NÚCLEO DE ASTRONOMÍA udp
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

PLAN DE ESTUDIO

DOCTORADO EN ASTROFÍSICA

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Año 2018

I. ANTECEDENTES DEL PROGRAMA

Nombre:	Doctorado en Astrofísica
Abreviatura:	DAF01.0_2019
Facultad:	Facultad de Ingeniería y Ciencias
Grado que otorga:	Doctor en Astrofísica
Grado/certificación intermedia:	Magíster en Astrofísica
Director del programa:	Lucas A. Cieza
Año de creación del programa	2018
Año primera admisión:	2019
Duración:	8 semestres
Dedicación del Estudiante:	Jornada completa los 4 años
Jornada:	Diurna
Modalidad:	Presencial
Horas cronológicas presenciales:	616
Horas cronológicas totales:	7200
Créditos totales:	240
Fecha de aprobación del Consejo de Facultad:	27 de Junio de 2018
Fecha de aprobación del Consejo Académico:	29 Octubre de 2018
Fecha de aprobación del Consejo Superior:	30 de Octubre de 2018

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ACADÉMICO.

2.1. Fundamentos

El Núcleo de Astronomía UDP fue creado en el año 2013 con el objetivo de formar un grupo de investigación de alto nivel internacional que pueda capitalizar las enormes ventajas comparativas que posee Chile para el desarrollo de astronomía observacional. En la actualidad, Chile alberga la mayor colección de telescopios del mundo. Considerando la nueva generación de mega-telescopios en construcción que se instalarán en el país (E-ELT, GMT, y LSST), el territorio chileno concentrará cerca del 70% de la infraestructura astronómica terrestre a nivel mundial. Este instrumental astronómico de frontera representa una oportunidad única para las universidades chilenas que puedan competir exitosamente por el 10% del tiempo de observación que se encuentra reservado para el país anfitrión en cada telescopio.

Pese a su corta historia y modesto tamaño, el Núcleo de Astronomía UDP ha logrado establecerse como un grupo sumamente productivo, medido en términos del número promedio de publicaciones ISI/WoS de sus académicos. En este contexto, la creación de un programa de doctorado es indispensable para la consolidación del Núcleo de Astronomía UDP como un grupo de renombre internacional, entendiendo que:

1) La formación de nuevos investigadores es una responsabilidad ineludible de investigadores ya establecidos y de las universidades que desarrollan investigación de alto nivel
2) El programa de doctorado UDP será un aporte valioso al desarrollo de la astronomía nacional, ampliando la oferta existente en este nivel de formación.
3) Dirigir proyectos de tesis de doctorado es un aspecto fundamental del desarrollo profesional de los científicos, y de los astrónomos en particular, por lo cual un programa de doctorado es necesario para atraer y retener académicos e investigadores del mejor nivel internacional.
4) Los programas de doctorado de calidad brindan proyección global a su universidad, multiplicando el impacto de la institución a través de sus egresados.

2.2. Líneas de Investigación

1) **Astrofísica de Sistemas Planetarios:** formación planetaria, discos protoplanetarios, planetas extra-solares, laboratorio de polvo cósmico.
2) **Astrofísica Estelar y Galáctica:** evolución estelar, poblaciones y abundancias estelares, dinámica galáctica, arqueología galáctica, transientes galácticos.
3) **Astrofísica Extragaláctica**: evolución galáctica a través del tiempo cósmico, transientes extragalácticos, núcleos galácticos activos, agujeros negros supermasivos

2.3. Destinatarios y perfil de ingreso.

El programa está dirigido a postulantes que cuentan con una licenciatura o magíster en astronomía o ciencias afines (física, ciencias planetarias, etc.). Se espera que los postulantes tengan excelentes calificaciones en sus carreras previas, alguna experiencia en proyectos de investigación y un muy elevado nivel de motivación para la investigación en astronomía. Los postulantes también deberán manejar el idioma inglés (la comprensión lectora es indispensable y la expresión oral y escrita altamente deseable) y estar en condiciones de dedicarse de tiempo completo al programa de doctorado.

2.4. Requisitos de admisión y criterios de selección

Los requisitos formales de admisión son: grado de licenciado/a o magíster en astronomía o ciencias afines (física, ciencias planetarias, etc.) e idoneidad académica del postulante, la cual se evaluará en base a los siguientes antecedentes:

1) Carta de presentación explicando su motivación por ingresar al doctorado y sus intereses de investigación.
2) Currículum Vitae
3) Certificado de notas de pregrado y postgrado (si las hay)
4) Certificado de grado o carta de su universidad especificando cuando se espera obtener el grado
5) Un mínimo de dos y un máximo de tres cartas de recomendación.

