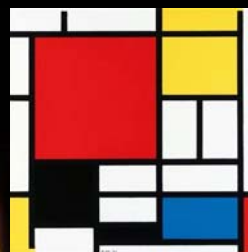


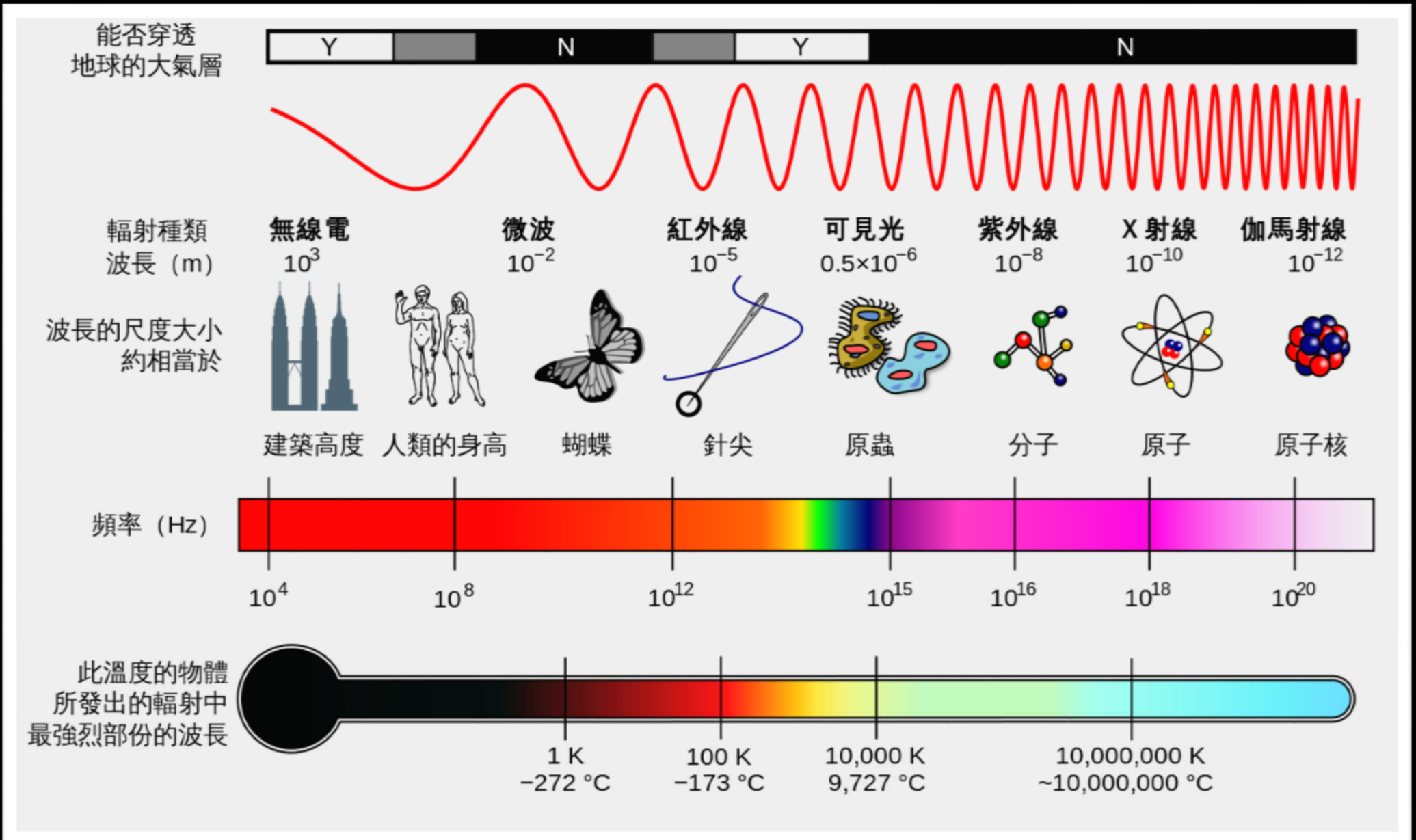
生活中的物質與光譜

Matter and its Spectroscopy in Our Daily Life

光譜學原理及其應用



何謂光 (電磁波)



光 (電磁波) 的應用

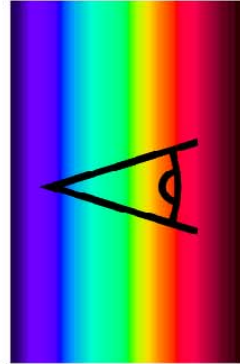
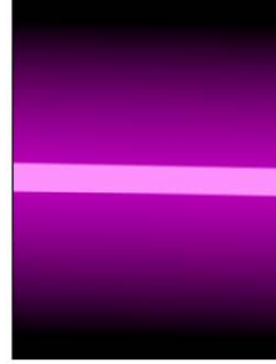
0.01nm



