



期末作業

6-3 原子能階與光譜

連續光譜	不連續光譜	光譜學	$\Delta E = hc/\lambda$	$C = \lambda\nu$	$\Delta E = h\nu$	食品檢驗	原子光譜法	高光譜儀
發射光譜	光譜	吸收光譜	普朗克常數 $6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ /光子	公式	巴耳末公式 $\lambda m = \frac{394.56 \text{ m}^2}{(m^2 - 4)}$	搖感探測	生活應用	拉曼光譜儀
	愛因斯坦光子論	原子光譜	$M^* \rightarrow M + h\nu$ 不連續光譜	$R = 3.289 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ 雷得寶常數		車燈光譜分析技術	同步輻射紅外光譜影像技術	氣膠檢測
行星軌道模型	葡萄乾布丁模型	原子光譜	學習內容 (二)	公式	生活應用	地球科學 恆星光譜	化學 電子、原子的構成	化學 氫原子能階、模型
波耳氫原子模型	原子模型	電子能階	學習內容 (一)	6-3 原子能階與光譜	跨科關聯	化學光譜	跨科關聯	數學 基礎計算
波耳			物理史	先備知識	題型	國文 閱讀理解	化學 物質結構	化學 反應機理
原子的發現過程	光學		波	量子化現象	原子構造、 電子組態	波耳氫原子模型	波的計算	原子光譜
	物理史		原子能階	先備知識	數學 基礎計算	原子能階	題型	$E = mc^2$
			光的性質	電磁學理論	色散	Who?	量子力學	光線數目

先備知識-原子構造、原子能階

原子構造

- 原子主要是由電子、質子、中子所構成
- 原子由原子核(帶正電)、核外的電子(帶負電)構成
- 原子核(帶正電)由質子(帶正電)、中子(不帶電)構成
- 原子內的三種粒子發現的先後是：電子→質子→中子

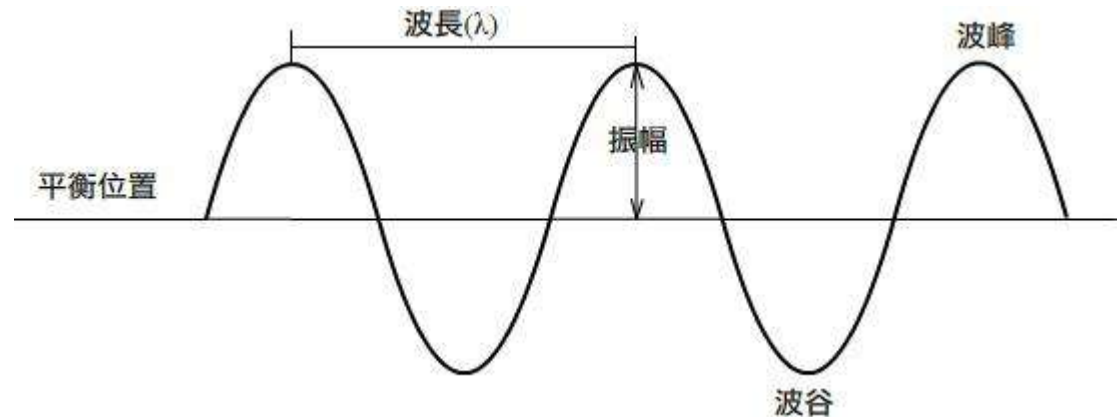
原子能階

- 電子在原子周圍形成軌道稱為原子能階，由低至高分別為K層、L層、M層、N層、O層、P層
- 每層電子數量為 $2n^2$ ，K層n為1、L層n為2.....
- K層最接近原子核能階最低，越外層能階越高
- 高低能階之間的能量差 $\Delta E = h\nu = hc/\lambda$

先備知識-波

波動(波)

- 介質受到干擾後，以擾動處為中心，將能量傳給鄰近物質，使其依序做同樣的振動
- 波只傳送能量，傳送波形，不傳送物質
- 需要介質才能傳遞的波稱為力學波(機械波)
E.g. 繩波、聲波、水波
- 不需介質即能傳播的波稱為非力學波(非機械波)
E.g. 光波、電波、磁波



