



Maestría en astrofísica IRyA-UNAM

Programa Medio Interestelar

Omaira González Martín, responsable de posgrado jposg@irya.unam.mx
Karin Hollenberg, administración de posgrado k.hollenberg@irya.unam.mx
Página de posgrado: <https://posgrado.irya.unam.mx>
Contacto para pedir información: posgrado@irya.unam.mx

Materia Interestelar

Objetivo general: Introducir al estudiante a la teoría básica sobre los procesos físicos en el medio interestelar.

Objetivos específicos: Familiarizar al estudiante con las observaciones que han dado lugar a la idea actual de la estructura y las propiedades del medio interestelar. Proporcionarle las herramientas teóricas para estudiar los distintos fenómenos del medio interestelar.

Plan de Clases y profesores por semestre

Parte 1

Aina Palau
William Henney
Stan Kurtz
Luis Zapata
Roberto Galván

Parte 2

Ricardo González
Adriana Gazol
Enrique Vázquez
Jesús Toalá

CONTENIDO TEMÁTICO

I. PROCESOS RADIATIVOS

1.1 Física I: atómica/molecular

- 1.1.1 Átomo de un electrón
- 1.1.2 Átomo multi electrónico
- 1.1.3 Notación espectroscópica
- 1.1.4 Moléculas

1.2 Transiciones atómicas/moleculares

- 1.2.1 Transiciones radiativas espontáneas y estimuladas
 - 1.2.1.1 Teoría semi-clásica
 - 1.2.1.2 Teoría cuántica
 - 1.2.1.3 Reglas de selección
 - 1.2.1.4 Valores f
- 1.2.2 Transiciones colisionales
- 1.2.3 Máseres



Maestría en astrofísica IRyA-UNAM

Programa Medio Interestelar

Omaira González Martín, responsable de posgrado jposg@irya.unam.mx
Karin Hollenberg, administración de posgrado k.hollenberg@irya.unam.mx
Página de posgrado: <https://posgrado.irya.unam.mx>
Contacto para pedir información: posgrado@irya.unam.mx

Continúa 1.2 Transiciones atómicas/moleculares

- 1.2.4 Mecanismos de ensanchamiento de líneas
 - 1.2.4.1 Natural
 - 1.2.4.2 Doppler
 - 1.2.4.3 Presión
 - 1.2.4.4 El perfil Voigt
- 1.2.5 Transiciones en el continuo y colisionales radiativa
 - 1.2.5.1 Fotoionización y recombinación
 - 1.2.5.2 Autoionización y recombinación dielectrónica
 - 1.2.5.3 Ionización colisional y recombinación de tres cuerpos
 - 1.2.5.4 Intercambio de carga
 - 1.2.5.5 Asociación y disociación
 - 1.2.5.6 Bremsstrahlung
- 1.3 Equilibrio estadístico fuera de equilibrio termodinámico**
 - 1.3.1 Ecuaciones de tasas completas
 - 1.3.2 Aplicaciones sencillas
 - 1.3.2.1 Cascada de recombinación
 - 1.3.2.2 Equilibrio estadístico para la ionización
 - 1.3.2.2.1 Equilibrio de ionización colisional
 - 1.3.2.2.2 Equilibrio de fotoionización nebular

II. MEDIO INTERESTELAR

2.1 Componentes del MIE (observaciones)

- 2.1.1 Condiciones físicas (densidad, temperatura y presión)
 - 2.1.1.1 Gas caliente
 - 2.1.1.2 Gas tibio (ionizado y neutro)
 - 2.1.1.3 Gas frío (atómico y molecular)
 - 2.1.1.4 Polvo
- 2.1.2 Campo magnético y rayos cósmicos

2.2 Procesos de calentamiento y enfriamiento

- 2.2.1 Gas molecular
- 2.2.2 Gas neutro HI
- 2.2.3 Regiones fotodisociadas
- 2.2.4 Regiones fotoionizadas
- 2.2.5 Regiones ionizadas calientes
- 2.2.6 Curva de enfriamiento y consecuencias para la presión térmica
 - 2.2.6.1 Modelos multifase de varias fases / Desviaciones del equilibrio termodinámico local



