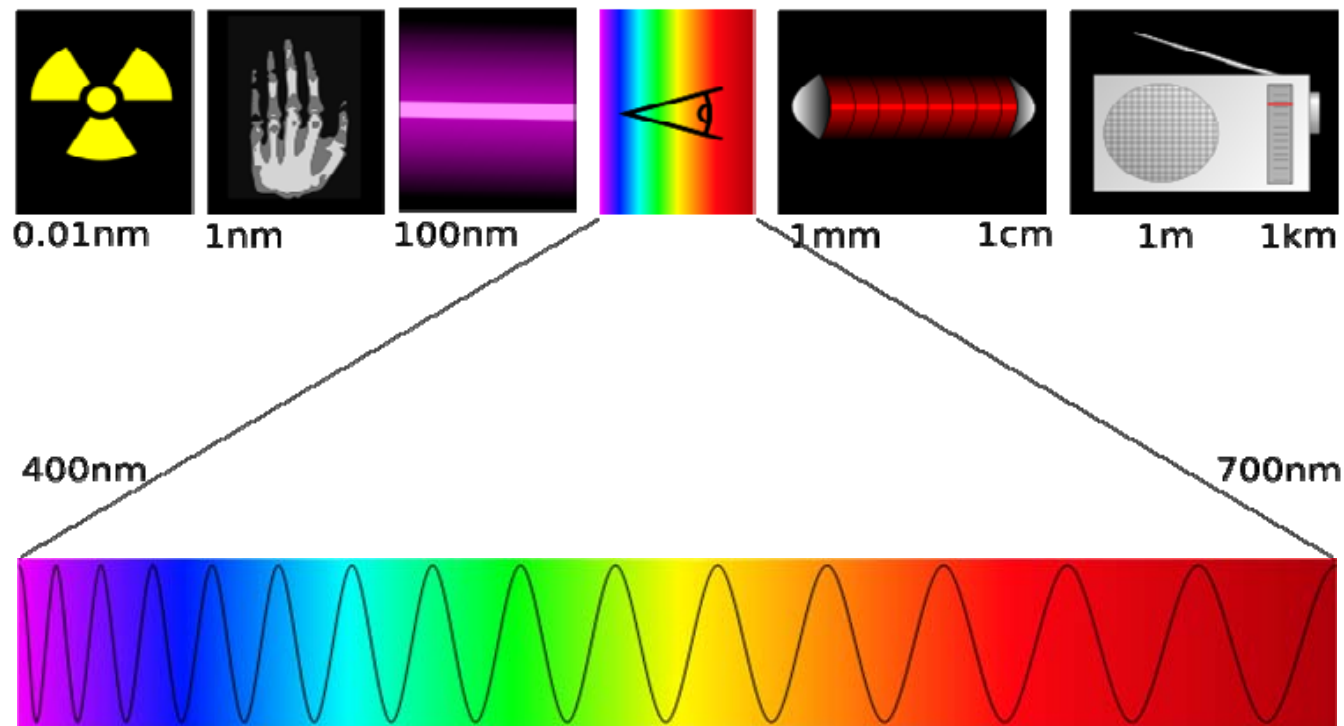


# 人造光

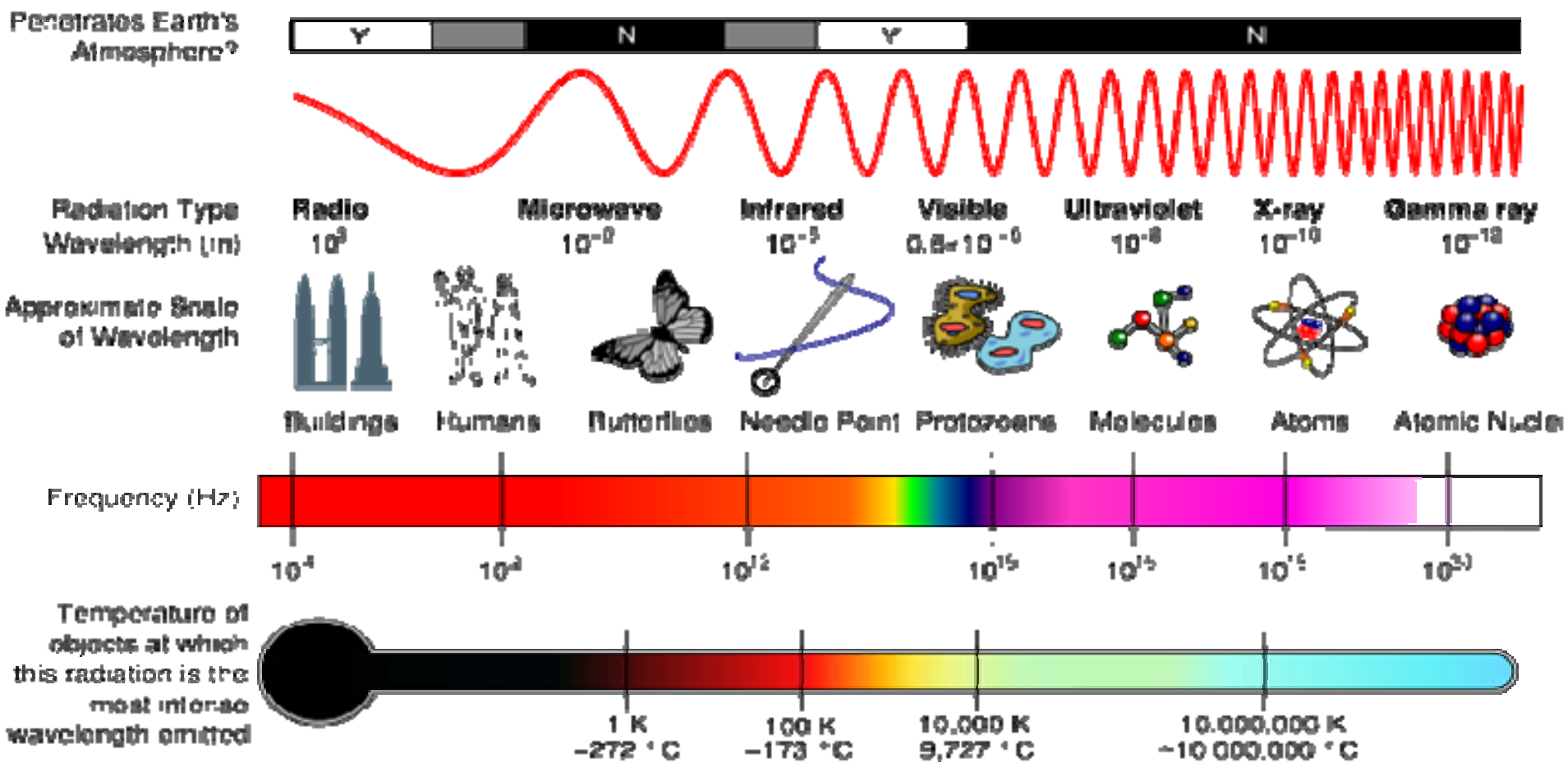
物理與化學發光



# 電磁波譜

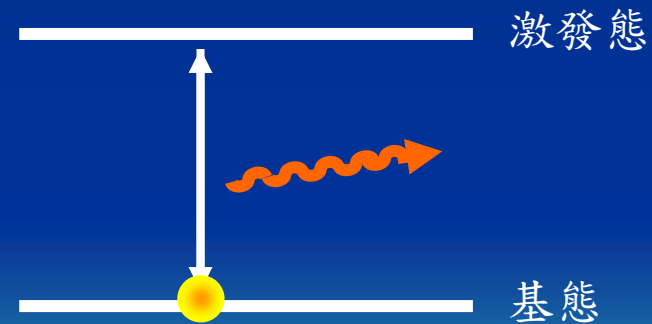


# 電磁波譜



# 物理發光

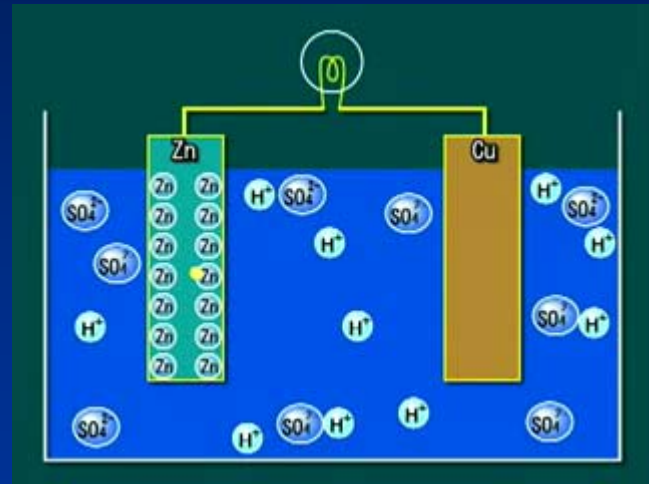
- 原理：提供能量，使物體中的電子達到激發態，當電子落回基態時，並釋放光能。



# 物理發光－傳統燈泡



- 傳統白熱燈是靠發熱體通過電流並加熱至白熱化狀態，放射電磁波，屬於電能轉換為光能的一種裝置。
