

INSTITUT DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES

LYON

ENSEIGNEMENTS DIRIGES

DE

CHIMIE PHYSIQUE

ANNEE 1991-92

CHAPITRE 2

STRUCTURE DE LA MATIERE

STRUCTURE DE LA MATIERE

OBJECTIFS

DEVENIR CAPABLE DE:

- Citer les expériences montrant l'existence des différents constituants de l'atome et leurs caractéristiques.
- Définir les termes nucléides, éléments, isotopes.
- Calculer l'un des trois nombres A, Z, N connaissant les deux autres.
- Etablir le nombre de protons, de neutrons et d'électrons d'un atome ou d'un ion à partir du symbolisme A, Z, X.
- Donner la définition de la mole.
- Donner la définition de la masse molaire, atomique ou moléculaire.
- Calculer la composition isotopiques d'un élément naturel connaissant sa masse atomique apparente et les masses atomiques des isotopes présents.

STRUCTURE DE LA MATIERE

I - LA MOLECULE - L'ATOME

Savoir définir les termes suivants :

- molécule - atome

Savoir distinguer :

- corps simple - corps composé

- corps simple - élément.

II - LES PARTICULES CONSTITUTIVES DE L'ATOME

1°) L'électron :

(C'est à l'étude détaillée, à la fin du 19ème siècle, de la
(décharge électrique dans les gaz raréfiés que l'on doit la
(découverte de l'un des principaux constituants de la matière :
(l'électron.

(Retenons quelques expériences importantes dans l'étude de
(cette particule :

(- 1850 Mise en évidence des électrons dans le "tube de Croo-
(kes" : les rayons cathodiques. L'expérience met en évidence le
(caractère corpusculaire de ces rayons.

(- 1895 J. Perrin, physicien français, montre que ces particu-
(les matérielles constituant les rayons cathodiques sont des
(particules chargées négativement en étudiant la trajectoire
(des e⁻ dans un champ électrique.

(- 1897 J.J. Thomson, physicien anglais, détermine le rapport
(e/m (charge/masse), de l'électron, en étudiant l'action d'un
(champ électrique puis d'un champ magnétique sur la trajectoire
(d'un électron.

(
(
($e/m = - 1,759 \times 10^{11} \text{C.kg}^{-1}$ (valeur actuelle)

(- 1909 l'expérience de Millikan permet la mesure de la charge
(e de l'électron et donc le calcul de sa masse m

(
(
($e = - 1,602 \times 10^{-19} \text{C}$; $m = 0,9109 \times 10^{-30} \text{ kg}$.

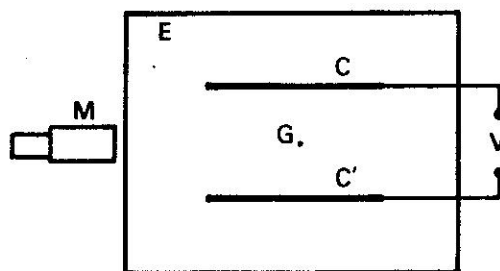
QUESTIONS :

- 1°) Rappeler succinctement l'effet d'un champ électrique, d'un champ magnétique sur la trajectoire d'un électron ayant une vitesse initiale \vec{v}_0 perpendiculaire au champ.

EXERCICES :

*

- 2°) Le principe simplifié de l'expérience de Millikan est le suivant : on pulvérise de l'huile entre les armatures parallèles et horizontales d'un condensateur plan chargé sous une tension U ajustable. Les gouttelettes sont plus ou moins électrisées sous l'effet des frottements. Leur mouvement est observé au microscope.
- a) On observe que certaines gouttelettes tombent lentement, d'autres plus rapidement, certaines ont un mouvement ascendant vertical. Expliquer.
- b) Si l'on ajuste la tension appliquée à $U = 245 \text{ V}$ (l'armature supérieure étant chargée positivement) une des gouttes de rayon $0,88 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ reste immobile. La distance des armatures est de 7 mm .
- Calculer la charge portée par cette gouttelette d'huile.
 - La comparer avec la valeur actuellement connue de la charge de l'électron.
 - Expliquer comment cette expérience peut conduire à une détermination de la charge de l'électron.
- Données : masse volumique de l'huile 800 kg.m^{-3}
intensité du champ de pesanteur $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$.
- On supposera les gouttelettes parfaitement sphériques.



