掛重



水平夾角 45 度最小掛重








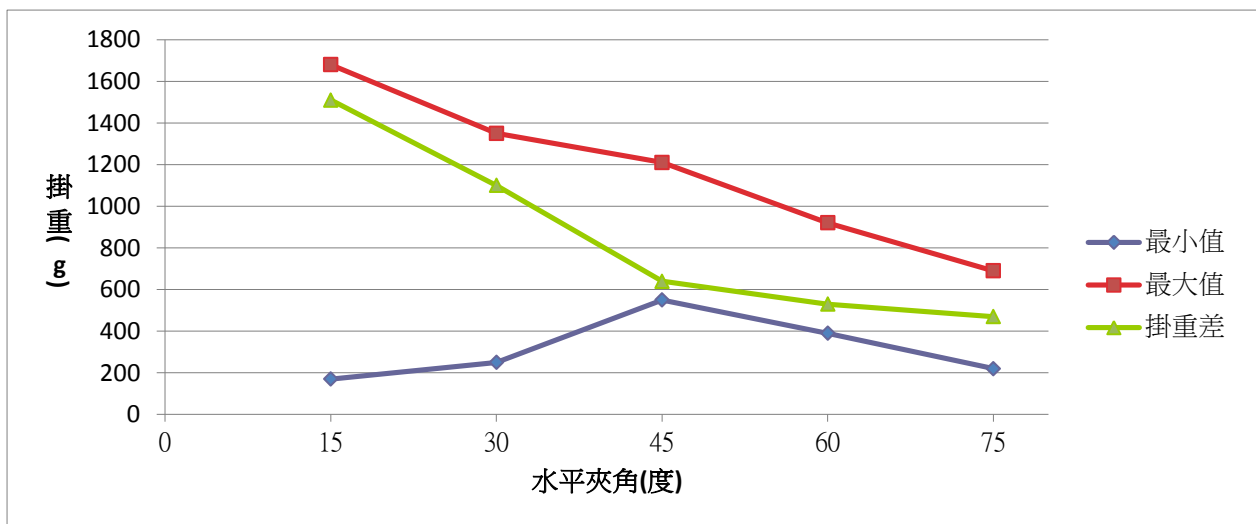
水平夾角 75 度最大掛重



水平夾角 75 度最小掛重

(二) 實驗表格：

圖例					
水平夾角	15 度	30 度	45 度	60 度	75 度
最小平衡值	170	250	550	390	220
最大平衡值	1680	1350	1210	920	690
掛重差	1510	1100	640	530	470



(三) 實驗發現：

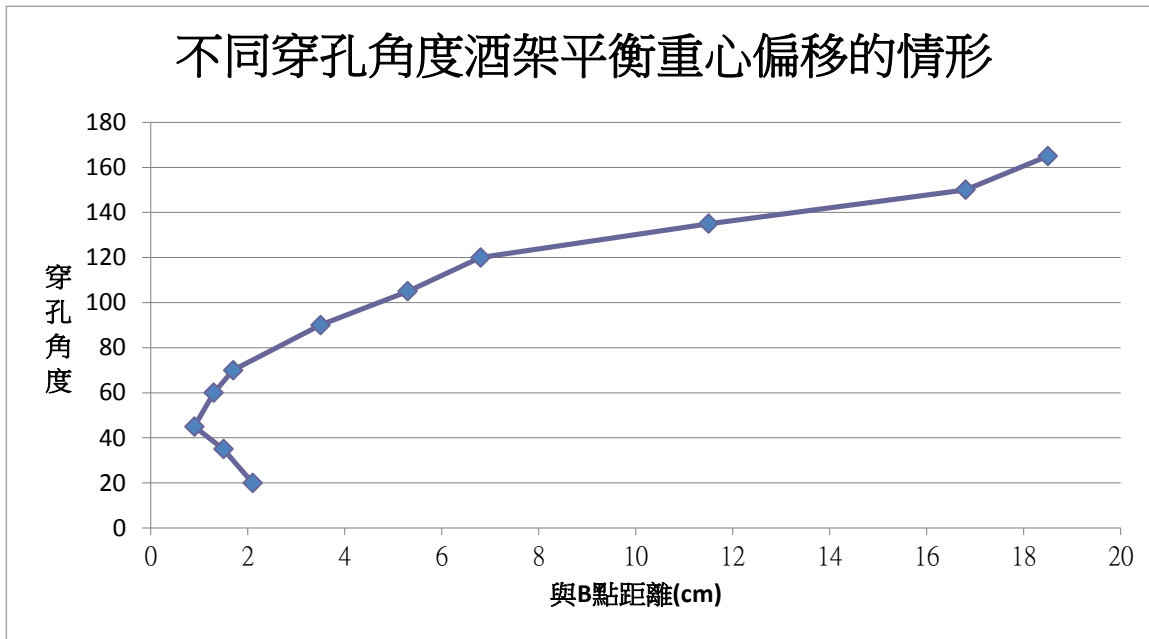
- 1、酒架傾斜角度越大，砝碼掛重範圍也越大。
- 2、酒架傾斜角度越大（水平夾角越小），底面寬度越長，可容納重心落點偏移的範圍也越大，穩定性越好。
- 3、水平夾角越小，最大平衡值越大。
- 4、水平夾角越小，掛重差越大。
- 5、45 度最小平衡值最大。
- 6、因穿孔角度都是垂直穿孔，酒架傾斜角度越大，穿入的重物(木棒)長度要越長，才能維持平衡。

