

Estudio de los coeficientes de conversión en la desintegración β del ^{72}Kr

José Antonio Briz Monago

Instituto de Estructura de la Materia, CSIC

"V Encuentro de Física Nuclear", El Escorial, Madrid

27 de Septiembre de 2010

Índice de contenidos

1 Introducción

- Motivación
- Cálculos teóricos
- Obtención experimental de distribuciones de $B(GT)$

2 Experimento

- Experimento IS398 realizado en Isolde
- Dispositivo experimental

3 Análisis

- Eficiencia de detección del Espectrómetro Miniorange
- Procedimiento de obtención de α 's

4 Resultados

- Valores experimentales de los coeficientes de conversión

5 Perspectivas de futuro

¿Por qué estudiamos el $^{72}_{36}\text{Kr}_{36}$?

- **Estructura nuclear:** En esta región de la tabla de núcleos aparecen fenómenos como la coexistencia de formas y, al estar en una zona con $N=Z$, nos permite estudiar el apareamiento $n-p$

¿Por qué utilizamos estudios de desintegración beta?

- Gran ventana de desintegración beta (Q_β) en esta región de masas $\rightarrow$ Amplia ventana de estudio del esquema de niveles del núcleo hijo. $Q_\beta(^{72}\text{Kr})=5040$ keV.
- Al ser $^{72}_{36}\text{Kr}_{36}$ un núcleo par-par y $N=Z$, su $J^\pi(\text{g.s.})=0^+$, los estados alimentados por transiciones permitidas tendrán $J^\pi=1^+$
- La distribución de $B(\text{GT})$ podemos compararla con modelos teóricos y, en algunos casos, puede proporcionar información sobre la deformación del núcleo padre.
- Única forma de acceder a estados de bajo espín fuera de la línea de Yrast para núcleos alejados de la estabilidad.

Determinación de la deformación mediante distribuciones de B(GT)

Cálculos teóricos [1] predicen diferentes distribuciones de la fuerza Gamow-Teller B(GT) con respecto a la energía de excitación en el núcleo hijo para diferentes deformaciones del estado fundamental del núcleo padre

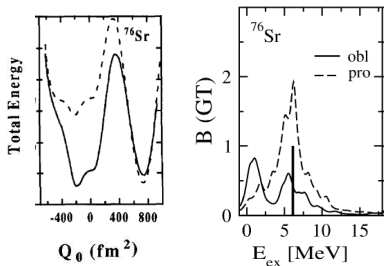


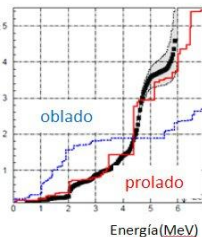
Figura 1: Predicciones teóricas sobre la energía total del sistema frente al momento cuadrupolar (Q_0) (izquierda) y distribución de B(GT) acumulada con respecto a la energía de excitación en núcleo hijo para las diferentes deformaciones oblada y prolada para el núcleo ^{76}Sr (derecha) según [Sarr99] y [Sarr01]

[Sarr99] P. Sarriguren et al., Nucl. Phys. A658, 13 (1999)

[Sarr01] P. Sarriguren et al., Nucl. Phys. A691 631 (2001)

[Nac04] E. Náchter et al., PRL 92 232501 (2004)

^{76}Sr



Prolado

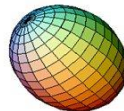
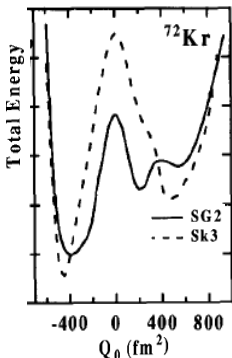


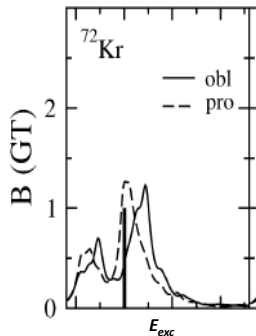
Figura 2: Resultados experimentales para la B(GT) acumulada en función de la energía de excitación en el núcleo hijo para el ^{76}Sr comparados con los cálculos teóricos correspondientes a una deformación oblada (línea azul) o prolada (línea roja) [Nac04]

Predicciones teóricas para ^{72}Kr

Cálculos realizados por Sarriguren et al. [Sarr01] utilizando una interacción tipo Skyrme en aproximación QRPA predicen:



Energía total para el ^{72}Kr con respecto al momento cuadrupolar másico (deformación) para dos tipos de fuerzas SG2 y Sk3 según cálculos en [Sarr99]

