

# 2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案表單與學習單

<b>教案設計者：</b> 方文宗、谷桂梅
<b>課程領域：</b>
<input checked="" type="checkbox"/> 物理 <input type="checkbox"/> 化學 <input type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 地球科學 <input type="checkbox"/> 科技領域 <input type="checkbox"/> 其他_____
<b>教案題目：</b>
量子初探-當波妞遇見普朗克
<b>授課時數：</b>
六節(共 300 分鐘)
<b>教案設計理念與動機：</b>
<p>物理學是關於大自然規律的知識，更廣義地說，是探索大自然所發生的現象，以分析瞭解其中的原因及規則。雖然許多物理規律都是從模擬自然現象的實驗總結出來的，但引領學生從事具探究本質的實作活動-善於觀察、勇於提問、勤於實驗、增加分析和問題解決能力，才能加深對物理規律的理解，並免除物理概念抽象、物理知識難學的刻板印象。</p> <p>量子力學是物理學的分支學科，是描述微觀世界的基本理論。它能有效地解釋原子結構、原子光譜的規律性、光的吸收與輻射等面向。故課程設計是以棉線的共振駐波為起點，利用等效物理規律，逐步深化量子概念的建立，希望學生在實作基礎上掌握物理規律之餘，也能打消畏懼物理學習的心理。</p>
<b>教學目標：</b>
1.能瞭解駐波的形成條件與特性。 2.能瞭解光-除了反射和折射現象外，也有干涉及繞射現象。 3.能認識發光二極體(LED 燈)及光電效應。 4.能瞭解光具有粒子性，光子能量 $E=h\nu$ ，與其頻率 $\nu$ 成正比。 5.利用電致發光所提供的能量來進行普朗克常數的推估。
<b>教育對象：</b>
普通型高中一年級或二年級
<b>課程設計(方法與步驟)：</b>
<b>第一主題：</b> 馬達駐波(二節)

## 一、引起動機(20 分鐘)

- 1.複習波的基本性質、波長與頻率之間的關係。
- 2.請學生預測及發表：兩個波相撞會產生什麼現象？
- 3.請學生利用現有的器材製造波動，並嘗試找出影響駐波形成的可能變因。

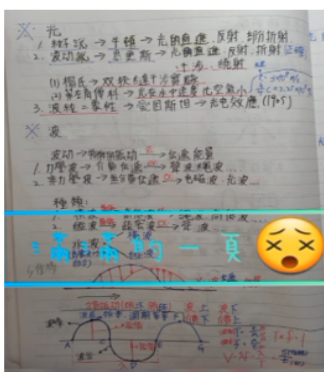
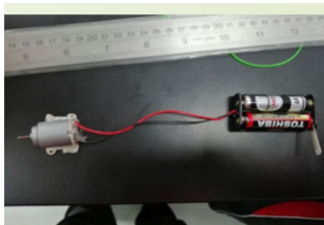
## 二、發展階段(40 分鐘)

- 1.觀察棉線波如何傳播到另一端。
- 2.在棉線張力固定下，改變馬達和滑輪支架之間的距離，觀察駐波數量會如何變化？
- 3.在駐波數量相同下，改變棉線張力，觀察馬達和定滑輪支架之間的距離將如何變化？
- 4.從探究所得數據，找出棉線長度、棉線張力(砝碼個數)與駐波數量的關係。

## 三、總結階段(40 分鐘)

- 1.當馬達抖動棉線的頻率加快時（例如頻率加快兩倍），觀察到的波形和波速有何變化？
- 2.如果要產生更多的駐波波節，必須做哪些改變？
- 3.駐波可以存在於其他介質中嗎？請舉例說明(含衍生的相關應用)。

## 四、成果驗收



- 一、目的：藉由馬達和棉線來觀察波的運動狀態，使用馬達使其產生波。
- 二、原理：棉線一端用馬達固定，開啟馬達，使其產生規律性波動，並觀察其運動方向，產生具有規律的繩波。
- 三、器材：棉線2m長、馬達(波動產生器)、電池、雙勾砝碼、鐵架臺、滑輪(含支架)、捲尺。