- 通常燈絲材料為高熔點鎢絲。
- 電力所消耗80%的能量大概均發出紅外線(熱)，僅約20%發出可視光可以利用。



EX: Zn-Cu電池驅動燈泡發光  
電池內部屬於化學能轉電能  
燈泡屬於電能轉光能與熱能

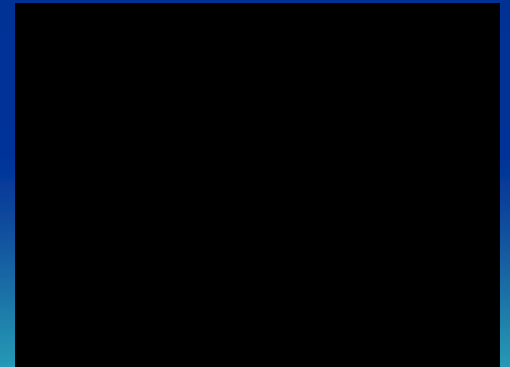
# 物理發光—燈管

- 日光燈，其管內充以低壓的水銀蒸汽和氬汽，並在管內壁塗以磷光晶體。當通電後，電極會發射出電子，此電子碰撞到管內的水銀蒸汽原子，把原子外圍的一個電子激發到較高能階，而受激發的電子很快會降回原來能階。由高能階降回低能階損失的能量以紫外光的形式放出，此一放出之紫外光為管壁上之磷光晶體吸收並放出可見光。因此我們便能用以照明了。



