

# Resumen Analítico en Educación

**TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de Grado.

**ACCESO AL DOCUMENTO:** Universidad Pedagógica Nacional.

**TITULO DEL DOCUMENTO:** MODELO DESCRIPTIVO DEL CAMPO MAGNETICO SOLAR.

**AUTORES:** SEGURA ÁNGEL, Diana Maritza y GUARIN CASTRO, Edgar David.

**ASESOR:** Néstor Fernando Méndez Incapié

**PUBLICACION:** Bogotá D.C., 2010.

**PALABRAS CLAVE:** Campo magnético solar, magnetohidrodinamica, mecanismo dínamo, estructura solar, modelo, métodos numéricos.

## **DESCRIPCION:**

El siguiente trabajo presenta una investigación realizada en torno a la generación y el comportamiento del campo magnético solar, centrada en el estudio de los modelos dínamo cinemáticos. Para ello se hace necesario analizar algunos aspectos importantes de la estructura interna del Sol, así como también ciertas teorías (Magnetohidrodinamica y Teoría Dínamo) que hacen posible la construcción de modelos con los que se busca predecir, explicar y describir las características de este campo magnético y de los ciclos de actividad solar.

Debido a la complejidad de las ecuaciones involucradas, se hace uso de métodos numéricos y de herramientas computacionales como el código Surya, para así lograr dar una explicación cualitativa de este fenómeno. Por lo anterior, se presentan además algunas consideraciones y reflexiones alrededor de la utilización de los modelos y la modelación computarizada en la enseñanza de la Física y en el estudio de sistemas complejos.

## **FUENTES:**

BALLESTER, J. Magnetohidrodinamica de las estructuras coronales solares. Mallorca, España: Universitat de le Illes, 2003. Doc. PDF. [en línea] <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16667/1/ballester.pdf> [citado el 7 de marzo de 2009]

CHAMIZO, F. Modelización II: Un pase de modelos. Universidad Autónoma de Madrid, 2003. [en línea] <http://www.uam.es/fernando.chamizo> [citado el 27 de octubre de 2009]

CHARBONNEAU, P. Dynamo Models of the solar cycle. Living Reviews in Solar Physics 2(2), 2005, 83 pp. [en línea] <http://www.livingreviews.org/lrsp-2005-2> [citado el 17 de septiembre de 2009]

CHATTERJEE, P., NANDY, D. y CHOUDHURI, A. R. Full-sphere simulations of a circulation-dominated solar dynamo: Exploring the parity issue. Astronomy & Astrophysics, 427, 2004, pp. 1019-1030.

VEIT, E.A. y TEODORO, V.D. Modelagem no ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, 24 (2), 2002, pp. 87-96.

## **CONTENIDOS:**

El presente trabajo está estructurado de tal forma que el lector pueda llegar a una mejor comprensión de la generación y el comportamiento del campo magnético solar, por medio de descripciones, analogías, leyes y conceptos físicos a la base de este fenómeno. En este sentido, el trabajo se ha organizado en cinco capítulos de la siguiente forma:

En el primer capítulo se da a conocer lo que se entiende por modelo, resaltando su importancia en la comprensión de los fenómenos físicos y por ende en la enseñanza de la Física. En el segundo capítulo se abordan los rasgos más relevantes de la estructura física del Sol y de su campo magnético, con base en algunas evidencias observacionales. Posteriormente, en el tercer y cuarto capítulo se abordan los fundamentos teóricos que brindan la Magnetohidrodinámica y la Teoría Dínamo respectivamente, para ayudar a entender cómo se configura el campo magnético solar y que causa dicha configuración tanto en su interior como en su superficie.

Luego, en el capítulo quinto se describe el modelo dínamo cinemático con el que se trabajó, junto con sus condiciones de frontera, los parámetros usados por el código Surya para la solución de la ecuación de inducción de la MHD y los resultados obtenidos por medio de dicho código. Finalmente se presentan las conclusiones a las que se llegaron.

