

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：DNA繞射與普朗克常數的邂逅

一、摘要：

探究與實作中，我們使用了生活中常見的雷射筆想確認在產生繞射的情況下，是否符合普朗克-愛因斯坦關係式，即 $E=hv$ 。在雷射筆部分，實驗設計上，利用光的繞射原理，藉由DNA繞射模擬實驗組將光打在內徑極小的彈簧上，屏幕會顯現出其似DNA外型的X型光點，透過測量兩暗紋中點的距離，計算波長等數值，進而比較與普朗克常數的理論值和實際值的誤差。然而，在測量方面，我們竭盡所能將數據準確化。我們使用USB數位顯微鏡測量亮紋間距，但因器材會擋到光點的呈現，因此，我們設計了3D列印三角體(與地面夾 60° 角)，如此便可使其不受影響，但所測量之數值會因斜面而導致亮帶變長，故乘上 $\cos 60^\circ$ 才是準確的暗紋間隔數值(Δy)，再以捲尺測量狹縫至屏幕的距離(L)。

最後將個數值代入公式 $\frac{(2n+1)\lambda(\text{波長})}{2} = \frac{a(\text{狹縫寬度}) * \Delta y(\text{第}n\text{亮帶寬度})}{L(\text{狹縫至屏幕距離})}$ ，便可求出波長，再反推即可求得普朗克常數。以不同色光重複實驗，探討不同色光的差異，進而比較準確值。

二、探究題目與動機

光的干涉與繞射是高中物理課程的一大重點，然而僅透過課堂上的原理解說尚無法滿足我們的好奇心，因此，我們透過探究與實作課程觀察光的繞射現象，以市面上常見的雷射筆作為光源，使用內徑極小的彈簧作為狹縫，欲探討各色光所呈現之繞射現象及推算普朗克常數的準確值與實際值間的誤差。

三、探究目的與假設

探究目的：

1. 探討各色光雷射筆之DNA繞射所呈現之波長。
2. 探討各色光雷射筆所求之普朗克常數。

實驗假設：

我們假設實驗計算之波長與普朗克常數皆符合理論值，以不同實驗方式計算出波長與普朗克常數，計算出誤差值並討論可能原因。

四、探究方法與驗證步驟

實驗器材：

1. USB數位顯微鏡 1個
2. 3D列印三角體(與地面夾60°角) 1個
3. DNA繞射模擬實驗組 1個
4. 紅光、綠光及藍光之雷射筆 各1個
5. 兩內徑不同之彈簧 各1個
6. 三用電表 1個
7. 隱形膠帶 1個
8. 捲尺 1個
9. 紙尺(15cm) 1個
10. 護目鏡(墨鏡) 1個
11. 鱷魚夾 1個
12. 可變電阻 1個
13. 電池 2個

實驗步驟:

1. 將 USB Digital Microscope 固定於3D列印之三角體使屏幕與水平夾30°角。
2. 將已組裝之DNA繞射模擬實驗組放置於適當處。
3. 將雷射筆對準彈簧並投射至屏幕。
4. 利用 MicroCapture Plus 程式測量 Δy (第n亮帶寬度)並 $\cos 60^\circ$ 。
5. 以捲尺測量L(狹縫至屏幕距離)。
6. 以不同色光之雷射筆重複以上步驟。
7. 計算各色光所測量之波長。

實驗結果:

1. 紅光

	第一組實驗	第二組實驗	第三組實驗
--	-------	-------	-------

第一亮帶寬度第一次測量(mm)	6.708	5.718	7.546
第一亮帶寬度第二次測量(mm)	6.685	5.756	7.476
第一亮帶寬度第三次測量(mm)	6.496	5.702	7.612
第一亮帶寬度第四次測量(mm)	6.661	5.780	7.586
平均值(mm)	6.638	5.739	7.555
距離(mm)	2363	1788	2565
狹縫寬(mm)	0.130	0.130	0.130
實際第一亮帶寬度(mm)	3.319	2.870	3.778
波長(nm)	616.386	703.962	646.237

以上三組平均波長為 655.528 nm

2. 綠光

	第一組實驗	第二組實驗	第三組實驗
第一亮帶寬度第一次測量(mm)	5.419	11.443	15.277
第一亮帶寬度第二次測量(mm)	5.624	11.469	15.501
第一亮帶寬度第三次測量(mm)	5.430	11.768	15.624

第一亮帶寬度第四次測量(mm)	5.491	11.816	15.390
平均值(mm)	5.496	11.624	15.453
距離(mm)	2320	4511	6457
狹縫寬(mm)	0.130	0.130	0.130
實際第一亮帶寬度(mm)	2.748	5.812	7.726
波長(nm)	519.748	565.257	524.954

