

02.57.02

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1957

NO SE PRESIA

REPUBLICA ARGENTINA

PUBLICACIONES

DE LA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Serie de Publicaciones Internas

Nº 15

CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE ESTRUCTURA NUCLEAR

SETIEMBRE 9 - 13 DE 1957. ISRAEL

Por Daniel Bès

BUENOS AIRES

1957

CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE ESTRUCTURA NUCLEAR

SEPTIEMBRE 9 - 13 DE 1957. ISRAEL

por DANIEL BES

Comenzó Eden la sesión sobre "Evidencia del Modelo de Capas en Nucleos" haciendo un resumen del método de Brueckner et al para estudiar un sistema de muchas partículas que interactúan vía fuerzas entre dos de ellas. Mostró cómo el formalismo puede ser usado para calcular propiedades de estados nucleares de baja energía, en forma directa en el caso de capas cerradas, (una vez satisfechas condiciones de autoconsistencia en el potencial en que se mueven las partículas). En el caso de algunas partículas fuera de capas cerradas las cosas se complican debido a problemas de degeneración. La matriz del hamiltoniano entre estados degenerados debe ser diagonalizada primero y luego debe ser aplicado el método de Brueckner al conjunto total de estados del modelo, menos aquellos entre los que se ha efectuado la diagonalización.

Como consecuencia, 1) se justifica los procedimientos usados hasta ahora, especialmente por la escuela inglesa (Price, Flowers, Elliot, etc) para calcular niveles de energía en núcleos formados por pocos nucleones fuera de capas cerradas; 2) el cálculo del potencial efectivo entre nucleones depende de los estados excluidos. Flowers atribuyó a este hecho cierta variación de los parámetros de las interacciones entre partículas, en distintos casos calculados a lo largo de la tabla periódica.

Brueckner dió a continuación detalles de sus cálculos.

Talmi mostró algunos casos en los que se llega a un buen acuerdo entre los valores experimentales y teóricos, cuando se calcula energías de núcleos livianos suponiendo: 1) una fuerza entre dos nucleones tipo fuerza entre dos cuerpos sin ninguna otra restricción sobre su forma; 2) acoplamiento jj ; 3) las funciones radiales no cambian yendo de un núcleo a otro.

La conferencia de Kurath versó sobre los cálculos hechos con acoplamiento intermedio.

En la sesión de la tarde Mottelson habló sobre evidencias de efectos colectivos en núcleos: Dividió la exposición en dos partes: 1) Estudió las conclusiones a que podía llegarse partiendo de un punto de vista

fenomenológico, es decir, de un núcleo deformado y ciertas relaciones generales de simetría. Mostró la evidencia experimental sobre existencia de estados rotacionales y vibracionales, momentos cuadrupolares, momentos de inercia, etc. Estos pueden ser calculados con la fórmula del "cranking model" debida a Inglis, que se estima rigurosa, con el inconveniente de que no se conocen las autofunciones correctas. Las del modelo de partícula independiente conducen a un valor del momento de inercia correspondiente al de un sólido rígido; se atribuye a interacciones residuales la diferencia entre el valor del momento de inercia correspondiente a un cuerpo rígido y el valor actual, el "gap" entre la energía del estado fundamental y el primer estado excitado de partículas individuales de los núcleos par par, etc.

2) En la descripción de estados colectivos a partir de las coordenadas de nucleones individuales se han hecho progresos reales en el último año. Esencialmente existen hasta ahora tres métodos. El primero de ellos es el de introducir coordenadas colectivas más ciertas condiciones que deben satisfacer las autofunciones con el objeto de que el número de variables se mantenga constante. Se minimiza el término lineal en las coordenadas colectivas y de partículas independientes con el objeto de lograr separación de coordenadas. El coeficiente del término correspondiente a la energía cinética en las coordenadas colectivas equivale al momento de inercia. La comunicación de Peierls versó sobre uno de los métodos por los cuales se puede realizar el procedimiento anterior; ninguno de estos métodos está completamente libre de objeciones.

Otro camino, debido a Elliot con sugerencias importantes de Bohr y Mottelson, consiste en resolver el problema del núcleo rigurosamente, sin introducir coordenadas extras. En la sesión de la noche Flowers se refirió a estos resultados que contaré después.

