

# QUIMICA INDUSTRIAL

REVISTA CIENTIFICA DE LA ASOCIACION DE QUIMICOS  
INDUSTRIALES DEL URUGUAY

AFILIADA A LA AGRUPACION UNIVERSITARIA DEL URUGUAY Av. AGRACIADA 1464 Piso 13

Año I

Volumen I

Junio 1947

N.º 3

## Sumario:

### PRIMERA SECCION

Editorial . . . . .	189
La investigación científica . . . . .	189
La Exposición de la industria argentina en Buenos Aires . . . . .	192

### SEGUNDA SECCION

#### Colaboraciones Originales

El papel para uso de cheques bancarios Q. I. Armando N. Capdevila . . . . .	197
--	-----

### TERCERA SECCION

#### Colaboraciones de revisión, divulgación y enseñanza, traducciones

Importancia del factor "alcalinidad" en el proceso de la industria textil lanera Q. I. Luigi Bona . . . . .	225
La energía atómica Q. I. Carlos R. Píriz McColl . . . . .	235
Instrumentos e instrumentación Q. I. Herbert Wirth . . . . .	243

### CUARTA SECCION

#### Bibliografía Química Nacional

Resúmenes . . . . .	263
---------------------	-----

### QUINTA SECCION

Noticias de interés para la industria . . . . .	273
---	-----

# LA ENERGIA ATOMICA

Q. I. CARLOS R. PIRIZ McCOLL

Del aula de Química Inorgánica. Facultad de Química, Montevideo.

Dada la gran actualidad e importancia que tiene el tema de la energía atómica, se presenta el siguiente resumen hecho sobre el contenido de algunos artículos recientes sobre el tema, que han aparecido en varios números de "Chemical and Engineering News" del corriente año. Los autores de dichos artículos son investigadores mundialmente conocidos como: Fermi, Seaborg, Oppenheimer Taylor, etc., que han trabajado y trabajan en física atómica.

La fuente de la energía atómica es la masa. La masa, según lo demostró Einstein en 1905, sólo difiere de la energía en la manera de manifestarse y es capaz de transformarse en ella de acuerdo a su célebre ecuación:

$$\text{Energía} = \text{Masa} \times (\text{Veloc. de la Luz})^2$$

Esta transformación se ha llevado a cabo actualmente en forma experimental y comienza a ser dominada por el hombre.

Si consideramos la siguiente reacción teórica, de la generación de un núcleo de helio a partir de protones y neutrones:

$2 \text{}^1_1\text{H} + 2 \text{}^1_0\text{N} = \text{}^4_2\text{He}$  (índice superior: masa, inferior: carga), desde el punto de vista de las masas que entran en reacción, tendremos:

2 neutrones	=	2,01794	unidades de masa
+			
2 protones	=	2,01516	" " "
<hr/>			
suma	=	4,03310	" " "