# 物理發光－燈泡與燈管

- 除了接電線方式，也可利用其他方式讓燈泡/燈管發光。  
例如：
  1. 高壓放電（特斯拉實驗）
  2. 無線電力技術
  3. 微波（此實驗請勿嘗試～）



# 物理發光－科學研究應用

- X射線

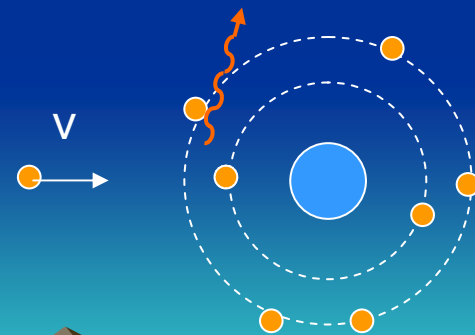
X光產生方式：

a. 制動輻射：加速後的電子撞擊金屬靶，電子突然減速，其損失的動能會以光子形式放出，形成X光光譜的連續部分。

b. 特性輻射：電子將金屬原子的內層電子撞出。於是內層形成電洞，外層電子躍遷回內層填補電洞，同時放出光子。



制動輻射成因



特性輻射成因

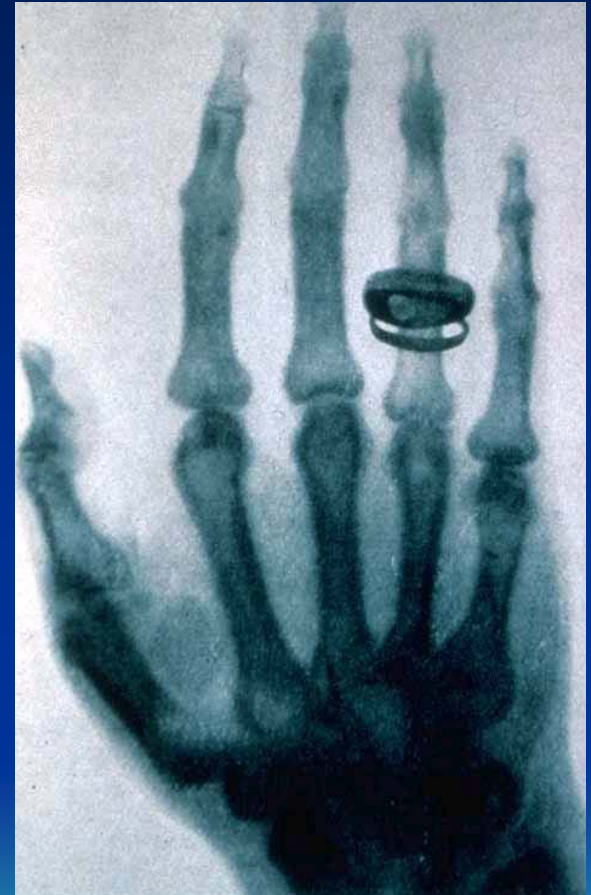


# 物理發光－科學研究應用

- X射線發展史
- 物理學家希托夫觀察到真空管中的陰極發出的射線。當這些射線遇到玻璃管壁會產生熒光。1876年這種射線被Eugene Goldstein命名為“陰極射線”。
- 英國物理學家克魯克斯研究稀有氣體裡的能量釋放，並且製造了克魯克斯管。這是一種玻璃真空管，內有可以產生高電壓的電極。他還發現，當將未曝光的相片底片靠近這種管時，一些部分被感光了。
- 1887年4月，尼古拉·特斯拉開始使用自己設計的高電壓真空管與克魯克斯管研究X光。他發明了單電極X光管，在其中電子穿過物質，發生了現在叫做韋致輻射的效應，生成高能X光射線。
- 1892年特斯拉完成了這些實驗，但是他並沒有使用X光這個名字，而只是籠統成為放射能。他繼續進行實驗，並提醒科學界注意陰極射線對生物體的危害性，並他沒有公開自己的實驗成果。
- 1892年赫茲進行實驗，提出陰極射線可以穿透非常薄的金屬箔。赫茲的學生倫納德進一步研究這一效應，對很多金屬進行了實驗。亥姆霍茲則對光的電磁本性進行了數學推導。

# 物理發光－科學研究應用

- 1895年11月8日德國科學家倫琴開始進行陰極射線的研究。1895年12月28日他完成了初步的實驗報告「一種新的射線」。他把這項成果發布在維爾茨堡's Physical-Medical Society 雜誌上。為了表明這是一種新的射線，倫琴採用表示未知數的X來命名。很多科學家主張命名為倫琴射線，倫琴自己堅決反對，但是這一名稱仍然有人使用。1901年倫琴獲得諾貝爾物理學獎。



