

Todo sobre el campo magnético de nuestro Planeta

Tenemos el planeta Tierra, nuestro hogar, y a 149 millones de km el Sol. Ambos poseen campo magnético propio, quiere decir que existirá alguna región en su interior donde se produce un proceso que lleva el nombre de dínamo.

Cuando se estudia al Sol desde el punto de vista de su estructura se dice que su capa exterior se llama corona y ésta está constituida por un gas que se expande hasta el borde del sistema solar. A este gas proveniente del Sol se le denomina viento solar y lleva consigo al campo magnético del Sol.

https://soho.nascom.nasa.gov/data/LATEST/current_eit_304.gif

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c4/September_23%2C_2012_Solar_Prominence.ogv

Cuando el viento solar se aproxima a la posición de la Tierra se produce un desvío del flujo debido a la presencia del obstáculo (como en el caso del río y una isla) y se genera una envoltura que recuerda a la forma de los cometas. En este caso hay que considerar que en las regiones interior y exterior a la envoltura el campo magnético es diferente, por lo tanto se producirá una corriente superficial.

Esta envoltura con corrientes recibe el nombre de magnetopausa y su efecto es semejante a un escudo que impide el ingreso directo de las partículas provenientes del Sol. Algunas de estas partículas ingresan por las regiones llamadas hendiduras (lugares donde el campo magnético es más débil) y por la “cola” de la magnetósfera.

<http://geo.phys.spbu.ru/~tsyganenko/modeling.html>

Aquí nos uno podría conversar de qué sucede con algunas de estas partículas cuando colisionan con los átomos y moléculas de la atmósfera: auroras

O bien uno podría preguntarse qué le sucede a la Tierra cuando en el Sol se produce algún evento especial de liberación de energía en alguna de las estructuras pequeñas (en relación a su tamaño) que alberga, las “tormentas solares”.

Debido a la presencia del campo geomagnético algunas de las partículas

cargadas que se mueven en la magnetósfera pueden quedar “atrapadas” transitoriamente en una región toroidal (con forma de dona) que recibe el nombre de cinturón de van Allen (1,5 y 9 radios terrestres). Menciono esta región en particular porque el movimiento de las partículas cargadas en la misma dan lugar al establecimiento de una corriente neta (casi acimutal) y que constituye es una de las fuentes del campo geomagnético de origen externo (a la superficie del planeta).

La presencia de la magnetosfera es fundamental, como ejemplo de lo que sucedería de no estar presente, miremos a nuestro satélite la Luna. La órbita de la Luna se encuentra a 60 radios terrestres y se mueve en un plano con inclinación de 5 grados respecto al plano de la eclíptica (donde orbita la tierra alrededor del sol). Significa que a veces se encuentra dentro de la magnetosfera y a veces no...

https://ssed.gsfc.nasa.gov/dream/InOMN_2010.html

Además, el Sol emite radiación en todo el espectro electromagnético , en particular la radiación en el extremo ultravioleta y X, interactúa con los átomos y moléculas de la atmósfera, se producen reacciones químicas mediante las cuales pierden electrones... a este proceso se le llama ionización y el fenómeno que tiene lugar es la formación de una capa de la atmósfera que está ubicada (aproximadamente) entre los 70 y los 300km de altura, llamada ionósfera. Entonces aquí tenemos partículas cargadas que van a estar sujetas a fuerzas que van a hacer que las partículas se muevan y entonces darán lugar a corrientes que son fuentes del campo geomagnético de origen externo. (Otra fuente de radiación ionizante son los rayos cósmicos, son los que siguen ionizando la atmósfera durante la noche).

Cuando empezamos a conversar mencioné que la Tierra tenía campo magnético generado en su interior, éste es el campo geomagnético de origen interno que presenta un contribuyente principal y otro debido a que hay rocas cercanas a la superficie que están compuestas por minerales que pueden aportar localmente con la contribución de campo pero es un aporte de menor orden de magnitud.

Ahora sí! Historia del campo geomagnético principal (“el campo magnético terrestre”):

Las propiedades de la magnetita (piedra imán) fueron conocidas desde

tiempos remotos por los chinos y los griegos. Los primeros documentos relacionados con el uso de brújulas provienen de China alrededor del siglo 2 antes de Cristo, ellos se dedicaron a perfeccionar su fabricación. Esta es una reproducción realizada en 1948 siguiendo los documentos provenientes de la dinastía Han (206 AC-220DC) foto

Tales y Anaxágoras consigeraban que la magnetita tenía un “espíritu” propio que le daba sus propiedades. En el siglo 13 se pensaba que que la magnetita obtenía sus propiedades de la estrella polar y que ésta modificaba el aire alrededor de la aguja de la brújula y hacía que se moviera. Esto puede ser considerado una descripción rudimentaria del concepto de campo magnético.

