



25 años

- 00.81.13 (p. 25-32)
- 07.81.02 (p. 33-39)
- 06.81.23 (p. 41-45)
- 06.81.24 (p. 47-50)
- 00.81.14 (p. 51-55)
- 02.81.06 (p. 57-63)
- 02.81.07 (p. 67-74)

RG
061-3: 621.384.6(82)
J 769
1979

ACTAS de las Jornadas
Conmemorativas de los 25
años del Sincrociclotrón y
del Comienzo de las Obras
para el Emplazamiento del
Acelerador TANDAR

Diciembre 1979

- 00.81.15 (p. 75-85)
- 02.81.08 (p. 87-93)
- 02.81.09 (p. 95-101)

COMISION NACIONAL
DE
ENERGIA ATOMICA
DEPARTAMENTO
DE FISICA
BUENOS AIRES
ARGENTINA

02.81.09

LA ETAPA DE LAS REACCIONES (α ,xn)

Mario Alberto

Dr. M.A.J. Mariscotti

El Dr. Mariscotti es egresado de la Universidad de Buenos Aires. Se especializó en física nuclear en el Brookhaven National Laboratory. Ha sido profesor titular en la Universidad de Buenos Aires e investigador en la CNEA desde 1970. En la CNEA trabajó en reacciones $(n\gamma)$ con el reactor de Ezeiza y posteriormente en el programa de reacciones (α, xn) . Desde 1975 se desempeña como Jefe del Departamento de Física.

El programa actual de investigación en el Sincrociclotrón comenzó a mediados de 1973 al tiempo que concluían los experimentos a los cuales se refirió Jorge Testoni. A este programa se le conoce con el nombre de "Reacciones (α, xn)". Esta denominación proviene del hecho que la reacción es inducida sobre un blanco dado por un haz de partículas alfa y el resultado del proceso es la emisión de un número x de nucleones.

El nombre es característico pero no es completo y nos interesa en la primera parte de esta charla dar al menos una idea aproximada de las propiedades particulares de este tipo de reacciones que la hacían tan adecuada en 1973 (y aún hoy) para evitar lo que de otro modo hubiera sido el "requiem" final del acelerador más fructífero de Latinoamérica.

En efecto, el tipo de trabajo conducido hasta principios de la década del 70, al cual se han referido los oradores anteriores, estaba agotado ya que las características del Sincrociclotrón no permitían continuarlo de un modo competitivo. Vamos a tratar de explicar en que reside la diferencia que hacía de las reacciones " (α, xn) " una suerte de tabla de salvación para el Laboratorio.

Existen muy diversos tipos de reacciones nucleares pero se pueden distinguir dos tipos principales, así llamadas reacciones directas y reacciones compuestas. Muy crudamente podemos caracterizarlas de la siguiente manera: Las primeras tienen una probabilidad de ocurrencia mucho menor que las segundas y ésta es su desventaja principal, pero estas reacciones son selectivas y permiten, mediante la detección de las partículas cargadas que son emitidas como resultado de la reacción, estudiar ciertos estados nucleares individualmente. A este tipo de reacciones corresponde aquella a la cual se refirió Testoni, quien testificó de la lentitud con que se obtenían los datos. Por otro lado, las reacciones compuestas que poseen una probabilidad sensiblemente mayor de ocurrencia, producen tal mezcla de datos espectroscópicos que sólo con sistemas o procesos de medición selectivos y de alta resolución pueden obtenerse resultados de interés. Por esta razón estas reacciones no pudieron ser utilizadas para investigar la estructura nuclear a través de métodos espectroscópicos, hasta que no se inventaron los detectores de Ge(Li) de alta resolución. Estos detectores permiten un análisis suficientemente preciso de los complicados espectros gamma que resultan de estas reacciones y comenzaron a popularizarse justamente a fines de la década del 60.

Por entonces junto con Bill Gelletly en Brookhaven se nos ocurrió utilizar el ciclotrón de ese laboratorio para llevar a cabo este tipo de reacciones. La novedad consistía en medir rayos gamma producidos simultáneamente con la reacción, a diferencia de aquellos que provienen de las sustancias radioactivas generadas en reacciones nucleares pero que en virtud de la vida media de dichas sustancias pueden ser medidos lejos del haz de proyectiles.

