

220101 

電子發現的歷史背景：

1.時代背景：十九世紀末，電學的諸多原理被發現後，**了解電的本質**成了當務之急，促成許多科學家研究**低壓氣體放電**(gas discharge)、**陰極射線**(Cathode Ray)的產生與**真空技術**。



2.1879年，英國物理學家克魯克(William Crookes，1832~1919)，製成高度真空的真空管/陰極射線管(Cathode Ray Tube，CRT)[現通稱為克魯克管(Crookes tube)，是現今電視映像管、日光燈、霓虹燈的祖先]認為陰極射線是帶負電的微粒子流。

3.最早的陰極射線管的構造如圖：兩金屬板置於密封的低氣壓玻璃管內，分別接高電壓的直流電源(亦可在陰極後方接有一燈絲，燈絲接一單獨的電源，使燈絲加熱，可以將陰極金屬板加熱，當陰極溫度上升到某一值後，**金屬內的**

電子便會獲得足夠的能量脫離陰極)，玻璃管內的氣壓約 10^{-2} mmHg~ 10^{-4} mmHg[常溫 1atm 下氣體是絕緣體]。當直流電壓調高到數千伏特，正極(或稱為陽極，anode)附近的管壁會發出微弱的色光，顏色與管內氣體的種類有關。

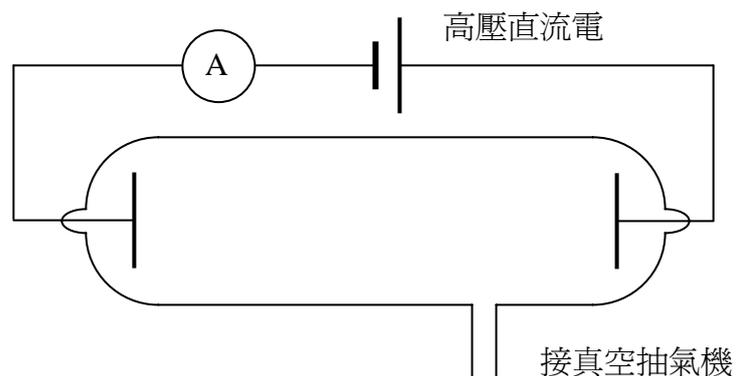
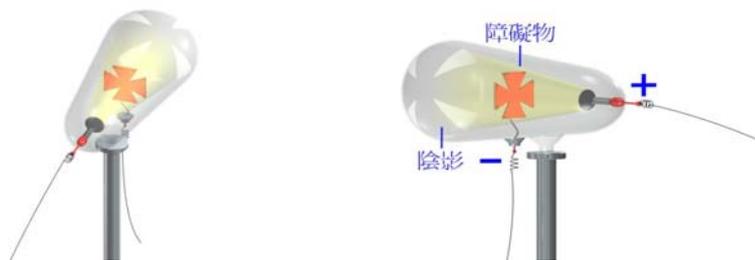


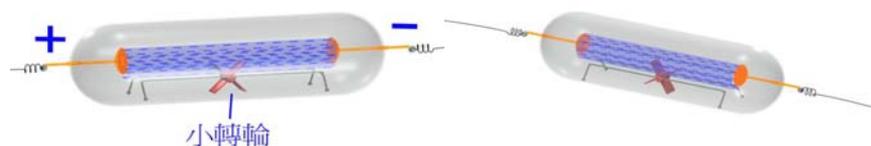
圖 22.1.1~2 不同的氣體放電管，顏色與管內氣體的種類有關

此外，陰極射線尚有下列特性：

①被金屬片(障礙物)遮斷時，會形成陰影。



②置一小輪於管中，可見轉輪轉動 → 具有質量。



③在電場或磁場中會產生偏折現象 → 帶電質點 → 進一步分析帶負電。



4.陰極射線的本質與產生：帶負電的質點由陰極射出，往陽極運動，因空氣分子少，在管中容易加速。

5.湯木生測量不同材質的陰極射線，發現它們的荷質比(electron-to-mass ratio)皆相同，且電子的荷質比比氫離子的荷質比大了 1840 倍，故認為此種粒子為物質的基本粒子，稱為「電子」(electron)，並得到 1906 年諾貝爾獎。

