

# *Un aspecto interesante de la alquimia moderna*

## LA RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL

Por el Prof. Ingeniero GERMAN E. VILLAR

CONFERENCIA EFECTUADA EL 10 SETBRE. 1941

Las palabras de presentación siguientes, fueron pronunciadas por el compañero S. Marotta, Secretario de la Sub Comisión de Cultura:

Señoras, Señores, Compañeros:

Es para la Asociación de Estudiantes de Química un alto honor poder contar entre los conferencistas que desarrollarán este VIII Ciclo Anual de Conferencias, al Ing. Sr. Germán E. Villar.

Persona altamente reconocida por su actividad docente y científica, en la primera como Director del Instituto de Química de la Facultad de Ingeniería, y en la segunda, por una serie de trabajos científicos sobre Atomística y Química Coloidal, nos honra altamente al ocupar este sitial en nuestro Anfiteatro.

Sus publicaciones hasta la fecha son:

LIBROS — Elementos de Atomística, 1939; Cinética de los Sistemas Dispersos, 1940.

TRABAJOS SOBRE ATOMÍSTICA Y QUÍMICA COLOIDAL — El Neutrón, 1935; La posición del Hidrógeno en el Cuadro Periódico, 1936; Los Rayos Cósmicos, 1937; Figuras cristalinas de crecimiento en películas delgadas coloidales, 1938; ¿Existe una pléyade de elementos radioactivos en el lugar reservado para el Actinio en el Cuadro Periódico?, 1938; El elemento transuránico R3,5h y la ubicación de los elementos radioactivos en el Cuadro Periódico, 1939; La constitución micelar de los aerosoles, 1939; Algunas consideraciones sobre la existencia de una

segunda serie de "Tierras Raras" en el Cuadro Periódico, 1940; Un nuevo electrosmómetro, 1940.

OTROS TRABAJOS — Influencia del Ión hidrógeno en los procesos de corrosión, 1930; La eliminación del humo en las centrales térmicas por electroforesis de las partículas, 1934; La metalización por proyección, elemento preventivo de la corrosión atmosférica del hierro, 1940; Método rápido para la dosificación del cemento portland en los hormigones, 1940; Control de los revestimientos de zinc obtenidos en el metalizado por proyección, 1940; Influencia del azúcar en el fraguado del cemento portland, 1940.

Hoy, a su actividad científica debemos agregar esta conferencia, que versará sobre uno de los temas actuales de gran interés, como es la Transmutación Artificial y que acompañada por un gran número de proyecciones luminosas, se desarrollará según el siguiente sumario:

La cámara de Wilson — La transmutación artificial de los elementos — Hacia la conquista de los voltajes multimillonarios — La radioactividad artificial — El Urano 235, generador de radioelementos — La separación de los elementos radioactivos artificiales — La Ciencia al servicio de la Humanidad: el último informe de la Sociedad Americana para el control del Cáncer.

Agradeciendo la gentileza de tan distinguida personalidad, dejo ante Ustedes al Señor Ingeniero Germán E. Villar.

### UN ASPECTO DE LA ALQUIMIA MODERNA: LA RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL

Los físicos de hoy, más afortunados que sus lejanos precursores, los alquimistas de la Edad Media, han logrado conseguir la transmutación artificial de los elementos.

Este descubrimiento, que constituye una de las conquistas más sensacionales alcanzadas por la Ciencia en el presente siglo, no ha sido efecto del azar, sino el resultado de cuarenta años de continuas y pacientes investigaciones sobre los constituyentes fundamentales de la materia.

Es así, como el átomo ha dejado de ser un producto de la imaginación científica, para lograr una individualidad tangible a través de múltiples experiencias, en que bajo los aspectos más diversos ha sido posible estimar su masa, determinar sus dimensiones, calcular su energía y prever su constitución estructural.

En esta prolongada y sistemática actividad dentro del mundo de los átomos, que se inicia ya, al finalizar el Siglo XIX, ha aparecido la posibilidad

de modificar los tipos atómicos, cambiando así las propiedades químicas de un elemento, para conferirle las correspondientes a otro cuerpo simple. De esta manera, el Sodio ha sido transformado en Fluor, el Cobre en Niquel, el Fósforo en Silicio, el Oro en Platino...

Y dentro del número vastísimo de transmuciones conseguidas, ha surgido un hecho, que aunque esperado, no podía alcanzar mayor trascendencia: la obtención artificial de la radioactividad.

Esta particularidad de la materia que singularizara a los elementos más densos del Cuadro Periódico, ha podido imprimirse a la gran mayoría de los cuerpos simples conocidos, que en el transcurso de numerosas transmuciones artificiales, se manifiestan provistos de esta importante característica.

La Radioactividad Artificial ha venido a abrir un nuevo y vastísimo horizonte dentro de los campos de la Física, de la Química y de la Biología.

Y es por eso, que teniendo presente el alcance de esta nueva adquisición científica, he considerado oportuno hacer una exposición breve sobre ella, al aceptar la honrosa invitación de la Asociación de Estudiantes de Química, que en estos momentos me hace ocupar esta prestigiosa cátedra.

#### LA CAMARA DE WILSON

Posiblemente no hay instrumento que haya tenido en el progreso de las ciencias fisico-químicas la influencia preponderante de la cámara de Wilson.

