

31 DIC. 1964

306250

P- 27.985

JL/AK 3294-64
Commissariat à l'Energie
Atomique
"D.2230 P-Magnétomètre
satellite"



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud
de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 20 de Noviembre de 1.964, con el número 306.250

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

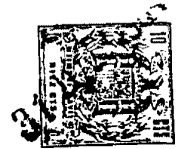
a nombre de COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, entidad
francesa, establecida en 29, Rue de la Fédération, Pa--
ris (Sena), Francia, por:

"PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LA INTENSIDAD DEBILISIMA DE --
UN CAMPO MAGNETICO"

=====

El presente invento tiene por objeto un procedi--
miento para la medición de la intensidad de los campos
magnéticos muy débiles (inferiores a aproximadamente --
0,1 gauss), especialmente de los campos magnéticos que
5 existen en el espacio interplanetario, así como un dis-
positivo o magnetómetro para la puesta en práctica de --
este procedimiento.

Se sabe ahora que en el espacio interplanetario exis



ten campos magnéticos extremadamente débiles que tienen intensidades del orden de 10^{-3} o 10^{-4} gauss, o incluso inferiores a este orden de magnitud.

5 Entre los dispositivos actualmente conocidos para medir los campos magnéticos, aquellos que emplean la resonancia magnética son cada vez más utilizados. Tales dispositivos están basados en la medición de la frecuencia de precesión, denominada frecuencia de Larmor, del momento magnético, generalmente nuclear, de una partícula subatómica, generalmente de un núcleo atómico más particularmente del protón, en el campo magnético a medir, siendo esta frecuencia proporcional a la intensidad del campo magnético en el cual está colocada dicha partícula subatómica.

15 Si se denomina H la intensidad en gauss del campo magnético a medir, en el cual está colocada la partícula subatómica, γ la relación giromagnética de la partícula (la existencia de una relación γ bien determinada significa que el momento cinético o spin, y por lo tanto el momento magnético de la partícula no son nulos), y F la frecuencia de precesión o de Larmor en hertz, se tiene

$$F = \frac{\gamma}{2\pi} H \quad (1)$$

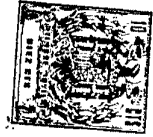
25 Los magnetómetros basados sobre la resonancia magnética permiten medir sin dificultades los campos magnéticos intensos, de varios centenares o millares de gauss, con una precisión muy grande, dado que la relación giromagnética γ de numerosos núcleos atómicos es conocida con una precisión muy grande. En particular,



la relación giromagnética del protón, en el agua de--
soxigenada, es conocida con una precisión de 10^{-6} y -
es igual a 26.751,3 gauss/seg. Por el contrario, cuan-
do la intensidad del campo magnético disminuye, nacen
5 dificultades del hecho de que la amplitud de la señal
a la frecuencia de Larmor, en un magnetómetro de reso-
nancia magnética, disminuye cuando la intensidad del -
campo magnético disminuye. En efecto, la relación de -
Maxwell-Faraday origina que la f.e.m. inducida en la -
10 bobina detectora del magnetómetro por la precesión de
los momentos magnéticos sea proporcional a la veloci-
dad angular de esta precesión y, por consiguiente, a -
la frecuencia de Larmor.

Para medir los campos magnéticos débiles, tales
15 como el campo magnético terrestre (que es del orden de
0,5 gauss), se han propuesto diferentes medios para au-
mentar la amplitud de la señal de resonancia magnética.
Entre estos medios, se citarán simplemente los dos si-
guientes:

20 - Prepolarización de los momentos magnéticos por
medio de un campo magnético auxiliar continuo intenso
que alinea los momentos magnéticos en una dirección --
sensiblemente perpendicular a la del campo magnético a
medir, siendo cortado bruscamente este campo magnético
25 auxiliar para dejar que los momentos magnéticos tengan
un movimiento de precesión alrededor del campo magnéti-
co a medir, con la frecuencia de Larmor correspondien-
te al campo magnético a medir; se obtienen así magnetó-
metros de inducción o precesión libre del tipo Packard-
30 Varian, que permiten medir en buenas condiciones la in-



tensidad del campo magnético terrestre;

- polarización de los momentos magnéticos nucleares de un disolvente por saturación de una raya de resonancia electrónica de un radical libre paramagnético disuelto en el disolvente, siendo realizada esta saturación por medio de un campo magnético alternativo de alta frecuencia; se obtienen así magnetómetros que emplean el efecto Overhauser-Abraham, en particular magnetómetros del tipo maser, que permiten medir con una precisión muy grande la intensidad del campo magnético terrestre.

