



ES	11	NUMERO	A1
	21	451.251	
	22	FECHA DE PRESENTACION	
		4-9-1976	

PATENTE DE INVENCION

P.- 63.614  
U.S. 612.707

10	PRIORIDADES:	92	FECHA	93	PAIS
	31	NUMERO			
		612.707			E.U.A.
			12-9-75		

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			G21G		

24	TITULO DE LA INVENCION
	"UN METODO PARA SEPARAR LOS ISOTOPOS DE UN ELEMENTO"

71	SOLICITANTE (S)
	EXXON RESEARCH AND ENGINEERING COMPANY

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	Linden, Nueva Jersey, E.U.A.

72	INVENTOR (ES)
	Richard K. Lyon

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ

P.- 63.814

1           Esta solicitud se refiere a la patente de los Es-  
tados Unidos nº 3.937.956 y a una continuación en parte de  
la misma, U.S. Serial nº 570.849 presentada el 23 de Abril  
de 1.975, ambas de R.K. Lyon; a saber, se refiere a proce-  
5           dimientos para separación de isótopos en los cuales, en una  
primera operación, se utiliza absorción múltiple de fotones  
IR, para excitar selectivamente un isótopo de una mezcla de  
isótopos, y dicho isótopo excitado es convertido en una se-  
gunda operación a una forma que puede ser recuperada a par-  
10          tir de dicha mezcla. No obstante, esta solicitud difiere de  
dichas patentes en el hecho de que la absorción múltiple de  
fotones de infrarrojos se logra por medios diferentes, tal  
como se describe seguidamente.

          Con el fin de que el presente invento pueda ser  
15          comprendido con claridad, es útil efectuar una revisión de  
la técnica anterior relacionada con la separación fotoquími-  
ca de isótopos. La patente de los Estados Unidos 2.713.025  
y la patente británica 1.237.474 son buenos ejemplos de pro-  
cedimientos para la separación fotoquímica de los isótopos  
20          de mercurio. El primer requisito para la separación fotoquí-  
mica de isótopos consiste en que han de hallarse condicio-  
nes tales que átomos o moléculas de un isótopo de un elemen-  
to dado absorban luz más intensamente que lo hagan átomos  
o moléculas de otro isótopo de dicho elemento. El mercurio  
25          es un metal volátil y forma con facilidad un vapor de áto-  
mos. Dichos átomos absorben luz ultravioleta a  $2537 \text{ \AA}$ . La  
línea de absorción de  $\text{Hg}^{202}$  es desplazada en aproximadamen-  
te  $0,01 \text{ \AA}$  con respecto a la línea de absorción de  $\text{Hg}^{200}$ . Da-  
do que las líneas de absorción son extremadamente estrechas,  
30          mediante utilización de luz en una región de longitudes de

1 onda críticamente estrecha se puede excitar o bien  $\text{Hg}^{200}$  o  
bien  $\text{Hg}^{202}$ .

5 El segundo requisito para una separación fotoquí-  
mica de isótopos consiste en que los átomos o moléculas que  
son excitados por luz experimenten un cierto proceso que no  
experimenten, o al menos no experimenten con tanta rapidez,  
los átomos o moléculas que no hayan sido excitados. Un cuan-  
to de luz ultravioleta de  $2537 \text{ \AA}$  comunica una excitación de  
112,7 Kcal/mol al átomo de mercurio que lo absorbe. El núme-  
10 ro de átomos de mercurio que son excitados térmicamente con  
esta energía a la temperatura ambiente es infinitamente pe-  
queño, y por lo tanto los átomos excitados por luz no son  
diluidos por átomos excitados por medios térmicos. Átomos  
de esta elevada excitación experimentan con facilidad reac-  
15 ciones con  $\text{H}_2\text{O}$  (tal como se considera en la patente de los  
Estados Unidos) o con  $\text{O}_2$ ,  $\text{HCl}$  o butadieno (tal como se con-  
sidera en la patente británica), no desarrollándose dichas  
reacciones a la temperatura ambiente con mercurio no exci-  
tado.

