

幾合光學 (Geometrical optics)

授課教師：黃宣瑜

Chapter 1: 光

- 光波
- 光電效應
- 光量子學說
- 康普吞效應
- 物質波
- 二相性

光波

簡要回顧

牛頓：17世紀中提出光的**粒子說**。

Maxwell: 電磁理論證明振盪電路會輻射電磁波，且傳播與光速相同。

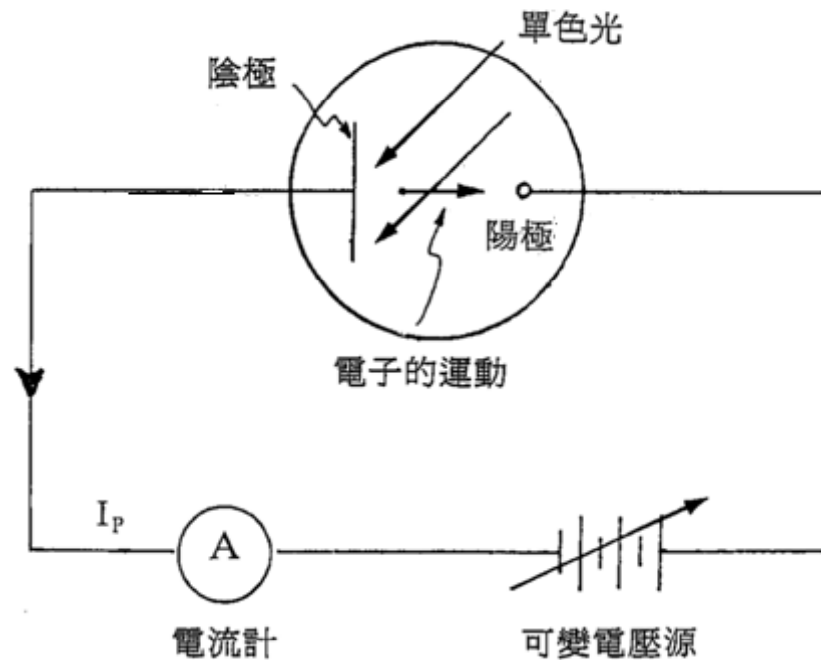
Christian Huygens: 波的理论證明了光的反射與折射，對於干涉(interference)、繞射(diffraction)和偏振(polarization)皆可以解釋。

Experiments: 光電效應、康普吞效應無法用光的波動性解釋，必須用**粒子性**。

光電效應

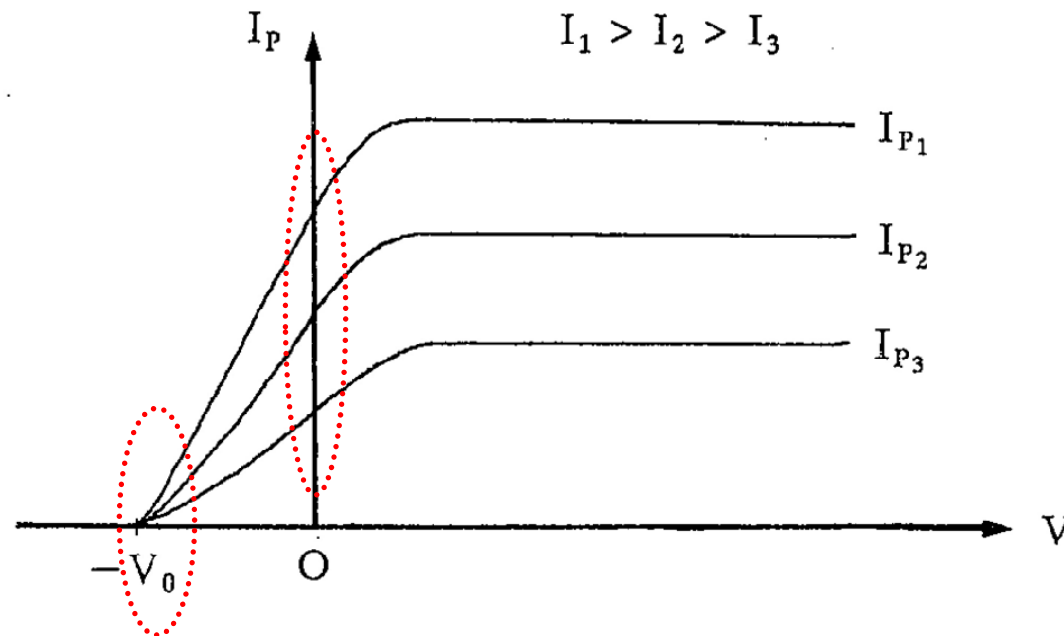
Hertz: (1887)當光照射金屬表面時，會有電子克服金屬的束縛能而脫離——**光電效應**。

