

# 物質的光譜學-探究與實作

*Spectroscopy of Condensed Matter : Inquiry and Practice*

講 師：張玉明 特聘研究員

主聘單位：台灣大學凝態科學研究中心

兼任單位：成功大學物理系 (兼任教授)

教學助教：黃鈺淳 研究助理 台灣大學凝態中心光電工坊

教學助教：林孟逸 碩研究生 成功大學物理所

# OFFICE HOURS

講 師：張玉明 特聘研究員

主聘單位：台灣大學凝態科學研究中心

兼任單位：成功大學物理系 (兼任教授)

E-Mail : [ymchang@ntu.edu.tw](mailto:ymchang@ntu.edu.tw)

辦 公 室：物理系新館五樓 RM 36574

辦公時間：每週四 14:00-17:00 及 每週五 9:00-17:00

# 課程學習目標

- 一、認識「物質」與「光譜」的關係，學習各式光譜學技術及其應用
- 二、透過實作課程，培養協同合作及探究思辨物質光譜的能力
- 三、透過專題研究、撰寫報告、及成果發表，建立專業表達的能力

## 教學方法

序號	教學方法	分數配比 (百分比)
1	課堂授課	20 %
2	探究實作	40 %
3	專題研究	40 %

# 課堂授課 (20%, 4 WEEKS)

週數	課堂內容
1	光的本質 / What is light ?
2	光與物質的交互作用 / Light and Matter Interaction
3	光源與光譜學 / Light Source and Spectroscopy
4	光譜量測技術 / Spectroscopy Measurement Techniques

# 探究實作 (40%, 7 WEEKS)

週數	實作內容
5	反射光譜 / Reflection Spectroscopy
6	穿透光譜 / Transmission Spectroscopy
7	吸收光譜 / Absorption Spectroscopy
8	原子光譜 / Atomic Emission Spectroscopy
9	螢光光譜 / Fluorescence Spectroscopy
10	拉曼光譜 / Raman Spectroscopy
11	物質光譜 / Laser Spectroscopy of Matter

# 專題研究 (40%, 7 WEEKS)

週數	專題研究內容
12	研究主題 / Research Topic
13	研究方法 / Research Approach
14	實驗探究 / Research Study
15	實驗探究 / Research Study
16	實驗探究 / Research Study
17	研究成果報告 / Research Report
18	研究成果報告 / Research Report