20 No obstante, el uranio es un metal altamente re-  
fractario, que sólo hierve a temperaturas extremadamente al-  
tas. Así, la utilización del procedimiento antes descrito  
con átomos de uranio en lugar de con átomos mercurio impli-  
ca evidentes dificultades. La forma más volátil del uranio  
25 es  $\text{UF}_6$ . Ambos  $\text{U}^{235}\text{F}_6$  y  $\text{U}^{238}\text{F}_6$  absorben luz ultravioleta y  
lo hacen exactamente en la misma extensión con todas las  
longitudes de onda en los UV; por lo tanto, la excitación  
con UV de  $\text{UF}_6$  no cumple el primer requisito de separación  
fotoquímica de isótopos. No obstante,  $\text{UF}_6$  absorberá luz de  
30 infrarrojos en la región situada alrededor de  $626 \text{ cm}^{-1}$  (la

1 banda  $V_3$ ) y  $189 \text{ cm}^{-1}$  (la banda  $V_4$ ). Ambas bandas  $V_3$  y  $V_4$   
de  $U^{235}\text{F}_6$  son desplazadas ligeramente hacia mayor energía  
con respecto a las bandas de  $V_3$  y  $V_4$  de  $U^{238}\text{F}_6$  respectiva-  
5 mente, pero la magnitud de estos desplazamientos es peque-  
ña comparada con la anchura de las bandas, en otras pala-  
bras, los espectros de absorción de infrarrojos de  $U^{238}\text{F}_6$   
y  $U^{235}\text{F}_6$  no coinciden con exactitud sino que se superponen  
sólo en todas las longitudes de onda de modo que si un isó-  
topo absorbe luz, también lo hará en un grado sustancial  
10 el otro isótopo. Por lo tanto, la excitación con infrarro-  
jos de  $\text{UF}_6$  por absorción de un único foton IR es un proce-  
so de selectividad isotópica limitada.

El segundo requisito para una separación de isó-  
topos es también una cuestión de cierta dificultad para  $\text{UF}_6$ .  
15 Moléculas de  $\text{UF}_6$  que son excitadas por luz IR no son dife-  
rentes de moléculas que han recibido la misma energía por  
excitación térmica. Cualquiera que sea el proceso que expe-  
rimenten las moléculas foto-excitadas, también lo experimen-  
tarán las moléculas que hayan sido excitadas térmicamente  
20 a la misma energía. Esta dilución de las moléculas foto-ex-  
citadas con moléculas excitadas térmicamente disminuirá  
adicionalmente el factor de separación de isótopos.

Si las condiciones de irradiación son tales que  
algunas moléculas puedan adquirir la energía de varios fo-  
25 tones IR, entonces las moléculas pueden ser excitadas a ni-  
veles de energía solo poco poblados por medios térmicos y  
se hace mínima la dilución de moléculas foto-excitadas por  
moléculas excitadas térmicamente. Esta ventaja de absorción  
múltiple de fotones es reconocida en las patentes de Lyon  
30 que se describen más completamente en lo que sigue. No obs

1        tante, existe más de un modo mediante el cual se puede lo-  
grar absorción múltiple de fotones y la selectividad isotó-  
pica del procedimiento depende del modo que se utilice.

5                Para lograr absorción múltiple de fotones, han  
de superarse dos dificultades. En primer término, es bien  
sabido que algunas moléculas excitadas pueden resultar de-  
sexcitadas por uno cualquiera de diversos medios rápidos.  
Así, si el proceso de excitación consiste en convertir mo-  
léculas simplemente excitadas en moléculas doblemente exci-  
10        tadas, y luego en moléculas triplemente excitadas, etc. en  
tonces el proceso de excitación debe ser rápido en compara-  
ción con los procesos de desexcitación. Esto implica que  
las moléculas deben ser irradiadas con luz de infrarrojos  
con una alta densidad de energía.

15                La segunda dificultad es más compleja. Con el fin  
de proporcionar luz con la requerida densidad de energía  
elevada es necesario utilizar un laser. Los lasers se dis-  
tinguen también por su aptitud para producir luz con una  
única longitud de onda definida con exactitud. No obstante,  
20        en la espectroscopia molecular existe un efecto conocido co-  
mo anarmonicidad. A causa de este efecto una molécula que  
ha absorbido un fotón IR en una cierta longitud de onda  $\lambda$   
para quedar simplemente excitada, tiene un espectro de ab-  
sorción que, en general, está desplazado hacia menores ener-  
25        gías. Así, para repetir la operación de absorción y hacer a  
la molécula doblemente excitada se necesita un segundo fo-  
tón de longitud de onda  $\lambda'$  mientras que para excitar tri-  
plemente se requiere un tercer fotón de longitud de onda  
 $\lambda''$ .

