

2023 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

複賽作品說明書

隊伍名稱：「氣」勢「磅」礪隊

作品名稱：以 Arduino BMP180 氣壓感測器自製氣球磅秤

隊 員：邱于寧、陳亭儒、陳彥綸、陳軒弘

指導老師：陳其威

科學概念 1：

由理想氣體方程式 $PV = nRT$ 可知，當溫度及氣球內的氣體分子數固定時，氣球內部壓力與其體積成反比。當在氣球上方放置重物時，會使氣球壓縮，進而改變體積，而氣球的內部壓力也將隨之上升。因此，我們可以透過量測氣球的壓力變化推知重物的重量，並將其作為磅秤使用。

科學概念 2：

Arduino 板連接氣壓感測器測量氣體壓力是利用「壓阻效應」的原理。當半導體受到外力作用時，會引起能量變化，進而使電阻率產生變化。壓阻效應可以將力學能轉為電信號，普遍應用於測量壓力、應力、應變、速度和加速度觀測器等。

複賽作品說明書內文

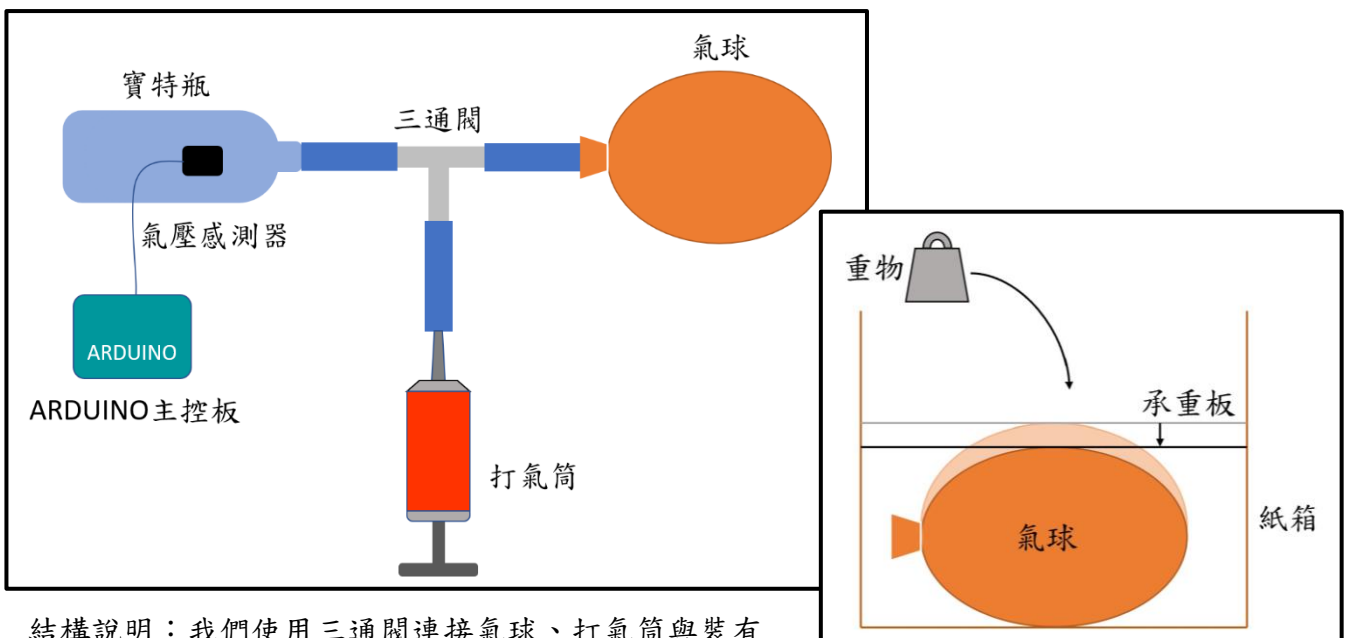
1. 發想動機：

隨著科技日新月異，電子產品也廣泛的被運用於日常生活中，提供人們隨手可得的便利。然而與此同時，這些科技產物也導致大量電子垃圾的產生，進而危害人體健康與自然環境，成為新時代的一大隱患。因此，若能透過生活中常見的簡易材料製作出能夠取代原先易產生耗材的電子工具，不只能夠減少電子垃圾的產生與處理問題，同時亦可降低物品製作成本並擴大產品使用觸擊率。

