

SIMPÓSIO DE TÉCNICAS EXPERIMENTAIS EM FÍSICA - IPEN - DEZEMBRO 1992

ESPECTRÔMETRO DE CORRELAÇÃO ANGULAR BETA-GAMA

A.L.Lapolli, J.A.G.de Medeiros, E.Landulfo e C.B.Zamboni

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP
 INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
 Caixa Postal 11049 - Pinheiros
 05422-970 - São Paulo - Brasil

RESUMO

Faz-se uma descrição detalhada do espectrômetro β - γ para medidas de correlação angular direcional incluindo técnicas de confecção de fontes β , detectores de partícula β e radiação γ além de detalhes a respeito do projeto da câmara de vácuo. No final do texto são apresentados resultados preliminares da medida de correlação angular integral no núcleo de ^{60}Co .

INTRODUÇÃO

As técnicas em espectroscopia nuclear são de fundamental importância no fornecimento de dados para o esclarecimento da estrutura de núcleos através de comparação com previsões teóricas. A implantação de um espectrômetro para medidas de correlação angular beta-gama contribui para tais esclarecimentos.

A técnica de correlação angular direcional β - γ ^(1,2,3) consiste na detecção das radiações β e γ emitidas sucessivamente em cascata. Através desta técnica deteta-se a radiação β em uma direção fixa e verifica-se a distribuição angular da radiação γ emitida da cascata. A determinação experimental da taxa de coincidências β - γ , permite obter informações do tipo de transição β , da razão de mistura multipolar da radiação γ e da sequência de spins envolvidos na cascata.

A taxa de coincidências em função do ângulo entre a partícula β e o raio γ é dada por:

$$W_{\beta\gamma}(\theta) = 1 + \sum_{k=1}^{k_{\max}} A_{kk} P_k \cos(\theta)$$

onde:

θ é o ângulo entre as direções de emissão das radiações

$P_k \cos(\theta)$ polinômio de Legendre de ordem k

A_{kk} coeficientes da correlação angular e podem ser expressos por:

$$A_{kk} = A_k^\gamma A_k^\beta(\omega)$$

sendo que A_k^γ depende dos spins dos níveis envolvidos e da multipolaridade da radiação γ e A_k^β das características do decaimento β e da sua interação com o núcleo que a emite.

INSTRUMENTAÇÃO.

Para a implantação do espectrômetro fez-se necessário o desenvolvimento de técnicas para confecção de fontes radioativas apropriadas para medidas de partícula β , caracterização dos detetores para radiação β e confecção de uma câmara de vácuo associada a um sistema de vácuo.

FONTES. Em geral os núcleos radioativos estudados são populados através do decaimento β .

As fontes radioativas podem ser obtidas através da reação (n,γ) ou por separação química dos produtos de fissão do ^{235}U , utilizando-se o reator IEA-R1 do IPEN, pela reação (γ,γ') no Acelerador Linear do IFUSP e pelas reações (α,n) , $(\alpha,2n)$ e (p,n) no Ciclotron do IPEN e do IEN.

Em medidas de correlação angular β - γ a escolha do modo de preparação das amostras deve levar em consideração o problema de auto-absorção e espalhamento da partícula β bem como as características químicas e físicas das fontes a serem confeccionadas. Desta forma a fonte, em forma de disco, deve ser confeccionada como um filme fino, da ordem de $1\mu\text{g}/\text{cm}^2$ depositada sobre um "backing" de material condutor e de baixo número atômico, com espessura da ordem de $1\text{mg}/\text{cm}^2$. O diâmetro da fonte é de 3 mm e do "backing" 32 mm. A produção de fontes e "backings" nestas características necessitam técnicas especiais como deposição em vácuo⁽⁴⁾, eletrodeposição⁽⁵⁾, "electrospray"⁽⁶⁾ e evaporação da gota⁽⁷⁾.

θ é o ângulo entre as direções de emissão das radiações

$P_k \cos(\theta)$ polinômio de Legendre de ordem k

A_{kk} coeficientes da correlação angular e podem ser expressos por:

$$A_{kk} = A_k^\gamma A_k^\beta(\omega)$$

sendo que A_k^γ depende dos spins dos níveis envolvidos e da multipolaridade da radiação γ e A_k^β das características do decaimento β e da sua interação com o núcleo que a emite.