Cuando se trata, por el contrario, de medir la intensidad de campos magnéticos del orden de 10^{-3} a 10^{-4} gauss, especialmente en el espacio interplanetario, surgen dificultades muy grandes, tanto con los magnetómetros del tipo citado (de precesión libre o de efecto Overhauser-Abraham) como con los magnetómetros de bombeo óptico o con núcleos magnéticos saturados del tipo fluxgate de Forster. En particular, con los diferentes tipos de magnetómetros que emplean la resonancia magnética, la frecuencia de Larmor llega a ser muy pequeña (es de aproximadamente 0,4 Hz en un campo magnético de 10^{-4} gauss) y por consiguiente la amplitud de la señal a esta frecuencia, incluso aumentada por prepolarización o por efecto Overhauser-Abraham, llega a ser extremadamente débil, y la señal útil se encuentra absorbida en el ruido de fondo que la acompaña, aumentando la amplitud del ruido de fondo, por lo demás, cuando la frecuencia de Larmor disminuye. Llega a ser entonces muy difícil, si no imposible, medir con

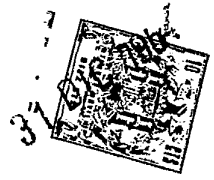


una cierta precisión la frecuencia de esta señal útil para campos magnéticos de 10^{-3} a 10^{-4} gauss.

La medición de la intensidad del campo magnético en el espacio interplanetario plantea, además de la dificultad resultante de la debilidad de la intensidad -
5 de este campo, los problemas de reducción del peso, -- del volumen y del consumo de energía eléctrica del aparato de medición por el hecho de que éste debe estar -- embarcado en un satélite artificial.

10 Es por esto por lo que el presente invento tiene por objeto un procedimiento de medición de los campos magnéticos muy débiles, inferiores a 0,1 gauss, en particular del orden de 0,01 gauss o menos, con una precisión suficiente, y un magnetómetro que permite medir --
15 tales campos magnéticos muy débiles, pudiendo ser em-- barcado fácilmente este magnetómetro en un satélite artificial por el hecho de que su peso y su volumen son pequeños y su consumo de energía eléctrica reducido.

El procedimiento según el invento, para medir la
20 intensidad h muy débil --inferior a 0,1 gauss, en particular del orden de 0,01 gauss o menor-- de un campo magnético en una zona del espacio-- especialmente del espacio interplanetario--, se caracteriza por el hecho de que se crean, en dos porciones de dicha zona, dos campos --
25 magnéticos auxiliares continuos H_1 , H_2 , de igual intensidad absoluta H_0 superior a aproximadamente 0,1 gauss, en particular a 1 gauss, pero de sentidos opuestos, dirigidos sensiblemente según la dirección del campo magnético a medir, por que se generan en estas dos porcio-
30 nes de dicha zona, dos tensiones sinusoidales a las fre



cuencias de Larmor f_1 , f_2 de una misma partícula subatómica, en particular del protón, de relación giromagnética γ bien determinada, para los campos magnéticos tales que allí reinan, por que se deduce de estas dos tensiones una tercera tensión cuya frecuencia f es igual a la diferencia entre las frecuencias de las dos primeras tensiones, y por que se determina el valor de esta frecuencia f que es igual a $\frac{\gamma}{\pi} \cdot h$, es decir proporcional a la intensidad ha a determinar e independiente de la intensidad H_0 .