七、酒架的穿孔角度不同，如何影響重心偏移的情形

(一) 實驗表格和照片

穿孔角度 (度)	165	150	135	120
與 B 點之 間的距離 (cm)	18.5	16.8	11.5	6.8
實驗照片				
穿孔角度 (度)	105	90	70	60
與 B 點之 間的距離 (cm)	5.3	3.5	1.7	1.3
實驗照片				
穿孔角度 (度)	45	35	20	
與 B 點之 間的距離 (cm)	0.9	1.5	2.1	
實驗照片				

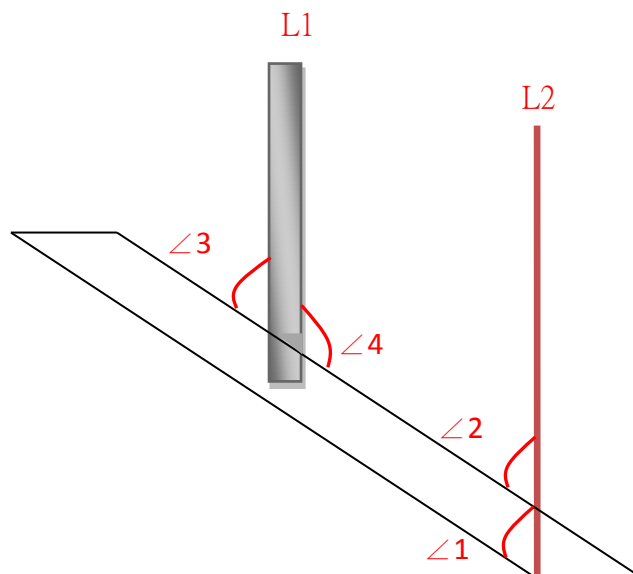
不同穿孔角度酒架平衡重心偏移的情形



(二) 實驗發現：

- 1、酒瓶呈水平狀態時，重心落點(支點)離酒架底面酒瓶方向最外緣(B點)的距離最近。
- 2、酒瓶與酒架的夾角越小(小於45度)，則支點距離B點越遠，向酒架傾斜方向偏移(如圖穿孔角度20度及35度)。
- 3、酒瓶與酒架夾角越大(大於45度)，則整體平衡的重心落點也會越偏離B點，也越往酒架傾斜方向偏移(如圖穿孔角度60度、70度...165度)，甚至無法平衡。
- 4、酒瓶或插入穿孔處的重物、酒架和落於底面範圍內的重心垂線，要能構成一個三角形，才能平衡。若酒瓶(重物)中心線(L2)與重心落點(支點)的垂線(L1)平行，則不論酒瓶(重物)多長，都沒有平衡的機會。(如圖一)
- 5、由於穿孔角度與酒架傾斜角度兩項變因，發現穿在酒架上能平衡的酒瓶，即使重量夠重，也有最短長度的限制。

