

**RADIOASTRONOMIA**

MÓDULO	MATERIA	ASIGNATURA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	CARÁCTER
Astrofísica	Radioastronomía	Radioastronomía	1	primero	6ECTS	Optativo
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>			
Antonio Alberdi Odriozola Guillem Anglada Pons José Francisco Gómez Rivero			Instituto de Astrofísica de Andalucía Glorieta de la Astronomía s/n, 18008 Granada Tel: 958230530, 958230537, 958230593			
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>			
			Se acordará con los estudiantes			
<b>MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS MÁSTERES A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>			
Física y Matemáticas – FisyMat			Máster doble MAES - FisyMat Máster en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica			
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>						
Se recomienda tener conocimientos básicos de Astrofísica.						
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL MÁSTER)</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Técnicas observacionales e instrumentación astronómica (telescopios, instrumentos, detectores).</li> <li>· Peculiaridades en función del rango espectral, desde el infrarrojo a los rayos gamma ultraenergéticos.</li> <li>· Procesos físicos de emisión y absorción.</li> <li>· Campañas observacionales (preparación y obtención de datos). Manejo de archivos astronómicos. Tratamiento de datos.</li> </ul>						
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS DEL MÓDULO</b>						
Competencias Generales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• CG2: Capacidad de generar y desarrollar de forma independiente propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional en el ámbito científico de la Física</li> </ul>						



y Matemáticas.

- CG3: Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos
- CG5: Adquirir la capacidad de desarrollar un trabajo de investigación científica de forma independiente y en toda su extensión. Ser capaz de buscar y asimilar bibliografía científica, formular las hipótesis, plantear y desarrollar problemas y elaborar de conclusiones de los resultados obtenidos.

Competencias Transversales :

- CT5 - Capacidad de aprendizaje autónomo y responsabilidad (análisis, síntesis, iniciativa y trabajo en equipo)

Competencias Específicas:

- CE1: Resolver problemas físicos y matemáticos, planificando su resolución en función de las herramientas y recursos
- CE2: Desarrollar la capacidad de decidir las técnicas adecuadas para resolver un problema concreto con especial énfasis en aquellos problemas asociados a la Modelización en Ciencias e Ingeniería, Astrofísica, Física, y Matemáticas
- CE4: Tener capacidad para elaborar y desarrollar razonamientos físicos avanzados, y profundizar en los distintos campos de la física y astrofísica.
- CE6: Demostrar la capacidad necesaria para realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de resultados e ideas nuevas y complejas en el campo de la astrofísica, física, matemáticas y biomatemáticas.

#### **OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)**

***El alumno sabrá/comprenderá:***

- Los fundamentos teóricos y técnicos de la radioastronomía
- Las técnicas observacionales en radioastronomía, tanto con antena única como con interferómetros
- La función que desempeñan la resolución angular y la sensibilidad en las observaciones astronómicas.
- Los distintos mecanismos de emisión de ondas de radio en el cosmos.
- Los escenarios astrofísicos donde la radioastronomía tiene un papel relevante: medio interestelar, radio-supernovas, púlsares, agujeros negros, núcleos de galaxias activas.

***El alumno será capaz de:***

- Resolver casos prácticos de obtención de parámetros físicos a partir de resultados de



**ugr**

Universidad  
de Granada

- observaciones de Radioastronomía
- Procesar datos sencillos de antenas únicas e interferómetros.
  - Preparar propuestas de observación a radiotelescopios

## **TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA**

### **1. Introducción a la astrofísica de ondas de radio**

- 1.1. El espectro electromagnético.
- 1.2. Aspectos diferenciales de la observación en ondas de radio en comparación con otros rangos.
- 1.3. Historia de la Radioastronomía.
- 1.4. Principales logros científicos.

### **2. Radiotelescopios**

- 2.1. Observables en Radioastronomía  
Patrón del haz, intensidad, densidad de flujo, temperatura de brillo, temperatura de antena.
- 2.2. El radiotelescopio de antena única.  
Antenas, poder de resolución, temperatura de sistema, calibración, métodos de observación.
- 2.3. Receptores  
Amplificadores de bajo ruido, heterodinaje, bolómetros.
- 2.4. Espectrómetros.
- 2.5. Interferometría.  
Función de visibilidad, teorema de van Citter-Zernike, haz primario, muestreo de visibilidades, desconvolución, calibración.
- 2.6. Interferometría de muy larga base.

### **3. Procesos radiativos en Radioastronomía**

- 3.1. Transporte radiativo  
Ecuación del transporte radiativo. Coeficientes de emisión y de absorción. Temperatura de brillo. Temperatura de excitación. Perfil de líneas espectrales. Equilibrio termodinámico local. Coeficientes de Einstein. Opacidad y densidad columnar. Transiciones colisionales. Termalización.
- 3.2. Procesos térmicos
  - 3.2.1. Emisión de continuo libre-libre.  
Coeficiente de absorción. Medida de emisión. Espectro de una región HII homogénea. Tasa de fotones ionizantes y esfera de Strömgren. Cálculo de parámetros físicos de una región HII homogénea. Espectro de vientos estelares ionizados.
  - 3.2.2. La transición de 21 cm del HI.  
Obtención de parámetros físicos de nubes de HI.
  - 3.2.3. Emisión térmica de los granos de polvo en el medio interestelar.  
Opacidad en el rango mm-submm. Cálculo de masas.
  - 3.2.4. Transiciones moleculares.



ugr

Universidad  
de Granada

Aproximación de Born-Oppenheimer. Transiciones electrónicas, vibracionales y rotacionales. Transiciones rotacionales de moléculas diatómicas. La molécula de CO. Obtención de parámetros físicos de nubes moleculares a partir del CO.

