



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

02.81.08

LA ETAPA DE REACCIONES CON PARTICULAS CARGADAS

Jorge Eduardo

Dr. J. Testoni

El Dr. Testoni es egresado del Instituto de Física de Bariloche en 1960. Desde 1961 hasta 1974 trabajó en el laboratorio del Sincrociclotrón con una interrupción de dos años de especialización en el Laboratorio de Saclay, Francia. En el Sincrociclotrón se dedicó al estudio de reacciones nucleares con partículas cargadas inducidas por deuterones y obtuvo los primeros parámetros del modelo óptico para este tipo de proyectil.

Fue uno de los principales investigadores en el estudio de las reacciones ($\alpha, {}^6\text{Li}$), un valioso esfuerzo experimental de singular contenido físico que se llevó a cabo en los años 70-71. En años recientes el Dr. Testoni se dedicó a cálculos neutrónicos aplicados al diseño y análisis de reactores nucleares.

Viendo un poco en perspectiva la historia del Sincrociclotrón tal vez podría decirse que el período de dicha historia durante el cual estuve vinculado al ciclotrón fue el período en el que se realizaron experimentos con partículas cargadas. Es decir, aquel en que se analizaban las características de las partículas cargadas a las que daban lugar reacciones nucleares inducidas por el haz de deuterones de 27 MeV.

Disponíamos de un haz externo de deuterones extraído de la manera que explicó Sametband, un cierto número de blancos (algunos algo primitivos, como por ejemplo el blanco de oxígeno, que consistía en una bolsita de plástico que se inflaba con un tubo de oxígeno), una cámara de reacción con agujeritos cada 5° sobre la pared lateral en la que se colocaban a mano, ángulo por ángulo, una foto multiplicadora con cristal de INa. Disponíamos además de penosos y enormes espectrómetros unicanal con los que se barría el espectro con un Helipot punto a punto. Esta operación debía realizarse muchas veces y con muchos cuidados porque los picos "bailaban", se enflaquecían y engordaban y jamás se los encontraba en el mismo lugar. La resolución de cerca de 1 MeV no permitía separar más que el pico elástico, eventualmente el primer excitado en núcleos bastante mágicos.

El problema era qué medir. Lo ideal, y lo que probablemente supongan como situación real personas legas en la materia, era que sesudos físicos teóricos o sabios físicos experimentales propusieran experimentos particulares y bien determinados para probar tal teoría sobre la naturaleza de tal fuerza.

La realidad era bastante distinta. La situación que mencioné como real se daba en cierta medida, pero de manera general y global. En definitiva el experimento particular era impuesto por situaciones concretas que imponían grandes limitaciones.

Existía una resolución del haz de 250 keV, blancos imperfectos y no fáciles de conseguir, resoluciones en energía de los detectores que sólo permitían, como dije anteriormente, separar niveles distantes en más de 1 MeV y muchas otras desgracias que limitaban las posibilidades reales.

Así fue como hubo que depender de "beneficios de la naturaleza", en general escasos. Así, por ejemplo, las altas secciones eficaces permitieron mediciones de secciones eficaces elásticas. Los altos Q positivos permitieron medir reacciones de stripping (d,p) y reacciones (d, α). Estos Q positivos empujaban los picos (o "grupos" de protones y alfas, como decía Santos Mayo) bien adelante en el espectro y así era posible su identificación.

Sin embargo, creo que en ese momento, sin tener nosotros mucha conciencia, hicimos una buena contribución a los datos nucleares, principalmente aportando secciones eficaces diferenciales de dispersión elástica medidas a energías que estaban en el límite superior de las energías llamadas bajas o intermedias, logradas principalmente con aceleradores Van der Graaf o Tandem, "abuelos" del Tandem.

Fue una lástima, y tal vez una oportunidad perdida, el no haber encarado las mediciones de dispersión elástica en forma más sistemática y exhaustiva, aportando en esa energía, poco explorada, secciones eficaces y potenciales ópticos abarcando en la mayor medida posible la tabla periódica. Para esto, tal vez hubiera sido necesario una introducción precoz de los detectores de estado sólido.

Este punto puede contener una enseñanza a tener en cuenta en los planes para el Tandar. Si yo tuviera que ver en la cuestión aconsejaría ocupar la máquina, parte del tiempo en la realización de experimentos particulares como sería, por ejemplo, tratar de verificar la existencia del diprotón, el experimento realizado por Slobodrian y Bilaniuk. Pero además trataría de llevar adelante planes de producción masiva y sistemática de datos, un poco al estilo industrial. Se realizaría así un aporte seguramente apreciado por la crítica mundial y seguramente se daría una base para muchos trabajos de interpretación y sistemática, además de dar origen a ideas a concretar como experimentos particulares. Para poder realizar este tipo de actividad, además de disponer de buena instrumentación, es importante algo que puede parecer un detalle, algo demasiado incidental, pero me parece muy importante, como acabo de afirmar. Se trata de la implementación de un buen laboratorio de blancos con personal especializado en la cuestión.

