Étude du schéma de désintégration de ^{124}Sb

J.P. Zirnheld, R. Henck

► To cite this version:

J.P. Zirnheld, R. Henck. Étude du schéma de désintégration de ^{124}Sb . Journal de Physique, 1968, 29 (2-3), pp.144-148. 10.1051/jphys:01968002902-3014400 . jpa-00206631

HAL Id: jpa-00206631

<https://hal.science/jpa-00206631>

Submitted on 1 Jan 1968

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.

ÉTUDE DU SCHÉMA DE DÉSINTÉGRATION DE ^{124}Sb

Par J. P. ZIRNHELD,
Pile Universitaire de Strasbourg,

et R. HENCK,

Département de Physique des Rayonnements et d'Électronique Nucléaire, 67-Strasbourg-Cronenbourg.

(Reçu le 11 septembre 1967.)

Résumé. — Le rayonnement γ provenant de la décroissance de ^{124}Sb a été étudié à l'aide d'un détecteur de germanium compensé au lithium. La précision en énergie est de l'ordre de 0,5 keV. Des mesures de coïncidences γ - γ ont été faites avec un système lent-rapide de temps de résolution égal à 150 ns, les détecteurs utilisés étant deux diodes au germanium.

La discussion de l'ensemble des résultats a permis de modifier la place de plusieurs transitions dans le schéma de désintégration et d'introduire un niveau supplémentaire à 2 773 keV.

Abstract. — The γ -ray spectrum of ^{124}Sb has been re-investigated by means of Ge(Li) counters. The accuracy obtained in energy measurements is about 0.5 keV. The γ - γ coincidence spectra have been studied with a slow-fast system, utilizing two Ge(Li) detectors.

The discussion of the results leads us to modify the level scheme and add an additional level at 2 773 keV.

1. Introduction. — Les noyaux pair-pair de masse moyenne ($A \leq 150$) ont déjà fait l'objet de nombreux travaux expérimentaux et théoriques. Divers modèles nucléaires, dérivés de celui de Bohr et Mottelson, ont été développés [1-3] : ils permettent, en général, d'expliquer qualitativement les régularités observées dans un grand nombre de noyaux pair-pair, mais divergent dans la description des spins des états d'énergie plus élevée. L'étude expérimentale des niveaux d'excitation de tels noyaux, comme ^{124}Te , fournit ainsi des renseignements intéressants sur la validité des modèles théoriques.

Bien que de nombreux travaux [4 à 11] aient déjà été consacrés à l'examen des niveaux excités de ^{124}Te , les spins et parités de plusieurs d'entre eux restent encore inconnus. Par ailleurs, le spectre γ obtenu avec un détecteur au germanium nous a montré l'existence de plusieurs transitions nouvelles. C'est pourquoi nous avons entrepris une étude de la désintégration de ^{124}Sb alimentant les niveaux excités de ^{124}Te .

2. Méthode expérimentale. — La source utilisée, fournie par le C.E.A., est constituée par ^{124}Sb ($T = 60$ jours), obtenu par capture radiative à partir de ^{123}Sb . Elle contient également des traces de ^{122}Sb ($T = 2,8$ jours). Par suite, pour éviter toute influence parasite de cet émetteur, nous n'avons commencé

l'étude du spectre γ de ^{124}Sb qu'après dix périodes de décroissance de ^{122}Sb , soit environ 30 jours.

Pour la détermination des spectres γ , nous avons utilisé une diode N.I.P. au germanium compensé au lithium (1,2 cm² de surface, 6 mm d'épaisseur utile) ayant une résolution de 1,5 keV à basse énergie (222 keV, ^{182}Ta), grâce à l'utilisation d'un préamplificateur à transistor à effet de champ refroidi.

Des mesures de coïncidences γ - γ ont été faites avec un système lent-rapide, de temps de résolution égal à 150 ns, les détecteurs γ étant deux diodes au germanium de structure coaxiale et de volumes sensibles égaux à 5 et 2 cm³ respectivement.

3. Spectres des rayonnements γ . — Les spectres γ mesurés dans différents domaines d'énergie sont représentés sur les figures 1 à 3. Les énergies et les intensités relatives des rayonnements γ mis en évidence sont indiquées dans le tableau I et comparées avec les résultats des travaux précédents. La variation, en fonction de l'énergie, de l'efficacité intrinsèque de détection par effet photoélectrique de la jonction utilisée, a été déterminée au préalable [12] en enregistrant les spectres d'isotopes dont les intensités de transition sont bien connues (^{207}Bi , ^{88}Y , ^{60}Co).

Avec le dispositif de coïncidences γ - γ lent-rapide, nous avons mesuré les spectres γ en coïncidence avec

FIG. 1.

FIG. 3.

FIG. 2.