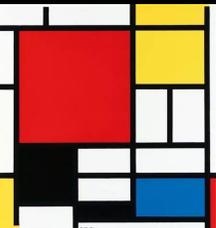
# 授課與評量方式

## 授課方式

原理介紹、課堂演示、分組實作、  
分組討論、分組報告

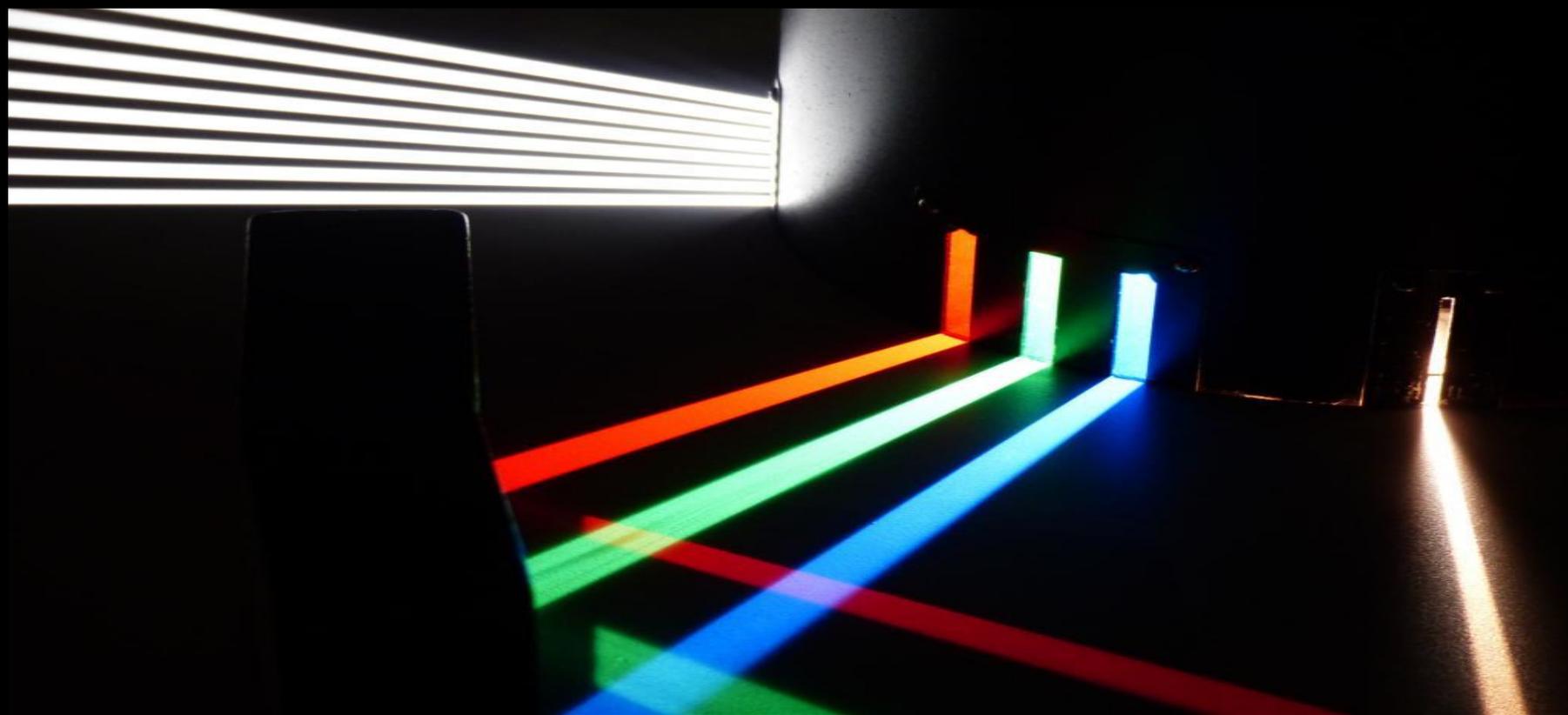
## 評量方式

課堂表現 (含出席狀況) 20%  
實作探究 & 實作記錄本 40%  
專題討論 & 專題研究報告 40%

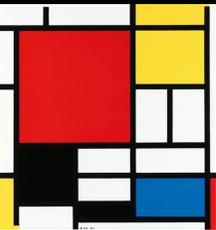


課程目標：

物質的...各式光譜探究與實作



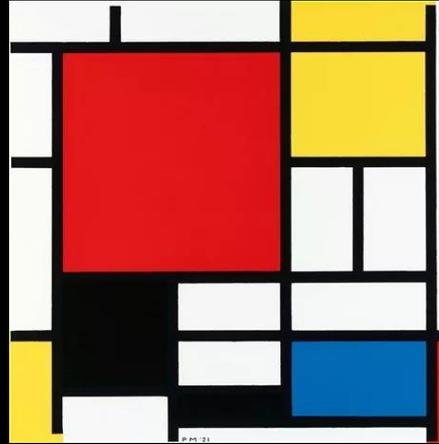
# 問卷填寫與自我介紹



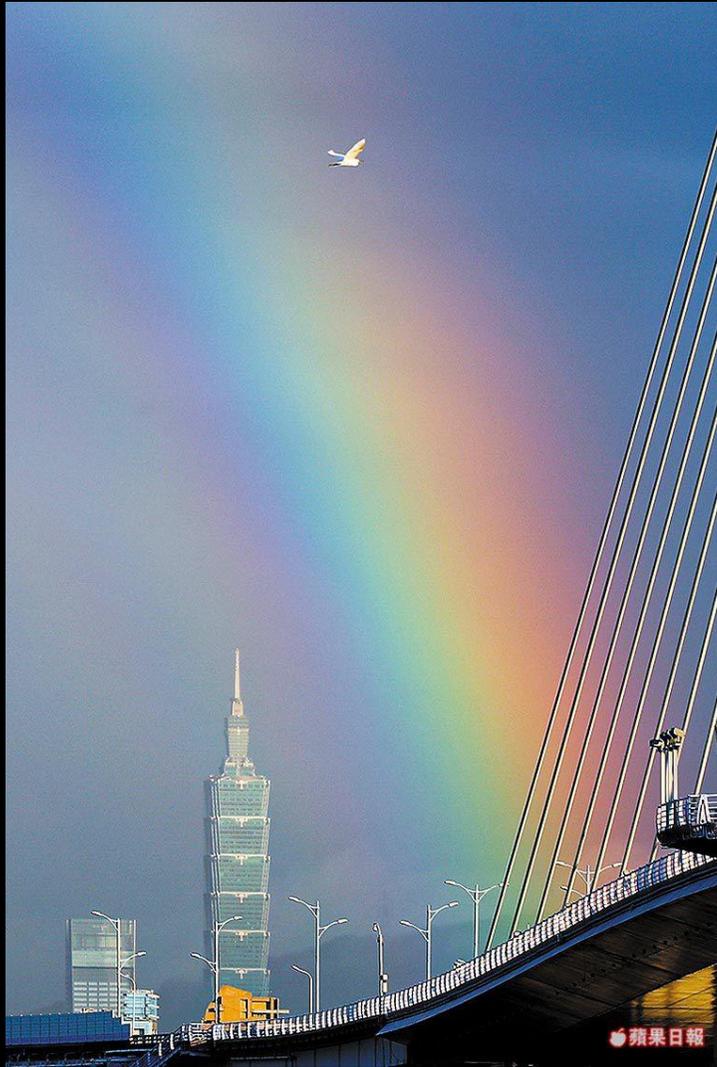
# 本週授課內容

週數	課堂內容
1	光的本質 / What is light ?
2	光與物質的交互作用 / Light and Matter Interaction
3	光源與光譜學 / Light Source and Spectroscopy
4	光譜量測技術 / Spectroscopy Measurement Techniques

# 物質的顏色



# 何謂光譜？ 雨後天空的彩虹



# 何謂光譜？ 學校操場的彩虹跑道



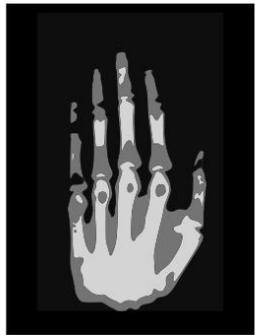
# 何謂光譜？

## 各種波長(頻率)的電磁波

0.01nm



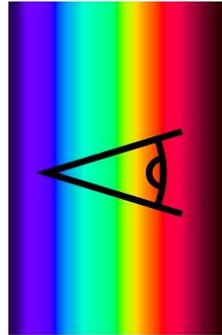
1nm



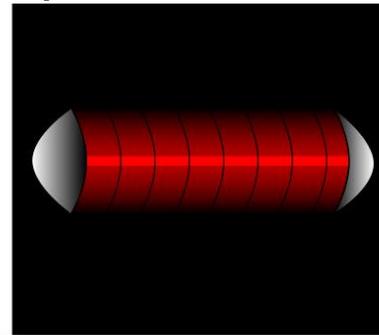
100nm



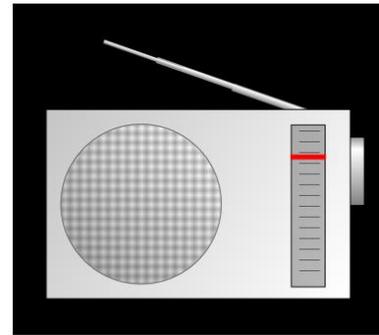
可見光



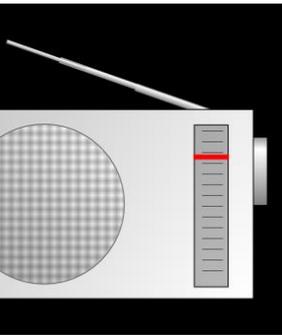
1 $\mu$ m



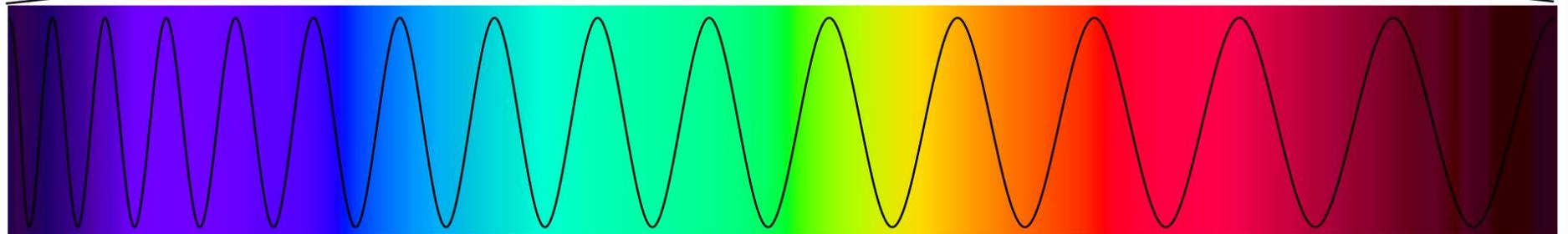
1cm



1m



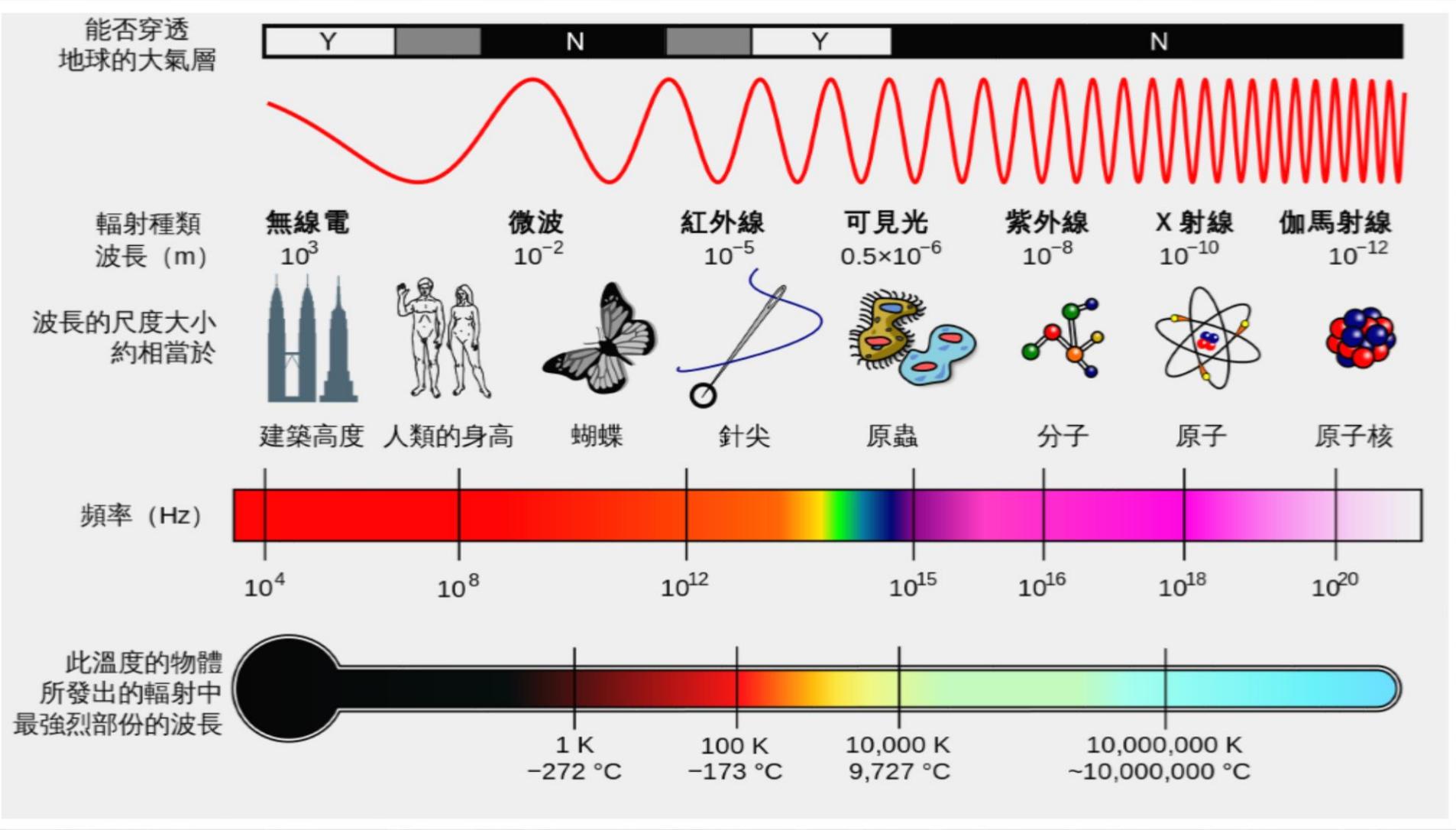
1km



400nm

700nm

# 電磁波的光譜地圖



# 光的基礎物理特性



# 光的研究歷史：粒子 vs. 波動

## 研究歷史 [編輯]

光的繞射效應最早是由**弗朗西斯科·格里馬第** ( Francesco Grimaldi ) 發現並加以描述，他也是「繞射」一詞的創始人。<sup>[6][7]</sup>這個詞源於拉丁語詞彙 *diffringere*，意為「成為碎片」，即波原來的傳播方向被「打碎」、彎散至不同的方向。格里馬第觀察到的現象直到1665年才被發表，這時他已經去世。他提出