### 四、結果紀錄與問題討論：

(一)起初有微微的起伏，不過無法辨識出波形的狀態，後來有修正一點小小的問題，它的形狀就變明顯了，後來又因電池組沒電而停止擺動，我們馬上去更換電池，因為馬達太強最後都會捲曲，試了好幾次，終於呈現一個完美的波。

(二)第二次使用的是黑線，我們先用了70公分來測試，發現它有點卡卡的，波速變慢了，起伏也變小了；後來我們想說短一點會不會起伏比較大，就取了另一條50公分的線，發現真的有變比較快，起伏也較大，符合我們的預期，雖然後面和上一條一樣有捲曲的現象，但是應該有比白線還要好吧。

### 五、我的最終結論：

我們透過不同材質和長度的線測試哪一種會比較成功，我覺得兩種都有算成功，但是線到最後都會呈現捲曲的狀況，應該是因為馬達強度的關係，我們白線做到最後因為電池沒電而罷工，兩個都有微成功啦，雖然波形可能不如別組漂亮，不過我們還是學到很東西啦！

圖一共振駐波實驗報告(部分)

## 第二主題：DNA 繞射與干涉(二節)

### 一、引起動機(20 分鐘)

- 1.簡述生活中的繞射實例-光碟片上的彩色繽紛圖案。
- 2.請學生預測及發表：(1)當光穿過單狹縫光柵發射時，會產生什麼現象？(2)當光穿過兩個間距緊密的狹縫發射時，又會產生什麼現象？

### 二、發展階段(40 分鐘)

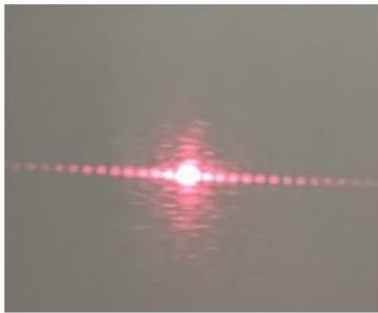
- 1.進行單狹縫繞射實驗，以圖示法記錄，需註記中央最亮處直徑、兩側各暗點間距。
- 2.將單狹縫光柵更換為彈簧，再次進行實驗，以圖示法記錄，需註記各暗點間距。
- 3.將彈簧更換為 DNA 模擬套件，重新操作實驗。

4. 參考光柵繞射及干涉原理及正弦函數  $\sin\theta$  定義，嘗試分析資料數據，並看出其蘊含的意義。

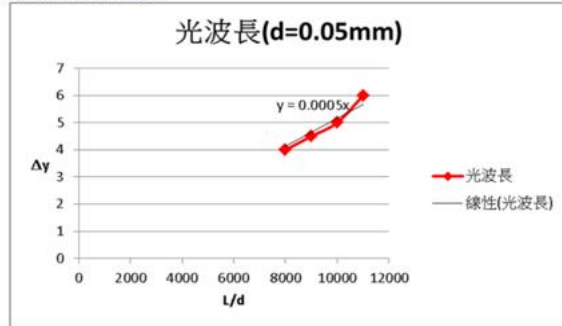
三、總結階段(40 分鐘)

1. 當光穿過單狹縫光柵時，屏幕上的成像圖案為何？
2. 如何利用運算推導得知雷射光波長  $\lambda$ ？
3. 當光穿過彈簧(多狹縫光柵)時，屏幕上的成像圖案又是如何變化？
4. 如何利用運算推導求得彈簧間距(雙股螺旋的狹縫間距)？
5. 如果要產出更清楚的成像圖案，(較易檢測出各暗點間距)，你可以怎麼做？