El tercer método posible, consiste en la aplicación de procedimiento similar al usado por Bardeen y su escuela para resolver el problema de superconductibilidad. Consiste esencialmente en agrupar los fermiones por pares y usar sólo la parte de la interacción que destruye un par y crea otro. La energía es minimizada respecto de la función de onda de prueba y un "gap" entre la energía de este estado y la de aquellos con uno o más fermiones excitados, con el cual pueden explicarse las propiedades superconductoras. En el caso nuclear en los par par también existe ese "gap" y especialmente en los núcleos deformados, hay una forma natural de agrupar las partículas de a pares (+K, -K). El método sin embargo no es aplicable directamente.

El lunes estuvimos desde las 9.15 hs. hasta las 24 hs. oyendo conferencias.

En la sesión de la noche Facah habló sobre el concepto de "Seniority" y Flowers sobre los cálculos de Elliot. Tuvieron origen en el hecho de que Elliot y Flowers calcularon a partir del modelo de capas los niveles de F^{19} ; luego Paul mostró cómo los niveles pueden ser obtenidos fácilmente a partir del modelo colectivo: los dos modelos estaban más de acuerdo entre sí que cada uno de ellos con el verdadero F^{19} . Se propusieron entonces usar un modelo muy simplificado para estudiar la transición entre el modelo de capas y el modelo colectivo. Tomaron como potencial central el de un oscilador armónico. Este modelo además de la degeneración debida a rotaciones tiene una extra degeneración (por ej. en la capa $N=2$, el estado s y d son degenerados). Para clasificar los estados usó Elliot las propiedades de transformación respecto del grupo U_3 , generalización del grupo de rotación, y que transforma entre sí los estados degenerados del oscilador armónico.

Examinando la superposición de las autofunciones F^{19} y otros casos, obtenidas a partir de una larga y dificultosa diagonalización con fuerzas "reales" entre nucleones y las obtenidas al clasificar los estados del oscilador armónico por sus propiedades de transformación respecto del grupo U_3 se encontraron con el increíble resultado que la superposición en muchos casos era superior al 95% y en todos los casos mayor que el 90%. Cualquiera que sea el significado físico de este hecho, es un resultado utilísimo para cálculos a partir del modelo de capas. Si se trata de buscar un significado físico, es necesario buscar las interacciones invariantes respecto del grupo U_3 , que serían la parte principal de la fuerza residual entre nucleones. La única interacción encontrada por Elliot que satisface dicha invariancia es

$$V = \sum_{i \neq j} V_{ij} = \sum_{i \neq j} r_i^2 r_j^2 \cos 2(\psi_i - \psi_j)$$

que origina un espectro del tipo $I(I+1)$ pero que está muy lejos de tener alguna semejanza con las fuerzas reales de corto alcance que existen entre los nucleones. Flowers no cree en que estas fuerzas tengan un sentido físico. Mottelson, por el contrario, es de la idea de que una vez separada la parte central del potencial, la parte residual más importante cuando hay muchos nucleones, son las fuerzas cuadrupolares (pues éstas actúan cooperativamente). La dependencia radial no es más absurda que la usada en el potencial central del oscilador armónico.

En la sesión dedicada a coeficientes de conversión Rose tomó el lugar de Sliv para hablar sobre efectos de volumen finito del núcleo (los rusos resolvieron no concurrir).

La esencia del optimismo se refleja en las palabras iniciales de Rose:

"Antes estábamos contentos porque conseguíamos información sobre el β sin poner nada en cambio; hoy estamos más contentos porque tenemos un método de obtener más información sobre estados del núcleo" (Como es sabido Rose calculó coeficientes de conversión con la hipótesis de que el núcleo es una carga puntual; Sliv demostró que, suponiendo un radio finito y una distribución superficial de cargas y corrientes, se obtienen correcciones importantes para valores de Z altos. Church, y Weneser estudiaron la influencia de la estructura nuclear en la distribución de cargas y corrientes). Después de una excelente descripción hecha por Wapstra sobre métodos para medir coeficientes de conversión, distintos autores mostraron evidencias experimentales sobre desviaciones respecto de los valores calculados por Rose y por Sliv. La desviación más grande se encuentra en transiciones $E1$ de núcleos pesados, prohibidas en las reglas de selección asintóticas para núcleos deformados, en las cuales la discrepancia entre el coeficiente de conversión calculado y el real es un factor 20. En otras transiciones el efecto es mucho menor. Reiner analizó los efectos en la distribución de cargas y corrientes del modelo colectivo para transiciones $M1$.