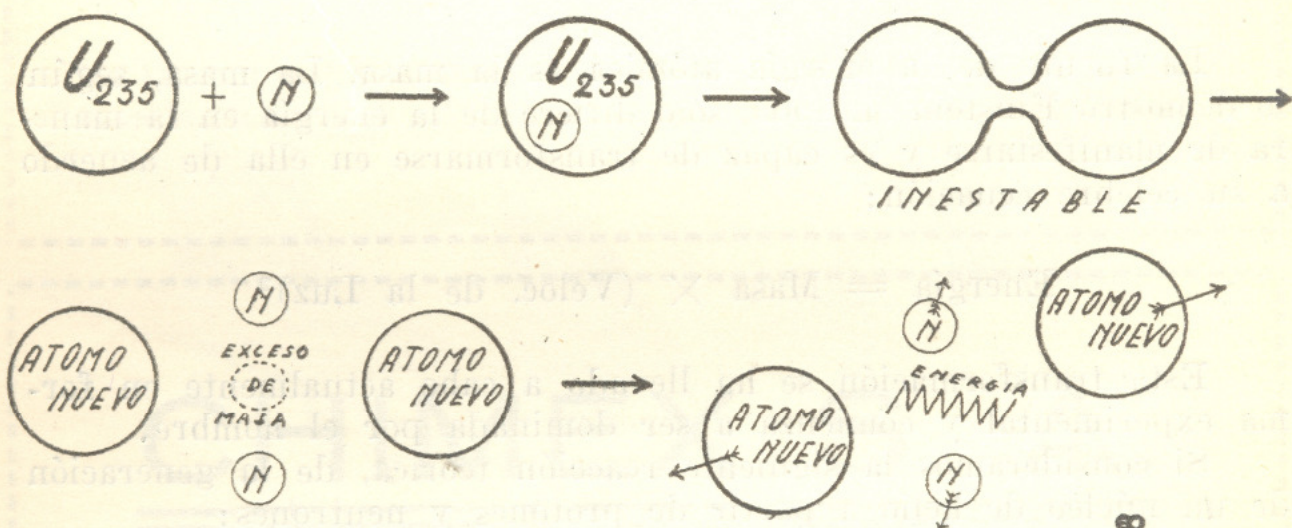
4,03310, debería ser la masa del núcleo de helio de acuerdo a la ley de la conservación de la masa, sin embargo dicho peso es menor, vale 4,00388. Hay pues una diferencia de 0,02922 unidades.

Si la reacción citada se realizara, ese exceso de masa desaparecería como tal, transformándose en energía. El cálculo muestra que cuando se formase 1 gr. de He por el proceso indicado, se liberarían 16,5 billones de calorías.

El ejemplo anterior permite prever la enorme cantidad de energía que es capaz de producir la masa al transformarse.

Reacciones parecidas a la del ejemplo, han sido realizadas actualmente.

Cuando el isótopo del Uranio de masa 235, es bombardeado con neutrones lentos, provenientes de un ciclotrón, el núcleo  $U^{235}$  absorbe un neutrón formando un nuevo núcleo inestable cuya fisión inmediata produce la liberación de un exceso de masa que se transforma en energía. Además de la liberación de energía se forman nuevos átomos estables y se liberan neutrones. El fenómeno descrito, base fundamental de todo lo que se refiere a energía atómica, se halla claramente ilustrado en el siguiente esquema:



El exceso de masa se transforma en energía de acuerdo a la ecuación de Einstein y se manifiesta como energía cinética de las partículas formadas en la fisión y como energía radiante. La energía cinética de las partículas que salen disparadas, se transforma en calor, cuando dichas partículas chocan contra otras.

Cuando un  $U^{235}$  se divide según el esquema anterior, se liberan 200 millones de electrón-voltios de energía, cantidad millones de veces mayor que la producida en cualquier reacción química ordinaria.

Además del  $U^{235}$  se ha descubierto que el  $Pu^{239}$ , isótopo del Plutonio, elemento transurinario de N.º atómico 94, obtenido por Seaborg, McMillan, Wahl y Kennedy en 1940 en la Universidad de California, es capaz de fisionarse en igual forma que aquél, con producción de energía atómica.

Alrededor de la producción de esos dos isótopos y de la realización de su fisión por bombardeo de neutrones con la consiguiente liberación de energía, se ha desarrollado en EEUU. el enorme y veloz trabajo de la producción de bombas atómicas, en el cual se calcula que se gastaron hasta el V - J - Day, dos mil millones de dólares.

Los neutrones liberados en la descomposición del núcleo inestable que se forma al absorber el  $U^{235}$  o el  $Pu^{239}$  un neutrón, sufren retrasos por choques elásticos y disminuyen su velocidad, volviéndose capaces de provocar otras fisiones en nuevos núcleos que encuentren a su paso. La nueva fisión también provoca la liberación de neutrones que a su vez podrán actuar. En esta forma la reacción se propaga rápidamente liberándose siempre más energía. Por la forma de producirse esta reacción se denomina reacción en cadena.