30                Ha de entenderse que todos los métodos para lo-

1 grar absorción múltiple de fotones tienen elevadas necesi-  
dades de energía, pero la definición cuantitativa de estas  
necesidades variará de un método a otro. El detalle distin-  
tivo principal en dichos métodos lo constituyen los medios  
5 mediante los cuales se supera la anarmonicidad.

El modo más simple de superar el problema de anar-  
monicidad es utilizar un laser que no emita una única lon-  
gitud de onda exacta sino un margen finito de longitudes  
de onda. El margen de longitudes de onda que emite un laser  
10 es denominado anchura de onda. Si, en el ejemplo anterior,  
la anchura de banda es suficiente para incluir  $\lambda$ ,  $\lambda'$  y  
 $\lambda''$  entonces es posible claramente un proceso de absorción  
de tres fotones. Al considerar la anchura de banda efecti-  
va para procesos de absorción múltiple de fotones ha de te-  
15 nerse en cuenta también el bien conocido efecto de ensancha-  
miento de energía. En dos referencias conocidas en la técni-  
ca anterior aparece haberse logrado este tipo de absorción  
múltiple de fotones. Véase Lyman y otros, Applied Physics  
Letters 27, 87, 1975 y Ambartzumian y otros en Soviet Phy-  
20 sics JETP 21, 375, 1975. Ambas referencias mencionadas in-  
forman acerca de experimentos en los cuales  $SF_6$  es disocia-  
do de una manera isotópicamente selectiva por radiación de  
alta energía procedente de un laser de  $CO_2$ . Las condiciones  
utilizadas eran tales que se produciría un ensanchamiento  
25 de energía sustancial, y dado que la energía requerida para  
disociar la molécula de  $SF_6$  es la de muchos fotones. IR, es  
evidente que se ha producido una absorción múltiple de foto-  
nes. No queda completamente claro si el ensanchamiento de  
energía era la única causa de la absorción múltiple de foto-  
30 nes o si pueden haber contribuido en ello también otros pro

1 cesos desconocidos.

Se apreciará con facilidad que para los fines de separación de isótopos,  $UF_6$  y  $SF_6$  son sustancias enteramente no equivalentes. De acuerdo con Klimov y Lobikov, Optics and Spectroscopy, 30, 25 (1971)  $S^{32}F_6$  tiene su banda de absorción en  $947\text{ cm}^{-1}$  mientras que  $S^{34}F_6$  tiene su banda de absorción  $\nu_3$  en  $930\text{ cm}^{-1}$ . Aunque ambas bandas tienen una anchura finita, no se superponen de modo significativo debido a la amplia separación de  $17\text{ cm}^{-1}$ . La correspondiente banda de absorción  $\nu_3$  en  $UF_6$  aparece con  $626\text{ cm}^{-1}$  y de acuerdo con McDowell y otros, Journal of Chemical Physics, 61, 3571 (1974), la banda  $\nu_3$  de  $U^{235}F_6$  es desplazada en  $0,65\text{ cm}^{-1}$  con respecto a la banda  $\nu_3$  de  $U^{238}F_6$ , a pesar de que cada una de las bandas tiene una anchura, a la mitad de la altura, de  $14\text{ cm}^{-1}$ . Así, con cualquier longitud de onda en la cual una molécula de uranio isótopa absorba luz, también lo hará la otra en un grado comparable, aunque no exactamente igual. Así, no resulta evidente de los experimentos de Ambartzumian y otros que sea posible alguna separación útil de isótopos de uranio por medios fotoquímicos. Además, esta referencia ni enseña, ni muestra, ni sugiere ningún medio para obtener una separación fotoquímica de isótopo útil en casos en que las bandas de absorción se superpongan grandemente, tal como ocurre con  $UF_6$ .

25 Por otro lado, el procedimiento del presente invento es especialmente idóneo para la separación de isótopos de elementos que tienen un número atómico de 70 o mayor, es decir elementos en que el desplazamiento de isótopos es muy pequeño y por lo tanto se superponen las bandas de absorción.