— L'expérience de Millikan
(1908)

C, C' : plaques métalliques entre lesquelles existe un champ électrique variable.
G : gouttelette d'huile électrisée.
E : enceinte vide d'air (pour éviter les perturbations par les chocs des molécules de l'air sur la gouttelette d'huile).
M : microscope d'observation.

* 2°) Le noyau : 1911 Expérience de Rutherford

(C'est en étudiant la diffusion "des rayons X" à la traversée d'une
(très mince feuille d'or placée dans le vide que le physicien
(anglais Rutherford mit le premier en évidence la structure lacu-
(naire des atomes et l'existence d'un noyau chargé positivement.
(

(L'expérience simplifiée est la suivante : un pinceau étroit de
(particules α est envoyé sur une cible constituée par une feuille
(d'or très mince (0,6 u) et ceci dans une enceinte où règne un vide
(poussé. Derrière la feuille d'or se trouve un écran fluorescent
(sous l'impact des particules α . En absence de feuille d'or, l'im-
(pact des particules α sur l'écran est en O (voir schéma). En pré-
(sence de feuilles d'or, des impacts de particules α se distribuent
(sur toute la surface de l'écran mais on observe cependant :

(1) un grand nombre de particules α ne sont pas déviées et arrivent
(en O après avoir traversé la feuille d'or sans dommage pour
(celle-ci.

(2) 1 particule sur 1000 000 environ est déviée

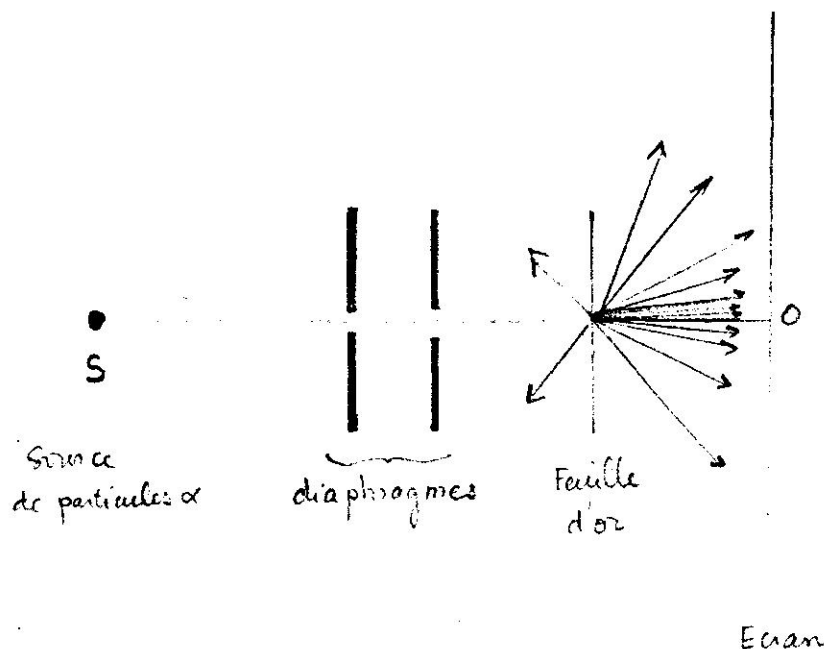
(3) Quelques particules sont très fortement déviées et même sont
(déviées en amont de la feuille d'or.

