

空間中傳播。不同於聲波的疏密波（縱波），光屬於橫波，是與光前進與磁場交流互振動產生的電磁波。振動頻率是每秒振動次數（單位 Hz），中行進的距離（單位 m）。振動頻率乘以波長，等於光每秒前進的距離，與振動頻率及波長無關。

弱時，能看到光的粒子態，光的粒子性又稱為光子（Photon）。光子聚集而成，正如同電流是電子流動的集合體，水是水分子的集合體，每一顆光子，都具有與光的顏色，即波長（或振動頻率）相當的能量。

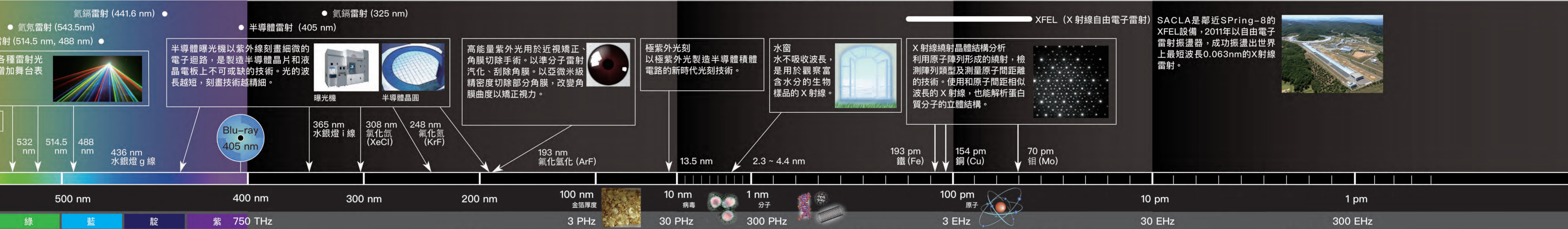
與光有關的諾貝爾獎

- 1901年 發現X射線（倫琴）（Wilhelm Conrad Röntgen）
- 1907年 改良干涉儀及光譜學研究（邁克生）（Albert Michelson）
- 1908年 利用光的干涉現象，發明天然彩色照相技術（李普曼）（Gabriel Lippmann）
- 1909年 無線電報（馬可尼）（Guglielmo Marconi）
- 1914年 晶體中的X射線繞射現象（勞厄）（Max von Laue）
- 1915年 X射線晶體結構分析（威廉·亨利·布拉格 William Henry Bragg 威廉·勞倫斯·布拉格 William Lawrence Bragg）
- 1918年 量子論（普朗克）（Max Planck）
- 1921年 發現光電效應定律（愛因斯坦）（Albert Einstein）
- 1923年 光電效應研究（密立根）（Robert Millikan）
- 1924年 X射線光譜學（西格班）（Karl Manne Georg Siegbahn）
- 1927年 發現康普頓效應（康普頓）（Arthur Holly Compton）

- 1930年 發現拉曼效應（拉曼）（Chandrasekhara Raman）
- 1932年 創立量子力學（海森堡）（Werner Heisenberg）
- 1936年 通過X射線和電子繞射，研究分子結構（德拜）（Petrus Josephus Wilhelmus Debye）（諾貝爾化學獎）
- 1953年 發明相襯顯微鏡（澤爾尼克）（Frits Zernike）
- 1954年 提出波函數的統計解釋（玻恩）（Max Born）
- 1954年 原子核反應與伽馬射線相關研究（博特）（Walther Wilhelm Georg Bothe）
- 1958年 發現契忍可夫效應（契忍可夫Павел Алексеевич Черенков 伊利亞·弗蘭克Илья Михайлович Франк 塔姆Гіоргі Егебеньевич Тамм）
- 1961年 伽馬射線共振吸收現象和發現穆斯堡爾效應（穆斯堡爾）（Rudolf Mössbauer）
- 1964年 發明雷射、雷射（湯斯 Charles Hard Townes 巴索夫 Николай Геннадиевич Басов 普羅霍羅夫 Александр Михайлович Прохоров）

