

Universidad  
Nacional  
de Córdoba



**FAMA F**  
Facultad de Matemática,  
Astronomía y Física

EXP-UNC: 49517/2015

Resolución CD N° 361/2015

**PROGRAMA DE ASIGNATURA**

<b>ASIGNATURA:</b> Astrofísica I		<b>AÑO:</b> 2015
<b>CARÁCTER:</b> Optativa		
<b>CARRERA:</b> Licenciatura en Astronomía		
<b>RÉGIMEN:</b> Cuatrimestral		<b>CARGA HORARIA:</b> 120 hs
<b>UBICACIÓN en la CARRERA:</b> 4to Año - 2do Cuatrimestre		

**FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS**

**Fundamentación:**

La "Astrofísica I" es esencialmente una introducción a la teoría del espectro continuo de las atmósferas estelares. De esta manera, se complementa la teoría de las líneas espectrales introducida en la "Astrofísica General" del cuatrimestre anterior, recibiendo así el estudiante un panorama introductorio completo de la teoría de las atmósferas estelares, de básica importancia para todas las especializaciones relacionadas con la física de las estrellas analizada a partir de observaciones espectroscópicas.

**Objetivos:**

El estudiante alcanzará un nivel básico en la comprensión de la teoría del continuo en las atmósferas estelares, lo que le facilitará la interpretación de las observaciones espectroscópicas y le habilitará para la construcción de modelos simples de atmósferas estelares, como primer paso hacia la elaboración de otros más sofisticados.

**CONTENIDO**

**Unidad 1:** Repaso de conceptos básicos de las teorías de los gases ideales y de la radiación. Pesos atómico y molecular. Mol. Número de Avogadro. Masa absoluta de átomos y moléculas. Gas ideal. Leyes de Boyle-Mariotte y Gay-Lussac. Ecuación de estado: diversas formas. Ley de Avogadro. Constante de los gases. Transformación adiabática. Ley de Dalton de las presiones parciales. Equilibrio termodinámico estricto. Emisión y absorción en equilibrio termodinámico estricto. Ley de Kirchhoff. Radiación de cuerpo negro.

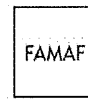
**Unidad 2:** Leyes que regulan el estado de la materia en equilibrio termodinámico. Ecuación de equilibrio de excitación de Boltzmann. Ecuación de equilibrio de ionización de Saha. Combinación de las anteriores. Ley de Maxwell de distribución de velocidades. Velocidad más probable, media y cuadrática media. Ley de Planck.

**Unidad 3:** Descripción del campo radiante. Interacción materia-radiación. Objeto de la teoría de las atmósferas estelares. Concepto de atmósfera estelar. Presión gaseosa y presión de radiación. Significado de temperatura en una atmósfera estelar. Temperaturas de excitación, ionización, cinética, de color, de brillo y efectiva. Mecanismos de transporte de energía. Teoría de la radiación. Intensidad específica monocromática y media, densidad de flujo de radiación, radiancia e intensidad media. Propiedades básicas de un campo isótropo. Densidad de energía. Integral K y presión de radiación. Coeficiente de absorción. Ley de extinción. Coeficiente de emisión. Función fuente: casos particulares y general. Balance microscópico de energía en las hipótesis de dispersión isotrópica pura, absorción pura y equilibrio termodinámico local (ETL).

**Unidad 4:** La ecuación de transporte radiativo. Planteamiento de la ecuación general de transporte radiativo en coordenadas esféricas. Condiciones de contorno. Atmósfera de capas



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



FAMAF  
Facultad de Matemática,  
Astronomía y Física

EXP-UNC: 49517/2015

Resolución CD N° 361/2015

plano-paralelas. Capa de espesor finito y atmósfera semi infinita. Integral básica de la ecuación de transporte. Intensidad emergente de una capa con  $S = \text{constante}$  y  $S(\tau_v) = a + b \tau_v$ . Solución para un punto interior de una atmósfera. Integrales exponenciales: propiedades. Ecuaciones integrales de Milne y de Schwarzschild-Milne. Integral K en función de integrales exponenciales.

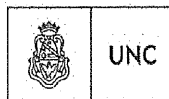
**Unidad 5:** Equilibrio radiativo y convección en las atmósferas estelares. Condición de equilibrio radiativo. Constancia del flujo total. Variación del flujo total con la distancia al centro en una atmósfera extendida. Relación entre flujo total y temperatura efectiva. Ecuación de continuidad. Relación entre equilibrio radiativo y presión de radiación. Ecuaciones de Milne. Transporte de energía por convección. Condición de flujo convectivo: criterio clásico de Schwarzschild. Peso molecular medio. Condición de flujo convectivo para gases mono y poliatómicos. Relación entre gradiente de temperatura y gradiente adiabático.

