

# **Autoresonancia ciclotrónica espacial: pasado, presente y futuro**

## **Spatial cyclotron autoresonance (SARA): past, present and future**

**A Herrera-Rodríguez<sup>1</sup>, E A Orozco<sup>2</sup> and V D Dugar-Zhabon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Heidelberg Institute for Theoretical Studies - HITS

<sup>2</sup>Universidad Industrial de Santander - UIS

E-mail: ana.herrera-rodriguez@h-its.org

**Resumen.** Con el nacimiento de la física del plasma, se inicia un estudio formal del comportamiento de partículas cargadas en campos electromagnéticos. Entre los fenómenos ocurridos en un plasma, la Resonancia Ciclotrónica (RC) es uno de los que ha despertado gran interés en la comunidad científica. Esta describe la interacción resonante del movimiento de partículas cargadas en presencia de un campo magnético estático y sometidas a fuerzas externas originadas de campos eléctricos. Si se preservan las condiciones de resonancia, la partícula puede acelerarse debido a la absorción de energía por parte del campo eléctrico.

En particular, si las partículas aceleradas son electrones se le conoce como Resonancia Ciclotrónica Electrónica (ECR), la cual se ha tomado como base para la construcción de dispositivos para generar rayos X. Si las condiciones de RC se preservan a pesar del incremento de su masa relativista se presenta la autoresonancia ciclotrónica electrónica, un fenómeno que ha sido investigado por miembros del grupo FITEK (Grupo de Investigación en Física del Plasma y Corrosión de la Universidad Industrial de Santander), un mecanismo denominado Spatial AutoResonance Acceleration (SARA), o Aceleración Autoresonante Espacial; el cual consiste de una onda electromagnética estacionaria y un campo magnetostático no homogéneo adaptado para mantener las condiciones de resonancia.

En este método, el crecimiento del campo magnético a lo largo de la dirección de propagación del haz permite el autosostenimiento de la igualdad entre la frecuencia ciclotrónica y la frecuencia de microondas. La dinámica de este sistema se ha estudiado a través de simulaciones computacionales donde los métodos numéricos que se han adaptado al modelo físico son: Particle-in Cell (PIC) o Partícula en Celda para el estudio de sistemas de muchas partículas, y para el modelado de los campos electromagnéticos el Método de Diferencias Finitas Dominio Temporales.

Los estudios que se han llevado a cabo de SARA constituyen un soporte teórico para diseñar y construir una fuente de rayos X compacta, la cual sería capaz de producir rayos X de energía mayores a 200 keV y de no menor intensidad a las fuentes convencionales

**Abstract.** A formal study of the behaviour of charged particles in the electromagnetic fields started with the birth of plasma physics. Among the phenomena occurring in a plasma, Cyclotron Resonance (CR) is one of that has arisen a great interest in the scientific community. It describes the resonant interaction of motion of charged particles in the presence of a static magnetic field and subjected to external forces originated from electric fields. If the resonance conditions are preserved, the particle can be accelerated due to the absorption of energy by the electric field.

In particular, if the accelerated particles are electrons, it is known as Electronic Cyclotron Resonance (ECR), which is taken as a basis for the construction of devices to generate X-rays. When the RC conditions are preserved despite of the increase of the electron's relativistic mass the electronic cyclotron autoresonance is presented, a phenomenon which has been studied by members of the group FITEK (Research Group of Plasma Physics and Corrosion at Universidad Industrial de Santander), a mechanism named Spatial AutoResonance Acceleration (SARA); consisting of a steady electromagnetic wave and a non-homogeneous magnetostatic field, adapted to maintain the resonance conditions.

In this method, the growth of the magnetic field along the direction of the propagation of the beam allows the self-reliance of the equality between the cyclotron and microwave frequencies. The dynamic of this system has been studied through computer simulations, where the numerical methods adapted to the physical model are: Particle-in Cell (PIC) for the studying many-particle systems and Finite Difference Time Domain (FDTD) for modeling electromagnetic fields.

Studies that have been conducted using SARA constitute a theoretical basis to design and construct a compact X-ray source, which would be able to produce X-rays of energy higher than 200 KeV and intensity not less than the intensity of conventional sources.