- 1964年 使用X射線結晶學技術，確定生物分子的結構（霍奇金）（Dorothy Mary Hodgkin）（諾貝爾化學獎）
- 1965年 量子電動力學（朝永振一郎 施溫格 Julian Seymour Schwinger 費曼 Richard Phillips Feynman）
- 1966年 發現和發展原子赫茲共振光學法（卡司特勒）（Alfred Kastler）
- 1971年 發明全像攝影（丹尼斯）（Gábor Dénes）
- 1974年 無線電天文學的先驅研究（賴爾）（Martin Ryle）
- 1979年 X射線 CT（豪斯菲爾德 Hounsfield, Godfrey Newbold 科馬克 Allan MacLeod Cormack）（諾貝爾生理醫學獎）
- 1981年 雷射光譜學（布隆伯根 Nicolaas Bloembergen 肖洛 Arthur Schawlow）
- 1981年 開發高解析度電子光譜儀（西格班 Kai Manne Börje Siegbahn）
- 1997年 發明雷射冷卻和捕獲原子的方法（朱棣文 唐唐德日 Claude Cohen-Tannoudji 菲利普斯 Alban William Phillips）
- 1999年 飛秒化學（齊威爾 Ahmed Hassan Zewail）（諾貝爾化學獎）
- 2000年 發展高速 / 光電子技術的半導體異質結構技術（阿爾費羅夫 Жорес Иванович Алфёров 克勒默 Herbert Kroemer）
- 2002年 宇宙微中子探測（戴維斯 Raymond "Ray" Davis, Jr. 小柴昌俊）

- 2002年 對生物大分子進行質譜分析的軟解離電離法（芬恩 John Bennett Fenn 田中耕一）（諾貝爾化學獎）
- 2003年 核磁共振造影（MRI）（羅特博 Paul C. Lauterbur 曼斯菲德 Peter Mansfield）（諾貝爾生理醫學獎）
- 2005年 光學相干性的量子理論（格勞伯 Roy Jay Glauber）
- 2005年 光頻梳技術等雷射精密光譜學的發展（霍爾 John L. Hall 亨施 Theodor W. Hänsch）
- 2006年 確立宇宙微波背景輻射的黑體輻射（馬瑟 John Cromwell Mather 斯穆特 George Smoot）
- 2008年 發現和改造了綠色螢光蛋白（GFP）（下村脩 查爾菲 Martin Chalfie 錢永健）（諾貝爾化學獎）
- 2009年 開發光纖通訊及電荷耦合器件（CCD）（高錕 博伊爾 Willard Sterling Boyle 史密斯 George Elwood Smith）
- 2014年 發展超解析度螢光顯微技術（貝齊格 Eric Betzig 赫爾 Stefan Walter Hell 莫爾納爾 William Esco Moerner）（諾貝爾化學獎）
- 2014年 發明高亮度藍色LED（發光二極體）（天野浩 赤崎勇 中村修二）



SACLA是鄰近Spring-8的XFEL設備，2011年以自由電子雷射振盪器，成功振盪出世界上最短波長0.063nm的X射線雷射。



光學顯微鏡

可放大微小物體，進行觀察。以物體的反射率、光的吸收、螢光分布為基準，做出觀察的圖像；也有觀察分子振動、偏光性的顯微鏡，使用的光線是紫外線到近紅外線等大波長範圍的光。

