

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Formación y Evolución Estelar y Planetaria

CARRERA: LICENCIATURA EN ASTRONOMÍA

CARGA HORARIA TOTAL: 120 HORAS

CARÁCTER: SEMESTRAL

PROFESOR A CARGO: Dra. MERCEDES GÓMEZ

OBJETIVOS

Durante la materia se desarrollarán diversos aspectos relacionados con la formación y evolución de estrellas en todo el espectro de masas, incluyendo objetos en el rango sub-estelar (o enanas marrones). Se vinculará este proceso con el de la formación y existencia de planetas. En particular se considerará el vínculo entre planetas y discos circunestelares tanto en estrellas en formación como en enanas blancas y pulsares, es decir en remanentes estelares.

Otro de los objetivos de la materia es el estudio de los llamados planetas extrasolares, de las técnicas de detección y las características físicas de los sistemas planetarios extrasolares. Se abordará la amplia diversidad de los sistemas planetarios extrasolares actualmente conocidos en comparación con el sistema solar. Finalmente se introducen conceptos básicos sobre Astrobiología y su estrecha vinculación con los planetas extrasolares, en particular con las propiedades físicas de los mismos.

La materia es de neto corte observacional. Se hará hincapié en los posibles aportes que pueden realizarse desde nuestras facilidades observacionales (EABA, CASLEO, Gemini) y mediante el empleo de observaciones de acceso libre, tales como: James Web, TESS, K2, Herschel, entre otras.

CONTENIDO TEMÁTICO

Unidad I: Nubes Moleculares

Diferentes tipos de nubes moleculares. Clasificación. Características observacionales y propiedades físicas. Composición. Masas y dimensiones. Soporte térmico, magnético y turbulento. Observaciones en Radio y en el Infrarrojo lejano.

Nubes activas en la formación de estrellas. Núcleos Moleculares Densos. Características. Masas y dimensiones. Empleo de diferentes trazadores moleculares (en radio) para su estudio. Observaciones en el infrarrojo. Asociación con fuentes IRAS. Localización espacial. Evidencias observacionales del colapso gravitacional: Glóbulos de Bok. Asociación con protoestrellas.

Unidad II: Objetos de Clases O, I, II, III

Proto-estrellas u objetos de Clases O y I. Características observacionales. Detección en radio, milimétrico e infrarrojo. Envolturas colapsantes. Distribución espectral de energía. Interpretación. Estrellas de Tipo T Tauri: Pre-secuencia principal: objetos de Clases II y III. Características espectroscópicas y fotométricas. Interpretación. Determinación de edades y masas. Discos primigenios. Características y propiedades.

Unidad III: Eventos de Tipo FU Orionis y Flujos Moleculares, Jets (Chorros) Estelares, Objetos de Tipo HH (Herbig-Haro)

FU Orionis: Características fotométricas y espectroscópicas. Cuasi-periodicidad en los estallidos. Causas. Estadística de los eventos. Modelo de acreción. Tasa de acreción de masa del disco a la estrella. Flujos Moleculares, Jets (Chorros) Estelares, Objetos de tipo HH (Herbig-Haro). Características observacionales. Flujos moleculares clásicos y altamente colimados. Rol e importancia para la formación de estrellas. Jets ópticos y objetos de tipo HH. Flujos ópticos gigantes. Escenario unificado de los tres eventos (flujos moleculares, jets estelares, objetos de tipo HH).

Unidad IV: Estrellas Herbig AeBe, de Gran Masa y Enanas Marrones

Estrellas Herbig AeBE: Detección y principales características. Curvas de luz de tipo "Algol": Interpretación. Anti-correlación entre brillo y polarización: Interpretación. Formación de Estrellas de Gran Masa. Acreción versus "Merger" o modelo colisional. Acreción competitiva. Protoestrellas de gran masa. Discos y Jets. Máseres. Regiones HII ultra-compactas. Identificación de distintos estadios evolutivos en la formación de las estrellas de gran masa. Enanas Marrones. Definición y escenarios de formación. Métodos de detección. Tipos espectrales L y T. Escala de Temperaturas. Densidades y relación masa-radio. Interiores: Combustión del deuterio, litio e hidrógeno. Función Inicial de Masa en el rango subestelar. ¿Existen los Planemos?

