Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado

Máster Universitario en Astrofísica

GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA (ESCENARIO 0):

Física Solar y Clima Espacial
(2021 - 2022)

1. Datos descriptivos de la asignatura

Asignatura: Física Solar y Clima Espacial	Código: 275462124

- Centro: **Escuela de Doctorado y Estudios de Postgrado**
- Lugar de impartición: **Facultad de Ciencias. Sección de Física**
- Titulación: **Máster Universitario en Astrofísica**
- Plan de Estudios: **2013 (Publicado en 2014-02-11)**
- Rama de conocimiento: **Ciencias**
- Itinerario / Intensificación:
- Departamento/s:
  Astrofísica
- Área/s de conocimiento:
  Astronomía y Astrofísica
- Curso: **2**
- Carácter: **Optativo**
- Duración: **Primer cuatrimestre**
- Créditos ECTS: **6,0**
- Modalidad de impartición: **Presencial**
- Horario: **Enlace al horario**
- Dirección web de la asignatura: **http://www.campusvirtual.ull.es**
- Idioma: **Castellano e inglés**

2. Requisitos para cursar la asignatura

3. Profesorado que imparte la asignatura

Profesor/a Coordinador/a: **MANUEL ARTURO COLLADOS VERA**

- Grupo:

General
- Nombre: **MANUEL ARTURO**
- Apellido: **COLLADOS VERA**
- Departamento: **Astrofísica**
- Área de conocimiento: **Astronomía y Astrofísica**

Contacto
- Teléfono 1:
- Teléfono 2:
- Correo electrónico: **mcvera@ull.es**
- Correo alternativo:
- Web: **http://www.campusvirtual.ull.es**

Tutorías primer cuatrimestre:

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	10:30	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	
Todo el cuatrimestre		Martes	10:30	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	
Todo el cuatrimestre		Miércoles	10:30	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	
Todo el cuatrimestre		Jueves	10:30	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	
Observaciones:						
Tutorías segundo cuatrimestre:						
Desde	**Hasta**	**Día**	**Hora inicial**	**Hora final**	**Localización**	**Despacho**
Todo el cuatrimestre		Lunes	10:30	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	
Todo el cuatrimestre		Martes	10:30	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	
Todo el cuatrimestre		Miércoles	10:30	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	
Todo el cuatrimestre		Jueves	10:30	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	
Observaciones:						

Profesor/a: **FERNANDO MORENO INSERTIS**
- Grupo: **G1 (único)**

General
- Nombre: **FERNANDO**
- Apellido: **MORENO INSERTIS**
- Departamento: **Astrofísica**
- Área de conocimiento: **Astronomía y Astrofísica**

Contacto
- Teléfono 1:
- Teléfono 2:
- Correo electrónico: **fminsert@ull.es**
- Correo alternativo:
- Web: **http://www.campusvirtual.ull.es**

Tutorías primer cuatrimestre:

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
27-09-2021	22-12-2021	Lunes	12:00	13:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
27-09-2021	22-12-2021	Martes	12:00	13:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
27-09-2021	22-12-2021	Miércoles	12:00	13:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
27-09-2021	22-12-2021	Jueves	12:00	13:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento Astrofísica
10-01-2022	09-02-2022	Lunes	13:00	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento
10-01-2022	09-02-2022	Martes	13:00	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento
10-01-2022	09-02-2022	Miércoles	13:00	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento

10-01-2022	09-02-2022	Jueves	13:00	14:30	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	Departamento
Observaciones:						
Tutorías segundo cuatrimestre:						
Desde	**Hasta**	**Día**	**Hora inicial**	**Hora final**	**Localización**	**Despacho**
Todo el cuatrimestre		Jueves	10:00	13:00	Instituto de Astrofísica de Canarias - EX.1A IAC	
Todo el cuatrimestre		Viernes	10:00	13:00	Instituto de Astrofísica de Canarias - EX.1A IAC	
Observaciones:						

4. Contextualización de la asignatura en el plan de estudio

Bloque formativo al que pertenece la asignatura:
Perfil profesional:

5. Competencias

Competencia Específicas

CE1 - Comprender los esquemas conceptuales básicos de la Astrofísica
CE2 - Comprender la estructura y evolución de las estrellas
CE10 - Utilizar la instrumentación científica actual (tanto la basada en Tierra como en el Espacio) y conocer sus tecnologías innovadoras.