**Unidad 6:** Solución de una atmósfera gris en equilibrio radiativo. Atmósfera gris. Ecuación de transporte en la atmósfera gris. Condiciones de equilibrio radiativo y ecuaciones de Milne. Primera aproximación de Eddington: hipótesis básica. Cálculo de J, F y K. Determinación de la función fuente integrada y del gradiente de temperatura. Equilibrio termodinámico local. Oscurecimiento hacia el limbo. Determinación empírica de intensidades en el disco solar. Justificación física, dependencia con la longitud de onda. Segunda aproximación de Eddington: nuevas condiciones de contorno. Relación entre temperatura superficial y efectiva. Determinación de la función fuente integrada. Cálculo del flujo total e integral K. Oscurecimiento hacia el limbo y gradiente de temperatura. Segunda aproximación corregida: función fuente integrada y distribución de temperatura. Método de las ordenadas discretas. Fórmula de cuadratura de Gauss: aproximación n-ésima. Conversión a un sistema de  $2n$  ecuaciones diferenciales y solución del sistema. Solución general del sistema de ecuaciones diferenciales: ecuación característica y solución particular. Condiciones de contorno y cálculo de las constantes. Función fuente integrada en la n-ésima aproximación, función de Hopf y distribución de temperatura. Intensidades saliente y entrante. Oscurecimiento hacia el limbo en la n-ésima aproximación.

**Unidad 7:** Relación entre los casos gris y no gris. "Ablandamiento" de la radiación en la atmósfera gris. Atmósfera gris y no gris en ETL. Intensidad emergente y entrante en ambos casos. Flujo monocromático a diferentes profundidades. Comparación entre una atmósfera gris y otra no gris en ETL. Solución formal en la aproximación de Eddington. Solución aproximada para una atmósfera no gris. Coeficientes medios de absorción: pesado por el flujo de Eddington, medias de Planck, Rosseland y Chandrasekhar. El flujo en el caso no gris.

**Unidad 8:** El coeficiente de absorción continua. Origen de la opacidad continua. Transiciones atómicas ligado-libre y libre-libre. Dispersión atómica y molecular. Composición química en las atmósferas estelares. Unidades del coeficiente de absorción continua. Coeficientes de Einstein de emisión espontánea, inducida y absorción real. Factor de emisión estimulada. Contribución del H neutro a la opacidad continua: transiciones ligado-libre y libre-libre. Ión negativo del hidrógeno: condiciones físicas y químicas requeridas para su formación; contribución a la opacidad continua. Absorción continua debida a la molécula de hidrógeno. Otros absorbentes continuos hidrogenoides. Contribución de los metales, del helio neutro e ionizado, y de los iones negativos de elementos más pesados. Dispersión electrónica y molecular. Coeficiente total de absorción continua.

**Unidad 9:** Modelos de atmósferas estelares. Definición y concepto de modelo de atmósfera estelar. Modelos estáticos y unificados. Hipótesis básicas. Ecuación de equilibrio hidrostático. Distribución de la temperatura en el Sol: relaciones de Eddington-Barbier. Distribución de la temperatura en estrellas sin diámetro aparente: métodos teóricos. Método del ajuste de la



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



**FAMAF**  
Facultad de Matemática,  
Astronomía y Física

EXP-UNC: 49517/2015

Resolución CD N° 361/2015

distribución de temperatura solar. Relación entre la presión del gas, la presión electrónica y la temperatura. Construcción de un modelo de atmósfera estelar. Determinación de la profundidad geométrica.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. Clariá, J. J. y Levato, H. O. 2008, El espectro continuo de las atmósferas estelares, Editorial Comunicarte
2. Gray, D. 1992, The Observation and Analysis of the Stellar Photospheres, Cambridge University Press (2da edición)
3. Mihalas, D. 1978, Stellar Atmospheres, Freeman and Co. (2da edición)

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Aller, L. H. 1963, Astrophysics: the Atmospheres of the Sun and the Stars, Ronald Press Co. (2da edición)
- Ambartsumian, V. A. 1966–1967, Astrofísica Teórica (vols. I y II), EUDEBA
- Böhm-Vitense, E. 1992, Introduction to Stellar Astrophysics. Vol II: Stellar Atmospheres, Cambridge University Press
- Chandrasekhar, S. 1960, Radiative Transfer, Dover (2da edición)
- Novotny, E. 1973, Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors, Oxford University Press
- Swihart, T. L. 1968, Astrophysics and Stellar Astronomy, John Wiley & Sons
- Wolley, R. V. D. y Stibbs, D. W. N. 1953, The Outer Layers of the Stars, Oxford

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las clases teóricas serán impartidas procurando una activa y directa interacción con el estudiante; por su parte, las clases prácticas consistirán en la resolución de un número apreciable de problemas relacionados con los temas desarrollados en las clases teóricas. Las Guías de problemas serán preparadas por los responsables de las clases prácticas para cada alumno en particular, de manera de cubrir todo el espectro de temas desarrollados procurando, dentro de lo posible, que cada estudiante resuelva individualmente sus ejercicios.

## EVALUACIÓN

### FORMAS DE EVALUACIÓN

El examen final constará de una evaluación escrita sobre contenidos teórico-prácticos, y de una exposición oral sobre los contenidos teóricos de la materia. La aprobación requiere de una calificación mayor o igual a 4.

### CONDICIONES PARA OBTENER LA REGULARIDAD

#### 1. ASISTENCIA

Cumplimiento como mínimo del 70% de la totalidad de las horas previstas, tanto teóricas como prácticas.

#### 2. TRABAJOS PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Aprobar como mínimo el 60% de los trabajos prácticos de laboratorio.