【附註】：1895 年，德國科學家魯琴(W. K. Röntgen, 1845.3.27~1923.2.10)在暗室中進行陰極射線管實驗時發現X射線。其實，X射線的發現早於電子的發現(1897 年)。瞭解電子的本質，有助於了解X射線，因此安排順序上做了調整。



沒有知識也要有常識 1

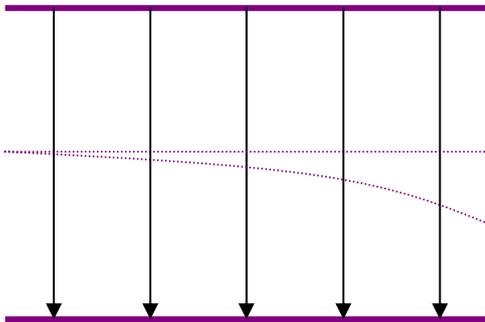
電量有基本單位的概念由法拉第在 1834 年所提出。1874 年英國物理學家 Geroge J. Stoney(1826~1911)建議將氫離子的電量命名為 electrine，後於 1891 年，建議改為 electron。琥珀(amber)的希臘字語是「electron」，electricity(電)的相關字即源自於此字源。

220102 電子的荷質比實驗：

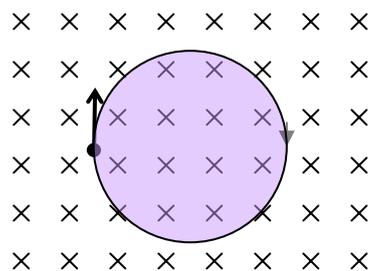
1.預備工作：在進入湯木生真正的實驗之前，需要有些預備知識，包括：

(1)帶電質點在電場中的運動 與 (2)帶電質點在磁場中的運動。

【方法一】：帶電質點在均勻電場中的運動

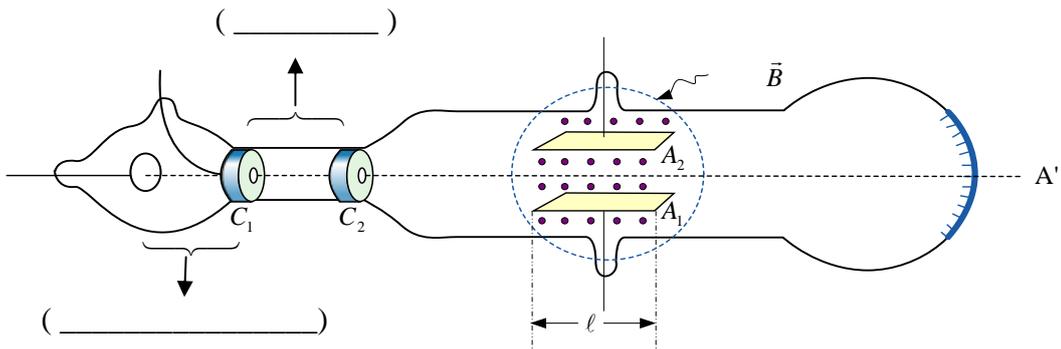
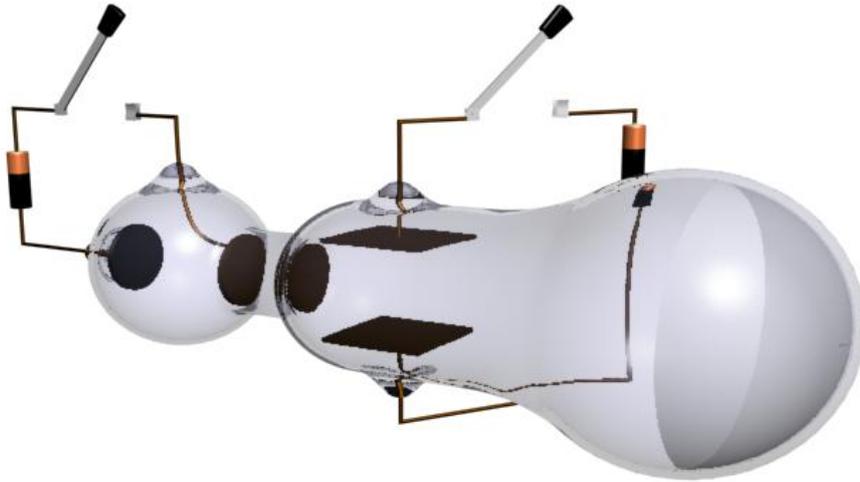