Konopinski comenzó la sesión sobre desintegración β y no conservación de la paridad. El Hamiltoniano "clásico" para la desintegración β es una combinación lineal de cinco interacciones, S, T, V, A, P. Las interacciones S y V son las llamadas tipo "Fermi" (F). Las desintegraciones permitidas S y V requieren no haya cambio de spin en la transición nuclear; las transiciones T y A son del tipo Gamow Teller (GT). El spin puede cambiar en 1 ó 0, pero transiciones permitidas cero-cero no son posibles. La condición de invariancia respecto de la inversión-temporal exige que las cinco constantes sean reales. Las experiencias "clásicas" de desintegración β , a las que exclusivamente se refirió Konopinski, determinaban esas cinco constantes. Por experiencias clásicas se entienden a aquellas por las cuales no se puede verificar violación en paridad, inversión temporal o conjunción de carga (ft, forma del espectro β , correlación angular electrón neutrino, correlación angular electrón γ , doble desintegración β).

El Hamiltoniano más general contiene otros cinco términos que cambian de signo con inversión de coordenadas. Además si no hay invariancia respecto de inversión temporal los coeficientes pueden ser complejos. Si no hay conservación de leptones, es decir que ambos neutrinos y antineutrinos pueden ser emitidos, el número de términos se duplica nuevamente, llegándose así a un total de 40 constantes reales a determinar.

La importancia principal de estos nuevos términos en la interpretación

de las experiencias clásicas, reside en que la ausencia de términos de interferencia de Fuerza no permite eliminar algunas interacciones, si no sólo establecer relaciones de fase entre las constantes.

Las experiencias de correlación angular electrón-neutrino permiten en principio definir si la interacción de Gamow Teller es tensorial o pseudo-vectorial, y si la de Fermi es escalar o vectorial. La experiencia con He^6 (β^-) (GT) indica que el acoplamiento tensorial domina al vector axial. Las experiencias con neutrón (β^-) y Ne^{19} (β^+) (ambas mezcla de GT, F) indican que la interacción puede ser ST (β^+) VA. Este resultado más el correspondiente al He^6 llevan a la conclusión de que las interacciones presentes son la escalar y la tensorial.

Sin embargo A^{35} (β_1^+ F) indica que la interacción es V. Es digno de notarse que esta experiencia, llevada a cabo por Allen et al y contada en el Congreso por Frauenfelder, fué hecha durante dos años, durante los cuales se trató infructuosamente de llegar al resultado S. Si creemos en estas experiencias y en la teoría de la desintegración β , existe una asimetría en el campo de Dirac mucho más trágica que la referente a la paridad. Los términos que producen emisión de β^+ no son los complejos conjugados de los que emiten β^- .

Sin embargo, en viaje a Israel, Konopinski recibió noticias de Harvard de experiencias hechas con Ne^{23} (GT) cuyos resultados están en contradicción con los del He^6 . Si rechazamos el He^6 y aceptamos el Ne^{23} , todo se soluciona con las intensidades relativas de las interacciones:

$$0,7 < \frac{|A|^2}{|T|^2} < 2,6 \quad \frac{|S|^2}{|V|^2} < \frac{1}{3}$$

Alder hizo notar posteriormente que esta hipótesis está en contradicción con la teoría de dos componentes del Neutrino. Los expertos en problemas de retroceso (Kofoed Hansen, Goldhaber, etc) no creen que el experimento con el N^{23} esté libre de serias objeciones.

La precisión en las experiencias de desintegración doble β , captura neutrinos, etc. no permite decidir todavía si es válido el principio de conservación de leptones.

Lamento no poder hacer ningún comentario sobre la conferencia de Lee.

Personalmente no pude atravesar siquiera la primera barrera de potencial, representada por el idioma. Usaré una serie de definiciones que Lipkin, publicó en el Boletín Diario de la Conferencia sobre conceptos relacionados con el problema de la paridad; añadiré algunos detalles

experimentales dados por Mrs. Wu, y un resumen de una síntesis excelente hecha por Alder sobre la interpretación de las experiencias.

I - Clasificación de Neutrinos

Hay dos clases de neutrinos:

A. Neutrinos de helicidad derecha. Tienen el spin orientado paralelamente a su dirección de movimiento.

B. Neutrinos de helicidad izquierda. Tienen el spin orientado en la dirección opuesta a la del movimiento. Neutrinos de opuesta helicidad no pueden interferir.

II - Clasificación de partículas β

Los electrones y positrones emitidos en una desintegración pueden ser clasificados aproximadamente también de acuerdo a su helicidad. Esto es riguroso sólo en caso de masa cero.

III - Las interacciones de la desintegración β en transiciones permitidas pueden ser clasificadas por la helicidad relativa de los electrones y neutrinos emitidos.

