

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

ES	11	NUMERO	AI
	21	431.238	
	22	FECHA DE PRESENTACION	
		22-10-74	

PATENTE DE INVENCION

P.- 58.769

U.S. 408.669

30	PRIMIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
	31	NUMERO			
		408.669	23-10-73		EE.UU.

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			B01D		

54	TITULO DE LA INVENCION
"UN METODO DE SEPARAR LOS ISOTOPOS DE UN ELEMENTO"	

71	RECLAMANTE (S)
EXXON RESEARCH AND ENGINEERING COMPANY	

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
Linden, Nueva Jersey, Estados Unidos de América

72	INVENTOR (ES)
Richard K. Lyon	

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
D. ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ	

La presente invención se refiere a un pro
cedimiento para dividir un material en dos o más partes,
en cada una de las cuales la abundancia de los isótopos
de un elemento dado difiere de la abundancia de los isó-
topos del mismo material en el material antedicho. En una
5 realización, la invención se refiere a un método para la
excitación isotópicamente selectiva de moléculas en fase
gaseosa por absorción múltiple de fotones infrarrojos,
seguida de la disociación selectiva de dichas moléculas
10 excitadas por absorción de un sólo fotón de luz visible
o ultravioleta. Esta invención es útil para la separa-
ción de los isótopos principales del uranio, aunque, no
se limita a ello.

Con el fin de comprender claramente la pre
15 sente invención, es útil el revisar la técnica anterior
en lo referente a la separación fotoquímica de isótopos.
La patente de los EE.UU. nº 2.713.025 y la patente britá-
nica nº 1.237.474 son buenos ejemplos de procedimientos
de separación fotoquímica de los isótopos de mercurio.
20 El primer requerimiento para una separación fotoquímica
de isótopos es que se encuentran condiciones tales que los
átomos o moléculas de un isótopo de un elemento dado ab-
sorban luz más fuertemente que los átomos o moléculas de
otro isótopo de dicho elemento. El mercurio es un metal
25 volátil y forma fácilmente un vapor de átomos. Dichos

átomos absorben luz ultravioleta a 2537 angstroms. La línea de absorción del Hg^{202} está desplazada aproximadamente 0,01 angstrom con respecto a la línea de absorción del Hg^{200} . Como las líneas de absorción son ex
5 tremadamente estrechas, se puede, usando una luz en una región crítica estrecha de longitudes de onda, excitar, o bien el Hg^{200} ó el Hg^{202} sin excitar sustancialmente el otro, según la longitud de onda exacta empleada.

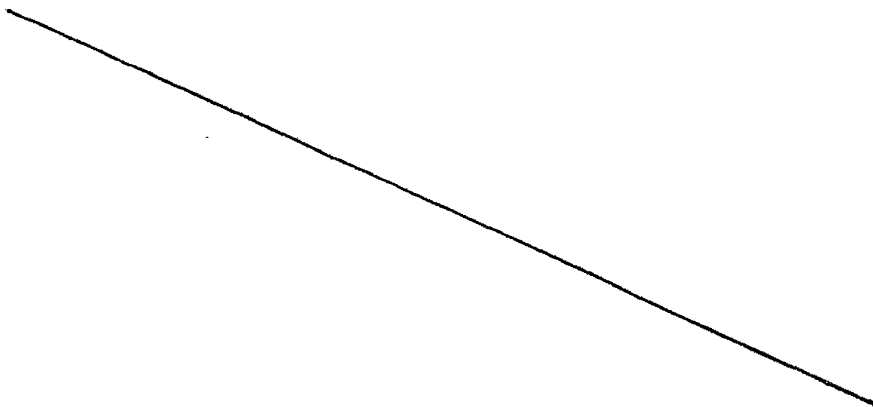
El segundo requerimiento para una separación
10 fotoquímica de isótopos es que los átomos o moléculas que son excitados por la luz experimenten algunos procesos que no experimenten los átomos o moléculas que no han sido excitados, o al menos que no los experimenten tan rá-
pidamente. Un cuanto de luz ultravioleta de 2537 angstroms
15 imparte una excitación de 112,7 Kcal/mol al átomo de mercurio que lo absorbe. El número de átomos de mercurio que, a temperatura ambiente, se excita térmicamente a esta energía, es pequeñísimo, de modo que los átomos exci-
tados por la luz no están diluídos por los átomos exci-
20 tados por medios térmicos. Los átomos de esta elevada excitación experimentan fácilmente reacciones con el H_2O (como se enseña en la patente de los EE.UU.) o con el O_2 , HCl ó butadieno (como se enseña en la patente Britá-
nica), reacciones que no tienen lugar a temperatura ambien-
25 te con el mercurio no excitado.

