

EXPERIMENTOS DE RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL

CONFERENCIA PRONUNCIADA POR EL PROFESOR ENRIQUE FERMI

(Resumen hecho por el Dr. A. Broglia y el Ing. C. Vercellio)

El día 11 de Agosto p.p. a las 18 horas, en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de nuestra Universidad, el ilustre profesor Dr. Enrique Fermi, Académico de Italia, ha expuesto en forma clara y brillante una síntesis de las últimas investigaciones efectuadas en el campo de la Física nuclear.

El Profesor Fermi ha iniciado su conferencia recordando el fenómeno de la desintegración natural de los elementos radioactivos que, como todos saben, emiten espontáneamente partículas alfa, beta y rayos gamma.

Las partículas alfa emitidas por estos cuerpos a velocidades prodigiosas corresponden al núcleo del helio y, por lo tanto, poseen una masa 4 y una carga eléctrica positiva igual a 2 (considerando igual a uno la masa del hidrógeno y la carga eléctrica de un electrón), mientras las partículas beta no son nada más que electrones expulsados por las sustancias radioactivas con velocidades aún mayores (masa 1 y carga eléctrica negativa también unitaria).

El hecho de disponer de proyectiles como los corpúsculos alfa dotados de energía balística tan grande, ha inducido al célebre físico inglés Lord Rutherford por primera vez en 1919 a intentar el bombardeo de los cuerpos simples con la esperanza de que el violento choque producido por una partícula alfa con el núcleo del átomo, determinara la rotura del equilibrio del núcleo mismo variando sus características y transformando así el átomo del cuerpo en estudio en otro de naturaleza diferente. Se repetía en esta forma, bajo una moderna faz científica, el eterno sueño de los alquimistas: la posibilidad de la transmutación de los elementos.

Y los experimentos de Lord Rutherford dieron el resultado esperado; éste ilustre físico pudo obtener la desintegración de algunos elementos entre los de número atómico más bajo. Sin embargo, los experimentos efectuados sobre elementos de peso atómico máe elevado no dieron el resultado que podía esperarse. La explicación de tal hecho es muy simple: las partículas alfa (en los experimentos de Rutherford los núcleos de helio emitidos por el radium) están cargadas positivamente y, por lo tanto, llegando en proximidad del núcleo del elemento bombardeado, sufren el fenómeno de la repulsión eléctrica debido a la carga positiva del núcleo mismo.

Conocida la velocidad, la masa y la carga del corpúsculo alfa, es fácil calcular el elemento límite (en función de la carga eléctrica de su núcleo) capaz de ser desintegrado por la partícula alfa.

Los experimentadores han recurrido entonces a nuevos proyectiles: al núcleo del hidrógeno, núcleo que, estando dotado de carga unitaria (mitad de la carga del núcleo del helio o sea de la partícula alfa), sufrirá una repulsión mitad por parte del núcleo del elemento en estudio. Pero la infinitesimal carga eléctrica del núcleo de hidrógeno es todavía demasiado grande para que éste pueda acercarse hasta chocar con el núcleo de un elemento que, como el bismuto (por ejemplo), posea una carga nuclear 83.

Afortunadamente dos experimentadores franceses: Joliot y Curie, bombardeando el berilo con partículas alfa han descubierto un nuevo proyectil: *el neutrón*. Este corpúsculo, emitido por el berilo bajo la acción del choque de una partícula alfa con su núcleo, posee masa unitaria y presenta la característica de ser eléctricamente neutro.

La ventaja de no poseer carga eléctrica alguna es evidente; el neutrón podrá acercarse al núcleo de cualquier átomo, aún de los de número atómico mayor, sin sufrir ninguna repulsión eléctrica.

Por otro lado, el hecho de no poseer carga eléctrica niega al neutrón la posibilidad de ser acelerado por medio de campos eléctricos (método utilizado con las partículas alfa y beta). A ésta desventaja hay que agregar también la que deriva del hecho de que, mientras las partículas alfa son expulsadas espontáneamente

por los cuerpos radioactivos, los neutrones deben obtenerse por bombardeo y se producen en menor cantidad (el número de partículas alfa empleadas para la obtención de los neutrones y el número de neutrones obtenidos en los experimentos efectuados en Roma ha sido de 10^{11} y 10^6 por segundo respectivamente).

Sin embargo, este corpúsculo tiene un poder de penetración enorme: tan grande que le permite atravesar paredes de plomo de más de 30 cm. de espesor.