(Une analyse plus précise de cette expérience et en particulier des
(trajectoires des particules α déviées est en faveur de l'interpré-
(tation suivante :

(a) il existe dans les feuilles d'or des centres diffractants char-
(gés positivement

(b) ces centres diffractants sont très espacés (1 Å) et leur diamè-
(tre est très faible (environ 10^{-4} Å)

(c) la charge électrique portée par ces centres diffractants ou
("noyaux" est précisément le numéro atomique de l'élément constitu-
(tif de la feuille d'or (ici l'or) dans la classification périodique.
((l'idée de la classification périodique date de 1869 avec
(Mendéléev)



QUESTIONS :

3°) Qu'est ce que les rayons α

* 4°) Préciser, à partir des faits expérimentaux le raisonnement permettant de formuler le modèle de l'atome proposé par Rutherford.

5°) D'après cette expérience, l'atome d'un élément de
Z est constitué par un noyau chargé de la
quantité d'électricité =
Ce noyau est entouré de électrons dont la masse
totale est et qui assurent la
électrique de l'atome.

Les atomes sont assimilés à des sphères ; leur diamètre est de
l'ordre de Å. Les noyaux supposés sphériques ont
un diamètre de l'ordre de Å. La structure de
l'atome est donc

* 6°) Que peut-on dire de la masse volumique des noyaux atomiques (ordre
de grandeur) ? La comparer à l'ordre de grandeur de la masse
volumique des atomes.

III - LES CONSTITUANTS DU NOYAU :

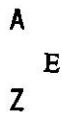
(La découverte de la radioactivité (Becquerel 1896) et les
(expériences qui découlèrent, la découverte de l'électron à cette
(même période ont permis d'apporter des éclaircissements sur la
(structure du noyau.

(
(1910 : le proton (Rutherford)
($m_p = 1,6736 \times 10^{-27}$ kg
($q = 1,602 \times 10^{-19}$ C
(1930 : le neutron (Bothe et Becquerel)
($m_n = 1,6755 \times 10^{-27}$ kg
(particule neutre
(

(La masse du neutron a été déterminée par Chadwick en 1932 en
(étudiant le choc élastique entre un neutron et un atome d'azote
(ionisé dans une chambre de Wilson (dispositif permettant de
(visualiser les trajectoires des particules ionisées)

QUESTIONS :

7°) Le symbole d'un élément E est donc



donner la signification de Z et A.

EXERCICES :

8°) On a pu établir la relation suivante entre le rayon du noyau supposé sphérique et le nombre de nucléons.

$$R_N = 1.141 \cdot 10^{-15} A^{(1/3)} \text{ en nm.}$$

Calculer le rayon du noyau de l'or $Z_{Au} = 79$

IV - LES ISOTOPES :

Savoir définir

- nucléide - isotope - isotone - isobare

- citer des exemples d'isotopes, d'isotones, d'isobares.

(Le spectromètre d'Aston :

(

(Le dispositif simplifié est le suivant :

(

(On produit des particules positives des atomes d'une substance à
(étudier dans un tube à décharge S, d'où elles sortent par deux
(fentes parallèles étroites F_1 , F_2 , matérialisant ainsi un
(mince ruban de rayons de direction définie avec précision.

(

(Les vitesses des ions varient dans de larges limites puisqu'ils
(ont été accélérés par des potentiels divers dans le tube à
(décharge.