「光不僅會沿直線傳播、折射和反射，還能夠以第四種方式傳播，即透過繞射的形式傳播。」  
( "Propositio I. Lumen propagatur seu diffunditur non solum directe, refracte, ac reflexe, sed etiam alio quodam quarto modo, diffracte." ) <sup>[6][8]:149[9]:95</sup>

英國科學家**艾薩克·牛頓**對這些現象進行了研究，他認為光線發生了彎曲，並認為光是由粒子構成。在19世紀以前，由於牛頓在學界的權威，**光微粒說**在很長一段時間占有主流位置。這樣的情況直到19世紀幾項理論和實驗結果的發表，才得以改變。1803年，**托馬斯·楊**進行了一項非常著名的實驗，這項實驗展示了兩條緊密相鄰的狹縫造成的干涉現象，後人稱之為「**雙縫實驗**」。<sup>[10]</sup>在這個實驗中，一束光照射到具有緊挨的兩條狹縫的遮光擋板上，當光穿過狹縫並照射到擋板後面的觀察屏上，可以產生明暗相間的條紋。他把這歸因於光束透過兩條狹縫後繞射產生的干涉現象，並進一步推測光一定具有波動的性質。**奧古斯丁·菲涅耳**則對繞射做了更多權威的計算研究，他的結果分別於1815年<sup>[11]:卷1, 239-281</sup>和1818年<sup>[12]:33-475</sup>被發表，他提到

「這樣，我就展示了人們能夠透過何種方式來構想光以球面波連續不斷地傳播出去……」 ( "J'ai donc montré de quelle façon l'on peut concevoir que la lumière s'étend successivement par des ondes sphériques, ..." ) <sup>[13]:章1,p18</sup>

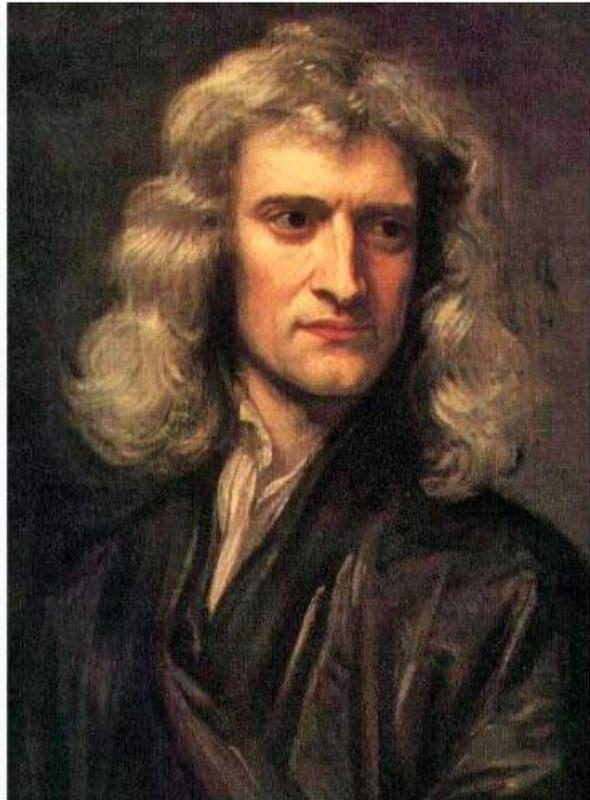


義大利物理學者**弗朗西斯科·格里馬第** ( 1618-1663 )。

## Q1：所以你認為光是粒子？還是波動呢？

# 光的科學

艾薩克·牛頓  
Isaac Newton



戈弗雷·內勒作於1689年



1663-1727 (光是粒子)

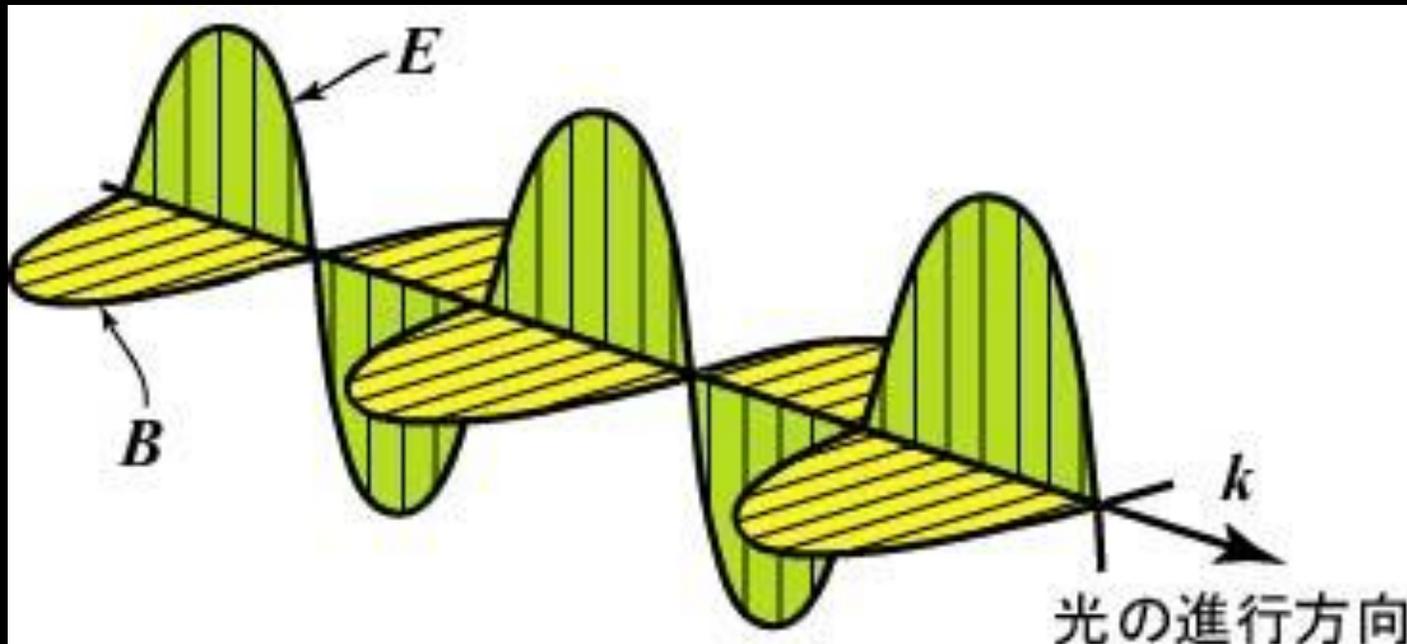
Thomas Young



1773-1829 (光是波動)