先備知識-電磁理論

電磁理論

1845年 邁克爾·法拉第發現當偏振光穿過施加了磁場的透明介質時，會發生偏振旋轉，其現象被稱為法拉第效應

1846年 法拉第推測光可能是沿磁場線衍生的某種形式的擾動

1847年 法拉第提出光是一種高頻電磁振動，不需介質也能衍生

馬克士威發現自生電磁波會以恆定速度傳播，且恰好等於光速，得出結論「光是一種電磁波」

赫茲用實驗證實電磁波的存在，測得電磁波的傳播速度與光速相同，也能夠產生反射、折射、干涉、衍射、偏振等現象，證明了光是一種電磁波

先備知識-量子光學

量子光學

以半古典物理學及量子力學來研究「光的現象」以及「光和物質在亞微觀尺度下的交互作用」。

根據量子理論，光被視為電磁波，也可以被看作在真空中以光速 c 行進的粒子流，稱為光子，每個光子攜帶一量子的能量，其值為 h (普朗克常數)* f (光的頻率)。

當原子發射出光子，光子的能量對應於內部離散能階的躍遷，物質吸收，光子則相反。

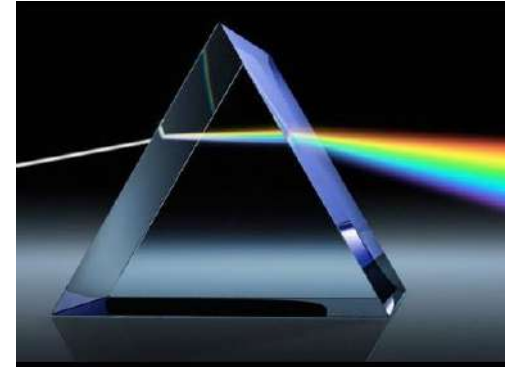
普朗克常數 $6.626 \times 10^{-34} \text{J-s/光子}$

先備知識-色散

色散

光線經物體折射後，分散成各種顏色光線

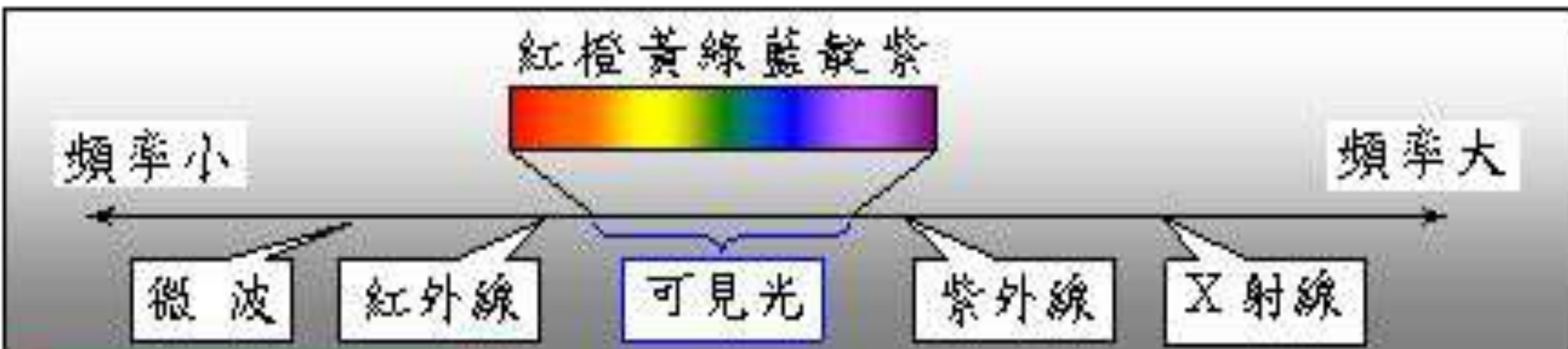
- 光的顏色由光波的頻率決定
- 在可見光區域，紅光頻率最小，紫光頻率最大
- 各種頻率的光在真空中傳播速率相同
- 光在同一介質中(不包含真空與空氣)，介質對紅光的折射率最小，對紫光的折射率最大
- 當不同色光以相同的入射角射到三稜鏡上
紅光的偏折最小，在光譜中處在最靠近稜鏡頂角的一端
紫光的偏折最大，在光譜中處在最靠近稜鏡底邊的一端