本提案中，我們希望藉由生活中唾手可得的氣球自製簡易氣壓磅秤。以理想氣體方程式作為基礎科學原理，搭配 Arduino 主控板及 BMP180 氣壓感測裝置進行氣壓量測。由於氣球受到不同擠壓力時會產生不同程度的氣壓變化量，因此我們不禁思考，是否能夠藉由測量氣球的氣壓變化量來秤量物品的重量呢？於是我們著手進行實驗並自製氣壓磅秤，希望能減少電子垃圾的消耗，同時促進永續利用及環保的發展。

2. 硬體及電路架構圖：

(1) 實驗硬體結構圖：

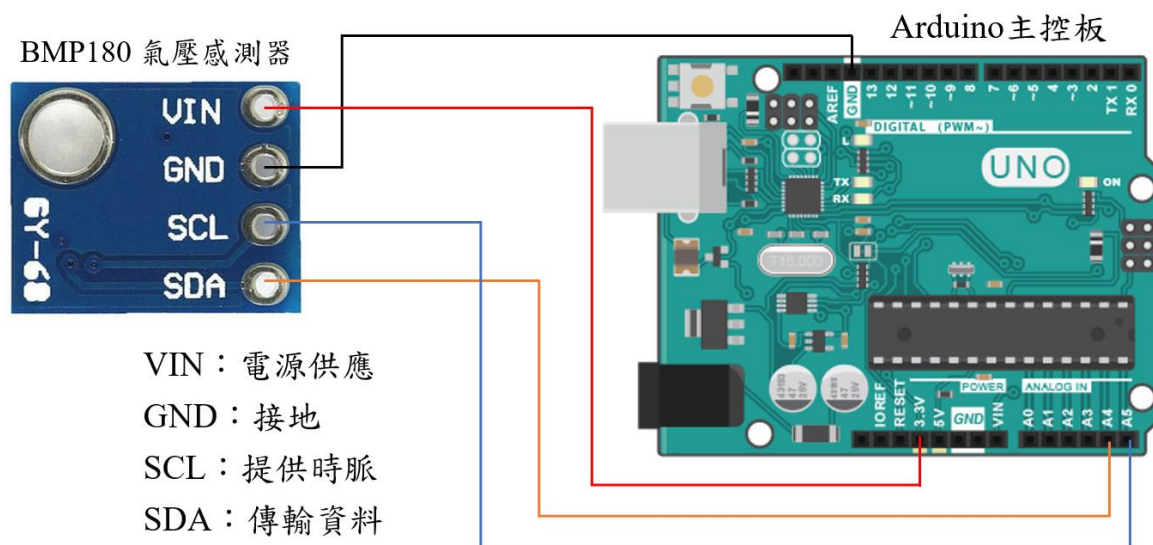


結構說明：我們使用三通閥連接氣球、打氣筒與裝有 BMP180 氣壓感測器的寶特瓶（如圖一），以此達成同時能夠打氣及測量氣球內部壓力的功能。另外，我們使用紙箱與硬紙板製作氣球磅秤（如圖二），放上重物後將對氣球產生壓縮，即可測量壓縮後的氣球壓力。

圖一（左）實驗裝置與三通閥連接圖

圖二（右）氣球磅秤承重示意圖

(2) 電路設計及架構圖：



圖三 本提案之電路連接與設計

(3) 氣壓感測程式設計：

我們使用<SFE_BMP180.h>及<Wire.h> 模組撰寫 BMP180 氣壓感測器的驅動程式，再將氣壓感測器連接 Arduino Uno 板及電腦，即可在電腦的檢視視窗獲得即時的氣壓資訊。

```
1 #include <SFE_BMP180.h>
2 #include <Wire.h>
3
4 SFE_BMP180 pressure;
5
6 void setup()
7 {
8   Serial.begin(9600);
9   Serial.println("REBOOT");
10  if (pressure.begin())
11  {
12    Serial.println("Success");
13  }
14  else
15  {
16    Serial.println("Fail");
17    while(1);
18  }
19 }
20
21 void loop()
22 {
23   char status;
24   double P,T,p0,a;
25   status=pressure.startTemperature();
26   if(status!=0)
27   {
28     delay(status);
29     status=pressure.getTemperature(T);
30     if(status!=0)
31     {
32       status=pressure.startPressure(3);
33       if(status!=0)
34       {
35         delay(status);
36         status=pressure.getPressure(P,T);
37         if(status!=0)
38         {
39           Serial.print("Pressure: ");
40           Serial.println(P,2);
41         }
42         else Serial.println("error");
43       }
44       else Serial.println("error");
45     }
46     else Serial.println("error");
47   }
48   else Serial.println("error");
49   delay(3000);
50 }
```