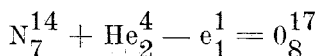
Expuestos así brevemente los métodos empleados para obtener la desintegración de los elementos, el Profesor Fermi ha entrado directamente en el tema de la conferencia.

El ilustre orador ha recordado el fenómeno base de sus experimentos: el fenómeno de la radioactividad artificial descubierta por los ya citados físicos Curie y Joliot.

Estos experimentadores, estudiando los fenómenos producidos bombardeando los cuerpos simples con partículas alfa, han notado que en algunos casos la explosión del núcleo no es inmediata, sino que éste absorbe las partículas alfa para desintegrarse espontáneamente después de un cierto tiempo, emitiendo corpúsculos alfa y beta. Es evidente la analogía entre este fenómeno y el de la radioactividad natural. Por esta razón a tal fenómeno se le ha impuesto el nombre de "radioactividad artificial".

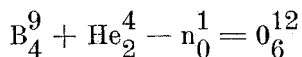
Veamos ahora como se comporta un átomo cuando una partícula alfa llega a chocar con su núcleo. Consideremos el caso del *ázoe*: este elemento posee un núcleo cuya carga es 7 y cuya masa es 14 (hablamos aquí indiferentemente de masa y de peso atómico). Agregando al núcleo del *ázoe* una partícula alfa (masa 4 y carga 2) obtenemos una masa total de $14 + 4 = 18$ y una carga de $7 + 2 = 9$. Por otro lado, el átomo de *ázoe*, a raíz del choque con la partícula alfa, emite un electrón (masa 1 y carga 1), con lo que su masa se reduce a $14 + 4 - 1 = 17$ y su carga a $7 + 2 - 1 = 8$ respectivamente. Ahora bien, existe un elemento cuya carga eléctrica nuclear (número atómico) es 8 y cuya masa es 17; este elemento bien conocido es un isótopo del oxígeno.

Podemos entonces escribir la reacción nuclear:



donde los números superiores indican las masas y los inferiores las cargas eléctricas respectivamente del núcleo del ázoe, del núcleo del helio, del electrón, y del oxígeno (isótopo 17).

El berilo, por emisión de un neutrón (masa uno y carga cero), se transforma en carbono



Aclarados estos conceptos, el profesor Fermi nos dice que, en el caso de averiguar si además del aluminio, del boro y del magnesio, otros elementos presentarían también el fenómeno de la radioactividad artificial, ha iniciado en Roma en Marzo p.p. una serie de investigaciones en las que, para llevar un ataque a fondo a los elementos aún entre los más pesados, se ha servido de los neutrones como proyectiles de bombardeo.

Los neutrones se han obtenido con el siguiente método:

En un pequeño tubo de vidrio se ha introducido una cierta cantidad de berilo pulverizado y una cantidad de emanación de radium correspondiente aproximadamente a 800 milli Curies (por condensación con el auxilio del aire líquido). Una vez cerrado, el tubito está listo como generador de neutrones. En efecto las partículas alfa emitidas en gran cantidad por la emanación (aproximadamente 10^{11} por segundo, como hemos dicho) chocando con los núcleos de los átomos de berilo originan los neutrones, los que deberán servir para bombardear la substancia en estudio. A tal fin esta se dispone alrededor del tubito generador, dejándola permanecer por un tiempo suficientemente grande como para obtener el fenómeno deseado en magnitud apreciable.

El hecho de exponer un elemento al bombardeo de neutrones puede dar lugar a tres resultados diferentes:

- a) El elemento es inerte a dicho bombardeo y no hay transformación alguna.
- b) El elemento se transforma en otro de peso atómico mayor o menor, pero perfectamente estable (caso de la transformación del ázoe en oxígeno). En este caso no tiene lugar el fenómeno de la radioactividad artificial y, dado que las cantidades de materia transformada son infinitésimas, el

método experimental no permite llegar a ninguna conclusión.

- e) El elemento se transforma en otro que es inestable y que, por lo tanto, da lugar al fenómeno de la radioactividad artificial.

Este es el caso más interesante y de él nos ocuparemos a continuación.

Para estudiar este fenómeno será inicialmente necesario poseer una instalación apta a revelar el fenómeno mismo. Esto se obtiene normalmente (y así lo hizo el Profesor Fermi) utilizando el "contador" de Geiger y Muller, esa ingeniosa cámara de descarga, cuya sensibilidad es tan grande, que permite revelar cantidades tan pequeñas como los "quantum" de luz.

