Animation

Spectrographe de masse

par Gilbert Gastebois

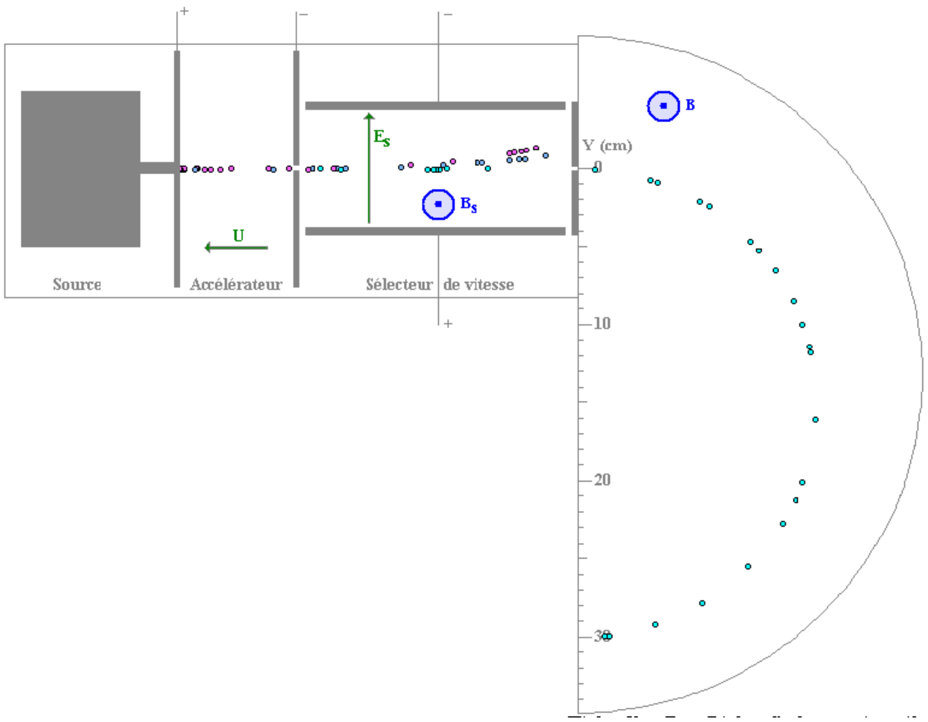
Animation

1. Description

Le spectrographe de masse de Bainbridge est un appareil permettant de mesurer la masse d'une particule chargée en mesurant sa déviation dans un champ magnétique uniforme.

On commence par ioniser les particules en leur arrachant un électron, puis, on les accélère sous une tension U. Ensuite on les fait passer dans un sélecteur de vitesse à champs électrique E_s et magnétique B_s croisés pour obtenir un faisceau monocinétique de vitesse v que l'on introduit dans un champ magnétique B uniforme où il décrit un demi-cercle dont on mesure le diamètre D.

2. Schéma



3. Étude

Les vitesses étant toujours très inférieures à la vitesse de la lumière, il n'y a pas lieu de faire un calcul relativiste.

3.1 Accélération

Les particules de charge q et de masse m sont accélérées sous une tension U.

Leur vitesse initiale aléatoire est v_0

D'après le théorème de l'énergie cinétique, $Ec - Ec_0 = qU$

$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} mv_0^2 + qU$

$\mathbf{v = (v_0^2 + 2qU)^{1/2}}$

3.2 Sélection de la vitesse.

V_0 étant due à l'agitation thermique est aléatoire. On obtient donc un faisceau de particules de vitesses variées.

Pour obtenir un faisceau monocinétique, on le fait passer dans des champs électrique E_s et magnétique B_s croisés. Seules les particules qui ne sont pas déviées peuvent entrer dans la zone de déviation magnétique.

Les particules subissent la force $\mathbf{F} = \mathbf{q(E_s + v \wedge B_s)}$

$\mathbf{v}$, $\mathbf{B_s}$ et $\mathbf{E_s}$ étant mutuellement perpendiculaires, on obtient :

$F = q(E_s - v B_s)$

Cette force est nulle si $E_s = v B_s$ donc les seules particules qui ne sont pas déviées sont celles qui ont la vitesse :

$\mathbf{v = E_s/B_s}$ On fixe B_s et on règle E_s pour obtenir la vitesse désirée.

3.3 Déviation des particules.

Les particules de vitesse v pénètrent dans un champ B uniforme où elles subissent la force

$\mathbf{F = q\, v \wedge B}$

v et B étant perpendiculaires, on a :

$F = q v B$ **F** est perpendiculaire à **v** et de norme constante donc la particule a un mouvement circulaire uniforme tel que :

$F = m v^2/R = q v B$ R rayon de la trajectoire

$D = 2R = 2 m v/(q B)$ ou $D = 2 m E_s/(q B Bs)$

$\mathbf{m = q B B_s D/(2 E_s)}$

3.4 Relation approchée entre m et D.

Les particules étant fortement accélérées, leur vitesse initiale est très faible par rapport à leur vitesse finale, on peut ainsi la négliger.

On a alors $v \simeq (2q U/m)^{1/2}$

$D = 2 m v/(q B) \simeq 2 m (2q U/m)^{1/2}/(q B) = (8 m U/(q B^2))^{1/2}$

$\mathbf{m \simeq q B^2/(8 U) D^2}$ (Relation approchée, d’autant plus précise que U est élevée)