

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

ES	11	NÚMERO	A 1
	12	441.747	
	13	FECHA DE PRESENTACION	
		13-10-75	

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
	31	NÚMERO	15-10-74		Estados Unidos
		514.303			
47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			B 01 D		
64	TITULO DE LA INVENCION				
	METODO Y SU CORRESPONDIENTE APARATO PARA PRODUCIR UNA SEPARACION ISOTOPEICA ENTRE MOLECULAS				
71	SOLICITANTE (S)				
	JERSEY NUCLEAR-AVCO ISOTOPES, INC				
	DOMICILIO DEL SOLICITANTE				
	777 106th Avenue Northeast, BELLEVUE, Washington 98004, Estados Unidos.				
72	INVENTOR (ES)				
	James C. Keck, de nacionalidad estadounidense.				
73	TITULAR (ES)				
74	REPRESENTANTE				
	D. BERNARDO UNGRIA GOLBURU				

POOR
QUALITY

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Se describen un método y un aparato para separar los tipos de isótopos creando una excitación vibratoria isotópicamente selectiva de las moléculas que contienen, por lo menos un átomo del tipo de elemento cuyos isótopos han de ser separados. La excitación vibratoria es inducida en las moléculas por medio de una radiación láser de banda estrecha finamente sintonizada que se aplica a una circulación gaseosa de las moléculas. La separación isotópica de las moléculas se consigue a partir de la amplificación de la diferencia de las velocidades de difusión de las moléculas producida por la alteración de los coeficientes de acomodación de las moléculas excitadas.

AMBITO DEL INVENTO

El invento se refiere a la separación de isótopos y, en particular, a la mejora de la separación de isótopos que se obtiene por medio de la alteración del coeficiente de acomodación producida mediante radiaciones láser.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

Actualmente el enriquecimiento del uranio a nivel de fabricación, es decir la separación del isótopo U-235, se realiza por lo que se llama corrientemente técnica de difusión gaseosa. De acuerdo con aspectos conocidos de esta técnica, se hacen pasar bajo presión moléculas de hexafluoruro de uranio (UF_6) a través de conjuntos de pequeños agujeros o conductos en una pantalla de difusión que contrae la circulación del gas hexafluoruro de uranio y afecta muy ligeramente su velocidad de circulación de acuerdo con el peso molecular. Por tanto, la velocidad de circulación a través de los conductos es función del tipo de isótopos, lo que permite obtener un pequeño enriquecimiento, típicamente de 0,2% en cada etapa. Se mejora típicamente este enriquecimiento,

utilizando a la vez sistemas de alimentación y de realimentación entre las corrientes de productos de desperdicio y de productos útiles.

La diferencia de masa muy pequeña entre los átomos de los diferentes tipos de isótopos que constituyen la molécula de hexafluoruro de uranio y la diferencia de masa relativa total todavía más pequeña entre las moléculas completas, impone un límite a la diferencia de velocidad de difusión que puede ser conseguida para las moléculas isotópicamente distintas. Este límite, como se ha indicado más arriba, es muy pequeño y exige la utilización en cascada de numerosas etapas de conductos de difusión si se desea enriquecer el uranio desde su concentración natural de aproximadamente 0,7% hasta una concentración de aproximadamente 2-4% necesaria para su utilización típica en los reactores de centrales nucleares.

En la patente de los Estados Unidos, número 3.772.519 se utiliza un procedimiento de enriquecimiento de uranio totalmente diferente que utiliza las diferencias de frecuencia de absorción de radiaciones entre los varios tipos de isótopos, en particular del uranio elemental, para permitir la ionización de las partículas de un tipo de isótopo, de modo que la separación pueda hacerse eléctricamente.

BREVE RESUMEN DEL INVENTO

En un modo de realización preferido, el invento amplifica el efecto de separación por difusión, aplicando una energía radiante finamente sintonizada a las moléculas en curso de difusión para producir una vibración en las moléculas que tienen átomos de un tipo de isótopo determinado. La excitación vibratoria permite una separación más eficaz de los isótopos utilizando las técnicas de difusión. Cuando la velocidad de difusión

es el factor operativo que produce la separación entre los tipos de isótopos, puede hacerse que la energía radiante aplicada y la excitación vibratoria resultante de las moléculas gaseosas del tipo de isótopo elegido, se ajuste al coeficiente de acomodación de las moléculas que circulan a través de los conductos de difusión. Las temperaturas del gas y de los conductos se mantienen de modo que se asegure que las moléculas reboten a partir de las paredes de los conductos con elasticidad casi perfecta, pero con un cierto grado de acomodación o "adherencia". Una variación en el coeficiente de acomodación existirá entre las moléculas excitadas de manera vibratoria y aquellas que no están excitadas, y cambiará mucho la velocidad de difusión de estas moléculas de acuerdo con el tipo de isótopo. Esto se debe a que las moléculas no excitadas tienden a adherirse más a cada rebote y por tanto, se propagan más lentamente a lo largo del conducto. Se obtiene así una mejora importante del factor de separación entre las corrientes de producto y de desperdicios en una sola etapa de difusión en la cual se produce por medio de radiaciones láser, un cambio isotópicamente selectivo del coeficiente de acomodación.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Estas características así como otras características del invento se entenderán más claramente leyendo la siguiente descripción detallada del modo de realización preferido, que se da a título de ilustración y sin carácter limitativo, conjuntamente con los dibujos que la acompañan y en los cuales:

