

Premier Problème : spectrométrie de masse

La détermination de l'abondance isotopique relative en $^{12}_6\text{C}$ et $^{13}_6\text{C}$ est employée dans le domaine alimentaire en matière de répression des fraudes. Cette détermination s'effectue par spectrométrie de masse.

Le spectromètre utilisé est de type DEMPSTER schématiquement représenté figure 1.

L'échantillon à analyser subit tout d'abord avant injection une série de transformation afin que tout le carbone se retrouve combiné sous forme de dioxyde de carbone CO_2 . Après passage dans la chambre d'ionisation du spectromètre, il se forme les ions :

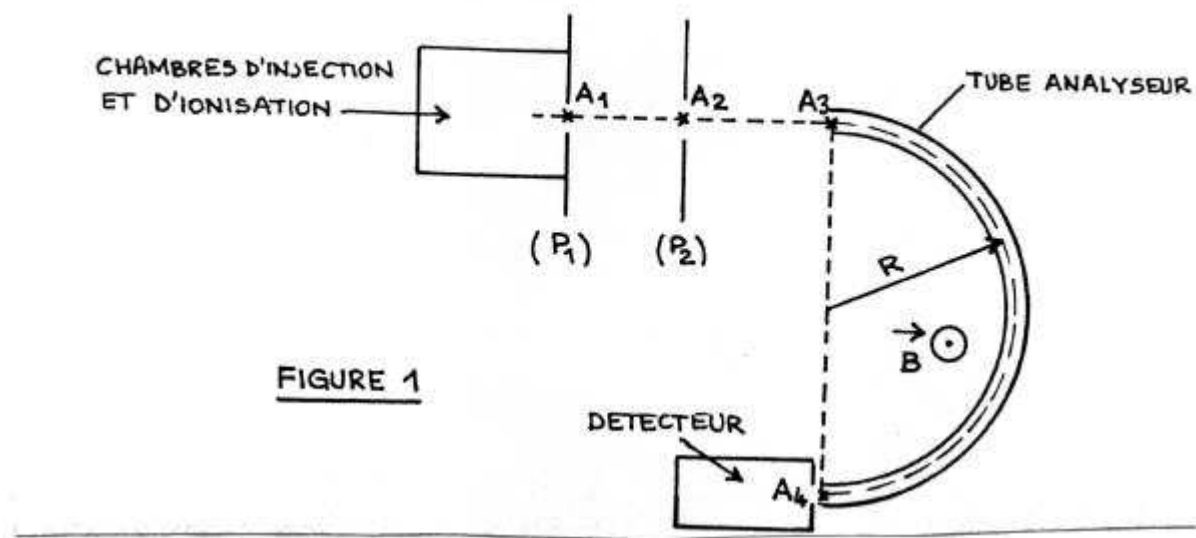
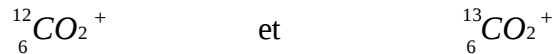


FIGURE 1

Dans tout le problème on fera les hypothèses suivantes:

- les vitesses atteintes sont faibles par rapport à celle de la lumière.
- le poids des particules considérées est négligeable devant l'intensité des autres forces mises en jeu.

Données numériques :

- Nombre d'Avogadro : $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

I. Les ions pénètrent en A_1 sans vitesse appréciable dans l'espace séparant deux plaques métalliques (P_1) et (P_2) portées aux potentiels V_1 et V_2 respectivement et entre lesquelles règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$.

1. Quel est le rôle de ce dispositif ?

Quelle doit être la plaque au potentiel le plus élevé ?

Faire un schéma sur lequel on précisera direction et sens du champ électrique.

2. Calculer les masses respectives m_1 et m_2 des ions : $^{12}_6\text{CO}_2^+$ et $^{13}_6\text{CO}_2^+$

L'oxygène sera considéré sous forme $^{16}_8\text{O}$ exclusivement.

3. Soit de manière générale une particule chargée de masse m et de charge q pénétrant sans vitesse initiale en A_1 entre les plaques (P_1) et (P_2). Donner l'expression de sa vitesse v au point A_2 en fonction de m , q et de la différence de potentiel : $U = ? V_1 - V_2$?