El uranio, sin embargo, es un metal altamente refractario, que sólo hierve a temperaturas extremadamente altas. Así pues, el uso del procedimiento antes descrito con los átomos de uranio en lugar del mercurio implica dificultades evidentes. La forma más volátil del uranio es el UF_6 . Tanto el $U^{235}F_6$ como el $U^{238}F_6$ absorben luz ultravioleta, y lo hacen exactamente en el mismo grado a todas las longitudes de onda en la gama de UV; por lo tanto, la excitación del UF_6 con UV no satisface el primer requerimiento de la separación fotoquímica de isótopos. No obstante, el UF_6 absorberá también luz ultravioleta en la región de alrededor de 626 cm^{-1} (la banda ν_3) y a 189 cm^{-1} (la banda ν_4). Tanto la banda ν_3 como la ν_4 del $U^{235}F_6$ están desplazadas ligeramente hacia energía superiores con respecto a las bandas ν_3 y ν_4 , respectivamente, del $U^{238}F_6$, pero la magnitud de estos desplazamientos es pequeña en comparación con la anchura de las bandas; es decir, los espectros de absorción infrarroja del $U^{238}F_6$ y del $U^{235}F_6$ no coinciden exactamente, pero están superpuestas a todas las longitudes de onda, de modo que si un isótopo absorbe luz, lo mismo hace el otro en un grado sustancial. Por lo tanto, la excitación infrarroja del UF_6 por absorción de un sólo fotón IR es un procedimiento de selectividad isotópica limitada.

El segundo requerimiento para la separación de isótopos es también un poco de problema para el UF_6 . Las moléculas de UF_6 que están excitadas por luz IR no son diferentes de las moléculas que han recibido la misma energía por excitación térmica. Cualquiera que sea el proceso que experimenten las moléculas fotoexcitadas, también los experimentarán las moléculas que están excitadas térmicamente a la misma energía. Esta dilución de las moléculas fotoexcitadas con las moléculas excitadas térmicamente disminuirá aún más el factor de separación isotópica.

El procedimiento de la presente invención está representado esquemáticamente en la Figura 1.

En dicha figura 1 de abajo a arriba se representan en sentido de energía creciente los diversos estados electrónicos que son los siguientes:



Estado electrónico fundamental

Estado vibracional fundamental

5 Estado electrónico fundamental
Primer estado vibracional excitado.

10 Estado electrónico fundamental
Segundo estado vibracional excitado.

15 Estado electrónico fundamental
Tercer estado vibracional excitado.

Estado electrónico excitado.

20 Este procedimiento es aplicable a la se-
paración isotópica de isótopos de uranio empleando UF_6 ,
pero en modo alguno se limita a esto. Por tanto, en la
Figura 1, A indica una molécula que contiene un átomo del
isótopo más ligero de un cierto elemento cuyos isótopos
25 queremos separar, y B indica la molécula correspondiente

que contiene el isótopo más pesado de dicho elemento.
Los modos en que una molécula puede contener energía se denominan los grados de libertad. Es sabido que las moléculas tienen tres clases diferentes de grados internos de libertad: rotacional, vibracional y electrónico. Es decir, una molécula puede contener energía girando alrededor de su eje; puede contener energía porque sus átomos vibran entre sí, y puede contener energía porque tiene uno o más de sus electrones en órbitas energéticas superiores (de más alta energía).

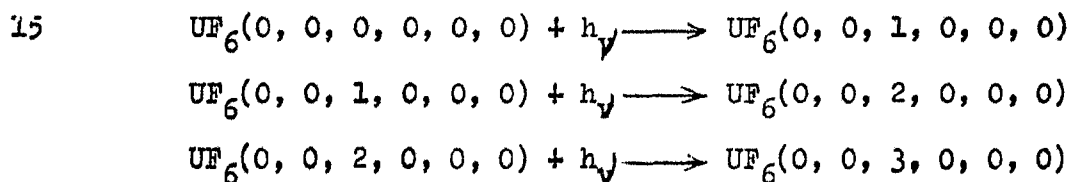
Todas estas formas de energía están cuantizadas, de modo que una molécula puede tener sólo ciertas cantidades discretas de energía en cada una de estas formas. En general, para una molécula dada, los cuantos rotacionales serán los menores, y los electrónicos los mayores. Se dice que una molécula que contiene el mínimo absoluto de energía posible está en estado electrónico fundamental, vibracional fundamental y rotacional fundamental. Como los cuantos rotacionales son muy pequeños, los estados excitados rotacionalmente están poblados incluso a temperaturas muy bajas. Por ello, en la Figura 1, el estado fundamental vibracional del nivel fundamental electrónico se muestra, no en forma de una sola línea, sino en forma de una banda, porque dentro del estado fundamental vibracional y electrónico fundamental las molé-

culas están repetidas entre muchos niveles rotacionales.