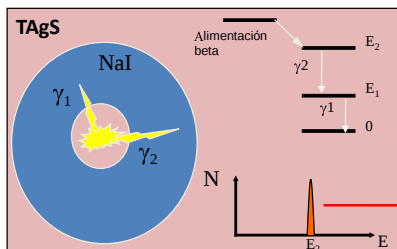


B(GT) frente a la E_{exc} en núcleo hijo según cálculos en [Sarr01]

[Sarr99] P. Sarriguren et al., Nucl. Phys. A658, 13 (1999)

[Sarr01] P. Sarriguren et al., Nucl. Phys. A691 631 (2001)

Espectroscopía gamma de Absorción Total (TAGS)



Cortesía B. Rubio

$$B_{GT} = 6147 \left(\frac{g_v}{g_A} \right)^2 \frac{I_\beta}{fT_{1/2}} = 6147 \left(\frac{g_v}{g_A} \right)^2 \frac{1}{ft_{1/2}}$$

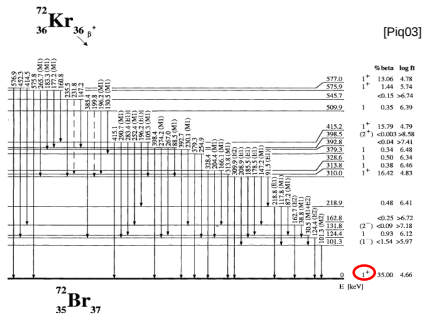
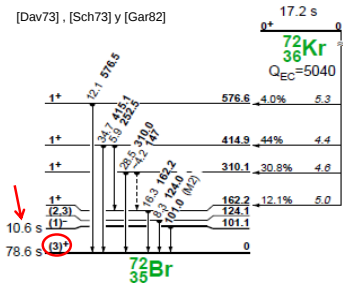
Para calcular el B(GT) tenemos que obtener experimentalmente:

$$\frac{I_\beta}{T_{1/2}} \quad t_{1/2} = \frac{T_{1/2}}{I_\beta(E)}$$

Inconvenientes

- 1 *Conversión interna*: proceso que compite con desexcitación gamma. Intensidad beta a cada nivel se reparte entre desexcitación gamma y conversión interna. Especialmente importante para transiciones de baja energía. Debemos obtener los coeficientes de conversión: $\alpha = \frac{I_e}{I_\gamma}$.
- 2 *Estados isoméricos* (vida media larga, superior a 1 ns): La intensidad de desexcitación no se mide correctamente al no medir radiación gamma dentro de ventana coincidencia.

Conocimiento actual sobre estados de bajo espín de ^{72}Br



Consideraciones

- 1 J^π del estado fundamental
- 2 Presencia de transiciones de baja energía $\rightarrow$ necesitamos conocer α
- 3 Región desde $E_{exc} = 1$ MeV hasta $Q_\beta = 5.04$ MeV sin explorar

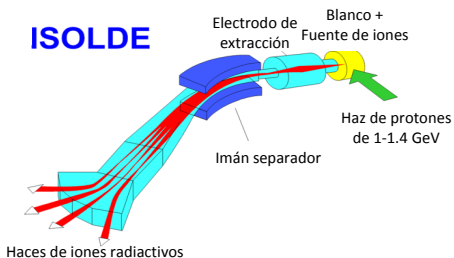
[Dav73] C. N. Davids et al., Phys. Rev. C8, 1029 (1973)

[Sch73] H. Schmeing et al., Phys. Lett. 44B, 449 (1973)

[Gar82] G. García Bermúdez et al., Phys. Rev.C25, 1396 (1982)

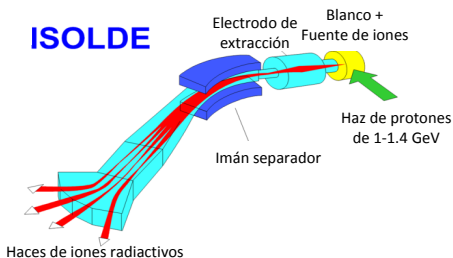
[Piq03] I. Piqueras et al., Eur. Phys. J. A 16, 313–329 (2003)

Producción ^{72}Kr en ISOLDE (CERN)



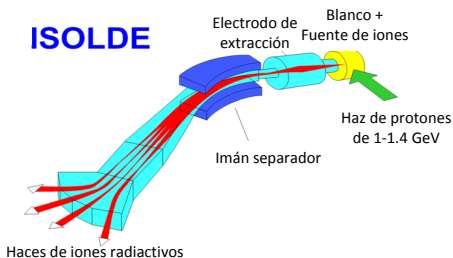
- 1 Haz de protones de 1.4 GeV con una intensidad máxima de $2\ \mu\text{A}$ incide sobre el blanco de ^{93}Nb