倫琴拍攝的一張X射線照片，倫琴夫人的手骨與戒指

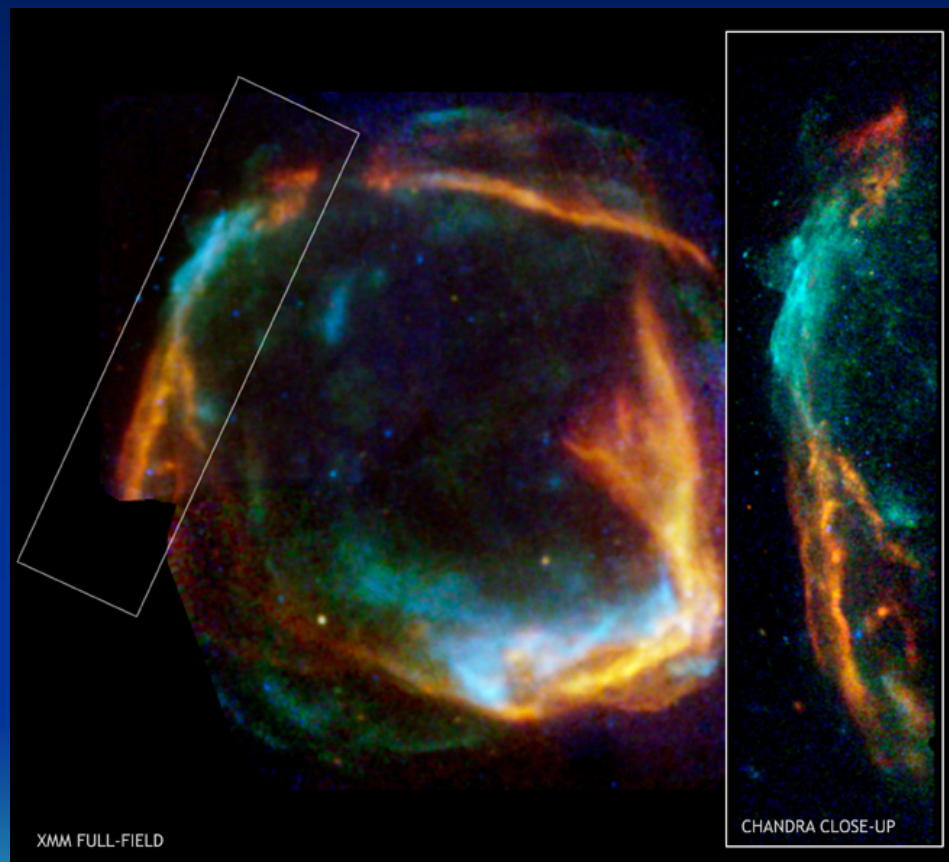
# 物理發光－科學研究應用

- 1895年愛迪生研究了材料在X光照射下發出熒光的能力，發現鎢酸鈣最為明顯。1896年3月愛迪生發明了熒光觀察管，後來被用於醫用X光的檢驗。然而1903年愛迪生終止了自己對X光的研究。因為他公司的一名玻璃工人喜歡將X光管放在手上檢驗，得上了癌症，儘管進行了截肢手術仍然沒能挽回生命。1906年物理學家貝克勒耳發現X射線能夠被氣體散射，並且每一種元素有其特徵X譜線。他因此獲得了1917年諾貝爾物理學獎。
- 在20世紀80年代，X射線雷射器被設置為隆納·雷根總統的戰略主動防禦計劃的一部分。然而對該裝置（一種類似雷射炮，或者死亡射線的裝置，由熱核反應提供能量）最初的、同時也是僅有的試驗並沒有給出結論性的結果。
- 在20世紀90年代，哈佛大學建立了Chandra X射線天文台，用來觀測宇宙中強烈的天文現象中產生的X射線。與從可見光觀測到的相對穩定的宇宙不同，從X射線觀測到的宇宙是不穩定的。它向人們展示了恆星如何被黑洞絞碎，星系間的碰撞，超新星和中子星（that build up layers of plasma that then explode into space）。