La presente invención es un procedimiento en tres etapas, siendo la primera etapa la de que las moléculas que han de separarse isotópicamente se irradian con un laser infrarrojo de alta energía, bajo un conjunto crítico de condiciones que se describirán más adelante. El efecto de esta irradiación es hacer que las moléculas de A y B absorban fotones IR y sean excitadas progresivamente desde el estado vibracional fundamental hasta el primer estado vibracional excitado, hasta el segundo estado vibracional excitado, hasta el tercer estado vibracional excitado, etc. Hay que advertir que la separación entre los niveles vibracionales de A y B no es exactamente la misma, aunque la diferencia de separación de los niveles es pequeña en comparación con su anchura. Así pues, tanto A como B absorben la radiación del laser infrarrojo, pero, según la longitud de onda del laser, uno lo hará más rápidamente que el otro. Por lo tanto, la selectividad isotópica del procedimiento de absorción se hace mayor a medida que las moléculas se excitan progresivamente más en la escala vibracional. Además, la energía vibracional total dada a la molécula es la de varios fotones infrarrojos; por lo tanto, las moléculas se excitan a niveles sólo poco poblados por

medios térmicos, y se minimiza la dilución de las moléculas fotoexcitadas por las moléculas excitadas térmicamente.

5 Se observará enseguida que si A y B son moléculas poliatómicas tienen varios grados de libertad de vibración. El UF_6 , por ejemplo, tiene 15 grados de libertad, pero, por su simetría, sólo seis modos normales de vibración. Así pues, para especificar el estado vibracional del UF_6 hay que especificar cuántos cuantos
10 de energía vibracional hay en cada uno de estos seis modos. El estado fundamental se indicaría $UF_6(0, 0, 0, 0, 0, 0)$. Si el laser IR se sintonizara con la banda ν_3 del UF_6 , el procedimiento de excitación secuencial mostrado en la Figura 1 se describiría así:



20 Es bien sabido que el UF_6 tiene muchos estados vibracionales de baja energía, que a temperatura ambiente están poblados de modo importante. Por lo tanto, el proceso de excitación secuencial mostrado en la Figura 1 no es el único de estos procesos que tiene lugar, sino simplemente un ejemplo de muchos procesos similares.

25 La segunda etapa de la presente invención

es la irradiación de las moléculas que han de separarse isotópicamente con luz visible o ultravioleta procedente de un segundo laser. Esto se ha de hacer bajo un conjunto de condiciones críticas que se describirán más adelante. Supóngase un contenido crítico de energía vibracional, E_v , tal que las moléculas con un contenido de energía vibracional mayor que el citado pueden absorber fotones de dicho segundo laser y excitarse electrónicamente, mientras que las moléculas con menos de dicha energía crítica, o bien no absorben dichos fotones, o los absorben más lentamente. Las moléculas en dicho estado electrónico excitado experimentan una reacción química, que las moléculas que están en el estado electrónico fundamental experimentan más lentamente, o no la experimentan.

Así pues, en las dos primeras etapas de la presente invención, A y B se convierten, con la selectividad isotópica, en alguna sustancia químicamente diferente. La tercera etapa de la presente invención es la recuperación de dicha sustancia por cualquiera de los medios conocidos en la técnica.