利用單色光照射在陰極表面，可以使電子從陰極表面逸出，量 I_p 。



【圖 1-1】

1. 固定光強度(I)，改變電壓(V)—光電流 I_p 也會改變。
2. With increasing external voltage—陰極射出的電子皆能到陽極，但繼續增加電壓，_____使光電流 I_p 增加，稱之_____。
3. $I_1 > I_2 > I_3 \rightarrow I_{p1}$ _____ I_{p2} _____ I_{p3} 。
4. $V=0$ ， $I_p \neq 0$ Why? _____。



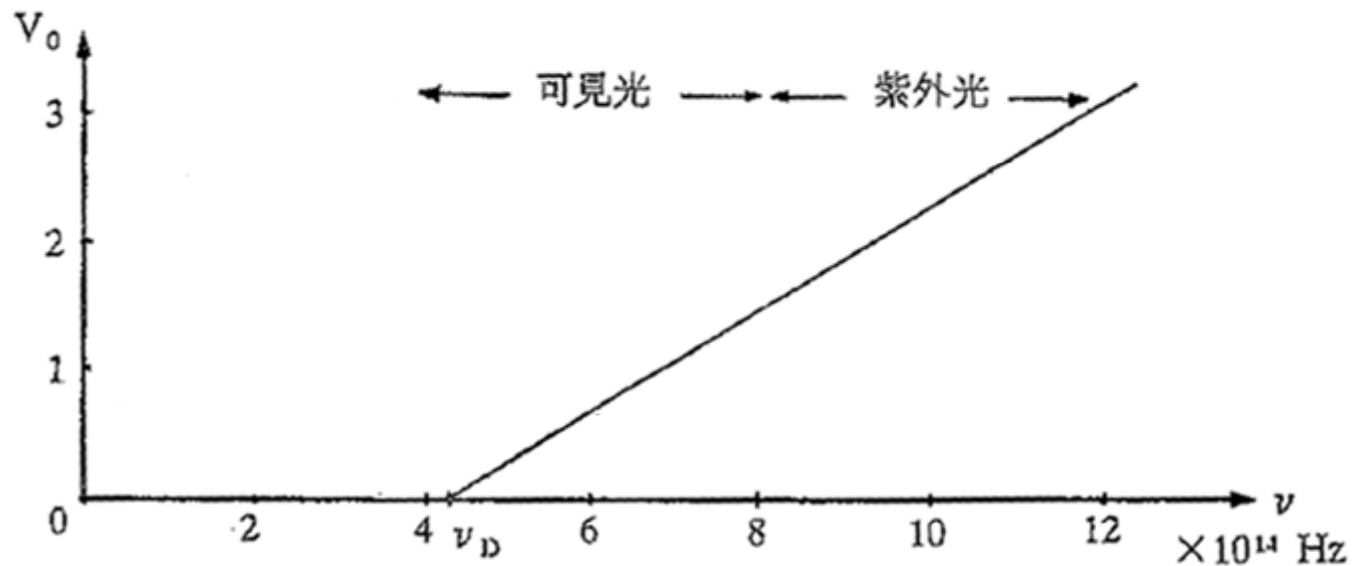
【圖 1-2】

5. 當電壓降至 $-V_0$ ，光電流為0， V_0 稱為_____ (stopping potential)。

$K_{\max} =$ _____ (逸出電子具有的最大動能)