En las interacciones S y T, el electrón y neutrino (o positrón y neutrino) son emitidos ambos con la misma helicidad. En las interacciones V, A, el electrón (o positrón) es emitido con helicidad opuesta. Usando la propiedad de no interferencia de términos con distinta helicidad, vemos que puede haber interferencia ST y VA, pero no entre SV, SA, TV o TA.

IV - C_5^R es el coeficiente de la interacción escalar en la cual un neutrino de helicidad derecha es emitido con un positrón; C_5^L es el coeficiente de la interacción escalar en la cual un neutrino de helicidad izquierda es emitido con un positrón. Lo mismo puede hacerse con los otros parámetros. C_5^R describe también la emisión de un neutrino de helicidad derecha más un negatrón, etc.

V - Teorías de dos y cuatro componentes

El principio de la conservación de leptones esencialmente dice que neutrinos emitidos conjuntamente con positrones son distintos de los emitidos con negatrones, y que uno de los dos es llamado antineutrino. Si se acepta este principio, puede decirse que:

- 1) Tanto el neutrino de helicidad izquierda como el de helicidad derecha pueden ser neutrinos o antineutrinos. Esto da cuatro estados posibles (teoría de cuatro componentes).
- 2) La clasificación en antineutrinos y neutrinos es la misma que en izquierdos y derechos.

Mrs. Wu discutió los tres métodos principales usados para detectar la no conservación de paridad.

- 1) Asimetría en la distribución angular de electrones emitidos por núcleos orientados.
- 2) Correlación angular $\beta - \gamma$ circularmente polarizados.
- 3) Polarización longitudinal de partículas β . Puede ser detectada en tres formas distintas: a) scattering coulombiano de núcleos pesados; b) polarización circular de bremsstrahlung emitido en la dirección del movimiento del electrón; c) Scattering electrón-electrón libre polarizado. Presentó un resumen de todos los resultados experimentales obtenidos hasta el presente, inclusive aquellas experiencias que fueron discutidas individualmente con más detalle durante todo ese día. Al fin de la jornada, Alder hizo una interpretación de lo dicho, que trato de resumir:

Del tercer tipo de experiencias se concluye: Todos los rayos beta, tanto positivos como negativos, emitidos en interacciones de tipo Fermi o Gamow-Teller están polarizados al máximo del valor teórico (v/c). Los negatrones tienen helicidad izquierda, los positrones derecha. De esto resulta: $C_T^L = C_A^R = C_S^L = C_V^R = 0$, una de cuyas consecuencias es que no hay términos de interferencia de Fierz, y esto independientemente de cualquier relación entre las intensidades F y A, S y V.

Del primero y segundo tipo de experiencias se concluye que hay términos de interferencia entre interacciones F y GT. Luego deben estar presentes simultáneamente por lo menos uno de los dos pares (ST) ó (VA). Estos resultados confirman las experiencias de correlación angular entre electrón y neutrino en los casos de ^{19}Ne .

No hay resultados definitivos en las experiencias que ponen a prueba la invariancia de la interacción respecto de la inversión temporal.

El último día, en la primera sesión, habló Abregam sobre influencia de términos extranucleares en correlaciones angulares; Frauenfelder

sobre la determinación de momentos eléctricos y magnéticos de estados nucleares excitados. Steffen detalló un número enorme de experiencias hechas en Berkeley sobre correlación angular beta-gama.

En la segunda sesión (Instrumentos de espectroscopia nuclear) Gerholm mostró una serie de aparatos y experimentos en los que la combinación de espectrómetros magnéticos y técnicas de coincidencia permiten aclarar muchos esquemas. En especial coincidencias beta-beta; coincidencias retardadas; un equipo de correlaciones de varios canales, un campo magnético de 100.000 gaus para estudiar momentos magnéticos de estados excitados, etc.

Dumond habló sobre "Mediciones de rayos gama por difracción en cristales".

En la última sesión, dedicada a medidas de vidas medias muy cortas, Devons resumió los caminos futuros más probables para resolver estos problemas (ancho de nivel); métodos de retroceso (Cohen habló en particular sobre éstos después). Propuso un método que supongo habrá sido discutido en Buenos Aires pues necesita dos espectrómetros magnéticos en coincidencia. Se detecta en un espectrómetro un rayo que alimenta un nivel y en el otro espectrómetro un segundo rayo que lo desagota. Se coloca alrededor de la fuente un campo eléctrico de alta frecuencia