(圖一)



設 L1 平行 L2

$$\angle 1 = \angle 2 = \angle 3$$

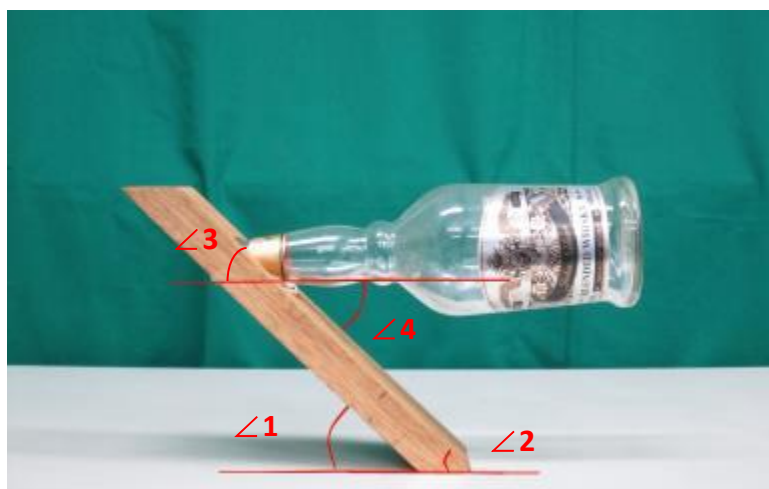
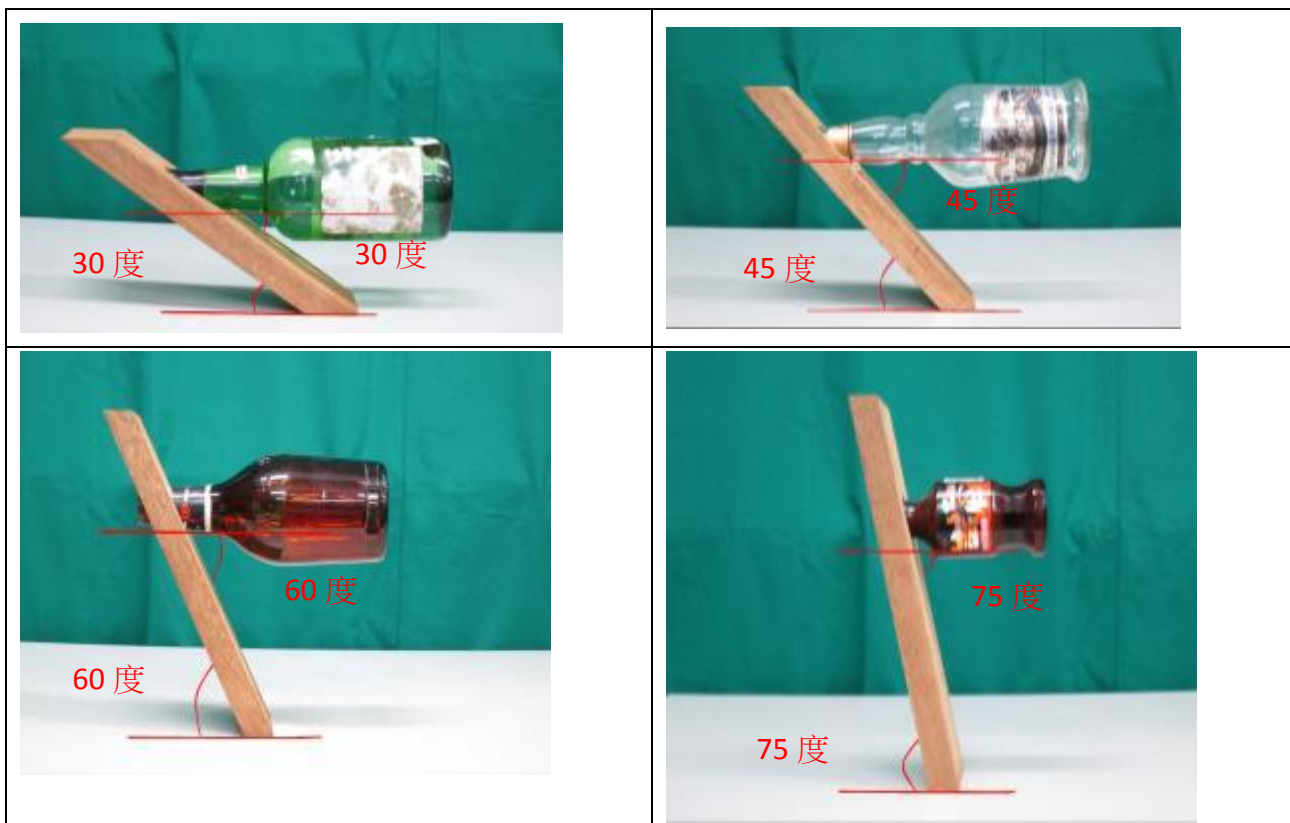
$$\angle 3 + \angle 4 = 180 \text{ 度}$$