先備知識-光的性質

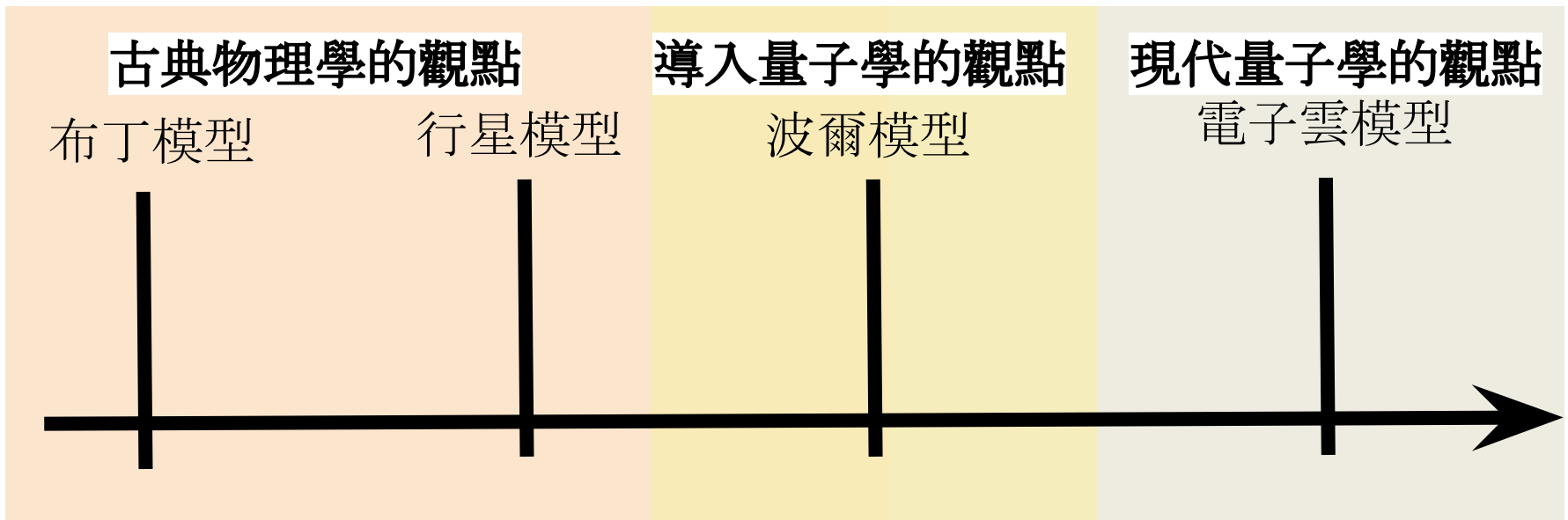
光的性質

- 光有能的特性，稱為光能，能作功，可轉換為其他形式的能
- 光會向空間中傳播，路徑為直線前進，遇障礙物便會停止
- 光在真空中亦可周遭環境傳播，且速率較其他傳播介質快
- 可見光只是電磁波其中一小部分的頻率範圍而已