圖四 BMP180 氣壓感測器驅動程式碼

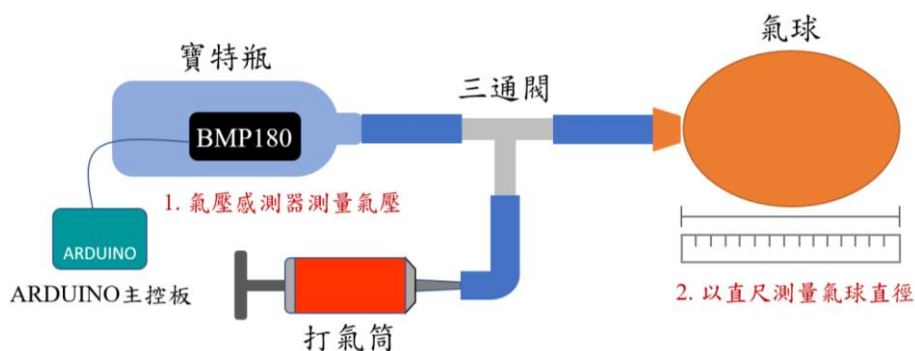
3. 作品使用說明及應用：

(1) 預備實驗－氣球大小與內部壓力之關係：

實驗目的：透過改變氣球內部的氣體平衡狀態，觀察並探討氣球大小與內部壓力的關係。

實驗方法：為了解氣球大小與氣球內部壓力的關係，我們將三通閥連接打氣筒、圓形氣球及 BMP180 氣壓感測器，由打氣筒緩慢向氣球內部打氣，並記錄不同時間下氣球的直徑大小與內部氣壓量值。

實驗過程示意圖：



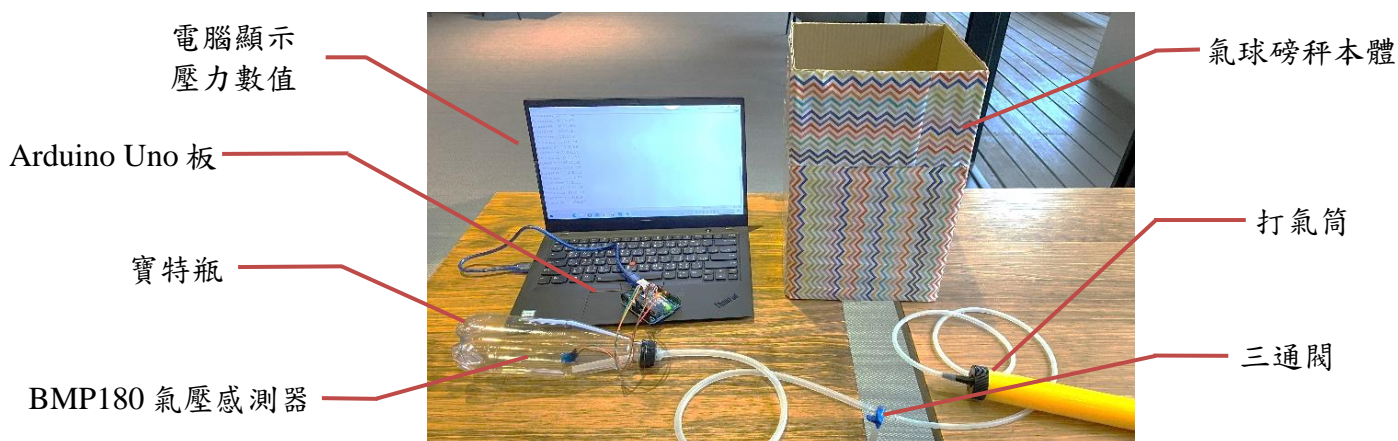
圖五 測量氣球直徑大小與內部壓力

(2) 自製簡易氣壓磅秤：

實驗目的：使用 BMP180 氣壓感測器測試不同大小的氣球在力的壓縮下產生的壓力變化，比較並製作出效果較佳的氣壓磅秤。

實驗步驟：

- I. 使用打氣筒透過三通閥灌氣，製作不同大小的氣球進行實驗。
- II. 以厚紙板製作磅秤本體，並將氣球置於中央。承重板上放置不同重量的砝碼，並以 BMP180 測量其氣壓變化量。
- III. 比較不同氣球磅秤隨砝碼重量改變的氣壓變化量，選擇變化較明顯的氣球製作磅秤，即可使用氣壓變化量測量物品重量。