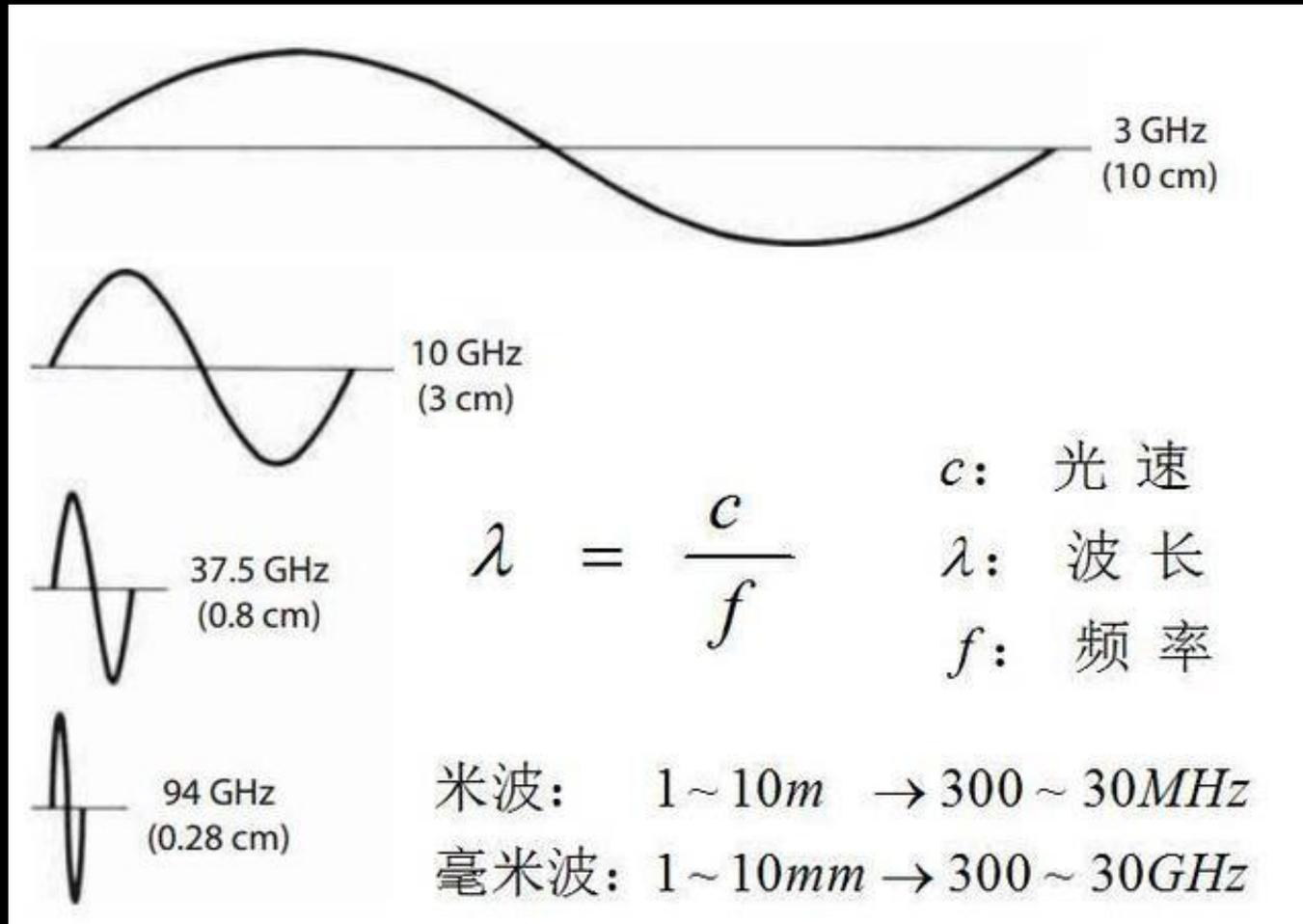
# 光的基本特性

- 光的粒子性與波動性
- 光的反射與折射現象
- 光的干涉與繞射現象



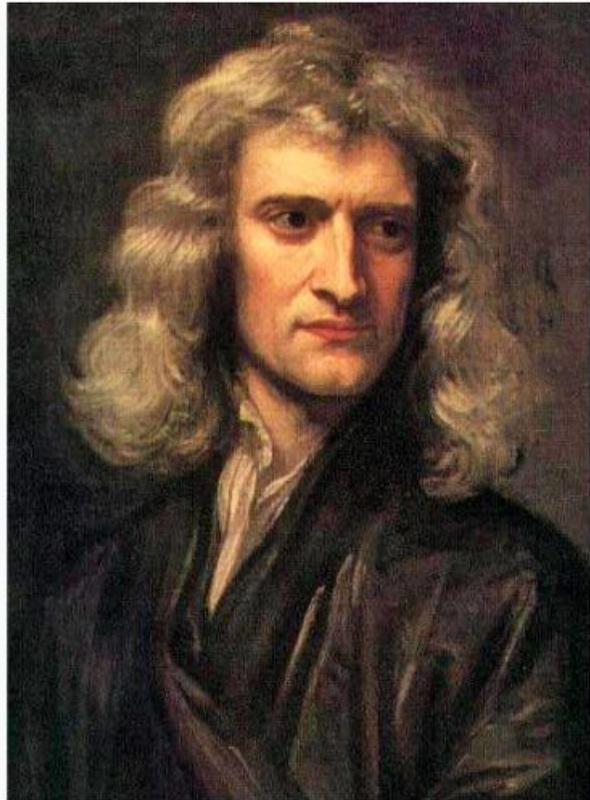
# 光的基本特性

- 光的粒子性與波動性



# 光的科學

艾薩克·牛頓  
Isaac Newton



戈弗雷·內勒作於1689年



1663-1727 (光是粒子)

Thomas Young

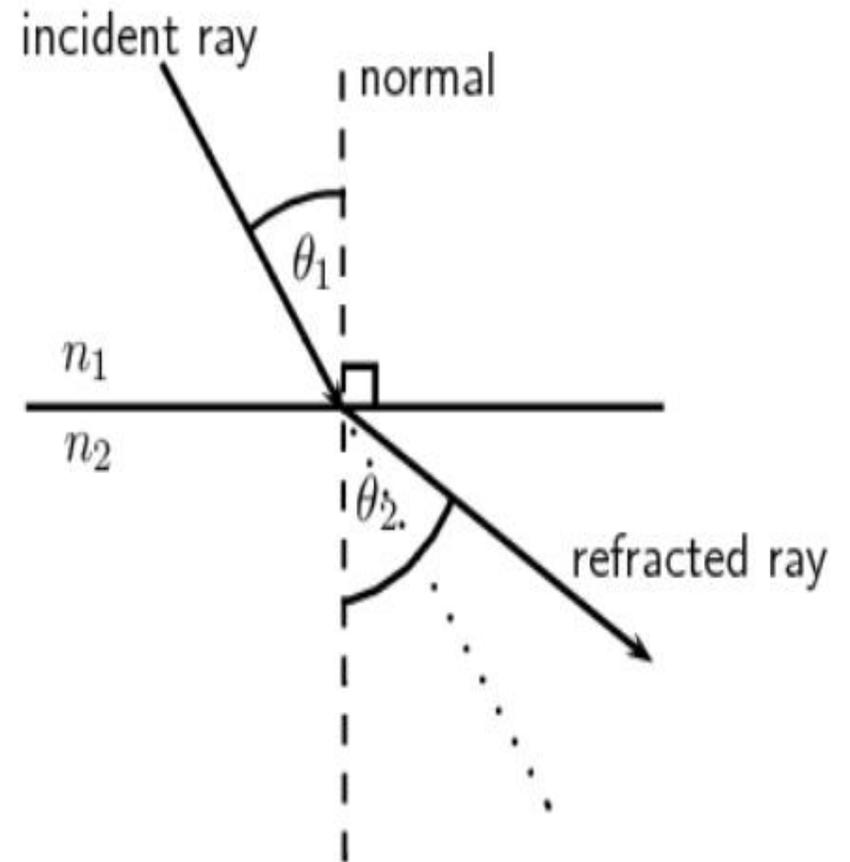
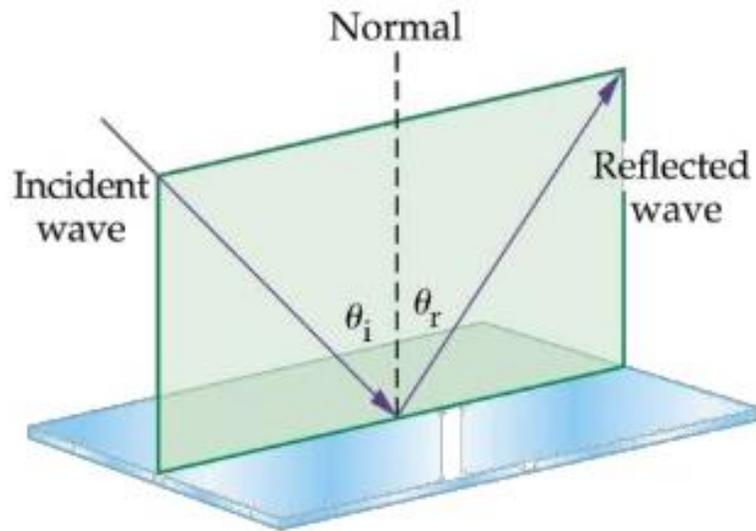


1773-1829 (光是波動)