Los trabajos de los radioquímicos relatados tan vivamente por Baró esta mañana, están relacionados a esta segunda clase de rayos gamma. Nuestra iniciativa en Brookhaven tuvo el mérito de ser trabajo pionero en ese laboratorio donde hasta el momento el ciclotrón había sido exclusivamente utilizado por los radioquímicos, pero estaba ya siendo desarrollado en otros laboratorios. Por entonces Pedro Thieberger justamente volvía de un sabático en Estocolmo donde había estado participando de un programa así. Con Bill decidimos invitar a Pedro para trabajar juntos. Luego también Andy Sunyar se entusiasmó. Obtuvimos una buena cantidad de datos diversos e interesantes, y aprendí mucho. Al chocar una partícula α de mucha energía con un núcleo blanco esta puede ser capturada formando un núcleo compuesto. En este caso el núcleo compuesto queda animado de una velocidad angular cuyo vector se concentra alrededor de un plano perpendicular a la dirección del haz. De esta manera los núcleos quedan alineados lo que permite medir con relativa facilidad distribuciones angulares y momentos magnéticos. Por otra parte el núcleo compuesto que se forma posee un alto momento angular de modo que la reacción es particularmente selectiva y permite estudiar los interesantes modos rotacionales nucleares, uno de los temas más importantes de las últimas tres décadas en la investigación nuclear. Estos antecedentes dieron lugar a la propuesta de desarrollar un programa sobre este tema con el Sincrociclotrón de Buenos Aires a fines de 1970.

Las limitaciones del Sincrociclotrón, la baja intensidad de corriente, la falta de precisión de la energía del haz y la imposibilidad de variarla, eran o poco importante o superables. Podíamos intentar trabajar con poca intensidad merced a la alta sección eficaz de estas reacciones que ya hemos mencionado. La falta de precisión de la energía del haz no era importante puesto que el poder resolutor de las experiencias iba a depender de la bondad de los detectores de Ge(Li). Por último la variación de la energía podía lograrse con un degradador como ya había sido hecho unos años antes.

En Junio o Julio de 1972 se realizan los primeros intentos de extraer un haz de partículas α después de muchos años de acelerar sólo deuterones, obteniendo Ceballos y Testoni éxito en Marzo del año siguiente. La primera irradiación la hacemos sobre un blanco de oro el 10 de Abril con C.Pomar y A.Kreiner. Alcanzamos una débil corriente de 0.2 nanoamp pero aún así salen los primeros espectros gamma, y los mismos son muy alentadores. Inmediatamente empezamos a probar todos los blancos que había disponible, tales como Zn, Cr, Fe, Zr y el ya mencionado Au.

En Mayo Pomar comenzó su trabajo de sistemática sobre los blancos de Zn aprovechando que teníamos los isótopos con $A=64, 66, 67$ y 68 , trabajo que finalmente se convirtió en su tesis doctoral. Mientras tanto Kreiner iniciaba su trabajo de Seminario (tesis de Licenciatura) con el diseño y construcción de un degradador de energía sobre la base del hecho que el haz disminuye su energía al atravesar un dado espesor de Al. Esta sencilla pero fundamental adición a nuestro equipamiento experimental en uso aún hoy, permitió variar

la energía inicial de 55 MeV de partículas α que salen del Sinrociclotrón en pasos de 5 MeV. El valor mínimo de 30 MeV lo fijamos en función del decremento de intensidad que ocurre cuando el haz es obligado a atravesar láminas de mayor espesor. A 30 MeV el haz apenas alcanza la pequeña intensidad de aproximadamente 0.02 nAmp! Este aparato es importante para realizar estas investigaciones de las reacciones (α, xn) pues al variar la energía del proyectil cambia el número x de nucleones emitidos y por lo tanto dentro de un cierto rango uno puede seleccionar el núcleo final. Esto es algo así como hacer alquimia moderna, transformando un elemento (el blanco) en otro (el núcleo residual) que se elige con ayuda del degradador.

Nuestro libro de bitácora de aquella época indica que en Agosto Kreiner comienza a obtener espectros del ^{198}Tl proveniente de la reacción $^{197}\text{Au}(\alpha, 3n)$. Nos sorprende favorablemente encontrar información nueva en estos espectros. Este fue el comienzo del trabajo de Tesis Doctoral de Kreiner que luego completó exitosamente en Alemania. Mientras tanto Pomar realiza los primeros esfuerzos para lograr medir coincidencias gamma-gamma, uno de los problemas más difíciles, debido a la baja intensidad del haz y al desfavorable "duty-cycle" del Sinrociclotrón.