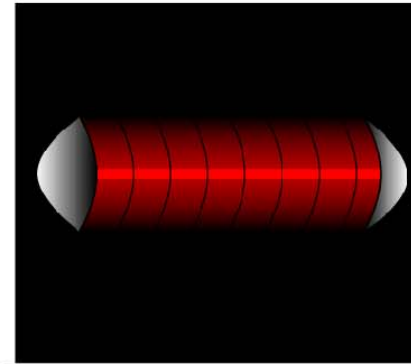
1nm



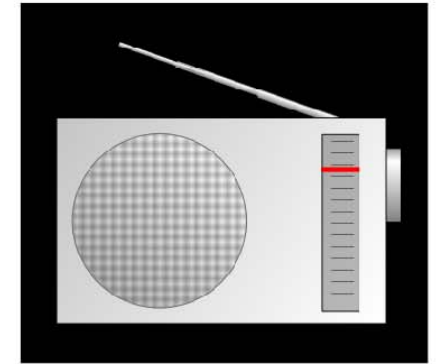
100nm



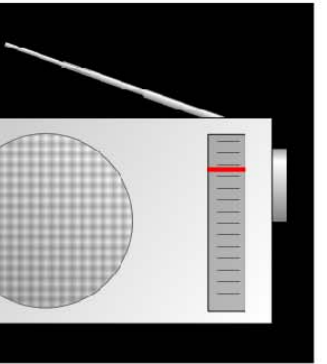
1 μ m



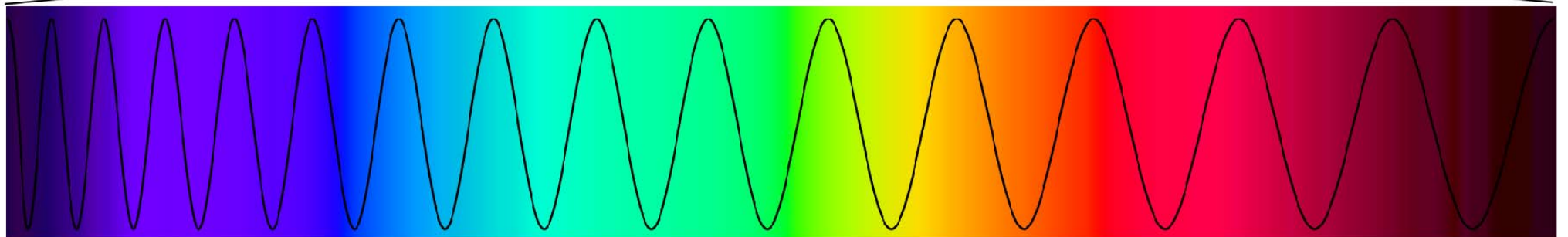
1cm



1m



1km

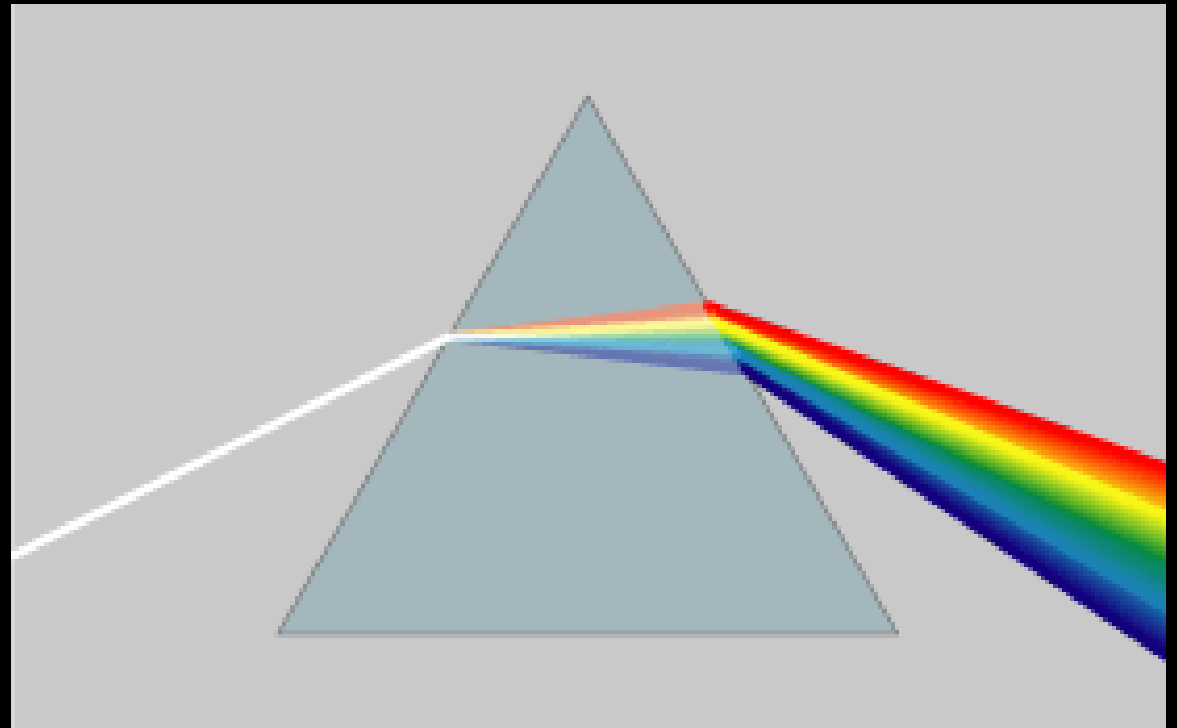


400nm

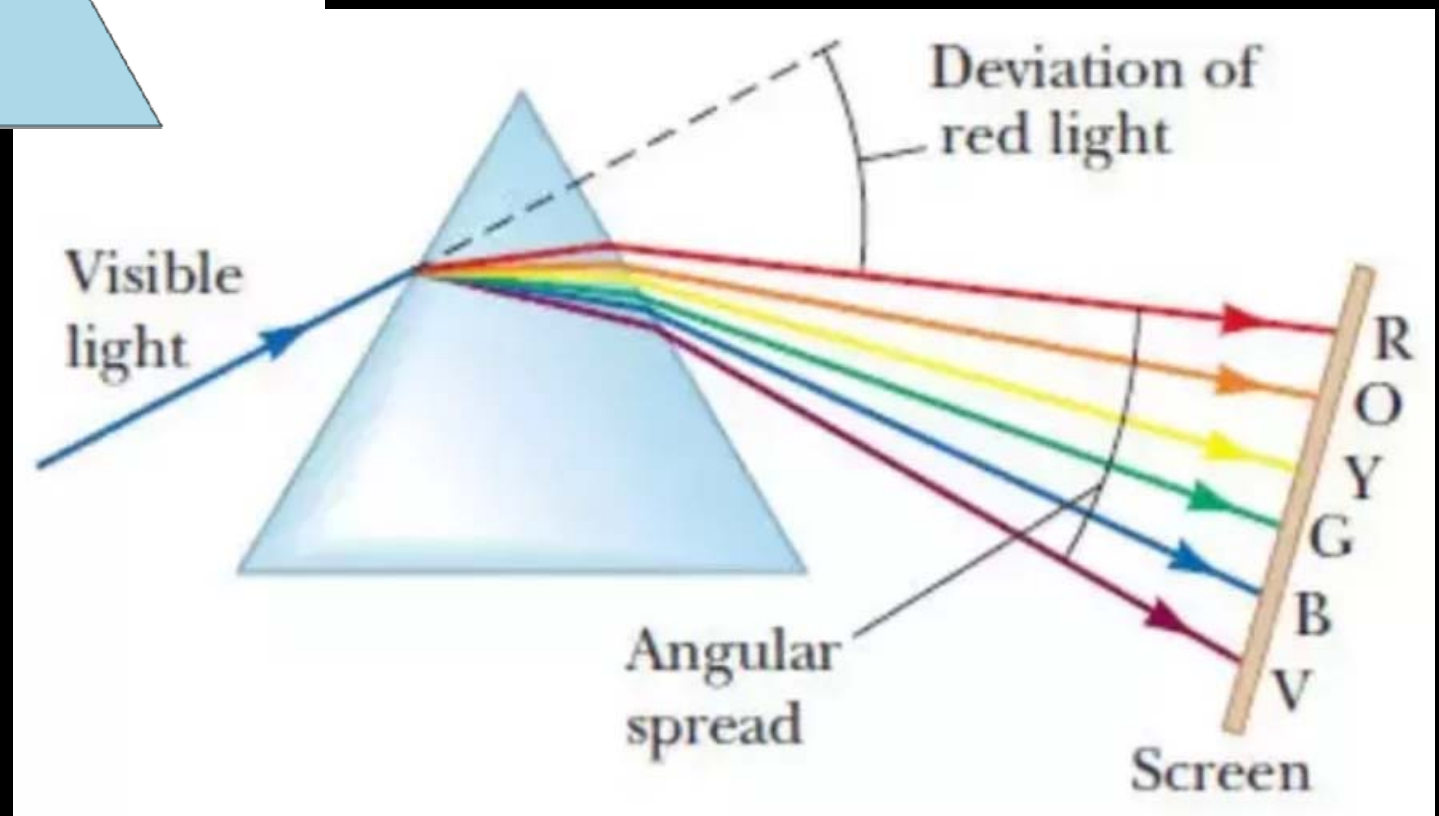
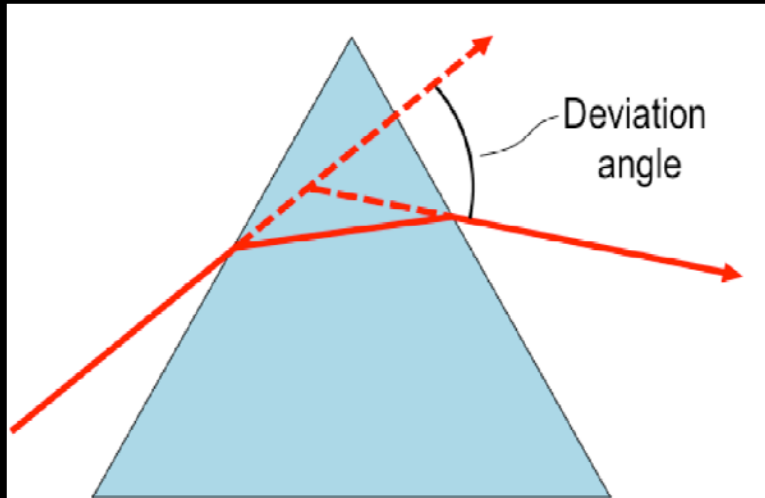
700nm

光的基本特性

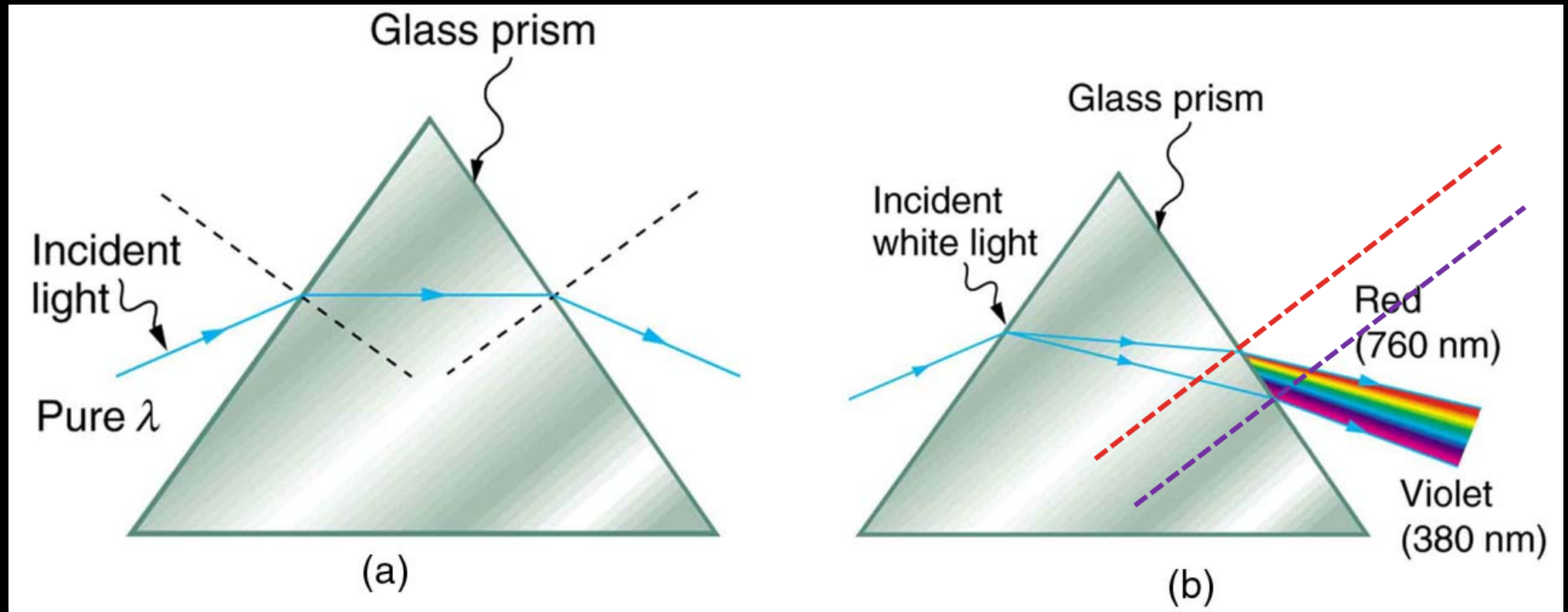
- 光的粒子性與波動性
- 光的反射與折射現象
- 光的干涉與繞射現象
- 光的色散現象
- 光的散射現象