Unidad V: Estrellas de Tipo Vega o Análogos del Cinturón de Kuiper

Discos de escombros o "debris". Definición y características. Detección de análogos al cinturón de Kuiper. Métodos. Resultados de Spitzer, Herschel y ALMA. Extrapolaciones sobre el número de análogos solares en la vecindad solar.

Binaridad en estrellas con discos. Discos y planetas en estrellas de Secuencia Principal.

Unidad VI: Formación Planetaria

Modelos de Formación planetaria standard: Acreción de núcleo. Inestabilidad de disco. Predicciones de ambos modelos y confrontación con la evidencia observacional actual. Modelos híbridos. Relevancia de la metalicidad estelar para los distintos escenarios de formación planetaria. Predicciones de los modelos actuales y evolución de discos protoplanetarios. Problema de la escala de tiempo de disipación del gas y formación planetaria.

Unidad VII: Planetas Extrasolares

Definición. Métodos de detección: Velocidades radiales, tránsitos planetarios, microlentes gravitacionales, imagen directa, astrometría, timing, variación del tiempo del tránsito (TTVs). Ventajas y limitaciones de cada técnica. Características de los planetas extrasolares conocidos. Resultados de Kepler, K2 y TESS. Misiones espaciales futuras. Zona de habitabilidad estelar y planetaria. Características de las estrellas con planetas. Correlación metalicidad y radio planetario.

Binaridad/multiplicidad de estrellas que albergan planetas extrasolares. Planetas en cúmulos. Multiplicidad planetaria. Propiedades físicas de los planetas extrasolares. Espectroscopía de transmisión y de emisión. Espectroscopía Doppler de alta resolución. Tránsito secundario u ocultación. Resultados actuales y expectativas sobre misión James Webb.

Unidad VIII: Evolución Estelar

Secuencia principal superior e inferior. La reacción protón-protón. El ciclo CNO. Quema del helio: la reacción triple-alfa. Algunas reacciones más avanzadas. El límite de Schoenberg-Chandrasekhar. Evolución pos-secuencia principal: ramas subgigante, gigante y gigante asintótica. Estructura de las estrellas subgigantes. Ascenso por la rama gigante. Estructura de las gigantes rojas y longitud de la rama gigante. La evolución posterior a la quema del helio: la rama asintótica. Los pulsos térmicos. Estrellas de masa baja e intermedia. Formación de núcleo de Carbono. Evolución de estrellas masivas. La evolución pos-secuencia principal: las principales etapas de quema nuclear. Cambios en las abundancias superficiales. El núcleo de hierro, importancia de la fotodesintegración. Flujo de neutrinos. El colapso del núcleo, objetos compactos. Curvas de luz y espectros de supernovas. Tipos de supernovas. Nucleosíntesis de los elementos pesados. Proceso de captura de neutrones. El origen de los elementos de la tabla periódica.

IX: Remanentes Estelares

Enanas blancas y nebulosas planetarias. Características y propiedades. Gas degenerado de electrones. Estrellas de neutrones y púlsares. Características y propiedades. Gas degenerado de neutrones. Agujeros negros. Propiedades físicas y observacionales. Sistemas binarios con agujeros negros. Emisión en rayos X. Escenarios evolutivos que contemplan sistemas binarios con estrellas de baja y alta masa.

Unidad X: Los llamados Planetas Fénix

Formación de discos y planetas en estrellas evolucionadas de tipo gigantes rojas, enanas blancas y estrellas de neutrones/pulsars. Planetas Fénix y "planetas" en sistemas binarios compactos evolucionados. Propiedades físicas de estos tipos de planetas. Resultados recientes de Spitzer y Herschel. Formación de planetas y sistemas planetarios en todo el espectro de masas estelares y todos los estadios evolutivos de la estrella asociada. Evolución de la zona de habitabilidad estelar y planetaria.

Unidad XI: Conceptos Básicos sobre Astrobiología

Astrobiología: Definición y alcance. La tierra primitiva y los primeros indicios de vida. La teoría de Oparin. Estrellas Astrobiológicamente interesantes y evolución estelar. Dominios Filogenéticos de la Vida. Extremófilos y ambientes terrestres extremos. Determinación de parámetros planetarios: Temperatura, presión, densidad y radiación Ultravioleta. Composición química de las atmósferas planetarias. Marcadores Biológicos o Bio-marcadores: Definición y Características. Bio-indicadores. Misiones Espaciales y la Posibilidad de detección de Bio-indicadores. Exobiología.