# 物理發光—科學研究應用

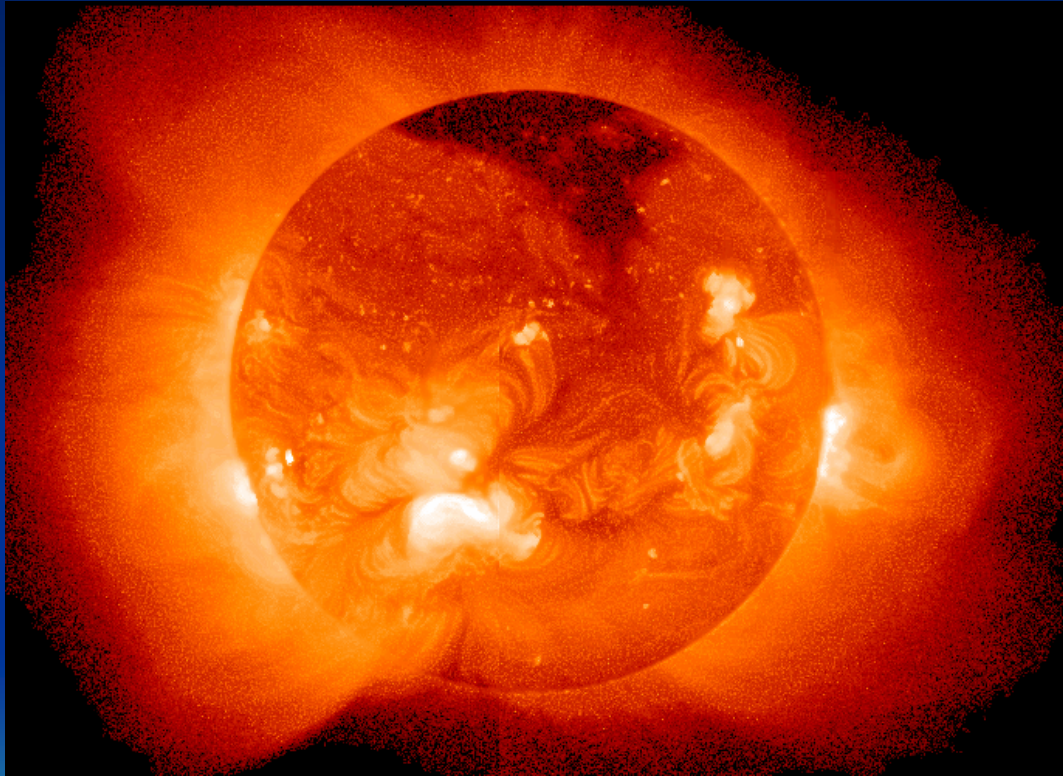
- X射線天文學
- 1960年代末，人們利用火箭和氣球已經確定了大約30個左右的X射線源，包括橢圓星系M87、蟹狀星雲脈衝星等。
- 1970年12月，美國在肯亞發射了人類歷史上第一顆X射線天文衛星——烏呼魯衛星。該衛星確定了339個X射線源，發現了許多銀河系中的X射線雙星、來自遙遠星系團的X射線，以及第一個黑洞候選天體——天鵝座X-1。並於1977年公布了包括231個X射線源的烏呼魯X射線源表（4U）。
- 1978年發射的愛因斯坦衛星首次採用了大型掠射式X射線望遠鏡，能夠對X射線源進行成像，。
- 1993年日本發射的ASCA衛星則首先將CCD設備用於X射線成像。
- 1999年，兩顆重要的X射線天文衛星——美國的錢德拉X射線天文台和歐洲的XMM-牛頓衛星先後發射升空。後者具有極高的譜解析度，而前者兼具了非常高的空間解析度（0.5角秒）和譜解析度。除此之外，1990年代升空的X射線望遠鏡還有俄羅斯發射的探測高能X射線的伽馬1衛星、日本發射的用於觀測太陽耀斑的陽光衛星等。
- 截至2006年，正在工作的X射線天文衛星有歐洲的XMM-牛頓衛星、美國的羅西X射線時變探測器、錢德拉X射線天文台、日本的朱雀衛星...

# 物理發光－科學研究應用



超新星爆炸遺骸Rcw86的X射線波段照片

# 物理發光－科學研究應用



陽光衛星拍攝的軟X射線波段太陽照片，顯示出北極附近區域巨大的冕洞。

X射線波長略大於0.5奈米的被稱作軟X射線。波長短於0.1奈米的叫做硬X射線。

# 物理發光－科學研究應用



紅外線波段的銀河系



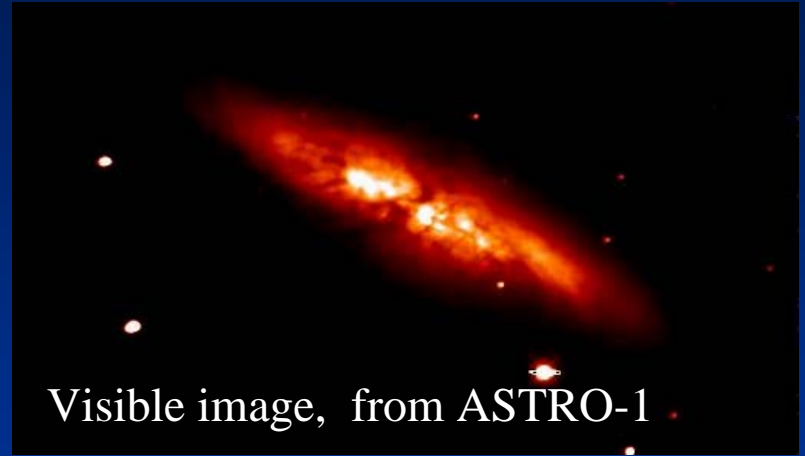
錢德拉X射線望遠鏡拍攝的銀河系中心區域X射線圖像



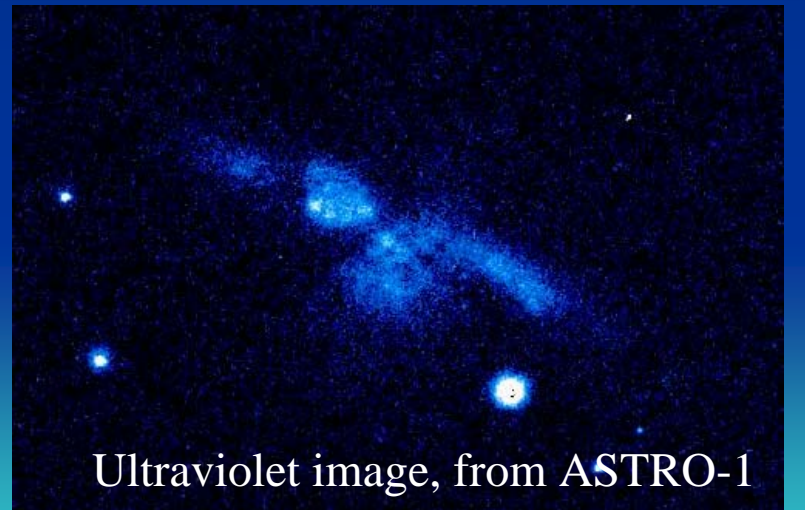
# 物理發光－科學研究應用

比較不同波段下，星系M82影像

Chandra X-ray Observatory

A Chandra X-ray Observatory image of the galaxy M82, showing a diffuse, glowing structure in shades of red and purple against a dark background.