Producción ^{72}Kr en ISOLDE (CERN)



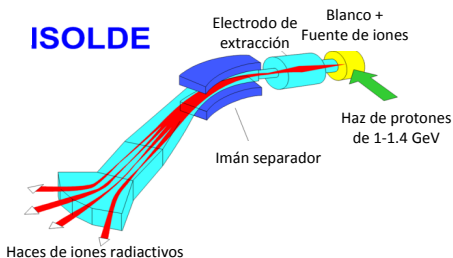
- 1 Haz de protones de 1.4 GeV con una intensidad máxima de $2 \mu\text{A}$ incide sobre el blanco de ^{93}Nb
- 2 Producimos ^{72}Kr mediante la reacción de espalación: $^{93}_{41}\text{Nb}_{52}(p, 16n + 6p)^{72}_{36}\text{Kr}_{36}$

Producción ^{72}Kr en ISOLDE (CERN)



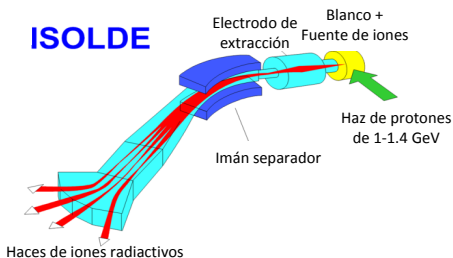
- 1 Haz de protones de 1.4 GeV con una intensidad máxima de $2 \mu\text{A}$ incide sobre el blanco de ^{93}Nb
- 2 Producimos ^{72}Kr mediante la reacción de espalación: $^{93}_{41}\text{Nb}_{52}(p, 16n + 6p)^{72}_{36}\text{Kr}_{36}$
- 3 Se ioniza el haz radiactivo mediante la fuente de iones de plasma con línea de transmisión refrigerada

Producción ^{72}Kr en ISOLDE (CERN)



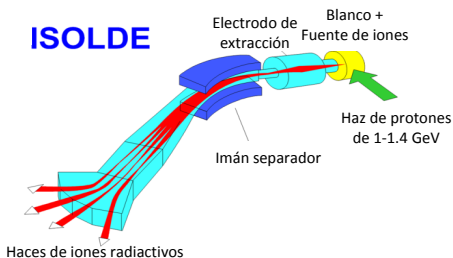
- 1 Haz de protones de 1.4 GeV con una intensidad máxima de $2 \mu\text{A}$ incide sobre el blanco de ^{93}Nb
- 2 Producimos ^{72}Kr mediante la reacción de espalación: $^{93}_{41}\text{Nb}_{52}(p, 16n + 6p)^{72}_{36}\text{Kr}_{36}$
- 3 Se ioniza el haz radiactivo mediante la fuente de iones de plasma con línea de transmisión refrigerada
- 4 Iones son acelerados mediante los electrodos de extracción con $\Delta V = 60 \text{ kV}$

Producción ^{72}Kr en ISOLDE (CERN)



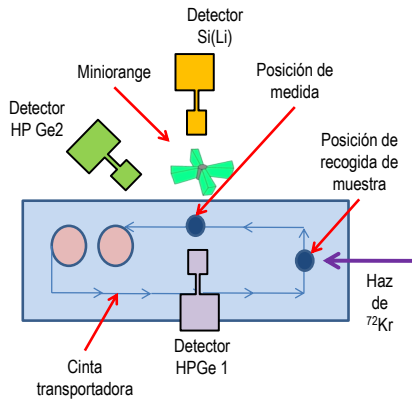
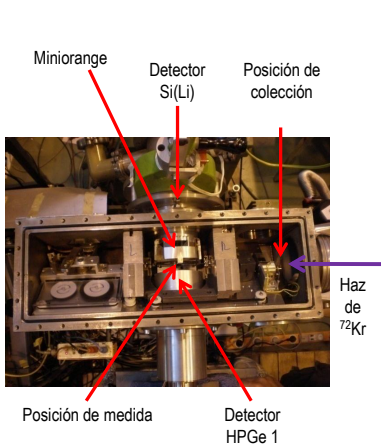
- 1 Haz de protones de 1.4 GeV con una intensidad máxima de $2 \mu\text{A}$ incide sobre el blanco de ^{93}Nb
- 2 Producimos ^{72}Kr mediante la reacción de espalación: $^{93}_{41}\text{Nb}_{52}(p, 16n + 6p)^{72}_{36}\text{Kr}_{36}$
- 3 Se ioniza el haz radiactivo mediante la fuente de iones de plasma con línea de transmisión refrigerada
- 4 Iones son acelerados mediante los electrodos de extracción con $\Delta V = 60 \text{ kV}$
- 5 Mediante el Separador de Masas seleccionamos el núcleo de interés, ^{72}Kr

