

UNIVERSITÉ DE LOUVAIN
CENTRE DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE
PARC D'ARENBERG
AVENUE CARDINAL MERCIER
HÉVERLÉ-LOUVAIN
BELGIQUE
TÉLÉPHONE : 016 - 224 21

T HARC Folders 17/3

CERN LIBRARIES, GENEVA



CM-P00073701

CERN NSC 65/3
7.1.1965

Interaction quadrupolaire de μ^- avec des noyaux déformés.

G.DECONNINCK, J.P.DEUTSCH, P.C.MACQ, P.LIPNIK

INTRODUCTION

Dans la présente, on se propose d'étudier expérimentalement des effets causés par l'interaction quadrupolaire de muons avec des noyaux déformés. Un des premiers effets prévus a déjà fait l'objet d'expériences à faible résolution (1)(2) : il s'agit de la mesure de l'hyperfine structure des spectres de Rayons X mesiques : des travaux à haute résolution (détecteurs Ce-Li drifted) sont en cours au CERN et aux U.S.A. D'autres effets sont prévus tels que :

- a. l'excitation du premier niveau quadrupolaire d'un noyau déformé lors d'une transitions $2p \rightarrow 1s$ d'un atome mesique
- b. l'excitation en cascade des deux premiers niveaux d'un noyau déformé lors d'une transition $3d \rightarrow 2p \rightarrow 1s$ de l'atome mesique
- c. la perturbation, dans la capture de mésons polarisés, de la polarisation des R.X. mesiques ($2p \rightarrow 1s$) par l'interaction quadrupolaire avec un noyau déformé.

Le travail théorique relatif au calcul de ces effets est repris avec une bibliographie abondante dans (3). Aucun de ces effets a,b,c prévus n'a fait l'objet d'une mesure directe (4). Outre l'intérêt de ces mesures pour des études de structures nucléaires [Q_{22} et $B(E_2)$] ils sont aussi un test des calculs de processus de cascade d'une particule capturée par un champ électromagnétique (règles d'intensité, ...) et de sa dépolarisation.

(1) W.Frati and J.Rainwater - Phys.Rev.128(1962)2360

(2) R.D.Ehrlich, R.J.Powers and L.Telegdi. Phys.Rev.Lett.13(1964)550

(3) D.F. Zaretskii and V.M. Novikov. Sov.Phys.JETP 15(1962)358

(4) G.E. Belovitskii. JETP 14(1962)50.

A. Excitation nucléaire simple.

Objet de l'expérience. La quasi égalité de l'énergie de fine structure $\Delta E_{fs} [2p\ 3/2 \leftrightarrow 2p\ 1/2]$ et de celle d'excitation du premier niveau ($2+$) nucléaire, provoque lors de la transition $2p \rightarrow 1s$ une excitation intense de ce niveau dans le cas où il existe un couplage quadrupolaire du muon et du noyau déformé.

Dans le cas de noyaux sphériques tels que Pb, on aura donc une excitation nulle par ce processus.

Pour le noyau déformé W186, par exemple, il est prévu (3) que 40 % des muons passant par l'état $2p$ (c.à.d. 50 % des muons arrêtés dans la cible) provoquent une excitation du premier niveau nucléaire (123 keV).

L'objet de l'expérience proposée est de mettre en évidence et éventuellement contrôler quantitativement ces prévisions théoriques.

Dispositif expérimental. La géométrie de l'expérience est reprise à la figure 1. La signature d'un bon événement γ nucléaire est assurée par 1 2 3 4 5 6 7 8 qui servira de gate dans la mesure du spectre γ ; on détecte l'arrêt d'un μ^- dans la cible par 1 2 3 6, si dans sa capture il émet un rayon X d'environ 6 MeV (4 8) un γ nucléaire de faible énergie sera enregistré dans le délai le plus court par (5 7).

Les temps mis en jeu dans cette expérience sont (5)

- temps d'arrêt dans la cible $< 10^{-9}$ sec
- temps de vie de la cascade RX 10^{-13} sec
- temps de vie d'un μ^- sur orbite K(Pb) $\sim 10^{-7}$ sec
- temps de résolution de l'électronique $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ sec.