BIBLIOGRAFÍA

The Formation of Stars, (2004), Stahle, S. W. y Palla, F. Editado por WILEY-VCH.
Handbook of Star Forming Regions Vol. I. The Northern Sky; Handbook of Star Forming Regions Vol. II. The Southern Sky, (2008), ASP Conference Series, Editado por B. Reipurth.
Observations of Brown Dwarfs, (2000), Barsi, G., ARA&A 38, 485 Theory of Low-Mass Stars and Substellar Objects, (2000), Chabrier, G., & Baraffe, I., ARA&A 38, 337
Dusty Circumstellar Disks, (2001), Zuckerman, B., ARA&A 39, 549
Evolution of Debris Disks, (2008), Wyatt, M. C., ARA&A 46, 339
Herbig-Haro Flows: Probes of Early Stellar Evolution, (2001), Reipurth, B., & Bally, J., ARA&A 39, 403
Ultra-Compact HII Regions and Massive Star Formation, (2002), Churchwell, E., ARA&A 40, 27
Embedded Clusters in Molecular Clouds, (2003), Lada C. J. & Lada, E. A., ARA&A 41, 57
New Spectral Types L and T, (2005), Kirkpatrick, J. D., ARA&A 43, 195
50 Years of Brown Dwarfs from Prediction to Discovery to Forefront of Research, (2013), editors: Joergens, Viki, Astrophysics and Space Science Library
Toward Understanding Massive Star Formation, (2007), Zinnecker, H., Yorke, H.W. ARA&A 45, 481
Theory of low-mass stars and substellar objects, (2000), Chabrier, G. & Baraffe, I. ARA&A 38, 337
Protoplanetary Disks and Their Evolution, (2011), Jonathan P. Williams and Lucas A. Cieza, ARA&A, 49, 67
The Formation and Early Evolution of Low-Mass Stars and Brown Dwarfs, (2012), Luhman, K., ARA&A 50, 65
Vida: La Ciencia de la Biología: Heller, C., Orians, G., Purves, B., Sadava, D., Hillis, (2008), D. Editorial Panamericana.
Planets, Stars and Stellar Systems Volume 4: Stellar Structure and Evolution, (2013), editors: Oswalt, Terry, Barstow, Martin A. Springer.
The Occurrence and Architecture of Exoplanetary Systems, (2015), Joshua N. Winn, Daniel C. Fabrycky, ARA&A 53, 409
On the Cool Side: Modeling the Atmospheres of Brown Dwarfs and Giant Planets, (2015), M.S. Marley, T.D. Robinson, ARA&A 53, 279
Protostellar Outflows, John Bally, (2016), ARA&A, 54, 491 How to Characterize Habitable Worlds and Signs of Life, Lisa Kaltenegger, (2017), ARA&A 55, 433
Origins of Hot Jupiters, Rebekah I. Dawson, John Asher Johnson, (2018), ARA&A 56, 175
High-Mass Star and Massive Cluster Formation in the Milky Way, F. Motte, S. Bontemps, F. Louvet, (2018), ARA&A, 56, 41
Exoplanetary Atmospheres: Key Insights, Challenges, and Prospects, Nikku Madhusudhan, (2019), ARA&A 57, 617
Debris Disks: Structure, Composition, and Variability, A. Meredith Hughes, Gaspard Duchêne, Brenda C. Matthews, (2018), ARA&A 56, 541
Observations of Protoplanetary Disk Structures, Sean M. Andrews, (2020), ARA&A 58, 483

Astrochemistry During the Formation of Stars, Jes K. Jørgensen, Arnaud Belloche, Robin T. Garrod, (2020), ARA&A 58, 727

Exoplanets: Diamond Worlds, Super Earths, Pulsar Planets, and the New Search for Life beyond Our Solar System, (2017), Michael Summers, James S. Trefil, The Smithsonian Press.

Extrasolar Kuiper belts, Wyatt, Mark (2020), en The Trans-Neptunian Solar System, pag. 351, edited by Dina Prialnik, Maria Antoinetta Barucci, Leslie Young. Elsevier.