

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組成果報告表單

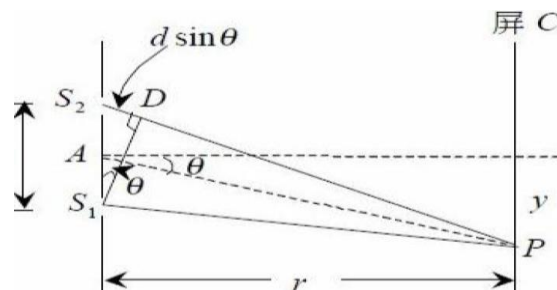
題目名稱：波光粼粼~以水波探討光波的干涉

一、摘要：

我們利用水波槽演示光波的干涉，其中控制波源產生器振動頻率 f 藉以控制水波的波長 λ ，再用壓克力塊控制狹縫間距 d 與到水波槽底部距離 r ，利用光源投影便可在屏幕上觀察到水波的腹線(建設性干涉)與節線(破壞性干涉)。其中水波腹線正如同光干涉的亮紋，節線正如同光干涉之暗紋。水波槽實驗結果發現波長 λ 增加、狹縫到水波槽底部距離 r 增加、狹縫間距 d 減少時皆會造成腹線間距 Δy 增加，與光波實驗完全相同。

二、探究題目與動機

高一物理我們學到了光的楊氏雙狹縫干涉實驗，當光通過兩道狹縫時，就會在屏幕上出現左右對稱的明暗相間條紋，藉此觀察光的波動性。但是由於光的波長太小，我們無法看到波前進的過程，只可以看到狹縫間距 (d)、狹縫到屏幕距離 (r)、波長 (λ) 對屏幕上干涉條紋寬度有影響，但是並不清楚真正的原因。所以我們便思考是否可以藉由另一種具有波的特性且容易觀察到的水波來進行干涉實驗，並以此解釋光波。



圖一：光波干涉波程差圖

三、探究目的與假設

- (一):固定光波波長跟狹縫間距，改變狹縫跟屏幕的距離，探討亮紋寬度的變化。
- (二):固定光波波長跟狹縫到屏幕的距離，改變狹縫間距，探討亮紋寬度的變化。
- (三):固定狹縫間距跟狹縫到屏幕的距離，改變光波波長，探討亮紋寬度的變化。
- (四):固定水波頻率跟狹縫間距，改變狹縫跟屏幕的距離，探討腹線間距的變化。
- (五):固定水波頻率跟狹縫跟屏幕的距離，改變狹縫間距，探討腹線間距的變化。
- (六):固定狹縫間距跟狹縫跟屏幕的距離，改變水波頻率，探討腹線間距的變化。

四、探究方法與驗證步驟

(一)、研究設備與器材:

A.光的雙狹縫實驗使用器材

雷射筆	雙狹縫片	光學平台
		

B.水波槽實驗使用器材

壓克力塊	水波槽	波源產生器、 阻波器及支架	閃頻及訊號產 生器	直尺
				

(二)、研究方法:

A.光的雙狹縫實驗:

- 1.取雙狹縫片(縫距 0.16mm)放在光具座上，調整雙狹縫片至屏幕間的距離為 568.7cm，觀察並拍下紅、紫、綠光雷射的干涉條紋。
- 2.固定雙狹縫片(0.16mm)跟紅光雷射，改變雙狹縫片與屏幕間的距離為 692、630.5、568.7cm，觀察並拍下光的干涉條紋。
- 3.固定紅光雷射與雙狹縫片到屏幕間的距離 692cm，更換雙狹縫片縫距 0.16、0.18、0.24mm，觀察並拍下光的干涉條紋。

B.水波槽實驗:

- 1.將水波槽裝水，直線起波器產生的水波通過壓克力塊的兩個平行狹縫會產生繞射現象，如同兩個點波源。
- 2.調整波源產生器的頻率到 15 並固定狹縫跟屏幕的距離 25.5cm,觀察狹縫間距 8cm、

10.5cm、12cm、16.5cm、17.5cm 的波紋變化。

3.調整波源產生器的頻率到 20 及固定狹縫間距 8cm,觀察狹縫跟屏幕的距離 9.5cm、14.5cm、16.5cm、19.5cm、24.5cm、25.5cm 的波紋變化。