以上三組平均波長為 536.653 nm

3. 藍光

	第一組實驗	第二組實驗	第三組實驗
第一亮帶寬度第一次測量(mm)	4.137	3.718	4.625
第一亮帶寬度第二次測量(mm)	4.039	3.947	4.713
第一亮帶寬度第三次測量(mm)	4.038	3.822	4.614
第一亮帶寬度第四次測量(mm)	4.132	3.816	4.629
平均值(mm)	4.087	3.826	4.645
距離(mm)	2362	1957	2520
狹縫寬(mm)	0.130	0.130	0.130

實際第一亮帶寬度 (mm)	2.044	1.913	2.323
波長(nm)	379.6	428.776	404.451

以上三組平均波長為 404.275 nm

利用電池盒、鱷魚夾及可變電阻連接雷射筆，再用三用電表測出紅、綠及藍雷射筆之

電子伏特，以算出其普朗克常數。公式為 $E = \frac{hc}{\lambda}$ 。

	紅光	綠光	藍光
波長(nm)	640.36	510.868	394.261
光速(m/s)	3*10 ⁸	3*10 ⁸	3*10 ⁸
能量(eV)	1.89	2.52	3.28
h(eV*s)	4.034*10 ⁻¹⁵	4.291*10 ⁻¹⁵	4.311*10 ⁻¹⁵

普朗克常數理論值為： 6.626×10^{-34} (J. s) = 4.135×10^{-15} (eV. s)。紅光實際計算為 4.034×10^{-15} (eV. s)，誤差值2.44%。綠光實際計算為 4.291×10^{-15} (eV. s)，誤差值3.77%。藍光實際計算為 4.311×10^{-15} (eV. s)，誤差值4.26%。

五、結論與生活應用

一、結論：

- 紅光測量較準確，綠光及藍光較不準確，造成有兩種色光不準確的原因可能是其亮帶和暗帶不明顯及捲尺刻度最小只到毫米，造成測量誤差，這可能是此種方法測量遇到的困難。儘管如此，使用彈簧模擬DNA雙股螺旋結構再以雷射筆打出光束(紅、綠、藍色光)，仍可以做出繞射圖形讓我們得以推算波長。

2. 使用紅光波長計算之普朗克常數為 4.034×10^{-15} (eV. s), 與理論值 4.135×10^{-15} (eV. s) 誤差2.44%; 使用綠光波長計算之普朗克常數為 4.291×10^{-15} (eV. s), 與理論值 4.135×10^{-15} (eV. s) 誤差3.77%; 使用藍光波長計算之普朗克常數為 4.311×10^{-15} (eV. s), 與理論值 4.135×10^{-15} (eV. s) 誤差4.26%。推測可能是因為上個結論所述, 亮暗帶不明顯及捲尺刻度造成的誤差會影響波長, 進而讓計算普朗克常數的誤差值變大。而紅綠藍光雷射筆所測量的電子伏特也不盡相同, 在帶入公式 $E = \frac{hc}{\lambda}$ 時, 所算出的普朗克常數也會不同, 此也可能是誤差值不同的原因。但整體而言誤差值皆於5%以內, 且我們已經盡所能用精密儀器測量, 所以依照算出來的數據, 也是能證明此種方法能推算普朗克常數。

二、生活應用:

本次實驗的對象為生活隨手可得的物品, 實驗後我們更能夠知道雷射筆各種光的波長, 並結合書上的普朗克常數, 將理論帶入生活中, 讓我們下次再用到雷射筆時, 能思考其背後奧妙的普朗克常數及繞射原理。

參考資料

- 1.林語恩(2018)。探究與實作課程—「螺旋結構繞射」設計與研究 Inquiry and Practical course of “Diffraction by Helical Structure”。臺灣師範大學物理研究所。
- 2.羅敏、林宸宇(2018)。科學大探索-DNA 與彈簧繞射。松山高中。
- 3.高英哲(2017)。刺蝟與狐狸:DNA雙螺旋結構的發現。取自 <https://case.ntu.edu.tw/scisalon/biological/070627-1/>
- 4.每日頭條(2016)。普朗克常數。取自 <https://kknews.cc/zh-tw/science/xgzeg.html>
- 5.南一高中物理課本99(選修上)。
- 6.LED 是什麼, 又是如何發光的? 完整解析 LED 原理、運用和類型 <https://www.ezneering.com/led-%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC%EF%BC%8C%E5%8F%88%E6%98%AF%E5%A6%82%E4%BD%95%E7%99%BC%E5%85%89%E7%9A%84%EF%BC%9F%E5%AE%8C%E6%95%B4%E8%A7%A3%E6%9E%90-led-%E5%8E%9F%E7%90%86%E3%80%81%E9%81%8B%E7%94%A8/>
- 7.波長對照 <https://www.luyoruv.com/guangyichuanxue/525.html>