Visible image, from ASTRO-1



Ultraviolet image, from ASTRO-1



# 物理發光－科學研究應用

- 同步輻射光

**原理：**根據電磁學的理論，帶電粒子的運動速度或方向改變時會放射出電磁波。當電子以接近光速飛行，受到磁場的作用而發生偏轉時，便會因相對論效應沿著偏轉的切線方向，放射出薄片狀的電磁波，這就是「同步加速器光源」。



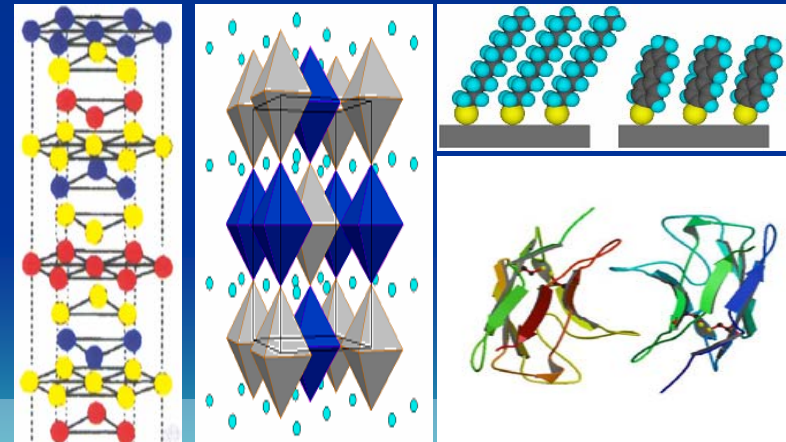
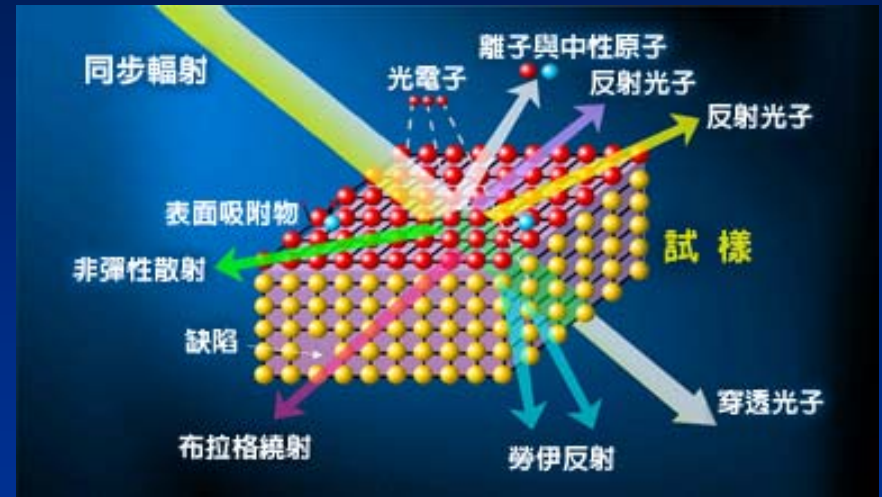
原理說明影片

# 物理發光－科學研究應用

- 同步輻射光

研究領域涵蓋物理、化學、材料、生物、醫學、化工、能源、地球科學、環境科學、半導體、微機械等基礎與應用科學。

(12/24 課程將做詳盡介紹)



