

111 學年度普型高級中等學校物理能力競賽第四區複賽

物理科實驗試題第二題參考解

一、題目：

請利用下列清單中所提供的實驗器材設計實驗，量測重量百分比濃度10%、20%與30%的糖水溶液之折射率，討論糖水濃度與折射率的關係。

二. 實驗器材

名稱	規格	數量
紅光雷射		一支
透明壓克力盒	長 9cm X 寬 3cm X 高 3cm	一個
紙杯		四個
竹筷子		2 雙
方格紙		四張
尺	長度 30cm	一支
油性筆		一支
電子秤(精密度 0.1 克)		一台
滴管		一支
塑膠尺(30cm)		一支
計算機		一台
白糖		一小包

壓克力盒有找到 6*4.5*3 或是 10*6.5*3

建議附上珠針、3mm 珍珠板一塊，以方便標記雷射的入射點與出射點

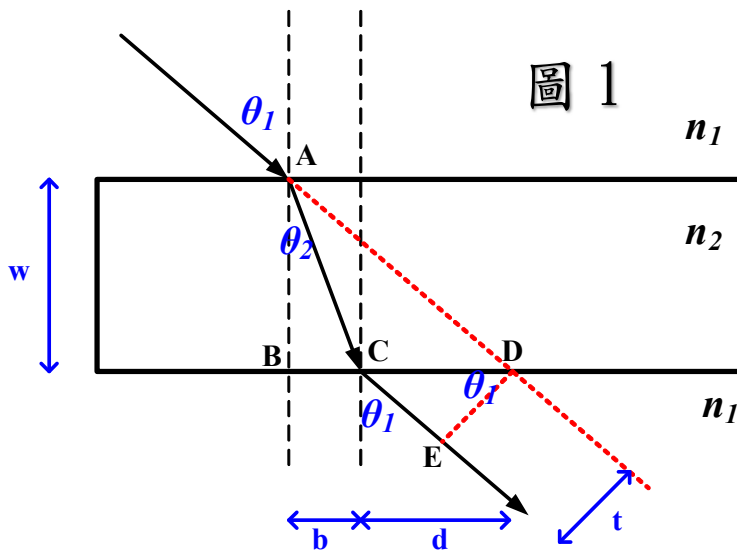
其實可以考慮不用雷射光的方案

111 學年度普型高級中等學校物理能力競賽第四區複賽
物理科實驗試題第二題參考解

說明:

1. 實驗設計

利用光束通過平行玻璃板產生之位移計算決定折射率，如圖 1 所示。



$$\text{令 } \overline{DE} = t, \overline{BC} = b, \overline{CD} = d$$

$$t = d \cos \theta_1 = d \sqrt{1 - \sin^2 \theta_1}$$

根據 Snell's law

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

$$\sin \theta_1 = \frac{n_2 \sin \theta_2}{n_1} = \frac{n_2 b}{\sqrt{b^2 + w^2}}$$

$$n_2 = \frac{\sqrt{(d^2 - t^2)(b^2 + w^2)}}{db}$$

2. 實驗步驟

- (1) 紙杯放置在電子秤上面，先秤重白糖，再倒入水，攪拌至糖溶解。
- (2) 壓克力盒先放置在方格紙上面，放置好雷射光，以珠針標示入射點 A，描繪雷射光入射路徑，標示追蹤點 D。再將糖水倒入壓克力盒中，以珠針標示雷射初射點 C。量測距離 b、d、t，計算得到液體之折射率 n_2 。

(3)

插針法

- (1) 紙杯放置在電子秤上面，先秤重白糖，再倒入水，攪拌至糖溶解。
- (2) 壓克力盒先放置在方格紙上面，以兩個珠針標示入射點 A，描繪雷射光

111 學年度普型高級中等學校物理能力競賽第四區複賽

物理科實驗試題第二題參考解

入射路徑，標示追蹤點 D。再將糖水倒入壓克力盒中，自另一側觀察以珠針重合入射點的珠針標示出射點 C。量測距離 b 、 d 、 t ，計算得到液體之折射率 n_2 。