INSTRUMENTAÇÃO.

Para a implantação do espectrômetro fez-se necessário o desenvolvimento de técnicas para confecção de fontes radioativas apropriadas para medidas de partícula β , caracterização dos detetores para radiação β e confecção de uma câmara de vácuo associada a um sistema de vácuo.

FONTES. Em geral os núcleos radioativos estudados são populados através do decaimento β .

As fontes radioativas podem ser obtidas através da reação (n,γ) ou por separação química dos produtos de fissão do ^{235}U , utilizando-se o reator IEA-R1 do IPEN, pela reação (γ,γ') no Acelerador Linear do IFUSP e pelas reações (α,n) , $(\alpha,2n)$ e (p,n) no Ciclotron do IPEN e do IEN.

Em medidas de correlação angular $\beta\text{-}\gamma$ a escolha do modo de preparação das amostras deve levar em consideração o problema de auto-absorção e espalhamento da partícula β bem como as características químicas e físicas das fontes a serem confeccionadas. Desta forma a fonte, em forma de disco, deve ser confeccionada como um filme fino, da ordem de $1\mu\text{g}/\text{cm}^2$ depositada sobre um "backing" de material condutor e de baixo número atômico, com espessura da ordem de $1\text{mg}/\text{cm}^2$. O diâmetro da fonte é de 3 mm e do "backing" 32 mm. A produção de fontes e "backings" nestas características necessitam técnicas especiais como deposição em vácuo⁽⁴⁾, eletrodeposição⁽⁵⁾, "electrospray"⁽⁶⁾ e evaporação da gota⁽⁷⁾.

Estão sendo aplicadas as seguintes técnicas para confecção de fontes:

Eletrodeposição: produção de fontes de ^{139}Ba para posterior medida de correlação angular direcional $\beta\text{-}\gamma$, desenvolvida em colaboração com o laboratório de Eletroquímica II do IQUSP⁽⁸⁾;

Evaporação da gota: produção de fontes de calibração de ^{152}Eu , ^{137}Cs , ^{60}Co e ^{90}Sr para calibração em energia do espectrômetro. Estas fontes são produzidas no Laboratório de Metrologia Nuclear do IPEN;

Deposição em Vácuo, "Sputtering" e "Electrospray": produção de fonte de ^{60}Co , em andamento.

A fonte de ^{60}Co vem sendo usada como ponta de prova para teste das técnicas, através da determinação do plot de Kurie e intensidade comparativa. Até o momento os testes mostraram resultados satisfatórios.

A confecção dos "backings" é realizada pela técnica de Deposição em Vácuo no Laboratório de Alvos do Pelletron, no IFUSP.

DETETORES. O detetor de partícula β a ser utilizado é um cintilador plástico, similar ao modelo NE 102, confeccionado no IPEN⁽⁹⁾. De acordo com a faixa de energia da partícula β a ser medida (de 150 keV a 3000 keV) temos cintiladores de diferentes diâmetros e espessuras. Os testes com estes detetores visam estabelecer os parâmetros de resolução e eficiência visto que não há nenhuma informação relacionada a sua característica de detecção β . Medidas de resolução, utilizando-se fontes padrão de ^{137}Cs e ^{207}Bi apresentam resultados compatíveis com previsões da literatura, isto é, de 13% a 15%.

Em função das características de detecção da partícula β (espalhamento e absorção no ar) a fonte e o detetor- β são montados no interior de uma câmara de vácuo.

O detetor de raios γ é escolhido de acordo com a fonte radioativa a ser medida podendo ser um cintilador, NaI(Tl), ou um semicondutor, HPGe ou Ge(Li) no caso de espectros complexos, ou ainda um detetor de Si(Li) no caso de raios γ de baixa energia (<100 keV).