物理史—原子學

原子光譜的發展是接續原子模型的腳步，能階本身也是用以解釋，為何帶正電的原子核與帶負電的電子不會因吸引而相撞

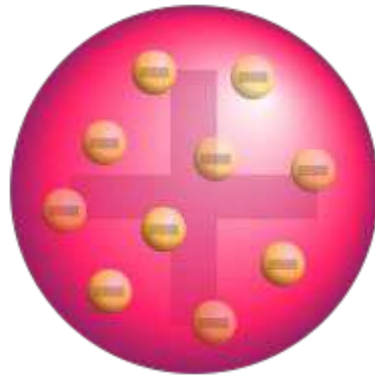


物理史-湯姆森的布丁模型

湯姆森利用實驗觀察到一種射線在電場中的偏轉，並得出了其電荷質量比。

這一系列的發現動搖了原子不可分理論，依據實驗，湯姆森提出布丁模型來解釋原子結構。

布丁模型



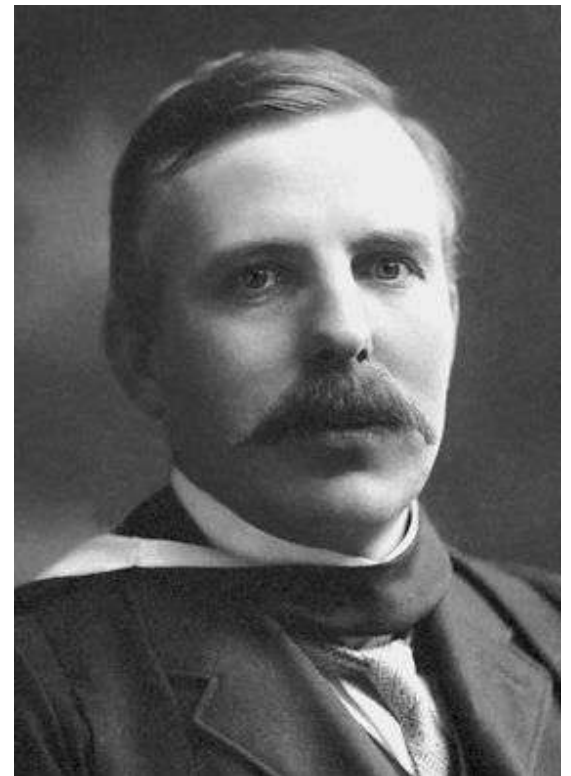
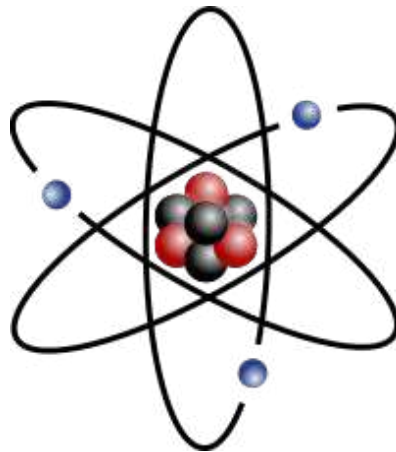
物理史-拉塞福的行星模型

拉塞福根據其所做的散射實驗建立了新的行星模型來解釋實驗結果。

其認為原子絕大多數質量和全部的正電荷都集中於位於原子中心的原子核上，它們像行星圍繞太陽公轉一樣運動。

並根據能量守恆定律推算出原子核的半徑。

行星模型



波耳氫原子模型—時間表

1885年 瑞士數學教師巴耳末將氫原子的譜線表示成巴耳末公式

$$\lambda_m = 394.56 m^2 / (m^2 - 4)$$

20世紀初期 德國物理學家普朗克為解釋黑體輻射現象，提出能量量子化假說

1911年 英國物理學家拉塞福提出原子模型，並推導出散射公式，但無法對於化學結合、元素列表、原子譜線給出解釋