Producción ^{72}Kr en ISOLDE (CERN)

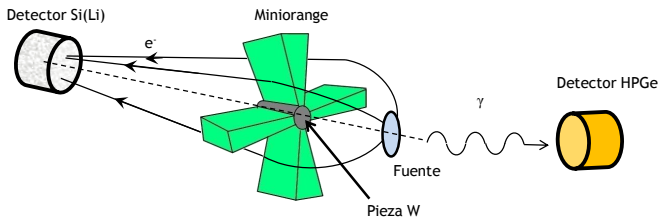


- 1 Haz de protones de 1.4 GeV con una intensidad máxima de $2 \mu\text{A}$ incide sobre el blanco de ^{93}Nb
- 2 Producimos ^{72}Kr mediante la reacción de espalación: $^{93}_{41}\text{Nb}_{52}(p, 16n + 6p)^{72}_{36}\text{Kr}_{36}$
- 3 Se ioniza el haz radiactivo mediante la fuente de iones de plasma con línea de transmisión refrigerada
- 4 Iones son acelerados mediante los electrodos de extracción con $\Delta V = 60 \text{ kV}$
- 5 Mediante el Separador de Masas seleccionamos el núcleo de interés, ^{72}Kr
- 6 El haz final es dirigido hacia nuestra estación de medida

Estación de medida

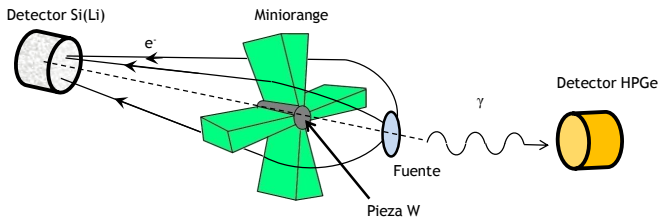


Espectrómetro de electrones: Miniorange



- 1 Detector de cristal de Si(Li)
refrigerado ($300 \text{ mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}$)
- 2 Conjunto de imanes permanentes que
mejoran la transmisión de electrones
de conversión hacia el detector

Espectrómetro de electrones: Miniorange

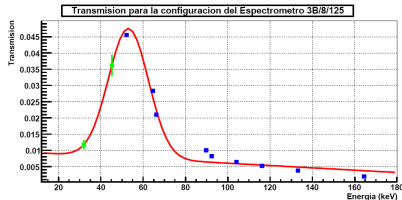
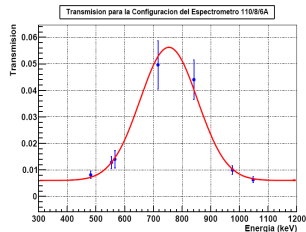
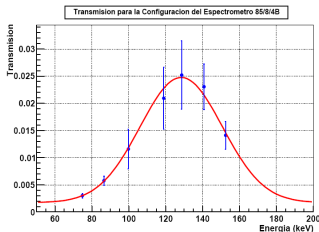


- 1 Detector de cristal de Si(Li) refrigerado ($300 \text{ mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}$)
- 2 Conjunto de imanes permanentes que mejoran la transmisión de electrones de conversión hacia el detector

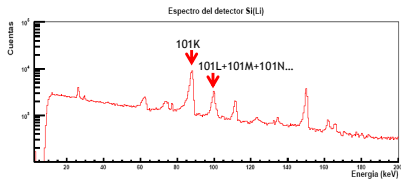
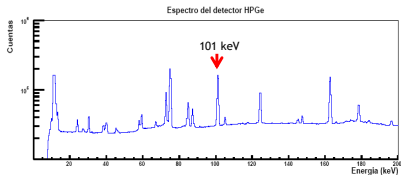
D1/D2/NT	Rango efectivo E(keV)
85/8/4B	60-200
110/8/6A	400-1100
125/8/3B	40-170

Curvas de transmisión experimentales

$$\tau_e = \frac{A_e/t_e}{I_e} = \frac{A_e/t_e}{\alpha \times I_\gamma} = \frac{A_e/t_e}{\alpha \times \frac{A_\gamma/t_\gamma}{\epsilon_\gamma}}$$



Determinación coeficientes de conversión interna (α):



