

Sur 22 raies étudiées entre les longueurs d'onde 4000 et 4500, le déplacement moyen observé, en passant de l'arc dans le vide au soleil, est de 0,0076 angström; la théorie de Einstein prévoit 0,0089.

Sur 10 raies entre 5100 et 5500, le déplacement moyen a été de 0,0127; la théorie prévoit 0,0111.

La concordance peut être considérée comme parfaite, les différences entre le calcul et l'observation, de l'ordre du millième d'angström, étant du même ordre que l'incertitude des mesures.

En résumé, les écarts observés entre les raies du spectre solaire et celles de l'arc dans le vide s'interprètent parfaitement par les deux hypothèses suivantes :

La pression dans la couche renversante est faible, et par suite l'effet de pression négligeable.

L'effet Einstein est la seule cause de déplacement des raies du spectre solaire.

Dans toutes les comparaisons de ce genre, il faut se tenir soigneusement en garde contre les phénomènes accessoires de l'arc, qui peuvent donner aux raies une fausse position.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement  $\gamma$  et le dégagement de chaleur du radium et du mésothorium.* Note de M<sup>me</sup> P. CURIE, présentée par M. G. Lippmann.

Le radium et le mésothorium sont des radio-éléments isotopes dont la séparation chimique ne peut être effectuée. Chacune de ces substances produit une série de dérivés dont l'ensemble contribue au rayonnement et au dégagement d'énergie. Un mois après sa préparation, le radium atteint un état de régime avec une proportion constante d'émanation et de corps A, B et C. Le mésothorium produit (par l'intermédiaire du dérivé à courte vie mésothorium 2) le radiothorium dont l'équilibre de régime avec les dérivés ultérieurs : thorium X, émanation, corps A, B et C, s'établit en un mois environ. L'évolution du mésothorium est donc, dans ses lignes principales, caractérisée par la proportion de radiothorium qui l'accompagne.

Le rayonnement  $\gamma$  du radium est produit par le radium C qui y est contenu, tandis que dans la série du mésothorium ce rayonnement provient du mésothorium 2 et du thorium C. Quand on mesure le rayonnement  $\gamma$  des substances enfermées en tubes scellés, il est difficile de faire la distinction

entre le radium et le mésothorium en se basant sur la différence du pouvoir pénétrant des rayons. Mais on peut essayer de faire cette distinction en comparant non seulement le rayonnement  $\gamma$  des substances, mais aussi le dégagement de chaleur qu'elles produisent. Celui-ci est déterminé principalement par l'énergie des rayons  $\alpha$  dont quatre groupes sont émis par le radium et ses dérivés formés en un mois, tandis que cinq groupes sont émis dans la transformation du mésothorium, en comptant pour un les deux modes de transformation du thorium C. Le mésothorium comparé au radium paraît donc relativement plus riche en rayons  $\gamma$  qu'en rayons  $\alpha$ , et cela d'autant plus que la proportion de radiothorium est moindre. Son dégagement d'énergie sous forme de chaleur doit être moins élevé que celui du radium, à intensité égale de rayonnement  $\gamma$ .

Désignons respectivement par  $\Delta$  et par  $\Delta$  les rapports de l'intensité du rayonnement  $\gamma$  et du débit de chaleur du mésothorium aux quantités correspondantes pour un étalon de radium. Le rapport  $\frac{\Delta}{\Delta}$  est fonction de la proportion de radiothorium présent et de l'efficacité relative des rayons  $\alpha$  et des rayons  $\gamma$  des divers groupes. Par atome de radiothorium détruit, le dégagement d'énergie des rayons  $\alpha$  est 1,32 fois plus grand que celui qui provient d'un atome de radium par émission de quatre particules  $\alpha$ . Ce nombre est calculé en admettant que l'énergie d'une particule  $\alpha$  est proportionnelle à la puissance  $\frac{2}{3}$  de son parcours.

Soit  $h$  le rapport du nombre d'atomes de radiothorium et de mésothorium transformés dans le même temps; soit  $x$  le rapport, par atome transformé, entre l'intensité des rayons  $\gamma$  du mésothorium privé de radiothorium et des dérivés de celui-ci, et celle des rayons  $\gamma$  du radium en équilibre avec l'émanation et le dépôt actif; soit de même  $y$  le rapport, par atome transformé, entre le rayonnement  $\gamma$  du radiothorium et de ses dérivés et celui du radium dans les conditions d'équilibre ci-dessus énoncées. On trouve, en admettant de plus que le dégagement de chaleur dû aux rayons  $\alpha$  est seul à considérer,

$$R = \frac{\Delta}{\Delta} = \frac{1,32 h}{x + hy} \quad \text{avec } h = \frac{b}{b-a} [1 - e^{-(b-a)t}]$$

Les nombres  $x$  et  $y$  dépendent de l'appareil employé pour la mesure des rayons  $\gamma$ . Le nombre  $h$  est calculé d'après les constantes radioactives  $a$  et  $b$  du mésothorium et du radiothorium. Le temps  $t$  est compté à partir d'un état où le mésothorium était exempt de radiothorium.