## **METODOLOGIA:**

El trabajo presentado aquí tenía como objetivo general construir una ruta explicativa alrededor de la Teoría Dínamo, que aproxime al lector a las causas que originan y configuran el campo magnético solar. En este sentido, la labor se fundamenta en dos tipos de investigación: 1) Investigación bibliográfica, por medio de esta investigación se indaga a través de diferentes fuentes de información (artículos, libros, páginas en internet) los trabajos realizados en la comunidad científica acerca del problema de estudio; 2) Investigación descriptiva, este tipo de investigación permitió describir las características esenciales del fenómeno de

generación y comportamiento del campo magnético solar, usando criterios sistemáticos para revelar los elementos más importantes de su naturaleza. De esta manera, el estudio descriptivo fue realizado a lo largo de las siguientes fases:

1. Fase de Documentación. Se realizó la búsqueda de antecedentes bibliográficos con el fin de obtener las bases teóricas para entender el modelo dínamo cinemático con el que se trabajó.

2. Fase de fundamentación. En esta fase se llegó a la ecuación de inducción de la magnetohidrodinámica, se analizaron cada uno de los términos de dicha ecuación, se buscaron las condiciones de frontera que permiten su solución por medio de métodos numéricos y finalmente se hizo uso del código Surya para solucionar dicha ecuación.

3. Fase de visualización. Aquí se obtuvieron las graficas que permiten apreciar y estudiar la configuración del campo magnético en su interior y en su superficie, gracias al código Surya; así, se analizó por medio de esta herramienta cómo se veía afectado el campo magnético al modificar el flujo de plasma, a fin de entender mejor la relación campo magnético-campo de velocidades.

Así, los dos tipos de investigación se complementaron de tal forma que fue posible identificar las relaciones existentes entre las variables físicas que entraban en juego, para con ello contribuir a la ampliación del conocimiento sobre el fenómeno.

## **CONCLUSIONES:**

Al trabajar sistemas complejos no lineales, es necesario recurrir a herramientas didácticas (analogías, esquemas, imágenes y gráficas), que permitan la representación del sistema a través de modelos, a fin de potencializar la comprensión del fenómeno físico.

El estudio de sistemas físicos complejos como el campo magnético solar, por medio de modelos teóricos y computacionales, trae grandes ventajas para el análisis del comportamiento del sistema físico, ya que a partir de ellos es posible obtener información de la situación espacio-temporal del sistema, bajo condiciones y parámetros distintos.

Se trabajó con el modelo dínamo cinemático propuesto por Chatterjee, Nandy y Choudhuri [8], esto permitió solucionar la ecuación de inducción de la MHD por medio del método numérico ADI y el código Surya, para luego generar las gráficas que dan cuenta de la configuración del campo magnético solar y así comparar diferentes resultados bajo parámetros distintos.

Se encontró que el modo dipolar es la configuración preferente para el campo magnético solar y que pequeñas variaciones en el flujo rotacional pueden ocasionar efectos bastante apreciables tanto en la configuración del campo magnético solar, como en el período de transición de la configuración cuadrupolar a la dipolar.

Los flujos meridionales y el efecto  $\alpha$  fueron piezas claves para obtener explicaciones satisfactorias sobre la configuración del campo magnético. Además, el hecho de considerar que estos flujos meridionales lleguen hasta grandes profundidades en el interior del Sol ( $r = 0,61R_{\odot}$ ), garantiza la aparición de zonas activas en latitudes bajas.

Los modelos dínamo cinemáticos como el estudiado en este trabajo, son capaces de: 1) describir la configuración del campo magnético solar, teniendo en cuenta la interacción con los flujos de plasma; 2) predecir ciclos de actividad solar con períodos de 25 años y la aparición de zonas activas inclinadas en latitudes bajas, así como lo muestran los diagramas de mariposa, y 3) explicar cómo se generan y sustentan a manera de dínamo autoinducida, los campos magnéticos poloidal y toroidal a escala global, así como también la manera en la que el plasma interactúa con el campo magnético.

Por lo anterior, el modelo dínamo cinemático abordado en este trabajo constituye actualmente una excelente herramienta en el estudio del campo magnético solar y sus causas.

**Autores del Resumen Analítico:** Segura Ángel, Diana M. y Guarín Castro, Edgar D.

**Revisado por el director del trabajo de grado:** Méndez Hincapié, Néstor F.

**Fecha de elaboración del resumen** Día: 24 Mes: Octubre Año: 2010