$$\angle 1 + \angle 4 = 180 \text{ 度}$$

∴ 酒架傾斜角度 $\angle 1$ + 酒架穿孔角度 $\angle 4 \geq 180$ 度時，則不論酒瓶(穿入重物)多長，都沒有平衡機會

八、探討水平平衡的酒架擺放，穿孔角度、水平夾角的關係

(一) 實驗照片：



$\angle 1 = \angle 2$ ， $\angle 2 = \angle 3$ ， $\angle 3 = \angle 4$ 所以 $\angle 1 = \angle 4$

※ 支架水平夾角 $\angle 1 =$ 穿孔角度 $\angle 4$ 時，重物呈水平平衡姿態。

(二) 實驗發現：

1. 酒架水平夾角要等於酒架與酒瓶的夾角才可呈現完美水平平衡。
2. 當用不同的酒瓶時，必須要用不同水平夾角的酒架，當用**力臂長度越短、重量越輕的酒瓶**時，**用水平夾角越大的酒架才可平衡**，反之用力臂長度越長、重量越重的酒瓶時，使用水平夾角越小的酒架才可平衡。
3. 酒瓶的力臂必須超過酒架底面才可能平衡。

九、廣用酒架的設計與應用

(一) 實驗照片



(二) 實驗發現

- 1.所有的酒瓶都能成功的平衡(上圖)
- 2.根據上圖我們得知越大的酒瓶，使用與桌面水平夾角較小的酒架，調整穿孔角度，使酒瓶重心接近酒架底面，較容易成功(如圖 F)；越短小的酒瓶，使用與桌面水平夾角較大的酒架，調整穿孔角度，使酒瓶重心離酒架底面較遠，較容易成功(如圖 A、B)
- 3.越短小的酒瓶穿孔角度要小於 90 度(如圖 A、B)，較易平衡；.越長大的酒瓶，穿孔角度要越大，架好的酒瓶越向上揚，較易達成平衡(如圖 F)
- 4.設計一個能使穿孔角度與酒架傾斜角度兩項變因能靈活改變，交互調整的酒架，就能使多數酒瓶重物在酒架上平衡不倒。

陸、討論

一、探討不同的酒瓶和液體量是否能平衡於酒架之上

(一) 重心落點要在酒架底面範圍之內才能平衡，因此太重或太輕的酒瓶不易平衡。

二、探討酒架和酒瓶整個系統的重心和左右力矩是否相等

(一) 實測結果 $F_1 \times D_1$ 的值與 $F_2 \times D_2$ 的值接近，符合槓桿平衡時左力矩=右力矩的原理。實質未能完全相等，為實驗操作所致之誤差。

