21 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA
GRONINGEN , NETHERLANDS, 1990

Problema 1 (Difracción de Rayos X de un Cristal.)**.** Deseamos estudiar difracción de rayos X por una retícula cristalina cúbica. Para ello partimos de la difracción de un plano, la onda monocromática que cae perpendicularmente sobre una cuadrícula de 2 dimensiones que consiste de cortes $N_1 \times N_2$ con separaciones d_1 y d_2. El patrón de difracción se observa en una pantalla a una distancia L de la cuadrícula. La pantalla es paralela a la cuadrícula y L es mucho mayor que d_1 y d_2.

a.- Determinar las posiciones y anchos del máximo de capital en la pantalla. La anchura se define como la distancia entre los mínimos de cada lado de los máximos.

Consideramos ahora un cristal cúbico, con espaciamiento reticular y tamaño N_0.a$\times N_0$.a$\times N_1$.a. N_1 es mucho menor que N_0. El cristal se coloca en un haz de rayos X paralelo a lo largo del eje z en un ángulo Θ (ver Fig. 1). El patrón de difracción se observa de nuevo en una pantalla a una gran distancia del cristal.

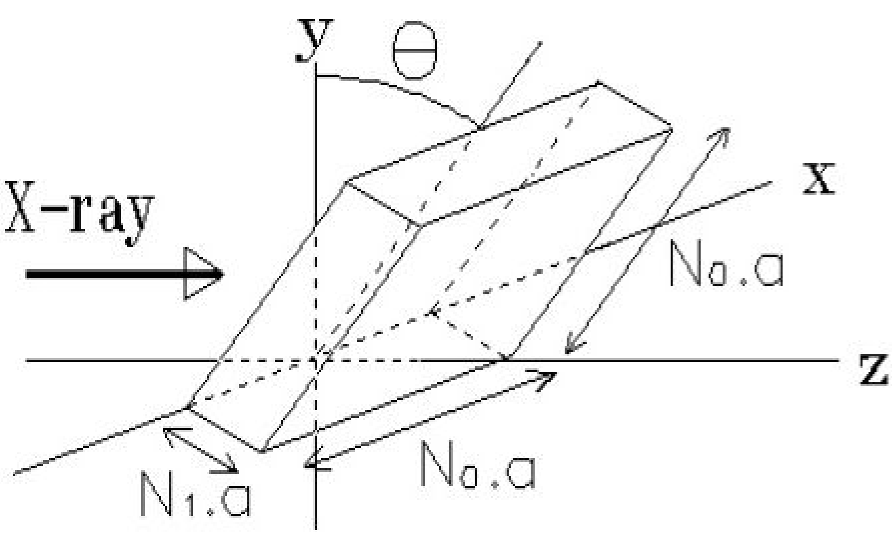

Figura 1. *Difracción de un haz de rayos X paralelo a lo largo del eje z. El ángulo entre el cristal y el eje y es* Θ

b.- Calcular la posición y la anchura de los máximos como una función del ángulo Θ (para Θ pequeña). ¿Qué son en particular las consecuencias del hecho de que la $N_1 << N_0$

El patrón de difracción también puede obtenerse por medio de la teoría de Bragg, en el que se supone que los rayos X son reflejados por planos atómicos en la red. El patrón de difracción entonces surge de la interferencia de estos rayos reflejados unos con otros.

c.- Demostrar que esta reflexión llamada Bragg produce las mismas condiciones que para los máximos como los que encontró en b.

En algunas mediciones el método asi llamdo de polvo es empleado. Un haz de rayos X es dispersada por un polvo de muchos pequeños cristales. (Por supuesto, los tamaños de los cristales son mucho mayores que el espaciado reticular, a). La dispersión de los rayos X de longitud de onda de 0.15 nm por el cloruro de potasio [KCl] (que tiene una retícula cúbica, ver Fig. 2) resultados en la producción de círculos concéntricos oscuros en una placa fotográfica. La distancia entre los cristales y la placa es de 0.10 m, y el radio del círculo más pequeño es 0.053 m (véase la Fig. 3). Iones K^+ y Cl^- tienen casi el mismo tamaño, y pueden ser tratados como centros de dispersión idénticos.

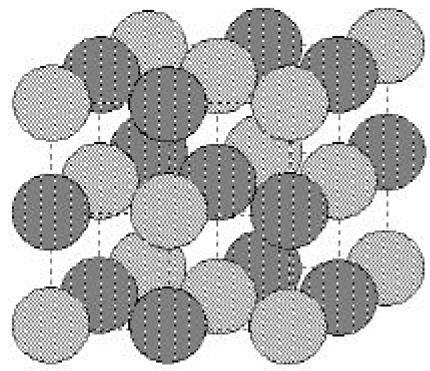

Figura 2. *La retícula cúbica de cloruro de potasio en el que los iones K^+ y Cl^- tienen casi el mismo tamaño*