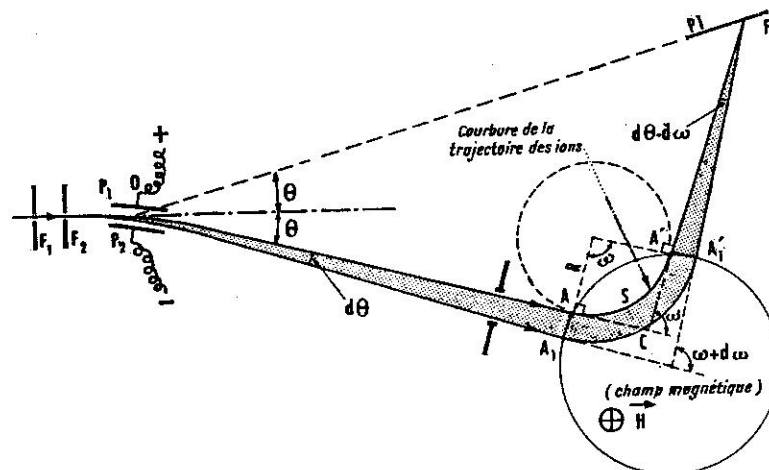
(

(Les particules du faisceau subissent d'abord un déplacement
(transversal dans le plan de la figure en passant dans le champ
(électrique E produit par le condensateur plan P. On démontre que
(la déviation θ du faisceau est donnée par :

(

($\theta v^2 = K e' / m'.$

(pour un ion positif de charge e' , de masse m' , de vitesse V .
 (K est une constante d'appareil.
 (En AA' , le faisceau est ensuite soumis à une induction magnétique
 (B uniforme perpendiculaire au plan de la figure et dirigé d'avant
 (en arrière. Sous l'action d'une telle induction les ions décrivent
 (un arc de cercle d'angle au centre ω tel que :
 ($\omega v = K' e'/m'$
 (On peut démontrer que quelles que soient les vitesses des ions de
 (rapport e'/m' , ceux-ci convergent en F tels que $\widehat{FOC} = 2\theta$.
 (Il suffit donc de placer une plaque le long de la direction OF
 (pour obtenir les images de la fente F_2 correspondant chacune aux
 (ions qui ont la même valeur de e'/m' . On obtient ainsi un spectre
 (de masse.



(Ce dispositif a révélé que presque tous les éléments naturels sont
 (des mélanges en proportions constantes de deux ou plusieurs
 (isotopes.

V - MASSE ATOMIQUE - MASSE MOLLAIRE - NOMBRE D'AVOGADRO :

QUESTIONS :

- 9°) Donner l'ordre de grandeur de la masse d'un atome.
- 10°) Qu'appelle-t-on masse molaire atomique.
Préciser quel est l'élément pris comme référence pour constituer l'échelle actuelle des masses molaires atomiques.
- 11°) Qu'appelle-t-on unité de masse atomique u.m.a.

EXERCICES :