Un cuerpo de bomba transparente, lleno de aire saturado con el vapor de un líquido volátil; un diafragma susceptible de provocar la sobresaturación de la atmósfera interior, mediante una brusca expansión adiabática, y un fenómeno fundamental:

Si un corpúsculo ionizante atraviesa una atmósfera sobresaturada de vapor, los iones producidos por su pasaje, constituyen preferentemente centros de condensación del vapor, de modo que, durante un intervalo de tiempo del orden de 1/50 de segundo, la trayectoria espacial del corpúsculo queda señalada por pequeñísimas gotas, que brillantemente iluminadas, permiten la observación directa o el registro fotográfico de la trayectoria.

La cámara de Wilson ha sido un elemento indispensable en el estudio de las transmuciones radioactivas, poniendo en evidencia los procesos elementales que en ellas se desarrollan.

Pero la valiosa ayuda de la cámara de Wilson no se ha limitado a revelar la presencia de las partículas ionizantes, sino que ha permitido determinar sus características físicas, mediante la desviación de las trayectorias, provocada por la acción de un energético campo magnético.

#### LA TRANSMUTACION ARTIFICIAL DE LOS ELEMENTOS

Al emitirse la hipótesis de que las propiedades químicas de un átomo, estuvieran determinadas por la disposición de su estructura nuclear, quedó implícitamente establecida la solución del problema de la transmutación de los elementos, sobre la base de procesos que pudieran modificar la constitución de los núcleos atómicos.

En 1919, inicia RUTHERFORD este nuevo tipo de investigaciones, consiguiendo la transmutación artificial de algunos elementos livianos, sometiendo al bombardeo de partículas  $\alpha$

La fotografía que ilustra la figura 1, registra la transmutación de un núcleo de Nitrógeno en Oxígeno, de acuerdo con la siguiente ecuación nuclear:

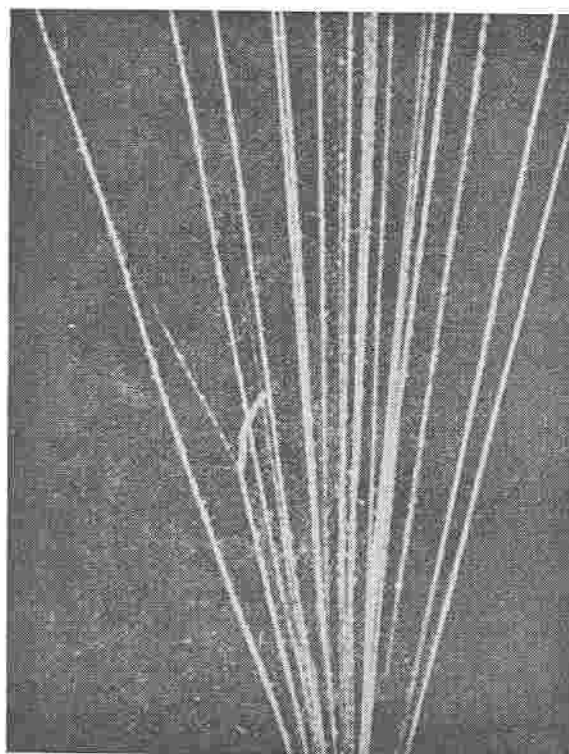


FIGURA 1

Puede observarse en la fotografía, que una de las trayectorias de las partículas  $\alpha$  se ha dividido en dos ramas; una de ellas, fina y rectilínea, corresponde al protón emitido como consecuencia del choque corpuscular; la otra rama, gruesa e irregular, corresponde a la trayectoria del nuevo núcleo formado.

RUTHERFORD y CHADWICK constataron además que otros elementos como el Boro, Fluor, Sodio, Aluminio y Fósforo, se transformaban por la acción de los rayos  $\alpha$ , en isótopos del Carbono, Neón, Magnesio, Silicio y Azufre. Por otra parte, numerosas experiencias realizadas casi simultáneamente por otros investigadores, pusieron de manifiesto la posibilidad de conseguir por este procedimiento, la transmutación de un gran número de cuerpos simples.

A pesar del carácter general del fenómeno, se encontró una seria dificultad en lo exiguo de su rendimiento, desde que por cada millón de partículas  $\alpha$  sólo se obtenía la transmutación de 20 a 30 núcleos, en el caso del Nitrógeno, de 60 para el Carbono y de 100 en el caso del Aluminio.

#### HACIA LA CONQUISTA DE LOS VOLTAJES MULTIMILLONARIOS

Los resultados conseguidos por la acción de los rayos  $\alpha$  sobre la materia, condujeron a investigar el efecto producido por otras radiaciones corpusculares, las que para poder penetrar en el interior de los núcleos y provocar su transmutación, deberían estar constituidas por partículas positivas de gran energía.

Para comunicar a las partículas electrizadas la energía cinética necesaria para vencer las barreras de potencial que defienden la integridad de los núcleos, fué necesario disponer de tensiones electrostáticas elevadísimas, las que trajeron como consecuencia un notable cambio en la fisonomía de los laboratorios de investigación.

Entre los generadores de alta tensión ideados con este fin, cabe citar a los basados en el transporte mecánico de las cargas eléctricas, como el de VAN DE GRAAF.