La figura 1 es un diagrama en bloques del sistema, que representa las posibles disposiciones de las etapas para la separación de isótopos en varias etapas utilizando técnicas según el invento;

la figura 2 es un diagrama en bloques del

sistema de una sola etapa según el invento;

la figura 3 es un diagrama de la configuración interna del aparato que corresponde a una porción de la estructura de la figura 2; y

5 la figura 4 es una vista estructural interna similar tomada a lo largo de las líneas de sección indicadas en la figura 3.

DESCRIPCION DETALLADA DEL MODO DE REALIZACION PREFERIDO

10 El invento se refiere a un sistema para mejorar el rendimiento de los procedimientos de separación de isótopos y al aparato correspondiente, mediante la creación de un estado de excitación vibratoria en moléculas que contienen átomos de un tipo de isótopo. La excitación vibratoria se induce típicamente mediante la irradiación por láser de un ambiente gaseoso de moléculas
15 que contienen átomos de varios tipos de isótopos de un elemento común, típicamente uranio. Las moléculas excitadas que vibran tienen una característica que permite la separación de las moléculas basándose en los tipos de isótopos en un grado más importante que el que se obtiene sin la excitación vibratoria de las moléculas,
20 por ejemplo, en el procedimiento de difusión gaseosa.

La excitación láser utilizada para producir el estado vibracional de las moléculas según el invento, debe ser distinguido de la excitación producida por láser de los niveles de energía electrónica en átomos o moléculas, según se describe,
25 por ejemplo, en las patentes de los Estados Unidos, números 3.443.087 y 3.772.519. En estas patentes, la excitación láser, típicamente con una frecuencia sustancialmente más elevada, se emplea para producir un cambio del estado de energía, por ejemplo, de un átomo de uranio, obligando a un electrón situado en una órbita externa a situarse en una órbita electrónica más alejada, y
30

finalmente, a tomar un estado ionizado mediante la absorción de radiaciones u otros mecanismos. En el presente invento, se utiliza la radiación láser para producir la vibración de los átomos moleculares por medio de la energía impartida por la absorción fotónica por la molécula. La radiación láser absorbida por la molécula induce una excitación vibratoria de los átomos de la molécula, por ejemplo mediante una oscilación de los elementos de la molécula alrededor de sus fuerzas de unión molecular. En este sentido, la excitación láser puede ser considerada como induciendo una oscilación estrictamente mecánica de la molécula. Para obtener este resultado, se elige preferentemente el láser en función de su capacidad de sintonización sobre una frecuencia particular que excitará de manera vibracional la molécula. Además, se ajusta el láser de modo que su longitud de onda de salida esté adecuadamente limitada para facilitar la selectividad isotópica de las moléculas excitadas de manera vibratoria.

En el caso del hexafluoruro de uranio, la selectividad isotópica de la excitación vibratoria de las moléculas, es posible en razón de la ligera diferencia de masa entre los átomos de U-235 y de U-238 constituida por un átomo de la molécula de hexafluoruro de uranio de siete átomos. Las propiedades de la molécula que permiten la oscilación mecánica armónica se describen por medio de una ecuación diferencial del segundo grado que relaciona la masa atómica y las limitaciones de unión molecular. Ya que las masas de los diferentes isótopos de uranio difieren de acuerdo con las diferencias de masa de los isótopos, las frecuencias armónicas de oscilación para la excitación vibratoria de las moléculas diferirán de manera correspondiente.

En este caso, la molécula de hexafluoruro de uranio presenta un interés particular porque cada molécula con

tiene solamente un átomo del elemento cuyos isótopos han de ser separados. Cuando existe más de un átomo de este elemento particular, se produce una proliferación del número de líneas de absorción en las cuales el tipo de isótopo deseado se presenta con porcentajes diferentes en cada molécula y puede producirse una distinción menos clara entre las frecuencias de las líneas de absorción.