四、成果驗收



1. 中央亮紋間距(y)-距離(L)/狹縫間距(d)關係圖

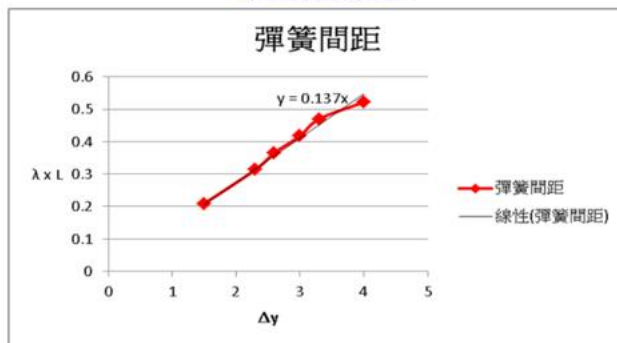
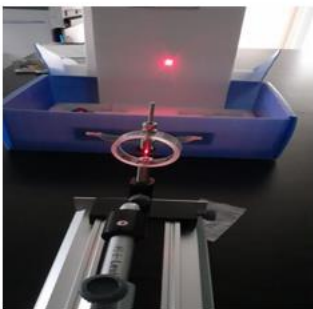


2. 將實驗數據代入  $\lambda = d(\Delta y/L)$  計算，得到雷射筆的光波長平均值：534.5nm

L(mm)	y(mm)	d(mm)	$\lambda$ (nm)
400	2.5	0.08	500
450	3	0.08	533
500	3.5	0.08	560
550	3.75	0.08	545

圖二單狹縫繞射實驗報告(部分)

1. 光波長( $\lambda$ )x 距離(L)- 中央亮紋間距(y)關係圖



2. 將實驗數據代入  $d = (\lambda L)/\Delta y$  計算，得到彈簧間距平均值：0.1379mm

L(mm)	y(mm)	$\lambda$ (mm)	d(mm)
400	1.5	0.000522	0.1392
600	2.3	0.000522	0.136174
700	2.6	0.000522	0.140538
800	3	0.000522	0.1392
900	3.3	0.000522	0.142364
1000	4	0.000522	0.1305

圖三彈簧-多狹縫干涉實驗報告(部分)

★問題與討論：

(一)為什麼實驗中，雷射筆紅光波長比理論值 620nm 低？

答：原因可能是當初量測時，L 的距離不夠精確，以及用尺量間距長度時也不夠準確，在單位 mm 時感受不大，縮小到 nm 後差異便體現出來。

(二)雙狹縫會干涉，而單狹縫會繞射。干涉條紋的亮度是均勻分布，而繞射條紋卻急速遞減原因為何？

答：單狹縫繞射可以視為無限多波源的干涉，並且只有一個縫但條紋成對出現，中央因為是兩個亮紋所成，所以強度最強，兩側因為只有接受到單一條紋，相較於中央亮紋迅速遞減。

(三)光在做雙狹縫繞射時，同時也通過單狹縫，為什麼不會產生亮度不同的亮紋？

答：平行光通過雙狹縫時，會有雙狹縫干涉但是每個狹縫也都是單狹縫，因此也會有繞射現象，只是為了簡化問題，通常設計時雙狹縫的間距會比單狹縫的寬度大很多，因此單狹縫繞射的情形會比較不明顯。

(四)我們發現：各組推算出雷射筆光波長是不同的。

可能原因是...使用鉛筆畫出亮紋寬度，難免都會有些許誤差，若能使用儀器測出暗線(最暗的那個點)，再求出暗線間距，將會使實驗結果更加準確。

圖四 繞射與干涉實驗報告(部分)

### 第三主題：發光二極體 LED 燈(二節)

#### 一、引起動機(20 分鐘)

- 1.說明普朗克定律-光量子的能量與其頻率成正比。
- 2.說明愛因斯坦利用光量子概念成功解釋光電效應。
- 3.複習基本電路學，並簡述發光二極體 LED 與雷射光的差異性。