【方法二】：帶電質點在磁場中的運動



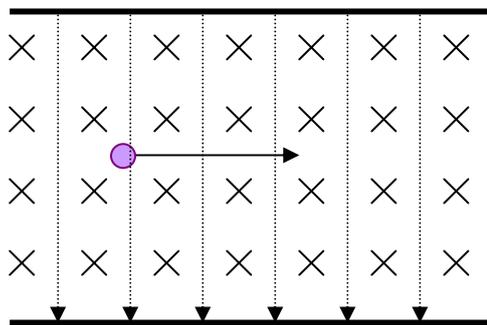
2.利用方法<一>、方法<二>，要得出荷質比，還差一個物理量未知--_____。
要如何量出呢？

3.湯木生的實驗裝置：



4.湯木生實驗的兩大步驟：

(1)速度選擇器(velocity selector)----求出初速 【湯木生實驗成功的關鍵!!】



(2)再利用<方法一>或<方法二>求出 $q/m[e/m]$ 值：

【方法一】：

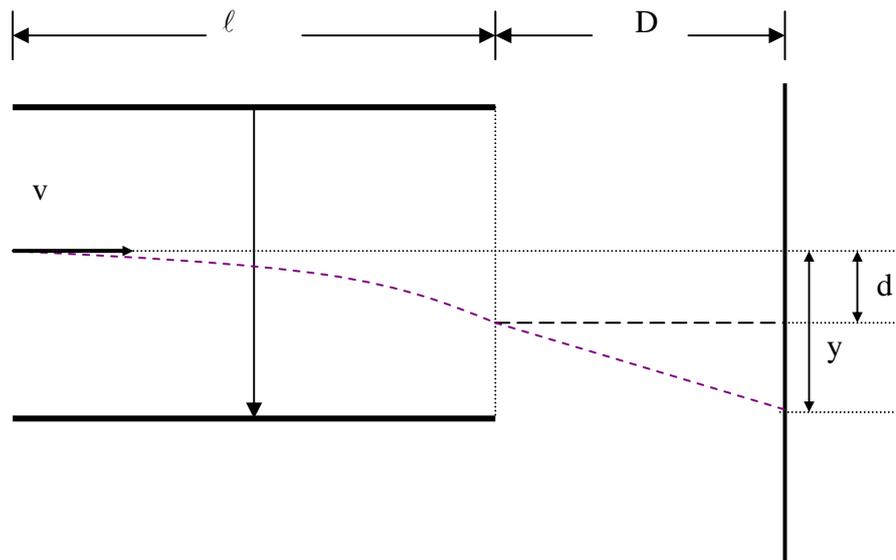
【方法二】：

(3)湯木生實驗測定電子的荷質比 $\frac{e}{m} = 1.76 \times 10^{11} \text{C/kg}$

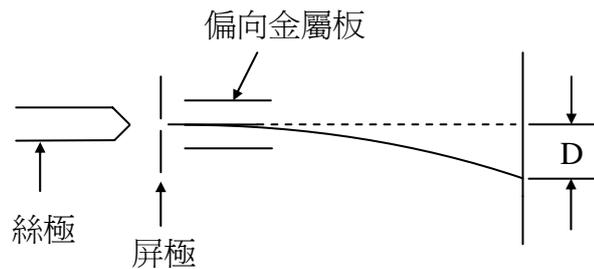
目前實驗得到的電子的荷質比 $\frac{e}{m} = 1.75881962 \pm 0.00000053 \times 10^{11} \text{C/kg}$