6. 對單一色光而言，雖在不同光強度下，卻都具有相同的截止電壓。

7. 截止電壓與入射光_____有關。



【圖 1-3】

8. 截止電壓與光頻率成正比關係。

9. 任一金屬都存在一極限頻率 (cut off frequency) →

光電效應中無法用波動理論解釋的問題如下：

(一)

(二)

(三)

光量子說

Planck(1901): 假設能量是不連續的被吸收或是放出，而是以一個單位或此單位的整數倍存在，此最小單位稱為量子。

Einstein(1905): 電磁波的能量量子化，光是由許多量子(光子)組成。

$$E = h\nu$$

(the dual nature of light)

$$h\nu = W + \frac{1}{2}mv^2$$

W: work function

$$h\nu = W + \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = W + K_{\max}$$

光的能量是由其_____決定，改變光波的頻率才會影響光電子的最大動能，若只增加光的強度，只會使光子的數目增加，光電流 I_p 相對增加，但是不會影響光子的能量。

$$\text{if } K_{\max} = 0 \rightarrow h\nu_D = W_0$$

康普吞效應

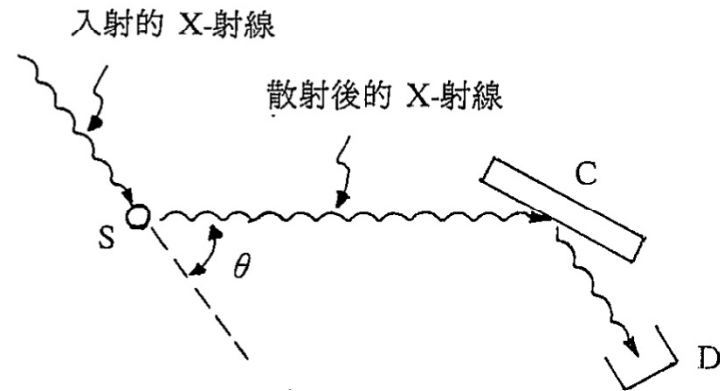
把光視為粒子，由 $E = mc^2$ 可知

$$m = \frac{E}{C^2} = \frac{h\nu}{C^2}$$

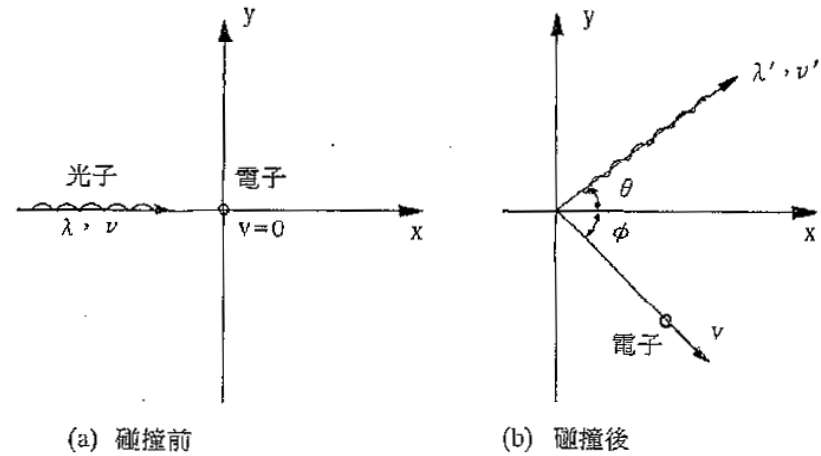
$$P = mc = \frac{h\nu}{C} = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda_c = \frac{h}{m_0 C} = 0.0024 \text{ nm}$$

$$\lambda_c = \frac{h}{m_0 C} = 0.0024 \text{ nm}$$



【圖 1-4】



【圖 1-5】

物質波 (Matter wave)

