

【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」的干涉與繞射（衍射）現象以及證實都卜勒效應。

一、摘要：

光為電磁波的一種，卻與我們生活息息相關，今日將以微波作為基礎，利用干涉、繞射以判斷此實驗微波之波長數值。現實中常見於救護車於路上奔馳而過，而接近及遠去皆會影響到聲音的頻率及波長，本篇將以這兩個實驗做為開端，一起揭曉物理有趣的一面！

二、探究題目與動機

題目：「波」的干涉與繞射（衍射）現象以及證實都卜勒效應。

動機：源自於對楊氏雙狹縫實驗，以及生活中常聽見救護車的聲音，且對物理（天文）方面有一股熱忱，故作此題目來藉機認識其物理現象究竟如何影響生活中的事物，並做剖析、研討、及推測等各方面論述。

三、探究目的與假設

目的：一、研討狹縫寬度與分貝之間的關係。

二、證明在（無障礙物、干涉、繞射）各種情況下距離改變是否影響聲音的頻率及分貝大小。

假設：1.實驗環境的背景分貝較低（在實驗進行時才能將誤差降至最低）。

2.因並未知曉此微波波長數值，且假設此微波應介於 $1\text{mm}\sim 1\text{m}$ 之間。

3.假設此微波波長誤差值不超過 $\pm 5(\text{cm})$ 。

原理：實驗一、干涉(interference)與繞射(diffraction)為楊氏雙狹縫實驗中最著名的兩項實驗。繞射是指光經過障礙物或洞孔後，會隨著狹縫間距大小因而有所差異，當其入射光波長大於狹縫間距時，繞射現象較為明顯，且狹縫間距愈小，繞射程度愈大。干涉則指兩光束相遇重疊時發生建設性（波峰增加）或干涉性（波峰減小）的現象。

實驗二、都卜勒效應指當波源方與自身相對的運動情況，當接近時，頻率變高且波長減少；當遠離時，頻率變低且波長增加。這現象好比一隻鵝在水面上游動，朝游動方向的水面頻率變高，波長變短；反之，尾巴部分之水面頻率變低，波長變長。

四、探究方法與驗證步驟

器材、實驗環境(如右圖所示)：

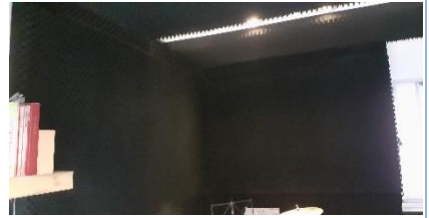
實驗一:微波發射器、微波接收器、手機內部分貝計、反射板*3、支撐板架、捲尺。

實驗二:微波發射器、微波接收器、手機內部分貝計、捲尺。



探究方法:

實驗 1：一開始我們以 monotone 音為主（隔音環境，內部有吸音綿），對於測分貝數據較為準確與穩定，且使用微波做（波長介於 1mm~1m 之間）干涉及繞射現象較為適合。先



從繞射開始，如圖所示，此為擺放位置圖，波源與接收源距離固定（發射器與接收器皆相隔 60cm）以及波的振幅固定，控制變因為狹縫間距，一開始繞射即用狹縫寬度 10 公分來作測試，每次依序減少 2 公分，第六次時則將 2 公分調至 1 公分；干涉則是狹縫寬度各 5cm，每次各狹縫減少 1cm，第六次狹縫寬度為各 0.5cm。用分貝計測量並作數據統計表格及散布圖結果如下（此圖為三數據平均（取小數點後第一位）後所得之 xy 散佈圖，橫軸（已將值反調，方便閱讀）：間距。縱軸：分貝數值。藍色部分為干涉，紅色部分為繞射），並研討其原因。