30 Las patentes de Lyon antes mencionadas enseñan un

1 medio mediante el cual se puede superar la anarmonicidad  
para proporcionar un procedimiento de separación de isóto-  
pos en que la absorción múltiple de fotones proporciona una  
5 selectividad isotópica acrecentada en contraste con la ab-  
sorción simple de fotones. En estos procedimientos, se uti-  
liza un segundo gas para activar la relajación rotacional  
entre la absorción de fotones IR. La relajación rotacional  
que interviene permite que moléculas en un cierto estado  
rotacional  $J$  absorban un fotón con la longitud de onda  $\lambda$   
10 y resulten simplemente excitadas, entonces cambien su estado  
rotacional a  $J'$  y absorban un segundo fotón también con  $\lambda$   
y resulten doblemente excitadas, cambien su estado rotacio-  
nal a  $J''$ , absorban un tercer fotón para resultar triple-  
mente excitadas, etc. Puede mostrarse que la selectividad  
15 isotópica con la que son absorbidos fotones simples está  
relacionada con la distribución rotacional; así, dado que  
la distribución rotacional es reajustada y establecida de  
nuevo continuamente, cada operación de absorción de foto-  
nes puede ser selectiva isotópicamente y la selectividad  
20 del procedimiento de absorción múltiple de fotones puede  
ser el resultado de componer entre sí las selectividades  
de las operaciones individuales.

El presente invento enseña también un procedi-  
miento con el cual se supera la anarmonicidad. El presente  
25 procedimiento obtiene la selectividad isotópica acrecenta-  
da de la absorción múltiple de fotones en comparación con  
la selectividad isotópica de la absorción simple de foto-  
nes de una manera enteramente diferente de la que más arri-  
ba se ha expuesto.

30 Las diferencias entre dichas patentes de Lyon y

1 el presente método incluyen lo siguiente: las primeras re-  
quieren la presencia de un segundo gas y el presente inven-  
to no tiene tal requisito. En las primeras no se establece  
ningún requisito en cuanto a la anchura de banda del laser,  
5 pero para el presente invento se requiere una anchura de  
banda mínima de  $0,1 \text{ cm}^{-1}$ . En las primeras se prefiere irra-  
diar las moléculas con radiación que cae dentro del ramal  
R de la banda de absorción molecular, mientras que el pre-  
sente invento requiere la utilización de radiación que cae  
10 dentro de un ramal P de la banda de absorción molecular.  
Las razones de estos diferentes requisitos resultarán evi-  
dentes en la explicación que se da seguidamente.

Los modos en que una molécula puede contener  
energía son denominados los grados de libertad. Es bien sa-  
15 bido que las moléculas tienen tres clases diferentes de  
grados internos de libertad: rotacional, vibracional y  
electrónica. Es decir, una molécula puede contener energía  
por el hecho de girar alrededor de su eje, puede contener  
energía debido a que sus átomos están vibrando unos hacia  
20 otros, y puede contener energía en virtud de tener uno o  
más de sus electrones en órbitas de energía más elevada.

Todas estas formas de energía están cuantifica-  
das, es decir una molécula puede retener sólo ciertas can-  
tidades discretas de energía en cada una de estas formas.  
25 En general, para una molécula dada el cuanto rotacional  
será el más pequeño y el cuanto electrónico será el mayor.  
Una molécula que contenga la energía absoluta mínima posi-  
ble se dirá que se encuentra en el estado electrónico fun-  
damental, en el estado vibracional fundamental o en el es-  
30 tado rotacional fundamental. Dado que los cuantos rotacio-

1 nales son muy pequeños, los estados excitados rotacional-  
mente están poblados incluso a temperaturas muy bajas. Por  
lo tanto, en la Figura el estado vibracional fundamental  
del nivel electrónico fundamental se muestra no como una  
5 única línea sino como una banda, dado que dentro del esta-  
do electrónico fundamental y vibracional fundamental las  
moléculas están distribuidas entre muchos niveles rotacio-  
nales. En dicha Figura única de los dibujos la flecha de  
la izquierda indica la energía creciente

10 1 = Estado vibracional fundamental. Estado electróni-  
co fundamental.

2 = Primer estado vibracional excitado. Estado elec-  
trónico fundamental.