圖六 自製簡易磅秤實驗構造圖

(3) 作品未來相關應用：

本作品之簡易氣壓磅秤具有許多類似的功能與應用，不僅限於日常生活中，只需稍加改良，在各個領域都能有廣泛應用的空間。

大型工業材料的量秤

若將原先氣球的設計更改為大型氣墊，使用相同原理即可應用於工業上大型材料之重量量測。另外，在使用氣墊船運輸貨物時，儘管會標註最高裝載重量，但在實際裝載時，經常無法確定此時是否已經超重，恐導致危險發生，而本提案之氣壓磅秤即可解決此問題。透過量測氣墊壓力可以得知目前已裝載重量，並於偵測到超重時提出警示，以確保氣墊船得以安全行駛。

醫療監測應用

在醫療方面，若於病床加上一層氣墊，同樣可使用本提案原理來量測病人體重，以利了解病患身體狀況。此方式可持續性地監測病人體重，使醫生可在病患體重出現異常時即時發現並進行檢查與治療。此外，利用氣壓磅秤也可造福行動不便的病人，使他們不需費力下床行走站立，便能達到例行健康檢測中量測體重的目的。

本提案的簡易氣壓磅秤擁有製作方便、應用廣泛等特性，且未來仍有許多空間可持續改良、發展，提供不同領域進行相關應用，為極具研究意義與發展價值的測量裝置。

4. 作品創意性：

氣球一般多使用於娛樂及裝飾用途，而本提案賦予氣球全新的科學意義。藉由簡易的器材搭配高中所學的氣體壓力原理，我們得以推論氣球內部體積與壓力的關係，並透過氣壓量測歸納出壓力變化量以及待測物重量的關係，藉此得知待測物重量。以不同角度詮釋「秤重」的概念，為本提案極具創意的靈感與成果。

此外，本提案設計的氣壓磅秤，不需使用電子耗材，只需運用日常生活中常見的氣球、寶特瓶、紙箱等，結合氣壓感測器，就能創造出一台簡易且方便的磅秤。不僅構造簡單、原理易懂，材料也容易取得，更符合現今的環保意識型態。若能推廣此實驗方法，能讓民眾透過此新奇的實驗更加了解科學知識與原理，在促進環保的同時達成科普教育之目的。