$\Delta E \cos \omega \tau$. Supongamos que en un lado el espectrómetro detecta un rayo γ en un cierto instante t_1 , a una energía $E_\gamma + \Delta E \cos \omega \tau_1$. Si el segundo rayo es emitido simultáneamente con el primero, deberá ser detectado a una energía $E_\gamma^2 = \Delta E \cos \omega \tau_2 = E_\gamma^0$. Si es emitido un cierto tiempo $\Delta \tau$ después de la detección del primero, su energía será $E_\gamma^2 = \Delta E \cos \omega (\tau_1 + \Delta \tau) = E_\gamma^0$. La variación $E_\gamma^2 - E_\gamma^0$ da una medida de la vida media (Devons cree puede llegarse a medir vidas medias de 10^{-4} s.). Creo que de todos los adelantos instrumentales propuestos durante la conferencia éste es el más útil para nosotros pues es aplicable al espectrómetro β doble que está construyéndose en Buenos Aires, si no hay problemas esenciales con el ángulo sólido que puede tender desde la fuente la cavidad resonadora en cuyo interior está el campo eléctrico variable.

En el Weizmann Institute están realizando esta experiencia con dos espectrómetros magnéticos en coincidencia tipo Gerholm.

Los resultados experimentales comunicados, que creo más interesantes, son los siguientes (con excepción de aquellos referentes a problemas de paridad):

- 1) D.A. Bromley - En Chalk River, determinaron con mucho cuidado la forma del espectro de la desintegración $P_r^{144}(0^-) \rightarrow N_d^{144}(0^+)$. Puede explicarse con una interacción vector axial. Debe notarse que en los casos estudiados hasta el presente de transiciones de este tipo (inclusive experiencias anteriores con P_r^{144}) era necesaria una componente pseudo escalar de la interacción para dar cuenta de la forma del espectro.
- 2) G. Goldring - Midió el factor giromagnético para el primer estado excitado en isótopos de Sm. La interpretación de los resultados es difícil debido a interacciones extranucleares; llegan a un valor de alrededor de 0.20, definitivamente menor que el de $\frac{Z}{A}$ predicho teóricamente.
- 3) D.E. Alburger - Vida media del estado excitado 0^+ en G_e^{70} ; 3×10^{-9} s.

Una última sesión dedicada a resultados irreproducibles tuvo que ser suprimida por falta de tiempo. Se nos entregaron los "abstracts". Incluye el relativo a la construcción de un nuevo tipo de espectrómetro β por H.J. Lipkin.

"The 'banana' spectrometer used in this work is a magnetic lens of the usual type (1) modified by being dropped from a crane at the height of twenty feet. This treatment bent the apparatus in an unpredictable way, but did not impair the resolution of the instrument as had originally been feared. Instead, the efficiency of the spectrometer was greatly increased by allowing the simultaneous passage of beta-rays over a large range of energies, instead of selecting narrow range as in the original design. It is therefore possible to measure a complete beta spectrum simultaneously with this spectrometer merely by the addition of a double-focusing scintillation spectrometer. Out put pulses were fed to a multichannel analyzer of the Wellington (2) type with a thermodynamic memory, based upon the conversion of pulses into temperature (3). The heat produced drives a Carnot engine thereby supplying power for the laboratory. The spectrum is automatically recorded by the standard methods (4) and the records can be obtained at any store dealing with high-fidelity audio equipment".

- (1) - A.B. McNetick and C.D. Lenz - Beta-Ray Spectrometers.
- (2) - D.F. Wellington, R.S.I. (1951).
- (3) - Measurement of Pulse and Temperature, A. L'hospital. Proc. Am. Acad. Nursing.
- (4) - R.C.A. Victor and C.B.S. Columbia, 78, 33, ('45).

A mi juicio una palabra califica la organización de la Conferencia: perfecta. El mérito debe atribuirse principalmente al Dr. Amos de Shalit. Al inscribimos nos entregaron un portafolio a cada uno con los "abstracts" de las comunicaciones, detalles de la organización de la Conferencia, del Instituto Weizmann, Estado Israelí, Universidades de Israel, etc. El domingo 9 nos dieron una cena de bienvenida a la que asistió el primer ministro de Israel, Dr. Ben Gurión. El miércoles fuimos paseados por Jerusalén y asistimos a una recepción en casa del Presidente de la República. Todos los días ómnibus especiales traían a los que habitaban en el Sharon Hotel al Instituto Weizmann y a la noche nos llevaban al Sharon a los que quisiéramos ir de aquéllos que vivíamos en el Campus del Instituto. Todos los invitados (ciento cincuenta y cuatro), por poco importantes que fuéramos, fuimos esperados y llevados nuevamente al aeropuerto, puerto, etc. Una especial alegría tuve al encontrarme con el Dr. González Domínguez, que figuraba entre los invitados de honor del Weizmann Institute.