光的色散現象



光的色散現象



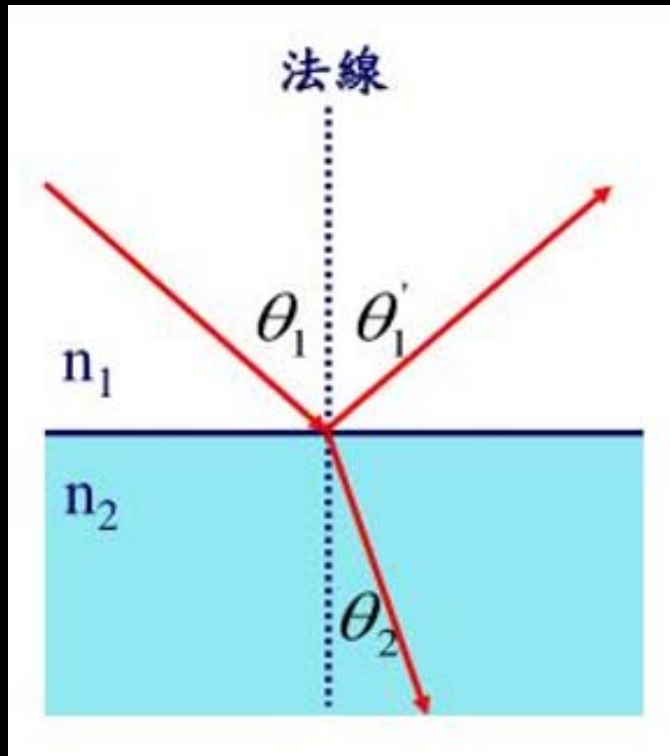
光的色散現象

當考慮 n_2 介質折射率跟光的波長有關：

$n_1=1$ ， $\sin(\theta_1)$ 固定不變， $n_2=n_2(\lambda)$

則不同波長的折射角 $\theta_2(\lambda)$ 就會出現在不同的角度了！

$$\sin(\theta_2) = n_1 \sin(\theta_1) / n_2(\lambda)$$

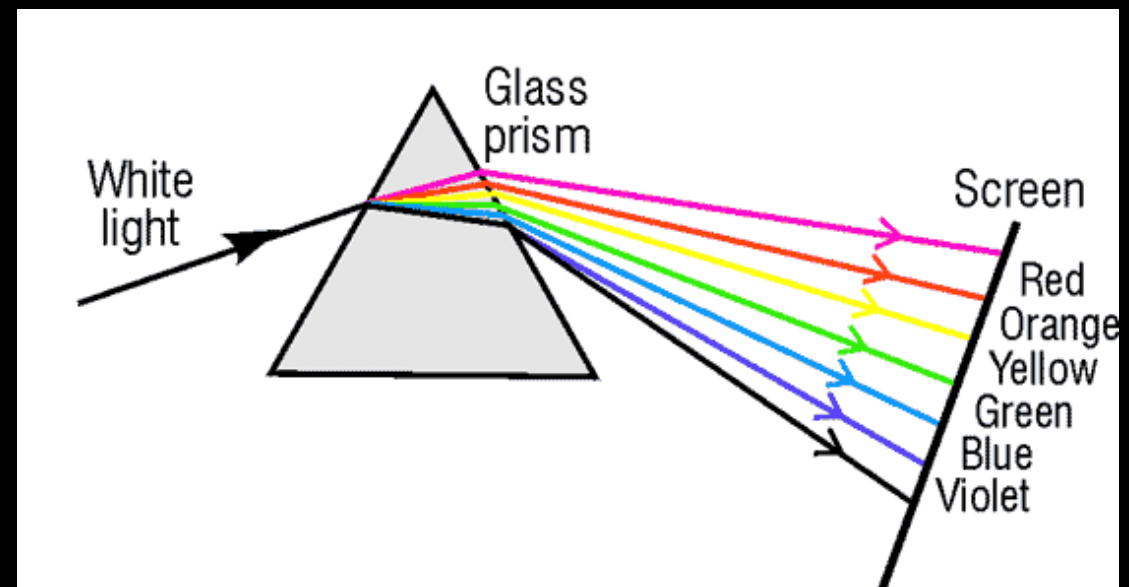


折射定律

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

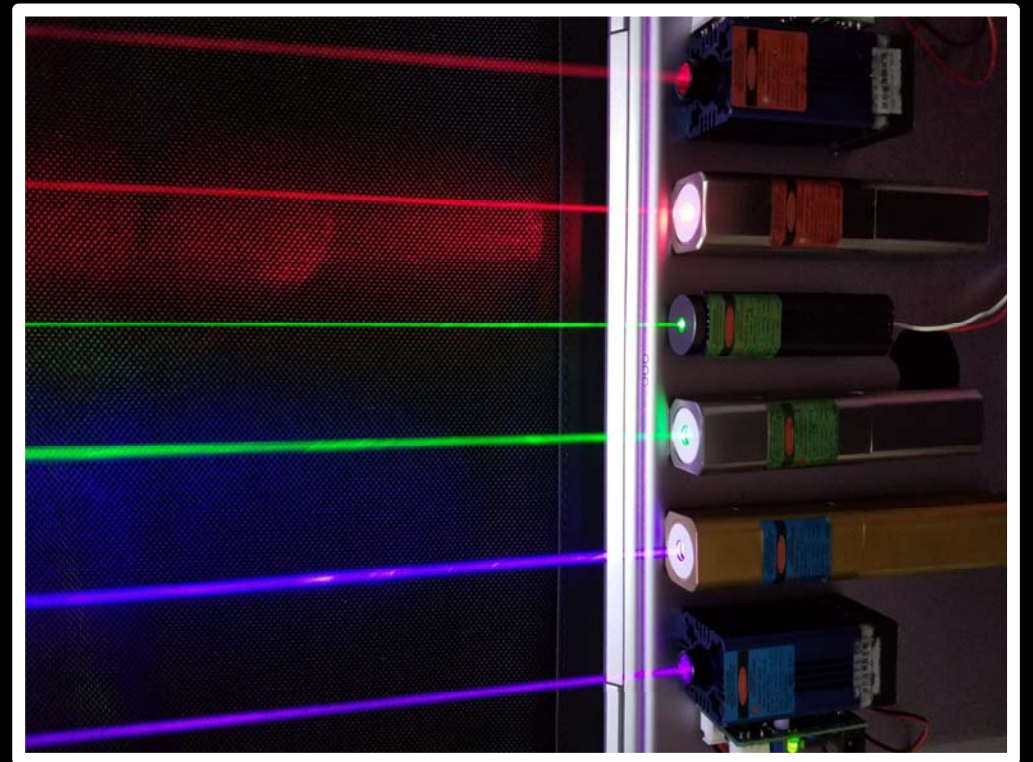
θ_1 : 入射角 θ_2 : 折射角

n_1, n_2 : 不同介質的折射率



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
- 光的色散現象
- 光的散射現象



2021.03.18-22 阿里山區森林大火



光的散射現象

國際

燒掉半個台灣！美國奧勒岡州野火蔓延 50萬人被迫緊急撤離

王穎芝

+ 追蹤

2020-09-11 21:47 4989 人氣

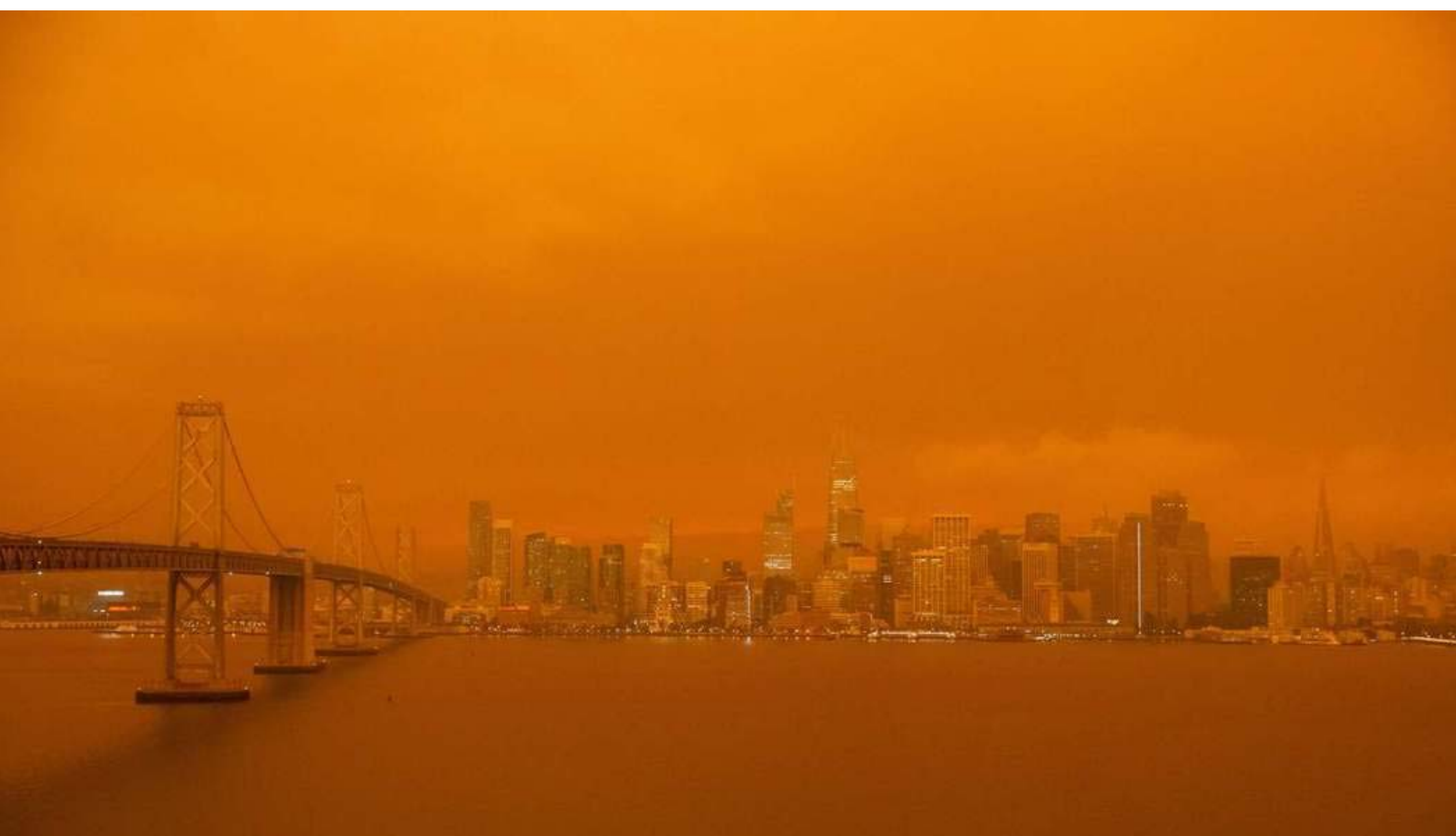


美國西岸不只大面積森林慘遭焦燒，以加州為主的沿岸城市，多日來被數百公里之外飄來的大火煙霧籠罩。圖為舊金山金門大橋。圖 / 美聯社



2020年9月9日，舊金山灣區的天空被末日般的橘紅色浸染，舊金山也創下連續25天的空氣品質警告紀錄。圖 / 法新社





2020年9月9日 無論是舊金山灣區象徵標的的金門大橋、還是從金銀島 (Treasure Island) 眺望整個舊金山，街角路口都是一片不祥的豔紅橘色，宛如電影《銀翼殺手2049》的場景調色。圖為從金銀島眺望舊金山。圖 / 法新社

瑞利散射

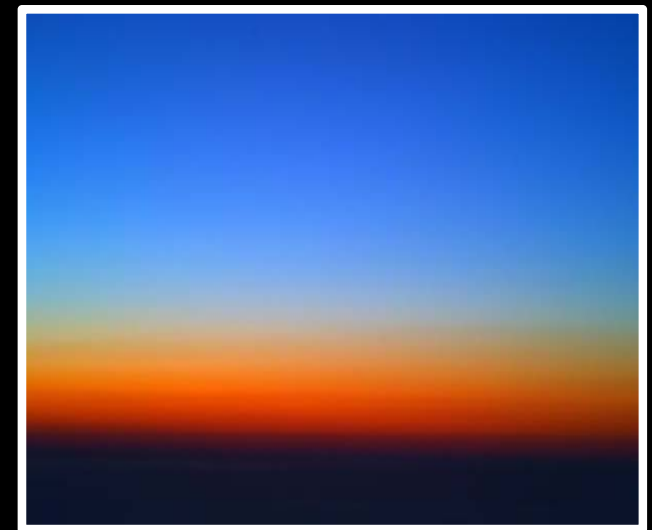
瑞利散射 (Rayleigh scattering)，由英國物理學家約翰·斯特拉特，第三代瑞利男爵 (John Strutt, 3rd Baron Rayleigh) 的名字命名。它是半徑比光或其他電磁輻射的波長小很多的微小顆粒 (例如單個原子或分子) 對入射光束的散射。瑞利散射在光通過透明的固體和液體時都會發生，但以氣體最為顯著。在大氣中，太陽光的瑞利散射會導致瀰漫天空輻射，這也是天空為藍色和太陽偏黃色的原因。