4.固定狹縫跟屏幕的距離 25.5cm 和狹縫間距 8cm，觀察頻率 15、18、22、25、30 的波紋變化。

(三)、實驗結果：

A.光的雙狹縫實驗:

表 4:固定紅光波長 λ 、狹縫到屏幕距離 $r=692\text{cm}$ 、狹縫間距 d 與平均亮紋的寬 Δy 關係




$d_1=0.16\text{mm}$	$d_2=0.18\text{mm}$	$d_3=0.24\text{mm}$
		
$\Delta y_1=2.2\text{cm}$	$\Delta y_2=1.53\text{cm}$	$\Delta y_3=1.44\text{cm}$

表 5: 固定紅光波長 λ 、狹縫間距 $d=0.16\text{mm}$ 、狹縫到屏幕距離 r 與平均亮紋的寬 Δy 關係


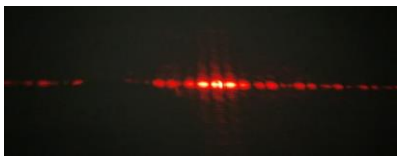
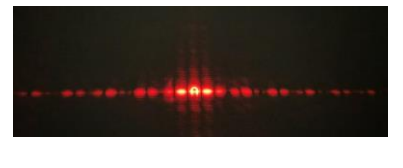


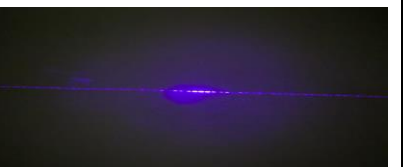
$r_1=692\text{cm}$	$r_2=630.5\text{cm}$	$r_3=568.7\text{cm}$
		
$\Delta y_1=2.2\text{cm}$	$\Delta y_2=2\text{cm}$	$\Delta y_3=1.83\text{cm}$

表 6: 狹縫到屏幕距離 $r=568.7\text{cm}$ 、狹縫間距 $d=0.16\text{mm}$ 、不同色光 λ 與平均亮紋的寬 Δy 關係

$\lambda(\text{紅})=640-660\text{nm}$	$\lambda(\text{綠})=532\text{nm}$	$\lambda(\text{紫})=395-415\text{nm}$
		
$\Delta y=2.2\text{cm}$	$\Delta y=1.5\text{cm}$	$\Delta y=1.26\text{cm}$

B.水波槽實驗:

表 7:固定狹縫間距 d 、狹縫到屏幕距離 $r=25.5\text{cm}$ 、頻率 f 與明紋與明紋間距離 Δy 關係

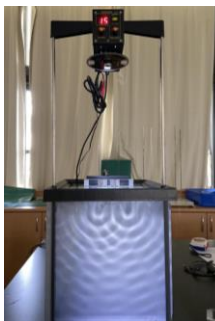
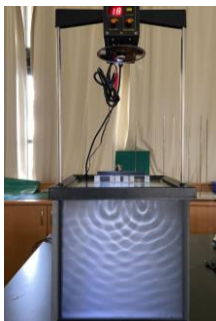
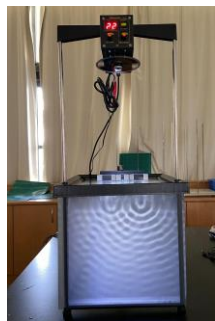
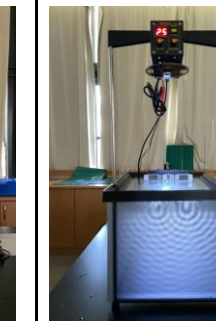
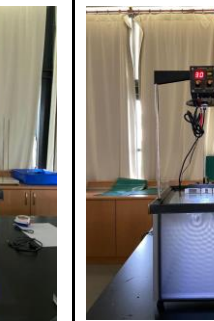
$f=15$	$f=18$	$f=22$	$f=25$	$f=30$
				
$\Delta y=9.5\text{cm}$	$\Delta y=7\text{cm}$	$\Delta y=6.33\text{cm}$	$\Delta y=5.16\text{cm}$	$\Delta y=4.67\text{cm}$