En los experimentos del Profesor Fermi el "contador" consistía en un pequeño tubo de aluminio cuyas extremidades están cerradas por medio de material aislante que sostiene en el eje del tubo un delgado alambre de aluminio. Las paredes de éste "contador" son muy delgadas (de uno a dos décimos de milímetro) tales, sin embargo, de impedir en él la entrada de las partículas alfa pero de hacer posible el pasaje de la partícula beta (que son más penetrantes).

La presión en el interior del tubo viene reducida a valores correspondientes a pocos centímetros de mercurio. El electrodo central (alambre de aluminio), se pone a potencial cero mientras la pared se lleva a potenciales muy próximos al que sería capaz de excitar la descarga eléctrica. En los experimentos del Profesor Fermi este potencial, dadas las dimensiones del "contador" y su presión interna, oscilaba entre 1000 y 2000 V.

Ahora bien, veamos cual es el fenómeno que se produce cuando se acerca al contador así constituido, una substancia radioactiva, o sea una substancia capaz de emitir espontáneamente partículas alfa y beta. Las partículas beta debido a su enorme velocidad, atraviesan las paredes del contador, penetrando en él y produciendo el conocido fenómeno de la ionización a lo largo de su trayectoria. Esta ionización favorece evidentemente la descarga eléctrica la que tiene lugar en el interior del contador durante el infinitésimo de tiempo que la partí-

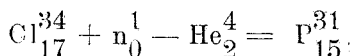
cula beta emplea para atravesarlo. Conectando el contador a un altoparlante por intermedio de un adecuado amplificador, el experimentador podrá escuchar una explosión cada vez que una partícula beta llegue al interior del tubito. Es fácil ahora registrar el número de explosiones que tiene lugar cada segundo y conocer así indirectamente la mayor o menor actividad del cuerpo en estudio y la velocidad de su periodo evolutivo. Es evidente que el número de explosiones estará influenciado por toda causa capaz de producir ionización (rayos X, radiación cósmica, vestigios de substancias radioactivas contenidas en el material con el que está construido el contador, etc.), pero un taraje previo del instrumento permite conocer con la suficiente exactitud la parte que en dicho fenómeno corresponde a la radioactividad artificial del cuerpo en estudio.

Este cuerpo expuesto al bombardeo de neutrones durante un tiempo prudencial, se lleva sucesivamente en proximidad del "contador" de Geiger, el que revela si ha tenido efectivamente lugar el fenómeno de la transformación del elemento inicialmente radioactivo. En el caso se observe este fenómeno y una vez determinado el periodo evolutivo será necesario proceder a una investigación química capaz de revelar la naturaleza del nuevo elemento generado. Esta investigación es una de las más delicadas porque el orden de magnitud de las cantidades en juego es tan pequeño (se trata de un número muy limitado de átomos) que los normales procedimientos de la química analítica no son suficientes para separar por precipitación el elemento deseado. Se recurre entonces a un artificio ingenioso: el cuerpo producido deberá ser un isótopo de uno de los elementos próximos al elemento en estudio (escala de Mendelejeff) o un elemento nuevo desconocido. En el primer caso (isótopo radioactivo), recordando la afinidad química de los isótopos, antes de proceder a la precipitación del elemento imaginario, se agregan a la solución en estudio pequeñas cantidades de sales de los elementos entre los que, con mayor probabilidad, podrá encontrarse el isótopo del elemento generado en el bombardeo. Un jemplo servirá para aclarar las ideas: Supongamos que el elemento en estudio sea el Cloro que, bajo la acción del bombardeo con neutrones, da origen a un elemento con propiedades radioactivas. El cloro ocupa el siguiente lugar en la escala de Mendelejeff:

P ; S; Cl. ; Ag. ; K

o sea está precedido por el azufre y el fósforo y lo siguen la plata y el potasio.

Es muy probable, por consiguiente, que el elemento generado por el Cloro sea un isótopo de uno de los que lo rodean y, en efecto, llevando en solución una sal de fósforo y precipitando nuevamente este elemento, se obtiene una substancia (a base de isótopos del fósforo) que, llevada en proximidad del "contador" de Geiger, demuestra poseer las mismas características (actividad y período evolutivo) que presenta el cloro activado. Este hecho nos permite llegar a la conclusión de que el cloro, bajo la acción del bombardeo con neutrones, se transforma en un nuevo elemento, radioactivo, correspondiente a un isótopo del fósforo. La reacción nuclear nos confirma dicho resultado:



En determinados casos el fenómeno se complica originándose contemporáneamente dos o más elementos radioactivos los que se pueden separar únicamente debido a la diferencia de los correspondientes períodos evolutivos.