1912年 波耳提交《曼徹斯特備忘錄》草稿給導師拉塞福，其在行星模型的基礎上引入了量子概念，並提出「原子可以維持力學穩定性」。

前提是電子的動能與電子環繞原子核的公轉頻率，兩者之間的關係式假定為 $T = kv$ (k 與普朗克常數有關)，但未確切給出形式，也未將輻射穩定性納入考量，亦無理論證實他的假定

波耳氫原子模型—時間表

1913年

3月

波耳提出波耳模型

波耳與同事共同討論研究，寫好一篇詮釋巴耳末公式的論文，開啟了原子結構的量子理論

7月

9月

11月

《哲學雜誌》刊載了波耳的三篇論文，其在古典物理學史上被稱為波耳模型的三部曲

波耳模型的三部曲

第一篇論文

利用波耳模型分析氫原子

第二篇論文

旨在論述其它原子結構與週期表

第三篇論文

旨在探討分子結構

波耳氫原子模型—主要內容與修正

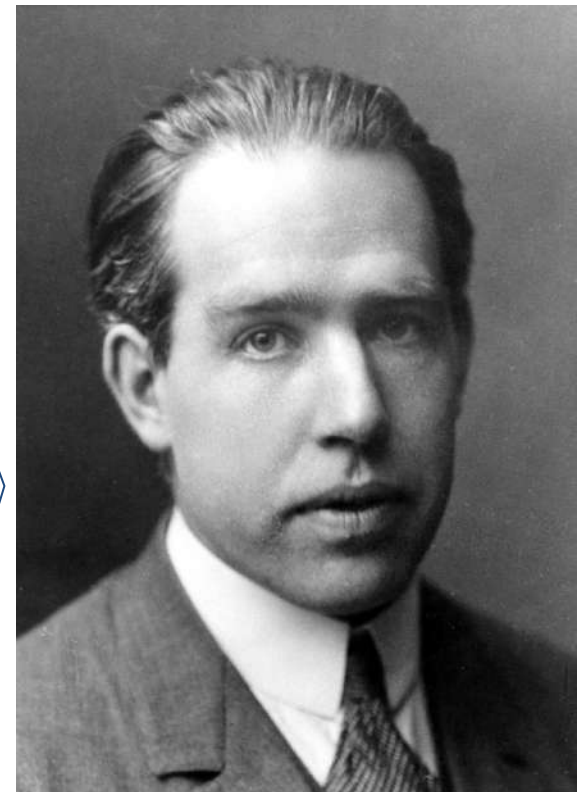
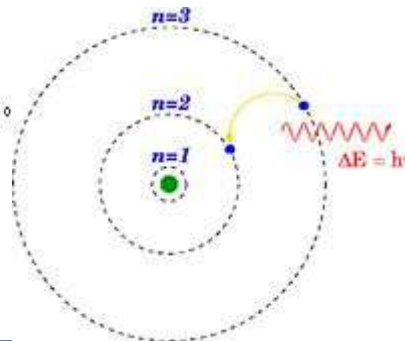
波耳認為，在氫原子中，電子圍繞著原子核進行圓周運動，在軌道中運動的電子的角動量大小 L 被量子化為正整數乘以約化普朗克常數 h $6.626 \times 10^{-34} \text{ J-s/光子}$

