

# 電子學講義

第一回

50223B-1



社團  
法人  
考友社

考友社

出版  
發行

# 第一講 基本概論

## ◎ 命題重點 ◎

### 一、原子之電性

- (一) 原子結構：
- 原子  $\left\{ \begin{array}{l} \text{原子核：包括質子、中子、質子帶正電、中子不帶電。} \\ \text{電 子：繞原子核而旋轉，帶負電。} \end{array} \right.$

(二) 質子、中子、電子之質量與電性：

	電 子	質 子	中 子
質 量	$9.11 \times 10^{-28}$ 克	$1.672 \times 10^{-24}$ 克	$1.675 \times 10^{-24}$ 克
電 性	$-1.602 \times 10^{-19}$ 庫倫	$+1.602 \times 10^{-19}$ 庫倫	中 性

- (三) 原子最外層之電子軌道，謂之電價層，元素之化學活動性決定於該層電子分佈之多寡，通常電子之數目 = 4 為半導體，大於 4 為不良導體，小於 4 為良導體。
- (四) 很多原子相結合而成為晶體時，其能階變成三區，即價電子區、禁止區及傳導區。
- (五) 電子如在傳導區內能自由移動，稱為自由電子，在價電子區內，不能自由移動，稱為價電子。
- (六) 1. 絕緣體：禁止帶甚大，在常溫下，電子不致於從原子價帶向傳導帶作熱激勵。但如給予  $10^6 \text{V/m}$  以上之電場或強力放射線的能量，則電子將飛越禁止帶而到達傳導帶。
2. 半導體：禁止帶寬度甚小。對鍺而言，為  $0.72 \text{eV}$ ，矽為  $1.10 \text{eV}$ ，在常溫時，只有少數電子在傳導區，故仍能導電，但導電性不佳。
3. 導體：原子價帶與傳導帶相互重疊，所以僅需約  $0.01 \text{eV}$  之能量，電子將可自原子價帶進入傳導帶。

### 二、電子及電子效應

- (一) 原子最外層電子受光、熱或其他能量作用，而脫離原子核的束縛力，稱之為自由電子。
- (二) 原子失去一個或數個電子後，使原子呈正性，稱為正離子。原子獲得一個或數個電子後，使原子呈負性，稱為負離子。
- (三) 在正常狀態下，軌道中電子之離心力與原子核之向心力相等，電子與原子核之間的引力依庫倫定律：

$$F = \frac{(Q \cdot Z)Q_e}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

~ 1 ~

式中  $Z$ ：係原子序數，亦即質子或電子數目； $Q_e$ ：為電子之電量（庫倫）；

$Q_e Z$ ：代表原子核本身所荷電量； $r$ ：為原子核與軌道電子間之距離（米）；

$\epsilon_0$ ：真空中之導電率， $F$ ：引力（牛頓）。

(四) 電子或離子在電場內所受力的作用，係與所荷電量及電場強度之積成正比。

$$F = Q \cdot E$$

式中  $F$ ：力（牛頓）； $Q$ ：電量（庫倫）； $E$ ：電場強度（每公尺伏特）

(五) 一個電子或離子通過兩點電位差，將受電場作用而運動，其移動速度

$$v = \sqrt{2VE/m}$$

式中  $m$ ：質量（仟克）； $E$ ：電荷（庫倫）； $V$ ：加速電壓（伏特）

(六) 在磁場中之流動電子，依佛萊明左手定則，一方面呈圓形運動，另一方面與磁力線相垂直方向運動，結果合成“螺旋形”運動。

$$f = B \frac{e}{\Delta t} \Delta x = B e v_0$$

式中  $f$ ：牛頓； $B$ ：磁通密度（韋伯 / 平方米）；

$e$ ：電荷（庫倫， $1.602 \times 10^{-19}$ ）； $v_0$ ：電子速率（米 / 秒）

(七) 熱電子放射：

以熱力供給電子所需的能量而使電子逸出金屬表面的發射。

由李察遜 - 狄西曼氏的實驗公式： $J = AT^2 e^{-b_0/T}$

式中  $J$ ：放射電流密度（安培 / 平方公尺，即  $A / m^2$ ）；

$T$ ：絕對溫度 °K 或 ( $273 + ^\circ C$ )；

$e$ ：自然對數底 (2.7183)；

$A$ ：常數，依放射體之種類而異；

$b_0$ ：電子突破金屬表面所需作之功或能。

(八) 二次放射：一固體物質受高速度的電子或正離子的撞擊而放射電子。愈純的金屬較含有碳分子金屬二次放射率為高，一般來說，二次放射的能量約為在 20 電子伏特左右。

