

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias

Grado de Física

Trabajo Física del Plasma

Islas magnéticas en Stellarator

Autor: Rafael Jurado Ariza



26 de abril de 2020

"La ciencia no puede resolver el último misterio de la naturaleza. Y eso se debe a que, en última instancia, nosotros mismos somos una parte del misterio que estamos tratando de resolver."

Max Planck

Resumen

El presente trabajo describe el concepto de isla magnética, en particular en el reactor tipo Stellarator, y analiza si su existencia es favorable o adversa al confinamiento del plasma en el reactor.

En primer lugar se presenta una introducción a la energía nuclear, particularizando en la de fusión, continúa un análisis al concepto de confinamiento y su duración así como métodos que lo aumentaron o fenómenos físicos que lo reducen y termina con medidas de interés dentro del plasma y sus aplicaciones en la mejora del confinamiento.

En segundo lugar se toma contacto en profundidad con los reactores tipo Stellarator, pasando por su historia, conceptos fundamentales y terminar con el Stellarator español en el CIEMAT: TJ-II.

En última instancia se realiza un análisis más exhaustivo del concepto de turbulencia con el apoyo de herramientas matemáticas como el campo eléctrico, finalizando con la fijación del concepto de isla magnética y su medición.

Palabras clave: plasma, Stellarator, isla, magnética

Abstract

This paper describes the concept of magnetic island, in particular in the Stellarator type reactor, and analyzes whether its existence is favorable or adverse to the confinement of the plasma in the reactor.

First, there is an introduction to nuclear energy, particularly in the field of fusion, which continues an analysis of the concept of confinement and its duration as well as methods that increase it or physical phenomena that reduce it and end up with measures of interest within plasma and its applications in improving confinement.

Secondly, the Stellarator-type reactors are contacted in depth, passing through their history, fundamental concepts and ending with the Spanish Stellarator at CIEMAT: TJ-II.

Ultimately, a more comprehensive analysis of the concept of turbulence is carried out with the support of mathematical tools such as the electric field, ending with the establishment of the island concept and its measurement.

Keywords: plasma, Stellarator, island, magnetic

Índice general

| | |
|------------------------|----|
| Índice de figuras | V |
| Índice de tablas | VI |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Energía | 1 |
| Bibliografía | 3 |

Índice de figuras

| | |
|----------------------------------|---|
| 1.1. Energía de enlace | 2 |
|----------------------------------|---|

Índice de tablas

Capítulo 1

Introducción

1.1. Energía

La demanda global energética está aumentando en los últimos años principalmente debido al crecimiento demográfico y económico. El continuo desarrollo de la sociedad moderna requiere que las fuentes de energía sean sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Sin embargo, hoy en día más del 80 % de la energía mundial proviene de combustibles fósiles[1], incluyendo carbón, petróleo y gas natural, que están limitados en reserva. Además, las emisiones de CO₂ de este tipo de energía es la principal contribución al aumento del efecto invernadero y tiene un efecto importante en el cambio climático. Se sabe que para nuestro entorno de vida el nivel asequible de aumento de la temperatura media por encima de los niveles antes de la era industrial es de 2 °C, más allá del cual es irreversible y casi se espera que ocurra un cambio climático catastrófico e incontrolable. Este aumento ya ha alcanzado los 0.78 °C[2]. Por lo tanto, es urgente encontrar una manera de reducir la energía relacionada con los combustibles fósiles. Un alivio a corto plazo sería el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir las emisiones de CO₂ de las plantas de energía fósil y mejorar el almacenamiento de CO₂ a gran escala, mientras que una solución a largo plazo debería considerar las alternativas a los combustibles fósiles. Los candidatos con recursos suficientes para hacerse cargo del abastecimiento son la energía solar, la fisión nuclear y la fusión nuclear[3].

La energía solar es teóricamente amplia e inagotable, pero su intermitencia (luz solo en días sin nubes) y la baja densidad energética (se requiere una gran superficie) hacen difícil construir una planta de energía solar para producir una cantidad significativa de energía base. La fisión nuclear es una fuente de energía bien establecida y ha estado produciendo electricidad de carga base durante décadas. Sin embargo, la eliminación de los residuos nucleares de larga y media vida junto al riesgo de accidente debido a la reacción en cadena intrínseca de la fisión nuclear ha sido durante mucho tiempo una preocupación pública.

La fusión nuclear promete una solución limpia y segura para nuestras necesidades energéticas a largo plazo[3]. Primero, las reservas de combustible son abundantes. Para la

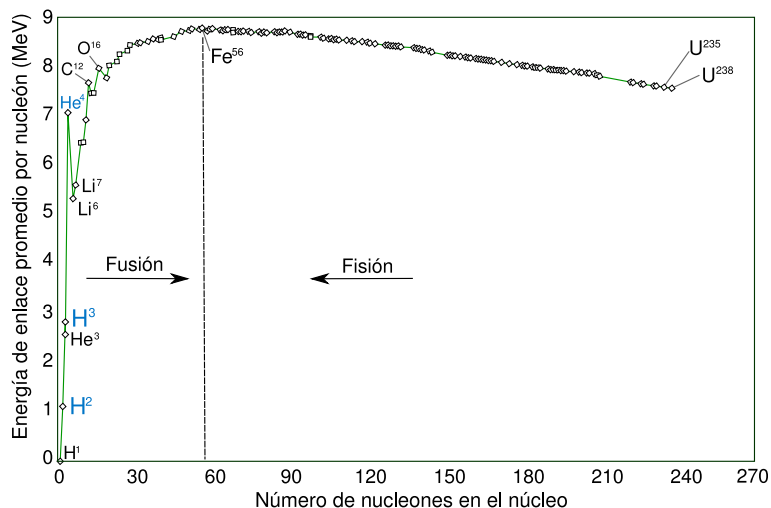


Figura 1.1. Energía de enlace promedio en función del número másico.

reacción se necesitan deuterio y tritio, el deuterio puede ser extraído del agua de mar; el tritio no se produce de forma natural, pero puede ser obtenido a partir del isótopo de litio 6Li . Segundo, las reacciones de fusión nuclear no emiten gases de efecto invernadero o cualquier otro daño químico a la atmósfera. Tercero, la fusión nuclear es intrínsecamente segura. El combustible de fusión se introduce continuamente en el reactor a una velocidad que sostiene la reacción durante sólo unas pocas decenas de segundos en cada instante. La reacción de fusión sólo puede ocurrir bajo una temperatura muy alta y un campo de confinamiento suficientemente preciso y sin reacción en cadena. Cualquier manipulación incorrecta detendrá la reacción.

Bibliografía

- [1] AGENCY, I. E., *World Energy Outlook 2019*, World Energy Outlook, OECD, 2019.
- [2] STOCKER, T. F., QIN, D., PLATTNER, G.-K., et al., *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 3–29, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2013.
- [3] FREIDBERG, J. P., *Plasma physics and fusion energy*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2008.