El invento está basado sobre lo que antecede y se describirá ahora con relación a los dibujos, a título de ejemplo, un aparato según el invento y los procedimientos para llevarlo a la práctica. En particular, en el procedimiento según el invento, puede ser conveniente utilizar varias etapas de enriquecimiento en cascada, recibiendo cada una de ellas moléculas de fase gaseosa, (por ejemplo UF_6) y proporcionando una corriente de salida o de producto enriquecido, así como una corriente de salida agotada o de desperdicio. La corriente enriquecida puede aplicarse al siguiente paso de enriquecimiento de orden más elevado, y la corriente agotada puede aplicarse al siguiente paso de enriquecimiento de orden más bajo. Este esquema general se ilustra en la figura 1. En ésta, se representa una pluralidad de etapas 12, 14 y 16 (S_1 , S_0 y S_{-1}), que representan solamente tres etapas de una instalación de enriquecimiento de etapas múltiples. Según se ilustra en la figura 1, las moléculas en estado gaseoso se aplican a través de la línea de alimentación 18 (F_0) a la etapa central 14 (S_0). A la etapa 14 se aplica una mezcla de la tubería de alimentación 18 con la tubería de desperdicios W_1 de la etapa 12 (S_1), y la línea de producto P_{-1} de la etapa 16 (S_{-1}). La salida de producto de la etapa 14 (P_0) se aplica por delante de la siguiente etapa de orden más alto 12 (S_1) conjuntamente con la salida agotada W_2 , procedente de la etapa de orden superior in

mediatamente anterior, S_2 , no ilustrada. La línea de alimentación F_1 de la etapa 12 (S_1) es la combinación de la salida W_0 de la línea de desperdicios de la etapa 14, y de la salida P_{-2} de la línea de producto de la etapa S_{-2} , no ilustrada. Ya que pueden utilizarse en cada lado de la etapa 14 tantas etapas como sean convenientes para el enriquecimiento total del sistema, el enriquecimiento total es igual al factor de enriquecimiento de cada etapa individual elevado a la potencia del número de etapas en la cadena.

10 En el modo de realización del sistema que se describe a título de ejemplo según el invento, cada etapa de la cadena ilustrada en la figura 1, contiene típicamente los componentes ilustrados en la figura 2. Las entradas adyacentes de alimentación de desperdicios y de producto de la etapa, representadas generalmente por las cantidades W_{i+1} y P_{i-1} , se aplican a los orificios respectivos diferentes de un compresor 20. La circulación gaseosa P_{i-1} tendrá típicamente una presión inferior a la circulación W_{i+1} y por tanto, se aplicará al compresor 20 a puntos de presión diferentes para proporcionar en una tubería 22 una circulación de salida F_i que representa una mezcla de las circulaciones de entrada de desperdicios y de producto a la presión adecuada. La tubería de circulación 22 se aplica a una etapa de enfriamiento 24 que puede incluir típicamente un serpentín de intercambiador térmico adaptado para facilitar una circulación de salida en una tubería 26 a una temperatura definida para todas las etapas. La temperatura que reina en este conducto 26 se controla para mantener un estado gaseoso de las moléculas excitadas y no excitadas que fluyen por el conducto 26 y para obtener un coeficiente de acomodación efectivo para ambos tipos de moléculas en una etapa de difusión siguiente 28. Este criterio está basado

más particularmente sobre la necesidad de mantener una temperatura suficientemente elevada para evitar la condensación de todas las moléculas, manteniendo al mismo tiempo la temperatura a un nivel suficientemente bajo para asegurar una población notable de los estados de energía más bajos, en particular con el estado fundamental para las moléculas de UF_6^{235} . Una temperatura de $200^\circ K$ parece ser razonablemente típica para esta aplicación y proporciona una población en estado fundamental teórica del 4%.

El aparato que constituye la etapa de difusión 28 en el modo de realización preferido del invento, se ilustra en sección interna, en las figuras 3 y 4. Haciendo referencia a estas figuras y en particular a la figura 3, se ve que el gas enfriado que circula por la tubería 26 se aplica a un colector 30 que se extiende sobre toda la longitud de la etapa de difusión 28. El colector 30 distribuye el gas de entrada a una serie de canales 32 separados a lo largo del colector 30 y limitados por unos separadores de canales 34. Los separadores de canales 34 contienen unos orificios de refrigeración 36 a través de los cuales se hace pasar un líquido refrigerante, tal como agua, para eliminar el calor producido en el sistema por la radiación laser, con el fin de mantener la temperatura de la circulación al mismo nivel que en el conducto 26. Los separadores de canales 34 forman unas paredes 38 que sirven como límites para los canales. El gas que fluye por los canales 32 penetra en un colector de salida 40 que comunica con un conducto de salida de producto 42. La prolongación del colector 30 más allá de las regiones de los canales 32 hasta un conducto 44 contiene la corriente de salida de desperdicios. La región de los canales 32 entre las paredes 38, definida por las líneas de puntos por un espacio 46 de forma rectangular, está iluminada por la radiación láser procedente de una plurali-

