

你濃我濃——  
自製折光計測定糖水濃度

---

# 研究動機

現代糖尿病罹患人數日益成長，到底是什麼原因而導致呢？都是因為現在的含糖飲料含糖量太高了，人們攝取過多糖分所致，所以我就靈機一動，是否可以用一些科學方法找出它的含糖度呢？



# 研究目的

- (一) 了解不同的糖的顏色與溶解度。
- (二) 自製雷射折光計
- (三) 探討不同雷射光源與折射角度的關係。
- (四) 探討不同種類糖的濃度與折射角度的關係。

# 研究設備及器材



黑糖、砂糖(圖一)



雷射筆(左到右：紅、綠、藍)(圖二)



糖度計(圖三)



燒杯、量筒、試管、玻璃棒、滴管(圖四)



電子磅秤(圖五)



膠帶、保鮮膜、剪刀(圖六)



1. 壓克力透明半圓型水槽。
  2. 圓形角度盤：白色泡棉，上面印有刻度，共四個象限。
  3. 大頭針
- (圖七)

# 研究流程

探討不同糖水的  
濃度與折射  
角度的關係

設定變因

- 1.糖的種類:黑糖與砂糖
- 2.入射角度:15度、20度、25度、30度、35度
- 3.雷射光的顏色:綠光、紅光(藍光無法判定折射角)
- 4.糖水濃度:2.5%、5%、7.5%10%、12.5%

彙整實驗數據

分析實驗數  
據及討論

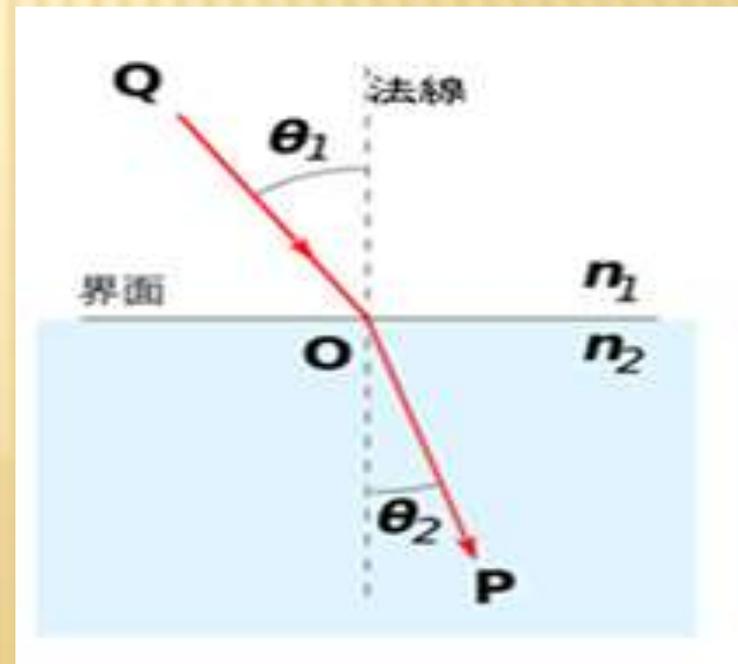
結論

# 司乃耳定律

當光波從介質1傳播到介質2時，假若兩種介質的折射率不同，則會發生折射現象，其入射光和折射光都處於同一平面，稱為「入射平面」，並且與界面法線的夾角滿足如下關係：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

其中 $n_1$ 及 $n_2$ 別是兩種介質的折射率， $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 分別是入射光、折射光與界面法線的夾角，分別叫做「入射角」、「折射角」。