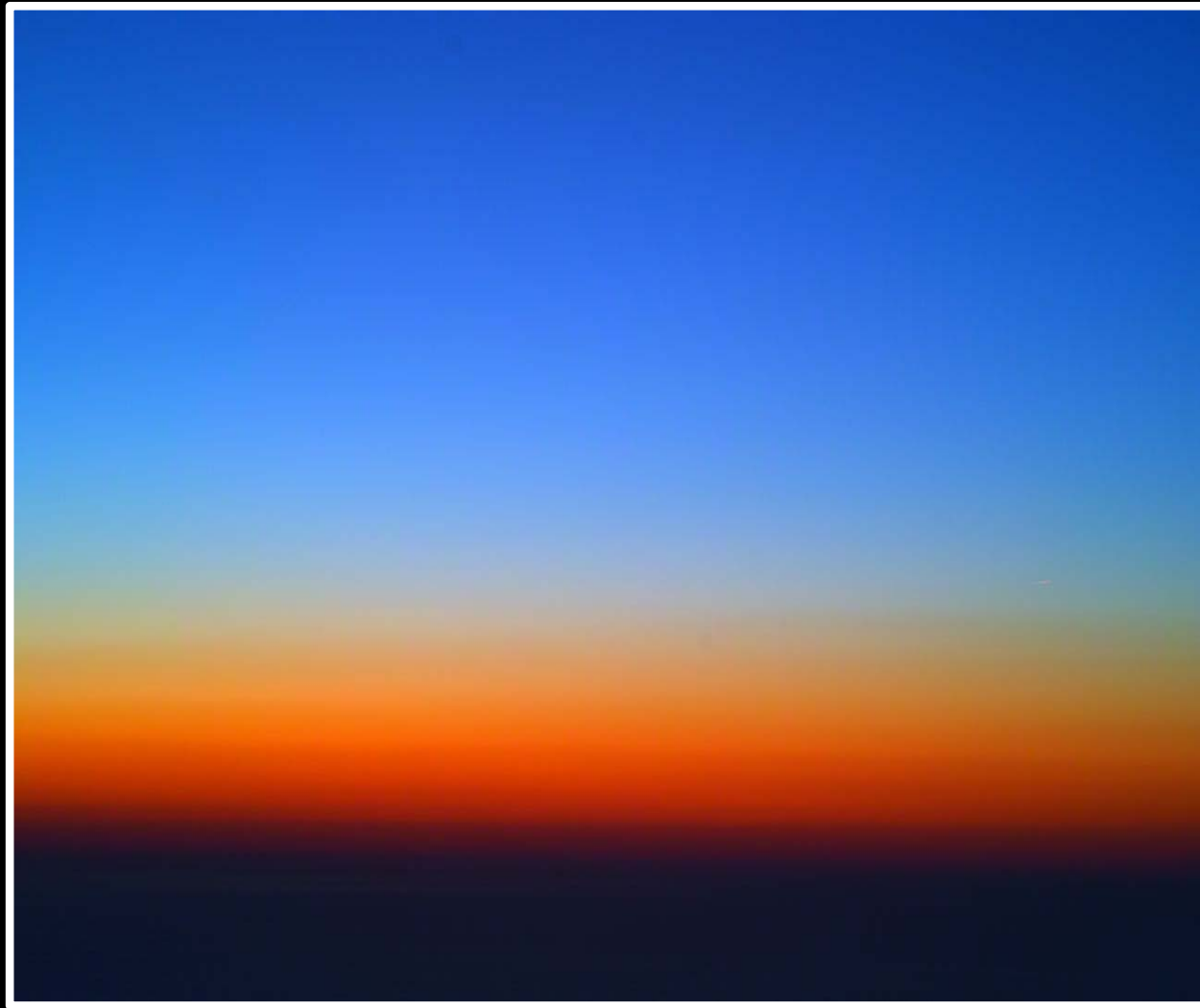
瑞利散射光的強度和入射光波長 λ 的四次方成反比：

$$I(\lambda)_{scattering} \propto \frac{I(\lambda)_{incident}}{\lambda^4}$$

其中 $I(\lambda)_{incident}$ 為入射光的光強分布函數。

因此，波長較短的藍光比波長較長的紅光更易產生瑞利散射。





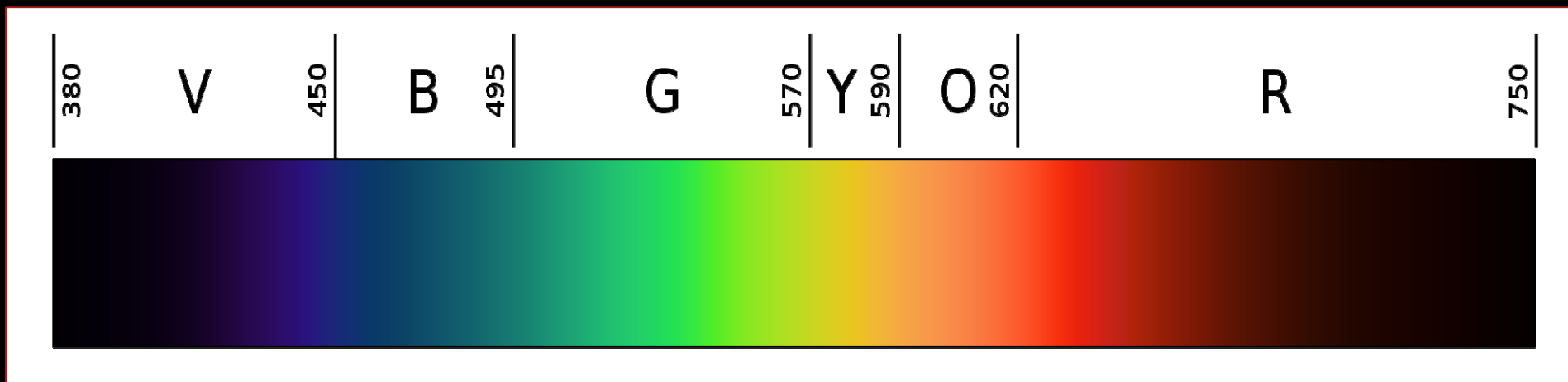
Q1: 當傍晚時刻太陽已下山,請問為何接近地平線的天空顏色呈現橘紅色? 然而隨著視角愈高天空的顏色逐漸變成藍紫色呢?

何謂光譜？

歷史 西元1666年，牛頓發現：太陽光(或日光燈等白色光)通過三稜鏡折射後，會被折射分散成紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等七種主要顏色的彩色光 → 稱為光的色散現象，而在空間中分散出來的可見光帶即可稱之為「**光譜**」。

光譜學 透過探討物質吸收、發射、或散射的光、聲或粒子來了解物質的特性；也可被定義為研究**光和物質相互作用**的一門學科 (Spectroscopy)。

光譜種類 根據光譜的波長範圍分類：紫外光譜、可見光譜、紅外光譜。根據光譜產生的方式分類：發射光譜、吸收光譜、散射光譜。





光譜分類

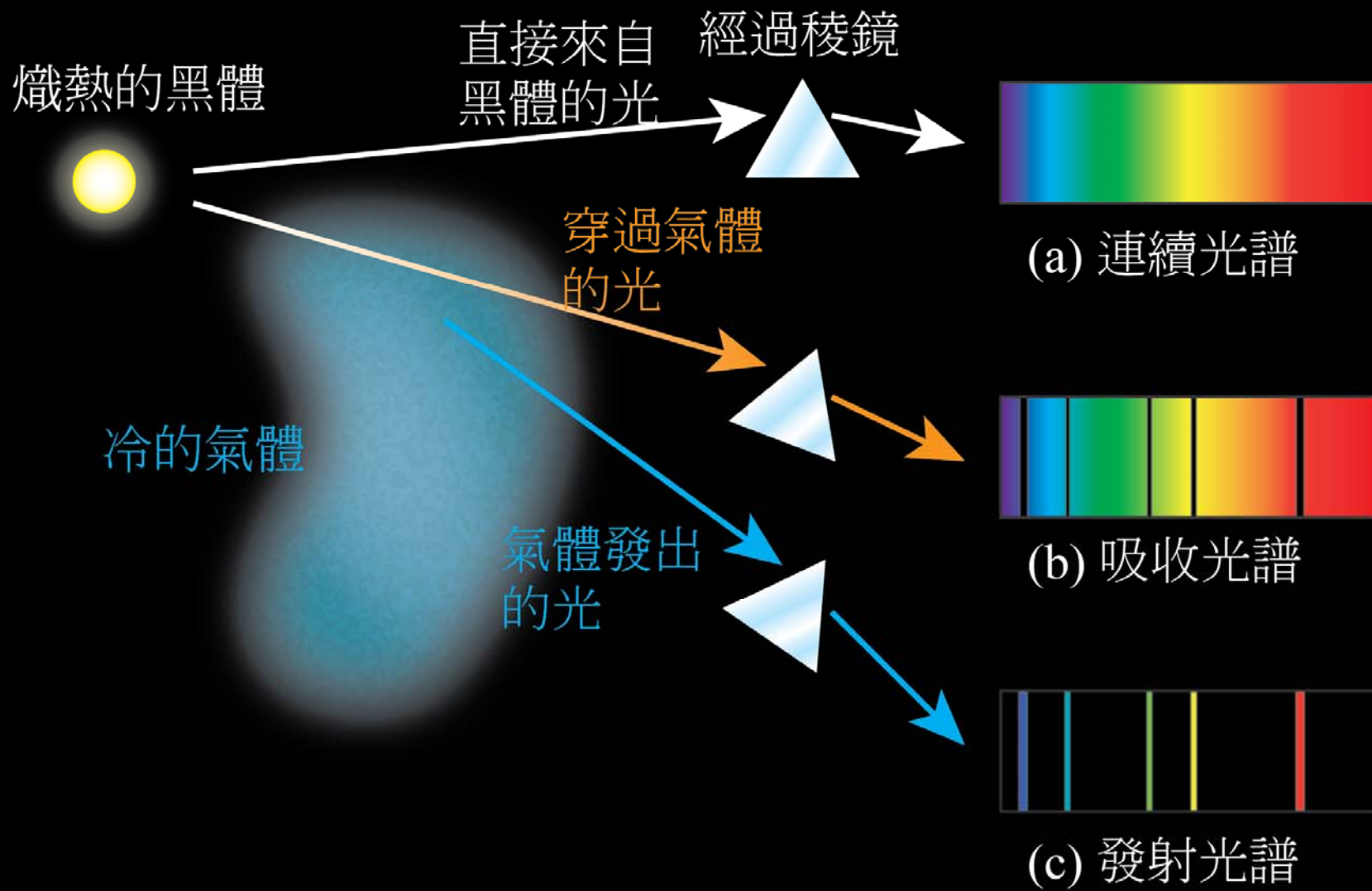
根據光譜產生方式可分類

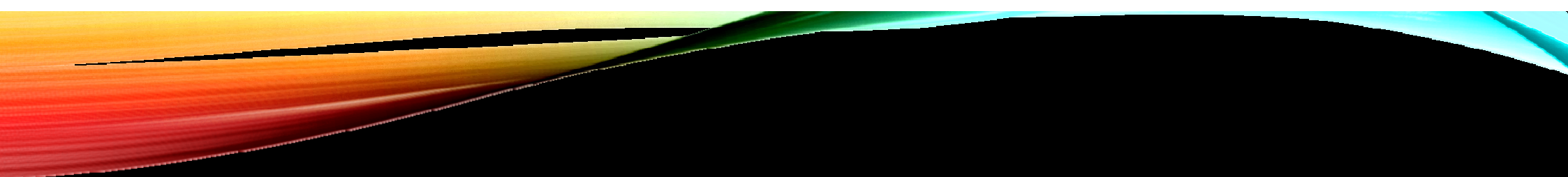
發射光譜 有的物體能自行發光，由它直接產生的光形成的光譜叫做發射光譜。可分為三種不同類別的光譜：線狀光譜、帶狀光譜和連續光譜。**線狀光譜**主要產生於原子，由一些不連續的亮線組成；**帶狀光譜**主要產生於分子，由一些密集的某個波長範圍內的光組成；**連續光譜**則主要產生於白熾的固體、液體或高壓氣體受激發發射電磁輻射，由連續分布的一切波長的光組成。