dad de sistemas laser 48, que se ilustran en la figura 4, a lo largo de las líneas de sección representadas en la figura 3. Como se ve más claramente en la figura 4, el refrigerante aplicado a los pasillos 36 se suministra a través de un colector de entrada 50 y sale a través de un colector de salida 52. Las consideraciones de temperatura indicadas más arriba se aplican también en este caso. Un límite inferior de temperatura corresponde a la temperatura en la cual las moléculas no excitadas se condensan o cambian de fase al chocar con las paredes de los canales 32. Los sistemas láser 48 pueden estar constituidos típicamente por sistemas láser continuos. Unas frecuencias de excitación típicas son de 624 cm^{-1} y 825 cm^{-1} , aproximadamente. Los sistemas láser que pueden ser empleados para producir esta radiación, incluyen diodos laser de sal de plomo (Pb Se) para la primera frecuencia o láser de vapor de CS_2 para la segunda frecuencia. En el caso del láser de CS_2 , el vapor se forma a partir del isótopo C-13 de carbono para sintonizarse sobre la línea de absorción de 825 cm^{-1} .

La radiación láser aplicada a las regiones rectangulares sólidas 46 tiene un ancho de banda limitado por las técnicas de selección de frecuencia conocidas para producir una excitación selectiva de las moléculas que tienen, en el ejemplo dado, la forma de hexafluoruro de uranio con U-235, como átomo de uranio de la molécula. Cuando se controla como se indica más arriba la temperatura del gas en los canales 32, las moléculas no excitadas chocan o reaccionan con las paredes 38 y se adhieren en ellas durante un corto periodo de tiempo. Este periodo de tiempo depende mucho de la temperatura. Para un rebote puramente elástico de las partículas excitadas, un intervalo de 10^{-13} segundo o un periodo de vibración es un intervalo de

tiempo típico y por tanto, una "adherencia" de un orden de magnitud, es decir 10^{-12} segundo, será satisfactorio. Este fenómeno de adherencia llamado acomodación, se describe por medio del coeficiente de acomodación α . El paso más rápido de las moléculas excitadas de manera vibratoria a través de los canales 32, da lugar a un enriquecimiento de las moléculas del tipo de isótopo excitado en el orificio de salida 40 en comparación con el colector de entrada 30 y conduce a un agotamiento del isótopo excitado en el conducto de desperdicios 44.

Este efecto puede ser ilustrado cuantitativamente por medio de la siguiente ecuación de velocidad de difusión :

$$T = nu = \frac{\pi}{4} \left(\frac{hc}{\alpha} \right) \frac{dn}{dx}$$

En la cual, n es la densidad del gas; u es la velocidad de desplazamiento por el canal; c es la velocidad media de las moléculas; α es el coeficiente de acomodación y $\frac{dn}{dx}$ es el gradiente de densidad de las partículas a lo largo del canal. Utilizando los sufijos suscritos A y B para designar estos términos para los isótopos de U-235 y U-238 y después de realizar cálculos algebraicos, puede verse que:

$$\frac{n_A \text{ producto}}{n_B \text{ producto}} = \left(\frac{n_A \text{ alimentación}}{n_B \text{ alimentación}} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{\alpha_B}{\alpha_A}$$

en la cual m es la masa molecular.

Por tanto, las relaciones de densidad en los puntos de obtención de producto y de alimentación están relacionadas tanto con la raíz cuadrada de la relación másica de los isótopos como con la relación de los coeficientes de acomodación. Las relaciones de masa constituyen la base de la separación en la tecnología de difusión standard y están limitadas a un factor de separación máximo de aproximadamente 1,004 por etapa tratándose

de uranio, en razón de los valores muy parecidos de las masas de los isótopos. Sin embargo, puede preverse que el coeficiente de acomodación variará en un factor de dos o más, permitiendo obtener un factor de separación igual o superior a dos, lo que constituye una gran mejora. Cuando se excitan moléculas de uranio U-235, las diferencias de masa y las diferencias de coeficiente de acomodación afectarán la difusión en la misma dirección y por tanto, los dos efectos se reforzarán mutuamente.

Utilizando las designaciones H y L para las dimensiones de la separación y de la longitud respectivas de las paredes 38 en los canales 32, la necesidad de enriquecimiento eficaz de acuerdo con la técnica de modificación láser del coeficiente de acomodación aplica unas limitaciones a las dimensiones H y L. Ya que es necesario que las moléculas que se difunden efectúen varias colisiones con las paredes a cada paso a través de los canales 32, la longitud L debe ser muy superior a la separación H. La separación H debe también ser muy inferior al trayecto libre medio entre colisiones moleculares para asegurar una probabilidad mucho más importante de colisiones molécula-pared que de colisiones molécula-molécula. Se evita así una pérdida de excitación vibratoria, así como de selectividad de excitación.

Además, la separación H ha de ser muy superior a la longitud de onda de excitación de láser para permitir su propagación por los canales 32. Finalmente, la teoría utilizada está basada sobre velocidades de circulación no superiores a velocidades subsónicas.

