

NOTAS DE FÍSICA

VOLUME X

Nº 6

LE SCHEMA DE NIVEAUX DU 234 Pa

par

R. Foucher, M. Valadares, J. Mérinis

et Alceo de Pinho

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS

Av. Wenceslau Braz, 71

RIO DE JANEIRO

1962

LE SCHEMA DE NIVEAUX DU ^{234}Pa

R. Foucher, M. Valadares, J. Mérinis
Laboratoire de Physique Nucleaire et
Laboratoire de l'Aimant Permanent

Alceo de Pinho*
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

(Reçu le 10 Octobre 1962)

RÉSUMÉ. Le schéma de niveaux du ^{234}Pa est révisé pour tenir compte des derniers résultats expérimentaux où ont été mis en évidence trois nouveaux rayonnements.

* Actuellement au Laboratoire de Physique Nucléaire, Orsay - S. et O. - France.

L'étude du ^{234}Pa , noyau constitué d'un nombre impair de protons et de neutrons, a été entreprise dès 1921 par Hahn ¹ qui reconnu que ce noyau pouvait exister dans deux états, l'un étant l'état fondamental, l'autre étant vraisemblablement un état excité de période relativement longue (1,18 min). Depuis lors les études expérimentales de ce noyau on été assez peu nombreuses à cause, principalement, de la difficulté de préparer des quantités appréciables de Th^{234} , qui par désintégration β donne le Pa^{234} , sans autre matière. Nouvelles techniques de préparation de ces sources de Th^{234} ayant été mises au point ces dernières années (2,8) ont permis d'étudier plus finement les spectres β , d'électrons de conversion interne et γ . De récents mesures effectuées au Laboratoire (3,4) ont mis en évidence trois nouveaux rayonnements lesquels nous ont conduit à réviser le schéma de niveaux du ^{234}Pa . A partir des énergies des électrons de conversion nous avons calculé les énergies de transition: $E_A = 29,88 \text{ kev}$, $E_B = 63,21 \text{ kev}$, $E_C = 63,64 \text{ kev}$, $E_D = 93,08 \text{ kev}$, $E_E = 93,52 \text{ kev}$, $E_F = 69,77 \text{ kev}$. Dès que $E_A + E_B = E_D$ et $E_A + E_C = E_E$ l'hypothèse la plus simple est considérer l'existence de deux cascades ayant en commun la transition A. Nos principaux résultats expérimentaux, sur lesquels nous nous appuyons pour préparer le schéma de niveaux, sont les suivants:

a) De l'étude du spectre d'électrons de conversion interne de basse énergie. L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau I.

b) De l'étude du spectre γ de basse énergie.

TABLEAU 1

Energie des transitions en kev	Nature	Intensité relative de quelques raies d'électrons d'après cliché réf. 4
29,88 (1)	E_2	$M_{II}/M_{III} \sim 1/1$ $M_{II}(29,88) \sim L_{II}(43,89)$
43,89 (3)	E_2	$L_{II}/L_{III} \sim 1/1$
63,21 (1)	$M_1 + E_2$	$L_I/L_{II}/L_{III} \sim 1/0,4/0,4$ $L_I(63,21) \sim 0,4 L_I(43,89)$
63,64 (1)	E_1	$L_I/L_{II}/L_{III} \sim 100/80/106$
69,8 (4)	M_4	$L_{III}/M_{III}(63,64) \sim 1/1$
93,08 (1)	M_1	$L_I/L_{II} \sim 10/1$; $L_I/L_{III} \sim 150/1$; $L/O \sim 60/1$
93,52 (1)	E_1	$L_I/L_{II}(93,08) \sim 1/6$
102 (2)	E_2	$L_{II}/L_{III}(93,08) \sim 1/1$
228 (2)	M_1	$K/O_I(93,08) \sim 4/10$
(1) $UX_1 \rightarrow Pa^{234}$ (2) $UZ \rightarrow U^{234}$ (3) $UX_2 \rightarrow U^{234}$ (4) $UX_2 \rightarrow UZ$	(4,5,6,7) (8) (3) (3,4)	$K(228) \sim 1/3$ transitions $UZ \rightarrow U^{234}$

1°) Il n'y a pas de rayonnements γ de 29,9 kev, mais seulement un rayonnement complexe de fluorescence L et rayonnements d'environ 63 kev et 93 kev. (Ces derniers étant dans les proportions 0,85 à 1) ainsi que des X_K et X_L de U^{234} dont les proportions sont con-

nues par des mesures de coïncidences $\beta - \gamma$: $I(X_K) \sim I(X_L) \sim 0,6\%$
des transitions $UX_2 \rightarrow U^{234}$.