5.應用：

- ①噴墨印表機
- ②電視、示波器的映像管：兩組偏向板，一組控制左右，一組控制上下
- ③陰極射線管的偏移距離推導



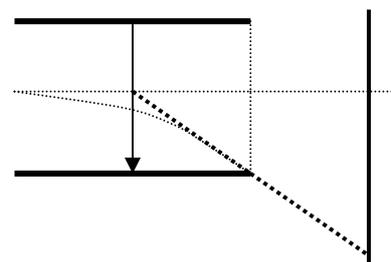
【牛刀小試】：(73 日大)一束電子自電子槍射出後，經一對偏向金屬板射達螢幕，在螢幕上產生之偏移 D 為 8.0 厘米(如圖)，今將電子槍中絲極與屏極間之電位差加倍，而保持偏向金屬板間之電場不變，則偏移 D 變為多少？



- (A)0.5 厘米 (B)1.0 厘米 (C)2.0 厘米 (D)4.0 厘米 (E)8.0 厘米

挑戰題

試證電子在射出金屬板的切線通過兩金屬板的中心。





範例 01

- 下列敘述何者正確？
 - 湯木生用以測定電子荷質比(e/m)的實驗原理與方法，也曾被用以證實同位素的存在 (87 日大)
 - 利用電子在均勻電磁場中運動，可同時測定電子之質量及電荷 (83 日大)
 - 湯木生首先測量電子荷質比(e/m)的方法是把電子射入晶體中，觀測其繞射條紋 (81 日大)
 - 湯木生實驗利用速度選擇器，測出陰極射線的速度，證明非電磁波
 - 不同物質釋放出的陰極射線，其荷質比均不相同
- (71 日大)陰極射線的那一個性質證明它不是電磁波？
 - 它在陰極射線管中以直線前進
 - 它會被磁場偏折
 - 它能造成螢光反應
 - 它能引起化學反應

解題思路

- (A)湯木生實驗的原理與質譜儀相同(速度選擇器+帶電質點在磁場中運動)
 (B)湯木生實驗只能量出_____
 (C)將電子射入電場+磁場中 (E)陰極射線=電子

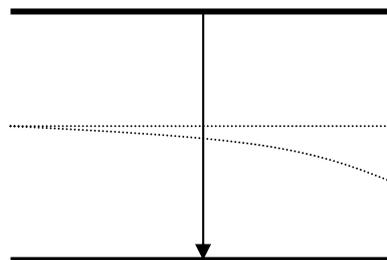
範例 02



一離子束垂直電場方向射入兩帶電平行金屬板之中，電場為 E ，板長為 L ，離子離開板邊緣時，偏向位移為 d ，今在平行金屬板中加一磁場 B 與原電場垂直，結果離子束不偏向，則該離子的荷質比為？

解題思路

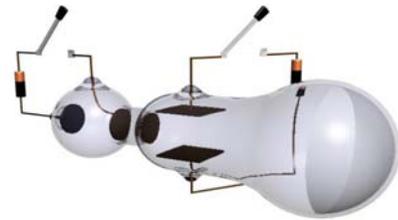
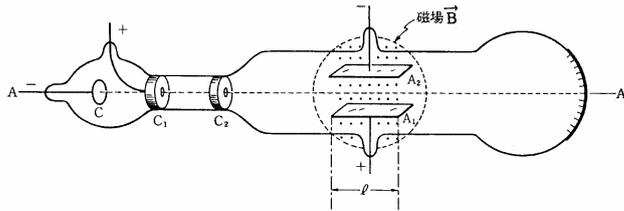
速度選擇器+帶電質點在電場中的偏折