Competencias Generales

CG2 - Comprender las tecnologías asociadas a la observación en Astrofísica y al diseño de instrumentación
CG4 - Evaluar los órdenes de magnitud y desarrollar una clara percepción de situaciones físicamente diferentes que muestren analogías permitiendo el uso, a nuevos problemas, de sinergias y de soluciones conocidas

Competencias Básicas

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios
CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

Exclusiva de la Especialidad de Teoría y Computación

CX6 - Comprender la estructura del Sol, su evolución y actividad magnética

6. Contenidos de la asignatura

Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

Primera parte: estudio empírico del interior y la baja atmósfera solar
----

Tema 1. Propiedades globales del Sol

Tema 2. Estudio del interior solar

2.1 Modelos de interior estelar. Reacciones nucleares
2.2 Controversia de los neutrinos solares
2.3 El modelo estándar del interior solar
2.4 Heliosismología

Tema 3. Estudio de la atmósfera solar

3.1 Propiedades generales de la atmósfera solar. Convección y transporte por radiación.
3.2 Transporte radiativo
    3.2.1 Radiación polarizada
    3.2.2 Ecuaciones de equilibrio estadístico y ecuación de
        transporte para luz polarizada
    3.2.3 Efectos Zeeman y Hanle
3.3 Inferencia de propiedades físicas de la atmósfera solar

Tema 4. Magnetismo de la atmósfera solar

4.1 Fotosfera
4.2 Cromosfera
4.3 Corona (estructuras frías)
4.4 Conectividad

Segunda parte: estudio teórico del interior y la baja atmósfera solar

---

Tema 5. Convección y oscilaciones: aspectos teóricos y simulaciones

5.1 Ondas en fluidos isotermos y no isotermos, con y sin gravedad
5.2 Formación de modos estacionarios en el Sol: modos p y g
5.3 Revisión de métodos inversion de sismología para recuperar las propiedades del interior solar
5.4 Convección y granulación: simulaciones numéricas de convección
5.5 Supergranulación, mesogranulación, celdas gigantes. Explicación de las diversas escalas
5.6 Generación de ondas de sonido. Generación de vorticidad
5.7 Forma de líneas espectrales en modelos de convección

Tema 6. Magnetohidrodinámica del Sol

6.1 Ecuaciones de la MHD. Número de Reynolds magnético. Consecuencias de la ecuación de inducción en el limite Rm<<1. Difusión del campo
6.2 Consecuencias de la ecuación de inducción en el limite Rm>>1. Congelación del campo
6.3 Concentración del campo por los movimientos convectivos, inhibición de la convección por campos fuertes, magnetoconvección, campos potenciales y libres de fuerza
6.4 Simulaciones numéricas de magnetoconvección de Galloway & Weiss
6.5 Colapso convectivo, flotabilidad de campo, expansión de campo con altura, depresión Wilson, efecto Evershed por flotabilidad de tubos calientes
6.6 Simulaciones numéricas de magnetoconvección en campos fuertes y débiles. Estructuras magnéticas en la fotosfera del sol: manchas, poros, fáculas, red fotosférica y sol en calma. Explicación de ellas en términos de MHD y MHS
6.7 Simulaciones de emergencia de flujo magnético y simulaciones de manchas, puntos umbrales y la penumbra