Los aparatos de este tipo tienen su fundamento en el mismo principio de las máquinas de RAMSDEN y de WIMSHURST: se deposita la carga eléctrica sobre un soporte material que la transporte mecánicamente hasta un electrodo convenientemente aislado; siendo el potencial adquirido igual al cociente entre la carga transportada y la capacidad del electrodo.

La figura 2 ilustra un modelo de demostraciones de 400.000 voltios, — una correa de seda (B), accionada por el motor eléctrico (M), recibe las cargas eléctricas de un generador auxiliar, por medio de la escobilla (A).

Las cargas transportadas se acumulan en la esfera metálica hueca (C), sostenida por cuatro soportes aislados (D).

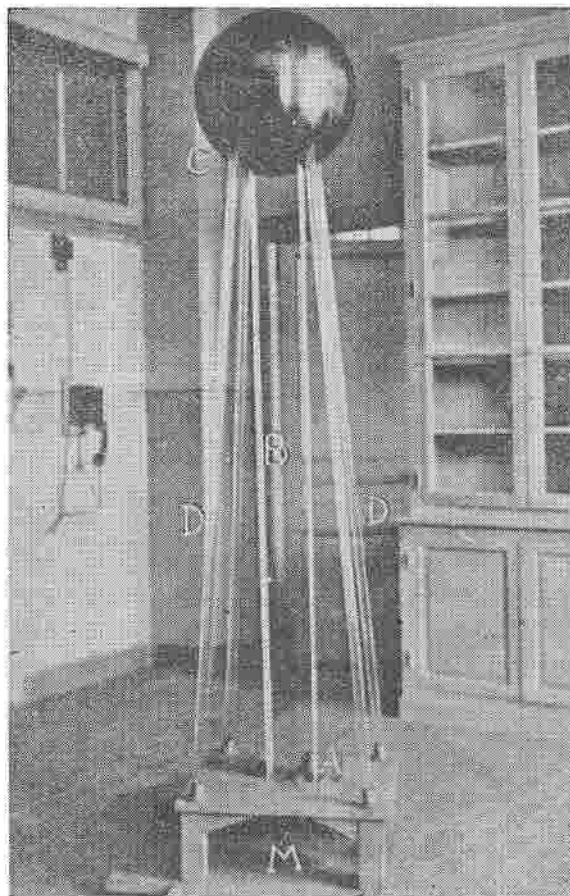


FIGURA 2

El generador de VAN DE GRAAF ha alcanzado una gran difusión en los laboratorios de Química Nuclear, pudiendo apreciarse en la figura 3 la disposición del generador electrostático de un millón de voltios instalado en el Departamento de Magnetismo Terrestre de la Institución Carnegie de Washington.

El electrodo metálico tiene 2 metros de diámetro; la correa de carga penetra por la parte superior, así como otra más pequeña que acciona la dinamo que alimenta el generador de iones situado en el interior del electrodo.

El tubo de descarga de alta tensión del tipo a cascada, concentra los iones producidos, los que luego son acelerados y dirigidos hacia el aparato en que se verifica la transmutación nuclear, situado en el piso inferior.

En el Instituto de Tecnología de Massachusetts se ha construido un equipo para diez millones de voltios; se pensó colocar los aparatos para transmutaciones atómicas en el interior de los electrodos, donde el operador podría seguir la experiencia, dentro de la esfera metálica que constituiría una enorme

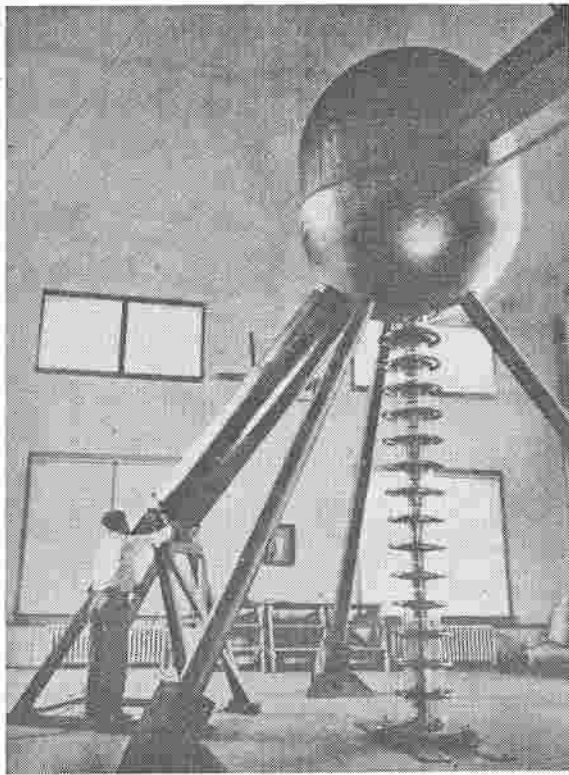


FIGURA 3

jaula de Faraday. En las pruebas preliminares de la instalación se comprobó la conveniencia de colocar los electrodos dentro de una atmósfera de aire comprimido para suprimir las descargas.

Teniendo presente esta modificación, se ha construido en los laboratorios de la Westinghouse Electric & Mfg. Co. el generador de cuatro millones de voltios que ilustra la figura 4.