Dejando los consejos y volviendo a la reseña histórica. En esa primera etapa del período al que me estoy refiriendo, Mayo, Merlo Flores, Erramuspe, Shimerling, Slobodrian, Rossemblat y yo hicimos mediciones de dispersión elástica e inelástica de deuterones, de reacciones de stripping (d,p), y de reacciones (d, α); también mediciones de sección eficaz total sobre blancos de isótopos del O, Ni, Pb, Au, Be, Al y F entre los que recuerdo. Creo que alguien se tomó el trabajo de rescatar las publicaciones correspondientes y pincharlas en una especie de transparente o panel. Allí se pueden ver los detalles.

En todo este período de trabajo tecnológico primero y luego de afán por producir resultados, tal vez se dió un cierto descuido, no sé si es la palabra adecuada, del trabajo de interpretación de los resultados experimentales. En ese momento se hizo notar esta deficiencia como una inquietud que tuvo respuesta en dos hechos. Primero en la ayuda que nos prestó por correspondencia el Prof. Hodgson de Oxford. Un día después de muchos titubeos le escribí una carta, y esto fue un acierto, porque el Prof. Hodgson, una verdadera autoridad en la materia, se ofreció muy gentilmente a realizar cálculos de modelo óptico y ondas distorsionadas en base a nuestros datos en la Mercuri Ferranti de Oxford. Iban y venían datos y distribuciones angulares calculadas y parámetros ópticos. Una consecuencia de esto fue el inicio, de lo que después fue una avalancha; la introducción de los cálculos con computadora que suplantaron a los hechos con las Marchant. Este inicio fue marcado por el envío, por parte de Hodgson de la cinta de papel con su programa de modelo óptico en autocode, programa que pudimos pasar cuando se instaló 'la Clementina' en la Facultad. No me extrañaría que el rollito esté en un recoveco en los estantes de Olga.

Otro hecho fue la visita de Luis Carlos Gomez con el que pude realizar un trabajo teórico, vinculado a los experimentos en los que había participado, sobre el modelo óptico para deuterones en aproximación adiabática, trabajo que personalmente me sirvió para complementar el trabajo experimental y presentar ambas cosas como tesis.

Mientras estuve ausente del país se comenzó a estudiar el problema de un reequipamiento, hecho que se produjo previendo que se entraba en un período en el que ya al ciclotrón le costaría competir. Así se

habló de modificar el Sincrociclotrón y de instalar un Ciclotrón Isócrono. En ese momento se comenzó a ver claramente la limitación de la capacidad del laboratorio para proseguir la realización de experimentos con partículas cargadas. Por ejemplo, las reacciones de stripping estaban muy trabajadas en laboratorios en los que se podía medir con resoluciones mucho mejores. Se pensó en reacciones de pick-up ($d, {}^3\text{He}$) y (d, t) pero no prosperaron. Y así fue como comenzamos a revisar la posibilidad de realizar reacciones prohibidas para laboratorios con menores energías incidentes y, por lo tanto, salientes. Por ejemplo prohibidas por la repulsión coulombiana.

Surgió la idea de intentar "ver ${}^6\text{Li}$ ". Comenzamos con bastante escepticismo pero finalmente tuvimos éxito. Éxito que resultó gracias a la convergencia de varios factores entre ellos: la disponibilidad en esos momentos del equipamiento necesario; detectores de Si bastante delgados, un identificador de partículas tipo Golding y un espectrómetro Tridac utilizable en bidimensional. Este hecho muestra la importancia de disponer de una batería razonable de equipos aún cuando no sean adquiridos con un fin específico predeterminado. Por otra parte había que encontrar núcleos blanco de Z no muy altos, en razón de la barrera coulombiana y que condujeran a núcleos finales con niveles bien separados y de naturaleza conocida. Los blancos debían ser suficientemente delgados para no estropear demasiado la resolución en energía, pero no tanto, en vista de posibles secciones eficaces muy bajas.

El interés físico de la reacción ($d, {}^6\text{Li}$) residía en mostrar la existencia o abundancia de clusters alfa "bien redonditos" "volando" sobre la superficie nuclear. Por otra parte el interés residía en la posibilidad de realizar cálculos al respecto. Y esto era posible. Disponíamos en ese momento de experiencia en cálculos con ondas distorsionadas y los teóricos, que para ese entonces se habían aquerenciado a la sombra del ciclotrón conocían el álgebra para calcular factores de estructura a partir de hipótesis modelísticas.

Núcleos blancos con las características mencionadas podían ser tres isótopos del Zn, el 64, el 66 y el 68 que conducían a estados 0^+ y 2^+ del Ni que son niveles bien separados y de naturaleza conocida. Se utilizaron blancos de alrededor de mg/cm^2 , enriquecidos a casi el 100%.

Las técnicas experimentales utilizadas fueron las siguientes: se probaron dos métodos de detección e identificación de partículas. Uno implicaba el uso de un identificador basado en el conocido hecho de que el producto de la energía diferencial depositado por un ión en un detector delgado multiplicado por la energía total del ión no depende de dicha energía en primera aproximación y es en cambio proporcional a Mz^2 , es decir, por ejemplo, a 16 para una partícula alfa cualquiera sea su energía y a 54 para un ${}^6\text{Li}$ también cualquiera sea su energía.