Tema 7. Modelos de estructuras cromosféricas y su dinámica

7.1 Ondas MHD. Ecuaciones en equilibrio y perturbadas. Ondas magneto-acústicas, y Alfvén. Velocidad de fase. Relación entre las magnitudes perturbadas
7.2 Ondas MHD. Propagación en una dirección arbitraria
7.3 Ondas magneto-acústicas rápida y lenta. Diagrama de velocidad de fase. Diagrama polar
7.4 Transformación de modos por estratificación. Refracción de modo rápido
7.5 Aproximación WKB para calcular las trayectorias de las ondas
7.6 Transformación de modos por estratificación en 3D. Transformación a modo Alfvén. Dependencia del ángulo
7.7 Evidencias observacionales de transformación de modos en el plasma magnetizado solar. Efecto rampa. Modos rápidos y lentos en una mancha. Propagación de modo lento en manchas hacia la corona
7.8 Halos acústicos. Periodicidad de ondas observadas en umbras y penumbras de manchas solares
7.9 Mecanismos de calentamiento de la cromosfera
7.10 Modelos de espículas
7.11 Filamentos y protuberancias. Estructura, equilibrio y dinámica

Tema 8. Ciclo solar y rotación

8.1 Ciclo solar y sus propiedades observacionales
8.2 Dínamo solar: básicos.
8.3 Modelos numéricos de la rotación diferencial y dínamo solar. Modelo de Parker de dinamo alfa-omega oscilatorio, modelos de campo medio
8.4 Predicciones del ciclo. Mínimo de Maunder

Tercera parte: la corona, heliosfera y el clima espacial

Tema 9. La Corona solar

9.1 Observaciones: misiones espaciales de rayos X y EUV
9.2 Teoría: plasma fuertemente magnetizado y caliente, altamente conductor y ópticamente delgado
9.3 Transporte radiativo en plasmas ópticamente delgados: enfriamiento radiativo
9.4 Estructuras en equilibrio, bucles coronales y extrapolación magnética
9.5 Fenómenos eruptivos: llamaradas solares. Modelo CSHPK
9.6 Fenómenos eruptivos: eyecciones coronales de masa (CME)
9.7 El problema del calentamiento coronal: la diatriba ondas frente a reconexión

Tema 10. Clima espacial

10.1 El viento solar y la heliosfera
10.2 La magnetosfera de la Tierra: estructura general. Misiones espaciales magnetosféricas
10.3 Tormentas solares: resumen de propiedades físicas. Impacto en la sociedad
10.4 La física de las tormentas solares: impacto de CMEs en la magnetosfera
10.5 Reconexión en la magnetopausa y en la cola magnética. La misión MMS de la NASA. Auroras

Actividades a desarrollar en otro idioma

Parte de los materiales audiovisuales y escritos distribuidos entre el alumnado durante el curso estarán en inglés.

7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

Descripción

En las clases teóricas, el profesor expondrá los contenidos de los temas.

En los seminarios, se presentarán ejemplos observacionales a los que aplicar la teoría explicada para comprender e interpretar los mecanismos físicos que los generan.

Cada dos o tres temas se repartirá un entregable con problemas que el alumno deberá resolver de manera individual y personalizada, con trabajo autónomo.

Actividades formativas en créditos ECTS, su metodología de enseñanza-aprendizaje y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante

Actividades formativas	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo	Total horas	Relación con competencias
Clases teóricas	50,00	0,00	50,0	[CX6], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE10], [CE2], [CE1]
Realización de seminarios u otras actividades complementarias	10,00	0,00	10,0	[CX6], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE10], [CE2], [CE1]
Estudio/preparación de Clases	0,00	90,00	90,0	[CX6], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE10], [CE2], [CE1]
Total horas	60,00	90,00	150,00	
		Total ECTS	6,00	

8. Bibliografía / Recursos

Bibliografía Básica

- Priest, E. R.: Magnetohydrodynamics of the Sun (Cambridge Univ. Press, 2014).
- Stix, M.: The Sun: An Introduction. (Springer; 2nd ed. 2002)
- Foukal, P.: Solar Astrophysics. (John Wiley + Sons, 2009)