動物眼睛的感測器

能分辨2~4種顏色，藉由調整進入感測器內的光線來認識顏色，人類對於550nm波長的光感受最明亮。

昆蟲的可見光區

蜜蜂的可見光區是紫外線到黃色光範圍的光，牠能看到人眼看不到的花形態。

紫外線殺菌

以紫外線清洗半導體基板、金屬、陶瓷、塑膠表面及改質。

真空紫外線

波長 200nm ~ 10nm 的紫外線，無法在空氣中傳播。真空紫外線來自太陽，無法傳到地表。未來可用做精細加工，但僅限於真空環境下作業。

eV（電子伏特）

eV 是光能量的單位，1μm 波長的光相當於 1.24eV，光的波長與能量呈反比。波長 100nm 的光是 12.4eV，波長 1nm 是 1.24keV (1, 240eV)；波長越短，能量越大。

阿秒雷射

阿秒 (atto) 為 0.000000000000000001 秒 (有 18 個 0)，是瞬間閃光的脈衝雷射器。使用時，電子看起來像靜止一般。在 100 阿秒中，光線僅前進短短的 30nm，可透過真空紫外線和軟 X 射線製造。

SPRING-8

日本兵庫縣佐用那內的大型同步輻射設施。使用 X 射線到紅外線的大範圍波長，製造世界上最亮的光。把電子注入周長 1.4 公里儲存環軌道中，並加速到接近光速，以同步放射器放射電子，取得 X 射線。

紫外線

人眼看不見的光、外殼層電子遷移能量

軟 X 射線（包含極紫外光）

內殼層電子遷移能量，不會被水吸收

X 射線

內殼層電子遷移能量

伽馬射線

原子核、基本粒子的能量遷移

沃爾特鏡

也有以波帶片反射 X 射線的聚光方法。

菲涅耳波帶片

反射時會用到 Mo (鉬) / Si (矽) 和 Cr (鉻) / Sc (鈦) 等多層膜。

去除靜電

分解空氣中的分子，產生臭氧，去除基板表面靜電。

光學顯微鏡

使用「水窗」，便能以高度空間解析度，進行活體生物試體的觀察。軟 X 射線幾乎無法在空氣中傳播，設備須存放在真空環境中。

X 射線鏡片

在軟 X 射線和 X 射線中，玻璃與金屬的折射率都接近 1.0，不反射，也不折射。利用小角度反射，改變 X 射線行進方向，達到聚光效果。

「朱雀」X 射線天文衛星

由於 X 射線會被大氣層吸收，故讓衛星搭載望遠鏡，飛到太空進行觀測。

XPS (X 射線光電子光譜)

把 X 射線射擊到試樣上，產生光電子，以此分析半導體的組成元素和電子狀態。

伽瑪射線

PET (正電子斷層造影) 利用正電子檢測的電腦斷層造影技術，標示出放射性分子，運用在腦部功能、癌症的診斷上。

伽瑪射線暴

來自太陽系外部，原因不明的突發性伽馬射線。

強烈能量的放射線

強烈的 X 射線和伽馬射線會對人體帶來致命的傷害。

放射線治療

弱能量的放射線能消滅癌細胞。

伽瑪射線滅菌

弱能量的伽瑪射線能消滅醫療器材的細菌，馬鈴薯照射伽馬射線後，能防止發芽。

綠燈的顏色

日本人常以「青色」來表示綠色。

啤酒、酒類的瓶子

塗成紅色和綠色，是為了避免紫外線穿透，造成酒類品質劣化。

偏振光

水面和金屬表面、常綠闊葉樹（照葉樹）樹葉面反射後，與電場反射面垂直方向搖晃的光，經常反射導致光偏離振動方向，稱為「偏振光」。「偏振光過濾器」只會去除特定方向振動的光線，運用於偏振光眼鏡和照相機的過濾器。電視和電腦的液晶顯示器是利用偏振光的顯示裝置，以電壓聚集統一液晶分子的方向，偏光控制光的穿透量。