De la descripción anterior se deduce que la presente invención se distingue fácilmente de la técnica anterior. Así, en la patente de los EE.UU. Nº 3.443.087 se describe la separación de $U^{235}F_6$ de $U^{238}F_6$

excitando selectivamente uno de ellos con un laser infrarrojo, ionizando después dichas moléculas excitadas con luz ultravioleta, y recuperando los iones por medio de campos eléctricos y/o magnéticos, o de reacciones químicas. En una comunicación titulada "Photochemical Isotope Separation A_3 Applied To Uranium" (División nuclear de la Unión Carbide Corporation, Planta de difusión gaseosa de Oak Ridge, 15 de marzo de 1972, K-I-3054, Revisión 1, página 29), Farrar y Smith discuten la patente antes citada y comentan desfavorablemente la viabilidad práctica de la segunda etapa propuesta de la fotoionización. Como alternativa, sugieren la fotodisociación. No obstante, tanto la patente de los EE.UU. nº 3.443.087 como Farrar y Smith enseñan explícitamente que cada molécula de UF_6 que se somete a la operación de fotoexcitación adquiere una energía que corresponde a un fotón infrarrojo. Así pues, ni Farrar y Smith ni la patente de los EE.UU. nº 3.443.087 describen, muestran ni sugieren el empleo de una absorción múltiple de fotones IR.

En la patente Británica nº 1.284.620, la patente Alemana 1.959.767, y la patente Alemana nº 2.150.232, se describe el empleo de radiación infrarroja de moléculas excitadas, experimentando dichas moléculas excitadas alguna reacción química que las moléculas

no excitadas experimentan más lentamente. Se indica explícitamente que la energía suministrada a las moléculas durante la operación de excitación infrarroja es la energía de un sólo fotón IR, y en estas referencias ni se en
5 seña, ni se muestra ni se sugiere el empleo de la absorción múltiple de fotones infrarrojos.

Ha de reconocerse que la excitación por absorción múltiple de fotones infrarrojos es completamente diferente de la repetición de la operación de excitación por absorción de un sólo fotón infrarrojo. Las con
10 diciones necesarias para lograr la excitación por absorción de un sólo fotón infrarrojo son simplemente que las moléculas se irradien con radiación infrarroja de una lon
gitud de onda apropiada. Para que tenga lugar una absor
15 ción de múltiples fotones infrarrojos ha de mantenerse un conjunto de condiciones críticas. La absorción múltiple de fotones infrarrojos requiere el empleo de una laser infrarrojo de alta potencia, y específicamente dicho laser ha de emitir al menos 10^4 vatios por cm^2 por
20 torr de presión del gas que contiene los isótopos que se están separando. Además, el tiempo durante el que estas moléculas de gas se someten a esta radiación infrarroja de alta potencia ha de ser de entre 10^{-10} y 5×10^{-5} segundos. Así, si la suma de las presiones parciales
25 de A y B es de 2 torr, se requiere una densidad de poten

cia de al menos 2×10^4 vatios/cm². El no usar al menos esta densidad de potencia crítica da como resultado el que el tiempo requerido para el procedimiento de excitación de múltiples fotones no será corto en comparación con el intervalo medio entre colisiones de moléculas de A y B. Durante estas colisiones puede tener lugar una transferencia de excitación de vibración, con el resultado de que el procedimiento de excitación pierde su selectividad isotópica.

5

10 El segundo requerimiento para una absorción múltiple de fotones infrarrojos es la presencia de un segundo gas, siendo la presión parcial de dicho gas al menos 5, y preferiblemente entre 5 y 100.000 veces, la presión parcial de A y B. Dicho segundo gas puede ser cualquier sustancia químicamente diferente de A y B, pero se prefieren el H₂, N₂, O₂, He, Ne, Ar, Kr y Xs. La razón por la que se necesita dicho segundo gas está relacionada con un efecto conocido por inarmonicidad. Los niveles de la escala vibracional mostrada en la Figura 1 no están separados de modo exactamente uniforme, sino que se acercan ligeramente a medida que se asciende en la escala. Este efecto se conoce por el nombre de inarmonicidad, porque en un oscilador armónico perfecto los niveles de energía estarían separados uniformemente.

15

20 Es sabido también que una molécula en un estado rotacio

25

nal dado J puede absorber radiación infrarroja y pasar al siguiente nivel vibracional superior, y o bien al nivel rotacional de número cuántico $J + 1$, al nivel rotacional de número cuántico J , o al nivel rotacional de número

5 cuántico $J-1$. De aquí que, para un grupo de moléculas en una distribución en equilibrio térmico, hay tres procedimientos distintos de absorción, y la banda de absorción infrarroja se compone de tres ramales, el ramal R

10 (transiciones en las que el número cuántico rotacional aumenta en 1), el ramal Q (transiciones en las que el número cuántico rotacional no cambia), y el ramal P (transiciones en las que el número cuántico rotacional disminuye en 1). El efecto de la inarmonicidad en el procedimiento de la presente invención es el siguiente: Supóngase que el laser infrarrojo emite radiación de longitud de onda λ . Admítase que dicha longitud de onda λ está dentro del ramal R de una banda de absorción infrarroja de A y B. Habrá algún número cuántico rotacional