Louis de Broglie: 量子理論的研究，物質和光一樣，同時具有波和粒子的雙重性質。

質量 m 的質點，以 v 的速率運動時，必定具有波的特性。

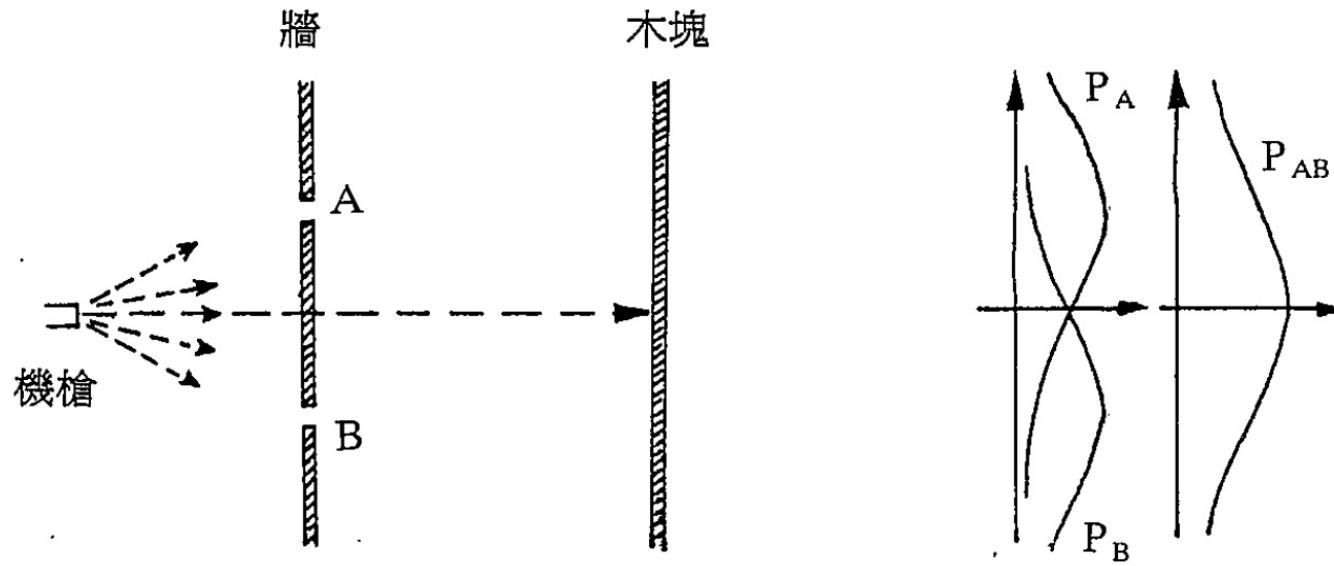
$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$E = h \nu$$

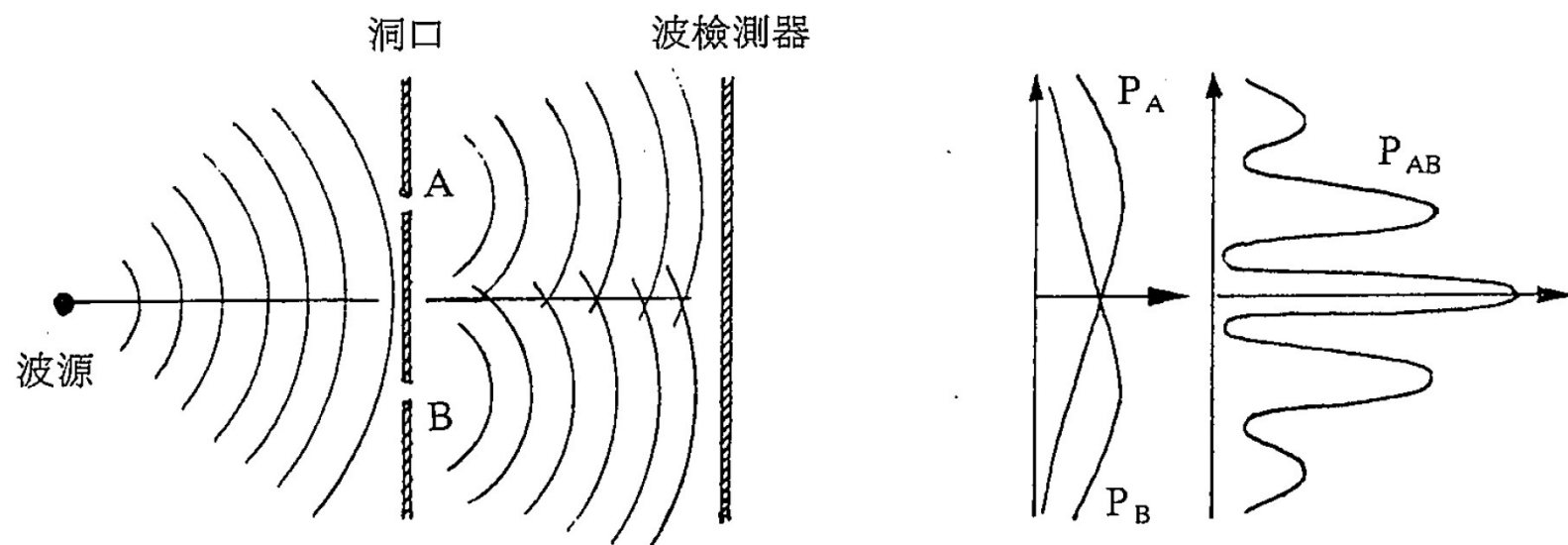
$$\lambda, \nu \quad \text{---} \rightarrow$$