表 8:固定頻率 f 、狹縫到屏幕距離 $r=25.5\text{cm}$ 、狹縫間距 d 與明紋與明紋間距離 Δy 關係

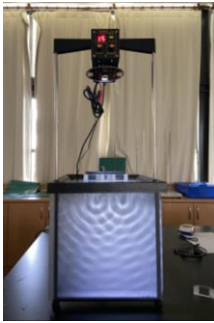

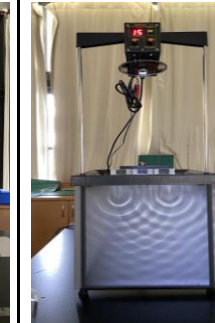
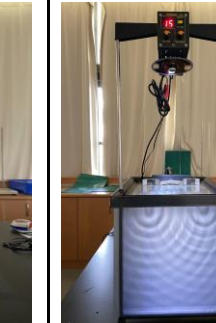
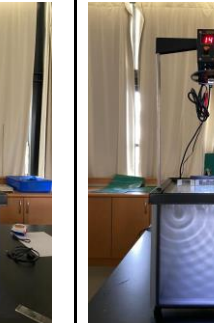

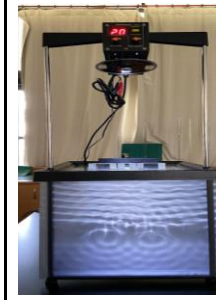

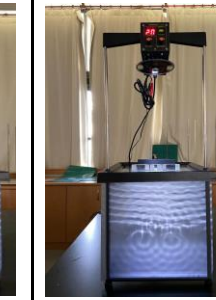
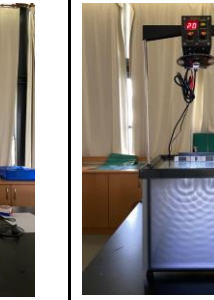
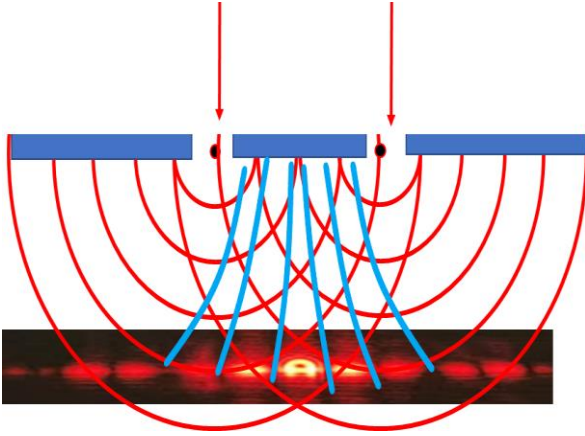
$d=8\text{cm}$	$d=10.5\text{cm}$	$d=12\text{cm}$	$d=16.5\text{cm}$	$d=17.5\text{cm}$
				
$\Delta y=9.5\text{cm}$	$\Delta y=6.06\text{cm}$	$\Delta y=5.3\text{cm}$	$\Delta y=5\text{cm}$	$\Delta y=4.8\text{cm}$

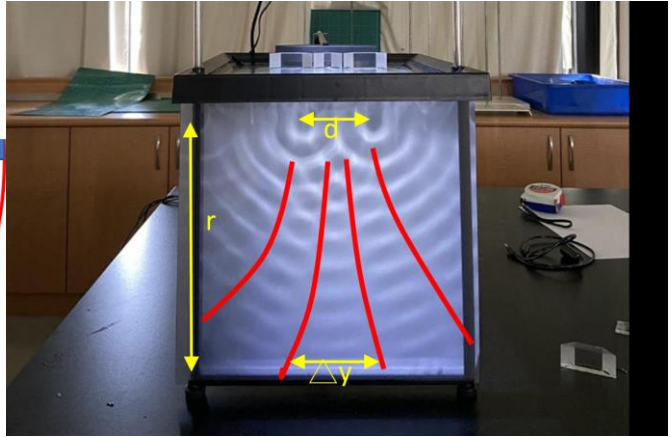
表 9:固定頻率 f 、狹縫間距 d 、狹縫到屏幕的距離 r 與明紋與明紋間距離 Δy 關係