TABLEAU I

ÉNERGIE DE TRANSITION (keV)		INTENSITÉS RELATIVES γ (en %)	
TRAVAUX PRÉCÉDENTS	NOTRE TRAVAIL	TRAVAUX PRÉCÉDENTS	NOTRE TRAVAIL
602,8 $\pm$ 0,8 ^(a)	603,4 $\pm$ 0,4	100	100
632	635,1 $\pm$ 0,7		0,54 $\pm$ 0,11
646 $\pm$ 1 ^(b)	646,7 $\pm$ 0,4	7,5 $\pm$ 0,5 ^(d)	7,41 $\pm$ 0,44
709	710,2 $\pm$ 0,4		2,9 $\pm$ 0,10
714	714,7 $\pm$ 0,4	3,7	3,2 $\pm$ 0,13
723 $\pm$ 1 ^(b)	723,5 $\pm$ 0,4	15 $\pm$ 1,5 ^(e)	10,55 $\pm$ 0,70
789	791,5 $\pm$ 0,7		0,8 $\pm$ 0,1
970	968,5 $\pm$ 0,7	2	1,86 $\pm$ 0,11
1 050	1 045,2 $\pm$ 0,7	2	1,84 $\pm$ 0,16
1 320	1 326,4 $\pm$ 0,7	2	1,88 $\pm$ 0,18
1 361	1 356,1 $\pm$ 0,7	1	1,05 $\pm$ 0,07
1 370	1 368,5 $\pm$ 0,7	2,5	2,44 $\pm$ 0,20
1 450	1 437,2 $\pm$ 0,7	2	1,76 $\pm$ 0,18
	1 445,7 $\pm$ 0,7		1,06 $\pm$ 0,20
1 500	1 523,5 $\pm$ 0,9	1,7	0,28 $\pm$ 0,02
1 540			
1 691,3 $\pm$ 0,3 ^(c)	1 691,6 $\pm$ 0,4	51 $\pm$ 3 ^(d)	46,08 $\pm$ 3,3
2 032	2 039,7 $\pm$ 0,7		0,21 $\pm$ 0,05
2 090,7 $\pm$ 0,5 ^(c)	2 092,1 $\pm$ 0,4	6,3	5,87 $\pm$ 0,09
	2 182,5 $\pm$ 0,9		0,05 $\pm$ 0,002
	2 295,3 $\pm$ 0,9		0,08 $\pm$ 0,003
	2 695,2 $\pm$ 0,9		0,01 $\pm$ 0,0005

(a) Réf. [18] ; (b) Réf. [4] ; (c) Réf. [7] ; (d) Réf. [5] ; (e) Réf. [6].

FIG. 4.

FIG. 5.

les pics suivants : 646 keV (*fig. 4*) et 723 keV (*fig. 5*); la largeur des bandes d'énergie est d'environ 10 keV. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau II.

TABLEAU II

ÉNERGIES (keV)	TRANSITIONS γ EN COÏNCIDENCE (en keV)
646	603, 646, 710, 723, 791, 1 045, 1 523
723	603, 646, 714, 723, 969, 1 369, 1 443

4. **Schéma des niveaux de ^{124}Te .** — Le schéma de niveaux de ^{124}Te déduit des travaux antérieurs, ainsi que celui auquel on est conduit, compte tenu des nouveaux résultats acquis au cours de cette étude, est représenté sur la figure 6. Le calcul précis des énergies a permis de modifier la place de plusieurs transitions : 710,2 keV, 714,7 keV, 968,5 keV, 1 445,7 keV, 1 523,5 keV; un niveau supplémentaire a été introduit à 2 773 keV, tandis que la présence d'un autre à 2 041 keV a été confirmée.

L'existence de ce dernier (2 041 keV) découle des coïncidences observées entre les rayonnements de 791,5 et 646,7 keV d'une part, et 714 et 723 keV d'autre part (tableau II). Ce niveau permet également de rendre compte des transitions de 2 039,7 et 1 437,2 keV (*fig. 6*). Aucune transition γ n'existant en direction de ce niveau, son alimentation doit être attribuée à une composante provenant de ^{124}Sb . Expérimentalement, un embranchement d'une intensité de 4 à 10 % condui-

sant à un niveau voisin de 2 000 keV (la précision de telles mesures ne dépasse guère ± 100 keV) a été signalé par différents auteurs [13]. Par suite, le spin de l'état fondamental de ^{124}Sb étant 3^- , les règles de sélection des émissions β permettent de limiter aux valeurs 2, 3 ou 4 le spin du niveau de 2 041 keV. Par ailleurs, la présence d'une transition de 2 039,7 keV vers l'état fondamental 0^+ rend très improbable la valeur 4.

Le fait que la transition de 1 523,5 keV soit en coïncidence avec celle de 646,7 keV, mais non avec celle de 723,5 keV (tableau II), signifie qu'elle aboutit sur le niveau de 1 250 keV, ce qui implique l'existence d'un état à 2 773 keV, de spin 2, 3 ou 4. Ce niveau est désexcité également par le rayonnement de 1 445,7 keV qui est en effet en coïncidence avec la raie de 723,5 keV (*fig. 5*).