ESPECTRÔMETRO. O espectrômetro β - γ é constituído basicamente por um par de detetores, uma mesa circular de alumínio, uma câmara de vácuo e uma unidade de controle que comanda a movimentação de um dos detetores. Os detetores são montados sobre uma base de aço, onde um permanece fixo, o detetor de partícula β , e o outro, o detetor de raios γ , é móvel. A sua movimentação permite que este ocupe qualquer posição angular entre 90° e 270° , em relação ao eixo de simetria do detetor fixo. O par de detetores pode ser composto por dois cintiladores ou pelo conjunto semicondutor-cintilador, como já foi mencionado. A distância entre a fonte e os detetores é ajustável de acordo com a medida a ser realizada.

O cintilador usado para a detecção de partículas β é acoplado a uma câmara de vácuo a qual é posicionada no centro geométrico da mesa de correlação.

CÂMARA DE VÁCUO. Para elaboração do projeto da câmara de vácuo vários artigos foram consultados a fim de se obter informações sobre a dimensão ideal da câmara, para minimizar a probabilidade de espalhamento da radiação β em seu interior. Seu projeto constitui-se de uma cavidade cilíndrica confeccionada em alumínio com comprimento e diâmetro interno dado por 180 mm x 127,8 mm, respectivamente e 6 mm de espessura. Em seu interior, na região central de sua base, um suporte cilíndrico de alumínio sustenta a amostra. Sua altura é ajustável permitindo a centralização fonte-detetor. Sobre o suporte um arco de diâmetro padronizado sustenta a fonte, sabendo que a mesma é confeccionada em forma de disco. Através de uma flange lateral, também de alumínio, é feito o acoplamento do conjunto detetor-fotomultiplicadora à câmara.

A detecção da partícula β é feita com vácuo da ordem de 10^{-4} Torr.

O detetor de raios γ é circundado por um colimador cônico de chumbo a fim de diminuir a probabilidade de detecção de fótons espalhados.

A eletrônica associada é a de coincidência "fast-show" e a aquisição de dados é realizada através de um multicanal, em 4096 canais, conectado a um microcomputador, para posterior análise de dados.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para verificação do bom desempenho do espectrômetro β - γ foi realizada a medida de correlação angular integral, no núcleo de ^{60}Co , para a cascata $\beta(E>100\text{ keV})$ - $\gamma(1173\text{ keV})$. Esta escolha deve-se ao fato de tratar-se de uma cascata bem estabelecida, com sequência de spins $5^+-4^+-2^+$. Os ângulos de medidas foram : 90° , 120° , 150° , e 180° , com um tempo de contagem de 2 horas para cada ângulo. Neste caso, o emprego do espectrômetro constituído pelo conjunto semicondutor-cintilador plástico⁽⁹⁾, isto é, um Ge(Li) de 45 cm^3 e um detetor plástico de 3 mm de espessura e 60 mm de diâmetro, é extremamente eficiente, tendo sido utilizado. Os resultados preliminares mostram um comportamento isotrópico, $A_{22} \cong 0$, portanto de acordo com as previsões da literatura⁽¹⁰⁾: $A_{22} = 0.002 \pm 0.012$.

REFERÊNCIAS

1. W. Parker and Slätis, in: Siegbahn., Alph, Beta and Gamma-ray Spectroscopy, v.2. Amsterdam, North - Holland 379 (1965).
2. R.M.Steffen. Phys. Rev.124 (1961) 145.
3. T.Kotani. Phys. Rev.114 (1965) 795.
4. W.Parker and Y.Grunditz. Nucl. Inst. and Meth.2 (1963) 73.
5. H.Sand. Electrochemistry and Electrochemical Analysis 1. (Backie and Son, Ltd., London, 1946).
6. J.Carswell and J.Milsted. Nucl.Energy.4 (1957) 57.
7. W.Langer and R.Falk. Nucl.Inst. and Meth.16 (1962) 355.
8. J.A.G.de Medeiros, A.L.Lapoli, C.B.Zamboni, A.A.Sampaio e S.M.L.Agostinho. Anais da 44^a SBPC, 12-17 julho, 1992, seção D: Ciências da Materia, Física Nuclear.São Paulo - S.P., p. 208.
9. M.M.Hamada e C.H.Mesquita. Publicação IPEN 216 (1988).
10. J.L.Wolfson and A.J. Coller. Nucl.Phys.A112 (1968) 156.