En réalité, le mésothorium que l'on trouve dans le commerce contient



toujours du radium, et dans ce mélange on peut doser le radium par le dégagement de l'émanation. On peut, par conséquent, déterminer le rayonnement  $\gamma$  et l'effet calorifique dus au mésothorium exempt de radium.

Il m'a paru utile d'effectuer des mesures comparatives sur quelques préparations de mésothorium que j'ai eues à ma disposition. Malheureusement, l'âge de ces préparations n'était connu qu'approximativement. Le rayonnement  $\gamma$  était mesuré par le courant d'ionisation produit dans une chambre à plateaux au travers d'une épaisseur de plomb égale à 1<sup>cm</sup>. La source était placée à distance variable de la chambre. Le débit de chaleur était mesuré dans un calorimètre à glace muni d'un tube capillaire, dont une division correspond à environ 0<sup>cal</sup>,03. Cet appareil est d'un maniement assez délicat, et la limite d'observation est de l'ordre du milligramme de radium.

Sur quatre préparations de mésothorium les valeurs suivantes de  $\gamma$  et R ont été obtenues :

$\gamma$ .....	1,80	1,15	1,45	1,17
R.....	0,62	0,61	0,61	0,62

Toutes ces préparations étaient constituées par du bromure de radium à mésothorium pouvant contenir un peu de baryum. La première était du bromure de radium (11<sup>mg</sup>,5) sans baryum, ayant un rayonnement  $\gamma$  environ cinq fois plus intense que celui d'une quantité égale de radium pur; on peut estimer qu'elle contenait environ 1 pour 100 de mésothorium.

Les valeurs de R obtenues pour les quatre préparations sont semblables. Ce résultat est normal, car les préparations provenaient du même minerai, et leurs âges pouvaient être voisins (probablement entre un et deux ans). Le rapport  $R = 0,6$  différencie très nettement ces matières du radium.

On peut donc essayer de baser sur la mesure de ce rapport une méthode de détermination des quantités relatives de radium et de mésothorium dans un tube scellé. Pour cela, il convient de déterminer avec précision les coefficients  $\alpha$  et  $\gamma$  pour un appareil de mesures convenablement choisi, puis établir une méthode calorimétrique sensible et d'un emploi commode. On a, pour un mélange de radium et de mésothorium :

$$R = \frac{1 + 1,32h \frac{r}{x}}{1 + (x + hy) \frac{r}{x}},$$

où  $r$  est le rapport du rayonnement  $\gamma$  du mésothorium exempt de ses

dérivés à celui du radium dans la préparation considérée. De la mesure de  $R$  on pourra déduire  $r$  si  $h$  est connu, c'est-à-dire si l'on connaît l'époque à laquelle la matière considérée a été obtenue à l'état de sel par cristallisation fractionnée ou par tout autre procédé qui élimine le radiothorium. Cependant la sensibilité de la méthode pourrait être faible pour des préparations d'âge avancé où  $h$  est voisin de sa valeur limite 1,4, et la méthode pourrait même, en ce cas, faire complètement défaut si les valeurs de  $x$  et de  $y$  étaient telles que le rapport  $R$  puisse devenir égal à 1.

On peut aussi prévoir la possibilité de déterminer aussi bien  $r$  que l'âge de la préparation, par deux mesures de  $R$  espacées de quelques mois.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le poids atomique du chlore dans quelques minéraux.*

Note de M<sup>lle</sup> IRÈNE CURIE, présentée par M. Lippmann.

Les recherches bien connues de M. Aston ont montré que le chlore est un élément complexe composé de deux isotopes de poids atomique 35 et 37. Le poids atomique moyen 35,46 est relatif au chlore provenant du sel marin. On peut se demander si l'on retrouve la même proportion des deux isotopes dans divers minéraux faisant partie de la croûte terrestre, et plus particulièrement dans des minéraux très anciens.

J'ai entrepris la détermination du poids atomique du chlore dans quelques échantillons de minéraux que M. A. Lacroix a bien voulu mettre à ma disposition.

La méthode employée était la suivante : le chlore contenu dans le minéral était amené à l'état de chlorure soluble. Cette solution servait à précipiter l'argent dans la solution d'une quantité connue de nitrate d'argent ; le chlorure d'argent obtenu était pesé. On faisait, d'autre part, une opération analogue en employant la même quantité de nitrate d'argent et une solution de chlorure de provenance ordinaire. On comparait entre elles les quantités de chlorure d'argent obtenues dans ces deux opérations. La méthode employée était donc essentiellement une méthode de comparaison.

Les expériences ont porté sur trois échantillons minéralogiques :

N° 1. La sodalite : chloro-silicate de sodium et d'aluminium. Provenance de Bancroft (Canada) : c'est un des minéraux constitutifs de syénites néphiléniques intrusives dans l'Archéen (série de Grenville).

N° 2. L'apatite chlorée : chloro-phosphate de calcium. Provenance d'Odegården, près Bamle (Norvège). Gisement filonien en relation avec des gabbros qui traversent le Dévonien.