15 J tal que las moléculas de A en estado fundamental vibracional pueden absorber radiación de longitud de onda λ y alcanzan el primer estado vibracional excitado y el estado rotacional $J + 1$. Sin embargo, y a causa de la inarmonicidad, las moléculas de A han de estar en algún estado rotacional distinto de $J+1$ para absorber radiación

20 de longitud de onda λ y pasar del primero al segundo es

25

tado vibracional. Así pues, se necesita un medio por el que las moléculas puedan cambiar su estado rotacional. Cualquier colisión molecular puede causar una relajación rotacional, es decir puede volver a poner las moléculas en una distribución térmica entre niveles de energía ro-
5 tacional, pero si dicha colisión es entre moléculas de A y B puede tener lugar también una transferencia de excitación vibracional. Esto causaría el efecto de destruir la selectividad isotópica del procedimiento de excitación. Por consiguiente, lo que propone esta inven-
10 ción es que se disponga de un segundo gas como se ha especificado anteriormente, para que pueda tener lugar la relajación molecular durante el procedimiento de excitación secuencial.

15 El proceso de excitación secuencial puede ocurrir si se cumplen los anteriores requerimientos críticos, pero si dicho proceso ha de tener una selectividad isotópica óptima, han de satisfacerse otros requerimientos. El primero de estos requerimientos se refiere
20 al grado de conversión alcanzado en la primera etapa. Si casi todas las moléculas de A y B irradiadas se excitan hasta energías vibracionales de tal modo que pueden experimentar la etapa 2, el producto recogido en la etapa 3 tendrá casi la misma composición isotópica que el
25 material de partida, y sólo se conseguirá una separación

isotópica deficiente. Por el contrario, si se emplea un grado de conversión extremadamente bajo, las moléculas que se excitan de modo isotópicamente selectivo por radiación infrarroja estarán sustancialmente diluídas con las que se excitan no selectivamente por medios térmicos. Por lo tanto, es claro que hay una conversión óptima para la primera etapa de la presente invención. La densidad de energía a la que se someten las moléculas de A y B ha de controlarse para alcanzar dicha conversión óptima. La densidad de energía óptima depende en cierto grado de la longitud de onda exacta que emite el laser IR, pero se prefiere que las moléculas que sufren la separación isotópica se sometan a no menos de 10^{-3} julios/cm², ni a más de 10^3 julios/cm² durante la realización de la operación uno de la presente invención.

La longitud de onda óptima del laser infrarrojo depende de qué molécula se está usando. Si A y B son $U^{235}F_6$ y $U^{238}F_6$, el funcionamiento del laser IR es en el intervalo de 620 a 645 cm⁻¹ (el ramal R de la banda V_3 del UF_6) o en el intervalo de 189 cm⁻¹ a 204 cm⁻¹ (el ramal R de la banda V_4). En general, se puede usar el ramal R de cualquier banda vibracional, siempre que dicha banda corresponda a un modo normal de vibración en el que hay participación por átomos del elemento cuyos isótopos se quieren separar. Se prefiere el ra-

mal R porque se prefiere excitar selectivamente A, es decir excitar selectivamente moléculas que contienen el más ligero de los isótopos que se están separando. La razón de ello está relacionada con la inarmonicidad. A medida que una molécula se excita progresivamente ascendiendo en la escala vibracional, sus espectros de absorción se desplazan hacia menor energía. Así pues, si el laser infrarrojo está actuando en el borde de baja energía de la banda de absorción, el ramal P, la velocidad a la que las moléculas absorben radiación IR aumenta a medida que ascienden en la escala vibracional, pero disminuye la selectividad isotópica de dicha absorción. Contrariamente, si el laser está funcionando en el ramal R, disminuye la velocidad de absorción de radiación, pero aumenta la selectividad isotópica. Esta es una situación más favorable para la separación global.

En la Figura 1, E_v se muestra como el triple de la energía de un cuanto de vibración. E_v puede ser mayor o menor, sin apartarse del objeto de esta invención.

El laser empleado en la segunda etapa ha de suministrar protones que correspondan a la diferencia entre la energía requerida para el proceso fotoquímico elegido y E_v . Así pues, la longitud de onda a la que opera el laser de la segunda etapa depende de la mo-

lécua que contiene el isótopo que se está separando, del proceso fotoquímico elegido, y del valor de E_{ν} deseado. En el caso del UF_6 , se prefiere que el proceso sea de fotodisociación, es decir $UF_6 + h_{\nu} \longrightarrow UF_5 + F$,
5 y que el laser de la segunda etapa trabaja en el intervalo de 2400 angstroms a 4600 angstroms.