El tanque esférico exterior tiene 9 metros de diámetro y en su interior se encuentra el electrodo de Van de Graaf, estando el recinto lleno con aire comprimido a 9 atmósferas.

La obtención de radiaciones de elevada energía corpuscular, ha sido resuelta por LAWRENCE mediante el ciclotrón, aparato cuyo empleo ha permitido alcanzar interesantísimos resultados en la Química Nuclear.

El ciclotrón se encuentra fundado en el principio de hacer girar las partículas electrizadas dentro de un campo magnético, acelerando poco a poco su velocidad.

Una partícula electrizada de masa ( $m$ ) y de carga ( $e$ ), y animada de una velocidad ( $v$ ), gira bajo la acción de un campo magnético ( $H$ ), describiendo una trayectoria circular de radio igual a:

$$r = \frac{m v}{e H} \quad (1)$$

La duración de una revolución completa es igual a:

$$t = \frac{2 \pi r}{v} \quad (2)$$

De la fórmula (1) se deduce que la velocidad ( $v$ ) es igual a:

$$v = \frac{r e H}{m}$$

Introduciendo este valor en la fórmula (2) se tiene:

$$t = \frac{2 \pi m}{e H}$$

De donde se deduce que el tiempo de una revolución es tanto menor cuanto mayor es el campo magnético aplicado.

Para conseguir que bajo la acción del campo magnético la partícula describa una espiral, bastará disponer dentro del campo dos electrodos que puedan comunicar a la partícula una pequeña aceleración, cambiando periódicamente el potencial de dichos electrodos con la frecuencia ( $f$ ) igual a:



FIGURA 4



$$\frac{2}{t} = \frac{e H}{\pi m}$$

Se da a estos electrodos la forma hueca y semi-circular y en el interior de ellos gira la partícula bajo la acción del campo magnético.

El campo eléctrico acelerador sólo se hace actuar en el momento en que la partícula abandona un electrodo para entrar en el interior del otro; en esas condiciones se produce un aumento de la velocidad y por consiguiente un incremento en el radio de la trayectoria.

La figura 5 corresponde a una fotografía del ciclotrón instalado en el Laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge, mediante el cual ha sido posible obtener radiaciones corpusculares de 16 m.e.v.

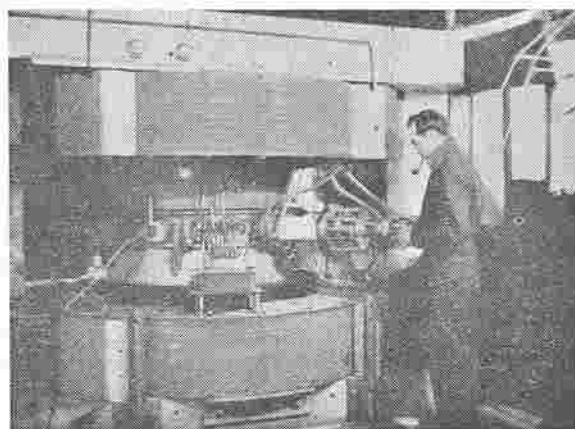


FIGURA 5

En la Universidad de Berkeley hay un ciclotrón de 250 toneladas de peso, con el que ha sido posible generar radiaciones de 25 m.e.v. y se está terminando actualmente la instalación de un nuevo aparato de 2.000 toneladas.

El empleo de las radiaciones corpusculares de gran energía obtenidas por los procedimientos que se acaban de señalar, ha traído un adelanto notable en la transmutación artificial de los elementos, pues ha sido posible aumentar considerablemente el rendimiento de las reacciones nucleares.

Puede dar una idea de ello, la fotografía que ilustra la figura 6, tomada por KIRCHNER en el transcurso de la desintegración del Boro por un bombardeo de protones, la que se desarrolla de acuerdo con la siguiente ecuación nuclear:

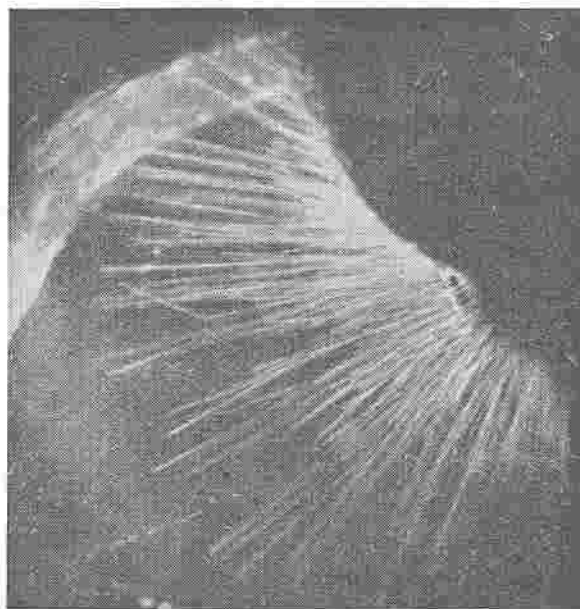


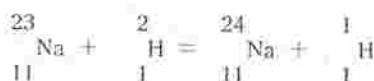
FIGURA 6

El gran número de trayectorias de partículas  $\alpha$  registradas por la cámara de Wilson, pone de manifiesto el elevado número de núcleos de Boro que experimentaron la transmutación en el instante en que se tomó la fotografía.