【牛刀小試】：陰極射線通過電場為 $E=3 \times 10^4 \text{ N/C}$ 及磁場為 10^{-3} T 的區域，恰直線通過，則電子速率為何？【 $3 \times 10^7 \text{ m/s}$ 】

範例 03

將電量為 q 的離子經電位差 V 加速後，垂直射入磁場 B 中，測定它在磁場中作圓周運動軌道半徑為 r ，求此離子的 (1)荷質比 (2)速率 (3)週期?

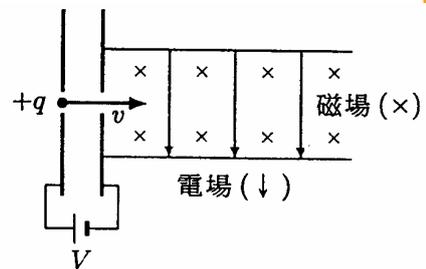


【牛刀小試】：一離子束經過電位差加速後，垂直磁場進入一彼此垂直的電場 E 與磁場 B 中結果保持直線前進，如果將電場移去，在該磁場中做半徑是 R 的圓周運動，則該離子的荷質比為？【 $\frac{E}{B^2 R}$ 】

範例 04

(88 日大)如圖所示，一束帶電荷 $+q$ 的正離子受到電位差 V 加速後，進入一相互垂直的電場及磁場中，電場為均勻向下，磁場則為均勻射入紙面。如正離子通過電磁場後有點向下偏斜，欲使正離子沿水平方向筆直通過電磁場，則下列作法何者為正確？

- (A)適當的減小磁場的量值。
- (B)適當的減小電場的量值。
- (C)適當的增大加速電壓 V 的量值。
- (D)適當增強電場，同時減小加速電壓 V 的量值。
- (E)適當的將電場及磁場的量值等比例增大。



解題思路

→ 速度選擇器 $qE=qvB$

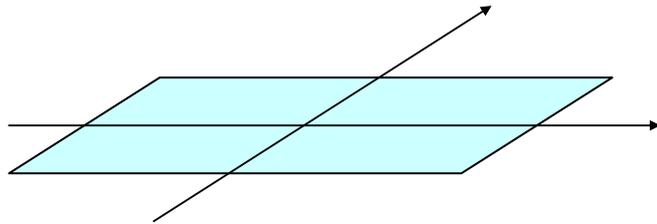
【進階思考】：如果改成 $-q$ 的離子，則？

範例 05

220107



(87 北模)運動中的電子經過均勻電場 \vec{E} 和均勻磁場 \vec{B} 互相垂直的區域，恰能作等速度運動，不計重力，若 \vec{B} 方向指向正北， \vec{E} 方向向下，則電子的運動方向不可能為 (A)東偏北 30° (B)北偏西 60° (C)東方 (D)東南方 (E)南偏東 30°

**範例 06**

220108



(70 日大)一帶正電粒子與一中性粒子同時以相同之初速被拋入一水平均勻電場中，設粒子運動方向與電場方向平行而反向，帶正電粒子最遠運動至 20 公分後不再前進而開始後退，則此時中性粒子運動_____公分。

【牛刀小試】：一電量 q 之質點，垂直通過一互相垂直之電場與磁場中，恰能筆直穿過，設電場與磁場強度各為 E 、 B ，若質點在此區域中運動時，突然使電場消失，則質點作半徑 R 的圓周運動，則質點

(A)質量為 $\frac{qB^2R}{E}$ (B)週期為 $\frac{2\pi BR}{E}$ (C)荷質比為 $\frac{E}{B^2R}$

(D)動量為 qBR (E)動能為 $\frac{1}{2}qER$ 。【全】