El tiempo durante el cual las moléculas del gas, que contiene los isótopos que se están separando, se someten a radiación del laser de la segunda etapa, ha de estar entre 10^{-10} y 5×10^{-5} segundos. Además
10 el tiempo total en que las moléculas del gas que contiene los isótopos que se están separando se somete a la radiación, tanto durante la primera etapa como también la segunda de la presente invención ha de estar entre
15 10^{-10} y 5×10^{-5} segundos; no obstante, no es necesario completar la primera etapa antes de empezar la segunda.

En la Figura 2 se muestra un aparato adecuado para la realización de esta invención. El laser infrarrojo (1) ha de hacerse funcionar según las enseñanzas de esta invención referentes a la mínima densidad de potencia, y a la densidad de energía óptima. Hay
20 numerosos lasers IR conocidos en la técnica, y ha de elegirse uno que pueda ajustarse para que emita radiación dentro del ramal R de una absorción infrarroja del gas
25 que contiene los isótopos que se están separando. Para

trabajar con UF_6 hay que usar un laser HF que pueda emitir a $629,16 \text{ cm}^{-1}$. El laser visible o ultravioleta puede ser un laser coloreado ajustado a cualquier longitud de onda que se desee.

5 El objeto indicado por el número 3 es un espejo transparente a la luz infrarroja pero que refleja la luz visible o la luz UV. De este modo, los haces luminosos de salida de los lasers 1 y 2 se hacen colineares. Los haces luminosos atraviesan la abertura 4 y entran en un recipiente que contiene el gas que lleva los isótopos que han de separarse. El tiempo en que las moléculas de dicho gas se exponen a la radiación de estos lasers puede limitarse por cualquiera de varios medios. El gas puede hacerse fluir de modo que las moléculas recorran el volumen irradiado en un tiempo de 5×10^{-5} seg. o menos. El volumen irradiado puede hacerse muy estrecho enfocando los lasers de modo que las moléculas salgan de dicho volumen por difusión en un tiempo medio de 5×10^{-5} segundos o menos. Los lasers pueden hacerse pulsar, durando cada pulsación menos de 5×10^{-5} segundos. El tiempo entre pulsaciones ha de ser mayor de 10^{-3} segundos.

10

15

20

REALIZACION PREFERIDA

25 Se convierte mena de uranio de distribu-

ción isotópica natural en vapor de UF_6 por medios muy conocidos en la técnica. Dicho UF_6 se coloca en el interior de la célula de fotólisis del aparato mostrado en la Figura 2. La temperatura de dicha célula está en el intervalo de temperaturas de 200°K a 400°K. La presión parcial del UF_6 en dicha célula está preferiblemente en el intervalo de 10^{-4} a 100 torr. Dicha célula contiene también un gas elegido del grupo de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, helio, neón, argón, criptón y xenón, a una presión parcial de 5 a 100.000 veces la presión parcial del UF_6 . Si se usan helio, neón, argón, criptón o xenón, o sus mezclas, como segundo gas, se añade también un tercer gas a la célula de fotólisis, a una presión parcial preferiblemente menor que la presión parcial del UF_6 o como máximo igual a ella. El tercer gas citado es cualquier sustancia que reaccione rápidamente y de modo irreversible con, o bien el radical UF_5 o con flúor atómico; ejemplos de tales sustancias incluyen hidrógeno, los hidrocarburos gaseosos, por ejemplo de C_1 a C_{10} , tales como alcanos, alquinos, aromáticos, alquenos, etc, el HCl, HBr, HI, y H_2S .

La anterior mezcla de UF_6 con los gases segundo y tercero citados se somete a irradiación por medio de un laser IR y un laser UV. El laser IR citado se hace funcionar preferiblemente de un modo pulsante,