2°) Le coefficient de fluorescence L moyen est:

$$\omega_L = 0,52 \pm 0,03$$

3°) Les coefficients de conversion interne sont:

$$\alpha_L(29,88) > 130, \quad \bar{\alpha}_L(63) = 0,32 \pm 0,03 \text{ et } \bar{\alpha}_L(93) = 2,0 \pm 0,2.$$

Les deux dernières valeurs sont coefficients de conversion moyens des deux transitions vers 63 keV et des deux transitions vers 93 keV, respectivement.

L'anomalie qui avait été signalée (5) du coefficient de conversion du " M_1 " de 93,08 keV s'explique par la présence du rayonnement de 93,52 keV. A partir de $\bar{\alpha}_L(93)$, du coefficient théorique pour un M_1 et des intensités relatives des électrons de conversion et supposant normaux les rapports $L_I/L_{II}/L_{III}$, on trouve que $\alpha_L(93,52) = 0,145$ pour la valeur $\alpha_L(M_1)$ de Sliv et Band ou 0,090 pour la valeur $\alpha_L(M_1)$ de Rose, alors que les coefficients théoriques pour un rayonnement E_1 de cette énergie sont 0,12 (Sliv) et 0,10 (Rose). Il est donc bien clair que cette transition de 93,52 keV est dipolaire électrique.

La valeur donnée pour $\bar{\alpha}_L(63)$ tient compte d'une correction due à l'influence des coïncidences $X_L - X_L$ dans le ^{234}U , cette correction a peut-être été surévaluée; sans cette correction $\bar{\alpha}_L(63) = 0,37 \pm 0,03$. De toutes façons, la valeur un peu trop grande

pour un E_1 pur s'explique par la présence du rayonnement de 63,21 keV $M_1 + E_2$ à côté du rayonnement E_1 de 63,64 keV. La proportion E_2 du mélange est très difficile à évaluer; le rapport $L_I/L_{II}/L_{III}$ et la valeur moyenne du coefficient de conversion indiquent la présence d'environ 10% d' E_2 .

c) Décomposition des spectres β à partir des mesures d'intensités $X_L, X_K - \gamma$. $UX_2 \rightarrow U^{234}$:

A partir des intensités X_K et X_L dans U^{234} , déduites des coïncidences β durs - γ , on trouve que 97 à 98% des transitions β de UX_2 aboutissent au niveau fondamental 0 + de U^{234} , que le niveau 2 + de 43,89 keV est peuplé par $\sim 1\%$ des transitions.

$UX_1 \rightarrow UX_2$:

A partir de cette dernière donnée, des intensités relatives de électrons de conversion interne des transitions de 43,89 et 29,88 keV, des intensités relatives des transitions γ de UX_1 on déduit que:

7,5% des transitions β du ^{234}Th aboutissent au niveau de 163,3 keV
 12,5% des transitions β du ^{234}Th aboutissent au niveau de 162,9 keV
 80% des transitions β du ^{234}Th aboutissent au niveau de 69,8 keV
 (UX_2) Embranchement $UX_2 \rightarrow UZ, U^{234}$.

D'après les proportions relatives des électrons de conversion attribués à la désintégration $UZ \rightarrow U^{234}$ on trouve que:

0,15% des transitions vont de UX_2 à UZ (transitions $\gamma(M_4)$)
 99,85% des transitions vont de UX_2 à U^{234} (transition β durs).

d) Vies moyennes.