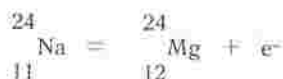
#### LA RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL

Los últimos ocho años de investigación dentro del campo de la Química Nuclear han acusado la obtención de 300 especies nuevas radioactivas de los elementos comunes, obtenidas en las experiencias realizadas sobre transmutaciones artificiales.

Así por ejemplo, irradiando al Sodio por deuterones, se ha conseguido el Radio-Sodio con emisión de protones:



El Radio-Sodio, isótopo radioactivo del Sodio, emite rayos  $\beta$ , transformándose en Magnesio:



Para poner en evidencia la importancia de este género de transmutaciones, basta hacer notar que irradiando al Sodio durante 5 horas con una corriente de deuterones de 100 microamperios y 8 millones de voltios, ha sido posible conseguir una intensidad de

emisión radioactiva comparable a la de 1 gramo de Radio.

Las ecuaciones nucleares contenidas en el Cuadro I dan una idea de los distintos tipos de procesos en que pueden generarse elementos radioactivos artificiales.

dro I dan una idea de los distintos tipos de procesos en que pueden generarse elementos radioactivos artificiales.

CUADRO I.- ECUACIONES NUCLEARES CARACTERÍSTICAS DE LA GENESIS Y DESINTEGRACIÓN DE ALGUNOS RADIOELEMENTOS ARTIFICIALES

Elemento activado	Período	Reacción de formación	Reacción de desintegración
Carbono $^{11}_{6}\text{C}$	20 m.	$^{10}_{5}\text{B} + ^2_1\text{H} = ^{11}_{6}\text{C} + ^1_0\text{n}$	$^{11}_{6}\text{C} \rightarrow e^+ + ^{10}_{6}\text{C}$
Fluor $^{20}_{9}\text{F}$	10 h.	$^{23}_{11}\text{Na} + ^1_0\text{n} = ^{20}_{9}\text{F} + ^4_2\alpha$	$^{20}_{9}\text{F} \rightarrow e^- + ^{20}_{10}\text{Ne}$
Aluminio $^{29}_{13}\text{Al}$	11 m.	$^{26}_{12}\text{Mg} + ^4_2\alpha = ^{29}_{13}\text{Al} + ^1_1\text{H}$	$^{29}_{13}\text{Al} \rightarrow e^- + ^{29}_{14}\text{Si}$
Silicio $^{31}_{14}\text{Si}$	3 h.	$^{31}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n} = ^{31}_{14}\text{Si} + ^1_1\text{H}$	$^{31}_{14}\text{Si} \rightarrow e^- + ^{31}_{15}\text{P}$
Escandio $^{44}_{21}\text{Sc}$	3 h.	$^{41}_{19}\text{K} + ^4_2\alpha = ^{44}_{21}\text{Sc} + ^1_0\text{n}$	$^{44}_{21}\text{Sc} \rightarrow e^+ + ^{44}_{20}\text{Ca}$
Arsénico $^{76}_{33}\text{As}$	1 d.	$^{75}_{33}\text{As} + ^1_0\text{n} = ^{76}_{33}\text{As}$	$^{76}_{33}\text{As} \rightarrow e^- + ^{76}_{34}\text{Se}$

CUADRO I

Según puede observarse en dicho Cuadro, al irradiar al Boro con deuterones, se transforma en Radio-Carbono, cuyo período es de 20 minutos, el cual se transforma nuevamente en Boro, con emisión de positrones.

El Sodio, Fósforo y Arsénico, al ser bombardeados con neutrones, se transforman en Radio-Fluor, Radio-Silicio y Radio-Arsénico, los que se desintegran con emisión de rayos  $\beta$  y tienen respectivamente periodos de 10 horas, 3 horas y 1 día.

Por la acción de los rayos  $\alpha$  sobre el Magnesio y el Potasio, se obtienen el Radio Aluminio y el Radio-Escandio, cuyos periodos son de 11 minutos y 3 horas.

Los radioelementos artificiales se obtienen generalmente irradiando los elementos estables con protones, deuterones, neutrones y partículas  $\alpha$ , habiéndose conseguido últimamente radioelementos de gran duración, según puede observarse en el Cuadro II, donde se han reunido varios elementos radioactivos de números atómicos comprendidos entre 23 y 29, y cuya vida media varía entre 6,5 días para el Radio-Manganeso y 270 días para el Radio-Cobalto.

Las transmutaciones artificiales pueden también obtenerse por medio de neutrones lentos, cuya energía es apenas superior a la energía de agitación molecular.

El pasaje de los neutrones lentos a través de la materia puede asimilarse a la difusión de un gas

corpúscular, siendo su comportamiento totalmente distinto del de los neutrones rápidos. Estos últimos poseen un elevado poder penetrante, mientras que los neutrones lentos son absorbidos por diafragmas de algunos centésimos de milímetro de espesor.