Les niveaux à 2 294,8 et 2 695,3 keV sont décrits généralement comme étant des états de vibration octopolaire 3^- . Cette interprétation se trouve renforcée par notre observation des transitions vers le niveau fondamental.

Signalons enfin que nos résultats ne permettent pas de confirmer l'existence de niveaux à 1 350 et 1 900 keV comme proposé par Girgis et Lieshout [6].

5. **Conclusion.** — On considère généralement que le noyau de ^{124}Te est approximativement sphérique et que les niveaux d'excitation sont surtout dus à des vibrations de surface quadrupolaires. Le modèle de Bohr [14] prévoit ainsi un premier niveau excité 2^+

FIG. 6.

et, à une énergie double, un triplet dégénéré 0^+ , 2^+ , 4^+ . Par la suite, diverses variantes de ce modèle simple d'oscillation harmonique ont été développées, en particulier par Scharff-Goldhaber [1], Raz [2], Wilets et Jean [3]. Mais, comme l'ont montré Cookson et Darcey [9], aucune de ces théories ne permet de rendre compte du fait que le deuxième niveau 2^+ de ^{124}Te soit situé au-dessous du niveau 4^+ , contrairement à la situation qui prévaut dans les noyaux voisins, le cadmium par exemple.

Le modèle général du rotateur asymétrique a été appliqué aux noyaux pair-pair par Mallmann [15]. L'accord des précisions théoriques avec les résultats expérimentaux est satisfaisant dans de nombreux noyaux [15-16]. Néanmoins, ce modèle ne semble pas pouvoir rendre compte des propriétés des isotopes ayant des nombres de protons ou de neutrons proches

des nombres magiques ⁽¹⁾. Dans le cas de ^{124}Te , en admettant que les énergies, spins et parités sont ceux indiqués sur la figure 6, le calcul de Mallmann prévoit des états 3^+ et 4^+ respectivement à 1 665 et 2 046 keV. Un niveau à 1 657 keV a été mis en évidence par Cookson et Darcey par diffusion inélastique de protons, mais son spin n'a pas pu être déterminé [9]. Par ailleurs, le niveau à 2 041 keV dont nous avons montré l'existence a vraisemblablement un spin inférieur à 4 et ne correspond pas alors à l'état 4^+ prévu.

⁽¹⁾ Selon Suarez et Aisenberg [16], le modèle de Mallmann s'applique aux noyaux pour lesquels :

$$|Z - Z_m| \leq 0,08 Z_m \quad \text{ou} \quad |N - N_m| \leq 0,08 N_m$$

où Z_m et N_m désignent les nombres magiques de protons et de neutrons respectivement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SCHARFF-GOLDHABER (G.) et WENESER (J.), *Phys. Rev.*, 1955, **98**, 212.
- [2] RAZ (B. J.), *Phys. Rev.*, 1959, **114**, 1116.
- [3] WILETS (L.) et JEAN (M.), *Phys. Rev.*, 1956, **102**, 788.
- [4] ZOLOTAVIN (A. V.), GRIGORYEV (E.) et ABROYAN (M. A.), *Izv. Akad. Nauk, Ser. Fiz.*, 1956, **20**, 289.
- [5] DZHELEPOV (B. S.) et ZHUKOVSKII (N. N.), *Nucl. Physics*, 1958, **6**, 655.
- [6] GIRGIS (R. K.) et VAN LIESHOUT (R.), *Physica*, 1959, **25**, 133.
- [7] MARLOW (K. W.), *Nucl. Physics*, 1964, **51**, 684.
- [8] DORIKENS-VANPRAET (L.), DEMUYNCK (J.) et DORIKENS (M.), *Nucl. Phys.*, 1965, **73**, 539.
- [9] COOKSON (J. A.) et DARCEY (W.), *Nucl. Physics*, 1965, **62**, 326.
- [10] KIM (Y. S.) et COHEN (B. L.), *Phys. Rev.*, 1966, **142**, 788.
- [11] GROSHEV (L. V.), DEMIDOV (A. M.) et SHADIEV (N.), *Yadernaya Fizika*, 1966, **4**, 238.
- [12] STAB (L.), HENCK (R.), SIFFERT (P.) et COCHE (A.), *Nucl. Instr. Methods*, 1965, **35**, 113.
- [13] DZHELEPOV (B. S.) et PEKER (L. K.), « Decay Schemes of Radioactive Nuclei », Pergamon Press, 1961.
- [14] BOHR (A.), *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk*, 1952, **26**, 14.
- [15] MALLMANN (C. A.), *Nucl. Physics*, 1961, **24**, 535.
- [16] SUAREZ (J. F.) et DE AISENBERG (E. Y.), *Nucl. Physics*, 1967, A **90**, 449.
- [17] BELIAEV (S. T.) et ZELEVINSKY (V. G.), *Nucl. Physics*, 1962, **39**, 582.
- [18] ROBINSON (R. L.), STELSON (P. H.), MCGOWAN (F. K.), FORD (J. L. C.) et MILNER (W. T.), *Nucl. Physics*, 1964, **74**, 281.