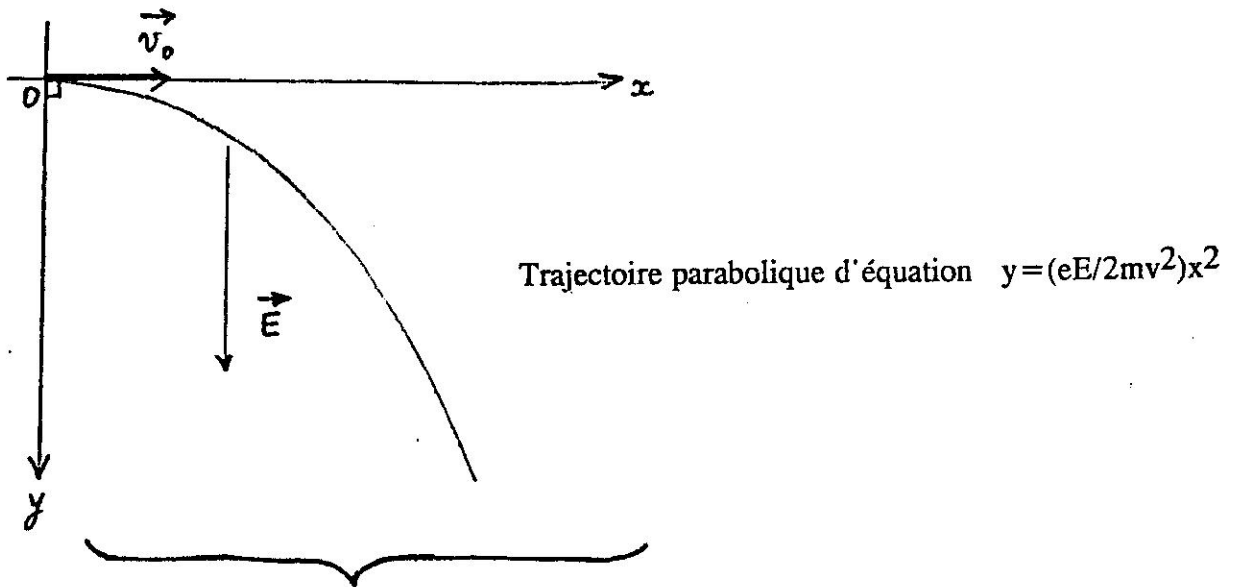
- * 12°) La masse atomique du chlore est $35,453 \text{ g.mol}^{-1}$.
Sachant que le chlore naturel est formé de deux isotopes : les nucléides $^{35}_{17}\text{Cl}$ et $^{37}_{17}\text{Cl}$ de masses atomiques respectives $34,969 \text{ g.mol}^{-1}$ et $36,947 \text{ g.mol}^{-1}$,
- a) Calculer les fractions molaires des 2 isotopes présents dans l'élément naturel chlore.
- b) On s'intéresse aux molécules de dichlore Cl_2 . On considère que les atomes ^{35}Cl et ^{37}Cl tous liés (en molécules diatomiques) le sont indistinctement.
- b1) Exprimer $X(^{35}\text{Cl}_2)$, $X(^{37}\text{Cl}_2)$, $X(^{35}\text{Cl}^{37}\text{Cl})$ en fonction de $X(^{35}\text{Cl})$ et $X(^{37}\text{Cl})$
 $X(A)$ étant la fraction molaire de l'entité A dans un mélange avec $A = ^{35}\text{Cl}$ ou $A = ^{37}\text{Cl}$, ou $A = ^{37}\text{Cl}_2$ etc...
- b2) Calculer ces différentes fractions molaires.
- c) Représenter de façon approchée l'allure d'un spectre de masse (abondance des particules en fonction de leur masse) du chlore atomique et du dichlore moléculaire.
- * 13°) Le carbone naturel a une masse atomique molaire de $C = 12,01115 \text{ g.mol}^{-1}$. Que vous suggère cette donnée ?

- * 14°) Les échelles des masses atomiques sont établies par rapport à une masse de référence.
Autrefois on avait choisi $^{16}\text{O} = 16,000 \text{ g.mol}^{-1}$ (système I)
Actuellement la référence est $^{12}\text{C} = 12,000 \text{ g.mol}^{-1}$ (système II).
Dans l'échelle (II) le fluor a pour masse atomique $^{19}\text{F} = 18,988 \text{ g.mol}^{-1}$. Quelle était la masse atomique du fluor ^{19}F dans l'échelle I sachant que le carbone avait dans cette échelle la masse atomique $12,00398 \text{ g.mol}^{-1}$?
- * 15°) Le nombre d'Avogadro dépend-il du choix de l'élément de référence pour l'échelle des masses atomiques ?