Nuestro plan era ir dotando al laboratorio de aparatos e instrumentos que ampliaran el campo de las cosas que podíamos medir. E.Santi contribuyó eficazmente en este sentido con su trabajo de Seminario que consistió en el diseño y construcción de un interruptor mecánico del haz, de frecuencia variable entre unos pocos milisegundos y algunos segundos. Con este aparato pudimos investigar el fenómeno de fosforescencia nuclear o la existencia de isómeros. Un resultado de particular importancia que fue posible obtener con ayuda de este instrumento, fue el descubrimiento en 1979 de un isómero de 1.3 seg en ^{76}Br .

En el diseño y construcción de estos sencillos pero muy útiles aparatos colaboraron los equipos de ingeniería mecánica y electrónica conducidos por N.Fazzini y J.Sinderman.

En pocos meses el programa había adquirido impulso propio y resultaba atractivo para otros físicos nucleares argentinos asociados con otros proyectos de futuro incierto. Hay que recordar que estamos haciendo esto en el período 1973-74, dominado por un ambiente muy poco propicio para realizar investigación, especialmente básica. Así en Julio de 1974 se integran al grupo A.M.Hernandez y A.Filevich que comienzan a trabajar en blancos de Cr y Fe. Uno de los propósitos entonces fue investigar si bajo ciertas condiciones es posible detectar rayos gamma primarios de alta energía similares a los observados en reacciones (n, γ) . Este tema, que por los acontecimientos políticos posteriores, debió interrumpirse, es aún hoy día de interés. Poco después, en Setiembre, se incorporan M.Behar y G.García Bermúdez quienes comienzan a estudiar los resultados de bombardear blancos de Ge.

Mientras tanto Pomar y Kreiner continúan con sus investigaciones de las reacciones sobre los isótopos del Zn y del Au y realizan las primeras experiencias de acumulación simultánea de espectros "prompt" y retardados. Los primeros contienen esencialmente la totalidad de la información correspondiente a la reacción producida, mientras que los

segundos sólo contienen aquellos datos asociados a isómeros de vida media mayor que unas pocas decenas de microsegundos, de manera que estos resultan fácilmente discernibles. Está claro que para entonces era necesario contar con un sistema de análisis de espectros más preciso y aprovechamos que R.Pecyner, quien no sólo era estudiante de física sino también de computación, estuvo interesado en realizar su trabajo de Seminario para pedirle que se ocupara de este problema. Combinando adecuadamente el uso del lápiz de luz del multicanal del Sincrociclotrón con la capacidad que brindaba la computadora HP 2116 del grupo IALE, Pecyner supo confeccionar un programa de computación y construir una interfase entre ambos equipos que permitió mejorar substancialmente la precisión del ajuste de espectros.

Carlos Kohan fue el próximo seminarista y se dedicó a poner a punto el sistema para medir vidas medias en el rango de las decenas de los nanosegundos aprovechando el pulsado natural del haz del Sincrociclotrón. Gracias a su esfuerzo muy poco después descubrimos un nuevo isómero de 17 nseg en ^{72}As .

Otro desarrollo fue el que realizó Pomar con la ayuda del grupo de electrónica para mejorar la eficiencia de tomar datos de coincidencias gamma-gamma. A este aparato lo conocemos hoy día por el nombre de Pomarmatic, por razones obvias. Algún tiempo después P.Thieberger nos visitó y sugirió una manera de digitalizar el Pomarmatic lo que dió origen a un nuevo instrumento que naturalmente se llamó Thiebermatic. Estos desarrollos tenían lugar al tiempo que la Universidad sufría una nueva crisis y varios miembros del grupo quedaron sin empleo, incluyendo al que habla, que entonces era profesor de la Facultad de Ciencias Exactas, y se ausentó al exterior por algunos meses. Pero el programa si bien no pudo permanecer ajeno a estos acontecimientos, no se interrumpió y en cierto modo paradójicamente se robusteció. Behar, García Bermúdez y Filevich lograron las primeras mediciones de coincidencia gamma-gamma que condujeron a resultados publicables. El primer manuscrito enviado a Nuclear Physics se refería a un nuevo esquema de niveles de alto momento angular del ^{72}As . Pronto le siguió otro sobre ^{73}Se y luego otros sobre ^{74}As , ^{70}As , ^{76}Br , ^{80}Rb y ^{82}Rb , este último con la colaboración de Szybiz. Más recientemente la zona de estudio fue extendida a los isótopos del Y (con Jorge y Miguel Davidson), del Rh y del Tc. A su vuelta de Alemania Kreiner desarrolló un sistema de detección de electrones de conversión "en línea" con la colaboración de C. Pomar, M.Debray y J.M.Riso.