# 自製雷射折光計



將圓形角度盤與底座分開並將雷射筆以膠帶固定於底座上



將指定的入射角度對準雷射筆的發射口，雷射光射向圓形角度盤的圓心



放上壓克力透明半圓形水槽觀察反射光的夾角是否與入射光夾角相同



將不同濃度糖水溶液倒進已校正好的壓克力透明半圓形水槽內



利用直尺，圓心與大頭針連線，量測折射角的角度

# 研究結果與討論

一、以紅光射入不同濃度的黑糖糖水，測量折射率

(一)調配五種不同濃度的黑糖糖水(2.5%、5%、7.5%、10%、12.5%)。

(二)調整好入射角度，並利用壓克力半圓形水槽的反射角度協助校正。

(三)將糖水溶液倒入半圓形水槽，以紅色雷射筆照射，用大頭針標記折射角度。

(四)以直尺補助判別折射角度並記錄。



配置黑糖水濃度



將待測液倒入水槽



以大頭針標記結果

2.5%、5%、7.5%、10%、12.5%黑糖糖水入射角愈大，  
 折射角就愈大。而濃度越高的糖水溶液n值會比較高。

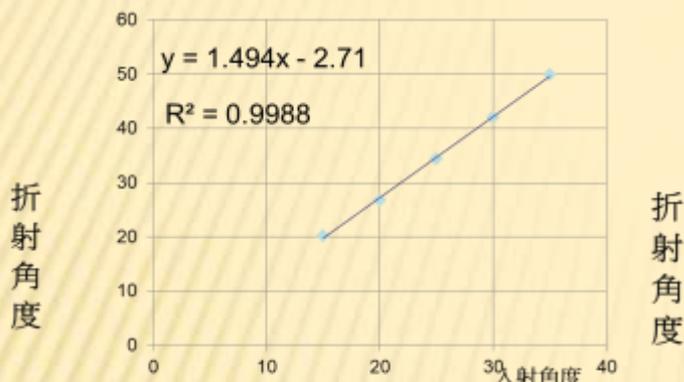


圖5.1 黑糖2.5%、紅光折射角

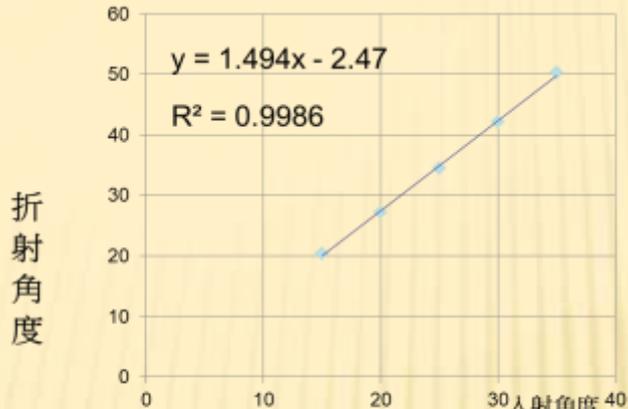


圖5.2 黑糖5%、紅光折射角