Bibliografía Complementaria

- Aschwanden, M.: Physics of the solar corona. (Springer, 2006)
- Collados M. et al., eds., Solar Observations: Techniques and interpretation. 1a Escuela de Invierno del IAC. (Cambridge Univ. Press., 1989)
- del Toro Iniesta, J.C. , Introduction to Spectropolarimetry. (Cambridge Univ. Press, 2007)
- Golub, L; Pasachoff, J.M: The solar corona (Cambridge Univ Press, 2009)
- Mihalas, D., Mihalas, B., "Foundations of Radiation hydrodynamics", 1985
- Schrijver, C. J.; Zwaan, C.: Solar and Stellar Magnetic Activity (Cambridge Astrophysics Series, 2000)
- Zirin, H. (1988), Astrophysics of the Sun. Cambridge University Press

Otros Recursos

Páginas web como las de los satélites HINODE, SDO, Stereo, SOHO o IRIS, con numeroso material observacional de interés para la asignatura.

9. Sistema de evaluación y calificación

Descripción

El alumnado tiene la posibilidad de aprobar el curso mediante la evaluación continua. Si elige esta opción, deberá realizar un entregable y un examen parcial en cada tercera parte de la asignatura. La calificación de la evaluación continua será un promedio pesado de la nota de entregables (1/3) y de los parciales (2/3). Sólo se considerará aprobada la asignatura por evaluación continua si se aprueba la suma del entregable y el examen parcial de cada una de las partes.

El alumnado tiene, además, la posibilidad de presentarse al examen final. El examen abarcará el temario completo y la nota obtenida será la nota definitiva de la asignatura.

Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
Pruebas objetivas	[CX6], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE10], [CE2], [CE1]	Respuestas correctas a las preguntas de los exámenes	66,67 %
Pruebas de desarrollo	[CX6], [CB10], [CB8], [CB7], [CB6], [CG4], [CG2], [CE10], [CE2], [CE1]	Respuestas correctas a las cuestiones de los entregables	33,33 %

10. Resultados de Aprendizaje

Esta asignatura proporciona a los estudiantes conocimientos en la disciplina de Física solar. Se pretende que se familiaricen con los fundamentos teóricos básicos que explican las principales propiedades observadas del sol, desde su interior hasta sus capas atmosféricas más externas. Se familiarizan con las reacciones nucleares que generan energía en el núcleo del sol y los mecanismos de transporte de esa energía hasta las capas más externas (radiación y convección). Los estudiantes adquieren experiencia en la interacción de plasmas con campos magnéticos (teoría magnetohidrodinámica), de especial importancia para entender los fenómenos magnéticos solares

11. Cronograma / calendario de la asignatura

Descripción

Primer cuatrimestre

Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 1:	1,2	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 2:	2	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 3:	2,3	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 4:	3	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 5:	4	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 6:	5	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 7:	6	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 8:	6,7	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 9:	7	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 10:	8	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 11:	9	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 12:	9	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 13:	9	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 14:	10	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 15:	10	Clases teóricas y seminarios	4.00	6.00	10.00
Semana 16 a 18:			0.00	0.00	0.00
		Total	60.00	90.00	150.00
Segundo cuatrimestre					
Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 1:			0.00	0.00	0.00
Semana 2:			0.00	0.00	0.00
Semana 3:			0.00	0.00	0.00
Semana 4:			0.00	0.00	0.00
Semana 5:			0.00	0.00	0.00
Semana 6:			0.00	0.00	0.00

Semana 7:			0.00	0.00	0.00
Semana 8:			0.00	0.00	0.00
Semana 9:			0.00	0.00	0.00
Semana 10:			0.00	0.00	0.00
Semana 11:			0.00	0.00	0.00
Semana 12:			0.00	0.00	0.00
Semana 13:			0.00	0.00	0.00
Semana 14:			0.00	0.00	0.00
Semana 15:			0.00	0.00	0.00
Semana 16 a 18:			0.00	0.00	0.00
		Total	0.00	0.00	0.00