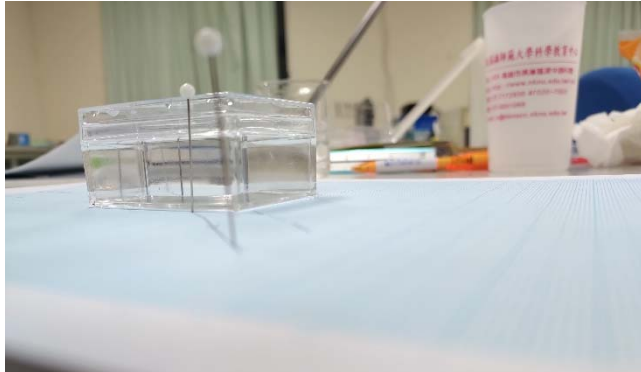


圖 2:由另一側可觀測到標示入射的兩個珠針

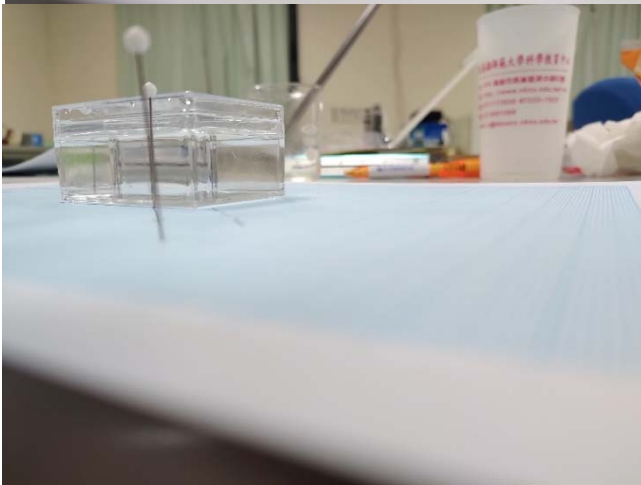


圖 3:標示出射光使之與標示入射光的珠針重合

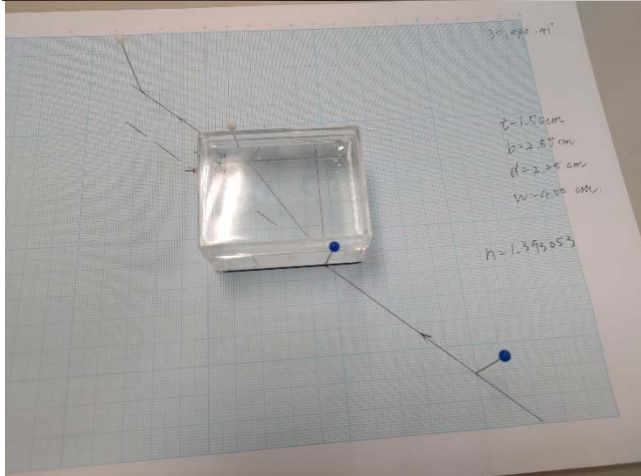


圖 4:實驗裝置全圖

111 學年度普型高級中等學校物理能力競賽第四區複賽
物理科實驗試題第二題參考解

試作結果：

雷射光組

10%糖水的折射率為 1.3592

20%糖水的折射率為 1.3183

20%糖水的折射率為 1.4392

插針組

10%糖水的折射率為 1.3481

15%糖水的折射率為 1.3757

20%糖水的折射率為 1.3877

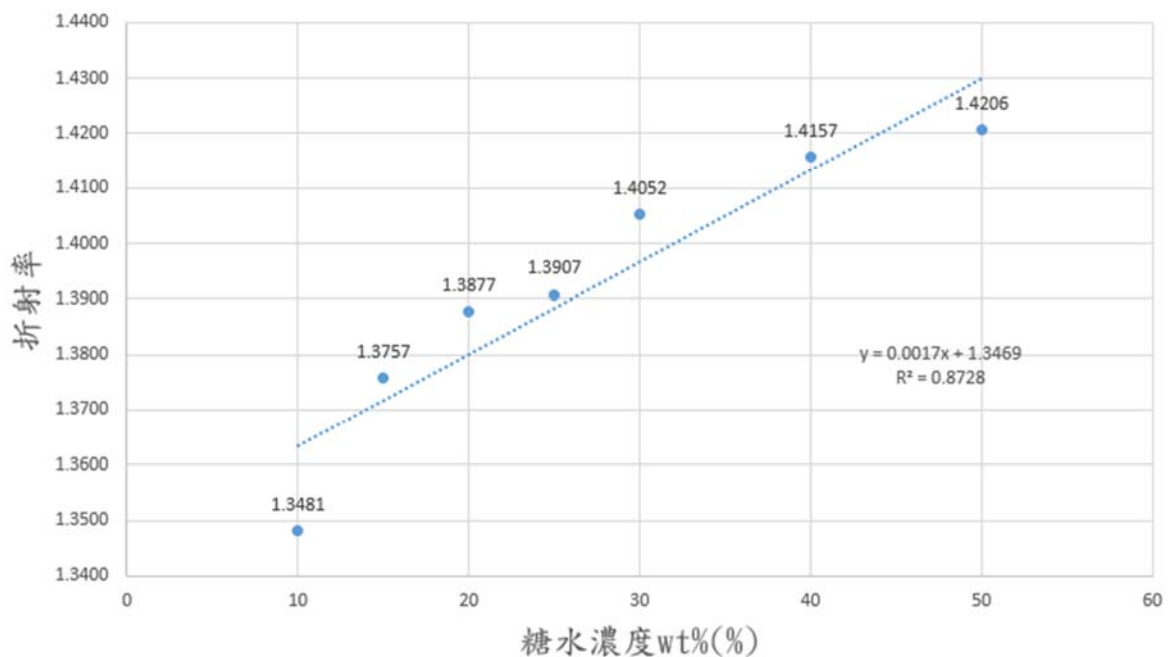
25%糖水的折射率為 1.3907

30%糖水的折射率為 1.4052

40%糖水的折射率為 1.4157

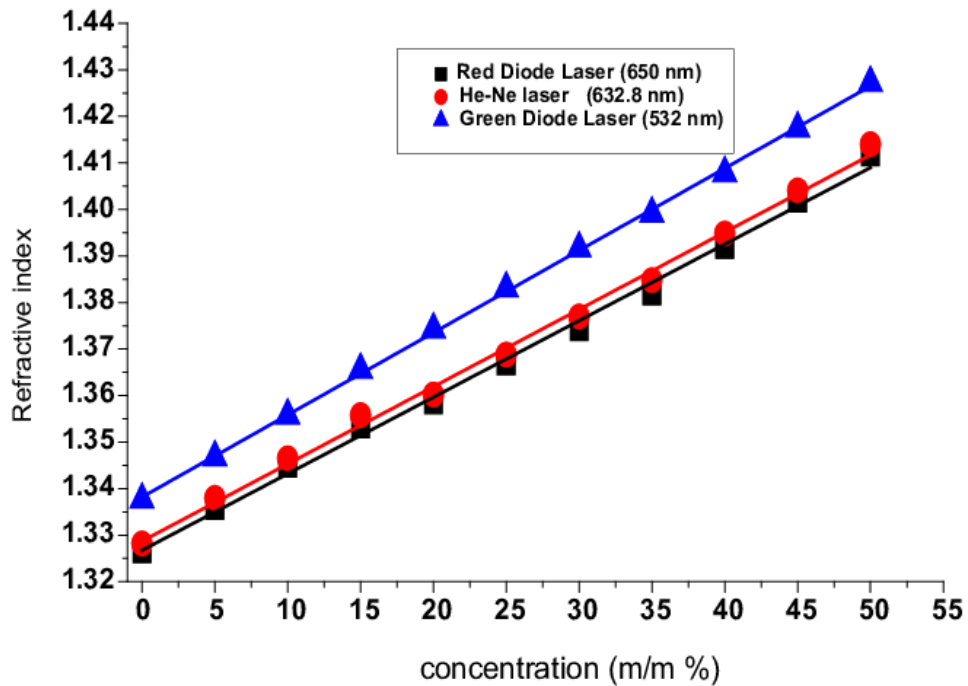
50%糖水的折射率為 1.4206

糖水濃度與折射率關係圖



參考 Belay 與 Assefa(2018)在過去的研究結果[1]，糖水濃度對折射率的關係圖如下

111 學年度普型高級中等學校物理能力競賽第四區複賽
物理科實驗試題第二題參考解



結論:

糖水濃度與折射率呈線性關係，隨著糖水濃度愈高折射率也越大。

討論:

雷射光組因為雷射光有光斑大小的問題，導致標點時容易會有誤差。

參考資料

[1]Belay, A and Assefa, G (2018). Concentration, Wavelength and Temperature Dependent Refractive Index of Sugar Solutions and Methods of Determination Contents of Sugar in Soft Drink Beverages using Laser Lights. Journal of Lasers, Optics & Photonics, 2018, 5:2.