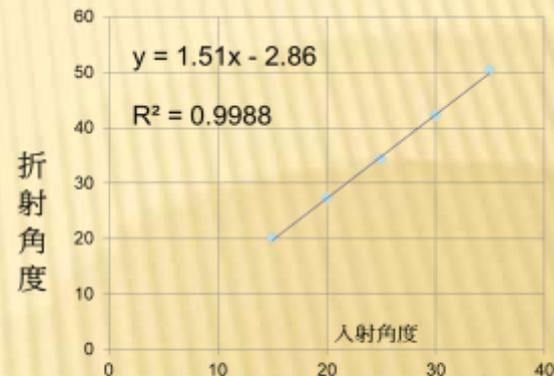


圖5.3 黑糖7.5%、紅光折射角

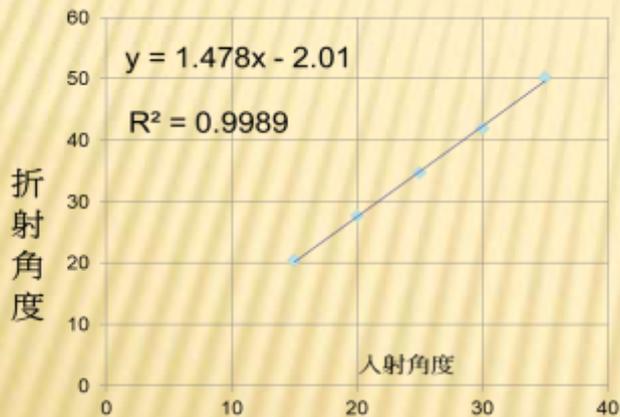


圖5.4 黑糖10%、紅光折射角

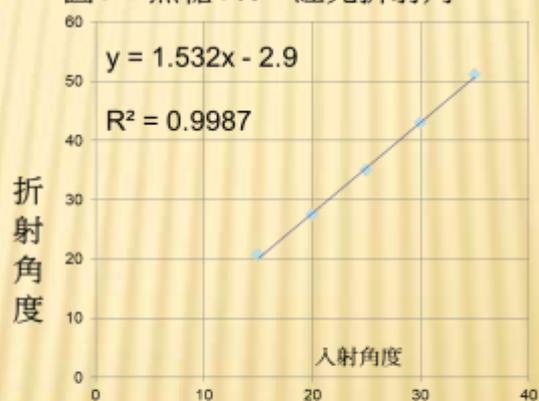


圖5.5 黑糖12.5%、紅光折射角

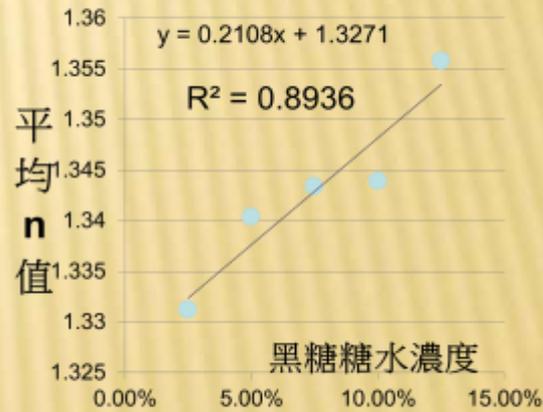


圖5.6 五種濃度n值平均

圖5.6我們可以反推一杯未知濃度黑糖水溶液的濃度，由實驗中  
 我們可以求得n值，再帶入回歸後的公式 $y = 0.2108x + 1.3271$ ，其  
 中x為濃度y為n值，求得未知溶液的濃度。

## 二、以紅光射入不同濃度的砂糖水，測量折射率

分別配置2.5%、5%、7.5%、10%、12.5%的砂糖水溶液，依前述步驟，以紅光射入不同濃度的砂糖糖水，測量折射角後求取n值後再予以平均。



配置砂糖水濃度



以空水槽進行校正



以大頭針標記結果

圖5.7~5.11，我們發現砂糖水入射角愈大，折射角就愈大。以2.5%砂糖水溶液而言，入射角分別為15、20、25、30、35度時，折射角分別為19.9、27.2、34.0、42.5、50.61。

