

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ASIGNATURA: Astrofísica I	AÑO: 2012
CARÁCTER: Obligatoria (orientación Astrofísica)	
CARRERA/s: Licenciatura en Astronomía	
RÉGIMEN: cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 hs.
UBICACIÓN en la CARRERA: Cuarto – Segundo cuatrimestre	

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

Este curso incluye contenidos básicos que resultan esenciales para la formación de un Licenciado en Astronomía. Se supone que quien curse esta materia, debe haber previamente cursado las asignaturas básicas de Astronomía de los primeros años de la carrera, particularmente Astrofísica General y Complementos de Física Moderna. El principal objetivo de Astrofísica I es que el estudiante adquiera conocimientos astrofísicos teóricos y prácticos sobre los siguientes contenidos: (1) Campo radiativo e interacción con la materia. Teoría de la radiación y función fuente. Balance de energía en las distintas condiciones de equilibrio. (2) Ecuación del transporte radiativo: solución e interpretación física en distintas geometrías. Expresión teórica del flujo y de la integral K. (3) Equilibrio radiativo. Ecuaciones de Milne. Condición de flujo convectivo. (4) Atmósfera gris. Aproximaciones de Eddington. Oscurecimiento hacia el borde y gradientes de temperatura. Método de las ordenadas discretas de Chandrasekhar. (5) Relación entre el caso gris y no gris. Solución aproximada del problema no gris. (6) Origen de la opacidad continua. Composición química en las atmósferas estelares. Contribución del H y del ión negativo del H a la opacidad continua. Otros absorbedores continuos. Dispersión electrónica y molecular. (7) Modelos de atmósferas estelares.

CONTENIDO**Unidad I: Conceptos básicos de la teoría de los gases ideales y radiación del cuerpo negro**

Peso atómico y molecular. Átomo-gramo y 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. Leyes de la Termodinámica: revisión. Transformación adiabática. Ley de Dalton de las presiones

parciales. Equilibrio termodinámico estricto (ETE). Emisión y absorción en ETE. Leyes de Kirchoff. Radiación del cuerpo negro.

Unidad II: Nociones básicas sobre espectroscopia estelar

Observación astronómica. Telescopios: revisión general. Escala y distancia focal de un telescopio. Detectores e instrumentos astronómicos: revisión. Espectrógrafos con ranura. Relaciones generales de los espectrógrafos. Demagnificación y altura espectral. Resolución espectral. Velocidad y dispersión de un espectrógrafo. Espectroscopia con prisma objetivo.

Unidad III: Leyes que regulan el estado de la materia en equilibrio termodinámico

Introducción. Ecuación de equilibrio de excitación de Boltzmann: diversas formas. Ecuación de equilibrio de ionización de Saha: diversas formas. Combinación de las ecuaciones de Boltzmann y Saha. Ley de Maxwell de distribución de velocidades: diversas formas. Velocidad más probable, media y cuadrática media. Ley de Planck.

Unidad IV: Descripción del campo radiativo e interacción con la materia

Objeto de la teoría de las atmósferas estelares. Concepto de atmósfera estelar. Presión gaseosa y presión de radiación. Significado de la 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 equivalente. 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: unidades. Función fuente en casos especiales. Función fuente en el caso general. Balance microscópico de energía en las hipótesis de dispersión isotrópica pura, absorción pura y equilibrio termodinámico local.

Unidad V: Planteamiento, solución formal e interpretación de la ecuación de transporte radiativo

Planteamiento de la ecuación general de transporte radiativo. Ecuación de transporte radiativo en coordenadas esféricas. Condiciones de contorno. Atmósfera de capas plano-paralelas. Capa de espesor finito y atmósfera semi-infinita. Solución de la ecuación de transporte radiativo en casos particulares. Solución formal de la ecuación de transporte radiativo. Aplicaciones a la capa de espesor finito y atmósfera semi-infinita. Integral básica de la ecuación de transporte. Intensidad emergente de una capa con $S = S_0$ y con $S(\tau_\nu) = a + b\tau_\nu$. Solución para un punto interior de una atmósfera. Integrales exponenciales: definición y propiedades. Ecuaciones integrales de Milne y de Schwarzschild-Milne. Integral K en función de integrales exponenciales.

Unidad VI: Equilibrio radiativo y convección en las atmósferas estelares

Condición de equilibrio radiativo propiamente dicha. 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 VII: 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 gradiente de temperatura. Equilibrio termodinámico local. Oscurecimiento del disco estelar hacia el borde. Determinación empírica de intensidades en el disco solar. Justificación física del fenómeno de oscurecimiento hacia el borde: comparación con las observaciones. Ley de oscurecimiento hacia el borde: aspecto cuantitativo. Variación del oscurecimiento hacia el borde con la longitud de onda. Segunda aproximación de Eddington: nueva condición de contorno. Relación entre temperatura superficial y efectiva. Determinación de la función fuente integrada. Cálculo del flujo total e integral K . Oscurecimiento hacia el borde y gradiente de temperatura. Segunda aproximación corregida: función fuente integrada y distribución de temperatura. Método de las ordenadas discretas de Chandrasekhar: fundamento del método. 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 VIII: Relación entre el caso gris y no gris

Ablandamiento de la radiación en la atmósfera gris. Atmósfera gris y no gris en ETL: simplificación del problema. Pequeños apartamientos a una atmósfera gris. Intensidad emergente y entrante en atmósferas gris y no gris en ETL. Flujo monocromático a diferentes profundidades. Comparación de una atmósfera gris y 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, media de Planck, Rosseland y Chandrasekhar. No conservación del flujo en la atmósfera no gris