吸收光譜 在白光通過物體時，物體將從通過它的白光中吸收與其特徵譜線波長相同的光，使白光形成的連續譜中出現暗線。此時，這種在連續光譜中某些波長的光被物質吸收後產生的光譜被稱作**吸收光譜**。NOTE: **吸收光譜**常需透過量測**反射光譜**及**穿透光譜**來獲得。在光照射下，物質對光的吸收率 (A)、反射率 (R)、及穿透率(T) 之間，存在數學上互補的關係： $A+R+T=1$ 。

散射光譜 當光照射到物質上時，會發生非彈性散射，在散射光中除有與激發光波長相同的彈性成分（**瑞利散射**）外，還有比激發光波長長的和短的成分，後一現象統稱為拉曼效應。這種現象於1928年由印度科學家拉曼所發現，因此這種產生新波長的光的散射被稱為拉曼散射，所產生的光譜被稱為**拉曼光譜**或拉曼散射光譜。

各式光譜如何產生





Q2: 根據光譜產生的方式, 請問可以將物質的光譜分成哪些類型呢?

如何觀測光譜

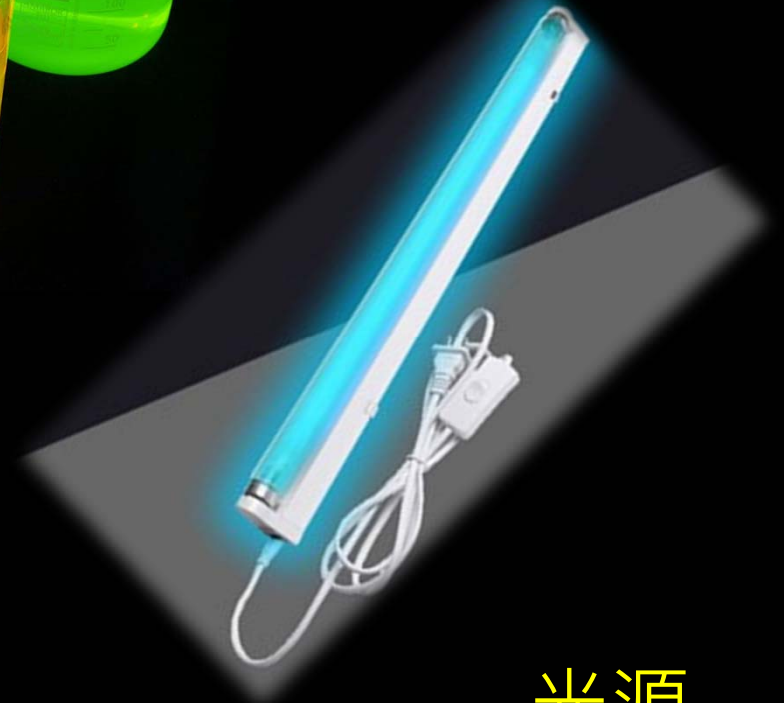
光譜偵測器



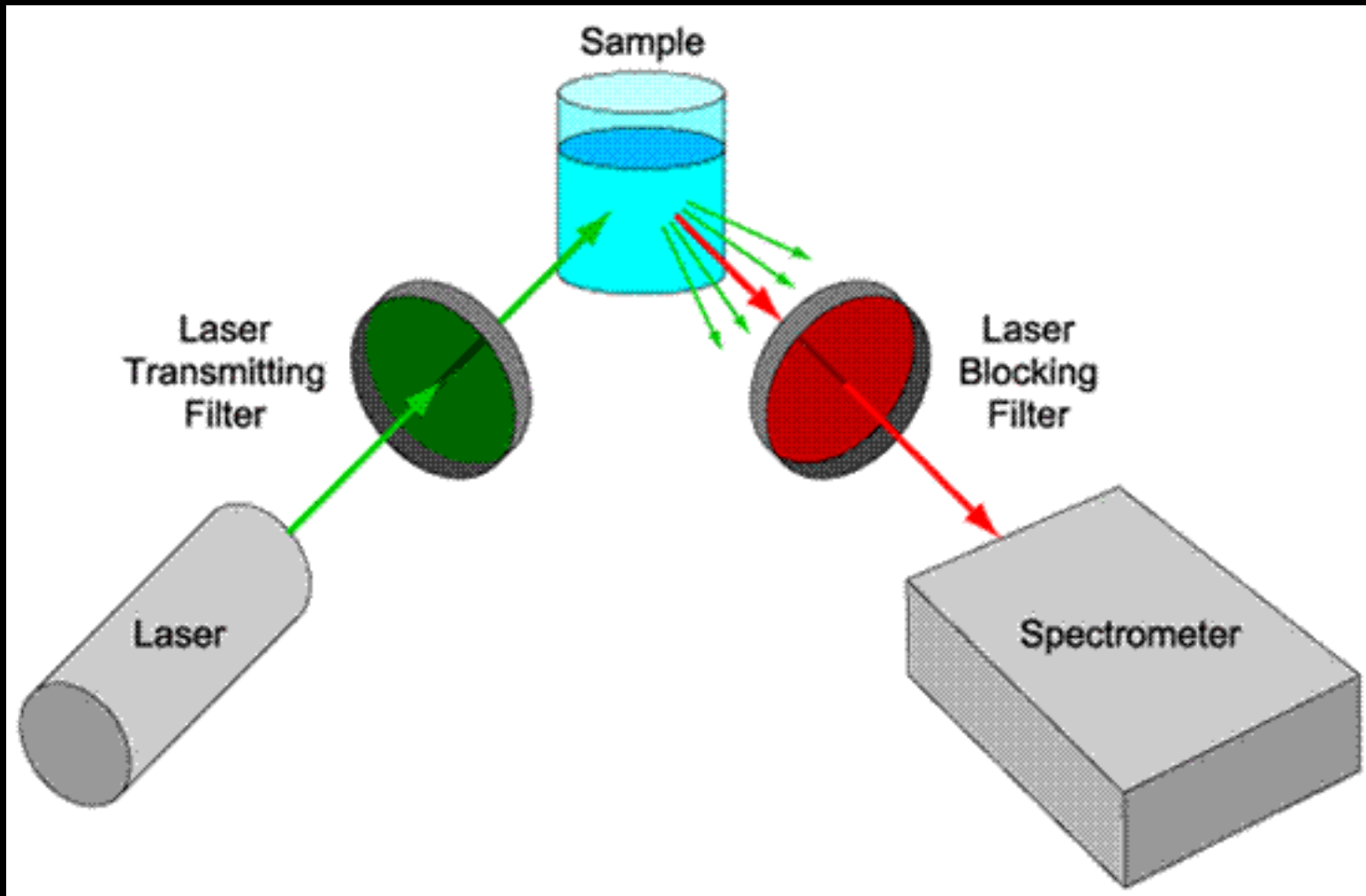
待測物質



光源

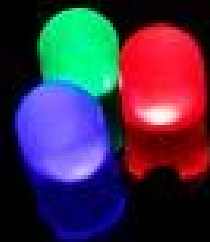
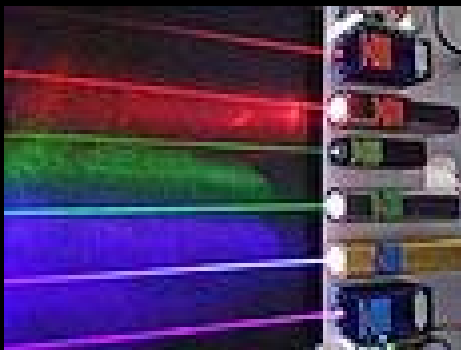
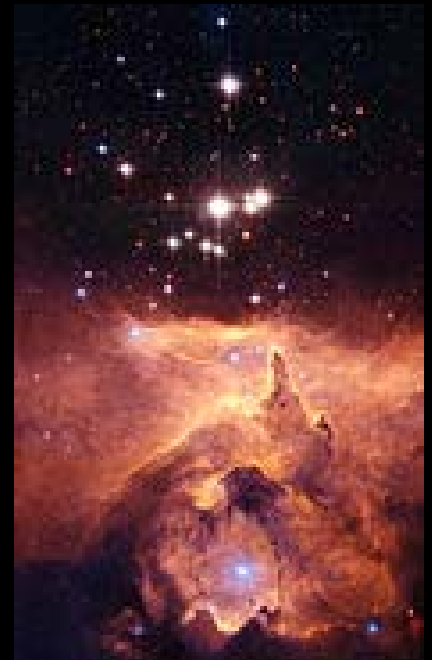
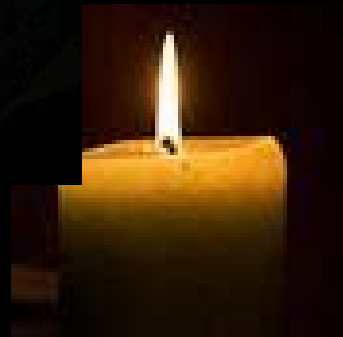
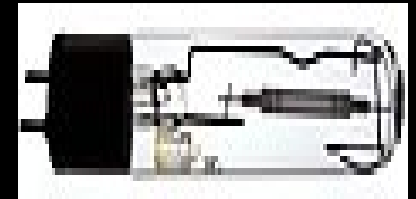