15 3 = Segundo estado vibracional excitado. Estado elec-  
trónico fundamental.

4 = Tercer estado vibracional excitado. Estado elec-  
trónico fundamental.

5 = Estado electrónico excitado.

20 Es también bien sabido que una molécula en un estado rota-  
cional  $J$  dado puede absorber radiación de infrarrojos y pa-  
sar al siguiente nivel vibracional más elevado y a un núme-  
ro de cuanto de nivel rotacional  $J+1$ , a un número de cuan-  
to de nivel rotacional  $J$  o a un número de cuanto de nivel  
rotacional  $J-1$ . Por lo tanto, para un grupo de moléculas  
25 en una distribución de equilibrio térmico, hay tres proce-  
sos de absorción distintos y la banda de absorción de infra-  
rojos está compuesta de tres ramales, el ramal R (transi-  
ciones en las que aumenta en 1 el número de cuanto rotacio-  
nal), el ramal Q (transiciones en que no cambia el número  
30 de cuanto rotacional) y el ramal P (transiciones en las que

1 disminuye en 1 el número de cuanto rotacional).

Si se someten a irradiación moléculas en el estado vibracional fundamental con radiación IR de longitud de onda  $\lambda$  que está dentro del ramal P de una banda de absorción de la molécula, entonces moléculas en un cierto estado rotacional J pueden absorber esta radiación y pasar al primer estado excitado vibracionalmente. En la ausencia de relajación rotacional estas moléculas simplemente excitadas estarán en el estado rotacional J-1. Dado que las moléculas simplemente excitadas no están en una distribución rotacional sino en un único estado rotacional, sus espectros de absorción no serán un grupo de tres bandas sino un grupo de tres líneas que pueden ser denominadas las líneas de absorción P', Q' y R'. A causa de la anarmonicidad la línea P' será desplazada a energía más baja que la longitud de onda excitadora  $\lambda$ . La diferencia de energía entre las líneas P' y Q' dependerá de J, que a su vez es determinado por  $\lambda$ . Así, existe una longitud de onda  $\lambda$  crítica tal que Q' y  $\lambda$  pueden ser aproximadamente iguales, es decir iguales dentro de un margen de tolerancia de  $0,1 \text{ cm}^{-1}$ . Por lo tanto, si el laser de IR tiene una anchura de banda efectiva mayor que  $0,1 \text{ cm}^{-1}$ , las moléculas simplemente excitadas pueden absorber un segundo fotón y resultar doblemente excitadas. En la ausencia de relajación rotacional las moléculas doblemente excitadas tendrán líneas de absorción P'', Q'' y R'', y la línea R'' estará dentro de un margen de  $0,1 \text{ cm}^{-1}$  con respecto a  $\lambda$  de manera que aquellas pueden absorber un tercer fotón y resultar triplemente excitadas. Si sólo se utiliza un láser de IR el presente invento está limitado a comunicar la energía de tres fotones, pero puede

1 utilizarse un segundo laser que trabaje con  $\lambda^*$ . Si  $\lambda^*$   
se encuentra con menor energía que  $\lambda$  por una magnitud  
igual a tres veces el desplazamiento por anarmonicidad, en  
5 entonces se puede repetir el antedicho proceso de absorción  
de tres fotones para producir moléculas con la energía de  
seis fotones. Un tercer laser con energía todavía menor  
por el triple del desplazamiento por anarmonicidad puede  
producir moléculas con la energía de nueve fotones, etc.  
Algunos lasers son capaces de emitir varias longitudes de  
10 onda distintas al mismo tiempo, y está dentro del alcance  
del presente invento utilizar un laser que emita con dos o  
más de las longitudes de onda deseadas.