修正 [編輯]

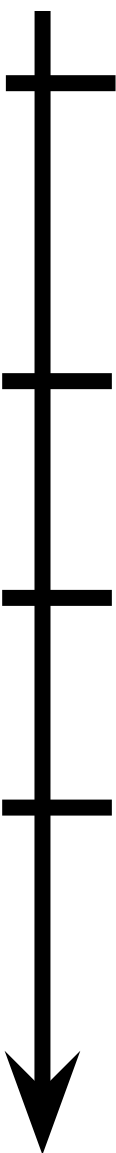
英國光譜學家亞弗列德·福勒質疑：應用波耳模型計算出芮得柏常數的數值 $R = 109737.315 \text{ cm}^{-1}$ ；而實驗值 $R = 109677.58 \text{ cm}^{-1}$ ，二者相差大約萬分之五。1914年，波耳提出，這是因為原來的模型假設原子核靜止不動而引起的。實際情況是，原子核的質量不是無窮大，它與電子繞共同的質心轉動。波耳對其理論進行了修正，用原子核和電子的約化質量 $\mu = \frac{m_e M}{m_e + M}$ 代替了電子質量。這樣的話，不同原子的芮得柏常數 R_A 不同，

$$R_A = \frac{R}{1 + m_e/M}$$

電子到質心的距離仍為原來理論中的第一軌道半徑，與原子核的質量無關。



波耳氫原子模型——實驗驗證



1897年 愛德華·皮克林發現了一組線系，稱為皮克林線系，有一些靠近巴耳末線系，另一些位於兩譜線之間，波耳提出此線系是類氫離子He⁺發出的譜線，埃萬斯觀察到He⁺的光譜，證實波耳的判斷正確

1913年 莫斯利測定了多種元素的X射線標識譜線，發現其具有規律性，並得到了莫斯利定律，可由波耳模型導出，為其提供了有力的證據

1914年 詹姆斯·法蘭克和古斯塔夫·赫茲使用電子轟擊汞蒸汽，即法蘭克-赫茲實驗，其後繼續改進實驗裝置，證實了波耳模型的正確性

1932年 哈羅德·尤里觀察到了氫的同位素氘的光譜，測量到了氘的因得柏常數，和波耳模型的推測符合

波耳氫原子模型—問題

波耳模型將古典力學的規律應用於微觀的電子，不可避免地存在一系列問題

- ❖ 根據古典電動力學，做加速運動的電子會輻射出電磁波，致使能量不斷損失，但波耳模型無法解釋為什麼處於定態中的電子不發出電磁輻射
- ❖ 對躍遷的過程描寫含糊
- ❖ 無法解釋氫原子光譜的強度和精細結構，亦無法解釋其餘更複雜原子的光譜

這一理論還是十分初步的，許多基本問題還有待解決。



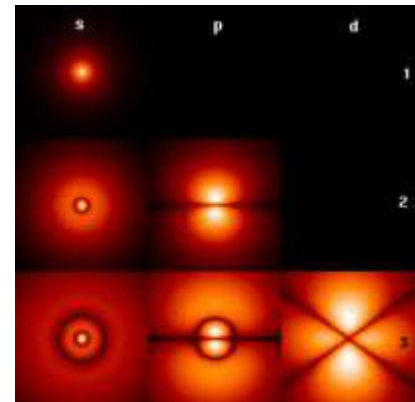
現代原子模型

隨著量子力學的發展，全新的原子模型(電子雲模型)誕生，該模型認為電子圍繞原子核作高速運動，且其具有隨機性。

模型中電子點的疏密程度代表了電子在該位置出現的機率，點越密集機率越高，越稀疏機率越低。

I have an idea !