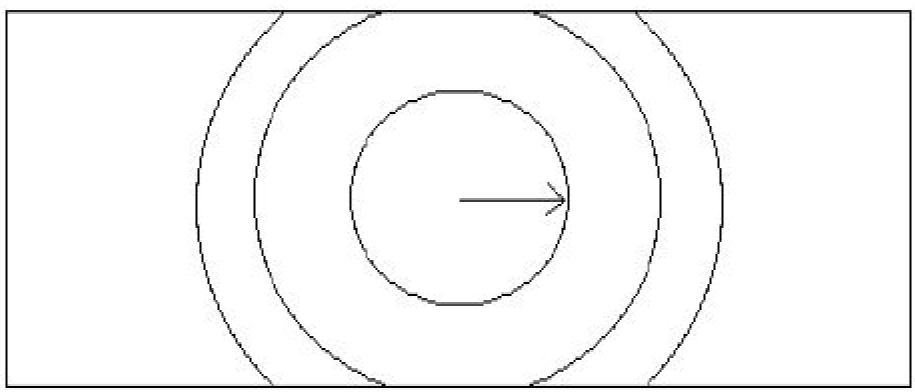

Figura 3. *Dispersión de rayos X por un polvo de cristales KCl resultados en la producción de concéntricos círculos oscuros sobre una placa fotográfica.*

d.- Calcular la distancia entre dos iones vecinos K en el cristal.

Problema 2 (Experimentos eléctricos en la magnetosfera de la Tierra.)**.** En mayo de 1991 la nave espacial Atlantis se colocará en órbita alrededor de la tierra. Vamos a suponer que esta órbita será circular y que se encuentra en el plano ecuatorial de la tierra. En algún momento predeterminado la nave espacial dará a conocer un satélite S, que está unido a una varilla conductora de longitud L. Suponemos que la varilla es rígida, tiene masa despreciable, y está cubierto por un aislante eléctrico. También descuidar todas las fricciones. Sea α el ángulo que la varilla hace a la línea entre el Atlantis y el centro de la tierra. (Ver Fig. 1).

S también se encuentra en el plano ecuatorial. Supongamos que la masa del satélite es mucho menor que la del Atlantis y que L es mucho menor que el radio de la órbita.

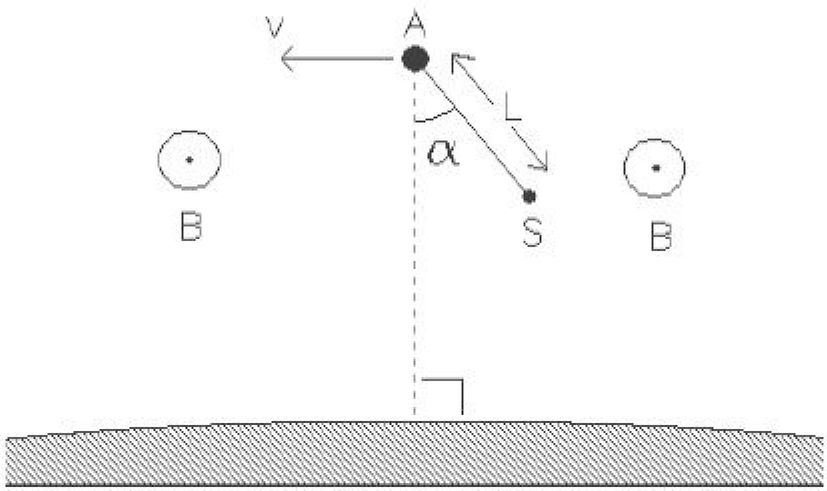

Figura 1. *La nave espacial Atlantis* (A) *con un satélite* (S) *en una órbita alrededor de la tierra. La órbita se encuentra en el plano ecuatorial de la tierra. El campo magnético* (B) *es perpendicular al diagrama y se dirige hacia el lector.*

a_1- ¿Deducir para que valor(es) de α la configuración de la nave espacial y satélite permanecen sin cambios (con respecto a la tierra)? En otras palabras, ¿para que el valore(es) de α es α constante?

a_2- Discuta la estabilidad del equilibrio para cada caso.

Supongamos que, en un momento dado, la varilla se desvía de la configuración estable por un pequeño ángulo. El sistema comenzará a oscilar como un péndulo.

b- Expresar el período de la oscilación en términos del período de revolución del sistema alrededor de la tierra.