Es conveniente denominar al mecanismo antes des-  
crito de excitación múltiple de fotones "el mecanismo PQR".  
15 Si una mezcla de  $U^{235}F_6$  en estado vibracional fundamental  
y de  $U^{238}F_6$  en estado vibracional fundamental es irradia-  
da con una longitud de onda  $\lambda$  apropiadamente escogida am-  
bas moléculas isótopas pueden absorber la radiación y re-  
sultar excitadas; no obstante las moléculas de  $U^{235}F_6$  que  
20 absorben la radiación están en el estado rotacional J y  
pueden resultar triplemente excitadas por medio del meca-  
nismo PQR, mientras que las moléculas de  $U^{238}F_6$  que absor-  
ben están en un estado rotacional J' diferente y pueden re-  
sultar simplemente excitadas pero no pueden experimentar  
25 el mecanismo PQR. Así, en este caso ideal, con tal que la  
anchura de banda del laser sea mayor que el desplazamiento  
de isótopo los procesos de excitación pueden ser perfecta-  
mente selectivos. No obstante, en la práctica, el  $UF_6$  gaseo  
30 so está disponible como una distribución térmica entre mu-  
chos estados excitados que se encuentran a un nivel bajo en

1 lugar de simplemente en el estado vibracional fundamental.  
Para cada nivel de energía vibracional diferente hay una  
diferente longitud de onda crítica necesaria para hacer que  
U<sup>235</sup>F<sub>6</sub> experimente el mecanismo PQR. Así, para la distribu-  
5 ción térmica como un conjunto, hay un margen de longitudes  
de onda tal que la irradiación dentro de este margen hará  
que moléculas de U<sup>235</sup>F<sub>6</sub> de una cierta energía dentro de la  
distribución térmica experimenten el mecanismo PQR. Dicha  
irradiación hará también que moléculas de U<sup>238</sup>F<sub>6</sub> excitadas  
10 térmicamente a energía diferente y más baja experimenten el  
mecanismo PQR. El efecto de la distribución térmica es que  
ambas moléculas isótopas pueden experimentar el mecanismo  
PQR y recibir la energía de tres fotones, pero el isótopo  
ligero comienza con la mayor excitación térmica inicial y  
15 por lo tanto termina con una mayor energía final.

Después de una absorción selectiva isotópica por  
absorción de múltiples fotones IR tal como antes se ha des-  
crito, las moléculas excitadas experimentan una conversión  
química que forma un producto que puede ser recuperado por  
20 cualquier medio conocido en la técnica. Dado que la excita-  
ción múltiple de fotones es esencialmente un medio de calen-  
tar selectivamente a moléculas que contienen un isótopo en  
un grado mayor que a moléculas que contienen el otro isóto-  
po, la conversión química que experimentan las moléculas  
25 excitadas puede ser cualquier proceso cuya velocidad o se-  
lectividad sea sensible a la temperatura. Así, entra dentro  
del alcance del presente invento permitir que las moléculas  
excitadas experimenten una reacción bimolecular con algunas  
otras moléculas gaseosas, o que aquellas experimenten des-  
30 composición fotoquímica por luz procedente de un laser visi-

1 ble o de UV. También entra dentro del alcance del presente  
invento lograr dicha descomposición fotoquímica con luz de  
infrarrojos procedente del laser o de los lasers utiliza-  
dos para la excitación selectiva isotópicamente o con otro  
5 laser de infrarrojos.

La operación final del presente invento es la  
recuperación de las moléculas convertidas por medios cono-  
cidos en la técnica.

Existen, tal como antes se ha indicado, requisi-  
10 tos críticos para la excitación múltiple de fotones a tra-  
vés del mecanismo PQR. Las moléculas deben ser irradiadas  
con una densidad de energía suficientemente elevada para  
que el proceso de excitación sea más rápido que la relaja-  
ción rotacional. Esto requiere una densidad de energía de  
15 al menos  $10^4$  wátios por  $\text{cm}^2$  por torr de presión total y  
preferiblemente mayor de  $10^6$  wátios por  $\text{cm}^2$  por torr de pre-  
sión total para la irradiación con IR. El laser de IR uti-  
lizado debe tener una anchura de banda efectiva, tomando  
en cuenta el ensanchamiento de energía, de al menos  $0,1$   
20  $\text{cm}^{-1}$ , y se prefiere que la anchura de banda no sea mayor  
que el desplazamiento de isótopo ya que la utilización de  
una anchura de banda mayor que el desplazamiento de isóto-  
po degradará algo la separación global. Finalmente, se re-  
quiere que la longitud de onda del laser IR esté dentro  
25 del ramal P de una banda de absorción de infrarrojos de las  
moléculas que contienen los isótopos a separar. Dicha ban-  
da de absorción de infrarrojos debe corresponder a un modo  
de movimiento molecular en que participen los átomos de los  
elementos cuyos isótopos estén siendo separados. Aunque di-  
30 cha longitud de onda debe estar dentro del ramal P, es bien

1 sabido que parte del ramal P queda grandemente superpuesto  
por el ramal Q. Entra dentro del alcance del presente in-  
vento utilizar a la vez la porción del ramal P que no que-  
5 da superpuesta por el ramal Q y la porción que sí lo queda.