# 光的基本特性

- 光的反射與折射現象

## Reflection



# 光的基本特性

- 光的反射與折射現象

## 反射定律

$$\theta_1 = \theta_1'$$

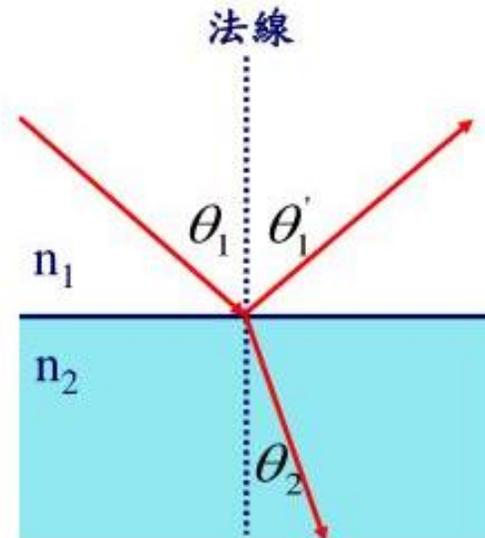
$\theta_1$  : 入射角  $\theta_1'$  : 反射角

## 折射定律

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

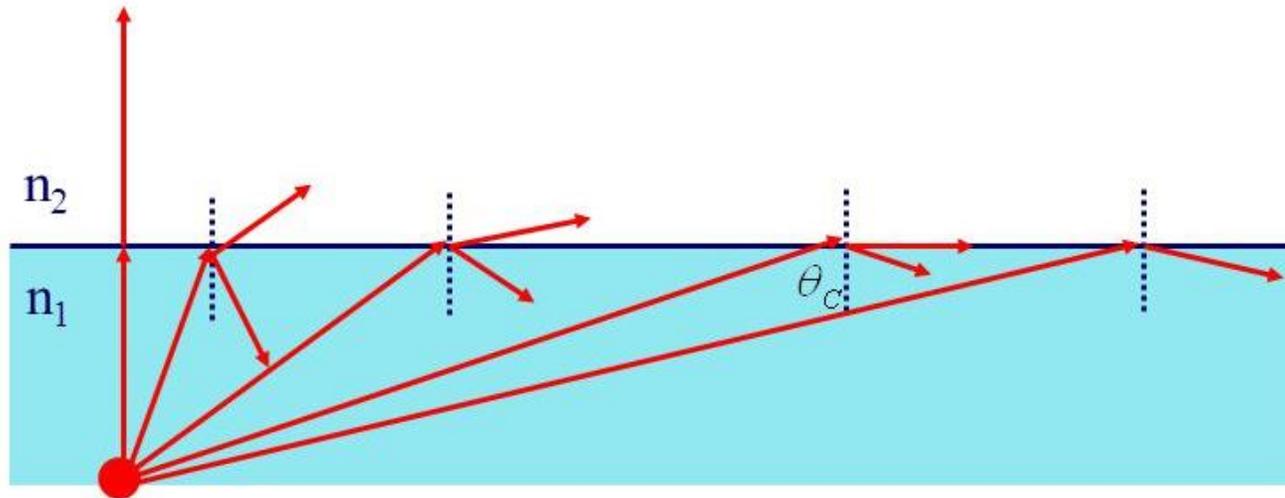
$\theta_1$  : 入射角  $\theta_2$  : 折射角

$n_1, n_2$  : 不同介質的折射率



# 光的基本特性

- 光的全反射現象

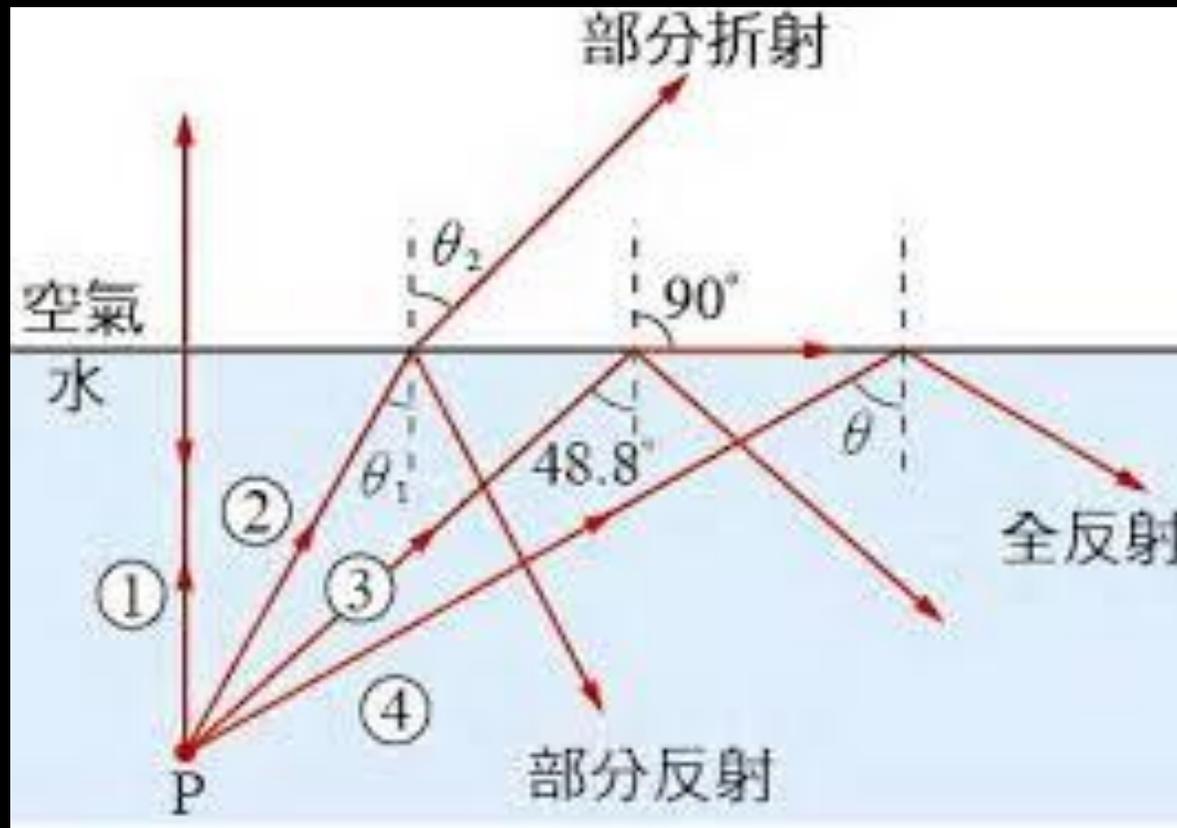


發生「內部全反射」，必須滿足：

- (一)、光由密介質到疏介質  $n_1 > n_2$
- (二)、入射角必須大於臨界角( $\theta_c$ )