相關演講：

時間：10/27

講員：詹丁山 同步輻射中心助研究員

講題：同步輻射X-光吸收光譜之發展與應用

# 化學發光

- 原理：將化學反應所得的化學能，轉換為光能。



# 化學發光－氫氣燃燒

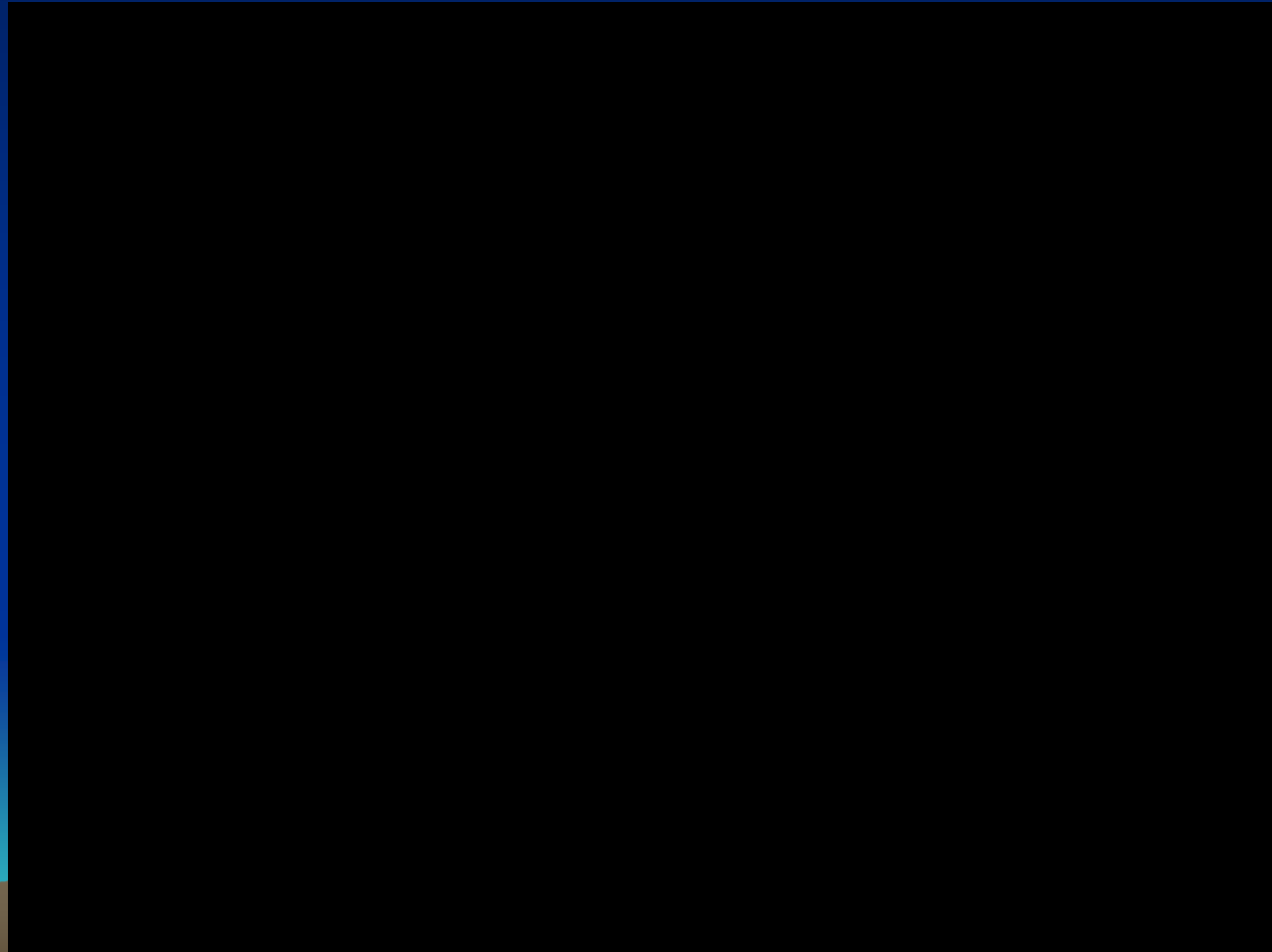
• 反應式： $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$



氫氣球點火示範影片

# 化學發光－鎂燃燒

- 反應式： $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$



鎂置於乾冰內燃燒情形

# 化學發光—磷自燃

- 原子量 30.973762(2)
- 原子半徑 100 (98) pm
- 價電子排布 [氬]3s<sup>2</sup> 3p<sup>3</sup>
- 氧化價 ±3, 5, 4
  
- 物理屬性
- 物質狀態 固態
- 熔點 317.3 K (44.2 °C)
- 沸點 550 K (277 °C)
- 汽化熱 12.129 kJ/mol
- 熔化熱 0.657 kJ/mol



# 化學發光—自燃

自燃是指可燃物質在沒有外部火花、火焰等火源的作用下，因受熱或自身發熱並蓄熱所產生的自行燃燒。

## 常見物質的自燃點

- \* 矽烷:  $<21\text{ }^{\circ}\text{C}$
- \* 白磷:  $34\text{ }^{\circ}\text{C}$
- \* 二硫化碳:  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- \* 紙:  $233\text{ }^{\circ}\text{C}$
- \* 汽油:  $257\text{ }^{\circ}\text{C}$
- \* 鎂:  $473\text{ }^{\circ}\text{C}$
- \* 丁烷:  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$
- \* 氫:  $571\text{ }^{\circ}\text{C}$

# 化學發光—螢光

- 某些螢光物質(例如 Luminol,  $C_8H_7N_3O_2$ )可將化學反應中產生的能量，轉化成使分子內的電子由基態(ground state)躍升到激發態(excited state)，而非全以熱能的形式釋放，因此溫度變化極微。處於激發態的分子並不穩定，會透過不同的途徑將能量以光或熱的形式釋放出來