Pero la absorción de neutrones lentos por la materia, va unida a su captura por los núcleos ató-

CUADRO II.- CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS ELEMENTOS RADIOACTIVOS ARTIFICIALES

Elemento activado	Vida media	Reacción de desintegración
Vanadio $^{48}_{23}\text{V}$	16 días	$^{48}_{23}\text{V} \rightarrow e^+ + ^{48}_{22}\text{Ti}$
Cromo $^{51}_{24}\text{Cr}$	20,5 días	$^{51}_{24}\text{Cr} \rightarrow e^- + ^{51}_{25}\text{Mn}$
Manganeso $^{52}_{25}\text{Mn}$	6,5 días	$^{52}_{25}\text{Mn} \rightarrow e^+ + ^{52}_{24}\text{Cr}$
Hierro $^{59}_{26}\text{Fe}$	47 días	$^{59}_{26}\text{Fe} \rightarrow e^- + ^{59}_{27}\text{Co}$
Cobalto $^{56}_{27}\text{Co}$	270 días	$^{56}_{27}\text{Co} \rightarrow e^- + ^{56}_{28}\text{Ni}$
Níquel $^{57}_{28}\text{Ni}$	36 horas	$^{57}_{28}\text{Ni} \rightarrow e^+ + ^{57}_{27}\text{Co}$
Cobre $^{64}_{29}\text{Cu}$	12,8 horas	$^{64}_{29}\text{Cu} \rightarrow e^+ + ^{64}_{28}\text{Ni}$

CUADRO II

micos, lo que generalmente provoca la transmutación de éstos con formación de nuevos núcleos radioactivos; siendo éste el motivo por el cual los neutrones lentos constituyen uno de los agentes más empleados en la obtención de radioelementos artificiales.

Los neutrones se consiguen por transmutación de numerosos elementos, pudiendo prepararse muy fácilmente un emisor de neutrones, colocando en una pequeña ampolla cerrada, una mezcla de Berilo en polvo y de Emanación. En estas condiciones los rayos  $\alpha$  emitidos por la Emanación, transforman al Berilo en Carbono con expulsión de neutrones:



Mediante este procedimiento se obtienen 27.000 neutrones por segundo, por cada milicurie de Emanación.

Los neutrones obtenidos en las reacciones nucleares poseen energías variables entre 3 y 10 m.e.v. siendo por consiguiente "neutrones rápidos", los que se transforman en "neutrones lentos" si se les hace atravesar por sustancias hidrogenadas como la parafina o el agua, cuyas moléculas degradan por choque elástico la energía del corpúsculo hasta reducirla al orden del trigésimo de e.v.

#### EL URANO 235, GENERADOR DE RADIOELEMENTOS

En Enero de 1939, HAHN y STRASMANN del Instituto de Química de Berlín, anuncian el descubrimiento de un nuevo proceso nuclear: la explosión de los núcleos de Urano excitados por neutrones, con emisión de una cantidad de energía del orden de 200 m.e.v.

El nuevo fenómeno provoca dentro del campo de la Ciencia, uno de los momentos de mayor expectativa y entusiasta actividad, pues el proceso no sólo presenta características nuevas e imprevistas, sino además porque la energía liberada es diez veces mayor que la registrada en las transmutaciones atómicas hasta entonces conocidas.

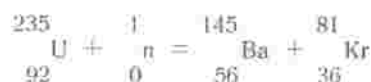
La experiencia es repetida con éxito en los más notables laboratorios del mundo, y surge la idea de que el fenómeno sea debido a uno de los isótopos constituyentes del Urano natural. Los investigadores se dedican entonces febrilmente a la separación de los isótopos 234, 235 y 238 del Urano; tarea difícil, en la que triunfa NIER de la Universidad de Minnesota, separando por primera vez dichos isó-

topos, en Abril de 1940, mediante un espectrógrafo de masa por cuyo tubo de descarga se hacía circular una corriente de vapores de bromuro de Urano. Dos semanas más tarde en los laboratorios de la General Electric, se conseguía también la misma separación.

Los isótopos separados, se remiten de inmediato a la Universidad de Columbia, donde FERMI y sus colaboradores, constatan que el agente activo en la espectacular reacción es el Urano 235. El Urano 238 constituyente en un 99 % del elemento puro, no sólo es inactivo, sino que actúa como amortiguador del violento proceso nuclear considerado.

El fenómeno se caracteriza por una extrema complejidad, pues la división de los núcleos no se realiza siempre en la misma forma, y por consiguiente las partículas proyectadas corresponden a elementos muy diversos.

Una de las reacciones más frecuentes en el transcurso de esta desintegración sería:



Como los núcleos de Bario y de Kriptón así formados, tienen una masa superior en varias unidades a la de los isótopos más pesados de dichos elementos, son muy inestables y se desintegran en forma sucesiva con emisión de neutrones y de rayos  $\beta$  hasta llegar a núcleos de masa apropiada a su carga.

En experiencias muy recientes realizadas por ANDERSON, FERMI y GROSSE, irradiando con neutrones, 50 gramos de Urano 235, se ha constatado la presencia de 72 especies radioactivas en los productos de la desintegración, estableciéndose las características de algunas en el Cuadro III.

Los prolongados periodos de dichos elementos, han permitido su separación, así como el riguroso estudio de sus características fundamentales.

La energía liberada en este proceso es del orden de 200 m.e.v. y como la desintegración del Urano 235 ha sido obtenida por la acción de neutrones lentos de 0,03 e.v., se produce en este caso una enorme multiplicación de la energía, que ha abierto las posibilidades de utilización de una nueva fuente de energía, sobre la base de realizar en condiciones económicas la citada reacción nuclear.