El invento no se limita al modo de realización particular preferido que se describe más arriba y se extiende a las modificaciones y variantes introducidas en esta descripción que se da a título de ejemplo, sin salirse del alcance de

1 las reivindicaciones que siguen.

En resumen, la Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

5 1.- Método y su correspondiente aparato para producir una separación isotópica entre moléculas, que incluyen una pluralidad de isótopos en un átomo, incluyendo el método las etapas que consisten en:

establecer un ambiente de moléculas en circulación
10 que tienen un átomo de las mismas presente en varios tipos de isótopos;

inducir una excitación vibracional isotópicamente selectiva, de las moléculas de dicho ambiente en circulación exponiendo dichas moléculas a radiación electromagnética para producir
15 una vibración molecular de las moléculas que tienen un átomo de un tipo de isótopo predeterminado sin producir al mismo tiempo la vibración de las moléculas que tienen un átomo de otro tipo de isótopo;

hacer reaccionar físicamente las moléculas en circulación con por lo menos, un cuerpo para alterar su circulación en
20 función de la excitación vibratoria de las moléculas para que la concentración de dicho tipo de isótopo predeterminado aumente en, por lo menos, una región del ambiente de circulación, produciéndose la separación isotópica.

25 2.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha etapa que consiste en hacer reaccionar las moléculas en circulación con por lo menos, un cuerpo consiste en aplicar las moléculas en circulación a través de una superficie de un canal.

30 3.- Método según la reivindicación 2, caracterizado porque incluye además una barrera de difusión que tiene una plura-

1 lidad de canales.

4.- Método según la reivindicación 3, caracterizado porque dichas moléculas incluyen un compuesto gaseoso del uranio

5 5.- Método según la reivindicación 4, caracterizado porque dicho compuesto gaseoso del uranio incluye un compuesto de halógeno.

6.- Método según la reivindicación 5, caracterizado porque dicho compuesto es UF_6 .

10 7.- Método según la reivindicación 2, caracterizado porque incluye además:

la etapa que consiste en mantener la temperatura de la superficie para permitir una reacción de rebote de las moléculas con la superficie, con un coeficiente de acomodación de la reacción de rebote que depende de la excitación vibratoria de las moléculas que rebotan;

15 produciendo el coeficiente de acomodación de las moléculas excitadas de manera vibratoria que tienen unos átomos del tipo del isótopo predeterminado, una circulación más rápida de los mismos a través de la superficie.

20 8.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha circulación de moléculas es subsónica.

9.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la fase de aplicación de energía radiante incluye la fase que consiste en aplicar energía láser.

25 10.- Método según la reivindicación 9, caracterizado porque dicha energía láser incluye una radiación continua procedente de un láser diodo de sal de plomo.

30 11.- Método según la reivindicación 10, caracterizado porque dichas moléculas incluyen UF_6 y el láser de sal de plomo está sintonizado sobre una línea de absorción del UF_6^{235} con longitud

1 de onda próxima a 624.

12.- Método según la reivindicación 9, caracterizado porque dicha energía láser incluye una radiación continua procedente de un láser CS_2 .

5 13.- Método según la reivindicación 12, caracterizado porque dichas moléculas incluyen UF_6 y el láser CS_2 está sintonizado sobre una línea de absorción del UF_6^{235} con longitud de onda próxima a 825.

10 14.- Método según la reivindicación 1, caracterizado además porque incluye las etapas que consisten en:

repetir las etapas de inducción y reacción sobre las moléculas enriquecidas con el isótopo predeterminado; y

15 repetir por separado sobre las moléculas agotadas respecto al isótopo predeterminado, las fases de inducción y de reacción.

15.- Método según la reivindicación 1, donde dicha fase de reacción incluye:

dirigir la circulación de las moléculas de dicho ambiente en una pluralidad de canales de difusión;

20 controlar la temperatura de las paredes de dichos canales para permitir el rebote de las moléculas de dicha circulación ambiental a partir de las paredes de dichos canales, con un coeficiente de acomodación que varía con la excitación vibratoria de las moléculas en dicha circulación para producir concentraciones relativas diferentes de dicha pluralidad de tipos de isótopos en diferentes zonas de dichos canales.

25 16.- Método según la reivindicación 15, caracterizado además porque incluye la etapa que consiste en aplicar de nuevo por separado las moléculas procedentes de dicha circulación que atraviesan dichos canales y las moléculas procedentes de dicha circulación que no atraviesan dichos canales, a las etapas de inducción y de
30 orientación.