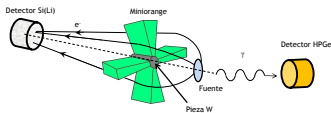
El área de los picos mostrados en la figura son corregidos por eficiencias y los tiempos muertos de cada detector.

$$I_e = \frac{A_e}{\tau_e \times t_e}$$

$$I_\gamma = \frac{A_\gamma}{\epsilon_\gamma \times t_\gamma}$$

Así obtenemos las intensidades de conversión interna (I_e) y desexcitación gamma (I_γ) respectivamente.

$$\alpha = \frac{I_e}{I_\gamma}$$



Resultados

Núcleo	Miniorange	Transición gamma (keV)	Transición de electrones	Coeficiente de conversión experimental	Valores teóricos [Kib08]					Multipolaridad asignada	Asignaciones previas
					E1	M1	E2	M2	E3		
⁷² Br	4B	38.8	38.8K	5(3)	1.202	1.479	20.48	35.11	274.9	M1+E2	M1* [Piq03] $\alpha \geq 1.4^{**}$
⁷² Se	3B	75	75K	3.3(4)	0.166	0.1894	2.048	2.614	20.6	M2	[E2] $\alpha(\text{exp}) = 2.45$
⁷² Br	3B	101.3	101.3K	1.46(8)	0.072	0.098	0.718	0.967	5.863	M2(E3)	$\alpha_{\text{K}}(\text{exp}) = 1.4 \pm 0.3$ [Grif92]
⁷² Br	4B	124.28	124.28K	0.073(14)	0.039	0.066	0.34	0.478	2.424	M1(E2)	E2* [Piq03]
⁷² Br	4B		124.28L+M+N	0.013(2)	0.00492	0.00727	0.063	0.0733	0.623		
⁷² Br	4B	147.2	147.2K	0.039(6)	0.02385	0.03678	0.1824	0.2654	1.163	M1	M1* [Piq03]
⁷² Br	4B	162.2	162.2K	0.069(14)	0.018	0.028	0.128	0.19	0.763	E2(M1)	E2* [Piq03]
⁷² Br	4B		162.2L+M+N	0.010(3)	0.00221	0.00363	0.0184	0.0276	0.1578		
⁷² Br	4B	178.5	178.5K	0.046(7)	0.01351	0.02158	0.08999	0.1377	0.5037	M1+E2	E1* [Piq03]
⁷² Br	6A	414.5+415.1	(414.5+415.1)K	0.0023(5)	0.00128	0.002649	0.004725	0.00951	0.01534	M1	
⁷² Se	6A	454.7	454.7K	0.004(1)	0.0009388	0.001924	0.003289	0.006546	0.01017	E2	
⁷² Ge	6A	834.01	834.01K	0.000021(5)	0.0001965	0.0004046	0.0004938	0.001004	0.001114	E1	E2
⁷² Se	6A	862.03	862.03K	0.00027(5)	0.0002174	0.0004634	0.0005368	0.001141	0.00119	E1/M1	E2

*Deducido a través del esquema de niveles

**Coeficiente de conversión deducido a partir del balance de intensidades.

[Kib08] T. Kibédi et al., NIM A589, 202 (2008)

[Piq03] I. Piqueras et al., Eur. Phys. J. A 16, 313 (2003)

[Grif92] A.G. Griffiths et al., PRC 46, 2228 (1992)

Perspectivas de futuro

- 1 Obtener los coeficientes de conversión finales

Perspectivas de futuro

- 1 Obtener los coeficientes de conversión finales
- 2 Determinar el espín-paridad del estado fundamental del ^{72}Br y de todos los niveles excitados posibles a través de los α 's

Perspectivas de futuro

- 1 Obtener los coeficientes de conversión finales
- 2 Determinar el espín-paridad del estado fundamental del ^{72}Br y de todos los niveles excitados posibles a través de los α 's
- 3 Obtener la distribución de B(GT) a partir de la técnica TAgS y compararla con las predicciones teóricas

Agradecimientos

Gracias por vuestra atención

Colaboración del experimento IS398

J. A. Briz¹, M. J. G. Borge¹, A. Maira¹, A. Perea¹, O. Tengblad¹, J. Agramunt², A. Algora², E. Estevez², E. Nacher², B. Rubio², L. M. Fraile³, A. Deo⁴, G. Farrelly⁴, W. Gelletly⁴ y Z. Podolyak⁴

1 Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, E-28006 Madrid, Spain;

2 Instituto de Física Corpuscular, CSIC-Uni. Valencia, E-46071 Valencia, Spain

3 Universidad Complutense, E-28040 Madrid, Spain

4 University of Surrey, Guildford, GU2 7XH, Surrey, UK