En Setiembre de 1975 se incorporó E.Ventura con quien obtuvimos los primeros datos sobre estados de alto spin en ^{49}Ti . En paralelo Behar quien a la sazón se había trasladado a Porto Alegre impulsó un programa de colaboración que condujo a la instalación de un imán sobre una de las salidas del Sincrociclotrón que abrió la posibilidad de medir momentos magnéticos. En paralelo y junto con C.Alonso Arias, García Bermúdez y Filevich inició un proyecto de estudio de daños por irradiación en germanio. Otro fructífero plan de investigación fue llevado a cabo a partir de 1976 en colaboración con el grupo de Brookhaven especialmente con P.Thieberger,

E. der Mateosian y C. Baktash el cual arrojó resultados de mucho interés experimental y teórico. Finalmente una colaboración con Sao Paulo permitió iniciar un importante estudio sobre el ^{78}Rb .

Cuando empezamos este programa era claro para nosotros que íbamos a tener que competir en situación de desigualdad, porque a pesar de que dije que este tipo de reacción era más adecuada que otras para sacar frutos del sincrociclotrón, no hay duda que éste era ya obsoleto y que en el mundo había muchos laboratorios mejor equipados que nosotros para hacer estas mediciones. Por esta razón buscamos dedicarnos a un tipo de problemas que no fuera muy popular en ese momento y así decidimos estudiar núcleos con un número impar de neutrones y protones. La ausencia de modelos específicos generales para este tipo de núcleos hacía que estos no hubieran sido muy estudiados, especialmente en lo que se refiere a las estructuras rotacionales de núcleos débilmente deformados y livianos. En particular, para los núcleos livianos la reacción " (α, xn) " da lugar en realidad a la emisión de protones y partículas α además de neutrones que son las partículas comúnmente evaporadas en las reacciones sobre núcleos pesados. La emisión de diversos tipos de partículas dificulta la identificación del núcleo residual. Hacia este problema estuvo dirigido el trabajo de Pomar. Como resultado, logramos adquirir una sistemática de las secciones eficaces relativas de estas diversas posibilidades en la región de los isótopos del Zn, Ga y Ge que fue posible describir con un modelo fenomenológico. La idea fue avanzar paso a paso, en forma regular y sistemática con el objeto de explorar rasgos comunes, y comportamientos regulares en estos núcleos para los cuales la teoría no aportaba una guía clara. Este plan tuvo afortunadamente éxito. Nuestro laboratorio pudo competir así con otros grupos, especialmente en Alemania y mantener una delantera en este tema.

Beneficioso fue también la continuación del trabajo sobre ^{198}Tl por parte de Kreiner. Este estudio lo condujo a desarrollar un formalismo sumamente eficaz para describir las rotaciones de los isótopos impar-impar de los Tl's y dicho formalismo pudo ser luego aplicado a los isótopos del Br y Rb. Ahora con una guía teórica empezó a ser posible realizar predicciones que estimularon nuevas mediciones y que al resultar acertadas motivaron otros trabajos lográndose así un constructivo contrapunto de resultados teóricos y experimentales sucesivos. Un buen ejemplo es el descubrimiento del isómero de 1.3 seg del ^{76}Br ya mencionado o la acertada predicción de un inédito fenómeno de cambio de fase en la secuencia irregular de los espaciamientos energéticos en las bandas cuasirotacionales observadas en estos núcleos.

En razón de esta actividad no es sorprendente comprobar que a pesar de la creciente obsolescencia del Sincrociclotrón las horas de irradiación por año han ido continuamente en aumento a lo largo de esta década y cabe en este sentido, destacar el entusiasmo y el ferviente trabajo del idóneo grupo de técnicos del Sincrociclotrón quienes a través de arreglos y modificaciones sucesivas hicieron que el acelerador no se detuviera.