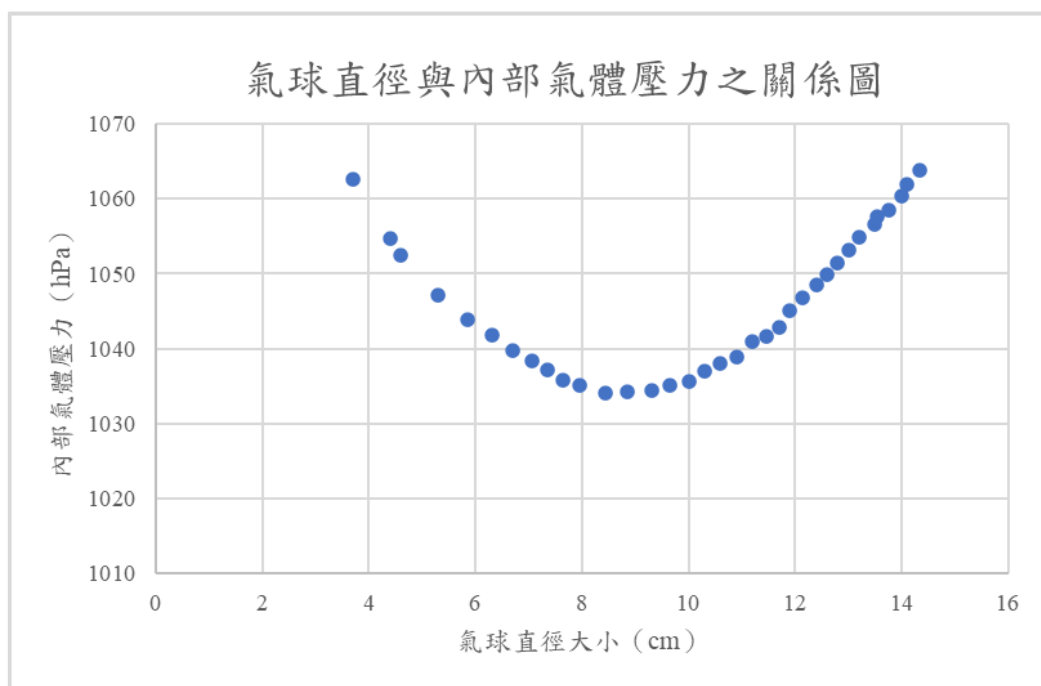
5. 作品成果報告：

(1) 氣球大小與內部壓力之關係：

實驗結果：我們將氣球直徑大小（單位：公分）對應氣球內部壓力（單位：百帕）的實驗數據整理成表格（表一）。並繪製出兩者之間的關係圖（圖一）。

表一、氣球直徑與內部壓力的關係

氣球直徑 (cm)	內部壓力 (hPa)	氣球直徑 (cm)	內部壓力 (hPa)	氣球直徑 (cm)	內部壓力 (hPa)
3.70	1062.533	8.85	1034.279	12.40	1048.504
4.40	1054.739	9.30	1034.377	12.60	1049.868
4.60	1052.498	9.65	1035.059	12.80	1051.426
5.30	1047.237	10.00	1035.643	13.00	1053.18
5.85	1043.925	10.30	1037.007	13.20	1054.934
6.30	1041.781	10.60	1037.982	13.50	1056.688
6.70	1039.833	10.90	1038.956	13.55	1057.662
7.05	1038.469	11.20	1040.904	13.75	1058.539
7.35	1037.202	11.45	1041.684	14.00	1060.39
7.65	1035.838	11.70	1042.853	14.10	1061.851
7.95	1035.156	11.90	1045.094	14.35	1063.897
8.45	1034.085	12.15	1046.847		



圖七 氣球直徑與內部壓力之關係圖

結果討論：

由圖七的實驗結果中我們可以發現，在氣球直徑較小時，氣球內部壓力反而較大，在打氣後氣球直徑變大的同時，內部氣壓逐漸下降，在通過一定大小後，內部氣壓將隨著氣球直徑變大而提升，整體呈現一勾狀曲線。

此結果可以驗證日常生活中使用氣球時常遇到的一個情形——在吹氣球時，一開始吹起來可能比較困難（因氣球內部壓力較大，較難將氣體灌入），但是當氣球膨脹到一定大小後，吹氣就會變得比較容易了。

(2) 自製簡易氣壓磅秤：

製作說明：我們使用較大型的圓形氣球，並設計以 12、14、16、18 及 20 等五種不同直徑大小的氣球製作氣壓磅秤，測量不同的氣壓磅秤在砝碼重量變化下的氣壓改變量值，最後比較出效果最佳的氣壓磅秤。

實驗步驟：

1. 打氣筒連接三通閥，將圓形氣球充氣至指定直徑大小。
2. 於氣球上方放置承重板，完成磅秤的設置。
3. 在氣壓磅秤上依序放置 0 至 2000 公克的砝碼。
4. 以 BMP 氣壓感測器連接電腦 Arduino 程式，記錄在不同重量的砝碼壓縮下，氣球內部壓力的變化量值。
5. 整理不同氣壓磅秤的實驗結果，繪製氣壓量值的變化圖並完成回歸，比較個別的秤重效果。