El dispositivo o magnetómetro según el invento, para la puesta en práctica del procedimiento considerado, se caracteriza por el hecho de que comprende, en combinación, medios para generar, en dos porciones de una zona del espacio en la cual se trata de medir la intensidad del campo magnético, dos campos magnéticos continuos de la misma intensidad, superior a aproximadamente 0,1 gauss, en particular a 1 gauss, y de sentidos opuestos dirigidos sensiblemente según la dirección del campo magnético a medir, dos generadores de resonancia magnética sensibles a la intensidad de los campos magnéticos totales en las dos porciones de dicha zona y que suministran dos tensiones de frecuencias proporcionales a las intensidades de dichos campos magnéticos totales, un mezclador conectado a la salida de los dos generadores para recibir dichas dos tensiones y que suministra una tercera tensión cuya frecuencia es proporcional a la diferencia de las dos frecuencias de las dos primeras tensiones, y un frecuencímetro conectado a la salida del mezclador para recibir la tercera tensión y me--



dir la frecuencia de esta tercera tensión.

Los medios para generar los dos campos magnéticos
contínuos están constituidos, por ejemplo, por un gene-
rador de corriente contínua y por dos solenoides, de --
5 igual forma y dimensión, conectados en serie a los bor-
nes de dicho generador de corriente contínua.

El invento será mejor comprendido con ayuda del -
complemento de descripción que sigue, así como del dibu-
jo anejo, cuyos complementos y dibujo están dados, na--
10 turalmente, sobre todo a título de indicación.

La figura única de este dibujo representa un modo
de realización ilustrado a título de ejemplo de un mag-
netómetro dotado de los perfeccionamientos según el in-
vento.

15 Para medir la intensidad h muy débil, por ejemplo
del orden de 10^{-3} o 10^{-4} gauss, del campo magnético en
una zona 1 (que puede formar parte, por ejemplo, del es-
pacio interplanetario), se generan en dos porciones ge-
neralmente muy próximas la 1b de esta zona 1, dos cam--
20 pos magnéticos auxiliares contínuos, es decir, constan-
tes y homogéneos, H_1 y H_2 de igual intensidad H_0 , supe-
rior a 0,1 gauss, en particular a 1 gauss, y de senti-
dos opuestos dirigidos sensiblemente según la dirección
del campo magnético a medir (de intensidad h), siendo -
25 los vectores H_1 y H_2 por consiguiente antiparalelos y -
estando dirigidos sensiblemente según la dirección del
vector h . Los campos H_1 y H_2 son generados ventajosamen-
te por medio de un generador 3 de corriente contínua y
de dos bobinas o solenoides 2a y 2b de igual forma y di-
30 mension, conectadas en serie entre los bornes del gene-



rador 3, de manera que sean atravesadas por la misma corriente, estando dispuestas estas dos bobinas con sus ejes paralelos y estando bobinadas para generar campos magnéticos opuestos H_1 , H_2 .

5 A título de ejemplo, cada solenoide 2a, 2b puede tener una longitud de 30 cm y un diámetro de 6 cm y estar constituido por 4.200 espiras contiguas. Si el generador 3 suministra a través de estas bobinas una corriente de intensidad igual a 15 miliamperios, cada solenoide 2a, 2b genera en su interior un campo magnético continuo y homogéneo dirigidos según el eje del solenoide y que tiene una intensidad igual a 2,358 gauss en la proximidad del centro de simetría.

15 En las porciones 1a y 1b de la zona 1, de hecho en el interior de los solenoides 2a y 2b, están dispuestos dos generadores de resonancia magnética aptos para generar dos tensiones de frecuencias f_1 y f_2 iguales a la frecuencia de Larmor para una misma partícula subatómica, especialmente un núcleo atómico, para los campos magnéticos totales que existen en las porciones de zona 1a y 1b. Estos generadores de resonancia magnética son, por ejemplo, del tipo descrito en la patente belga número 641.458, con referencia a la figura 4 de ésta (del tipo oscilador de spin).

25 En este caso, cada uno de los generadores de resonancia magnética comprende un recipiente 4a, 4b que contiene una solución constituida por, por una parte, un disolvente que contiene núcleos atómicos de momento magnético y momento cinético no nulos y por consiguiente de relación giromagnética bien determinada, en par-