#### EJEMPLO

Mineral de uranio con distribución natural de  
isótopos es convertido en vapor de  $UF_6$  por medios bien co-  
nocidos en la técnica. Dicho  $UF_6$  es irradiado a una tempe-  
10 ratura entre 225°K y 300°K con radiación procedente de un  
laser de IR con una densidad de energía de al menos  $10^6$  wa-  
tios por  $cm^2$  por torr de presión total, teniendo dicha ra-  
diación una anchura de banda efectiva de 0,1 a 0,65  $cm^{-1}$  y  
una longitud de onda o bien entre 1292 y 1297  $cm^{-1}$  o bien  
15 entre 1158 y 1163  $cm^{-1}$ , cayendo dichas longitudes de onda  
dentro de los ramales P de las bandas de absorción  $\bar{V}_1 +$   
 $\bar{V}_3$  y  $\bar{V}_2 + \bar{V}_3$  de  $UF_6$ . Las moléculas excitadas de es-  
te modo son convertidas por cualquier medio cuya velocidad  
sea sensible a la temperatura y las moléculas convertidas  
20 son recogidas por medios conocidos en la técnica. Así, el  
uranio natural es dividido en uranio enriquecido en isóto-  
pos y uranio agotado en isótopos. Si se deseara un mayor en-  
riquecimiento del uranio enriquecido o un mayor agotamiento  
del uranio agotado, el procedimiento puede ser repetido en  
25 lo que se necesite de acuerdo con las técnicas bien conoci-  
das para escalonar una separación de isótopos.

1

REIVINDICACIONES

5

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10

15

20

25

30

1ª.- Un método para separar los isótopos de un elemento, siendo aplicado dicho método a un compuesto gaseoso de dicho elemento, en que las moléculas que contienen el isótopo o los isótopos más ligeros son excitadas de modo preferente y absorben más de 1 cuanto de radiación IR, las moléculas excitadas son convertidas preferentemente por cualquier medio cuya velocidad o selectividad sea sensible a la temperatura y dichas moléculas convertidas son separadas de las moléculas que no están convertidas, caracterizado por someterse a moléculas de dicho compuesto a radiación procedente de un laser de IR en o aproximadamente en una longitud de onda previamente determinada con una densidad de energía de al menos  $10^4$  watios por  $\text{cm}^2$  por torr de presión total, teniendo dicha radiación una anchura de banda efectiva, tomando en consideración el ensanchamiento de energía, mayor de  $0,1 \text{ cm}^{-1}$ , y estando dentro del margen de longitudes de onda correspondiente a un ramal P de una banda de absorción vibracional de dicho compuesto gaseoso, correspondiendo dicha banda de absorción vibracional a un modo de movimiento molecular en que participa el átomo cuyos isótopos están siendo separados.

2ª.- El método de la reivindicación 1ª, en que di

1 cho compuesto gaseoso es un compuesto de uranio.

3ª.- El método de la reivindicación 2ª, en que la densidad de energía es al menos de  $10^6$  watios por  $\text{cm}^2$  por torr de presión total.

5 4ª.- El método de la reivindicación 3ª, en que la anchura de banda es mayor que  $0,1 \text{ cm}^{-1}$  pero menor que el desplazamiento de isótopo.

5ª.- El método de la reivindicación 4ª, en que dicho compuesto gaseoso es  $\text{UF}_6$ .

10 6ª.- El método de la reivindicación 5ª, en que la temperatura de irradiación está entre 225 y 300°K.

7ª.- El método de la reivindicación 6ª, en que la longitud de onda está entre 1292 y 1297  $\text{cm}^{-1}$ .

15 8ª.- El método de la reivindicación 6ª, en que la longitud de onda está entre 1158 y 1163  $\text{cm}^{-1}$

9ª.- Un método para separar los isótopos de un elemento.

20

25

30



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

5 Esta Memoria consta de dieciocho hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

06. SEPT. 1977

P.A.