實驗過程示意圖：



圖八 氣球磅秤內部結構—設置氣球



圖九 以氣球磅秤秤量砝碼示意圖

實驗結果：

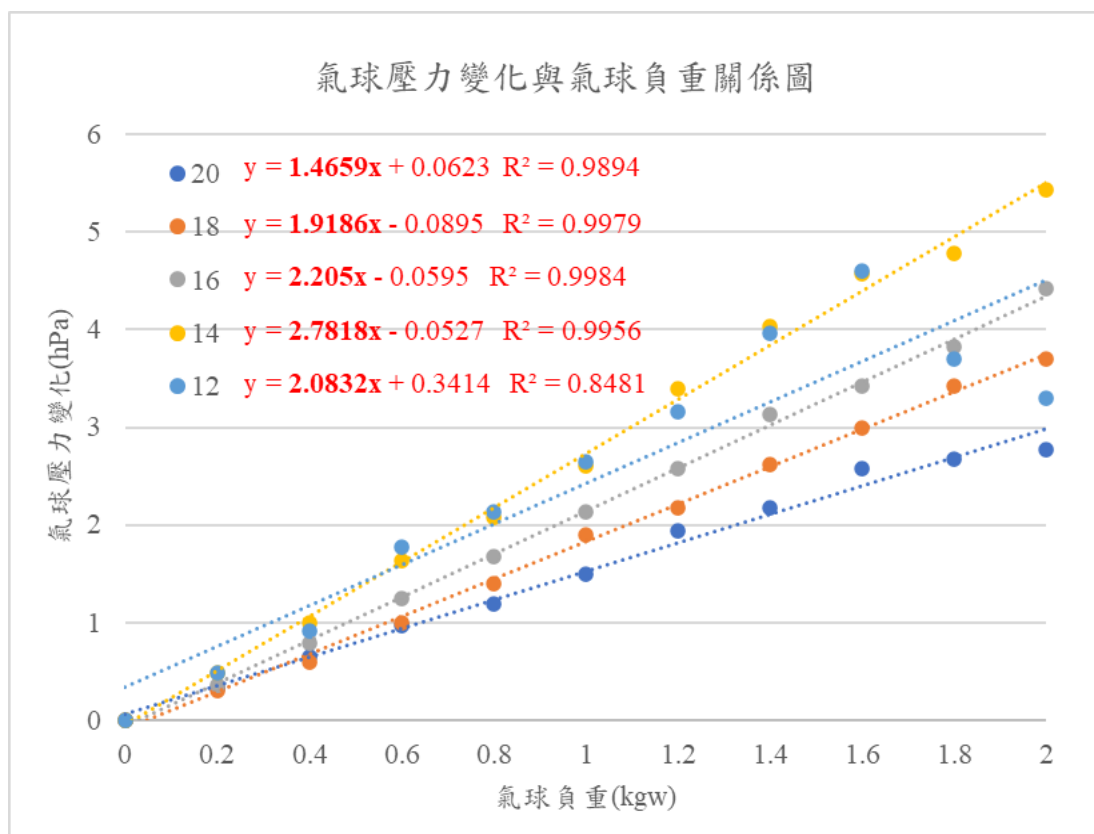
1. 表格整理：為了比較各個氣球磅秤的秤重效果，我們首先將各直徑大小氣球隨砝碼重量改變的氣壓量值及變化量值整理如表二。

表二、不同直徑的氣球磅秤隨砝碼質量變化之氣壓變化

氣球直徑		20cm		18cm		16cm	
		氣球壓力 (hPa)	氣壓變化量 (hPa)	氣球壓力 (hPa)	氣壓變化量 (hPa)	氣球壓力 (hPa)	氣壓變化量 (hPa)
砝碼質量 (g)	0	1025.9	0	1023.9	0	1022.89	0
	200	1026.23	0.33	1024.2	0.3	1023.25	0.36
	400	1026.55	0.65	1024.5	0.6	1023.68	0.79
	600	1026.87	0.97	1024.9	1	1024.14	1.25
	800	1027.1	1.2	1025.3	1.4	1024.57	1.68
	1000	1027.4	1.5	1025.8	1.9	1025.03	2.14
	1200	1027.84	1.94	1026.08	2.18	1025.47	2.58
	1400	1028.08	2.18	1026.52	2.62	1026.03	3.14
	1600	1028.48	2.58	1026.89	2.99	1026.31	3.42
	1800	1028.58	2.68	1027.33	3.43	1026.71	3.82
	2000	1028.68	2.78	1027.6	3.7	1027.31	4.42
氣球直徑		14cm		12cm			
		氣球壓力 (hPa)	氣壓變化量 (hPa)	氣球壓力 (hPa)	氣壓變化量 (hPa)		
砝碼質量 (g)	0	1022.04	0	1029.59	0		
	200	1022.52	0.48	1030.07	0.48		
	400	1023.04	1	1030.51	0.92		
	600	1023.67	1.63	1031.36	1.77		
	800	1024.12	2.08	1031.72	2.13		
	1000	1024.65	2.61	1032.24	2.65		
	1200	1025.44	3.4	1032.75	3.16		
	1400	1026.08	4.04	1033.55	3.96		
	1600	1026.61	4.57	1034.19	4.6		
	1800	1026.82	4.78	1033.29	3.7		
	2000	1027.47	5.43	1032.89	3.3		

