

光地圖

THE LIGHT MAP

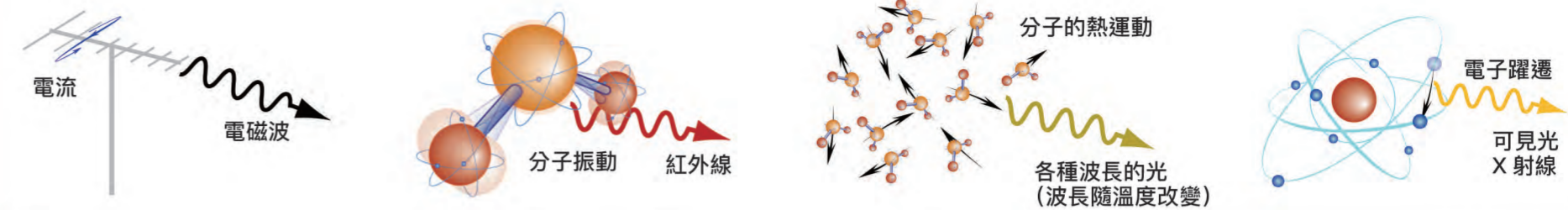
光，一直存在於整個自然界，它承載所有植物、生物、人類的生命與生活。太陽光，為地球帶來溫暖，成為植物光合作用的能量；日光燈和電燈照亮我們的生活；雷射光則可運用於材料的加工、手術及醫療的施行。

傳送收音機、電視、手機訊號的電磁波、微波爐的微波、電暖爐和電熱線加熱用的紅外線、讓皮膚曬黑及具殺菌作用的紫外線、X光片的X射線、原子核的γ射線（以下稱伽馬射線）等，這些全都是光的好朋友。

這份光地圖，整理了光在自然界和生活中的製造方式及各項用途。

光的來源

光到底來自何方？光子（Photon），是電荷加速度運動下的產物。天線中的電子振動時，會產生低周波（低頻）的電磁波；多原子組成的分子中，原子間相互運動（分子振動）時，原子內部的電子也隨之振動，產生光，這就是紅外線。水與空氣的溫度升高時，水分子劇烈轉動，電子也跟著同時運動，進而產生光。由於分子振動隨機發生，釋放熱能的光線（黑體輻射）並非單色光，而是各種頻率的光，溫度和光的頻率相互對應。環繞原子周圍轉動的電子，移到不同軌道（電子遷移躍遷）時，便產生光，是此為高振動頻率的可見光。而當原子內層電子遷移躍遷時，則會產生X射線。