Unidad IX: El coeficiente de absorción continua

Introducción. Origen de la opacidad continua: transiciones atómicas ligado-libre y

libre-libre. Dispersión electrónica y molecular. Composición química en las atmósferas estelares: diversas formas. Unidades del coeficiente de absorción continua. Coeficientes de Einstein de emisión espontánea, inducida y absorción real. Factor de emisiones estimuladas. Relación de Einstein-Milne para el continuo. Contribución del H neutro a la opacidad continua: transiciones ligado-libre y libre-libre. Ión negativo del hidrógeno: condiciones físicas y químicas necesarias para su formación. Contribución del ión negativo del hidrógeno al coeficiente de opacidad: transiciones ligado-libre y libre-libre. Absorción continua debida a la molécula de hidrógeno. Otros absorbedores continuos hidrogenoides. Nociones básicas sobre la contribución de los metales, del helio neutro y ionizado y de los iones negativos de elementos más pesados. Dispersión electrónica y molecular. Coeficiente de absorción continua total. *Opacity Project* y la utilización práctica de datos atómicos.

Unidad X: Modelos de atmósferas estelares

Introducción. Modelo de atmósfera estelar: concepto y definición. Modelos estáticos y unificados. Hipótesis básicas. Ecuación del equilibrio hidrostático. Distribución de temperatura en el sol: relaciones de Eddington-Barbier. Distribución de temperatura en estrellas sin diámetro aparente: resumen de los distintos métodos teóricos para determinar distribución de temperatura. Método del ajuste de la distribución de temperatura solar. Relación entre presión del gas, presión electrónica y temperatura. Construcción de un modelo de atmósfera estelar. Determinación de la profundidad geométrica. Modelos de estrellas frías y estrellas calientes: consideraciones generales. Modelos de atmósferas extendidas. Métodos computacionales modernos. Aceleradores de convergencia. Métodos multigrillas para la solución de la ecuación del transporte radiativo. Códigos actuales para modelar atmósferas estelares. Modelos NLTE unificados. Modelos hidrodinámicos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Clariá, J.J. y Levato, H., “El Espectro Continuo de las Atmósferas Estelares”, 2008, Editorial Comunicarte, Córdoba, Argentina.
- Gray, D., “The Observation and Analysis of the Stellar Photospheres”, 1992, 2a. edic., Cambridge University Press.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Aller, H., “Astrophysics: the Atmospheres of the Sun and Stars”, 1963, 2a. Edición, Ronald Press Company, New York.
- Ambartsumian, V.A., “Astrofísica Teórica”, 1966, Pergamon Press.

- Bohm-Vitense, E., "Introduction to Stellar Astrophysics: Stellar Atmospheres".
- Carroll, B.W & Ostlil, D.A., "An Introduction to Modern Astrophysics", 2nd edit., 2007, Pearson Addison Wesley.
- Chandrasekhar, S., "Radiative Transfer", 1960, 2^a. Edición, Dover Publications, Inc., New York.
- Crivllari, L., Hubeny, I. & Hummer, D.G., "Stellar Atmospheres: Beyond Classical Models", 1991, , Series C: Mathematical and Physical Sciences, Vol. 341.
- Huang, K., "Statistical Mechanics", 2nd edit., 1987, John Wiley & Sons.
- Kurttunen et al., "Fundamental Astronomy", 5th edit., 2007, Springer.
- Mihalas, D., "Stellar Atmospheres", 1978, 2a. Edición, Freeman and Company, San Francisco
- Novotny, E., "Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors", 1973, Oxford University Press, New York.
- Shu, F.H., "The Physics of Astrophysics" Vol. I: Radiation", 1991, University Science Books.
- Sobolev, V.V., "Course in Theoretical Astrophysics", 1969, NAUKA Press, Moscou (Nasa Technical Translation)
- Swihart, T.L., "Basic Physics of Stellar Atmospheres", 1971, Packart Publishing House, Tucson.
- Wolley, R.V.D. y Stibbs, D.W.N., "The Outer Layers of the Stars", 1953, Oxford at the Clarendon Press.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las clases teóricas serán impartidas procurando una activa y directa interacción con el estudiante, en tanto que las clases prácticas consistirán en la resolución de un número apreciable de problemas íntimamente relacionados con los contenidos desarrollados en las clases teóricas. Las Guías de Problemas serán preparadas por los responsables de las clases prácticas de manera de cubrir todo el espectro de temas desarrollados, procurando, dentro de lo posible, que cada estudiante resuelva individualmente sus problemas. Se impulsará, asimismo, la realización de variados cálculos numéricos que involucre trabajar en la computadora elaborando programas de computación o utilizando códigos estándares.

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

- Presentación en fecha establecida de una carpeta conteniendo los Trabajos Prácticos desarrollados en el curso, para su posterior evaluación.

- El examen final constará de una evaluación oral sobre los contenidos teóricos y prácticos para aquellos alumnos que hayan regularizado la asignatura; mientras que para aquellos alumnos que no hayan acreditado tal condición, tendrán que aprobar previamente un examen escrito.

CONDICIONES PARA OBTENER LA REGULARIDAD

1. ASISTENCIA

Cumplir con un mínimo del 70% de asistencia a clases, tanto teóricas como prácticas.

2. TRABAJOS PRÁCTICOS

Entrega en término y aprobación de al menos el 60 % de los Trabajos Prácticos desarrollados en la asignatura.