2. 歸納實驗數據與製圖：

接著，我們繪製出不同氣球直徑下，氣球負重（砝碼重量）與氣球壓力變化量值的關係圖（圖十），並繪製出趨勢線。為了更方便且清楚地辨識出氣壓的變化（趨勢線斜率），我們使用的單位為：砝碼重量（kgw）對上氣壓變化量（hPa）。



圖十 不同氣壓磅秤之氣壓變化與負重關係圖

3. 結果討論：由於本實驗目的為找尋測量效果最佳的氣球氣壓磅秤，我們比較不同大小的氣球在不同負重下的氣壓變化量，同時比較圖十中各氣壓磅秤之趨勢線斜率。斜率欲大則代表氣壓變化較明顯，也表示其秤重效果愈佳。

(1) 不同大小氣球的斜率比較

比較圖十中的趨勢線可觀察到，直徑為 12、14、16、18 及 20 公分的氣球，趨勢線斜率分別為 2.08、2.78、2.21、1.92 及 1.47。相較於其他尺寸的氣球，直徑 14cm 的氣球在不同負重下擁有最顯著的氣壓變化量，也代表其秤重效果最佳。

(2) 過小或過大的氣球皆不適合用來製作氣壓磅秤

以直徑 12 公分的氣球進行實驗時我們發現，當砝碼的重量較大時（大於 1600g），氣球的氣壓變化量值將會產生明顯偏差，表示若氣球尺寸過小，會容易在增加負重時因洩氣而改變大小，造成數據誤差較大，因此無法作為有效的秤重工具。

而當氣球直徑過大，我們可以發現其氣壓變化量會較小，甚至幾乎沒有任何變化，因此也不適合做為氣球磅秤。

此外，在氣球大小太小或太大時，可能會出現氣球形變的問題，容易造成測量量值的偏差。我們得到結論：氣球的直徑必須在特定範圍內才能製作出有效的氣壓磅秤，而此範圍則因氣球種類而有所差異，如在本研究中，秤重效果最佳的氣球直徑範圍約在 14 至 16 公分。

4. 結論：

在我們的探究研究中，我們應用了 Arduino 電子元件及程式在我們的實驗中，並連結 BMP180 氣壓感測器作為監測氣壓數值的工具。

在實驗中，我們了解氣球大小與氣壓量值兼具有密切的關聯性，且兩者之關係呈現一勾狀曲線。同時，我們也使用氣壓感測裝置自行設計並製作出了「簡易氣球壓力磅秤」，同時比較出了較佳且較適合作為秤重使用的氣球直徑大小。

結合 Arduino 及 BMP180 氣壓感測器，我們能更精確地進行數據的量測，也減少了實驗過程中的人為誤差，並提升整體研究的效果及品質。

6. 參考文獻：

- [1] 用手機做氣體壓力實驗。吳明德。107 年 12 月 07 日。取自 <http://phys5.ncue.edu.tw/physedu/article/19-2/4.pdf>
- [2] Bao, M. H. 2000. Micro mechanical transducers: pressure sensors, accelerometers and gyroscopes. Elsevier.
- [3] Merritt, D. R., & Weinhaus, F. 1978. The pressure curve for a rubber balloon. *American Journal of Physics*, 46(10), 976-977.

2023 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

作品設計費支出明細表(複賽用)

隊伍名稱：

項目名稱	費用	備註
BMP180 氣壓感測器 + 杜邦線	104 元	使用線上購物
總價 (新台幣) (元)	104	

註：除了大會所提供之 Arduino UNO 外，其餘作品設計費每組花費限額 3,000 元(大會不補助)。若作品有使用到網際網路，提供網路的設備不計入作品設計費，該設備只作為提供網路給作品使用。

複賽時並請提供「作品設計支出明細表」。