siendo el tiempo entre pulsaciones de al menos 10^{-3} segundos, y la duración de la pulsación de entre 10^{-10} y 5×10^{-5} segundos. La densidad de potencia de la luz del laser IR al que se somete dicha mezcla gaseosa es, preferiblemente, de al menos 10^4 watios por cm^2 por torr de presión parcial de UF_6 , y la densidad de energía por pulsación es, preferiblemente, no menor de 10^{-3} julios/ cm^2 ni mayor de 10^3 julios/ cm^2 . La longitud de onda del laser IR está preferiblemente en el intervalo de 620 a 645 cm^{-1} ó 189 a 204 cm^{-1} . El laser UV funciona preferiblemente en el intervalo de 2400 angstroms a 4600 angstroms. La luz UV de dicho laser atraviesa la célula de fotólisis colinealmente con la luz del laser IR. El laser UV se hace funcionar preferiblemente de modo pulsante, siendo el tiempo entre pulsaciones de al menos 10^{-3} seg, y la duración de la pulsación de menos de 5×10^{-5} seg. Las pulsaciones de luz del laser UV han de tener lugar al mismo tiempo que las pulsaciones de luz del laser IR, o con una diferencia de no más de 5×10^{-5} seg.

La célula fotolítica puede hacerse trabajar como un reactor discontinuo o como un reactor continuo. En el primer caso, la mezcla gaseosa existente en el reactor se somete a suficientes pulsaciones del laser para producir el grado deseado de fotodescomposición del

UF₆, y después el UF₆ sin descomponer que está agotado en U²³⁵, y el producto de la fotodescomposición, que está enriquecido en U²³⁵, se recuperan por cualquiera de los medios conocidos en la técnica. Si se desea un grado más elevado de enriquecimiento, el producto de la fotodescomposición puede convertirse en UF₆ por medios muy conocidos en la técnica, y repetirse el procedimiento de la presente invención. Igualmente, si el UF₆ no descompuesto no está agotado hasta el nivel deseado, puede conseguirse un agotamiento adicional repitiendo el procedimiento de la presente invención. Son muy conocidas las técnicas de escalonamiento de la separación isotópica para alcanzar los niveles deseados de enriquecimiento en el producto, y de agotamiento en los residuos. Una vez alcanzado el nivel de enriquecimiento deseado, el producto puede transformarse en barras combustibles para reactores nucleares por métodos muy conocidos en la técnica anterior.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, con fecha 23 de Octubre de 1.973, bajo el número 408.669, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

3ª.- Un método según la reivindicación 2ª, en el que dicha fuente de radiación visible o ultravioleta es un laser visible o ultravioleta.

5 4ª.- Un método según la reivindicación 3ª, en el que las moléculas excitadas son fotodisociadas por dicho laser visible o ultravioleta.

10 5ª.- Un método según la reivindicación 4ª, en el que dicho compuesto que está siendo irradiado por el laser IR se somete a luz IR a una densidad de potencia de al menos 10^4 vatios por cm^2 por torr de presión del compuesto gaseoso.

15 6ª.- Un método según la reivindicación 5ª, en el que dicho compuesto gaseoso se somete a dicha radiación IR durante un tiempo de entre 10^{-10} y 5×10^{-5} segundos.

20 7ª.- Un método según la reivindicación 6ª, en el que hay presente un segundo gas juntamente con dichos compuestos gaseosos, siendo la presión parcial de dicho segundo gas de al menos 5 veces la presión parcial de dicho compuesto gaseoso.

8ª.- Un método según la reivindicación 7ª, en el que dicho segundo gas está seleccionado del grupo que consta de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, helio, neón, argón, criptón y xenón.

25 9ª.- Un método según la reivindicación 8ª,

en el que dicho compuesto gaseoso se somete a luz IR a una densidad de energía de entre 10^{-3} julios por cm^2 y 10^3 julios por cm^2 .

5 10ª.- Un método según la reivindicación 9ª, en el que dicho compuesto se somete a radiación de dicho laser visible o ultravioleta durante menos de 5×10^{-5} segundos.

10 11ª.- Un método según la reivindicación 10ª, en el que dicho laser IR trabaja a una longitud de onda que corresponde a un ramal R de una banda de absorción vibracional de dicho compuesto gaseoso.

12ª.- Un método según la reivindicación 10ª, en el que dicho compuesto gaseoso es UF_6 .

15 13ª.- Un método según la reivindicación 12ª, en el que dicha frecuencia IR está comprendida entre 620 y 645 cm^{-1} .

14ª.- Un método según la reivindicación 12ª, en el que dicha frecuencia IR está comprendida entre 189 y 204 cm^{-1} .

20 15ª.- Un método según la reivindicación 12ª, en el que dicha segunda frecuencia previamente determinada está comprendida entre 2400 angstroms y 4600 angstroms.