Alberto de Elzaburu  
Por Poderes

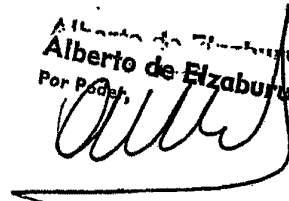
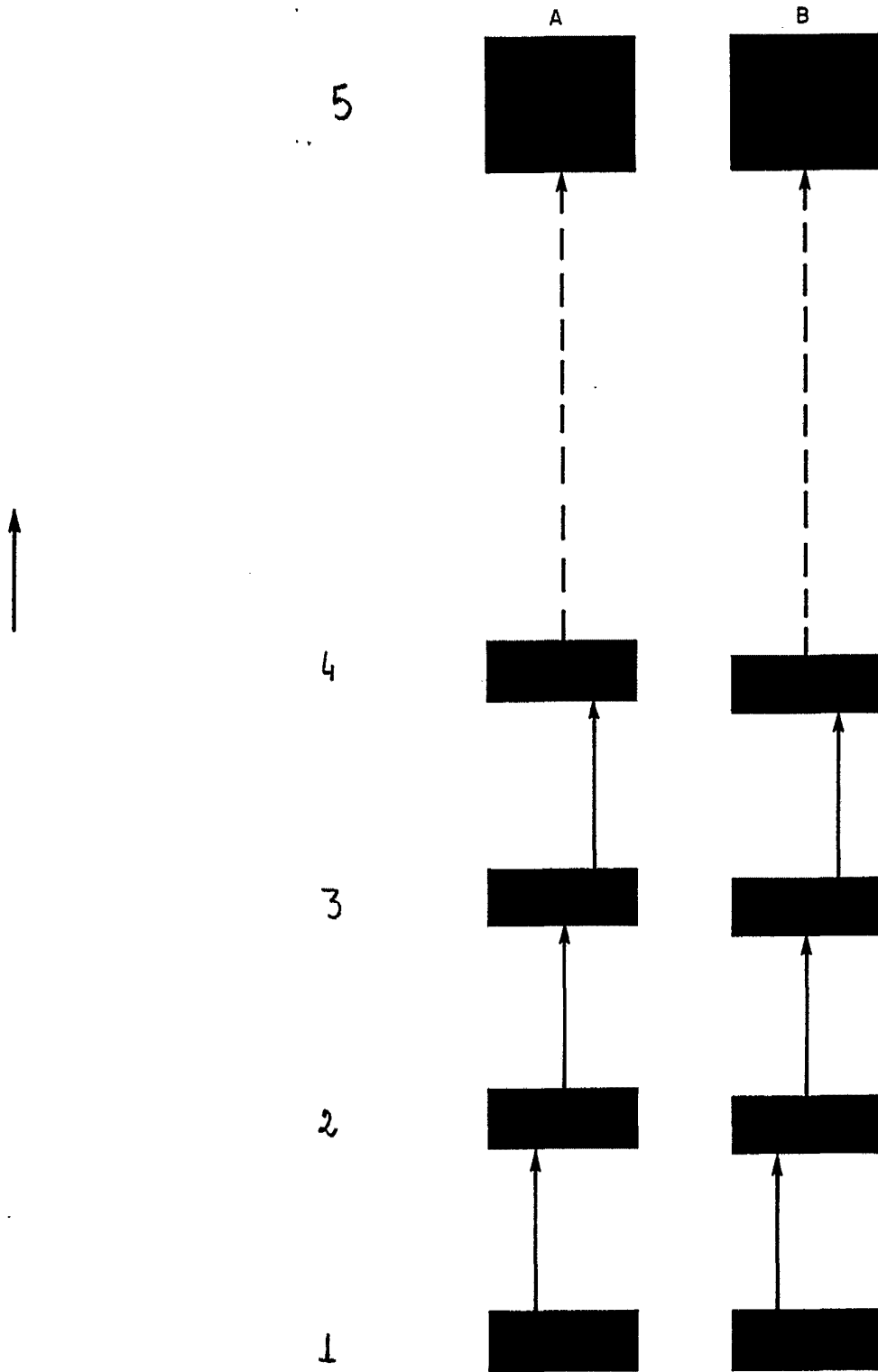


Figure 1



Alberto de Elizaburu  
For Eader