### 3.3. Procesos no térmicos.

#### 3.3.1. Emisión máser.

Concepto. Especificidad y utilidad respecto a otros tipos de emisión. Inversión de población. Amplificación. Regímenes y condiciones. Fuentes de emisión máser.

#### 3.3.2. Radiación sincrotrón, radiación inverso Compton.

Radiación sincrotrón de una partícula cargada. Radiación sincrotrón de una distribución de partículas cargadas. Espectro sincrotrón.

Radiación Compton. Radiación Inverso Compton. Espectro Inverso Compton. Evolución del espectro de una fuente emisora no-térmica.

## 4. Escenarios astrofísicos para la Radioastronomía

### 4.1. Medio interestelar

Nuestra Galaxia. Componentes del medio interestelar.

El gas atómico de la Galaxia. Distribución y propiedades de las nubes de HI.

Regiones HII. Tipos de regiones HII. Distribución y propiedades.

Emisión de polvo en torno a objetos estelares en formación.

Moléculas en el medio interestelar. Distribución y propiedades de las nubes moleculares en la Galaxia.

Formación estelar en nubes moleculares. Etapas de la formación estelar. Modelos de colapso y formación estelar. Discos protoplanetarios. Formación de estrellas masivas.

Estrellas evolucionadas. Nebulosas planetarias.

### 4.2. Radio supernovas

Tipos de supernovas. Radio supernovas. Radio Supernovas de Colapso Nuclear. Radio emisión de las supernovas termonucleares. Espectro y evolución de las radio supernovas. Remanentes de supernova

### 4.3. Púlsares y radioestrellas

Radio Estrellas. Mecanismos de Emisión. Tipos de Radio Estrellas.

Púlsares. Mecanismos de emisión. Pulsares binarios. Púlsares dobles. Púlsares como laboratorios de Física Fundamental.

### 4.4. Galaxias: formación estelar y núcleos activos

Galaxias starburst. Tasa de formación estelar. Función inicial de masas.

Radio supernovas como trazadores de formación estelar.

Galaxias activas (AGN). Agujeros negros supermasivos. Jets relativistas. Acrecimiento versus formación estelar. AGNs de baja luminosidad. El Centro Galáctico.

### 4.5. Sistema Solar.

Componentes de la emisión en radio del Sol.

Emisión de radio de planetas y cometas.

## 5. Aspectos prácticos



ugr

Universidad  
de Granada

- 5.1. Preparación de propuestas.
- 5.2. Acceso a bases de datos.
- 5.3. Métodos de reconstrucción de imágenes en radio.
- 5.4. Observación y reducción de datos.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

Burke, B.F., Graham-Smith, F., 1997, "An introduction to Radio Astronomy", Cambridge University Press  
Estalella R., Anglada G., 2008, "Introducción a la física del medio interestelar", Edicions Universitat de Barcelona  
Kraus, J. D., 1986, "Radio Astronomy", Cygnus-Quasar Books  
Pacholczyk, A.G., "Radio Astrophysics", Ed. W.H. Freeman and Company  
Rybicki, G.B., Lightman A.P., 1979, "Radiative Processes in Astrophysics", John Wiley & Sons  
Spitzer, L. 1978, "Physical processes in the interstellar medium", John Wiley & Sons  
Thompson, A.R., Moran, J.M., Swenson, G.W., 2001, "Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy", Wiley & Sons  
Verschuur, G.L., Kellermann, K.I. (editors), 1991, "Galactic and Extragalactic Radio Astronomy", Springer  
Wilson, T.L, Rohlfs, K, Huttemeister, S, 2013, "Tools of Radio Astronomy", Springer

#### **ENLACES RECOMENDADOS**

<https://science.nrao.edu/opportunities/courses/era>  
[https://www.astron.nl/-mag/dokuwiki/doku.php?id=radio\\_astronomy\\_course\\_description](https://www.astron.nl/-mag/dokuwiki/doku.php?id=radio_astronomy_course_description)  
<http://www2.jpl.nasa.gov/radioastronomy/>  
[http://partner.cab.inta-csic.es/index.php?Section=Formacion\\_Profesorado](http://partner.cab.inta-csic.es/index.php?Section=Formacion_Profesorado)

#### **ACTIVIDADES FORMATIVAS**

- Clases teóricas
- Clases prácticas, de observación o laboratorio
- Seminarios
- Trabajos tutorizados
- Tutorías académicas
- Trabajo autónomo del estudiante

#### **METODOLOGÍA DOCENTE**

- Lecciones magistrales
- Resolución de problemas y estudios de casos prácticos
- Seminarios
- Tutorías académicas
- Realización de trabajos individuales o en grupos
- Análisis de fuentes o documentos

**EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)**



**ugr** | Universidad  
de Granada

- Valoración de las pruebas, ejercicios, prácticas o problemas realizados individualmente o en grupo a lo largo del curso. 15%
- Realización, exposición y defensa final de informes, trabajos, proyectos y memorias realizadas de forma individual o en grupo. 45%
- Valoración de la asistencia y participación del alumno en clase y en los seminarios, y sus aportaciones en las actividades desarrolladas. 40%

**INFORMACIÓN ADICIONAL**



*ugr*

Universidad  
de Granada