Este método de identificación se utilizó al comienzo pero luego se adoptó otro, más directo y sencillo, que consistía en hacer un espectro bidimensional $E - \Delta E$.

Se hicieron las primeras pruebas y hete aquí que aparecieron perfectamente identificables el estado fundamental 0^+ y el primer excitado 2^+ del Ni. Surgió de inmediato una dificultad, en cierta manera superable y hasta divertida, pero al mismo tiempo terrible, obteníamos alrededor de una cuenta por hora. Esto nos obligó, por un lado, a utilizar simultáneamente dos telescopios de detectores sobre ángulos polares

simétricos a fin de verificar consistencia y, por supuesto, a fin de engrosar una mayor estadística. Y por otro lado a interrumpir y registrar periódicamente el conteo para evitar que un accidente nos hiciera perder días de irradiación.

Cada punto llevaba varios días de acumulación y allí nos turnábamos, Erramuspe hasta que se fue a Bariloche, Sametband de mañana y Ceballos, Ferrero y yo en turnos rotativos. Hasta hace poco y después de casi 8 años estaba en "el trópico" la pizarra verde con los últimos turnos.

Las mediciones se limitaron en la región delantera a ángulos mayores de 20° y se llegaba hasta alrededor de 70° en centro de masas. En el primer caso nos limitaba la inestabilidad del haz que debía reducirse en lo posible a menos de 1nA para evitar apilamientos y en la zona trasera nos limitaba simplemente el bajísimo conteo. De todas maneras la naturaleza era dura pero al mismo tiempo magnánima, necesitábamos varios días de irradiación para lograr una estadística aceptable, pero podíamos distinguir bien los picos; pudimos barrer un rango angular limitado pero en él entraban dos picos y valles bien pronunciados de la distribución angular. Picos y valles que son el particular lenguaje que utilizan los núcleos para enviar información sobre el "clima y la "topografía" de su superficie. Lamentablemente no se podía detectar el pico delantero determinante en materia de caracterización del mecanismo de reacción directa.

Forma de las distribuciones angulares y magnitud de las secciones eficaces. Las primeras dieron trabajo a los expertos en modelo óptico y ondas distorsionadas. La segunda a los modelistas y algebristas. Se determinaron por un lado parámetros ópticos para los canales de entrada y de salida y además se calculó el factor de forma del cluster transferido considerado como una partícula puntual. Los estados iniciales y finales se describieron en cuanto a protones mediante una distribución en las capas $2p_{3/2}$, $1f_{5/2}$ y $2p_{1/2}$, en proporción no sé si calculadas por Perazzo o copiadas de mediciones de stripping o pick-up. Los neutrones fuera de la capa mágica y los de la propia $1f_{7/2}$ se supusieron distribuidos en 7 capas a la moda Bes. Los estados excitados se consideraron producto de una fuerza de apareamiento de corto alcance y otra cuadrupolar de largo alcance. Con este bagaje y otras yerbas se calcularon factores de estructura que se agregaron al análisis con ondas distorsionadas. Salvo un factor global de normalización que mide la intensidad de la fuerza se obtuvieron muy buenos acuerdos entre cálculo y experimento. Los resultados preliminares fueron objeto de una letter a Physical Review y el trabajo final se publicó en Nuclear Physics.

Se había logrado realizar un trabajo experimental bastante sofisticado y se habían analizado los resultados con métodos teóricos también bastante sofisticados.

Sin embargo, en mi opinión al menos, y esta puede ser discutible, el esfuerzo y el tiempo invertido no se justificaban en un sistema de observación digamos universal y aséptico. Sí, creo se justificaba como testimonio de capacidad para hacer cosas aún en condiciones muy adversas. No era fácil encontrar experimentos análogos y de encontrarlos, su intento, significaban años de ejecución. El laboratorio se había asomado a los iones pesados pero para proseguir de una manera razonable

se debían esperar tiempos que tal vez ahora esten más o menos cercanos. Se debía esperar un equipo nuevo y sincronizado más bien con el "tiempo histórico" que con el "tiempo relativista" como era propio del Sincrociclotrón.

Mientras tanto, habían aparecido y se habían generalizado los detectores de germanio con resoluciones para la detección de rayos gamma, órdenes de magnitud mejores que las propias de los experimentos con partículas cargadas, comenzaban a ponerse de moda los momentos angulares altísimos.

Para producirlos venía muy bien un haz de partículas alfa de alrededor de 54 MeV y ese haz existía potencialmente en el Sincrociclotrón. Sametband se refirió a su extracción.

Se abría una línea de trabajo en la que la resolución del haz no era tan importante ya que sólo se usaba para producir isótopos altamente excitados. Los detectores gamma de alta resolución analizarían detalladamente los espectros de desexcitación. Se volvía así a la vieja espectroscopía sólo que antes se irradiaba en el haz interno y luego en otro laboratorio se medían las desexcitaciones por minutos, horas o días. Ahora se irradiaría con el haz externo y se mediría "on line" durante nano, micro o milisegundos.

Sobre esta etapa de la vida del Sincrociclotrón pasa a hablar Mario Mariscotti.

