



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Núcleos exóticos y estrellas de neutrones

**Descripción general** (resumen y metodología):

La existencia de estrellas de neutrones no se confirmó hasta 1967, cuando Jocelyn Bell y Antony Hewish identificaron una señal de radio con un periodo de 1.337 segundos procedente de una determinada región del espacio. Estas radiofuentes periódicas, caracterizadas por fuertes campos magnéticos y frecuencias de emisión de unos pocos segundos y estables en el tiempo (los periodos de emisión varían entre  $10^{-14}$  y  $10^{-5}$  segundos al año), recibieron el nombre de púlsares (radiofuentes pulsantes). Del análisis de sus características, es posible deducir que los púlsares son estrellas de neutrones que giran a altas velocidades y emiten radiación preferentemente en unas determinadas direcciones. Esta última peculiaridad de los púlsares, a menudo denominada “efecto faro”, se debe a que sus polos magnéticos no están alineados con el eje de rotación. Esta desalineación provoca la precesión del campo magnético alrededor del eje de rotación, describiendo un cono del que se expulsan partículas que emiten un tipo particular de radiación, llamada sincrotrón. Por último, las altas velocidades de rotación, mencionadas anteriormente, nos llevan a concluir que tales objetos estelares se caracterizan por una alta densidad de materia y unas dimensiones extremadamente pequeñas. Lo dicho hasta ahora demuestra, por tanto, que las estrellas de neutrones son objetos compactos, caracterizados por una masa de aproximadamente 1.5 masas solares, confinada en un diámetro de unos 20 km.

El primer intento de modelizar estos objetos fue realizado por Oppenheimer y Volkoff, utilizando como modelo un gas de neutrones no interactuantes, el gas de Fermi, obteniendo así una relación entre presión y densidad, como es el caso del gas de electrones en una enana blanca. Este modelo predice que las estrellas de neutrones tienen una masa máxima de 0.7 masas solares, en contraste con las observaciones. Para obtener masas superiores, no basta con considerar únicamente el principio de exclusión de Pauli, como en el caso de las enanas blancas, sino que también hay que tener en cuenta la interacción entre nucleones.

La corteza exterior de la estrella de neutrones está compuesta por núcleos más pesados que el  $^{56}\text{Fe}$ , en el seno de un gas de electrones. La captura electrónica eliminará electrones de alta energía y, en condiciones de alta densidad, favorece la formación de núcleos con un alto contenido en neutrones, o núcleos exóticos.

En este trabajo se pretende estudiar la formación y características de las estrellas de neutrones, así como estudiar cuál es la secuencia de núcleos que permiten que se produzca con mayor probabilidad captura electrónica, permitiendo la formación de núcleos exóticos con exceso de neutrones; es decir, identificar los núcleos que minimizan la energía por barión al variar la densidad bariónica, favoreciendo la formación de estrellas de neutrones.

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

**Objetivos planteados:**

1. • Estudio teórico de las estrellas de neutrones.
2. • Modelo de Gas de Fermi para estrellas de neutrones.
3. • Resolución de las ecuaciones de Tolman-Oppenheimer-Volkoff.
4. • Formación de núcleos exóticos.

5. • Discusión de resultados y comparación con otros estudios.

**Metodología:**

Se obtendrán las ecuaciones a resolver y se usarán técnicas numéricas para obtener la solución, mediante un código en FORTRAN, preferentemente. Se compararán los resultados obtenidos con la bibliografía existente.

**Bibliografía básica:**

- [1] W. Baade and F. Zwicky, Phys. Rev. 46 (1934) 76.
- [2] J. R. Oppenheimer and G.M. Volkoff, Phys. Rev. 55 (1939) 364.
- [3] R.C. Tolman, Proc. Nat. Acc. Sci. USA 20 (1934) 3.
- [3] A. Hewish, S.J. Bell, J.D.H. Pilkington, F.F. Scott and R. A. Collins, Nature 217 (1968) 709.
- [4] B.K. Sharma, M. Centelles, X. Viñas, M. Baldo and G.F. Burgio, A&A 584, A103 (2015) 7.
- [5] S.L. Shapiro and S.A. Teukolsky, Black holes, white dwarfs, and neutron stars, John Wiley and Sons, New York (1983).

**Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

**Plazas:** 1

**2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** MARTA ANGUIANO MILLÁN

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

**Correo electrónico:** mangui@ugr.es

**3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Ámbito de conocimiento/Departamento:**

**Correo electrónico:**

**4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**Centro de convenio Externo:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:** PABLO RODRIGUEZ ROMERO

**Correo electrónico:** pablorr02@correo.ugr.es