La enorme cantidad de energía desarrollada en el transcurso de la desintegración del Urano 235, constituye indudablemente uno de los aspectos más interesantes del fenómeno; pero hay otro, que quizás pueda adquirir una importancia mayor, y es la posibilidad de utilizar el Urano 235 para la generación de radio-elementos y de neutrones en cantidades il-

CUADRO III.- CARACTERÍSTICAS DE LOS RADIOELEMENTOS PREDOMINANTES EN LOS PRODUCTOS DE DESINTEGRACIÓN DEL URANO-235 IRRADIADO POR NEUTRONES

Radio-elemento	Período	Radio-elemento	Período
Francio ${}_{87}^{223}\text{Fr}$	21,3 h	Antimonio ${}_{51}^{126}\text{Sb}$	5,2 h
Bromo ${}_{35}^{79}\text{Br}$	3,8 h	Teluro ${}_{52}^{127}\text{Te}$	10 h
Zincón ${}_{50}^{80}\text{Zn}$	1,9 h	Teluro ${}_{52}^{129}\text{Te}$	70 p
Strontio ${}_{38}^{89}\text{Sr}$	1 h	Teluro ${}_{52}^{130}\text{Te}$	77 h
Radio ${}_{88}^{90}\text{Ra}$	13 m	Iodo ${}_{53}^{131}\text{I}$	8 d
Actinio ${}_{89}^{91}\text{Ac}$	51 d	Iodo ${}_{53}^{132}\text{I}$	26 h
Estroncio ${}_{38}^{90}\text{Sr}$	6 h	Iodo ${}_{53}^{133}\text{I}$	20 h
Ytrio ${}_{39}^{90}\text{Y}$	3,3 h	Xenón ${}_{54}^{134}\text{Xe}$	5 d
Zirconio ${}_{40}^{92}\text{Zr}$	70 d	Xenón ${}_{54}^{135}\text{Xe}$	9,4 h
Bario ${}_{56}^{138}\text{Ba}$	17 h	Cesio ${}_{55}^{137}\text{Cs}$	30 m
Niobio ${}_{41}^{93}\text{Nb}$	76 m	Bario ${}_{56}^{140}\text{Ba}$	300 h
Molibdeno ${}_{42}^{94}\text{Mo}$	67 h	Lantano ${}_{57}^{140}\text{La}$	40 h
Antimonio ${}_{51}^{127}\text{Sb}$	60 h	Lantano ${}_{57}^{141}\text{La}$	2,6 h

CUADRO III

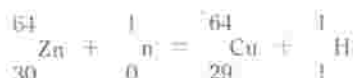
mitadas, con destino a las investigaciones médicas, físicas y biológicas.

#### LA SEPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIOACTIVOS ARTIFICIALES

La producción artificial de los radioelementos ha presentado a los químicos un problema difícil: la separación de las sustancias activas formadas, operación en que se aplican generalmente los procedimientos usuales en Radioquímica.

Las reacciones nucleares que dan origen a los radioelementos pueden clasificarse desde el punto de vista químico en dos grupos:

1º Reacciones en que se modifica el número atómico del elemento excitado; por ejemplo:



2º Reacciones en que el radioelemento formado es isótopo del elemento generador:



La separación de la especie radioactiva es en el primer caso relativamente simple, pues basta agregar al sistema un "carrier" de sustancia inactiva, por ejemplo sulfato de cobre, continuándose luego la separación por los métodos empleados en Radioquímica para aislar reducidas cantidades de

sustancia dispersa al estado molecular o coloidal.

En cambio, la separación de los radioelementos obtenidos mediante las reacciones citadas en segundo término, es mucho más difícil, en virtud de la identidad de propiedades que existe entre el radioelemento y el isótopo inactivo que le ha dado origen.

SZILARD y CHALMERS han establecido un principio general para la resolución de este problema: cuando un núcleo capta un neutrón lento con emisión de rayos  $\gamma$ , la energía de rechazo del núcleo es por lo general mucho mayor que cualquier enlace químico, y por consiguiente el núcleo radioactivo es proyectado como un átomo "libre" o un ión.

Si la constitución química de la sustancia irradiada es de tal naturaleza que prácticamente no haya afinidad alguna entre el radioisótopo "libre" y el elemento inactivo combinado, es posible separar ambas especies concentrando la radioactividad.

Para esto es necesario operar generalmente con compuestos en que el elemento considerado no se encuentre unido por ligaduras de carácter polar. Así por ejemplo, excitando el yoduro de etilo con neutrones lentos se ha obtenido el Radio-Iodo; agregando una traza de Iodo y separando las especies químicas del sistema, pudo constatar que casi toda la radioactividad se había concentrado en el Iodo.

Se han obtenido también resultados positivos empleando el yodato de potasio en lugar del yoduro de etilo, habiéndose generalizado esta técnica a todos los halógenos, así como al arsénico y a numerosos elementos electronegativos.

Sin embargo, se han presentado dificultades para aplicarla a los metales, pues el carácter de la ligadura que debe unir al metal en el compuesto a emplearse, exige que éste sea volátil, fácilmente fusible y soluble en medios orgánicos, propiedades que generalmente corresponden a las sustancias conocidas con el nombre de compuestos organo-metálicos, como el zinc dimetil, por ejemplo.