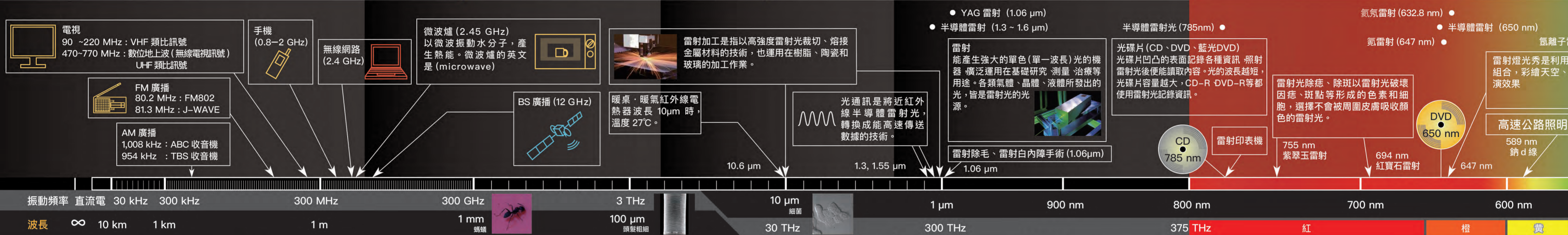


光波

光以「波」的形態在方向垂直的方向上，電場與磁場是垂直的。波長是振動1次期間，光在真空即光速。真空中的光速固定不變。

光粒子

當光強度變得極強時，是由大量的光子顆粒。光的明暗取決於光子的密度。每個光子攜帶能量。



電電波區（電波也是光）

以天線收發訊號

無線電控制以無線電波（radio wave）操控

IC卡
乘車更輕鬆

雷達照射電波後，檢測反射波，可捕捉飛機的位置、觀測降雨和降雪形。隱形戰鬥機的造型奇特、機身塗有吸收電波物質，能抑止電波反射。

NMR / MRI（核磁共振成像）
利用磁場與電波，將身體內部顯影於切片上。有助於腦梗塞的早期發現。

取締超速也是雷達原理的應用。

遠紅外線

低溫黑體輻射

電波望遠鏡
能檢測波長介於1mm~1cm之間電波的望遠鏡，設於日本國內野邊山的電波觀測站，用來觀察極低溫的星際瓦斯氣體等產生的黑體輻射。

太赫茲波能穿透各種物質，且對人體的影響比X射線低，是未來可能取代X射線的安全檢查技術。

黑體輻射
物體隨其溫度變化，釋放各種波長光線的現象，稱為黑體輻射。

中紅外線

能看到分子振動、晶格振動、有機物分子

有機物分子的指紋區中紅外線分子振動能階豐富，稱為有機物分子的「指紋區」。

二氣化碳（C=O 基）：4.3 μm
水、酒精（O-H 基）：2.9 μm
甲烷（C-H 伸縮振動）：3.3 μm
甲苯（苯環）：6.7 μm

昂星望遠鏡
位於夏威夷島的日本國家大型天體望遠鏡，利用可見光中的中紅外線探索太空，反射鏡直徑長 8.2 公尺，是世界最大等級。

近紅外線

不會與物質相互作用、物質透明可見領域（應用於光通訊）

監視照相機（夜視）
即照射近紅外線的照相機檢測。人眼看不到該波長，在黑暗中也不會被發現，除了防止犯罪外，也做軍事用途。

感測器・遠紅外線通訊（IrDA）
舉凡自動門及廁所、照明用感測器、電視及音響遙控器、電腦通訊等，皆使用遠紅外線。

回收辨識
利用近紅外線區域上吸收光譜的差異性，辨識各種塑膠種類，再回收利用。

可見光

人眼看得到的光、外殼層電子遷移能

楓葉
花青素 (anthocyanin)、類胡蘿蔔素 (carotenoid)、葉綠素 (chlorophyll)。一到秋天，葉綠素分解，樹葉變成類胡蘿蔔素的黃色，之後合成花青素，變成紅色。

光合作用時，葉綠素主要吸收波長 650 ~ 700nm 的光，把二氧化碳和水合成碳水化合物。

螢火蟲的光來自螢光素，發光時幾乎不會產生熱能。

不可見光

人眼看不到的光、外殼層電子遷移能

3次元奈米加工處理，使用近紅外脈衝雷射光，以比光的波長還小100nm的解析度，來達成立體加工。

太陽電池可用於電子計算機、手錶、街燈，甚至人造衛星，是光能轉化的綠色發電。

天蠶座心宿二的黑體輻射，接近800nm (3,500°C) 呈現紅色。

紅寶石的紅，是混合物一鎂的顏色，全世界第一道雷射光來自紅寶石。

波長的單位：
1 km (公里) = 10³ m = 1,000 m
1 m (米 (公尺)) = 1,000 mm
1 mm (毫米) = 10⁻³ m = 0.001 m
1 μm (微米) = 10⁻⁶ m = 0.000001 m = 1/1,000 mm
1 nm (奈米) = 10⁻⁹ m = 0.000000001 m = 1/100 萬 mm
1 pm (皮米) = 10⁻¹² m = 0.000000000001 m = 1/10 億 mm
1 fm (飛米) = 10⁻¹⁵ m = 1/1,000 pm
1 am (阿米) = 10⁻¹⁸ m = 1/1,000,000 pm

振動頻率的單位：
1 Hz (赫茲) = 1 秒鐘來回振動 1 次
1 kHz (千赫茲) = 10³ Hz = 1,000 Hz = 1 秒鐘來回振動 1,000 次
1 MHz (兆赫茲) = 10⁶ Hz = 1,000,000 Hz = 1 秒鐘來回振動 100 萬次
1 GHz (吉赫茲) = 10⁹ Hz = 1,000,000,000 Hz = 1 秒鐘來回振動 10 億次
1 THz (太赫茲) = 10¹² Hz = 1,000,000,000,000 Hz = 1 秒鐘來回振動 1 兆次
1 PHz (拍赫茲) = 10¹⁵ Hz = 1,000 THz
1 EHz (艾赫茲) = 10¹⁸ Hz = 1,000,000 THz