*以 5 秒內測得之平均分貝數值作為該下表數據結果。

第一次：

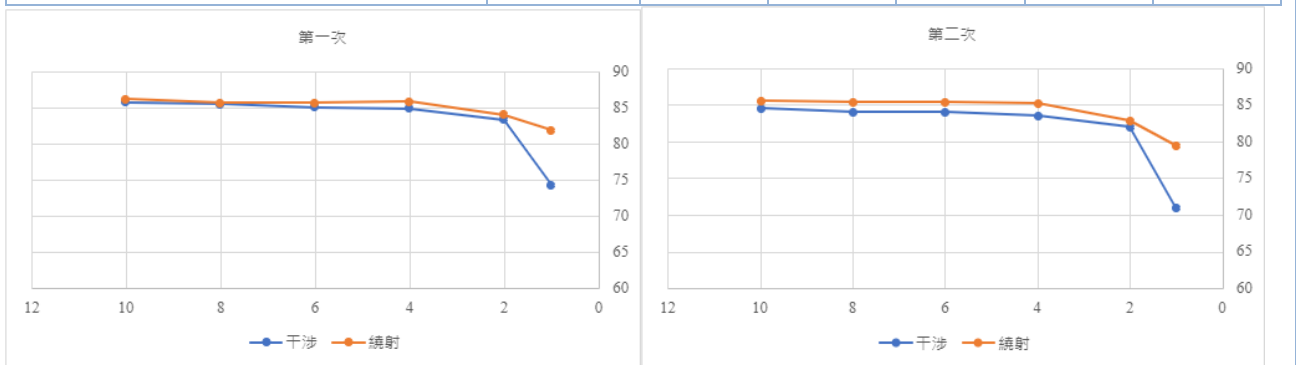
干涉/繞射狹縫間距(cm)	10cm	8cm	6cm	4cm	2cm	1cm
干涉分貝(dB)	85.7	85.4	85.0	84.8	83.3	74.2
繞射分貝(dB)	86.1	85.6	85.6	85.8	84.0	81.8

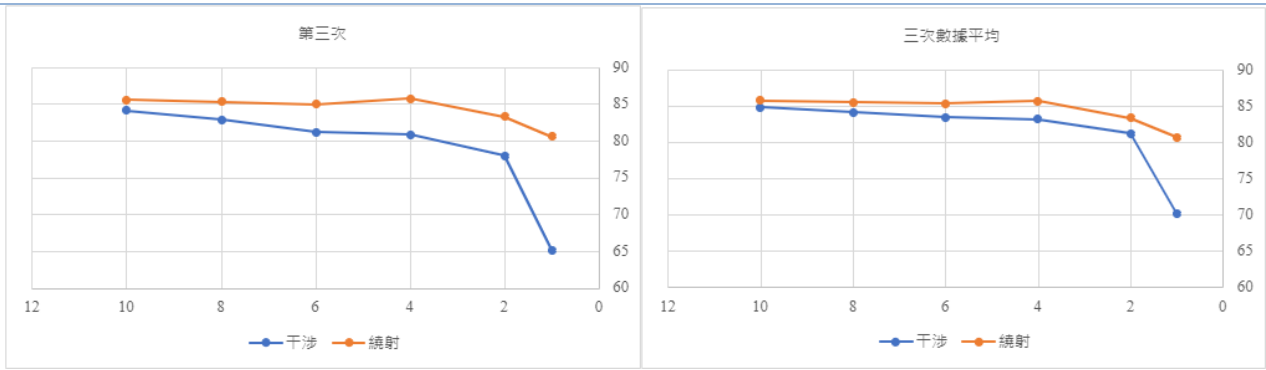
第二次：

干涉/繞射狹縫間距(cm)	10cm	8cm	6cm	4cm	2cm	1cm
干涉分貝(dB)	84.6	84.1	84.0	83.6	82.0	71.0
繞射分貝(dB)	85.5	85.4	85.4	85.3	82.8	79.5

第三次：

干涉/繞射狹縫間距(cm)	10cm	8cm	6cm	4cm	2cm	1cm
干涉分貝(dB)	84.1	82.8	81.1	80.8	77.9	65.1
繞射分貝(dB)	85.5	85.3	84.9	85.7	83.2	80.5





實驗 2：本實驗作三個部分：無障礙物情形、干涉情形、繞射 (衍射) 情形。干涉及繞射擺放位置如下圖所示，發射器與接收器的微波出口和入口皆與反射板相距 30cm (無障礙物則是兩對口相距 60cm)，繞射狹縫間距為 5cm (干涉狹縫各為 2.5cm)，波的振幅皆為固定，圖片右下方為接收器，底部放置一分貝計(手機內部)測量分貝大小。首先先以無障礙物開始，測量距 60cm 的分貝後，每次移動接收器並拉遠 10cm 且作數據測量 (分貝計位置固定在與發射器位置相隔 60cm)，接著干涉及繞射同上方式循環，並循環三次。最終各個數據及散布圖如下 (藍色部分為無障礙物時、灰色部分為繞射、橘色部分為干涉)。根據其數據散布情形探討其關係。