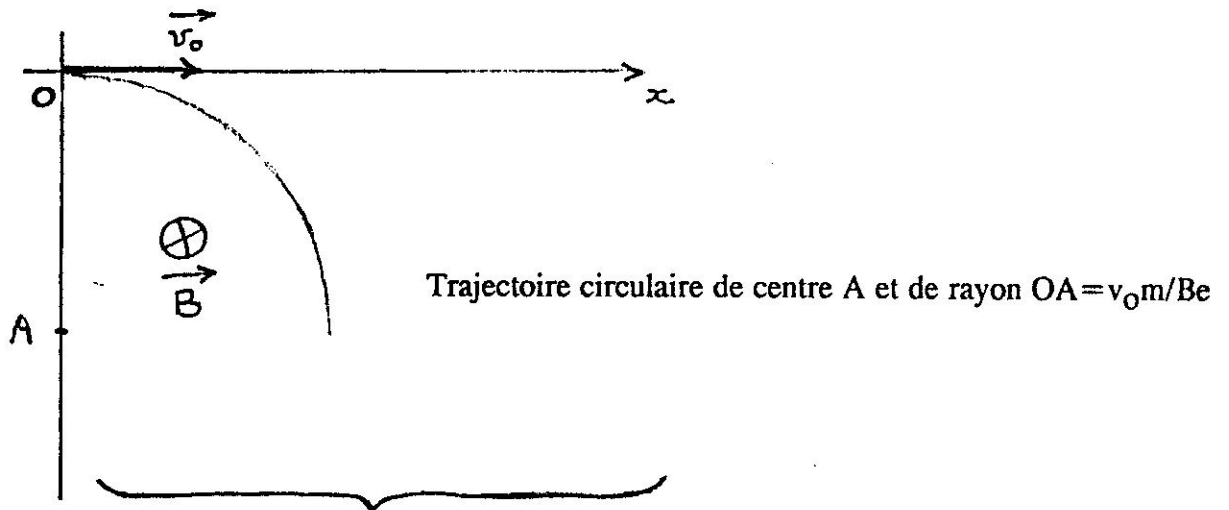
CORRIGE DES QUESTIONS ET EXERCICES

(Les exercices précédés d'une étoile * sont corrigés en E.D.).

1)



Région où règne un champ électrique uniforme $\vec{E} \perp \vec{V}_0$



Région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B} \perp \vec{V}_0$

2) $q = - 6.4 \cdot 10^{-19} \text{C}$. (cf. ED)

3) Rayonnement α = rayonnement de particules constituées par des noyaux d'hélium $\Rightarrow {}^4_2\text{He}^{2+}$ (2 protons) encore appelés hélions (A l'époque de l'expérience de Rutherford, on avait quelques notions de radioactivité ; certaines substances dites radioactives émettaient un rayonnement inconnu les "rayons α " de nature corpusculaire, chargés positivement $| 2e |$ et de masse \approx double de l'hydrogène. Ces notions étaient suffisantes pour interpréter l'expérience de Rutherford).

* 4) Cf E.D.

5) Numéro atomique ; positivement ; Z_e ; Z ; négligeable ; neutralité.

$1 \text{ \AA} ; 10^{-4} \text{ \AA} ;$ lacunaire.

* 6) Masse volumique des noyaux environ 10^{15} kg/m^3
Masse volumique de l'atome environ 10^3 kg/m^3
(Cf ED)

7) $\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} \text{ E} : \begin{matrix} Z = \text{numéro atomique} \\ A = \text{nombre de masse.} \end{matrix}$

8) $Z = 79 \quad A = 79$ nucléons
 R_N environ $4.9 \cdot 10^{-15} \text{ m}$

9) Environ 10^{-26} kg

10) Masse d'une mole d'atome (N atomes)
 $N = 6,02210^{23}$ = nombre d'Avogadro
Référence ${}^{12}_6\text{C}$ (dans 12 g de ${}^{12}_6\text{C}$ il y a N atomes réels)

11) $1 \text{ u.m.a} = 1,66056 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 10^{-3}/A \text{ kg}$.

1 mole d'atomes de ${}^{12}_6\text{C}$ une masse de 12 g
1 atome réel de ${}^{12}_6\text{C}$ a une masse de 12 u.m.a.
donc $1 \text{ u.m.a} = 10^{-3}/A = 1/12$ masse de l'atome réel de ${}^{12}_6\text{C}$

* 12) Cf E.D.

* 13) Cf E.D.

* 14) dans l'écriture $\Gamma_{15} = 10,508 \text{ g.mol}^{-1}$

* 15) out Cf. E.D.