Maestría en astrofísica IRyA-UNAM

Programa Medio Interestelar

Omaira González Martín, responsable de posgrado jposg@irya.unam.mx
Karin Hollenberg, administración de posgrado k.hollenberg@irya.unam.mx
Página de posgrado: <https://posgrado.irya.unam.mx>
Contacto para pedir información: posgrado@irya.unam.mx

2.3 Diagnósticos observacionales

- 2.3.1 Líneas de emisión y absorción
- 2.3.2 Observaciones en radio de líneas moleculares
- 2.3.3 Línea de 21cm de HI
- 2.3.4 Líneas de absorción ópticas y UV en el gas neutro
- 2.3.5 Regiones fotoionizadas
 - 2.3.5.1 Líneas de recombinación y líneas de excitación colisional
 - 2.3.5.2 Continuo libre-libre en radio
 - 2.3.5.3 Diagnósticos de densidad y temperatura (en óptico y en radio)
- 2.3.6 Gas caliente.- UV / Rayos X
- 2.3.7 Polvo.- Extinción / Emisión
- 2.3.8 Máseres.- Composición química / Cinemática

2.4 Polvo interestelar

- 2.4.1 Composición (silicatos, grafito, PAHs)
- 2.4.2 Propiedades físicas (tamaños, calentamiento, enfriamiento y carga)
- 2.4.3 Formación y destrucción

2.5 Regiones fotoionizadas (regiones HII y nebulosas planetarias)

- 2.5.1 Esfera de Strömgren
- 2.5.2 Aproximación "On-The-Spot"
- 2.5.3 Estructura de ionización
- 2.5.4 Balance de energía

2.6 Dinámica

- 2.6.1 Ecuaciones hidrodinámicas y magneto hidrodinámicas
- 2.6.2 Teorema del virial
 - 2.6.2.1 Equilibrio virial
 - 2.6.2.2 Criterio de Jeans
 - 2.6.2.3 Solución hidrostática y confinamiento por presión
 - 2.6.2.4 Soporte magnético
- 2.6.3 Ondas acústicas y compresibilidad
- 2.6.4 Ondas de choque
 - 2.6.4.1 Condiciones de salto
 - 2.6.4.2 Choques adiabáticos
 - 2.6.4.3 Choques isotérmicos
- 2.6.5 Turbulencia
 - 2.6.5.1 Teoría de Kolmogorov para turbulencia incompresible
 - 2.6.5.1.1 Espectro y cascada de energía
 - 2.6.5.2 Diferencias entre la teoría de Kolmogorov y la turbulencia interestelar



Maestría en astrofísica IRyA-UNAM

Programa Medio Interestelar

Omaira González Martín, responsable de posgrado jposg@irya.unam.mx
Karin Hollenberg, administración de posgrado k.hollenberg@irya.unam.mx
Página de posgrado: <https://posgrado.irya.unam.mx>
Contacto para pedir información: posgrado@irya.unam.mx

2.7 Nubes moleculares y formación estelar

- 2.7.1 Estructura y propiedades estadísticas de nubes moleculares
- 2.7.2 Relaciones de Larson. Interpretaciones
 - 2.7.2.1 Equilibrio virial
 - 2.7.2.2 Equipartición de energía
- 2.7.3 Inestabilidad gravitacional
 - 2.7.3.1 Masa de Jeans
 - 2.7.3.2 Fragmentación
- 2.7.4 Formación de primero y segundo núcleo protoestelar
- 2.7.5 Fase de acreción de protoestrellas
 - 2.7.5.1 Discos y chorros
- 2.7.6 Modelos de formación estelar
 - 2.7.6.1 Modelo clásico vs. modelo turbulento
- 2.7.7. La formación de las primeras estrellas

2.8 Aplicaciones de la hidrodinámica

- 2.8.1 Expansión de regiones HII
 - 2.8.1.1 Expansión de frentes de ionización tipo R y tipo D
- 2.8.2 Remanentes de supernova: análisis dimensional
 - 2.8.2.1 Expansión libre, expansión adiabática (Sedov) y etapas tardías
- 2.8.3 Burbuja de viento estelar: análisis dimensional
 - 2.8.3.1 Burbuja caliente que impulsa la expansión
- 2.8.4 Jets y objetos Herbig Haro
 - 2.8.4.1 Superficies de trabajo y balance de momento