$r=9.5\text{cm}$	$r=14.5\text{cm}$	$r=16.5\text{cm}$	$r=24.5\text{cm}$	$r=25.5\text{cm}$
				
$\Delta y=4.1\text{cm}$	$\Delta y=4.5\text{cm}$	$\Delta y=5.3\text{cm}$	$\Delta y=6\text{cm}$	$\Delta y=6.3\text{cm}$

(四)、實驗分析

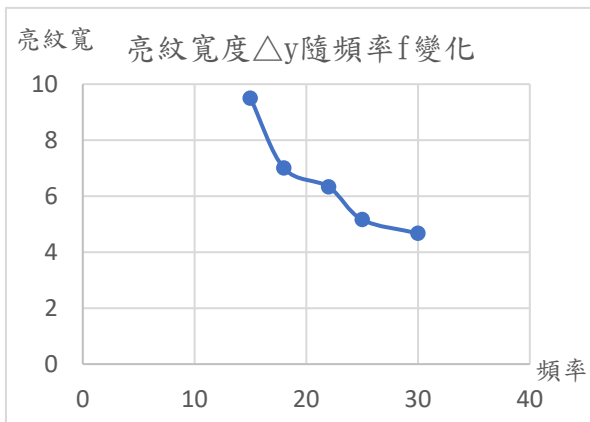


圖二:光的節線圖

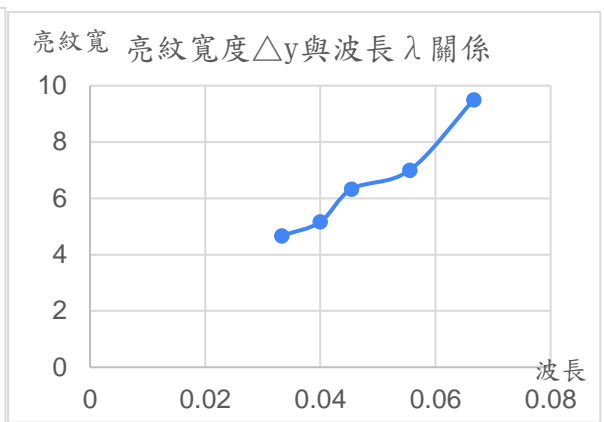


圖三:水波的節線圖

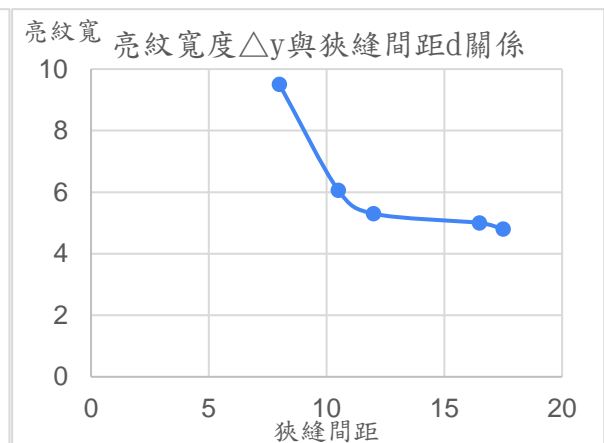
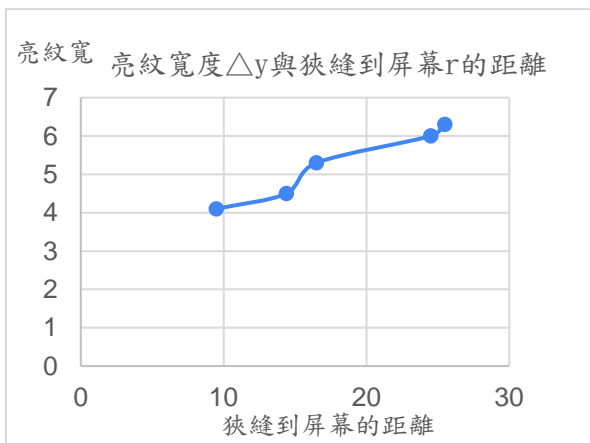
1. 我們發現當水波的頻率越小時，產生的波長也越大，屏幕上腹線的間距也越大，對照光波我們也發現波長較大的紅光，所產生的亮紋度也大於波長較小的綠光和紫光。
2. 同樣的水波槽波源的間距變小時，屏幕上腹線的間距也越大，對照光波狹縫的間距越小，所產生的亮紋寬度也越大。
3. 當水波槽波源到水波槽底部的距離越大時，屏幕上腹線的間距也越大，如同光波，雙狹縫到屏幕的距離越大，所產生的亮紋寬度也越大。