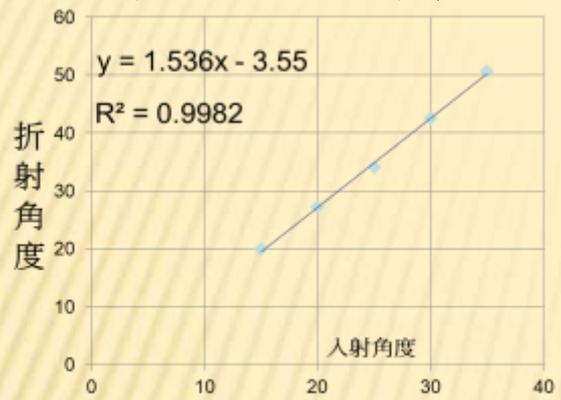


圖5.7 砂糖2.5% 紅光折射角

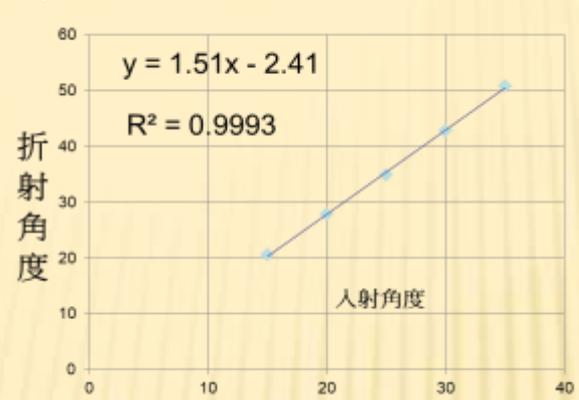


圖5.10 砂糖10% 紅光折射角

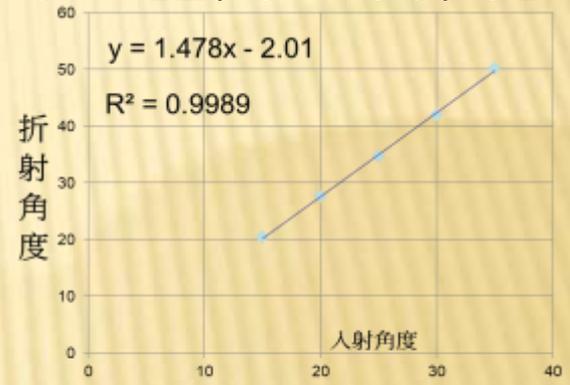


圖5.9 砂糖7.5% 紅光折射角

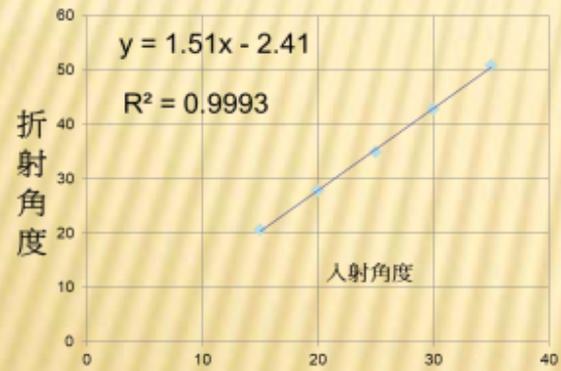


圖5.10 砂糖10% 紅光折射角

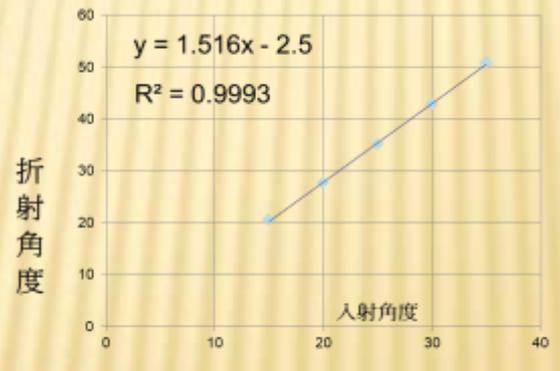


圖5.11 砂糖12.5% 紅光折射角

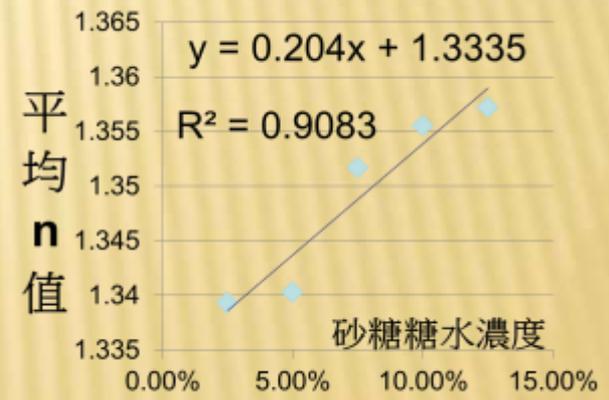


圖5.12 五種濃度n值平均

由圖5.12我們可以由實驗中求得n值，再帶入回歸後的公式 $y=0.204x+1.3335$ ，求得未知砂糖溶液的濃度。