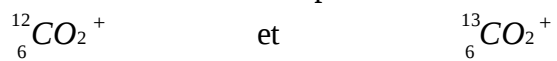
II. A la sortie du dispositif précédent les ions pénètrent en A_3 à l'intérieur d'un tube de forme demi-circulaire où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de direction perpendiculaire au plan de la figure (cf. figure 1).

1. Soit une particule de masse m et de charge $q > 0$ animée à l'entrée du tube de la vitesse ? dirigée selon A_2A_3 .

Montrer que le mouvement de la particule dans le champ magnétique $\vec{B}$ est un mouvement circulaire uniforme de rayon : $R = \frac{mv}{|q|B}$

2. Le tube a un rayon $R = 0,5$ m et l'intensité du champ vaut $B = 0,12$ Tesla.

1. Calculer les vitesses respectivement v_1 et v_2 que doivent avoir à l'entrée du tube les ions :



pour qu'ils puissent émerger du tube en A_4 .

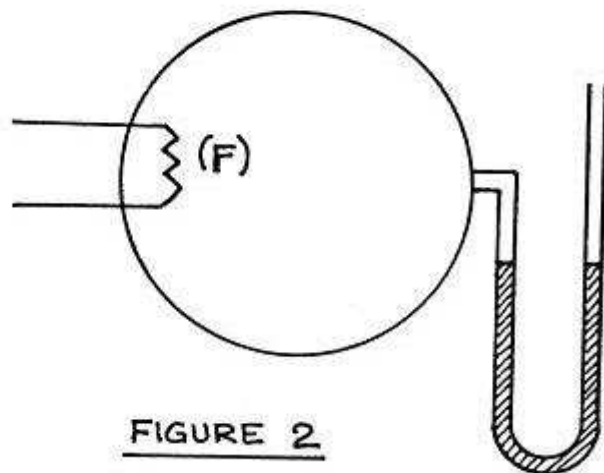
2. En déduire les valeurs U_1 et U_2 de la différence de potentiel à appliquer dans ces conditions entre les plaques (P_1) et (P_2).

Deuxième problème : Détermination de la capacité thermique massique d'un gaz

Pour déterminer expérimentalement la capacité thermique massique à volume constant c_v d'un gaz on utilise le dispositif suivant:

une masse m de gaz est enfermée dans un ballon indilatable de volume V muni d'un manomètre à liquide dont l'une des branches est ouverte à la pression atmosphérique.

L'apport d'énergie nécessaire à l'échauffement du gaz s'effectue par décharge d'un condensateur à travers un filament métallique (F) placé dans le ballon (voir figure 2).



- I.** Le ballon de volume $V = 500 \text{ cm}^3$ renferme de l'azote initialement à la température $T_1 = 293,0 \text{ K}$ et à la pression atmosphérique $P_a = P_1 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
L'azote est assimilé à un gaz parfait.

1. Déterminer la masse m d'azote dans le ballon sachant que la masse volumique de l'azote dans les conditions normales ($273,15 \text{ K}$; $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) est $\rho_0 = 1,25 \text{ kg.m}^{-3}$.

2. La décharge du condensateur à travers (F) libère une quantité d'énergie $Q = 1 \text{ Joule}$ dans le ballon.

On suppose pour l'instant que sont vérifiées simultanément les trois hypothèses suivantes : a) - La section du tube manométrique est négligeable.

b) - Le ballon est adiabatique et ne participe pas à l'échauffement.

c) - La capacité thermique du filament est négligeable.

La dénivellation observée entre les branches du tube est: $\Delta h = 7,9 \text{ cm}$. Sachant que la masse volumique du liquide manométrique est $\mu = 950 \text{ kg.m}^{-3}$.

1. Calculer la pression finale P_2 $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$.
2. Calculer la température finale T_2 (à $0,1 \text{ K}$ près).

3. Donner l'expression de la variation d'énergie interne ΔU de l'azote.
4. Déterminer la capacité thermique massique à volume constant c_v de l'azote.

II. En réalité l'expérience montre que l'on ne peut pas négliger la capacité thermique du filament.

Sachant que le filament utilisé dans l'expérience précédente a une capacité thermique $K = 0,040 \text{ J.K}^{-1}$, déterminer la valeur corrigée de c_v .