雷射光譜量測技術

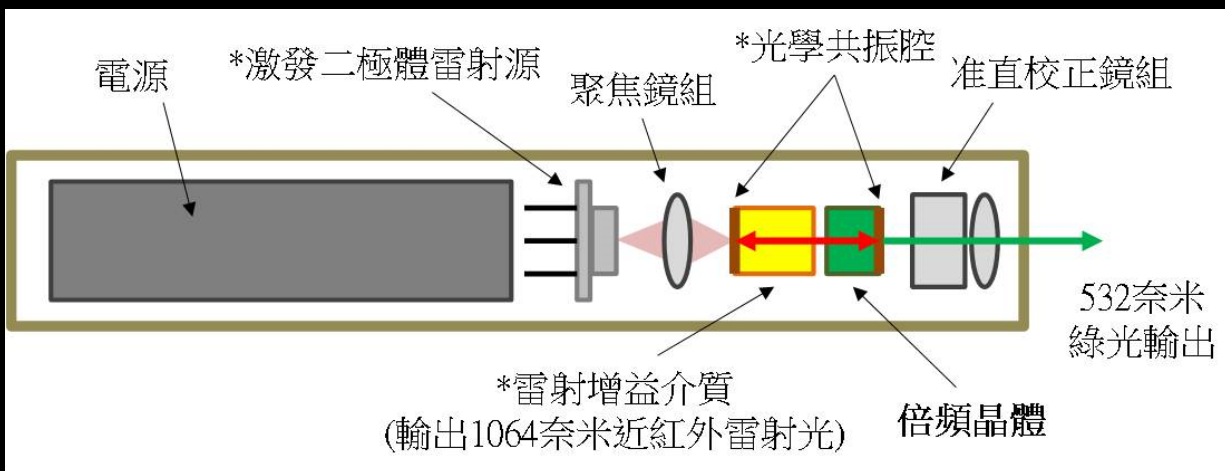
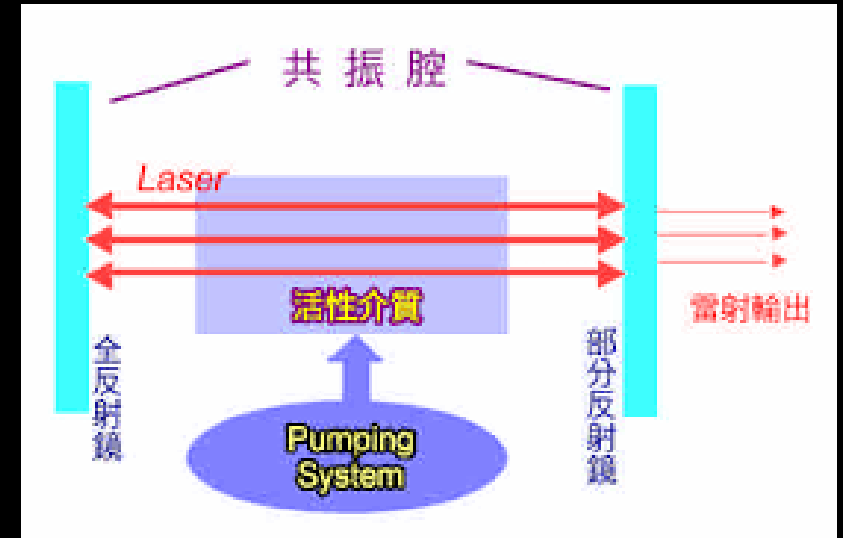
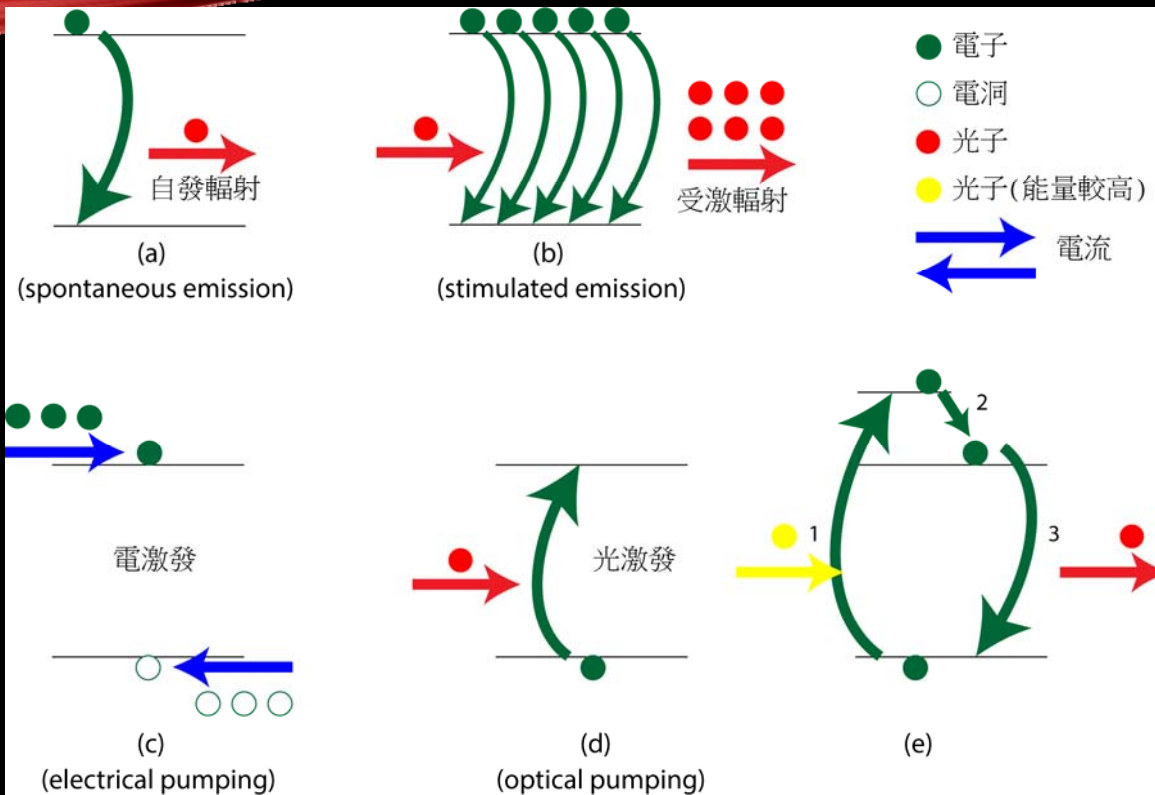


光源的種類

- 傳統光源 燭光、白熾燈泡、日光燈、鹵素燈、鈉燈、霓虹燈
- LED 光源 發光二極體
- 雷射光源



雷射工作原理



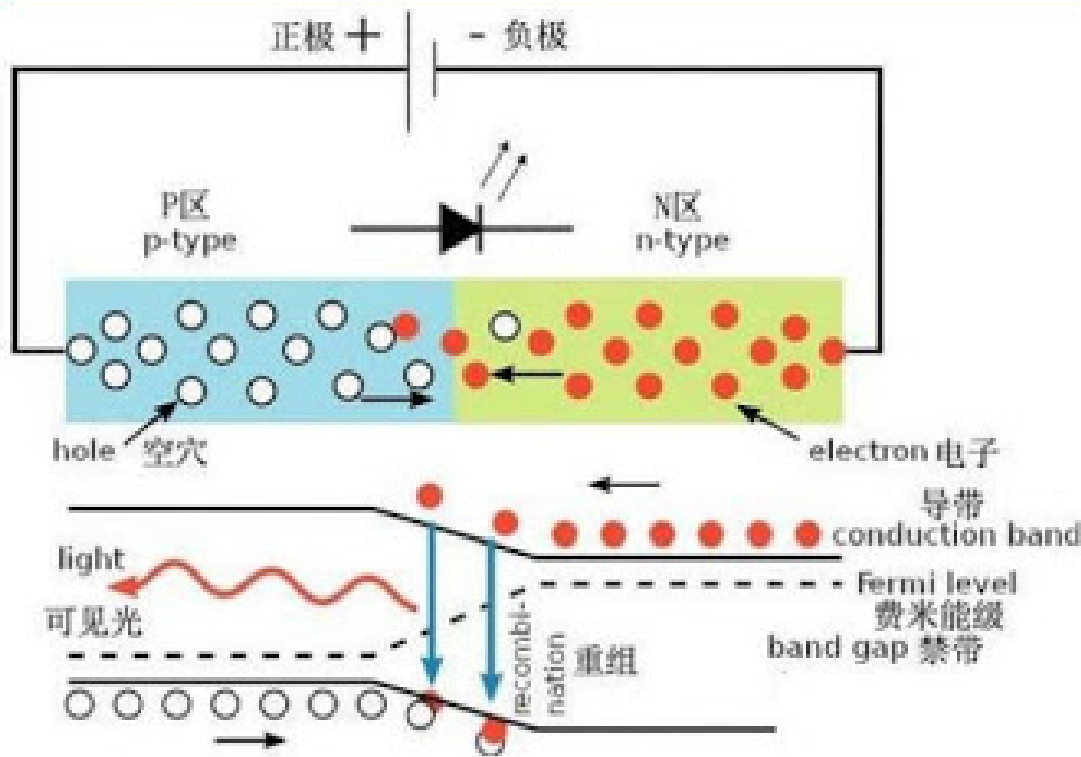
雷射光的特性

- 單色光 (Monochromatic Light)
- 低發散 (Low Divergence)
- 同調光 (Coherent Light)
- 高密度 (Light with high Intensity)