三、探討酒架和酒瓶整個系統達成平衡時，平衡重心兩側左右的力矩是否相等

(一) 可以平衡的掛重不是一個固定值，而是一個範圍，且只要重心落點落在支架底面範圍內的砝碼掛重，都能使酒架平衡不倒。

四、固定砝碼掛重，改變力臂長度，測量酒架平衡重心偏移的情形

(一) 平衡酒架掛了等重的砝碼後，能移動的力臂長度也有一定的範圍，也不是一個固定值。

(二) 由實驗三、四得知：平衡酒架的重物力矩越大，整體平衡重心都會越往重物外側偏移

五、酒架穿孔位置不同，測量酒架平衡重心偏移的情形

(一) 穿孔位置愈上方重心會往酒架方向偏移，穿孔位置愈下方重心會往酒瓶方向偏移。

六、酒架底面範圍長寬不同，如何影響酒架平衡

(一) 正面長度越大，支架重量越重，維持平衡所需掛重的最大與最小值就較重，但掛重差都非常接近，線性趨勢線斜率較小，較平緩，表示掛重差的差異不大。因此增加酒架的正面長度，並不能明顯增加掛重範圍。

七、酒架水平夾角不同，如何影響酒架平衡

(一) 酒架傾斜角度越大（水平夾角越小），底面寬度越長，可容納重心落點偏移的範圍也越大，穩定性越好。

八、酒架的穿孔角度不同如何影響重心偏移的情形

(一) 酒瓶或插入穿孔處的重物、酒架和落於底面範圍內的重心垂線，要能構成一個三角形，才能平衡。若酒瓶(重物)中心線與重心落點(支點)的垂線平行，則不論酒瓶(重物)多長，都沒有平衡的機會。

(二) 由於穿孔角度與酒架傾斜角度兩項變因，發現穿在酒架上能平衡的酒瓶，即使重量夠重，也有最短長度的限制。

九、探討酒架平衡的酒架擺放，穿孔角度與水平夾角的關係

(一) 當用不同的酒瓶時，必須要用不同水平夾角的酒架，當用力臂長度越短、重量越輕的酒瓶時，用水平夾角越大的酒架才可平衡，反之用力臂長度越長、重量越重的酒瓶時，使用水平夾角越小的酒架才可平衡。

十、廣用酒架的設計與應用

(一) 越大的酒瓶，使用與桌面水平夾角較小的酒架，調整穿孔角度，使酒瓶重心接近酒架底面，較容易成功；越短小的酒瓶，使用與桌面水平夾角較大的酒架，調整穿孔角度，使酒瓶重心離酒架底面較遠，較容易成功。

(二) 設計一個能使穿孔角度與酒架傾斜角度兩項變因能靈活改變，交互調整的酒架，就能使多數酒瓶重物在酒架上平衡不倒。

柒、結論

- 一.影響酒架平衡的酒瓶變因有：酒瓶的大小、形狀與內容物的多寡。
- 二.影響酒架平衡的酒架本身變因有：穿孔角度、穿孔位置、站立時與水平的夾角、及底面長寬，都會影響酒架的平衡與穩定度。
- 三.整體平衡重心會因為放置的酒瓶長度與重量而改變，酒瓶重量越重或長度越長，整體平衡重心會越往酒瓶方向偏移，因此酒架底面的水平夾角要使用較小的角度，才能使平衡重心容易落入底面範圍內達成平衡；酒瓶越輕或長度越短，整體平衡重心會越往酒架方向偏移，因此酒架底面的水平夾角要使用較大的角度，才容易使平衡重心落入底面範圍內達成平衡。
- 四.只要能適度調整穿孔角度、底面積大小及水平夾角，並依照槓桿原理，使酒架左右力矩 ($F_1 \times D_1 = F_2 \times D_2$) 相等，就可以讓酒架平衡不倒。
- 五.我們利用齒輪來改變穿孔角度，與可拆換的傾斜角度控制板來改變底面積及水平夾角，成功做出一個能置放多樣酒瓶的廣用酒架。

捌、參考資料及其他

1.教育部數位教學資源入口網。

http://content.edu.tw/junior/phy_chem/ty_lk/std/content/force/cph16/cphg21.htm。上網日期：102年9月25日。

2.教育 wiki。 <http://content.edu.tw/wiki/index.php/槓桿原理>。上網日期：102年10月3日。

【評語】 080107

本作品藉由討論酒架的各種平衡變因，探討廣用酒架的可能設計，參與的小朋友對基本的物理觀念都有清楚的認知，並能做出有條理的陳述，在實驗中對各種變因亦做了完整的測量。若能在創新方面再作發揮，則必能有更好的結果。