En la Fig. 1 el campo magnético de la tierra es perpendicular al diagrama y se dirige hacia el lector. Debido a la velocidad orbital de la varilla, una diferencia potencial surge entre sus extremos. El medio ambiente (la magnetosfera) es un gas enrarecido, ionizado, con una conductividad eléctrica muy buena. El contacto con el gas ionizado se hace por medio de electrodos en A (el Atlantis) y S (el satélite). Como consecuencia del movimiento, una corriente, I, fluye a través de la varilla.

c_1- ¿En qué dirección fluye la corriente a través de la varilla? (Tomar $\alpha = 0$)

Datos:
- El período de la órbita $T = 5.4\times10^3$ s
- Longitud de la varilla $L = 2.0\times10^4$ m
- Fuerza del campo magnético de la tierra a la altura del satélite $B = 5.0\times10^{-5}$ Wb m^{-2}
- La masa del transbordador Atlantis $m = 1.0\times10^5$ kg

Seguido, una fuente de corriente interior del transbordador se incluye en el circuito, el cual mantiene una corriente directa neta de 0.1 A en la dirección opuesta.

c_2- Que tan largo puede esta corriente ser mantenida para cambiar la altitud de la órbita por 10 m. Asumir que α permanece en cero. Ignorar todas las contribuciones de las corrientes en la magnetósfera.

¿La altitud disminuye o aumenta?

Problema 3 (La Estrella de Neutrones en Rotación.)**.** Un "púlsar milisegundo" es una fuente de radiación en el universo que emite pulsos muy cortos, con un período de uno a varios milisegundos. Esta radiación está en el intervalo de longitudes de onda de radio; y un receptor de radio adecuado puede ser utilizado para detectar los pulsos separados y por lo tanto para medir el período con gran precisión.

Estos pulsos de radio se originan en la superficie de un tipo particular de estrella, llamada la estrella de neutrones. Estas estrellas son muy compactos: tienen una masa del mismo orden de magnitud que la del sol, pero sus radios es de sólo unas pocas decenas de kilómetros. Ellos giran muy rápidamente. Debido a la rápida rotación, una estrella de neutrones es ligeramente aplanado (achatado). Supongamos que la sección transversal axial de la superficie es una elipse con ejes casi iguales. Sea r_p el polar y r_e el radio ecuatorial, y vamos a definir el factor de aplanamiento por:

$$\epsilon = \frac{(r_e - r_p)}{r_p}$$

Considerar una estrella de neutrones con

- una masa de 2.0×10^{30} kg,
- un radio promedio de 1.0×10^{4} m,
- y un período de rotación de 2.0×10^{-2} s.

a- Calcular el factor de aplanamiento, teniendo en cuenta que la constante de gravitacional es 6.67×10^{-11} N m^2 kg^{-2}

A la larga (durante muchos años) la rotación de las estrellas se ralentiza, debido a la pérdida de energía, y esto conduce a una disminución en el aplanamiento. La estrella tiene sin embargo una corteza sólida que flota en un interior líquido. La corteza sólida resiste a un ajuste continuo a la forma de equilibrio. En cambio, los terremotos de estrellas se producen con los cambios repentinos en la forma de la corteza hacia el equilibrio. Durante y después de un estrella-terremoto la velocidad angular se observa a cambios de acuerdo a la figura 1.

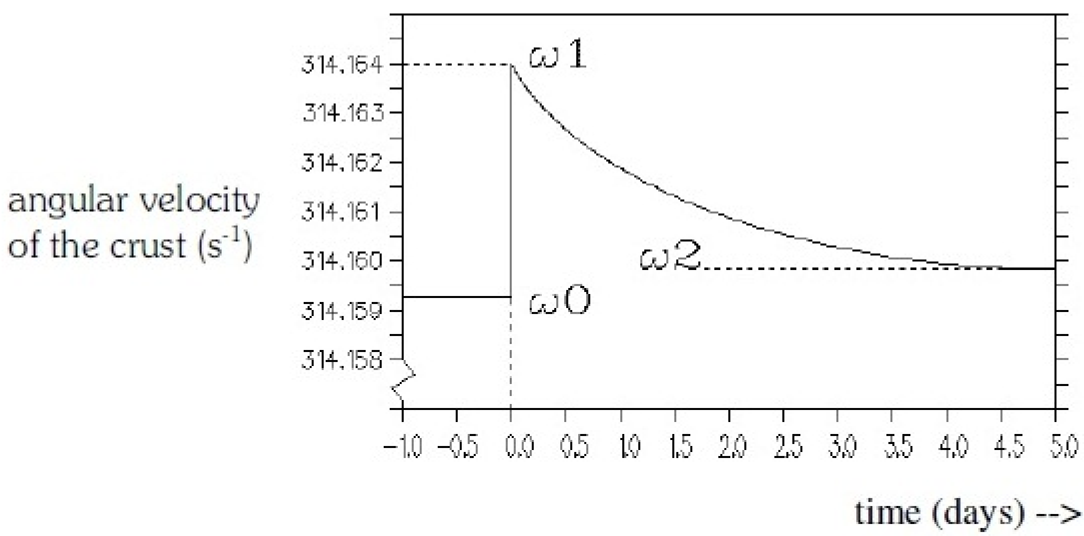

Figura 1. *Figura 1. Un cambio repentino en la forma de la corteza de una estrella de neutrones se traduce en un cambio repentino de la velocidad angular.*

b- Calcular el radio medio del interior líquido, utilizando los datos de la figura 1. Hacer la aproximación de que las densidades de la corteza y el interior son los mismos. (Ignorar el cambio en la forma del interior)