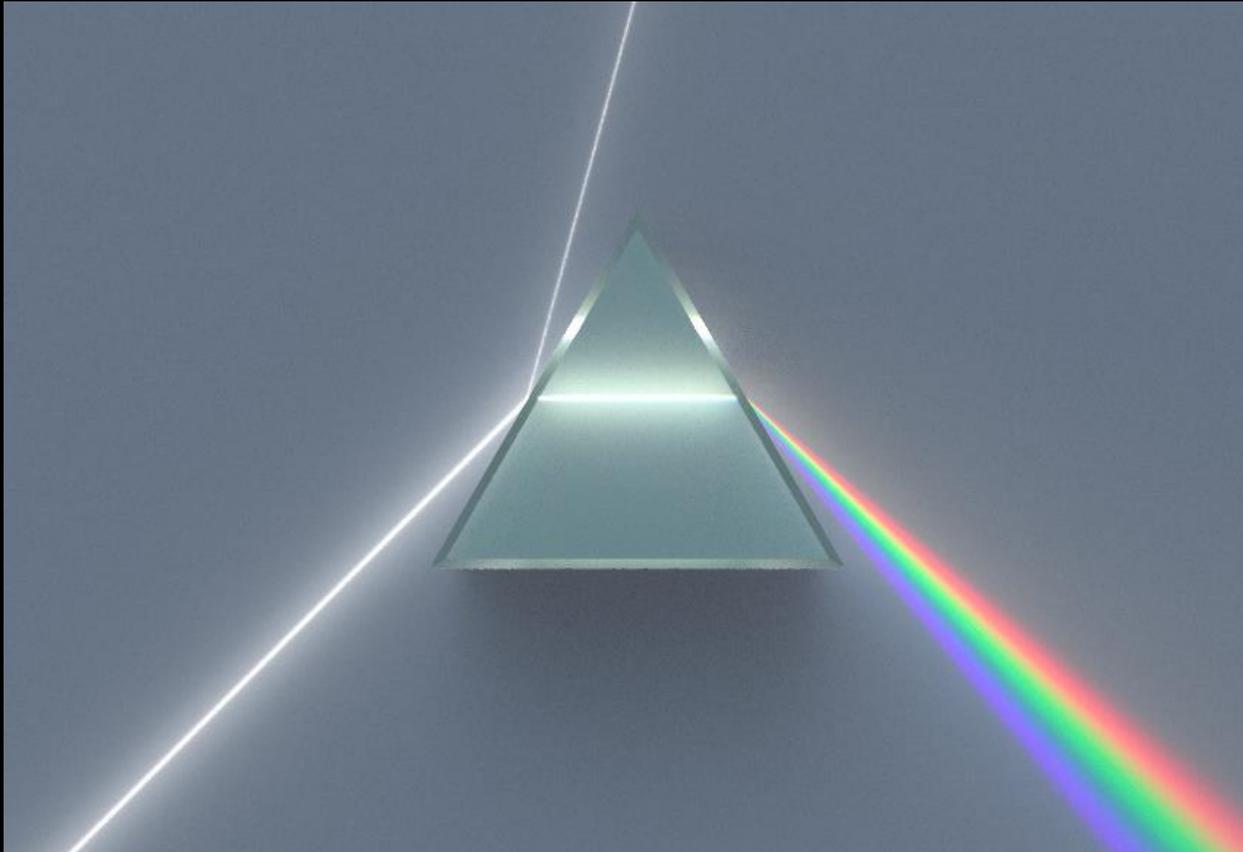
# 光的基本特性

- 光在水中的全反射現象



# 光的基本特性

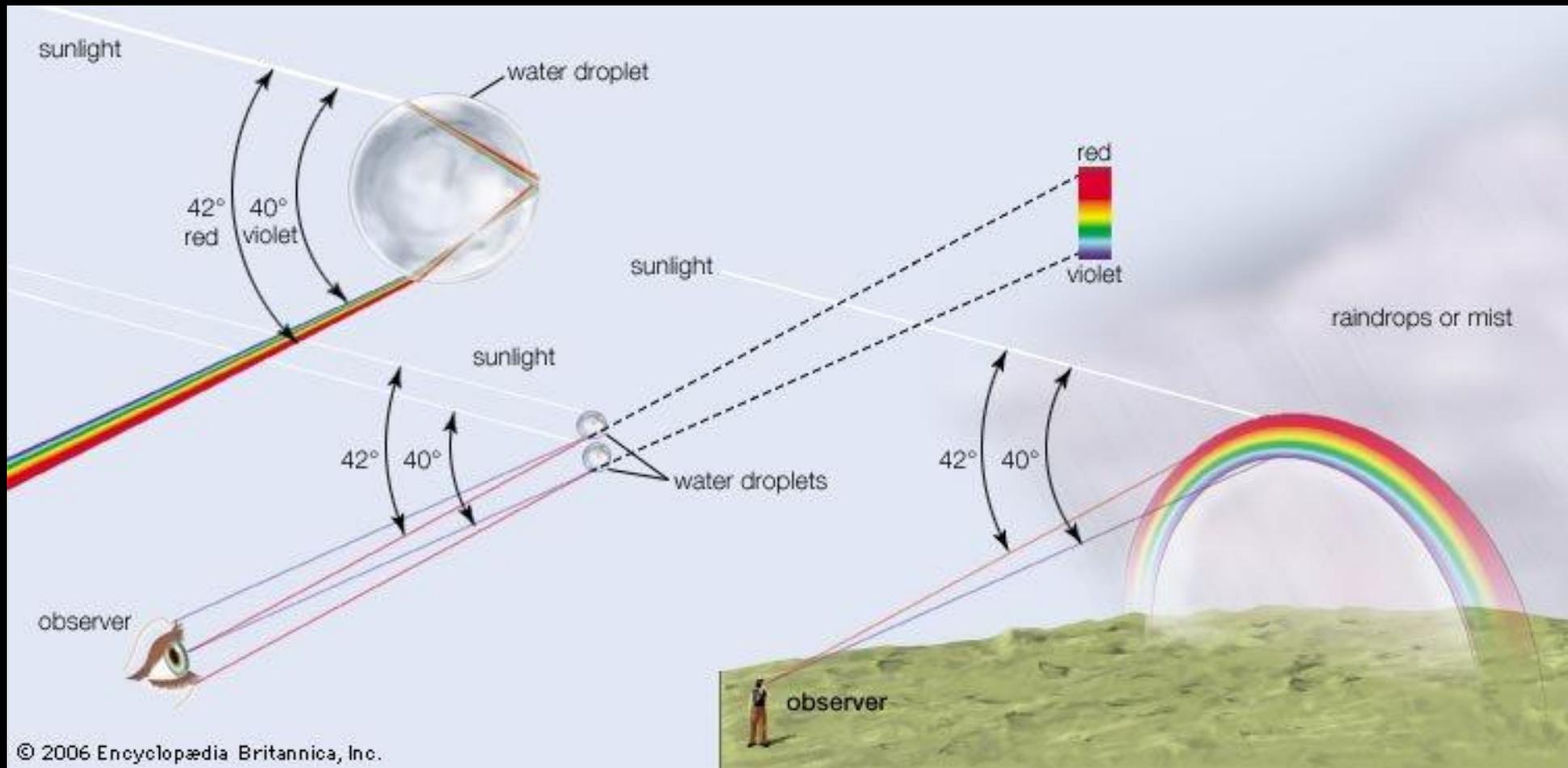
- 光的反射與折射現象



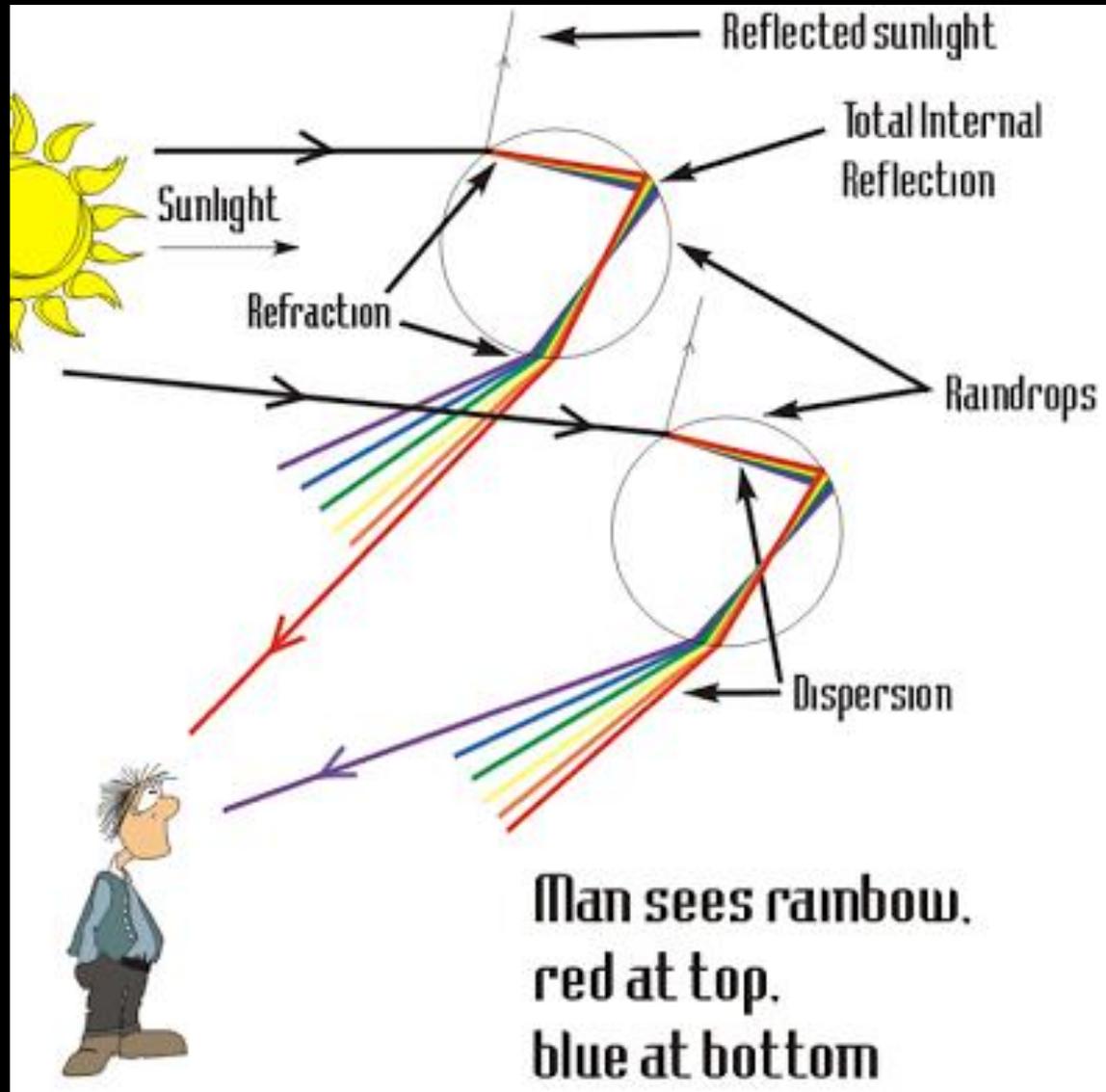
Q2 : 請問這張圖哪裡怪怪的 ?