Les anciennes mesures effectuées au Laboratoire des périodes des niveaux d'où sont issus les transitions γ de 29,88 et 63,64 kev donnaient $T_{\frac{1}{2}}$ (29,88) $< 5 \cdot 10^{-10}$ s et $T_{\frac{1}{2}}$ (63,64) = $1,8 \pm 0,03 \cdot 10^{-9}$ (6). La période rapide des rayonnements de 93 kev est inférieure à 10^{-9} s. La mise en évidence de la complexité des rayonnements de 63 et 93 kev oblige de reprendre ces mesures; néanmoins les valeurs anciennes sont tout à fait en accord avec ce qu'on trouve dans les noyaux voisins pour des transitions E_1 de particule et E_2 collectives (lorsqu'on attribue la période $T_{\frac{1}{2}} < 5 \cdot 10^{-10}$ s au γ de 29,88 kev).

La transition isomérique serait de nature M_4 d'après l'ensemble des résultats; ceci est en accord avec le fait que sa probabilité de transition serait 4,2 fois plus petite que la probabilité théorique de Weisskopf et que ce facteur est approximativement le même pour toutes les transitions M_4 .

D'après l'analyse des intensités des branches β et la détermination des $\log ft$ et la nature des transitions γ , le spin et la parité des niveaux seraient les suivants: fondamental (UZ): $4+$; isomérique (UX_2): $0-$; 99,7 kev: $2-$; 162,9 kev: $1-$; 163,3 kev: $1+$. Le niveau $2-$ est certainement collectif, étant un niveau de rotation de la bande basé sur le niveau isomérique, le niveau $1+$ est un niveau "de particule". La nature du niveau $1-$ est moins simple.

En conclusion, nous pouvons dire que l'amélioration considérable de la préparation des sources de UX_1 , l'utilisation de spec-

tromètres semi-circulaires très dispersifs et avec préaccélération, l'analyse très détaillée des spectres obtenus par scintillation et de leur conditions d'obtention permet de préparer un schéma de niveaux excités pour ce noyau impair-impair; en particulier, il semble bien qu'une des transitions γ observée soit la transition $\text{Pa}^{234m} \rightarrow \text{Pa}^{234}$ qui n'avait pas encore été vue. Ce schéma est présenté dans la figure (1) les intensités relatives des transitions étant donnés dans le tableau 2.

TABLEAU 2

TRANSITION	INTENSITY TOTAL	γ	l	α^L	α^L ROSE	MULTI-POLARITY
A - 29,88 kev	~ 42	~ 0		> 130	2740 (E2)	E2
B - 63,21 kev	< 3.5 > 2.0	$\sim 0,5$	< 4 $> 2,2$	< 30 $> 13,5$	M1 - 13,5 E2 - 81,5 E1 - 0,280 M2 - 460	M1+E2 $\frac{M1}{E2} > 4$
C - 63,64 kev	39	194	12	$\alpha_{\text{THEO.}}$	0,276 (E1)	E1
D - 93,08 kev	100	100	100	$\alpha_{\text{THEO.}}$	4,45 (M1)	M1
E - 93,52 kev	22	128	2,5	0,090	M1 - 4,20 E2 - 12,9 E1 - 0,10 M2 - 82,0	E1
F - 69,77 kev	~ 1.2		$\sim 1,2$		$L_I/L_{II}/L_{III}$ $=20/2/135$	M4

Un des auteurs (A. de Pinho) remercie vivement le Conselho Nacional de Pesquisas, du Brésil, pour une bourse.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

1. O. HAHN - Naturwiss 9, 84, 1921 et Z. Physik Chem. 103, 461, 1923.
2. J. MERINIS et G. BOUSSIÈRES - Annal. Chim. Acta 25, 498, 1961.
3. A. M. ADAMSON - Thèse - Paris - 1962.
4. R. FOUCHER, J. MERINIS, A. DE PINHO et M. VALADARES - C.R.Ac. Sc. 255, 882, 1962.
5. R. FOUCHER, Thèse - Paris - 1961 et Journal Physique 20, 508, 1958.
6. H. VARTAPETIEN - Thèse - Paris 1958 et H. VARTAPETIAN et al., Jour. Phys. 17, 537, 1956.
7. P. H. ONG, J. T. VERSCHOOR et P. BORN, Physica 22, 465, 1956 où on trouve les références aux travaux antérieurs.
8. S. BJORNHOLM et O. B. NIELSEN - Nucl. Phys. 30, 488, 1962.

* * *