On évitera donc au maximum les coïncidences R X (6 MeV), γ nucléaires résultant de la capture nucléaire du μ^- . On s'assurera de la non existence de coïncidences R X (6 MeV) RX (\pm 123 keV) par une "mesure de zéro" avec une cible de Pb. Les mises au point et étalonnages en efficacité des compteurs R X (6 MeV) et γ (126 keV) se feront au Centre de Physique Nucléaire de Louvain.

(5) J.C. SENS. Phys.Rev.113(1959)679

Evaluation des taux de comptage. Dans l'hypothèse (hypothèse de travail) de l'emploi du canal μ , faisceau 11 (CERN 63-35) $p = 176 \text{ MeV/c}$

$\Delta p/p = 5,6 \%$ pureté : 98% μ^- , on aurait au minimum une intensité de $2 \cdot 10^4 \mu^-/\text{sec}$ sur $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Une cible de Pb d'1 mm d'épaisseur dans la direction du faisceau arrêteront $2 \cdot 10^4 \times 8 \%$ μ^-/sec .

Si dans le cas d'excitation nucléaire (W 186) 50% des μ^- passent dans la cascade $2p \rightarrow 1s$ et 40% des transitions $2p \rightarrow 1s$ excite le noyau, on aura 320 excitations/sec du niveau $123 \text{ keV } 2+$ de W 186.

Compte tenu de l'auto-absorption des γ nucléaires dans la cible ($\sim 64 \%$), des ouvertures angulaires des détecteurs R X (6 MeV) et γ -($\epsilon_{R X} = 30 \%$, $W_{R X} = 5 \%$, $W_{\gamma} = 20 \%$) - et du coefficient de conversion des γ nucléaires ($\alpha_{\text{total}} \approx 10$), on pourrait détecter par heure 120γ nucléaires excités par interaction quadrupolaire. Ces prévisions restent valables dans le cas d'une cible de mélange isotopique naturel. Un shift de temps machine suffirait donc pour la statistique; du parasitage serait suffisant pour les mises au point.

B. Dépolarisation du R X ($2p \rightarrow 1s$) par interaction quadrupolaire.

Objet de l'expérience. Partant d'un faisceau de μ^- polarisés longitudinalement à 100% , arrêtés dans une cible, une transition $2p \rightarrow 1s$ non perturbée fournira des R X polarisés à 24% dans la direction d'incidence du faisceau μ .

Dans le cas d'une interaction quadrupolaire du muon sur orbite de Bohr avec un noyau déformé, les états $2p \ 3/2$ et $2p \ 1/2$ sont mélangés : j n'est plus bon nombre quantique. Comme la polarisation des R X $2p \rightarrow 1s$ provient du transfert de la polarisation du μ^- au R X lors de la transition $2p \ 3/2 \rightarrow 1s \ 1/2$ (transfert nul de polarisation dans la cascade $2p \ 1/2 \rightarrow 1s \ 1/2$), on comprend qualitativement que la polarisation du R X sera atténuée en présence d'une interaction quadrupolaire.

La polarisation dans le cas de W184, par exemple, ne sera plus que 27% de ce qu'elle était dans le cas du Pb (3).

Dispositif expérimental. Il est repris à la figure 2 ; il s'agit essentiellement d'une mesure de polarisation par la méthode de transmission dans du fer polarisé; cette méthode atteint justement une sensibilité maximum à la polarisation des γ dans la région de 6 MeV.

L'analyseur de 9 cm de long, sera étalonné au Centre de Physique Nucléaire de Louvain. Un temps de résolution de 2 nsec sera possible dans cette expérience.

Evaluation des effets mesurés et taux de comptage. Partant du faisceau considéré ci-dessus (A), les μ ont une polarisation de 80 %. Les $R X 2p \rightarrow 1s$ du Pb auront donc une polarisation de $0.24 \times 0.80 = 19$ %. Ceux du W184 auront une polarisation de $0.19 \times 0.27 = 4.5$ % dans la direction du faisceau incident. Un barreau de fer aimanté de 9 cm de long a une analysibilité de 6 % (effet mesuré 6 % pour des γ de 6 MeV polarisé à 100 %) et une transmission de 10 %.

On s'attend donc à un taux de comptage d'environ 6 coups/sec dans le pic transmis.

L'effet expérimental attendu pour le Pb et W 184 étant de 1,2 % et 0,3 % une précision de 0,2 % exigera dans chacun de ces cas 45 heures de statistiques.