Cuando la velocidad de propagación de la reacción en cadena sea regulada, la energía podrá desprenderse en forma gradual y entonces tendremos una pila y cuando se deje producir espontáneamente la reacción, siendo las condiciones apropiadas, la energía desprendida alcanzará en pocos momentos cantidades enormes y tendremos una bomba.

La bomba atómica libera en forma continua y rápida una enorme cantidad de energía que puede provocar una violenta explosión como las de Texas, Hiroshima, Nagasaki, etc.

Cada neutrón al efectuar la descomposición de un núcleo genera 2 nuevos neutrones, (en realidad no son exactamente 2, sino que están entre 1 y 3), los cuales a su vez producen 2 por cada uno y así sucesivamente; de manera que se tiene que el factor de reproducción de la reacción en cadena es 2.

Para regular la reacción en cadena de manera que no se realice "in crescendo" ni que se detenga, debemos llevar el factor de reproducción al valor 1. Obtenido eso tendremos una pila atómica con desprendimiento gradual de energía.

La regulación del factor de reproducción de la reacción en cadena se obtiene introduciendo un absorbedor de neutrones en el sistema, colocado en una posición tal, llamada posición crítica, que absorba la cantidad de neutrones necesaria para que el factor se vuelva igual a 1.

Este moderador está constituido por lo que se llama una vara de control, que es un cilindro de metal que contiene cadmio, elemento fuertemente absorbente, que puede introducirse más o menos dentro de la pila y cuya posición se regula según la temperatura que se desea que desarrolle el sistema.

Una vez construída la pila y puesta en funcionamiento, debe

regularse su control de factor, hasta obtener su posición crítica, para que no se produzca explosión o detención de la reacción en cadena.

Además de eso es necesario disminuir la velocidad de los neutrones secundarios, productos de la fisión, que salen rápidamente disparados y entonces no son útiles para mantener la reacción en cadena. Las sustancias usadas como reguladores de la velocidad de los neutrones son: grafito, deuterio (agua pesada) o berilo, no absorbedores de neutrones, y que van incluidas en la pila, en forma adecuada y regular, en contacto directo con el material productor de energía.

Con pilas de este tipo se tiene la esperanza de producir energía aprovechable para los diversos campos de actividad de los hombres.

Dichas pilas ya han sido construídas y producen energía, pero ésta, en las pilas construídas hasta el momento, tiene el inconveniente de ser liberada a baja temperatura, lo que hace que no sea aprovechable, como lo enseña la termodinámica.

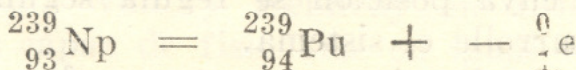
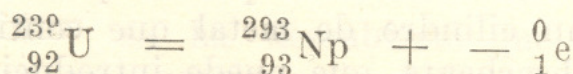
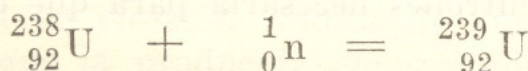
Hasta ahora, es más lo que se ha hecho sobre la explosión atómica que sobre la pila atómica.

A pesar de lo poco que se ha revelado sobre estas cosas, hay una serie de datos que son de interés para el conocimiento general.

El primer asunto que se presentó en la realización del proyecto de preparar bombas atómicas, fué la producción de los isótopos fisionables  $U^{235}$  o  $Pu^{239}$ , generadores de la energía atómica, en estado apropiado de pureza. Para eso es necesario en primer término, obtener mineral de urano en cantidades grandes y obtener el metal puro de él, lo cual ya es bastante decir.

El urano ordinario está formado por una mezcla de dos isótopos: el  $U^{235}$  formando el 0,7% y el  $U^{238}$  que es el 99,3% restante.

El  $U^{238}$  al ser bombardeado con neutrones lentos, los absorbe, y da lugar a un proceso radioactivo de relativa corta duración, transformándose en un isótopo de un nuevo elemento de N.º atómico 94, el Plutonio, pasando primeramente por un isótopo radioactivo del Neptunio, elemento de N.º atómico 93. El proceso es:



Esta reacción se realiza sólo en forma parcial y desgraciadamente sólo una pequeña fracción de los átomos de  $U^{238}$  pueden transformarse en  $Pu^{239}$ .