LED 工作原理

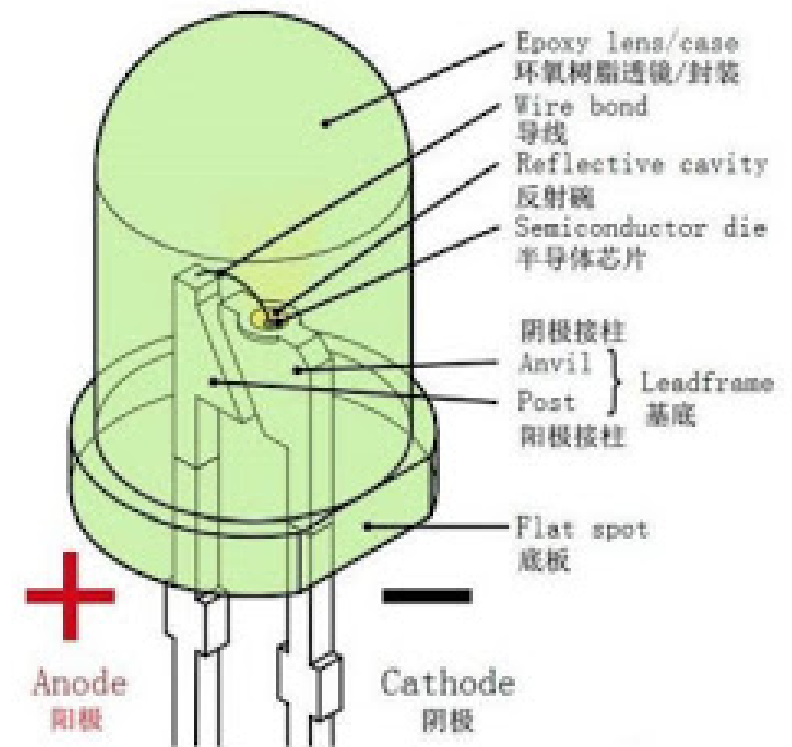


图表1: LED 发光原理示意图



资料来源: 中关村在线, 华泰证券研究所

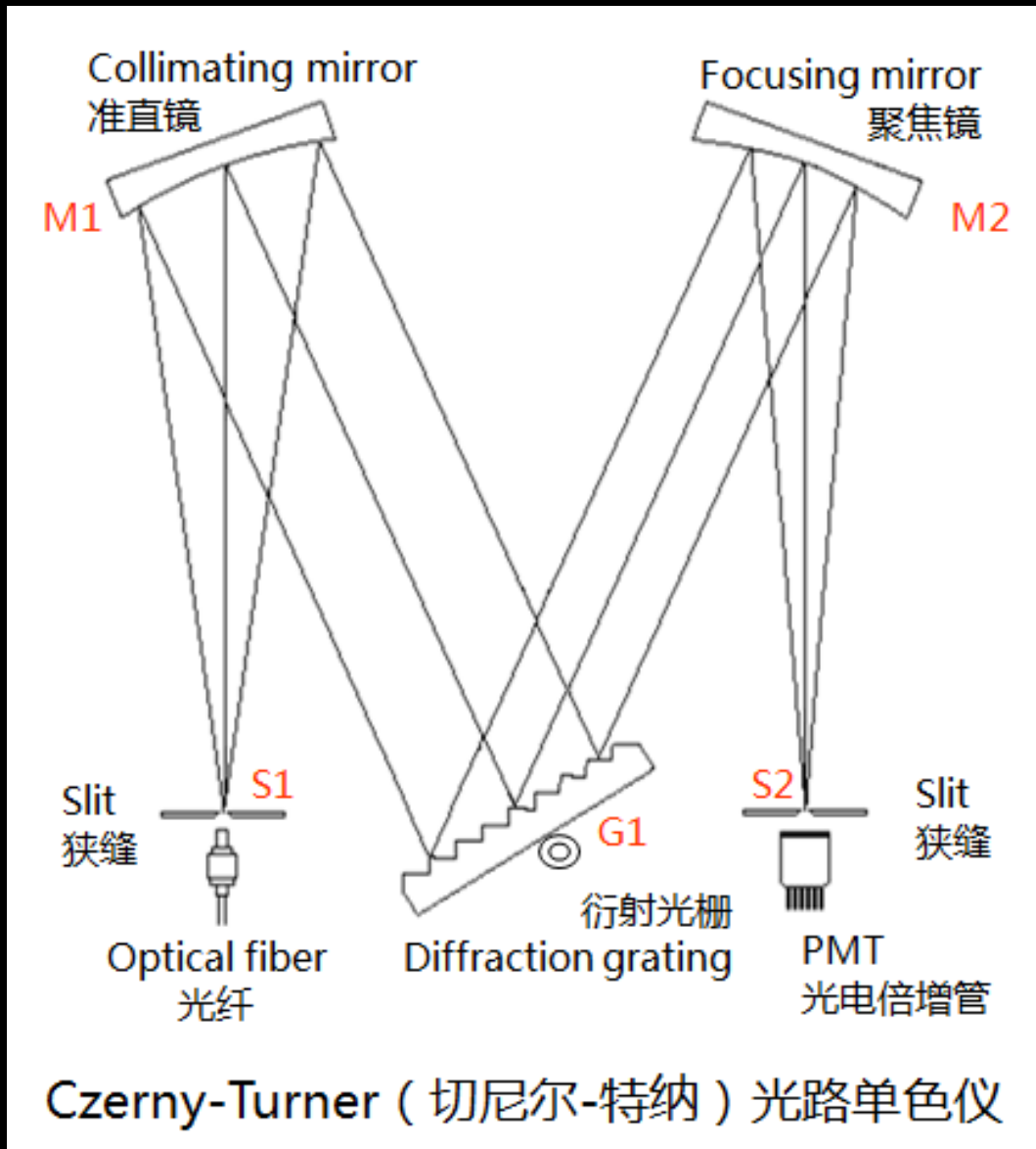
图表2: 典型的直插式封装 LED 结构示意图



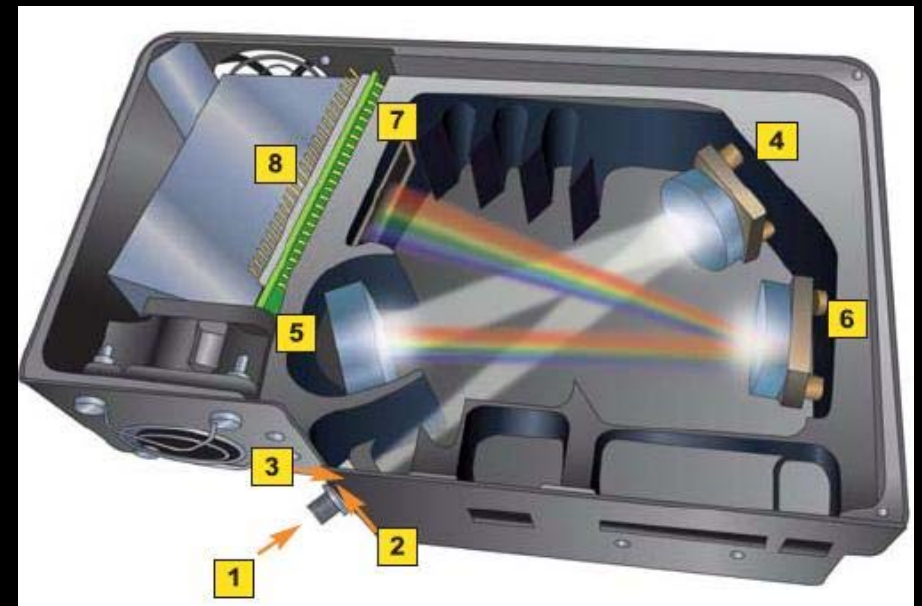
资料来源: 中关村在线, 华泰证券研究所

Q2: 請描述發光二極體 (LED) 的工作原理

光譜儀的工作原理

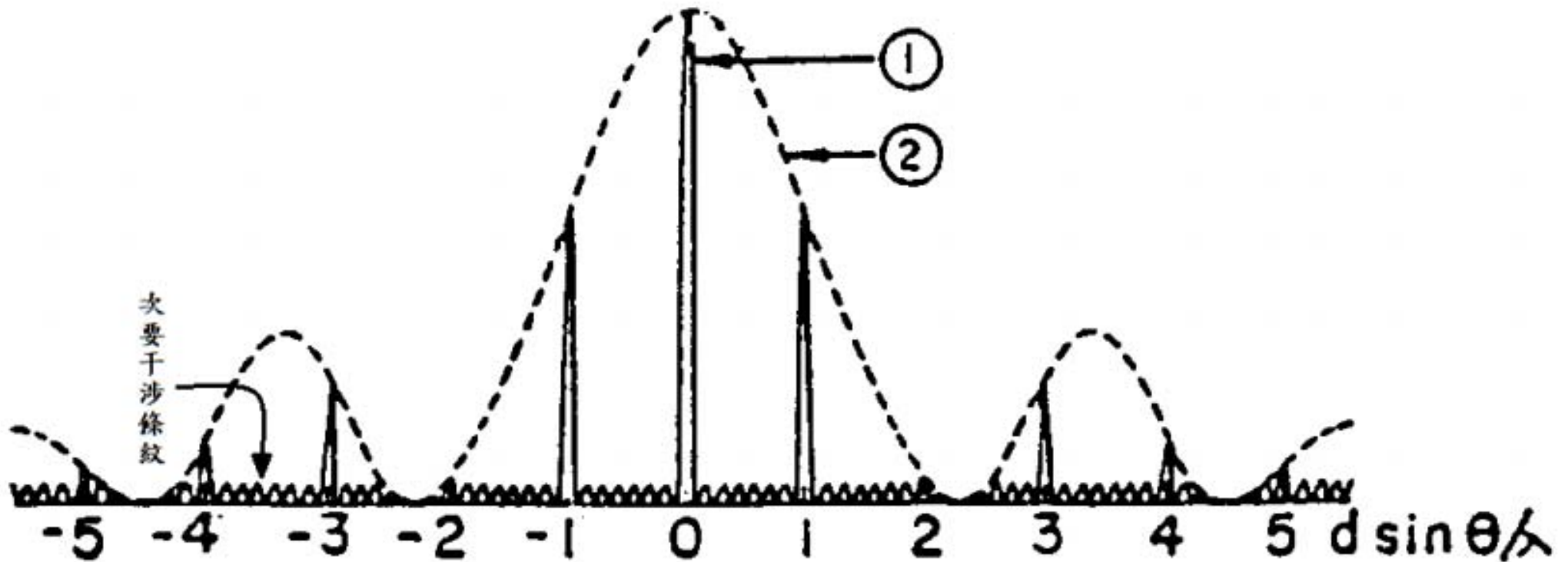


- 收光系統
- 光柵分光
- 光偵測器



多狹縫的干涉&繞射

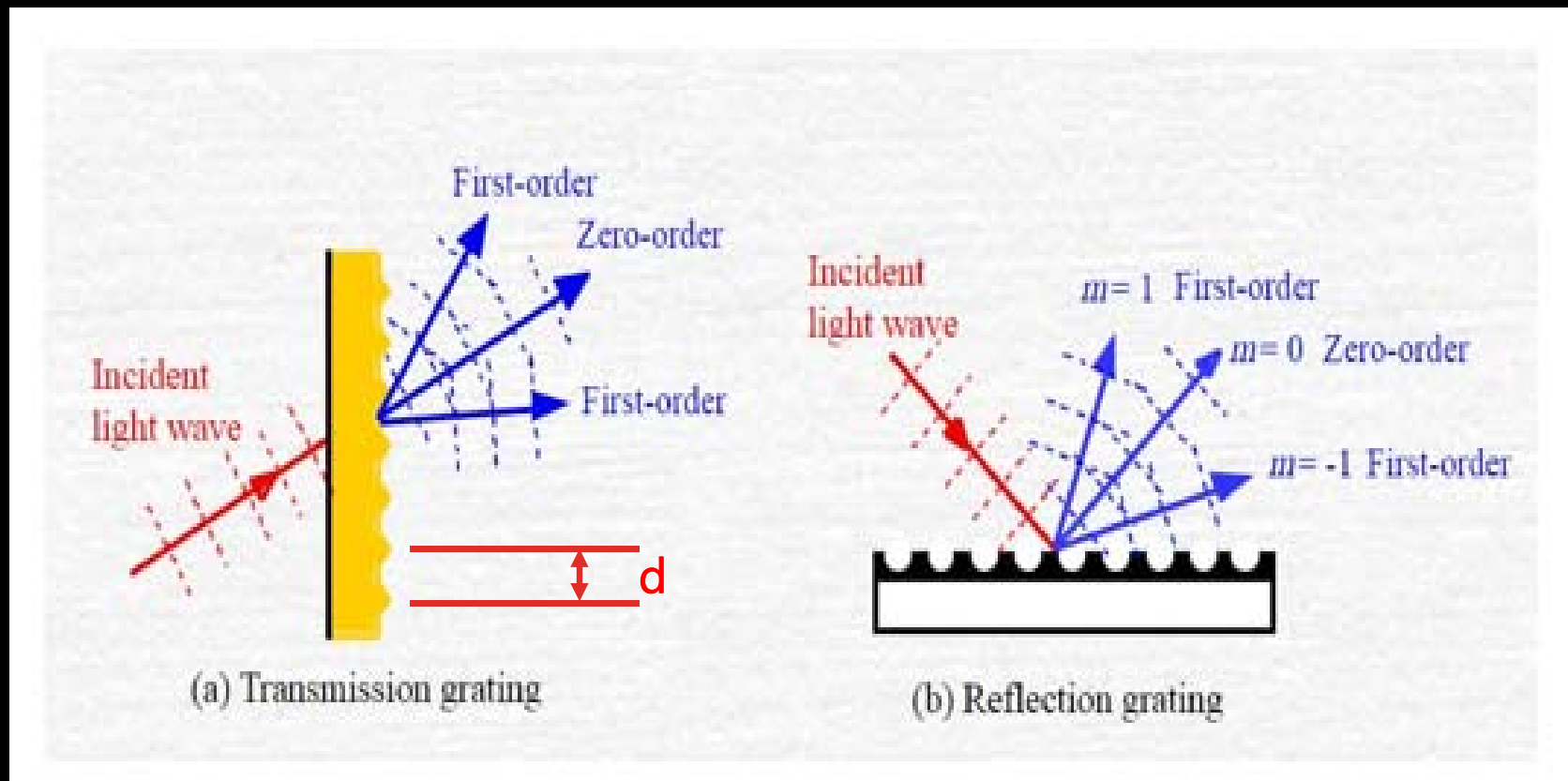
光透過一系列寬度相同，互相平行且等距離的狹縫後，形成一系列相同的繞射紋。若狹縫之間的距離很小，這一系列的光束會重疊而互相干涉，使繞射紋裡出現非常狹窄的干涉亮紋。當狹縫的數目極多時，主要的干涉亮紋會變得非常狹窄而明亮，次要干涉亮紋會變得微弱而不可見，也就是說，這時候光被集中在狹窄的亮紋上。其實多狹縫原理跟雙狹縫原理一樣，唯一差在多狹縫有更多的干涉，造成亮紋更狹窄。下圖為理想多狹縫($N \gg 2$)的干涉圖案，這裡一樣必須考慮單狹縫繞射情形。