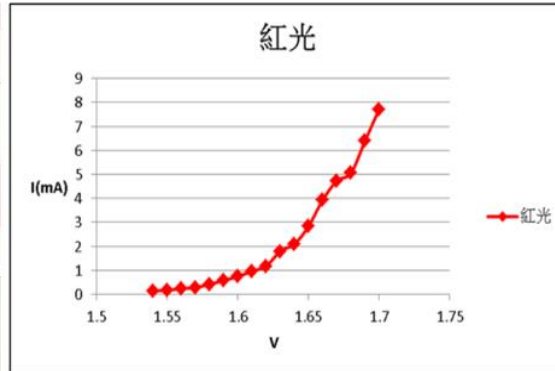
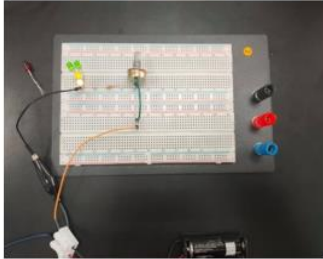
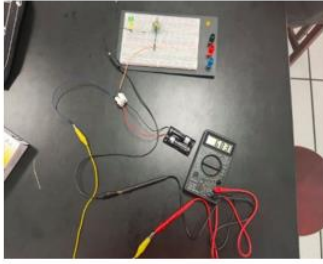
#### 二、發展階段(40 分鐘)

- 1.善用 APP Color Analysis 及 RGB 色碼，檢測不同顏色 LED 燈的波長。
- 2.利用基本電路裝置，記錄流經發光二極體 LED 兩端的電壓及電流。
- 3.繪製電流與電壓關係圖，利用切線與橫軸的交點，找出 LED 燈的內建電位。
- 4.參考光電效應原理，嘗試求出不同顏色 LED 燈所對應的普朗克常數。

#### 三、總結階段(40 分鐘)

- 1.不同顏色的 LED 發光二極體，其內建電位相同嗎？
- 2.如何利用微觀及理論概略推導出普朗克常數？
- 3.造成普朗克常數概估值誤差的可能影響因素有哪些？
- 4.發光二極體 LED 的內建電位，其所代表的微觀物理意義可能是什麼？

#### 四、成果驗收



線的斜率 (m) :	89.0
線 (b) 的y截距 :	-144.01
斜率截距式 (y = mx + b) :	y = 89x - 144.01

從曲線上做切線，找出x截距約：1.618，當作  $V_0$

計算可得  $h \cong 6.472 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

與理論值  $6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  相比較，誤差為 2.324%

圖五發光二極體 LED 燈實驗報告(部分)

#### ★問題與討論：

(一)本次實驗的電流 - 電壓圖如何產生？

答：透過轉動可變電阻，藉此改變電流值以及電壓值，再將數值彙整後記錄於 excel 軟體中製作而成。

(二)為什麼綠光黃光量測結果誤差較大？

答：計算結果普朗克常數的值都偏低，可能是電池電量不足，導致電壓與電流值隨之下降，影響到結果運算。

(三)為什麼要用切線與x軸的焦點作為內建電位？

答：此種方法可避免初始時的外加電位即使沒有突破內建電位，卻仍然產生的細微電流值，導致內建電位的值誤判為較小的情形發生。

(四)藉由 LED 來量測普朗克常數，同樣地，也需要與小組成員互相合作來完成，過程中除了原始的數據量測之外，加深對於 excel 認知，學習如何使用三用電表，增加對電子元件的了解，相信這些知識在未來都能夠受用。

圖六發光二極體 LED 燈實驗報告(部分)

#### 學習評量內容

- 1.上台分組報告。
- 2.同儕互評(除評分外，另寫評語和建議)。
- 3.完成實驗報告。

#### 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.每日頭條 (2016)。普朗克常數。取自 <https://kknews.cc/zh-tw/science/xgzeg.html>

4.傅昭銘...等(2018)。選修物理上。南一書局。

5.徐義鴻、余進忠(2019)。利用發光二極體進行普朗克常數量測。物理教育學刊 2019，第二十卷第一期，26-37。