Los fenómenos que terminamos de resumir han hecho pensar al Profesor Fermi sobre la posibilidad de activar aún más, por medio del bombardeo con neutrones, la ya intensa actividad de algunas substancias espontáneamente radioactivas.

Llegamos así al caso del Uranio, el elemento 92 de la escala de Mendelejeff, que por medio de sucesivas emisiones de partículas alfa y beta se transforma en Uranio U X₁ (expulsión de una partícula alfa) en uranio U X₂ (expulsión de una partícula beta), en uranio U₁ (expulsión de una partícula beta), etc., hasta llegar al radium y, por fin, al polonio.

La experimentación sobre este elemento presenta enormes dificultades, debidas especialmente al hecho de que la natural transformación del uranio en uranio X₁ (el que emite partículas beta) tiene un notable efecto sobre el contador de Geiger, en el sentido de sobreponerse el efecto debido al fenómeno radioactivo natural al fenómeno artificial.

Sin embargo, las dificultades han sido salvadas con una escrupulosa depuración del uranio (eliminación del $U X_1$ y $U X_2$) y experimentando con la mayor rapidez posible.

Los resultados del bombardeo de los neutrones han sido sorprendente: el "contador" de Geiger han puesto en evidencia cuatro nuevos fenómenos radioactivos desconocidos hasta entonces, fenómenos que revelan la existencia de nuevos productos radioactivos cuyos periodos evolutivos (tiempo necesario par reducir a mitad el valor de la radioactividad propia) son de 4 segundos, 10 segundos, 13 minutos y 100 minutos (aproximadamente) respectivamente. Sobre los elementos con período de 4 y de 10 segundos ningún análisis se ha podido efectuar debido a que la radioactividad de estos elementos se reduce prácticamente a cero antes de poder finalizar la separación química (estas separaciones no obstante se efectúen en tiempo "record", requieren siempre un mínimo de 2 a 3 minutos). Sobre ellos no se puede por lo tanto asegurar nada hasta la fecha.

En casi idénticas condiciones se encuentra el elemento con período de 100 minutos porque durante este lapso de tiempo el uranio se transforma parcialmente en uranio $U X_1$ el que, emitiendo partículas beta, sufre a su vez los posibles fenómenos debidos al nuevo elemento.

El caso más interesante es el del elemento de período de 13 minutos, elemento éste que permite efectuar cómodamente todos los análisis necesarios. El método utilizado para su individualización es idéntico al ya descripto para el cloro (agregando y precipitando sales de probables isótopos), y aquí se verifica un hecho sobre el que se basan todas las teorías y opiniones expresadas sobre el posible descubrimiento del elemento 93.

El uranio es el elemento 92 en la escala de Mendelejeff y, por lo tanto, el de peso atómico más elevado entre los conocidos.

Se indican a continuación los elementos que lo preceden (y entre los cuales se deberá buscar el isótopo correspondiente), haciendo preceder cada elemento por su número atómico correspondiente:

84 Po — 85 ? — 86 Em — 87 ? — 88 Ra — 89 Ac — 90 Th
91 Pa — 92 U

Ahora bien, se ha intentado el análisis químico agregando sucesivamente sales de Pa; Th; Ac; Ra; Em; y Po sin llegar a precipitar el elemento hasta ahora desconocido?

A este punto el ilustre orador expresa sus amplias reservas. Antes de poder afirmar de encontrarnos frente a un nuevo elemento y precisamente al elemento 93 el Profesor Fermi manifiesta que es necesario estar seguros de que el elemento en cuestión no corresponda a un isótopo de ninguno de los 91 elementos que preceden al uranio. Tal hecho es muy poco probable (ésta es la opinión le eminente experimentador) especialmente desde que se ha podido comprobar que sus características no lo hacen corresponder ni al elemento desconocido 87 (que debería ser gaseoso) ni al elemento 85 (que deberá forzosamente presentar las características de un alógeno) pero tampoco estamos todavía autorizados a afirmar que el elemento en cuestión corresponde al 93 o quizás al 94 o 95 de la escala atómica. Los experimentos en curso para obtener un cuadro químico completo de este misterioso elemento nos darán la palabra definitiva sobre tan apasionante cuestión.