30



5 ticular un disolvente hidrogenado que contiene proto--
nes y, por otra parte, disuelto en este disolvente, un
radical libre paramagnético que presenta una separa- -
ción hiperfina (es decir, una frecuencia de resonancia
10 en campo magnético nulo) relativamente elevada y un --
acoplamiento bipolar entre los spin de los electrones
no emparejados del radical libre y los spin de los nú-
cleos atómicos del disolvente; la saturación de una --
raya de resonancia electrónica de tal radical aumenta,
15 por efecto Overhauser-Abragam la intensidad de la se--
ñal, a la frecuencia de Larmor, de los núcleos atómi--
cos. A título de ejemplo, los recipientes 4a y 4b con-
tienen una solución en el agua desoxigenada, de sal de
Fremy o sulfato de peroxilamina cuya frecuencia de re-
20 sonancia en campo nulo es del orden de 56 MHz. La raya
de resonancia electrónica a 56 MHz, de la sal de Fremy
disuelta en cada uno de los recipientes 4a, 4b, está -
saturada por medio de una bobina 5a, 5b dispuesta en -
dichos recipientes y alimentada a través de un cable -
25 coaxial 6 por un generador u oscilador de alta fre- --
cuencia 7 que suministra una tensión sinusoidal de fre-
cuencia igual a 56 MHz (siendo la potencia consumida -
por el oscilador del orden de un vatio).

30 Por el hecho de la saturación de la raya de reso-
nancia electrónica a 56 MHz de la sal de Fremy, la se-
ñal de la resonancia magnética de los protones (que es-
tá a la frecuencia de Larmor en el campo magnético to-
tal, que existe en la porción de zona 1a, 1b, en la --
cual está sumergido el recipiente 4a, 4b y que es igual
a la suma vectorial de H_1 o H_2 y de h) presenta una in-



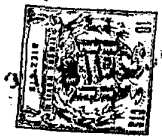
tensidad mayor por el efecto Overhauser-Abragam.

La señal a la frecuencia de Larmor en cada recipiente 4a, 4b es detectada por medio de un montaje del tipo oscilador de spin descrito en la patente mencionada (figura 4).

Cada uno de estos montajes comprende dos bobinas 8a, 8b y 9a, 9b que rodean el recipiente y que pueden incluir por ejemplo, respectivamente, 6000 y 200 espiras. Entre las bobinas externas 8a, 8b y 9a, 9b por una parte, si la bobina interna 5a, 5b, por otra parte, está prevista una pantalla eléctrica no representada, del tipo conocido, practicamente impermeable a la radiación electromagnética a 56 MHz pero permeable a la radiación magnética a la frecuencia $F_0 = \frac{\gamma}{2\pi} \cdot H_0$ que es el orden de magnitud de la frecuencia de Larmor para el campo magnético que existe en la porción 1a, 1b (por el hecho de que h es despreciable ante H_0), en particular a 10.000 Hz en el caso en que H_0 es igual a 2,358 gauss y en que las partículas subatómicas son protones.

Es solamente para la claridad del dibujo por lo que se han representado las bobinas 8a, 8b, y 9a, 9b separadas del recipiente 4a, 4b y éste en el exterior del solenoide 2a, 2b.

Entre los bornes de cada una de las bobinas 8a, 8b está montado un condensador 10a, 10b, constituyendo el conjunto 8a,-10a, 8b-10b un circuito resonante sintonizado a la frecuencia F_0 , que es la frecuencia de Larmor correspondiente a un campo magnético de intensidad H_0 . Cada bobina 8a, 8b está conectada a un amplificador lineal 11a, 11b sin distorsión de fase, siendo este am-



plificador de preferencia un amplificador selectivo de
banda pasante estrecha, centrada sobre F_0 . En este ca-
so, la selectividad del circuito resonante (cuyo fac-
tor de sobretensión o coeficiente de calidad puede ser
5 del orden de 4 ó 5 con objeto de reducir el arrastre -
de frecuencia o "pulling") y del amplificador elimina
una gran parte del ruido de fondo y aumenta por consi-
guiente la relación señal/ruido.

El amplificador 11a, 11b, que puede tener una ga-
10 nancia del orden de 70 decibelios, suministra, a tra-
vés de una resistencia 13a, 13b del orden de 100.000 --
ohmios, a la bobina 9a, 9b. Los puntos centrales de --
las bobinas 8a, 8b y 9a, 9b y del amplificador 11a, --
11b de cada vía están puestos a la masa.