Desgraciadamente, hay en el Cuadro Periódico un gran número de elementos metálicos, entre ellos, los constituyentes del grupo de transición de BOHR, con los cuales no ha sido posible preparar aún derivados organo-metálicos, a pesar de las numerosas tentativas realizadas en los últimos 80 años.

En cambio, hay un gran número de compuestos, los compuestos complejos de WERNER, dentro de cuyos radicales pueden introducirse los metales.

Werner denominó ópticamente enantiomorfos, a los compuestos que tenían la propiedad de desviar hacia la derecha o hacia la izquierda la luz polarizada. Algunos de estos compuestos después de separados tienen la particularidad de conservar durante mucho tiempo sus propiedades ópticas, mientras



que otros racemizan, es decir, pierden su actividad óptica.

STEIGMAN ha estudiado recientemente el empleo de los compuestos complejos en la obtención de radioelementos artificiales, habiendo llegado a la conclusión de que si el compuesto racemiza después de la irradiación de neutrones, no se produce prácticamente intercambio alguno entre el compuesto original y el ión metálico radioactivo formado, siendo por consiguiente posible la concentración de la radioactividad por vía química.

#### LA CIENCIA AL SERVICIO DE LA HUMANIDAD: EL ÚLTIMO INFORME DE LA SOCIEDAD AMERICANA PARA CONTROL DEL CÁNCER

Los radioelementos artificiales han encontrado dentro del campo de la Biología interesantísimas aplicaciones.

Dada la facilidad con que es posible señalar eléctricamente su presencia, aún cuando se encuentran bajo las trazas más ínfimas, los biólogos utilizan en la actualidad los radioelementos artificiales para investigar la forma en que se realiza la asimilación de sustancias muy diversas por los organismos. Así por ejemplo, basta agregar trazas de fosfato radioactivo al fosfato a administrarse a un animal, para poder determinar mediante la medida de la radioactividad, la proporción de fósforo asimilado por los tejidos.

La aplicación de los fenómenos que hemos considerado, ha aportado a la Medicina nuevos elementos para la lucha contra el cáncer, donde desde hace algunos años se viene investigando el empleo del neutrón en reemplazo de los rayos X y del Radio.

En un informe preparado últimamente por la Sociedad Americana para Control del Cáncer, se ha realizado un detenido estudio sobre los resultados obtenidos con el empleo del neutrón, aplicado de acuerdo con los mismos principios en que se funda el tratamiento por los rayos X y el Radio.

Se ha constatado que los neutrones pueden matar los tejidos cancerosos con igual eficacia que los otros agentes mencionados, pero al mismo tiempo destruyen los tejidos sanos, por lo cual el tratamiento exige una vigilancia extrema, desde que en algunos casos puede ser tan perjudicial para el paciente, como la propia enfermedad.

Para los médicos, el problema de la curación

del cáncer por este procedimiento, se circunscribe a la utilización de la energía de esos corpúsculos, en el ataque exclusivo de los tejidos enfermos.

Según el Doctor FAILLA del Memorial Hospital de Nueva York, uno de los más autorizados especialistas en la materia, la solución del problema estaría en el empleo de radioelementos generados en el propio organismo.

El Doctor Failla ha sugerido la idea de concentrar en los tejidos cancerosos, elementos como el Litio, Boro, etc., susceptibles de transformarse mediante una aplicación de neutrones, en radioelementos energéticos que llevarían luego a cabo su acción terapéutica.

Para conseguir este resultado sería necesario inyectar deliberadamente dichos elementos en el tumor canceroso, procedimiento muy objetable, que podría ser de contrarias consecuencias. En cambio, el Doctor Failla ha preconizado la búsqueda de tinturas que inyectadas en la circulación sanguínea, se concentran preferentemente en tejidos anormales.

Bastaría agregar a esas tinturas vestigios de Boro o de Litio, para conseguir la solución de problema tan trascendental. El Doctor Failla confía en que las numerosas investigaciones que se están realizando con esta orientación, conduzcan dentro de breve tiempo a resultados del mayor interés.

Y he aquí, como una vez más en la historia de las Ciencias, la investigación científica, ha salvado los límites del laboratorio, para acudir en ayuda del Hombre, en su lucha incesante por la conquista de la Salud y del Bienestar.

Hoy, como ayer, las transmutaciones radioactivas han abierto un inmenso horizonte de esperanzas en la lucha contra uno de los más temidos flagelos que azotan a la Humanidad.

En las postrimerías del Siglo XIX, desde uno de los más modestos laboratorios de Francia, se levanta la voz de PIERRE y de MARIE CURIE, para anunciar la buena nueva que había de inmortalizarles... Hoy, la Ciencia ha circundado el Mundo, y a pesar de que un flagelo, aún más terrible que el Cáncer, ha hecho clausurar tantos laboratorios, desde Oriente hasta Occidente, los investigadores prosiguen afanosamente su invaluable tarea de consolar un nuevo descubrimiento: la RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL.

La hidrólisis ácida del almidón, en presencia de sales de molibdeno, da un jarabe con un contenido elevado en glucosa y grado de fluidez conve-

niente. Se le conoce como azúcar líquido y encontrará aplicaciones en la industria de las confituras.