1 17.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye además las fases de:

 controlar la temperatura del medio en circulación a una temperatura superior a la temperatura de condensación, pero
5 suficientemente baja para proporcionar poblaciones importantes de las moléculas en estado de energía vibratoria baja;

 aplicar el medio en circulación a un conjunto de canales;
 enfriar los canales iluminados incluyendo dicha fase

10 de reacción la fase de hacer reaccionar las moléculas que fluyen con las paredes de dichos canales para alterar el flujo de los mismos como función de excitación vibracional de las moléculas.

 recoger las moléculas que pasan a través de dichos canales en un conducto de producto de moléculas con una concentración
15 de átomos de U-235 que es superior a la concentración de átomos U-235 en el medio de circulación aplicado a dicho conjunto de canales.

 recoger las moléculas que no pasan a través de dichos canales, en una corriente de desperdicios agotados de átomos
20 de U-235.

 18.- Método según la reivindicación 17, caracterizado porque dichos canales tienen una anchura superior a la longitud de onda de la radiación electromagnética.

 19.- Método según la reivindicación 18, caracterizado
25 porque dichos canales tienen una anchura pequeña con relación al trayecto libre medio de las moléculas en dichos canales.

 20.- Método según la reivindicación 17, caracterizado porque dichos canales tienen dimensiones tales que se produzca una pluralidad de rebotes de las moléculas a partir de las paredes de
30 los canales mientras atraviesan dichos canales.

1 21.- Aparato para llevar a cabo el método de las reivindicaciones 1-20 que incluye:

 un dispositivo para crear un ambiente en circulación de moléculas que incluyen un átomo presente bajo la forma de varios tipos de isótopos;

5 un dispositivo para inducir una excitación vibratoria isotópicamente selectiva de las moléculas de dicho ambiente en circulación exponiendo dichas moléculas a radiación electromagnética con el objeto de producir una vibración molecular de las moléculas que
10 tienen un átomo de un tipo de isótopo predeterminado sin inducir de manera correspondiente una vibración en las moléculas que tienen un átomo de otro tipo de isótopo;

 por lo menos, un cuerpo que reacciona físicamente con las moléculas en circulación para cambiar su circulación en función
15 de la excitación vibratoria de las moléculas para que la concentración de dicho tipo de isótopo predeterminado aumente en, por lo menos, una zona del ambiente de circulación produciéndose la separación isotópica.

 22.- Aparato según la reivindicación 21, caracterizado
20 porque este cuerpo por lo menos, incluye una superficie de un canal.

 23.- Aparato según la reivindicación 22, caracterizado además porque incluye una barrera de difusión, dotada de una pluralidad de canales.

 24.- Aparato según la reivindicación 23, caracterizado
25 porque dichas moléculas incluyen un compuesto gaseoso del uranio.

 25.- Aparato según la reivindicación 23, caracterizado además porque incluye:

 un dispositivo para mantener la temperatura de la superficie con el objeto de permitir una reacción de rebote de las
30 moléculas con la superficie, teniendo la reacción de rebote un coe-

1 ficiente de acomodación que depende de la excitación vibratoria de las moléculas que rebotan;

5 produciendo el coeficiente de acomodación de las moléculas excitadas de manera vibratoria que incluyen átomos del tipo de isótopo predeterminado, una circulación más rápida de los mismos a través de la superficie.

26.- Aparato según la reivindicación 21, caracterizado porque dicha circulación de moléculas es subsónica.

10 27.- Aparato según la reivindicación 21, caracterizado porque el dispositivo de aplicación de la energía radiante incluye un dispositivo láser.

28.- Aparato según la reivindicación 27, caracterizado porque dicho dispositivo láser incluye un láser diodo de sal de plomo.

15 29.- Aparato según la reivindicación 28, caracterizado porque dichas moléculas incluyen UF_6 y el láser de sal de plomo está sintonizado sobre una línea de absorción del UF_6^{235} con una longitud de onda próxima a 624.

20 30.- Aparato según la reivindicación 27, caracterizado porque dicho dispositivo láser incluye un láser de CS_2 .

31.- Aparato según la reivindicación 30, caracterizado porque dichas moléculas incluyen UF_6 y porque el láser de CS_2 está sintonizado sobre una línea de absorción del UF_6^{235} con una longitud de onda próxima a 825.

25 32.- Aparato según la reivindicación 23 que incluye una pluralidad de canales de difusión;

un dispositivo para orientar la circulación de las moléculas de dicho medio en la pluralidad de canales de difusión;

30 un dispositivo para controlar la temperatura de las paredes de dichos canales con el fin de permitir que las moléculas

1 de dicho medio en circulación reboten a partir de las paredes de
dichos canales con un coeficiente de acomodación que varía con la
excitación vibratoria de las moléculas en dicha circulación produ-
ciendo concentraciones relativas diferentes de dicha pluralidad de
5 tipos de isótopos en diferentes zonas de dichos canales.

33.- Aparato según la reivindicación 32, caracterizado
porque:

dichas moléculas incluyen UF_6 ; y
dicho dispositivo inductor incluye un dispositivo
10 para aplicar radiaciones láser infra-rojas a las partículas en cir-
culación.