當使用古典物理學觀念的模型皆完全解決問題時，我們應該徹底拋棄古典的軌道概念！



物理史—光學



光學的發展史



光的色散



光的本性

物理史—光學的發展史

西方世界中最早記載來自歐幾里德的《反射光學》。

我進行折射定律的研究，我們認為折射角正比於入射角



托勒密

海什木進行大量實驗，但沒有經過定量的數學推導。

克卜勒進行光的折射實驗，曾觀察到全反射現象，這只會發生在當光線從光密介質進入到光疏介質的情況，入射角大於臨界角時，因為沒有折射(折射光線消失)而都是反射，故稱之為全內反射。

物理史—光學的發展史

大家好，我是司乃耳，我通過實驗總結出了正確的折射定律，也就是所謂的司乃耳定律。



笛卡爾在方法論一書中提到關於折射的研究，認為光在不同的介質中的速度是不同的，並假設平行於介質交面的光速分量始終保持不變，由此可以推出入射角與折射角的正弦的比值是定值。

皮埃爾·德·費馬將費馬原理應用於幾何光學，得到了折射定律的正確形式。費馬原理作為最小作用量原理的一個特例，應用它來證明折射定律具有物理上的正確性。

物理史—光的色散

通過實驗，我總結出：

- ❖ 不同的色光具有不同的折射率
- ❖ 白光由多種色光按比例混合而成
- ❖ 物體呈現各種顏色的原因是該物體對特定顏色的光反射更強所致




牛頓在光學領域中最重要的發現是光的色散。


光譜



定義與原理



光譜的分類



光譜的分析

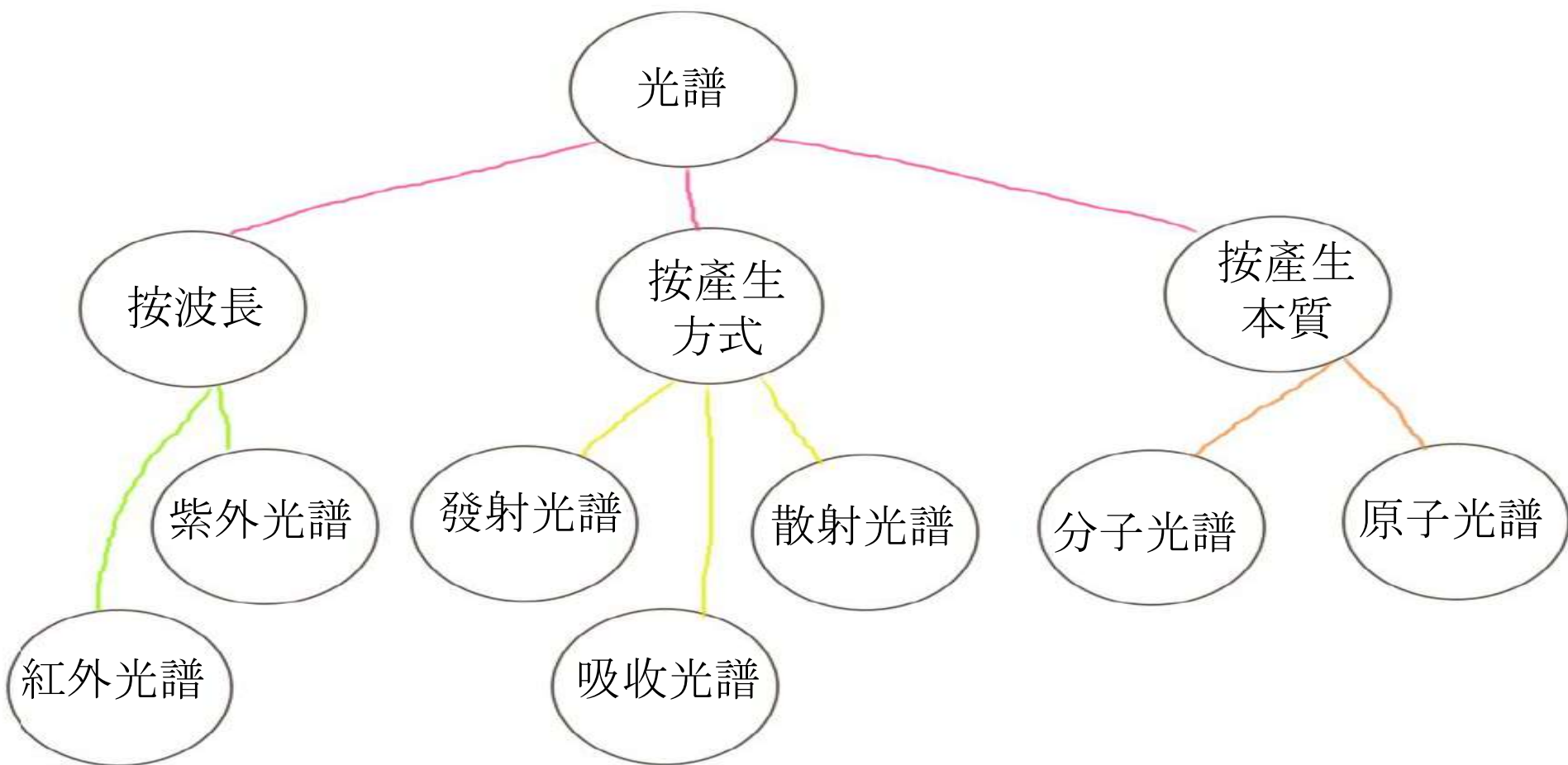
光譜的定義與原理

光學頻譜，簡稱光譜，複色光中有著各種波長/頻率的光，這些光在介質中有不同的折射率，通過光譜儀後，因偏折角度不同而發生色散現象，投映出連續或不連續的彩色光帶。

其中一部分的可見光譜是電磁波譜中人眼可見的唯一部分，在這個波長範圍內的電磁輻射被稱作可見光。人類大腦視覺中若有非單色組成的顏色，而是由多種色彩組成者不被包含在內。

被應用於著名的太陽光色散實驗，此實驗由牛頓完成，使得人們第一次瞭解到了光的客觀、定量的特質。

光譜的分類



光譜的分類—按波長區域

除可見光譜外，還有紅外光譜與紫外光譜。在一些可見光譜的紅端之外，存在著波長更長的紅外線；而在紫端之外，存在著波長更短的紫外線。兩者皆不能為肉眼所覺察，但可通過儀器加以記錄。