### 三、以綠光射入不同濃度的黑糖水溶液，測量折射率

分別配置2.5%、5%、7.5%、10%、12.5%的黑糖水溶液，依前述步驟，以綠光射入不同濃度的黑糖水，測量折射角後求取n值後再予以平均。



1. 調配黑糖糖水溶液



2. 將底座固定在桌面上



3. 固定紙板



4. 調整入射角



5. 測量折射角

因為黑糖中含有糖蜜等雜質顏色較深，綠光在濃度較高(7.5%以上)的黑糖中無法穿透。

圖5.13~5.14，我們依然可以看出，入射角與折射角呈正相關的關係。

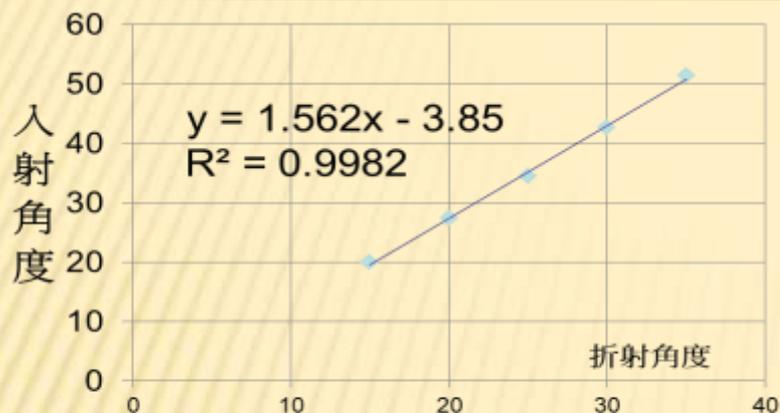


圖5.14黑糖2.5%、綠光折射角



圖5.13黑糖5%、綠光折射角

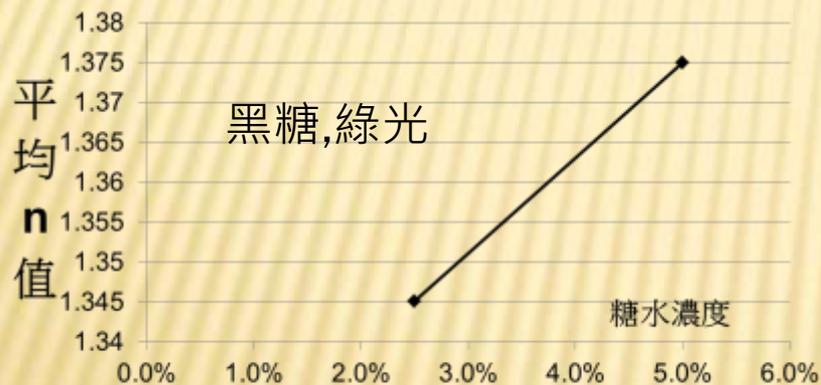


圖5.15兩種濃度n值平均

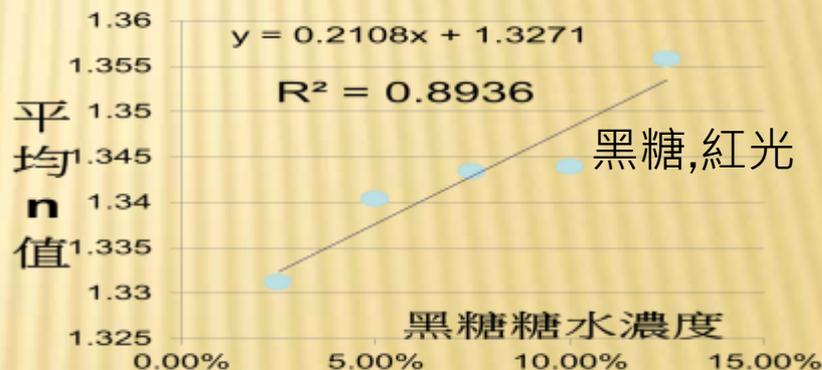


圖5.6 五種濃度n值平均

圖5.15，雖然只能做2.5%、5%兩種濃度，但從圖中一樣可以看出n值愈大濃度愈大的趨勢。由圖5.6及圖5.15，我們也觀察到相較於紅光的而言，綠光在黑糖中的折射率較大，