Para llevarla a cabo se construyen pilas de urano de factor de reproducción regulado a 1. Estas pilas fueron estudiadas y puestas en funcionamiento por Fermi, Szilard y sus colaboradores, en el correr de 1942, en la Universidad de Columbia, utilizando urano natural que hubo de ser purificado especialmente, atacando impurezas tales como las tierras raras (especialmente gadolinio y samario), boro y cadmio y usando como moderador el grafito, también especialmente purificado. Dichas purificaciones están dirigidas a la eliminación de elementos absorbedores de neutrones, pues el U ordinario contiene muy poco elemento fisionable, y la pérdida de neutrones es fatal para la continuación de la reacción en cadena en este caso.

El urano y el grafito son colocados en la pila de una manera especial.

El 2 de diciembre de 1942, se puso en funcionamiento la primer pila de este tipo, operando como un sistema de sostenimiento propio y estaba formada por seis toneladas de urano metálico adicionado de cantidades adecuadas de óxido y de una considerable cantidad de grafito. Los materiales eran enfriados con agua para eliminar el gran calor producido.

Esta pila fué operada prudencialmente a 0,5 watt y luego aumentada hasta 200 watt, variando la posición de su vara de control.

Después de esta pila funcionaron otras como la de Clinton que usaba agua pesada como regulador y aire para enfriar, etc.

Las condiciones para el funcionamiento de una pila son: suficiente tamaño, moderador apropiado, eliminación de materiales absorbedores de neutrones, medio de iniciar la reacción, medio de eliminar las grandes cantidades de calor y medios de control rápidos y seguros.

El  $Pu^{239}$  que se forma en estas pilas, debe ser separado del resto de U y de los otros productos de desintegración y purificado para ser luego usado en la preparación de bombas o pilas.

Estas operaciones que se han indicado, han presentado innumerables dificultades y ha sido necesario realizarlas por control remoto, separándose el investigador por gruesas paredes de concreto y plomo para proteger su cuerpo de las radiaciones.

La separación del plutonio se hace por vía química, basándose en la distinta solubilidad de sus sales en los distintos grados de oxidación que presenta el metal.

El  $U^{235}$  fisionable, es más difícil de obtener puro, que el Pu, pues hay que separarlo del  $U^{238}$  por los métodos de separación de

isótopos que son difícilmente realizables, sobretudo en gran escala. Dichos métodos son los basados en propiedades físicas dependientes de la masa, como ser: difusión térmica, centrifugación, difusión a través de paredes porosas y acción de atracciones electromagnéticas

Hemos dicho que la energía obtenida hasta ahora por la fisión del  $U^{235}$  o el  $Pu^{239}$  lo es a baja temperatura lo que hace que sea difícilmente aprovechable.

Las pilas que se han construido hasta ahora han tenido como objeto la obtención de  $Pu^{239}$  y no la producción de energía, pues era necesario preparar bombas atómicas para la guerra, pero actualmente se ha encarado el problema de construir pilas de reacción en cadena con  $Pu^{239}$  o  $U^{235}$ , con el objeto de producir energía aprovechable con fines industriales diversos. No hay limitación práctica en cuanto a la temperatura que puede desarrollarse con la energía atómica liberadas por la transformación de pequeñas cantidades de masa. Con la explosión de la bomba atómica se calcula que se producen temperaturas del orden de  $1,000,000^{\circ} C$ .

El asunto de la generación de energía aprovechable con la reacción en cadena tendrá que ser estudiado y uno de los problemas primeros será la elección de materiales que estarán en contacto con el sistema productor, que deberán resistir temperaturas altas y a la vez no influir sobre la propagación de la reacción por absorción de neutrones.

Durante los estudios sobre la energía atómica y los elementos que la producen, se han aplicado técnicas que son muy interesantes.