紀錄紅外光譜之儀器 ►



光譜的分類—按產生方式

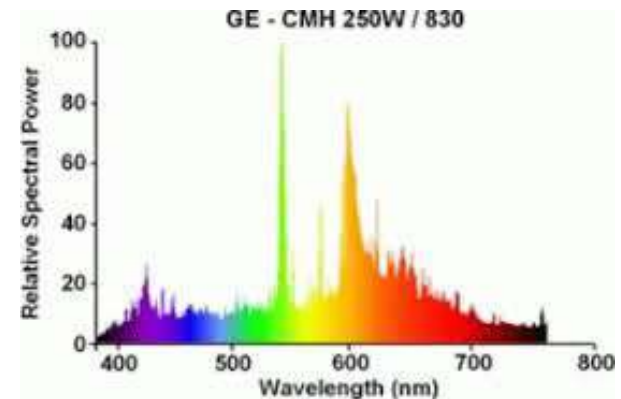
1.發射光譜

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。

發射光譜可分為三種不同類別的光譜：

- 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。

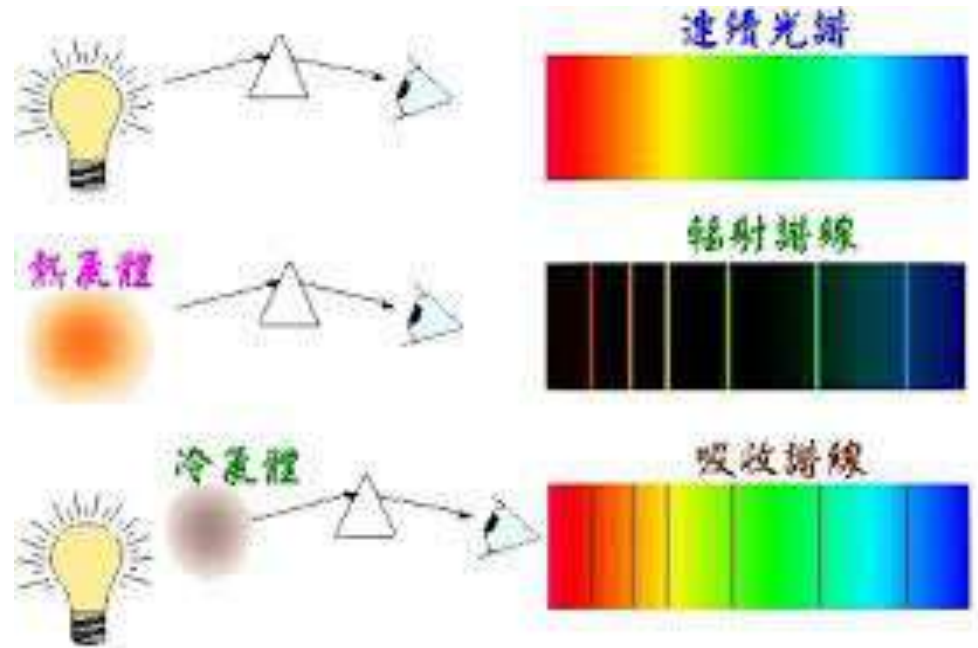
發射光譜 ►



光譜的分類—按產生方式

2.吸收光譜

在白光通過氣體時，氣體從白光中吸收與其特徵譜線波長相同的光，使形成的連續譜中出現暗線。這種在連續光譜中物質吸收與其特徵譜線波長相同的光後產生的光譜稱為吸收光譜。通常情況下，在吸收光譜中看到的特徵譜線會少於線狀光譜。



吸收光譜與其他兩者之比較圖 ►

光譜的分類—按產生方式

3. 散射光譜

當光照射到物質上時，會發生非彈性散射，在散射光中有與激發光波長相同的彈性成分(瑞利散射)，還有與激發光波長不同的成分，後一現象統稱為拉曼效應。



拉曼現象是我於1928年所發現的，因此這種產生新波長的光的散射被稱為拉曼散射，所產生的光譜又被稱為拉曼光譜或拉曼散射光譜。

光譜的分類—按產生本質

1.分子光譜

在分子中，電子態的能量比振動態的能量大50～100倍，而振動態的能量又比轉動態的能量大50～100倍。在分子的電子態之間的躍遷中，總是伴隨著振動躍遷和轉動躍遷的，許多光譜線密集在一起而形成分子光譜。因此，分子光譜又稱為帶狀光譜。



光譜的分類—按產生本質

2.原子光譜

當原子從基態提升到較高的能態時，其內部能量增加，部分電子提升到激發態，經歷很短的一段時間後，原子會回到原來能量較低的狀態，過程中釋放出一個光子，能量以光的形式發射出來，於是產生了原子的發射光譜，亦即原子光譜。

這種原子能態的變化是非連續量子性的，所產生的光譜也由一些不連續的亮線所組成，又稱線狀光譜。



生活應用

食品檢驗



氣膠檢測

高光譜儀



焰色試驗



生活應用

拉曼光譜儀



同步輻射紅外光譜影像技術



AAS原子吸收光譜儀

跨科概念

➤ 地球科學-恆星光譜

➤ 化學-電子、原子的構成

氫原子能階、氫原子模型

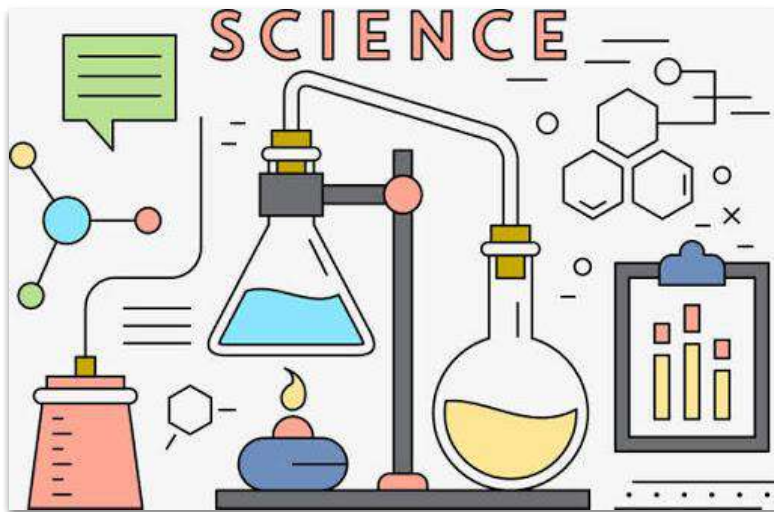
光譜

物質結構

反應機理

➤ 數學-基礎計算

➤ 國文-閱讀理解





分工表

整理內容:20、24、36

查詢資料:20、24、36

製作簡報:20、24、36

口頭報告:20、24、36