15 Los ejes de las bobinas 8a, 8b y 9a, 9b son per-
pendiculares entre sí, con objeto de realizar un desa-
coplamiento eléctrico entre cada par de bobinas 8a-9a
y 8b-9b; el acoplamiento residual es hecho mínimo con
ayuda de un potenciómetro de equilibrado 14a, 14b de -
20 25.000 ohmios. En estas condiciones de desacoplamiento,
solo el fenómeno de resonancia nuclear puede acoplar -
las bobinas 8a, 9a, por una parte, y 8b, 9b, por otra
parte. Cuando la bobina 8a, 8b es la sede de una f.e.m.
alternativa de inducción nuclear a la frecuencia de --
25 Larmor correspondiente al campo magnético total que --
reina en la porción de zona 1a, 1b, esta f.e.m. es am-
plificada por el amplificador 11a, 11b, y luego aplica-
da a la bobina 9a, 9b cuyo campo magnético asegura la
permanencia de ésta f.e.m., lo que realiza el manteni-
30 miento de las oscilaciones. Se puede decir que el con-

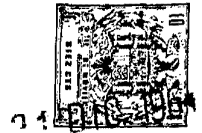


junto 8a-11a-9a con el recipiente 4a, por una parte, y 8b-11b-9b con el recipiente 4b, por otra parte constituye un verdadero oscilador cuántico correspondiente a un oscilador clásico de reacción en el cual la curva -
5 de resonancia nuclear desempeña la misión de la curva del circuito oscilante en los osciladores clásicos; teniendo lugar el acoplamiento en la frecuencia de Larmor, el oscilador oscila a esta frecuencia.

En resumen, en ausencia de precesión de los momentos magnéticos en los recipientes 4a, 4b, no pasa -
10 ninguna corriente por el amplificador 11a, 11b por el hecho del desacoplamiento entre las bobinas 8a-9a, 8b-9b; por el contrario, cuando estos momentos magnéticos sufren una precesión a la frecuencia de Larmor por el hecho de que el recipiente 4a, 4b está colocado en un --
15 campo magnético (excesivamente igual a la suma vectorial de H_1 y h , por una parte, y de H_2 y h , por otra parte), cada oscilador nuclear, en particular, cada amplificador 11a, 11b, suministra una tensión de frecuencia igual a la frecuencia de Larmor citada, o sea f_1 -
20 para 11a y f_2 para 11b.

Detalles complementarios sobre el montaje y el funcionamiento de cada uno de los osciladores de spin se dan en la patente mencionada.

25 Un mezclador 15 recibe las tensiones, de frecuencias f_1 y f_2 , suministradas por las salidas 12a y 12b y suministra una tensión a una frecuencia f que es - - igual a la diferencia de las frecuencias f_1 y f_2 (de hecho el mezclador puede suministrar igualmente la frecuencia $f_1 + f_2$ pero un filtro está previsto para dete
30



ner esta última frecuencia).

Suponiendo que el vector h esté dirigido como se ilustra en la figura, es decir, según la misma dirección que H_1 y H_2 , y en el mismo sentido que H_1 , se tiene (fórmula 1):

$$f_1 = \frac{\gamma}{2\pi} \cdot (H_1 + h) \quad (2)$$

$$f_2 = \frac{\gamma}{2\pi} \cdot (H_2 - h) \quad (3)$$

10 y por consi-

guiente $f = f_1 - f_2 = -\frac{\gamma}{\pi} \cdot h \quad (4)$

por que $H_1 = H_2 = H_0$ en valores absolutos.

Se ve, pues, que la frecuencia f suministrada por el mezclador 15 es estrictamente proporcional a la intensidad h del campo magnético a medir (o, de una manera más general, a la intensidad de la componente del campo magnético dirigida según la dirección común de H_1 y de H_2), y que no depende de la intensidad H_0 de los campos magnéticos auxiliares H_1 y H_2 .

20 La frecuencia f es medida en un frecuencímetro 16 de tipo conocido, y el valor de esta frecuencia puede ser registrado por medio de un dispositivo de registro 17.