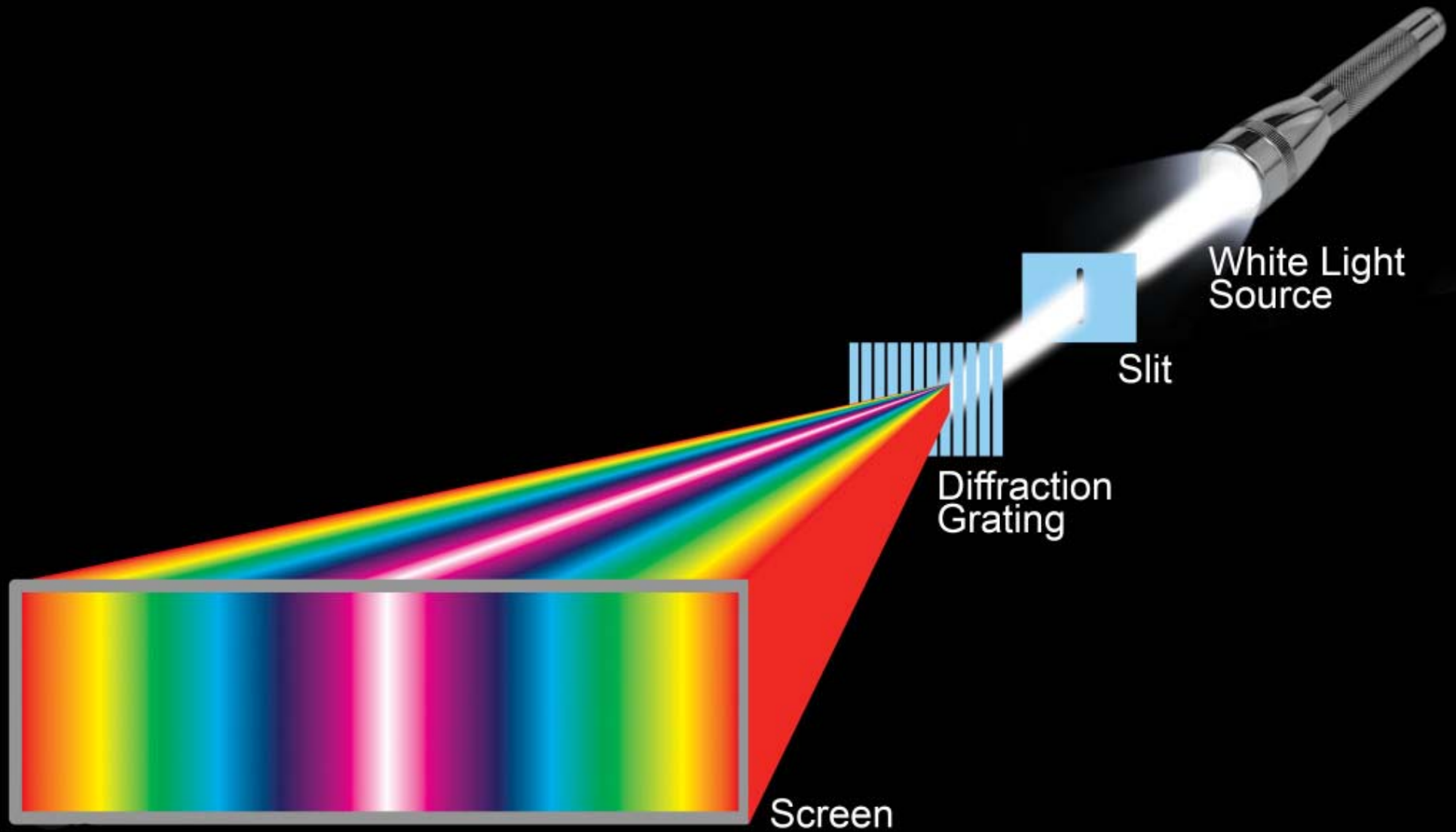
光柵的分光原理

考慮多狹縫的干涉與繞射：當狹縫數極多時，各波長的主要的干涉亮紋會變得非常狹窄而明亮次要干涉亮紋會變得微弱甚至不可見。這時候入射波長的光會被集中到狹窄的亮紋上，光柵即是利用此原理來獲得入射光的光譜分佈：

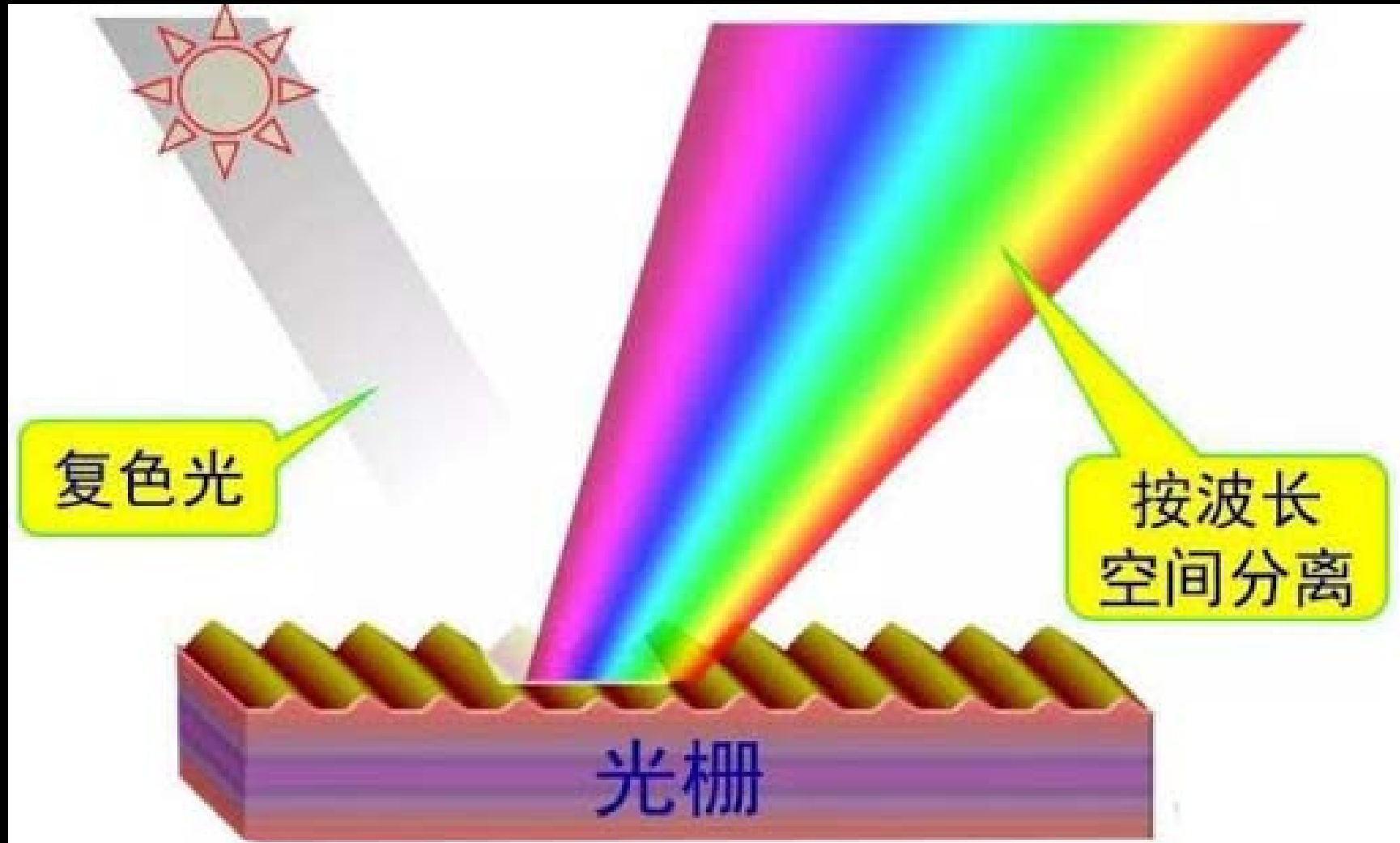
$$\sin(\theta) = N \lambda / d, \quad \text{其中 } d \text{ 為相鄰狹縫之間的距離}$$



穿透式光栅分光



反射式光栅分光



課堂演示：光的色散現象

- 稜鏡分光 (白光LED)
- 反射式光柵分光 (白光 LED)

Q 3：請問「稜鏡分光」與「光柵分光」的光學原理有何不同？

雷射光譜技術的應用領域

- ◆ Polymers and Chemical Processes
- ◆ Bioscience and Medical Diagnosis
- ◆ Semiconductor Industry
- ◆ Renewable energy industry
- ◆ Geology and Mineralogy
- ◆ Pharmaceutical Industry
- ◆ Environmental Science
- ◆ Forensic Analysis
- ◆ Food & Agriculture Industry
- ◆ Gemology
- ◆ Research and Education

