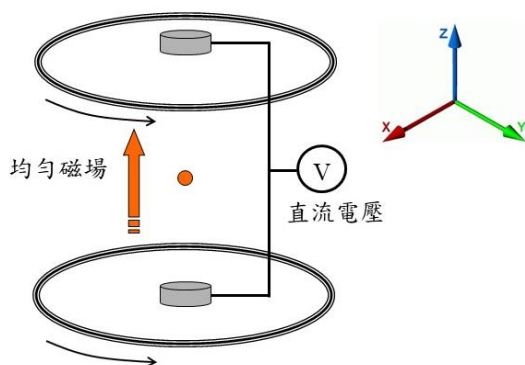


## ※離子阱與質量的測量

物理系王立邦

離子阱是一種利用電場及磁場將離子(帶電的原子或分子)捕捉在一固定範圍內的裝置。下圖為彭寧離子阱(Penning Trap)的示意圖，此裝置是目前最靈敏的原子質量測量裝置。由一對線圈通以電流提供均勻磁場，將離子侷限在 XY 平面，限制其徑向軌跡，另外 Z 軸上兩端由直流電壓提供電場，產生在 Z 軸上互斥的電力，(彭寧離子阱為四軸電場，即上下兩端電極的電性相同)，限制離子的軸向軌跡，如此即可將離子侷限於中心。



1. 若磁場大小為  $B$ ，離子質量  $m$ ，帶電量  $q$ ，則此離子在 XY 平面作圓周運動的旋轉頻率為？  
(A)  $\frac{qm}{B}$  (B)  $\frac{qB}{2\pi m}$  (C)  $\frac{2\pi q}{mB}$  (D) 必須知道旋轉半徑或旋轉速度才能得知
2. 離子在 Z 方向作簡諧運動，若直流電壓加倍，則簡諧運動的頻率變為原來的幾倍？  
(A)  $\sqrt{2}$  (B) 2 (C)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  (D) 不變
3. 以下敘述何者**錯誤**？  
(A) 若離子帶電量為正，則提供 Z 軸方向的直流電壓也必須為正電壓  
(B) 若磁場方向固定，正離子和負離子在 XY 平面圓周運動的方向相反  
(C) 提供直流電壓的兩電極棒距離越近，則離子簡諧運動的頻率越高  
(D) 磁場及電壓固定，圓周運動頻率和簡諧運動頻率的比值為定值，和離子種類無關

4. 頻率為目前科學家所能測量最準的物理量。在 1 小題中，離子圓周運動的頻率和離子質量有關。若頻率測量的精確度達到 ppm ( $\frac{\text{頻率的不準度}}{\text{頻率}} = 10^{-6}$ )，

則離子質量測量的精確度可達？(假設其他物理量的測量無誤差)

- (A)  $10^{-3}$  千分之一
- (B)  $10^{-6}$  百萬分之一
- (C)  $10^{-9}$  十億分之一
- (D)  $10^{-12}$  一兆分之一