



HAL
open science

Ionisation accompagnant la désintégration de ${}^6\text{He}$

M. Demeur, M. Meert

► **To cite this version:**

M. Demeur, M. Meert. Ionisation accompagnant la désintégration de ${}^6\text{He}$. Journal de Physique, 1963, 24 (11), pp.863-864. 10.1051/jphys:019630024011086301 . jpa-00205636

HAL Id: jpa-00205636

<https://hal.science/jpa-00205636>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

IONISATION ACCOMPAGNANT LA DÉSINTÉGRATION DE ${}^6\text{He}$

Par M. DEMEUR et M. MEERT,

Groupe des Basses Énergies, Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires, Bruxelles.

Résumé. — L'étude expérimentale de cette ionisation ayant indiqué l'existence d'un effet dû au recul du Li, une évaluation théorique a été faite et est discutée.

Abstract. — A theoretical evaluation of complete ionization of the Li due to recoil has been made. The discrepancy with the experimental results is discussed.

Les modifications du cortège électronique d'un atome dont le noyau subit une transformation radioactive ont fait l'objet de quelques travaux théoriques. Deux cas sont à distinguer : 1) celui où le noyau fille est beaucoup plus lourd que la particule émise, et 2) celui où les fragments ont des masses du même ordre de grandeur. Le cas 2) n'a fait l'objet, jusqu'à présent, que d'un nombre très restreint de travaux, [1-3]. Le cas 1) comporte deux causes principales de modification du cortège : *a*) le changement de charge du noyau et *b*) le recul du noyau-fille. En général lorsque *a*) est présent son influence est beaucoup plus importante que celle de *b*).

Dans le cas des atomes, de nombreux articles ont été consacrés à l'effet de *a*) [4-8]. Lorsqu'il n'y a pas de changement de charge du noyau, l'effet du recul est seul responsable de la modification du cortège. Dans le cas atomique, le phénomène a été étudié par Levinger [7], et par Schaeffer [8]. Un cas particulier — celui de la radioactivité alpha — où les causes *a*) et *b*) sont présentes simultanément, a été étudié par Levinger [7], dans le cadre de l'approximation adiabatique. Nous présentons ici un cas particulier du même type, dans le cadre de l'approximation brusque ainsi que son extension à un système à deux électrons [9].

2. Les états d'ionisation de ${}^6\text{Li}$ après la désin-

tégration de ${}^6\text{He}$ ont été étudiés avec précision par Carlson, Pleasonton et Johnson [10]. Le phénomène qualitativement nouveau que leurs résultats révèlent est qu'une partie importante du spectre des ions Li^{+++} dépend de l'énergie de recul de ceux-ci. C'est dans le but d'étudier ce phénomène que nous avons généralisé la formule de Feynman utilisée par Levinger [7].

L'amplitude de probabilité d'une transition ($i \rightarrow f$) est donnée par

$$a_{if} = \int d\bar{r} d\bar{s} \Psi_f^*(Z_f; \bar{r}, \bar{s}) e^{-im/\hbar v \cdot (\bar{r} + \bar{s})} \Psi_i(Z_i; r, s)$$

où r et \bar{s} fixent les coordonnées des électrons, Z_i et Z_f désignent les charges nucléaires initiale et finale,

m est la masse de l'électron,

\bar{v} est la vitesse de l'ion reculant.

La probabilité de transition totale (égale à l'unité) se décompose en quatre termes caractérisés par l'état final des électrons :

A) 1 et 2 sont liés,

B) 1 est lié, 2 dans le continu,

C) 2 est lié, 1 dans le continu,

D) 1 et 2 sont dans le continu.

Si les fonctions Ψ_i et Ψ_f sont factorisées en 1 et 2 on a immédiatement que

$$\begin{aligned} 1 &= A + B + C + D \\ &= \alpha^2 + 2\alpha x + x^2 \\ &= (\alpha + x)^2 \end{aligned}$$

où α et x sont respectivement les probabilités de peuplement par un électron de tous les états liés et du continu. La probabilité α est facilement calculée (y compris l'influence du recul) [9]. Nous

pouvons donc atteindre la quantité qui nous intéresse :

$$x^2 = (1 - \alpha)^2.$$

Avec $Z_i = 1,7$ nous obtenons en centièmes :

$$D = 0,09 + 0,019 \times 10^{-4} E$$

à comparer avec la valeur expérimentale

$$A_3(E) = (0,018 \pm 0,015) \pm (0,33 \pm 0,13) \times 10^{-4} E$$

donnée en [10], et où E est l'énergie de recul exprimée en eV.

3. Les deux résultats diffèrent considérablement : d'une part la valeur théorique du terme indépendant du recul est trop grande et d'autre part la valeur théorique du terme dépendant du recul est trop petite. L'examen des hypothèses faites à la base du calcul révèle un point insuffisamment contrôlé : la factorisation des fonctions d'onde. Il est bien connu que les bonnes fonctions d'onde décrivant l'état fondamental de l'hélium contiennent une part appréciable de corrélation. Il n'est cependant pas certain que les fonctions qui conduisent à l'énergie la plus basse soient les meilleures pour décrire une transition déterminée, ainsi que l'a montré Kolos [11]. Il n'en reste pas moins que la contribution des corrélations a été négligée dans notre calcul.

Il n'est peut-être pas inutile d'attirer l'attention sur le fait que α^2 et $2\alpha x$ ne représentent pas, respectivement, les probabilités de formation de Li^+ se de Li^{++} . La probabilité α^2 contient les probabilités de peuplement d'une série d'états qui donneront lieu, à coup sûr, au phénomène d'auto-ionisation. La probabilité de formation du Li^+ doit faire l'objet d'un calcul distinct, ainsi qu'il a été procédé en [9].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] LAMB (W. E.), *Phys. Rev.*, 1940, **58**, 696.
 [2] HAVAS (P.), *J. Physique Rad.*, 1940, **1**, 146.
 [3] DEMEUR (M.), Chemical Effects of Nuclear Transformation. I. A. E. A., 1961, vol. I, p. 41.
 [4] GOLDSTEIN (L.), *J. Physique Rad.*, 1937, **8**, 235 et 316.
 [5] MIGDAL (A. B.), *J. Exp. Théor. Physics*, 1941, **4**, 449.
 [6] WINTHER (A.), *Dan. Mat. Fys. Medd.*, 1952, **27**, n° 2.
 [7] LEVINGER (J. S.), *Phys. Rev.*, 1953, **90**, 11.
 [8] SCHAEFFER (G. W.), Ph. D. Thesis, Univ. of Toronto, 1953.
 [9] DEMEUR (M.) et MEERT (M.), *Bull. Cl. Sc. Acad. Roy. Belg.*, 1962, **48**, 311.
 [10] CARLSON, PLEASONTON et CARLSON, *Phys. Rev.*, 1963, **129**, 2220.
 [11] KOLOS (W.), Chemical Effects of Nuclear Transformations. I. A. E. A., 1961, vol. I, p. 165.