34.- Aparato según la reivindicación 23, que incluye:
un dispositivo para controlar la temperatura del me-
dio en circulación a una temperatura superior a la temperatura de
15 condensación, pero suficientemente baja para proporcionar pobla-
ciones importantes de las moléculas en estado de energía vibratoria
baja;

un conjunto de canales a los cuales se aplica el me-
dio en circulación;

20 un dispositivo para enfriar los canales iluminados
de forma que la temperatura de las paredes de dichos canales se con-
trole para permitir el rebote de las moléculas de dicho flujo de
ambiente de las paredes de dichos canales con un coeficiente de aco-
modación que varía con la excitación vibracional de las moléculas
25 en dicho flujo.

un dispositivo para recoger las moléculas que atra-
viesan dichos canales en una corriente de producto de moléculas con
una concentración de átomos de U-235 que es superior a la concen-
tración de átomos de U-235 en el medio de circulación aplicado a
30 dicho conjunto de canales.

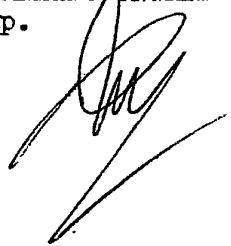
1 un dispositivo para recoger las moléculas que no
atraviesan dichos canales en una corriente de desperdicios con una
concentración de átomos de U-235 inferior a la concentración de
átomos U-235 en el medio de circulación aplicado a dicho conjunto
5 de canales.

35.- Aparato según la reivindicación 34, caracterizado
porque dichos canales tienen dimensiones tales que produzcan una
pluralidad de rebotes de las moléculas a partir de las paredes de
los canales mientras atraviesan éstos.

10 36.- Se reivindica por último como objeto sobre el
que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: METODO
Y SU CORRESPONDIENTE APARATO PARA PRODUCIR UNA SEPARACION ISOTOPICA
ENTRE MOLECULAS.

15 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la
presente memoria descriptiva que consta de veinte páginas mecanogra-
fiadas y dibujos adjuntos.

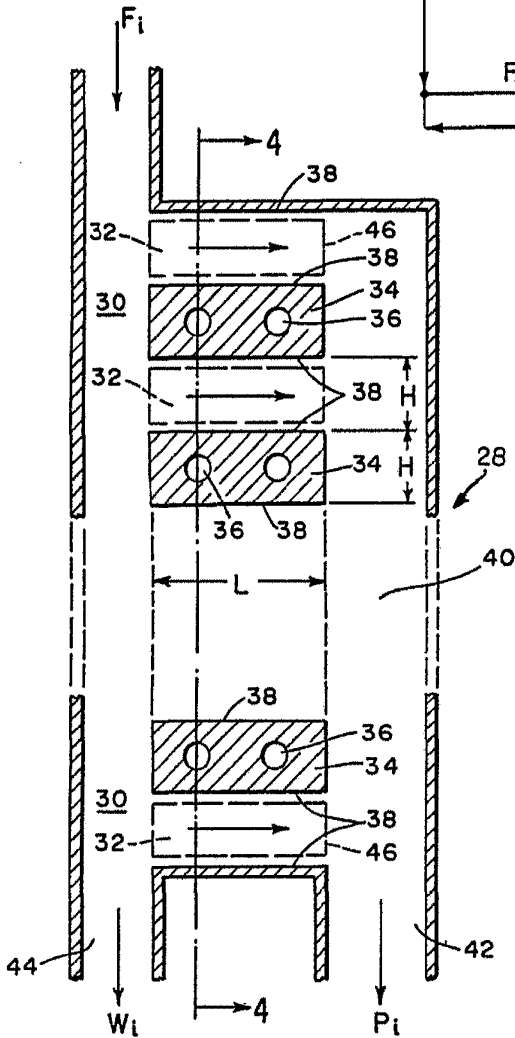
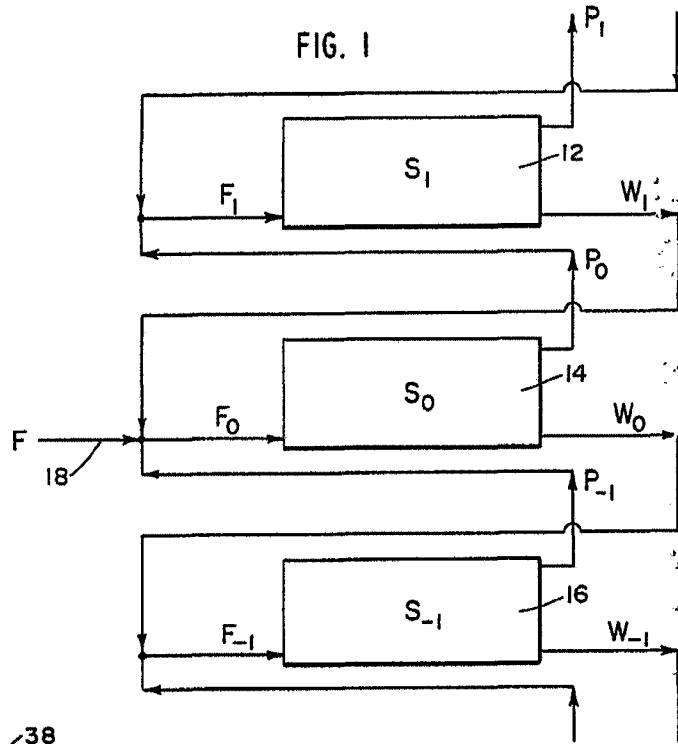
Madrid, 13 octubre 1.975
BERNARDO JUNGRIA
P.P.