## 四、以綠光射入不同濃度的砂糖水，測量折射率

分別配置2.5%、5%、7.5%、10%、12.5%的砂糖水溶液，依前述步驟，以綠光射入不同濃度的砂糖糖水，測量折射角後求取 $n$ 值後再予以平均。



調整半圓形水槽到指定位置

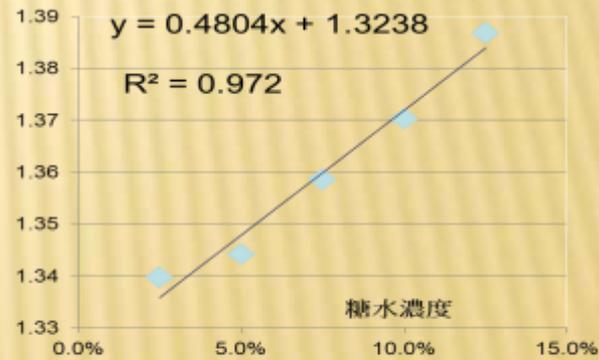
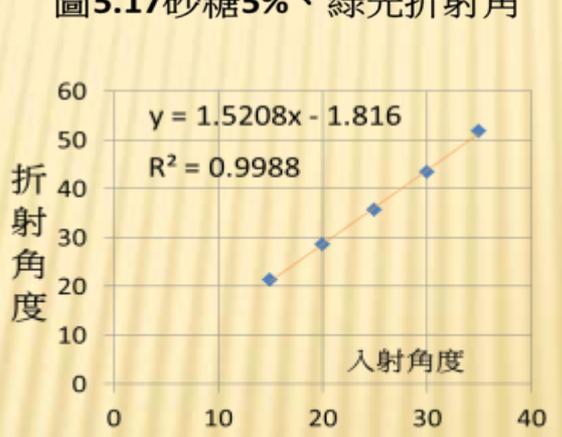
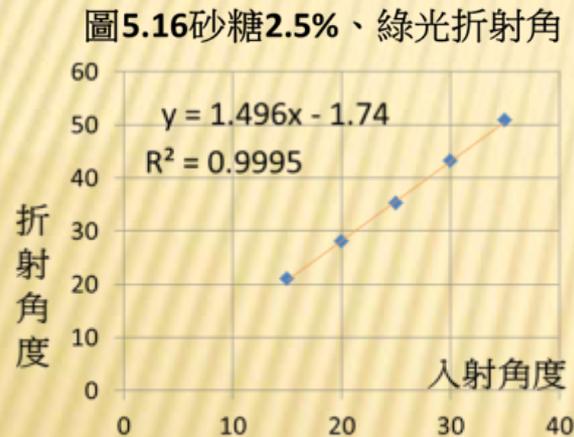
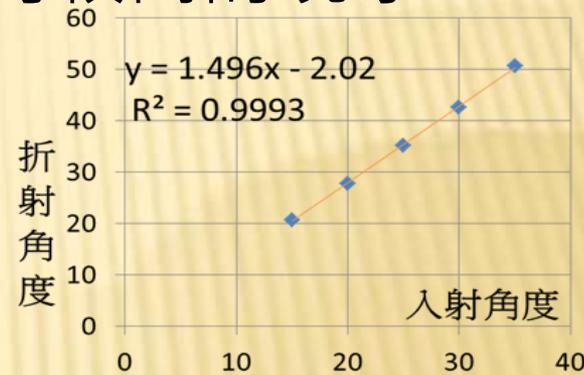
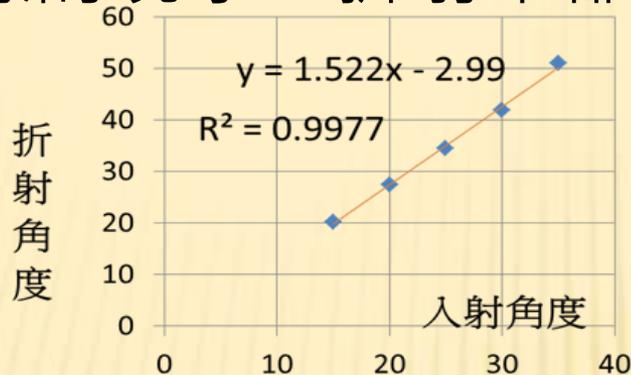
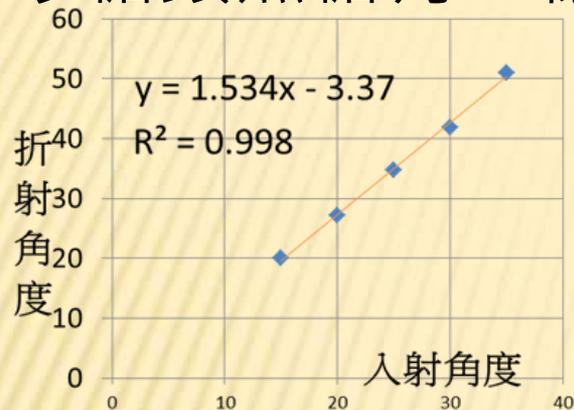