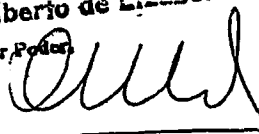
25 16ª.- Un método de separar los isótopos de un elemento.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

La presente Memoria consta de veintiseis hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 09 JUL 1975

P. A.

Alberto de Llanusa
Por Poder


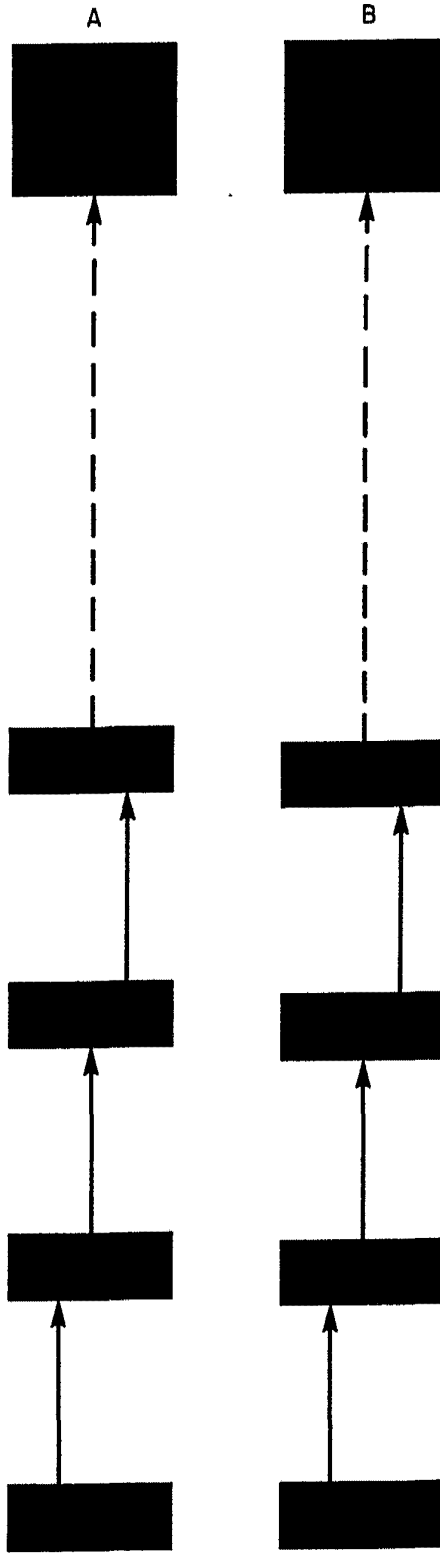
25.11.74

JGM/.

- 26 -

908269

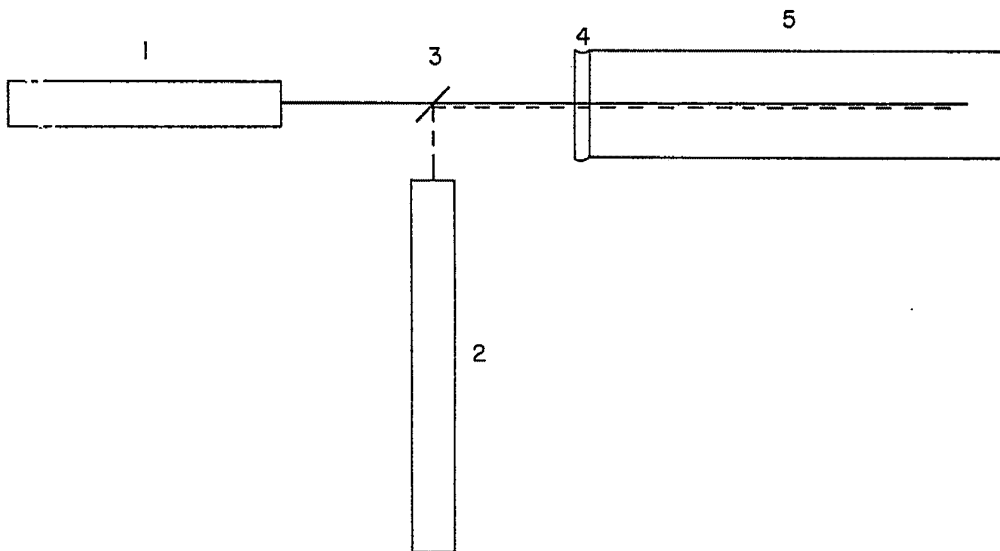
Figure 1



Alberto de E...
For Podar.

7-58767

Figure 2



Alberto de ~~XXXXXXXXXX~~
Por Favor