# 彩虹的原理

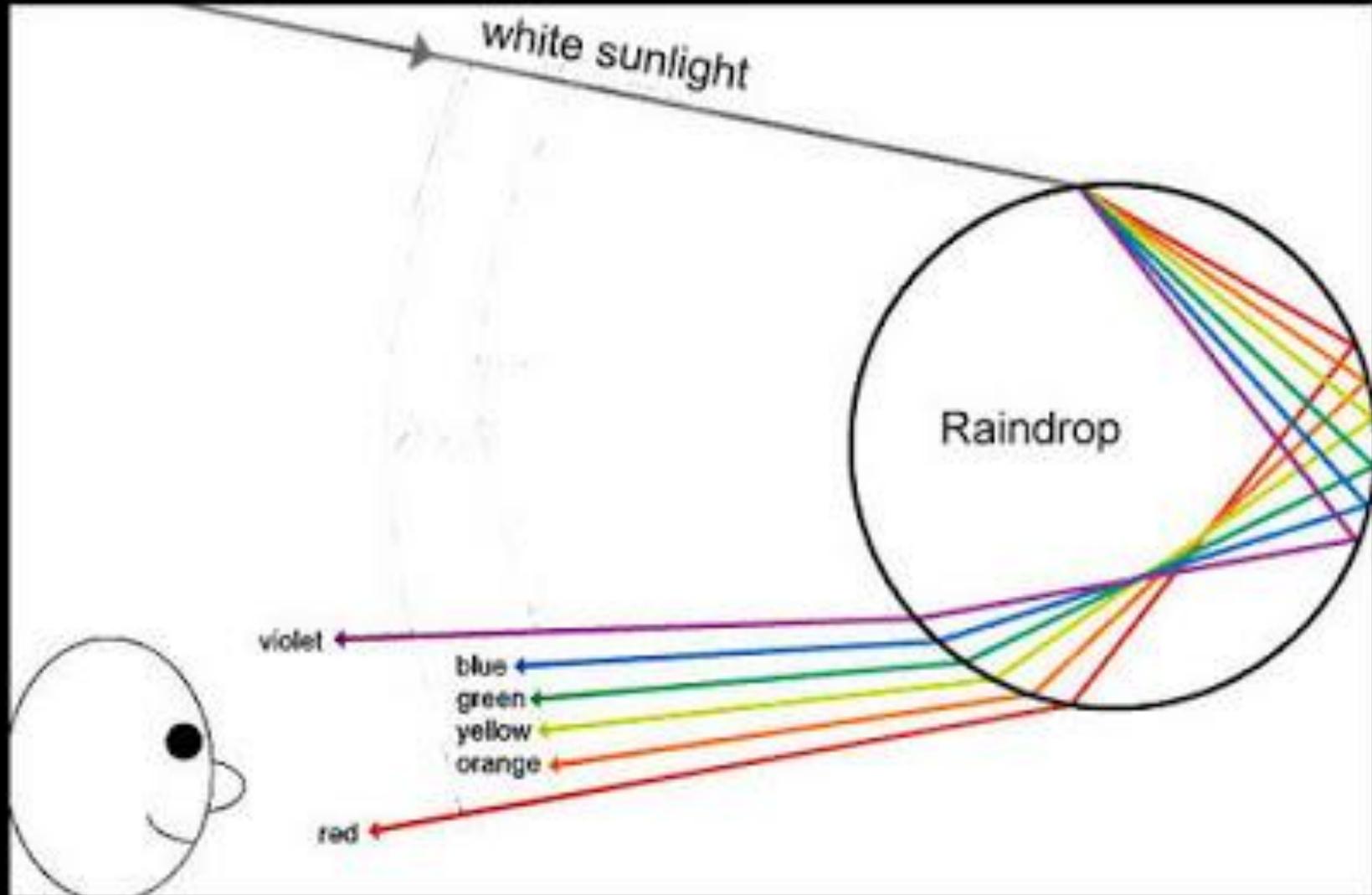
- 光的反射與折射現象



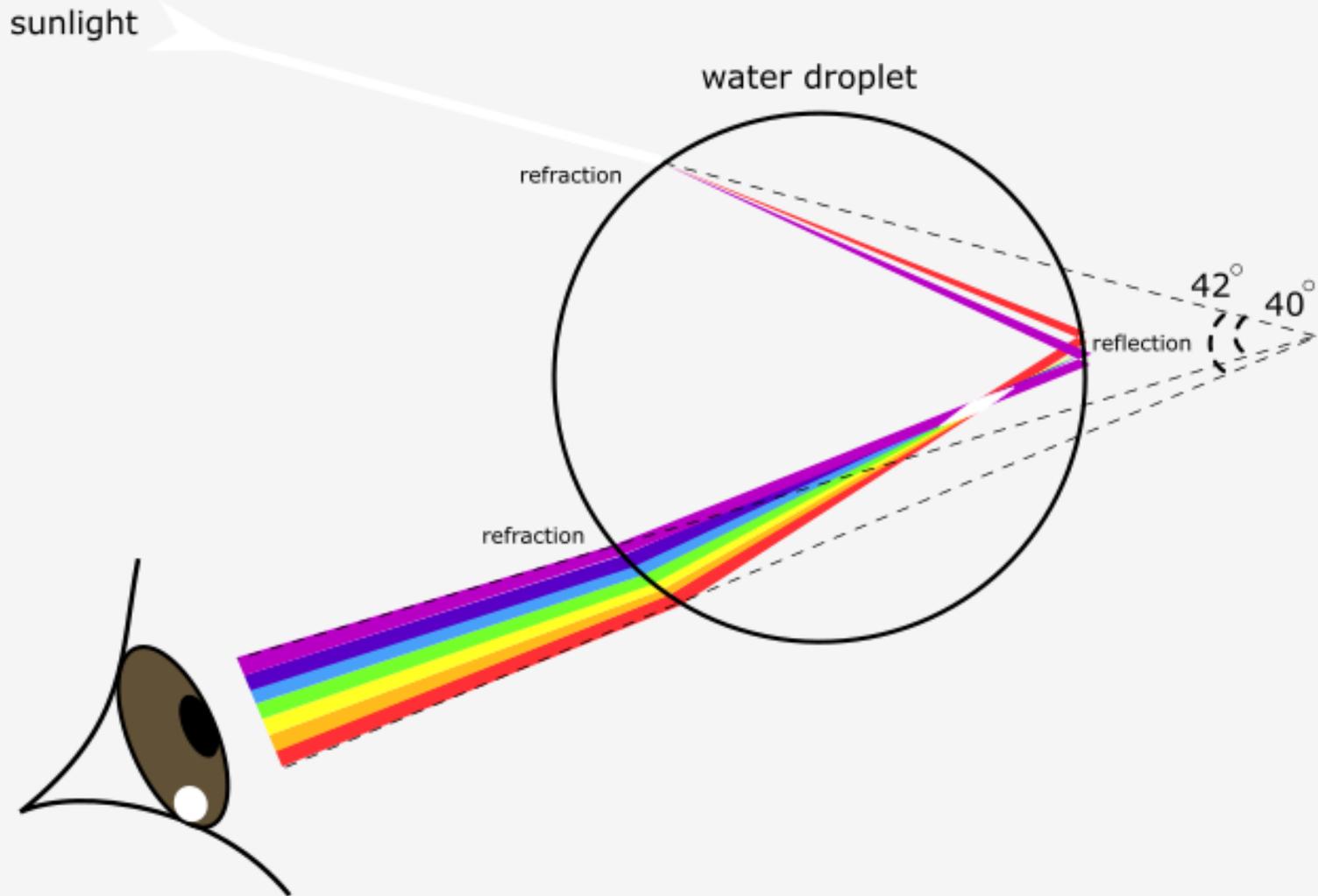
# 彩虹顏色的順序

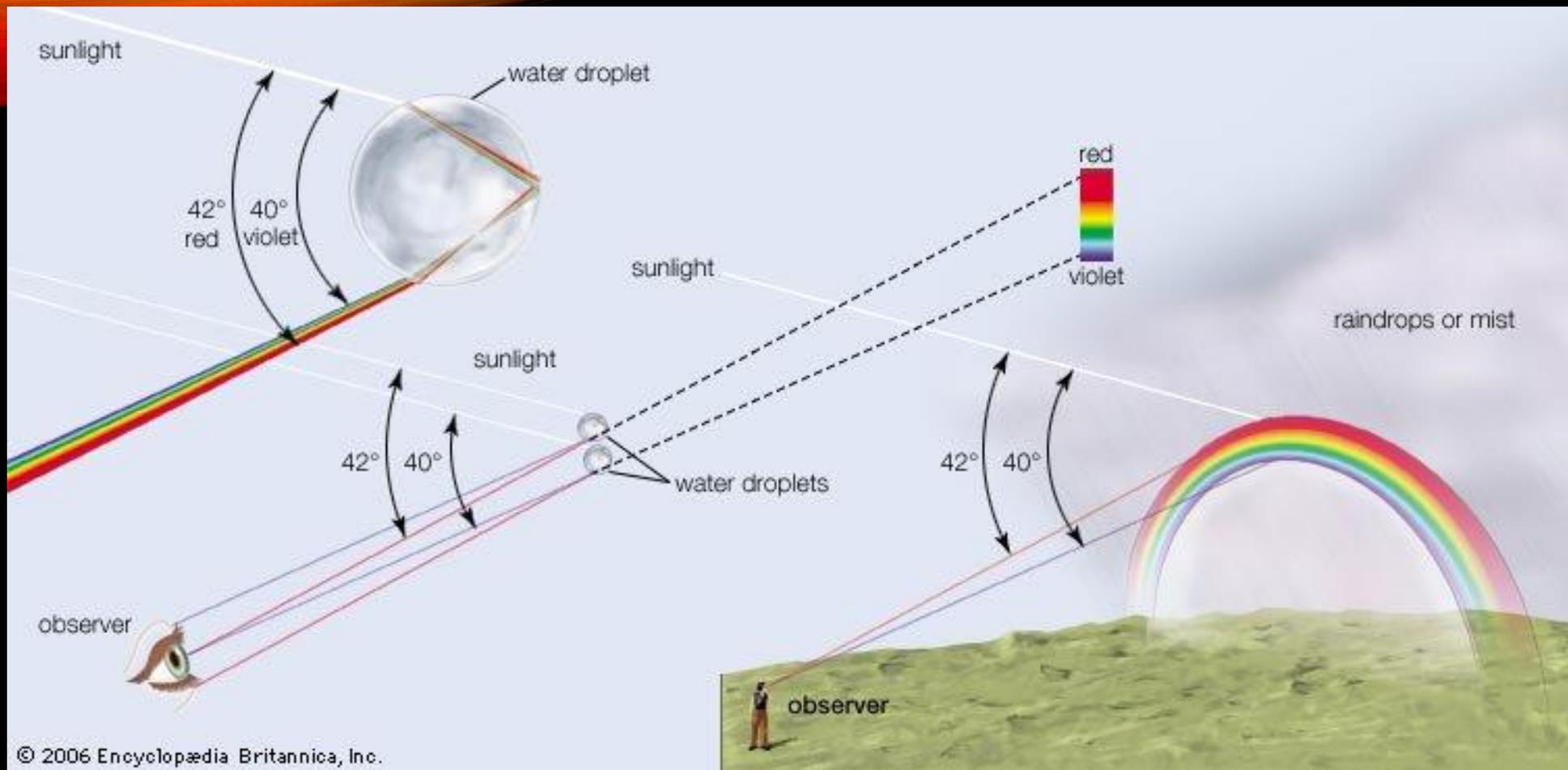


# 彩虹的顏色順序



# 看彩虹的視角





我們看到的彩虹是太陽的光經歷與空中懸浮的水微粒兩次的折射及一次的全反射後所產生的可見光光譜！

# 請完成本次課程學習單

## 物質的光譜學—探究與實作 學習單

姓名： \_\_\_\_\_ 日期： 2024 / \_\_\_\_ / \_\_\_\_



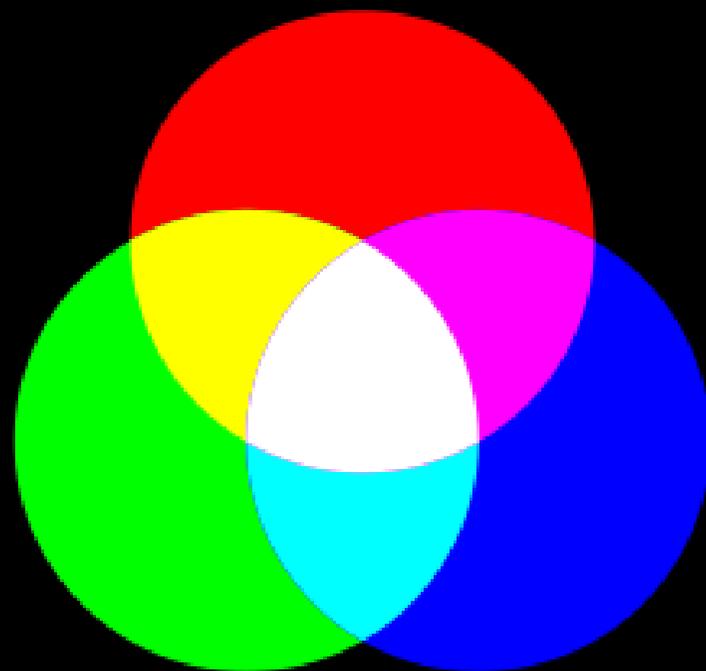
Q3：為何彩虹總是圓弧形？

中場休息時間 **15** 分鐘

# 演示實驗 (I)

## 光的三原色？

光的三原色是紅色、綠色和藍色，三種光相加會成為白色光。這是由於人類有三種視錐細胞分別對紅、綠和藍光最敏感。



[參考資料連接 >>>](#)



演示實驗的探究實作練習 10 分鐘

# 光的研究歷史：粒子 vs. 波動

## 研究歷史 [編輯]

光的繞射效應最早是由**弗朗西斯科·格里馬第** ( Francesco Grimaldi ) 發現並加以描述，他也是「繞射」一詞的創始人。<sup>[6][7]</sup>這個詞源於拉丁語詞彙 *diffringere*，意為「成為碎片」，即波原來的傳播方向被「打碎」、彎散至不同的方向。格里馬第觀察到的現象直到1665年才被發表，這時他已經去世。他提出

「光不僅會沿直線傳播、折射和反射，還能夠以第四種方式傳播，即透過繞射的形式傳播。」  
( "Propositio I. Lumen propagatur seu diffunditur non solum directe, refracte, ac reflexe, sed etiam alio quodam quarto modo, diffracte." ) <sup>[6][8]:149[9]:95</sup>