綠色光照射、標記折射角



用尺輔助對準圓心測量折射角

圖5.16~圖5.20，雷射綠光在2.5%、5%、7.5%、10%、12.5%砂糖糖水入射角愈大，折射角就愈大。綠光相較於紅光，砂糖跟黑糖有一樣的現象，折射率都有較高的現象。



不同濃度糖水換算成n值之後，我們發現濃度越高的糖水溶液n值會比較高。由圖5.21我們可由 $y=0.4804x+1.3238$ ，求得未知溶液的濃度。

# 討論(一)

一、討論不同入射角(15度、20度、25度、30度、35度)和折射角與司乃耳定律的關係:

- 1.入射角越大，偏折出來的折射角度會越大。
- 2.我們發現司乃耳定律所說的，當光從介質1傳遞到介質2時，若兩種介質的折射率不同便會產生折射的現象。
- 3.根據司乃耳定律，我們發現同樣的糖水濃度得出的n值都差不多。

二、以紅色雷射筆照射黑糖糖水與砂糖糖水的差異:

- 1.黑糖在水中的溶解度比砂糖較高。
- 2.砂糖糖水折射角度較小，黑糖糖水折射角度較大。
- 3.黑糖因為顏色較深，所以射出的光較於砂糖的暗。

# 討論(二)

三、以綠色雷射筆照射黑糖糖水與砂糖糖水的差異:

1. 砂糖糖水折射角度較小，黑糖溶液糖水角度較大。
2. 黑糖因為顏色太深，所以只能測到2.5%、5.0%兩個濃度。
3. 砂糖顏色較淺，綠光可以測出所有濃度的折射角。

四、紅光射黑糖與砂糖和綠光黑糖與砂糖的差異和共同點:

1. 砂糖糖水折射角度較小，黑糖糖水折射角度較大。
2. 黑糖溶解度較高，砂糖溶解度較低。
3. 黑糖糖水，只有紅光照的進去，綠光只能照到2.5%跟5%。
4. 同樣的黑糖糖水，綠光測出來的折射角會較紅光大。
5. 同樣的砂糖糖水，綠光測出來的折射角會較紅光大。

# 結論

根據我們的實驗結果，與司乃耳定律推估出來的結果以我們得出了以下幾點：

- 一、我們發現糖水濃度越高，偏折角度越大。
- 二、同顏色的雷射光，砂糖糖水測得的 $n$ 值比黑糖糖水大。
- 三、同樣濃度的糖水，綠色雷射筆測出的 $n$ 值皆比紅色雷射筆測來的大。
- 四、本研究糖的濃度與 $n$ 值推估：
  - (1)紅色雷射光照射不同濃度黑糖溶液  $y=0.2108x+1.3271$
  - (2)紅色雷射光照射不同濃度砂糖溶液  $y=0.2040x+1.3335$
  - (3)綠色雷射光照射不同濃度砂糖溶液  $y=0.4804x+1.3238$其中 $x$ 代表濃度, $y$ 代表 $n$ 值。

# 後續研究

本研究可以藉由自製雷射折射器，透過實驗的 $n$ 值推估出糖的重量百分濃度。研究過程中也曾以市售茶類為實驗對象，但由於市售茶類中有比較多的雜質，且變因較為複雜，因此實驗尚須做些許的修正，之後的後續研究，我們期待能以不破壞容器，檢測出茶類的濃度、咖啡因的濃度等。