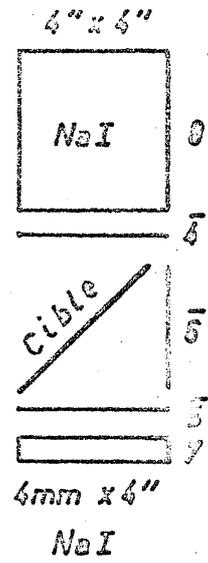
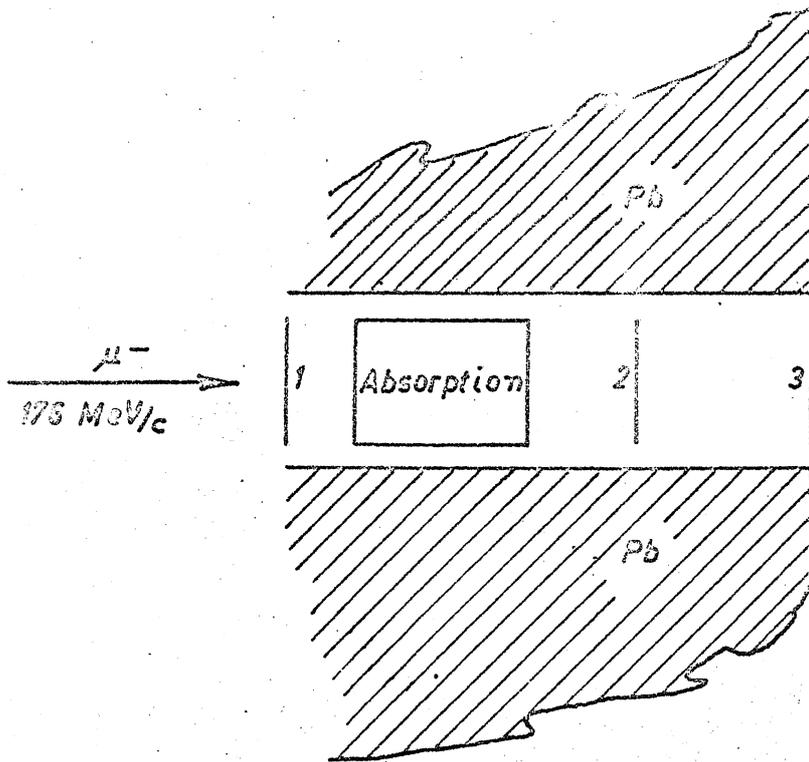


Figure 1

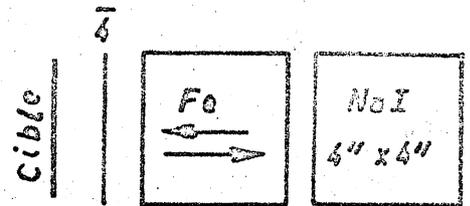
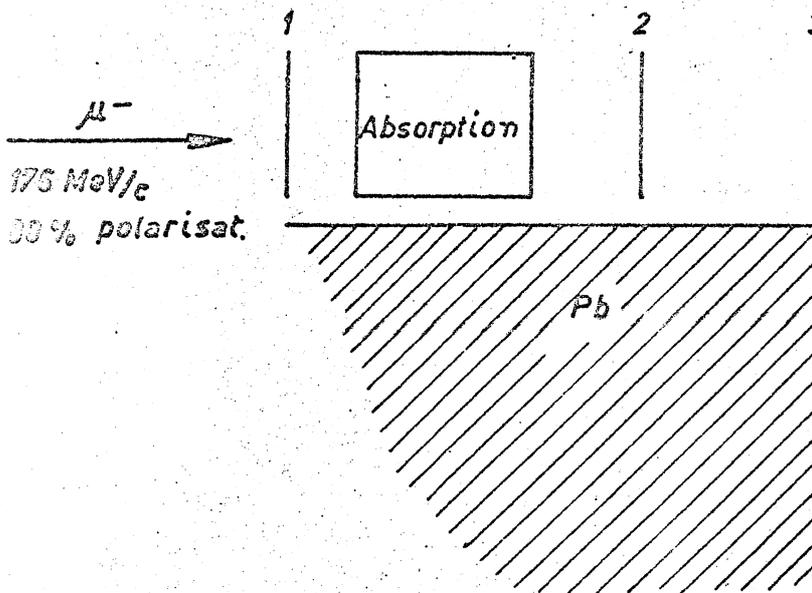


Figure 2