# 化學發光—化學發光

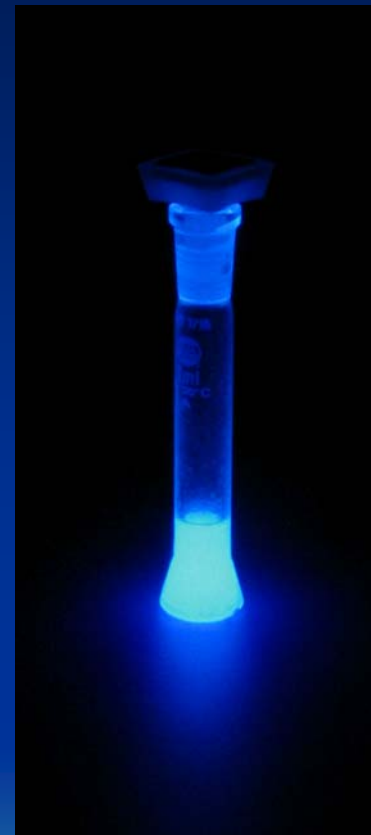
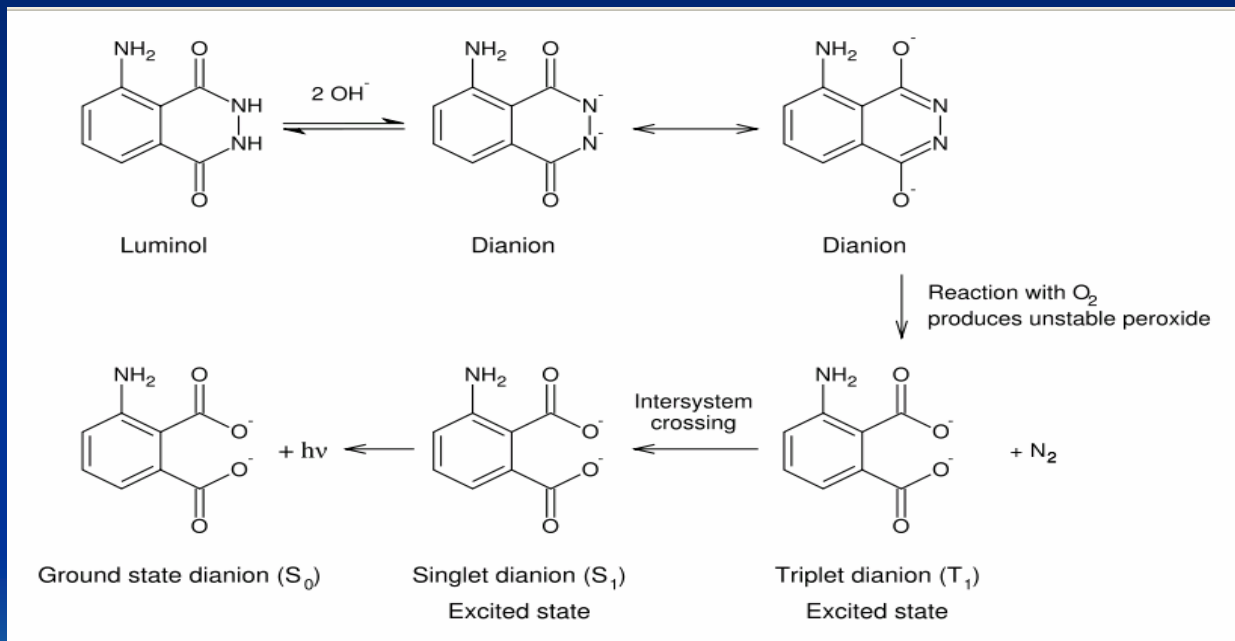
- 本次示範實驗，係將特殊的有機化合物 Luminol 以過氧化氫 (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 作用，使其激發而放螢光。若以手摸燒杯外表面，可察覺溫度變化不明顯，因此被稱為“冷光”。



- 魯米諾 + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → 3-APA[◇] → 3-APA + 光
- (3-APA = 3-氨基鄰苯二甲酸，處於激發態。在它轉化為基態的過程中，能量以光能的形式釋放)

# 化學發光—科學研究應用

魯米諾（英文：Luminol），或稱發光氨，是通用的發光化學試劑，與適當的氧化劑混合時會發出引人注目的藍色光。它是白色至淡黃色的晶體，可溶於水和大多數有機極性溶劑。



魯米諾與氫氧化物反應時生成了一個雙負離子（Dianion，見圖），它可被過氧化氫分解出的氧氣氧化，產物為一個有機過氧化物。該過氧化物很不穩定，立即分解出氮氣，生成激發態的3-氨基鄰苯二甲酸。激發態至基態轉化中，釋放的能量以光子的形式存在，波長位於可見光的藍光部分。

# 化學發光－科學研究應用

- 刑事調查
- 即使犯罪現場的血跡已經被擦過或清除過，法醫依舊可以使用魯米諾找到它們的位置。調查者在要調查的區域內噴灑魯米諾和激發劑溶液，血中的鐵立即催化魯米諾的發光反應，使其產生藍色光芒。該反應需用的催化劑量非常少，因此魯米諾可以檢測痕量的血跡。發光大約持續30秒鐘，可通過長曝光的照片觀察。
- 應用缺點
- 魯米諾在銅、含銅合金、辣根或某些漂白劑的存在下發出熒光。因此如果犯罪現場被漂白劑徹底處理過，則魯米諾發出的熒光會強烈掩蓋任何血跡的存在。
- 魯米諾可以檢測出動物血及尿中的少量血，因此如果待測房間中含有尿或動物血，檢測結果會有偏差。
- 魯米諾與排泄物反應，發出的光與和血反應發出的是相同的。
- 魯米諾可能干擾其他檢測，然而魯米諾並不干擾DNA的提取。

# 人造光－其他應用

- 10/08 固體材料的光致發光
- 10/15 雷射與光電科技之應用
- 10/22 以發光材料為基礎的顯示技術
- 10/29 其他顯示技術
- 11/05 光子儲存技術
- 11/26 發光與照明
- 12/17 常用發光材料與製造方法
- 12/24 發光在分析中的應用