自由電子雷射 (FEL)
自由選擇從紫外線到紅外線大範圍的波長，製造強烈光源。讓高速運動中的自由電子，隨著磁場變化蛇行，產生同步輻射，製造雷射光。該設備設於日本國內大阪大學及東京理科學。

「向日葵」氣象衛星
10 μm 附近（大氣窗）：從黑體輻射觀測雲層及地表溫度。6~7 μm（水的吸收）：觀測水蒸氣的分佈情形。

哈伯太空望遠鏡採用近紅外線檢測，在距離地球63光年的行星上發現水的蹤跡，確定太陽系外存在有機物體，進而推測太空中的其他星球可能有生物存在！

血糖檢測儀、糖度計
由於近紅外線與糖分子的振動能量相近，能在不破壞果實外觀下進行簡易糖度檢測。

紅外線溫度計 / 體溫計
利用紅外線的黑體輻射，不需接觸物體，便能檢測溫度。在人體的體溫中，波長為10 μm。

溫度紀錄法
利用紅外線的黑體輻射強度來測量溫度，用來測量體溫的分布情形及軍事用途。

白熾燈 (2,500°C)
黑體輻射的峰值，波長接近 1 μm。

半導體量子點
以直徑僅幾 nm 的半導體粒子發出螢光。粒子越小，光的波長越短。

花窗玻璃的顏色是金屬本身的顏色，永不褪色。當金只有幾奈米大小時，呈紅色，僅稍微改變形狀和大小，發現從可見光到近紅外線的顏色都產生變化，這項科學稱為「表面電漿」，應用於治療癌症、太陽電池、奈米電路、奈米顯微鏡等。

紅、藍、綠是製造色，電視畫面的各種顏色。

油膜的顏色，是光的干涉現象

異來自四面八方的光線重疊在一起時，會產生互相干涉的現象，有的互相加強，有的互相減弱。我們能在泡泡和水的油膜看到七種顏色，這是因為反射在油膜表面和裡面的光線相互干涉而來。立體像的全像圖（1971 年諾貝爾獎），便是利用光的干涉原理製作而成。

互相干涉的光是相干性（同調性）的，雷射是製造相干性光線的設備。

天空的藍色是光線散射的效果

光碰到小粒子（分子）會散射，短波長的光比長波長的光更容易被散射，天空的藍色和晚霞的紅色，都是光線散射造成的效果。

有些光會偏離原本光線的顏色、散射出去，稱為「拉曼散射」，是分子和結晶振動的能階加在（減去）光子上所致。現在的技術可以算出顏色偏離，分析半導體結晶的缺陷和分子種類。

七彩的彩虹，是光的折射

光從空氣進入水和玻璃時會產生曲折，這種現象稱為「折射」，折射率隨光的波長（顏色）改變。萬有引力法則中，赫赫有名的牛頓利用三稜鏡發現太陽光裡混合各種光線。在下過雨後的路面看到彩虹，是因為空氣中的水滴具有三稜鏡的作用，能將太陽光分離出來。最先端的光科學正在研究人工製造負折射率物質（光束在反方向產生曲折）。

白熾燈 (2,500°C)
黑體輻射的峰值，波長接近 1 μm。

光會繞射

在光前進的方向放置障礙物，光會繞過障礙物背面，繼續傳導下去。如果想為了製造細長的光線，而故意讓光通過窄洞，光通過後仍會立刻散開。

我們利用光的繞射原理來挑選光線。把光照射到細微的週期性結構上，每個結構上繞射的光會互相干涉，角度不同，顏色也就不同。我們在 CD 和 DVD 表面看到的七彩顏色，是因為紀錄訊息的陣列發生晶格繞射作用所致。金花蟲（甲蟲）和蝶類的翅膀、貝殼的表面的週期性結構，讓我們看到七種顏色。這種因光的繞射產生的顏色稱為「結構色」。

光子火箭的原理—光的輻射壓（以下稱光壓）

光在物質的邊界面反射、反射後分散，會消耗物質的力量，據說 400 年前便已預言「光壓」的存在。天文學家克卜勒 (Johannes Kepler) 看到慧星 (掃把星) 的尾巴總是往太陽反方向延伸，得出是太陽光壓力造成的結論。朱棣文 (Steven Chu) 等人發明光壓冷卻原子技術，獲頒諾貝爾獎；科幻小說 (SF) 中也曾出現光壓飛行光子火箭。實際上，JAXA 和美國也正在進行太陽帆太空船的研究。