偏振光眼鏡

偏振光眼鏡的左右眼鏡顯像不同

液晶顯示器

液晶顯示器利用偏光原理顯現影像

太陽的七種變化

太陽光的顏色，像是帶著黃色的白光，這是因為太陽黑體輻射產生各種顏色的光混雜所致。但是日出、日落時分的太陽呈現紅色，是因為太陽傾斜時，增加光通過大氣的距離，短波長的光散亂在灰塵和水滴中被散射，無法到達所致。太陽沒入地平線時，只能瞬間看到顏色由紅轉綠，稱為「線閃光現象」。太陽完全落下的那一刻，因為地球大氣層的三稜鏡效果，造成太陽光折射，只有綠色光能到達、被看見。是僅在空氣清新且有地平線和水平線的地點，才能看到的珍貴稀有現象。

看見顏色方法

人類能辨識 600 萬 ~ 1,000 萬種顏色，但眼睛內部只有紅、綠、藍的感測器。(狗、貓 2 色，鳥類 4 色)。我們透過調整進入感測器的光認識顏色，例如當紅光和綠光同時進入眼球會變成黃色；所有顏色混在一起時則變成白色。紅、綠、藍這三種顏色稱為光的 3 原色，應用在電視機的顏色（顯影）上。顏料和墨水能吸收光，製造顏色。紅色的顏料只能吸收、反射紅光。青色 (Cyan)、品紅色 (洋紅色) (Magenta)、黃色 (Yellow) (色彩 3 原色) 能調出各種顏色，印刷品就是在這些顏料上加入黑色組合而成。

光是橫波

水面和金屬表面、常綠闊葉樹（照葉樹）樹葉面反射後，與電場反射面垂直方向搖晃的光，經常反射導致光偏離振動方向，稱為「偏振光」。「偏振光過濾器」只會去除特定方向振動的光線，運用於偏振光眼鏡和照相機的過濾器。電視和電腦的液晶顯示器是利用偏振光的顯示裝置，以電壓聚集統一液晶分子的方向，偏光控制光的穿透量。

光速

光速在真空中 1 秒可行進 30 萬公里，即 1 秒鐘能繞行地球 7 圈半的速度，到月球只需 1.3 秒，到達太陽只要花 8.3 分。耗時光速 1 年的距離，稱為 1 光年。離太陽最近的恆星，有 4.2 光年 銀河系的直徑為 10 萬光年。我們在夜空中可看到許多星星，那是好幾年，甚至好幾十年前星星發出的光芒。電波、可見光、X 射線在真空中的光速都相同，且無法被超越。但我們卻可以減緩光速，在高折射率的塑膠和玻璃中，光速分別為在真空中的 1.33 分之 1、1.15 分之 1。最近也在研究以光子晶體、電漿子裝置（金屬薄膜），製造極慢速光子。

太陽的七種變化

太陽光的顏色，像是帶著黃色的白光，這是因為太陽黑體輻射產生各種顏色的光混雜所致。但是日出、日落時分的太陽呈現紅色，是因為太陽傾斜時，增加光通過大氣的距離，短波長的光散亂在灰塵和水滴中被散射，無法到達所致。太陽沒入地平線時，只能瞬間看到顏色由紅轉綠，稱為「線閃光現象」。太陽完全落下的那一刻，因為地球大氣層的三稜鏡效果，造成太陽光折射，只有綠色光能到達、被看見。是僅在空氣清新且有地平線和水平線的地點，才能看到的珍貴稀有現象。

看見顏色方法

人類能辨識 600 萬 ~ 1,000 萬種顏色，但眼睛內部只有紅、綠、藍的感測器。(狗、貓 2 色，鳥類 4 色)。我們透過調整進入感測器的光認識顏色，例如當紅光和綠光同時進入眼球會變成黃色；所有顏色混在一起時則變成白色。紅、綠、藍這三種顏色稱為光的 3 原色，應用在電視機的顏色（顯影）上。顏料和墨水能吸收光，製造顏色。紅色的顏料只能吸收、反射紅光。青色 (Cyan)、品紅色 (洋紅色) (Magenta)、黃色 (Yellow) (色彩 3 原色) 能調出各種顏色，印刷品就是在這些顏料上加入黑色組合而成。