圖四:水波槽亮紋寬度與振動頻率關係



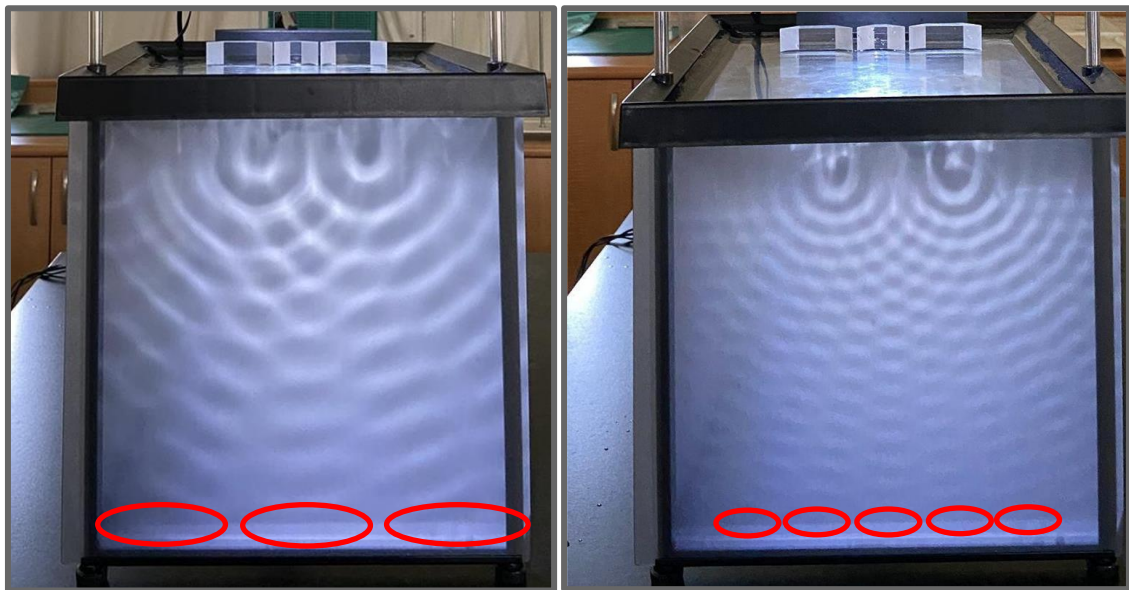
圖五:水波槽亮紋寬度與波長關係



圖六：水波槽亮紋寬度與屏幕距離關係

圖七：水波槽亮紋寬度與狹縫間距關係

4. 學校課本裡所教的是，每一個干涉波的亮紋寬度都一樣，但是經過我們的水波干涉實驗發現，其實每一個亮紋寬度並不相同，在中央亮紋最小，由內向外慢慢遞增，我們由實驗發現亮紋的寬度是與波長正相關，水波波長較大因此屏幕上的腹線間距（亮紋寬度）較大，因此數量較少，但是光波的波長很小因此亮紋的寬度較小，也就是屏幕上亮紋的數量極多，造成每一個亮紋的寬度平均近似相同。



圖八：波長愈小產生的量紋寬度愈小

(五)、生活應用

干涉在生活中的應用：

光波干涉其實就隨時在我們身邊例如CD片上或肥皂表面的彩色條紋，但是因為他們的波長極短我們很去看見他們的干涉，而在這次實驗當中，我們用波長較長的水波去做證明，便可以很清楚地看到光的干涉現象。

(六)、參考資料

<https://youtu.be/Iuv6hY6zsd0>

<https://youtu.be/DUPLRe5PHvE>

高一物理課本(龍騰版 L4)

[https://zh.wikipedia.org/wiki/干涉_\(物理学\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/干涉_(物理学))