Por el hecho de que el valor y , por consiguiente, las variaciones eventuales de H_0 no influyen en el valor de la frecuencia f , no es necesario estabilizar de una manera muy precisa la corriente suministrada por el generador 3 y que atraviesa los solenoides 2a y 2b. Esta es una de las ventajas del procedimiento y dispositivos según el invento, por que si se hubiera utili-



zado un solo oscilador de spin, por ejemplo el de la -
vía izquierda, cuya salida, tal como 12a, habría sumi-
nistrado una frecuencia f_1 proporcionada a $H_1 + h$, hu-
biera sido necesario, para determinar h con precisión,
5 tener un generador 3 que produjera en el solenoide 2a
un campo H_1 de intensidad conocida con una precisión -
muy grande y perfectamente estable, debiendo ser las -
variaciones de H_1 netamente menores que la intensidad
de h para evitar que estas variaciones influyan sobre -
10 la determinación de h . Por ejemplo, para medir con un
solo generador de spin campos magnéticos del orden -
de 10^{-4} gauss, hubiera sido necesaria una estabiliza-
ción a 10^{-6} de la intensidad que atraviesa el solenoide
2a.

15 El magnetómetro dotado de los perfeccionamientos
según el invento presenta no solo la ventaja de permi-
tir una determinación de h que sea independiente de la
intensidad que atraviesa los solenoides 2a y 2b, sino
incluso duplicar la precisión de la medición gracias -
20 al hecho de que la frecuencia $f = f_1 - f_2$ es la frecuen-
cia de Larmor que corresponde al campo magnético de in-
tensidad $2h$.

Como el magnetómetro ilustrado en la figura, se pue-
den medir todos los campos magnéticos inferiores a 0,1
25 gauss, hasta intensidades tan pequeñas como 10^{-4} gauss
aproximadamente, por ejemplo previendo una anchura de ban-
da de por lo menos 0,2 gauss para los amplificadores 11a
y 11b. La precisión absoluta que se puede conseguir es -
del orden de 10^{-6} gauss y las mediciones son mediciones
30 absolutas por el hecho de que γ es conocida para el -



protón con una precisión de 10^{-6} y de que el arrastre de frecuencia o "pulling" es reducido. El peso total del magnetómetro es del orden de 2,5 kg y su consumo es del orden de 2,4 vatios, lo que permite su utilización a bordo de un satélite artificial, siendo en este caso el generador 3, un generador eléctrico del tipo de los utilizados en los satélites artificiales.

Aunque se haya ilustrado el invento en el caso de la puesta del empleo de dos osciladores de spin del tipo descrito en la patente mencionada con referencia a la figura 4, el invento puede ser empleado igualmente con otros tipos de generadores de resonancia magnética, por ejemplo con los generadores del tipo masser descritos en dicha patente con referencia a la figura 2, o los generadores de precesión libre igualmente descritos en dicha patente con referencia a la figura 3, empleando ventajosamente estos dos tipos de generadores el efecto Overhauser-Abragam.

Por otra parte, se ha indicado, a título de ejemplo de solución utilizada en los recipientes 4a y 4b, una solución acuosa de sal de Fremy. En lugar de tal solución, se podría utilizar una solución acuosa de difenilpicrilhidracilo, o una solución en un disolvente orgánico de un radical libre que tenga un grupo nitroxido radicalar cuyo átomo de nitrógeno está unido por lo demás exclusivamente a dos átomos de carbono unidos cada uno a otros tres átomos de carbono, en particular uno de los radicales libres citados en la patente mencionada. Naturalmente, la frecuencia de saturación de la raya de resonancia electrónica, que es de 56 MHz en



el caso de la sal de Fremy, varía de un radical libre -
paramagnético a otro.

Como es evidente y como resulta ya por lo demás -
de lo que precede, el invento no se limita en absoluto
5 a aquellos de sus modos de aplicación, así como tampoco
a aquellos modos de realización de sus diversas partes
que han sido más especialmente considerados; abarca por
el contrario todas sus variantes.

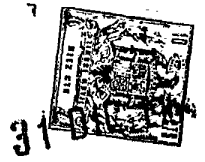
La presente solicitud, que corresponde a la pre--
10 sentada en Francia con fecha 21 de Noviembre de 1.963,-
bajo el número 954.514, se acoge a los beneficios del -
artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Indus-
trial.