*以 5 秒內測得之平均分貝數值作為該下表數據結果。

第一次：

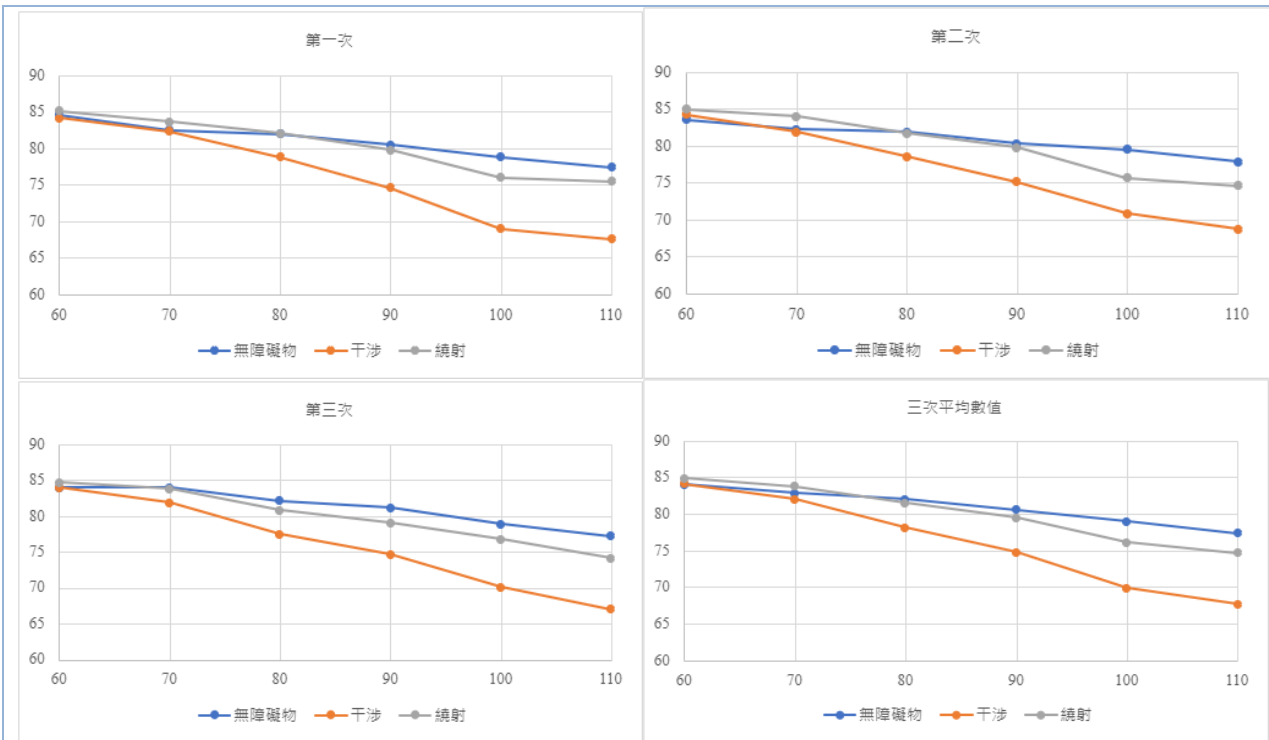
發射器與接收器間距(cm)	60cm	70cm	80cm	90cm	100cm	110cm
無障礙物分貝(dB)	84.5	82.4	81.9	80.4	78.7	77.3
干涉份貝(dB)	84.1	82.3	78.8	74.5	68.9	67.5
繞射分貝(dB)	85.1	83.6	82.0	79.7	75.9	75.4

第二次：

發射器與接收器間距(cm)	60cm	70cm	80cm	90cm	100cm	110cm
無障礙物分貝(dB)	83.5	82.2	81.8	80.3	79.5	77.8
干涉份貝(dB)	84.2	81.8	78.5	75.1	70.8	68.7
繞射分貝(dB)	84.9	83.9	81.7	79.7	75.6	74.6