En el mismo siglo se propuso que en realidad había en los polos montañas de magnetita y que eran estas últimas las que perturbaban a la brújula.

Un tiempo después Petrus Peregrinus (foto) cuestionó la idea de las montañas polares porque sabía que existían depósitos de magnetita en muchos lugares del mundo. El estudió imanes de forma esférica y fue el primero en definir el concepto de polaridad, mostró la naturaleza dipolar de los imanes y que la intensidad del campo es mayor y con dirección vertical en los polos del imán. Así mismo mostró que los polos iguales se repelen mientras que los opuestos se atraen (1269 pero se publicó en 1558) y Georg Hartman descubrió la “inclinación magnética” en 1544.

Fue recién en los 1600 cuando William Gilbert investigó la variación de la inclinación sobre la brújula sobre la superficie de la esfera magnetizada “terella” . Había leído el trabajo de Petrus Peregrinus y de Hartmann y pudo llegar a la conclusión de que la tierra toda se portaba como un imán. Se puso fin a las especulaciones y el magnetismo fue entonces la primer propiedad física que se le otorgó a la Tierra como un todo.

Entonces primer modelo del campo de la Tierra es el de una esfera uniformemente magnetizada y se trata de un vector.

La primera carta geomagnética fue dibujada por Edmund Halley elaborada con los datos de dos viajes entre 1698 y 1700 en el Atlántico norte y sur, fue el primer viaje realizado con motivos científicos. Le fue encomendado elaborar la primer carta isogona (que muestra líneas de igual declinación). De aquí se notan dos efectos: uno, bueno el eje magnético y el de rotación

no coinciden.... dos: el campo de la tierra es más complejo que el campo de una esfera!

Por otra parte: ya en 1634 Henry Gellibrand descubrió que la declinación magnética cambiaba con el tiempo...

He aquí la variación de la declinación desde 1590 a 1990

<https://geomag.usgs.gov/products/movies/index.php?type=declination&format=gif>

Se sabe que el campo ha cambiado de intensidad con los años, a este cambio en el intervalo de tiempo de algunos años a cientos o miles de años se le llama variación secular. Ahora vamos a ver una simulación de la vs del módulo del campo en los últimos cuatrocientos años.

<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/igrf/anime/index.html>

La mancha azul que ocupa a América del Sur es la famosa anomalía magnética del Atlántico sur, donde el campo es tenue cerca de 22 mil nanoteslas!

Además, como se han hecho determinaciones de los elementos del campo durante muchos años, algunas en forma directa y otras inferidas estudiando el campo que las rocas de las estructuras geológicas “guardaron impreso”, el que estaba presente cuando se enfriaron si eran magmáticas, o cuando se consolidaron en el caso de sedimentarias y metamórficas. Puede saberse a partir de esto que el campo de la tierra varía con el tiempo en las escalas de los miles a millones de años y que en ese tiempo ha cambiado su polaridad varias veces (eso significa que donde las líneas del campo ahora son entrantes, en algún momento han sido salientes).

Tablita de eras geológicas y tabla de inversiones del campo para los últimos cuatro millones de años

Entonces se han puesto a estudiar cómo podría ser que sucediera que el campo de la tierra permaneciera durante tanto tiempo pero además presentara inversiones de polaridad que son periódicas aunque no regulares.

Se ha pensado entonces en un fenómeno llamado dínamo ¿Dónde sucedería esto?: En el núcleo externo que está compuesto, por lo que se sabe inductivamente por otras disciplinas, mas que nada por sismología, por hierro en estado fluído. Es una región inhomogénea. El movimiento de este fluído estaría propulsado en parte por entrega de calor proveniente del núcleo interno que es sólido, en parte por variación por cambio químico, (parte del núcleo externo se cristaliza y pasa a formar parte del núcleo interno), parte por la fuerza de Lorentz que hay que tener en cuenta (porque toda teoría dínamo tiene presente que en el principio había un campo semilla aunque sea muy débil ya que de la nada no se crea el campo) y del hecho que estamos en un sistema rotante (entonces aparecerá una fuerza que se llama de Coriolis).

Para que pueda mantenerse el campo es tan importante que exista una entrega adecuada de calor como que la rotación tenga una intensidad por encima de un umbral determinado.

Movie de glatzmaier

Amo esta disciplina hay mucho más para contar... pero eso será otro día!

pato@fcaglp.unlp.edu.ar