15

- N O T A -

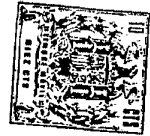
Los puntos de invención, propia y nueva que se --
presentan para que sean objeto de esta solicitud de Pa-
20 tente de Invención en España por VEINTE años, son los -
siguientes:

1.- Procedimiento para medir la intensidad debilí-
sima de un campo magnético, siendo dicha intensidad h in-
ferior a 0,1 gauss, en particular del orden de 0,01 - -
25 gauss o más débil, en una zona del espacio, notablen-
te del espacio interplanetario, caracterizado por el he-
cho de que se crean en dos partes de dicha zona, dos --
campos magnéticos auxiliares continuos H_1 , H_2 , de igual
intensidad absoluta H_0 , superior aproximadamente a 0,1
30 gauss, en particular a 1 gauss, pero de sentidos opues-



tos dirigidos sensiblemente según la dirección del campo magnético a medir, porque se engendran en estas dos partes de dicha zona, dos tensiones sinusoidales de frecuencias de Larmor f_1 , f_2 de una misma partícula subatómica, en particular del proton, de relación giromagnética gamma bien determinada, para los campos magnéticos totales que allí reinan, porque se deduce de estas dos tensiones una tercera tensión cuya frecuencia f es igual a la diferencia entre las frecuencias de las dos primeras tensiones, y porque se determina el valor de esta frecuencia f que es igual a $\frac{\gamma}{\pi} \cdot h$ es decir proporcional a la intensidad h a determinar e independiente de la intensidad H_0 .

2.- Dispositivo para medir la intensidad debilísima de un campo magnético, siendo dicha intensidad inferior a 0,1 gauss, en particular del orden de 0,01 gauss o más débil, en una zona del espacio, notablemente del espacio interplanetario, mediante la realización del procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende, en combinación, unos medios para engendrar, en dos partes de una zona del espacio en la cual se desea medir la intensidad del campo magnético, dos campos magnéticos continuos de igual intensidad, superior aproximadamente a 0,1 gauss en particular a 1 gauss, y de sentidos opuestos dirigidos sensiblemente en la dirección del campo magnético a medir, dos generadores de resonancia magnética sensibles a la intensidad de los campos magnéticos totales en las dos partes de dicha zona y que suministran dos tensiones de frecuencias proporcionales a las intensidades de dichos

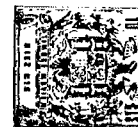


campos magnéticos totales, un mezclador conectado a las salidas de los dos generadores para recibir dichas dos tensiones y que suministra una tercera tensión cuya -- frecuencia es proporcional a la diferencia de las dos
5 frecuencias de las dos primeras tensiones, y un fre- -- cuencímetro conectado a la salida del mezclador para -- recibir la tercera tensión y medir la frecuencia de es- ta tercera tensión.

3.- Dispositivo según la reivindicación 2, caracte-
10 terizado por el hecho de que dichos medios para engendr- ar los dos campos magnéticos continuos están consti- tuídos por un generador de corriente continua y por -- dos solenoides, de igual forma y dimensión conectados en serie a los bornes de dicho generador de corriente
15 continua.

4.- Dispositivo según las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizado por el hecho de que cada generador de re- sonancia magnética está constituido por un oscilador -- de momento cinético o spin que tiene dos bobinas eléc-
20 tricamente desacopladas en ausencia de resonancia mag- nética, alimentando la primera de dichas bobinas a la segunda de dichas bobinas a través de un amplificador lineal sin distorsión de fase, siendo este amplifica-- dor preferentemente de tipo selectivo de banda pasante
25 estrecha centrada sobre la frecuencia de Larmor corres- pondiente a la intensidad de los dos campos magnéticos auxiliares.

5.- Dispositivo según las reivindicaciones 2, 3 ó 4, caracterizado por el hecho de que cada generador
30 de resonancia magnética tiene, como elemento sensible



31

a la intensidad de los campos magnéticos, una solución constituida por un disolvente que encierra núcleos atómicos de momento magnético y momento cinético no nulos, y notablemente protones, y, disueltos en este disolvente, un radical libre paramagnético, que tiene un electrón no apareado que presenta una raya de resonancia electrónica saturable a una frecuencia no nula en campo magnético nulo y porque comprende medios para saturar dicha raya de resonancia a dicha frecuencia no nula.