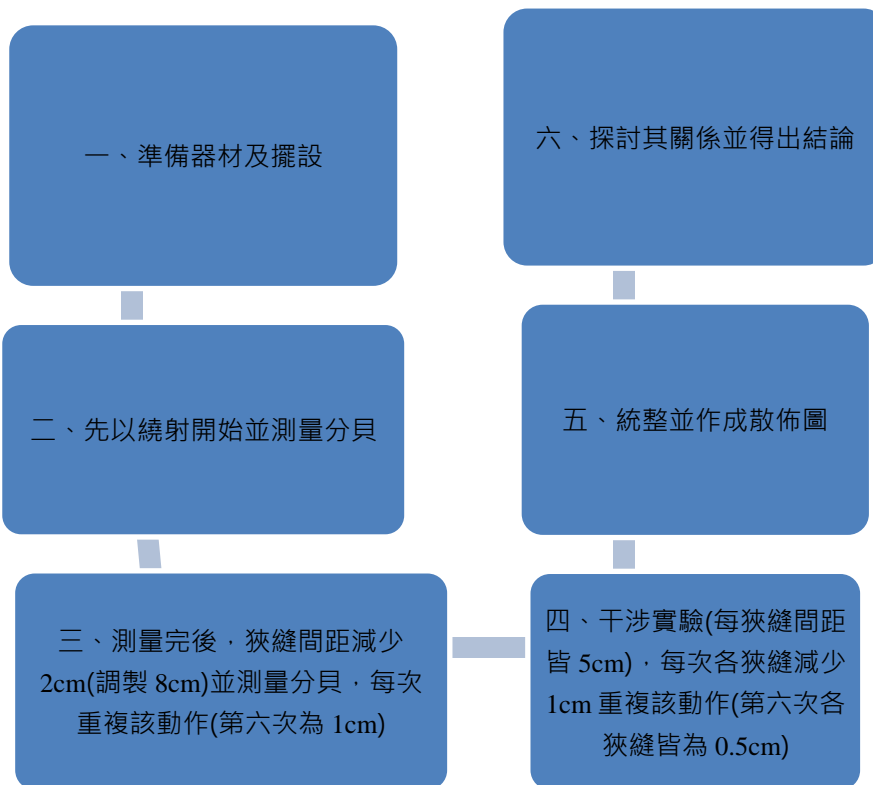
第三次：

發射器與接收器間距(cm)	60cm	70cm	80cm	90cm	100cm	110cm
無障礙物分貝(dB)	84.0	84.0	82.1	81.1	78.9	77.2
干涉份貝(dB)	83.9	81.9	77.4	74.7	70.1	67.0
繞射分貝(dB)	84.7	83.8	80.8	79.0	76.8	74.1



流程圖：

實驗一、



實驗二、

一、準備器材及擺設

二、先將發射器及接收器
相聚 60cm 並分別測量其
分貝

三、測量完後，將接收器
拉遠 10cm(距 70cm)並測量
分貝(分貝計固定在與發射
器相距 60cm)，每次重複
該動作，並記錄數據

四、觀察現象及探討原因

五、探討其關係及得出結
論

五、結論與生活應用

關於假設一實驗環境的背景分貝較低的部份，在進行實驗前有利用手機內部分貝計測量實驗環境（此實驗環境具有吸音棉）分貝數值，以 30 秒平均作統計，為 35.9 分貝，由此可知，分貝數值較一般環境中低，實驗數據也較為可信。

結論：

實驗 1：從實驗數據及散布圖來看，可發現不論是干涉或是繞射皆會受到狹縫間距縮小的影響而分貝降低，且會有二個特殊現象：

一、繞射數據呈現一波峰型態（縱軸間距較大比較看不出來，但繞射數據在 6cm 往 4cm 縮減時會突然性地往上攀升，爾後再降低數值）。當越過這巔峰時，分貝會與干涉結果相同（隨著狹縫間距越小而分貝越低）。研判此應是狹縫 6cm 時微波經反射板後產生向外擴散的情況較 4cm 時顯著，因而導致少部分電磁波偏離角度，最終無法傳達至微波接收器的緣故。

二、當狹縫間距很大時（10cm）每減少 2cm 所減少的分貝非常少（甚至幾乎不變）；但當狹縫間距很小時（2cm），只要減少 1cm 分貝就會呈現巨大落差。這實驗也印證了繞射原理：當狹縫間距小於該波段波長時，間距愈小，繞射情形越明顯。

實驗 2：從數據顯示不管是三者其中一項皆有都卜勒效應（隨著距離增加而頻率變低，波長變長，聲音變小），且距離若以一固定程度增加，則分貝也會呈一定幅度減少。

總結：

一、綜合實驗一、二，可判斷出干涉無論在距離增加或是狹縫間距減少，其分貝減少程度



恆比繞射程度大。

二、綜合實驗一數據，可以判斷狹縫間距在 2cm 減少至 1cm 時，干涉與繞射分貝即開始有明顯落差，這是在微波波長大於狹縫間距時才有可能發生，因先前並未知曉此為波正確之數值，但經由多次重覆實驗證明，故推斷出此微波波長應介於 2cm~1cm ($\pm 2\text{cm}$) 之間，同時也印證了假設二 $\pm 5(\text{cm})$ 推論，此微波與宇宙微波背景輻射(又稱作 3K 背景輻射)微波數值 7.53cm 相近。再者，由於將這可再現實驗做三份數據，使得此實驗能夠較為可信。

參考資料

1.<http://www.scu.edu.tw/physics/science-scu/M302/19.htm>

2.<https://reurl.cc/WEALRD>