Primeramente al descubrirse los elementos como el  $Pu$  y el  $Np$ , se trabajó en escala de trazas guiándose como propiedad fundamental de la medida de la radioactividad y estudiando las propiedades de esos elementos efectuando dicha medida. Posteriormente se aumentaron las cantidades manejadas llegándose a obtener microgramos (millonésima de gramo).

Estas primeras cantidades pesables de  $Pu$  fueron obtenidas bombardeando continuamente el Urano con un ciclotrón y en esa forma después de pasar grandes cantidades de Urano se obtuvieron algunos microgramos. En 1943 se llegó a obtener 1 mg. en la Universidad de California.

Las técnicas usadas para estudiar las propiedades de estos elementos sobre cantidades tan pequeñas son las llamadas de arrastre, que permiten efectuar determinaciones con una precisión de 5% sobre algunas propiedades pero que en muchos casos no son seguras.

Los estudios sobre elementos sintéticos crearon una ultramicroquímica, que usa balanzas como la de torsion de fibra de cuarzo o la de Salvioni con precisión del orden del microgramo y pipetas y vasos hechos con capilares que se trabajan bajo un poderoso mi-

eroscopio y que tienen dispositivos de llenado especiales. Con estos dispositivos se pudo trabajar a las concentraciones ordinarias usando pequeñísimas cantidades de substancia.

Con estas técnicas se estudiaron las propiedades de los elementos sintéticos: el Neptunio, el Plutonio y los nuevos descubiertos recientemente por Seaborg el 95 y 96, llamados Americum y Curium.

Con el método de la pila de reacción en cadena se han obtenido ahora cantidades grandes de Pu, y los químicos pudieron estudiar las propiedades de este elemento fundamental en la producción de energía atómica.

El Pu presenta valencias VI, V, IV y III, siendo los más estables los de valencia III. En general las sales de menor grado de oxidación son las más insolubles. Se han preparado y descrito propiedades de muchos compuestos del Pu. Su química se conoce hoy día ampliamente.

Es de esperar que con el correr de los años existan plantas que transformen la energía liberada en la fisión del  $\text{Pu}^{239}$  o del  $\text{U}^{235}$  en energía aprovechable por el hombre como la eléctrica, usufructuando así la enorme fuente de energía que nos facilita la naturaleza. Se calcula que 1 kilo de  $\text{U}^{235}$  equivale por la energía que puede producir a 3,000,000 de kilos de carbón.

Como el  $\text{Pu}^{239}$  o el  $\text{U}^{235}$  pueden ser usados para la destrucción con los ya conocidos terribles resultados, no han sido revelados los detalles de muchas de las operaciones de su preparación, pero existe la posibilidad de que en el futuro puedan venderse esos elementos para la producción de energía pero desnaturalizados, para que no sea posible construir bombas con ellos.

La desnaturalización consistiría en mezclar el  $\text{U}^{235}$  con el  $\text{U}^{238}$  en proporción adecuada de modo que el  $\text{U}^{238}$  absorba neutrones, al desarrollarse la reacción en cadena. De manera que el factor de reproducción fuera muy próximo a 1. Por otra parte la separación de isótopos resultaría muy difícil. La energía atómica puede ser también fuente de otras aplicaciones.

Los productos de la fisión son elementos de la parte media de la clasificación periódica, mencionándose especialmente Iodo, Ytrio, Kriptón y Bario, que al formarse son radioactivos. Esta radioactividad puede aprovecharse con fines terapéuticos o de otra índole.

Al incluir un elemento como el carbono en las proximidades de la fisión absorbe neutrones transformándose en un isótopo radioactivo de larga vida, el  $\text{C}^{14}$ , que ha demostrado ser útil en estudios biológicos, lo mismo que el  $\text{S}^{35}$  radioactivo.

Indudablemente, desde todo punto de vista, el descubrimiento y la aplicación de los fenómenos productores de energía atómica constituye una conquista capital del conocimiento humano.