6.- Procedimiento para medir la intensidad debilísima de un campo magnético.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, ilustrado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

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

Madrid,

31 DIC. 1964

P.A.

Alberto de Ezabura
Por Poder.

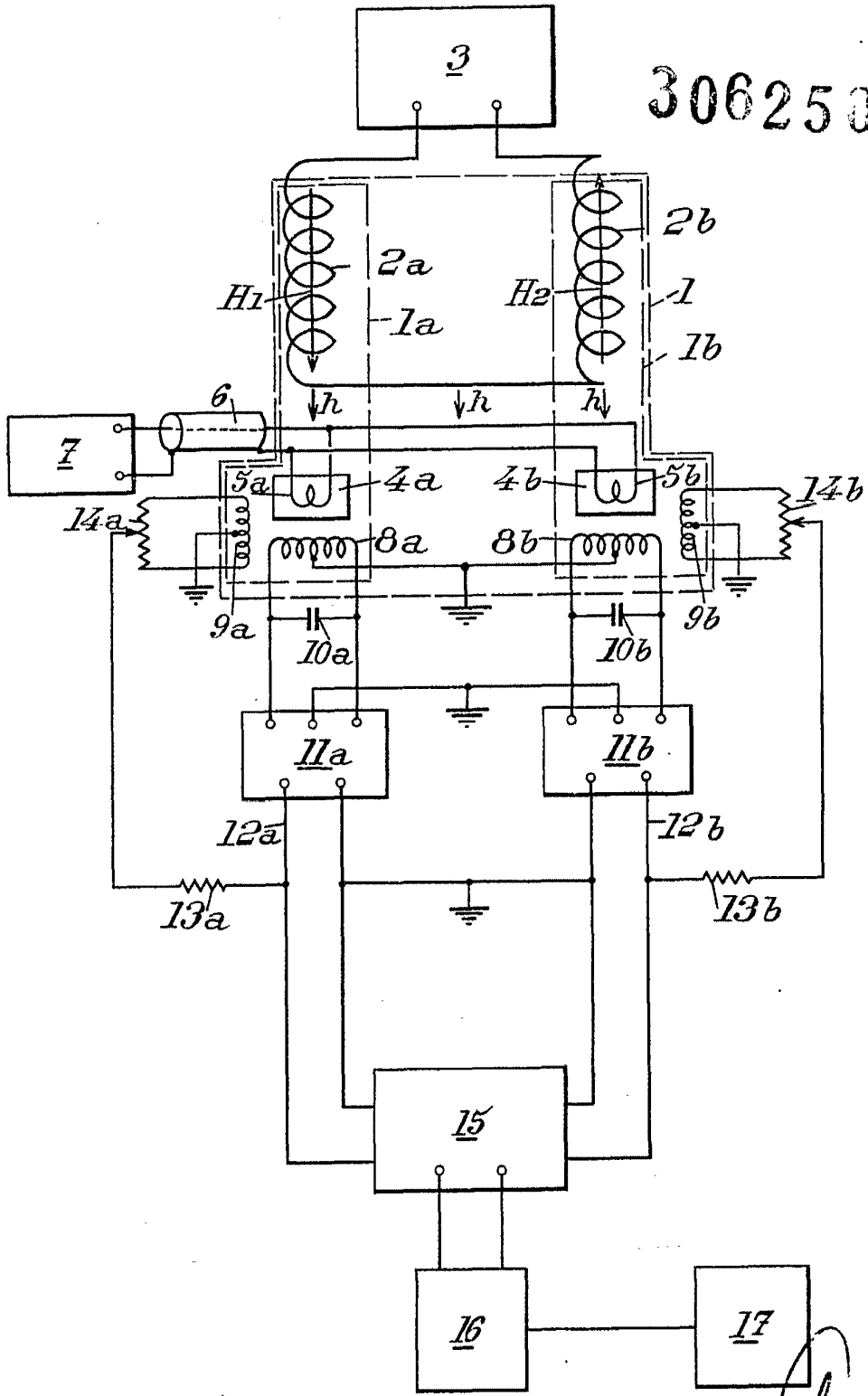
306250

ARP.

31



306250



Alberto de Alzola
Roy P. Car.