(九) 強電場放射：

1. 定義：以高能量電場作用於金屬表面，使電子自金屬，或其他物質表面逸出，如常見之電火花，尖端放電，閃電等現象。

2. 強電場約在  $10^8$  伏特 / 米以上，在常溫亦能將電子自某金屬表面吸出來。

3. 電子管中陰極射線管 (C.R.T)，便是利用該原理設計之製品。

(十) 光電效應：

1. 定義：物質受光線照射，雖在室溫下，亦能產生電子放射，如光電池，光電晶體，都是其應用。

2. 光為電磁輻射，光具有能量，光之質點稱為光子，如一質點以頻率  $f$  振動時，則放出能量為  $hf$  的光子。

$$W = hf$$

~ 2 ~

式中  $h$ ：蒲朗克常數 ( $6.626 \times 10^{-34}$  焦耳 - 秒)； $f$ ：頻率 (Hz)

3. 由公式  $W = hf = hc/\lambda$  得知，波長愈短，光子的能量愈大，光子能量與其頻率成正比，而與波長成反比。
4. 放射電子數量多少，與光之照度，光之頻率以及被照物質有關。
5. 光電物質每單位時間內放射電子數與射入光之強度成正比。
6. 光電物質釋放之電子的最大能量與射入光之強度無關，而與光的頻率成正比。光電管即應用此種原理製成。

### 三、原子能階及狀態

(一) 電子伏特 (ev)：一電子穿越一伏特之電位差時，其所具有的能量稱之為一電子伏特。

$$1 \text{ ev} = (1.60 \times 10^{-19} \text{ 庫倫}) (1 \text{ 伏特}) = 1.60 \times 10^{-19} \text{ 焦耳}$$

(二) 波爾原子假說：

1. 原子只有幾個間斷的能量值，電子具有此能量時為穩定狀態，不放出能量。
2. 電子由一個穩定狀態之能量  $W_1$  跳至另一個穩定狀態  $W_2$  時，電子放出能量，其頻率是：

$$f = \frac{W_2 - W_1}{h}$$

式中  $h$ ：蒲朗克常數 ( $6.626 \times 10^{-34}$  焦耳 - 秒)；

$W$ ：單位是焦耳；

$f$ ：頻率 (Hz)

3. 電子之穩定狀態，因其角動量是量子化，可算出電子之可能能量為：

$$W_n = -\frac{mq^4}{8 h^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

4. 由  $f = \frac{W_2 - W_1}{h}$  可化為下式，即電子若由一個狀態跳至另一狀態，則輻射出光，該光的波長

$$\lambda = \frac{12400}{E_2 - E_1}$$

式中  $\lambda$ ：波長，單位是埃 ( $\text{\AA} = 10^{-10}$  公尺)；

$E$ ：能階，單位是電子伏特

5. 光波速度： $v = f \cdot \lambda$

式中  $v$ ：波速 ( $3 \times 10^8$  米 / 秒或 186000 哩 / 秒)；

$f$ ：頻率 (Hz)；

$\lambda$ ：波長 (米)

6. 電磁波與光波為橫波，聲音必須靠介質傳播，而光波沒有介質亦能傳播。

## 精選試題

一設電場強度為  $4 \times 10^8$  (伏特/米)，電子所帶的電量  $e = 1.602 \times 10^{-19}$  庫倫，試求一電子在電場中所受力的大小為多少牛頓？

【解】  $F = Q \cdot E$   
 $= 1.602 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^8 = 6.408 \times 10^{-11}$  牛頓