英國科學家**艾薩克·牛頓**對這些現象進行了研究，他認為光線發生了彎曲，並認為光是由粒子構成。在19世紀以前，由於牛頓在學界的權威，**光微粒說**在很長一段時間占有主流位置。這樣的情況直到19世紀幾項理論和實驗結果的發表，才得以改變。1803年，**托馬斯·楊**進行了一項非常著名的實驗，這項實驗展示了兩條緊密相鄰的狹縫造成的干涉現象，後人稱之為「**雙縫實驗**」。<sup>[10]</sup>在這個實驗中，一束光照射到具有緊挨的兩條狹縫的遮光擋板上，當光穿過狹縫並照射到擋板後面的觀察屏上，可以產生明暗相間的條紋。他把這歸因於光束透過兩條狹縫後繞射產生的干涉現象，並進一步推測光一定具有波動的性質。**奧古斯丁·菲涅耳**則對繞射做了更多權威的計算研究，他的結果分別於1815年<sup>[11]:卷1, 239-281</sup>和1818年<sup>[12]:33-475</sup>被發表，他提到

「這樣，我就展示了人們能夠透過何種方式來構想光以球面波連續不斷地傳播出去……」 ( "J'ai donc montré de quelle façon l'on peut concevoir que la lumière s'étend successivement par des ondes sphériques, ..." ) <sup>[13]:章1,p18</sup>

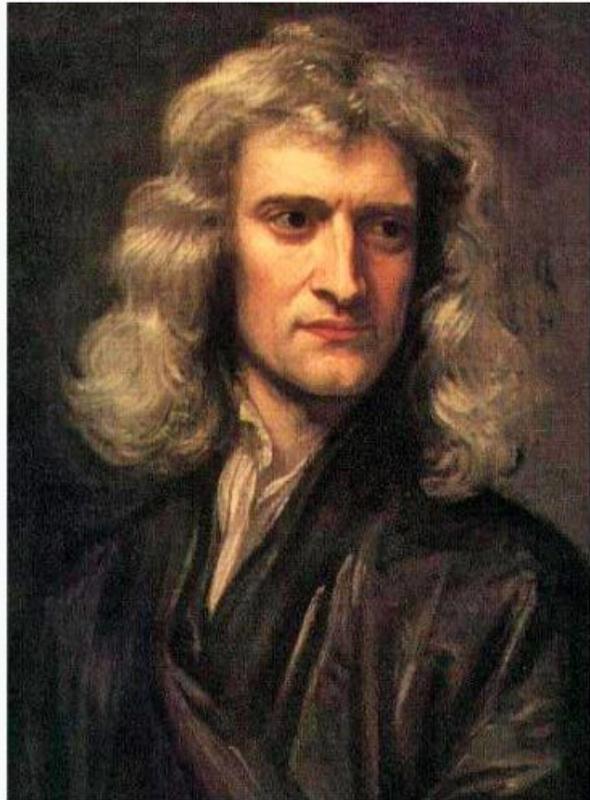


義大利物理學者**弗朗西斯科·格里馬第** ( 1618-1663 )。

## Q1：所以你認為光是粒子？還是波動呢？

# 光的科學

艾薩克·牛頓  
Isaac Newton



戈弗雷·內勒作於1689年



1663-1727 (光是粒子)

Thomas Young



1773-1829 (光是波動)



2024-09-20 星期五 ..... 再見囉！