20

25

30



ESCALA VARIABLE
 Madrid, 13 octubre 1.975
 BERNARDO UNGRIA
 p.p.

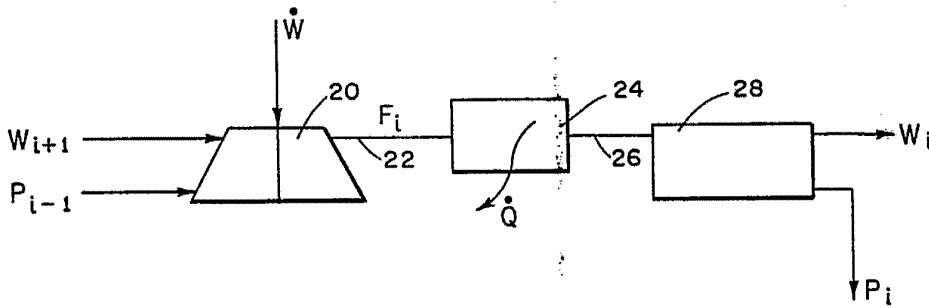
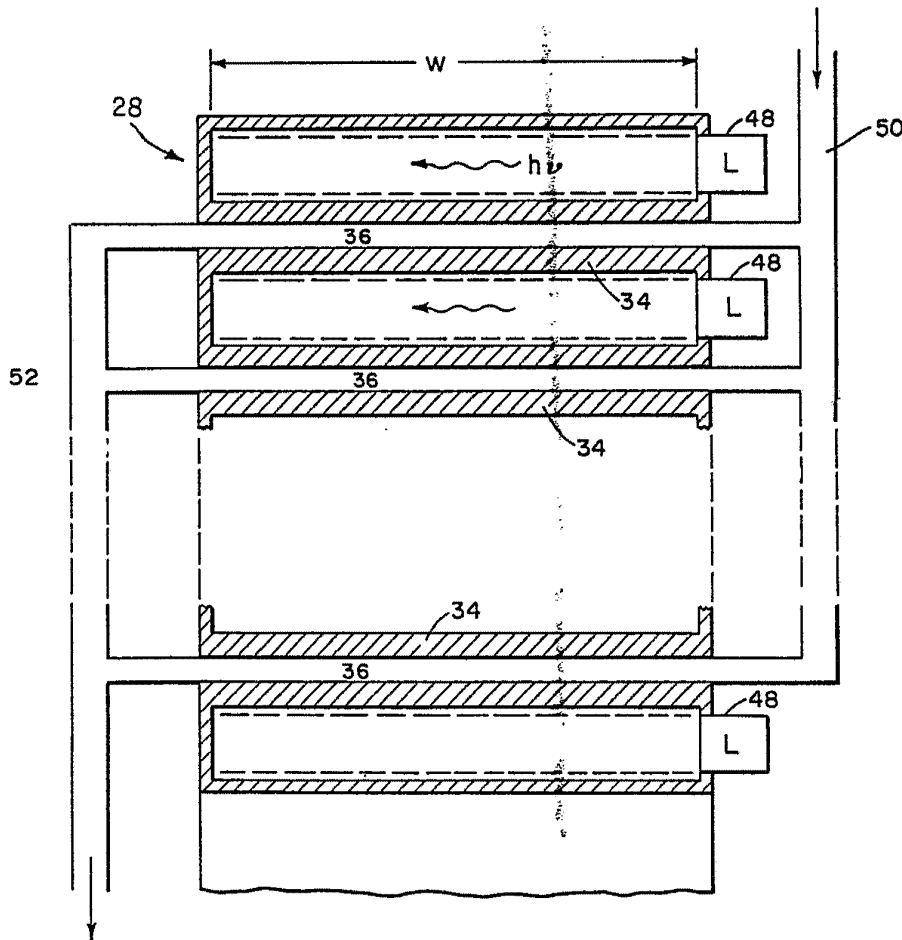


FIG. 2

FIG. 4



ESCALA VARIABLE
Madrid, 13 octubre 1.975

BERNARDO UNGRIA

P.P.