二設兩平行板，相距2 cm，加上電壓1000伏特，若一電子自正極釋放，則其受力大小為多少牛頓？

【解】  $F = q \cdot \epsilon$   
 $= 1.60 \times 10^{-19} \times [1000 / (2 \times 10^{-2}) \text{ 伏特/公尺}]$   
 $= 1.60 \times 10^{-19} \text{ 庫倫} \times 5 \times 10^4 \text{ 牛頓/庫倫}$   
 $= 8 \times 10^{-15}$  牛頓

三一波長為1026 埃之光子被氫所吸收，放出二個光子，若其中之一為1216 埃，則另一光子的波長為若干？

【解】 氫原子所吸收之能量為： $E_t = \frac{12400}{\lambda} = \frac{12400}{1026} \doteq 12.09 \text{ eV}$

波長1216 埃光子之能量為： $E_1 = \frac{12400}{\lambda_1} = \frac{12400}{1216} = 10.20 \text{ eV}$

故另一光子之能量為： $E_2 = E_t - E_1 = 12.09 - 10.20 = 1.89 \text{ eV}$

故其波長為： $\lambda_2 = \frac{12400}{E_2} = \frac{12400}{1.89} \doteq 6550 \text{ \AA}$

四(1)若要激發波長為5893 埃之黃色光譜線，則電子在鈉氣燈中之進行速度應為若干？(2)若欲以光子產生同樣之黃光，其頻率為若干？

【解】 (1)黃色光譜之能量  $E = 12400 / 5893 = 2.11 \text{ eV}$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{2Ve}{m}} \left( = \sqrt{\frac{2 \times V \times 1.60 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}} \doteq 5.93 \times 10^5 \times V^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{電子速度 } v &= 5.93 \times 10^5 \times V^{\frac{1}{2}} = 5.93 \times 10^5 \times (2.11)^{\frac{1}{2}} \\ &= 8.6 \times 10^5 \text{ m/sec} \\ (2) \text{光子頻率 } f &= \frac{E}{h} = \frac{2.11 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.626 \times 10^{-34}} = 5.07 \times 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

五某一發射機之載波頻率為1200 仟赫，求其波長為多少米？

$$\text{【解】 } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{(3 \times 10^8)}{(1200 \times 10^3)} = 250 \text{ 米}$$

六短波之波長不能大於200公尺，求其頻率之範圍？

$$\text{【解】 } v = f \lambda$$

$\therefore f$  與  $\lambda$  成反比， $\therefore \lambda$  為最大時則  $f$  為最小，

$$\text{故 } f_{\min} = \frac{(3 \times 10^8)}{200} = 1500 \text{ KHz}，\text{ 因此頻率 } f \text{ 需 } \geq f_{\min}$$

七一波長為1216 埃之光子激勵一靜止之氫原子，試求(一)射入原子之光子動量；  
(二)相當於此動量及射入氫原子之能量；(三)在(二)中求得之能量與光子能量之比。

$$\text{【解】 (一) } P = \frac{h}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34})}{(1.216 \times 10^{-7})} = 5.448 \times 10^{-27} \text{ Kgm/sec}$$

$$\text{(二) 動能 } E_1 = \frac{1}{2} m v^2，\text{ 動量 } P = m v，$$

$$\therefore E_1 = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left\{\frac{(m v)^2}{m}\right\} = \frac{P^2}{2m}$$

$$E_1 = \frac{(5.448 \times 10^{-27})^2}{2 \times 1.67 \times 10^{-27}} = 8.95 \times 10^{-27} \text{ 焦耳 (射入氫原子能量)}$$

$$E_2 = h \cdot f = h \cdot (C / \lambda) = P C$$

$$E_2 = (5.448 \times 10^{-27}) \times (3 \times 10^8) = 1.58 \times 10^{-18} \text{ 焦耳 (光子能量)}$$

$$\text{(三) } E_1 / E_2 = 5.66 \times 10^{-9}$$

八若  $B = 10^{-3}$  韋伯/米<sup>2</sup>，電子移動速度  $V = 5 \times 10^8$  米/秒，與  $B$  垂直，則此電子運動半徑為若干米？

【解】