$$E, p \quad \text{---} \rightarrow$$

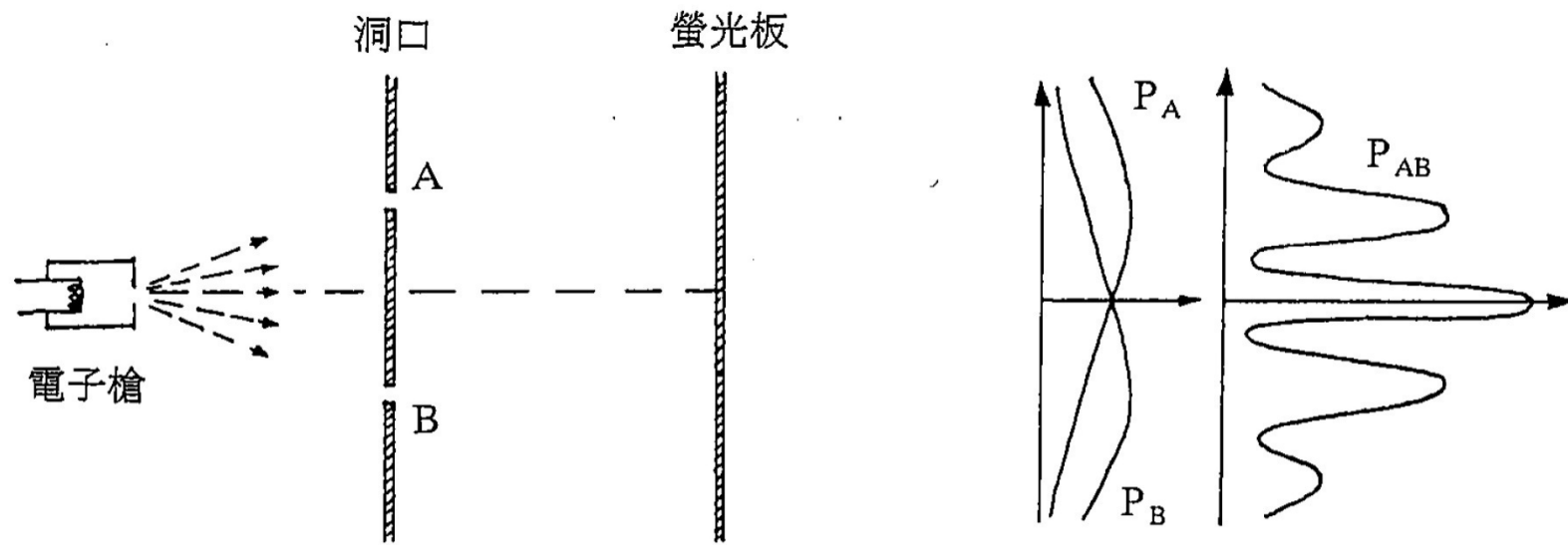
兩相性



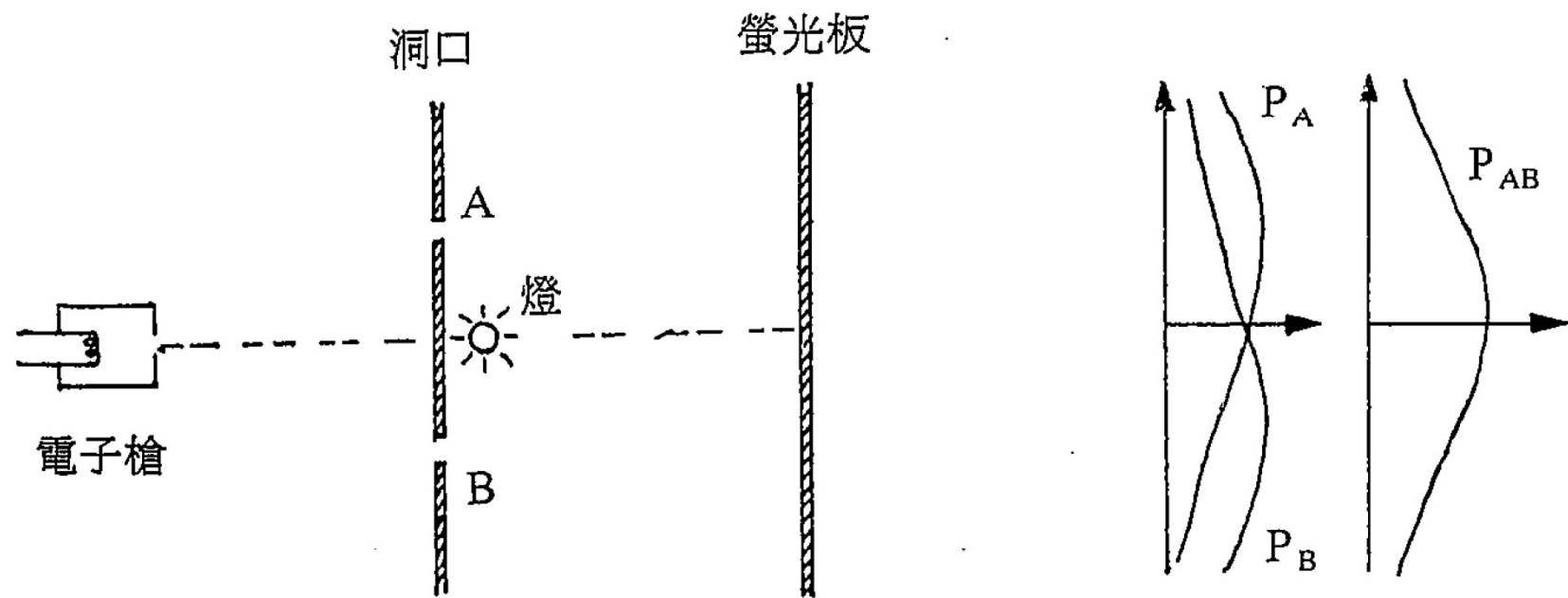
【圖 1-6】



【圖 1-7】



【圖 1-8】



【圖 1-9】

基礎光學依光的性質和實驗結果分為三類

- (1)幾何光學(Geometrical optics):將光視為粒子，考慮其整體的特性表現，亦即對光的描述是用光線(ray)or光束(light beam)以及物點、像點等概念的光學，因此不涉及光的物理本質，只具有近似的意義，又稱_____ (ray optics)。
- (2)物理光學(Physical optics):將光視為_____處理的光學，又稱為_____ (wave optics)。
- (3)量子光學(Quantum optics):將光視為_____處理的光學，但探討的是個別粒子本質的光學，亦用量子的觀念來說明光粒子的本質及其應用的光學。