Los postulantes preseleccionados serán llamados a entrevista con miembros del comité académico del programa. Los criterios y las ponderaciones utilizadas para evaluar los antecedentes de los postulantes serán los siguientes:

- Formación previa, rankings, notas y nivel de dominio del idioma inglés (40%)
- Experiencia en investigación en base al CV (20%)
- Motivación y potencial para convertirse en un/a estudiante de doctorado exitoso/a en base a la carta de intención y entrevista (20%)
- El potencial del/de la candidato/a para la obtención del grado en función de las fortalezas y debilidades mencionadas por las cartas de recomendación (20%)

Las ponderaciones anteriormente indicadas servirán de guía durante el proceso de admisión, en base al cual el Comité del Programa generará un ranking de los postulantes a partir del cual se llenarán las vacantes disponibles. Sin embargo, más allá de estas ponderaciones porcentuales, cada postulación será evaluada y discutida individualmente. Si bien el nivel de inglés será considerado como parte del proceso de admisión, este no será un requisito excluyente. Candidatos excepcionales con deficiencias en su nivel de inglés (oral y/o escrito) podrán ser admitidos, pero deberán tomar cursos nivelatorios hasta lograr un nivel satisfactorio (medido en términos de sus presentaciones orales y trabajos escritos en los cursos).

Durante el proceso de admisión, también se tendrá en cuenta los intereses declarados por los postulantes en términos de áreas de investigación, y el balance de áreas de investigación de los alumnos inscritos, cuidando que ningún miembro del claustro se encuentre sobrecargado con sus responsabilidades como director/a de tesis.

2.5. Objetivos del programa.

1) Contribuir a la formación de investigadores en astrofísica, una de las áreas de la ciencia donde Chile tiene la capacidad de convertirse en líder mundial.

2) Conformar un grupo de académicos con alta productividad científica, estudiantes destacados e investigadores postdoctorales, que potencien el impacto de la investigación que realiza el Núcleo de Astronomía UDP en las áreas de *Astrofísica de Sistemas Planetarios*, *Astrofísica Estelar y Galáctica*, y *Astrofísica Extragaláctica,* y su aporte como actor de relevancia internacional dentro de la disciplina.

2.6. Perfil de egreso

El/la Doctor/a en Astrofísica de la UDP será capaz de desarrollar investigación original e independiente, contribuyendo al avance de la disciplina mediante la publicación de sus resultados en revistas y conferencias especializadas.

Tendrá una sólida formación en procesos físicos y su manifestación en fenómenos astronómicos, y la capacidad para el aprendizaje de nuevas herramientas –tales como técnicas de observación, manejo de datos, métodos de análisis, simulaciones numéricas- que le permitan mantenerse en la frontera de su especialidad, sea esta la astrofísica de los sistemas planetarios, la astrofísica estelar y galáctica o la astrofísica extragaláctica.

A su vez, habrá desarrollado sus habilidades de pensamiento crítico y sus capacidades para trabajar colaborativamente, lo que le permitirá insertarse en redes de investigación internacionales y desenvolverse en contextos académicos y profesionales exigentes y competitivos. Así, los graduados del doctorado en astrofísica UDP podrán desempeñarse en ambientes puramente académicos, como las universidades, o más técnicos, como son los observatorios astronómicos.

2.7. Estructura curricular

El programa de doctorado consta de un ciclo lectivo inicial, un examen de candidatura basado en un proyecto de tesis, un ciclo final de desarrollo de tesis, y una defensa de tesis.

El ciclo lectivo inicial tendrá una duración de 3 semestres y estará compuesto por una malla de cursos generales, cursos especializados, coloquios, y proyectos de investigación autónomos. El ciclo final tiene una duración de 5 semestres y culmina con la defensa de tesis luego del octavo semestre del doctorado.

Malla curricular

Ciclo lectivo inicial			
1° semestre	**2° semestre**	**3° semestre**	EXAMEN DE CALIFICACIÓN
Astrofísica Estelar y Galáctica (8 créditos)	Astrofísica de Sistemas Planetarios o curso optativo (8 créditos)	Astrofísica Extragaláctica o curso optativo (8 créditos)	
Trabajo de investigación I (16 créditos)	Trabajo de investigación II (16 créditos)	Proyecto de Tesis (16 créditos.)	
Tópicos de Astrofísica I (coloquio/astro-ph) (6 créditos.)	Tópicos de Astrofísica II (coloquio/astro-ph) (6 créditos.)	Tópicos de Astrofísica III (coloquio/astro-ph) (6 créditos)	

Ciclo desarrollo de tesis					
4° semestre	**5° semestre**	**6° semestre**	**7° semestre**	**8° semestre**	DEFENSA DE TESIS
Tesis Doctoral I (30 créditos)	Tesis Doctoral II (30 créditos)	Tesis Doctoral III (30 créditos)	Tesis Doctoral IV (30 créditos)	Tesis Doctoral V (30 créditos)	

Ciclo inicial

El doctorado tendrá un muy fuerte énfasis en investigación y se espera que los estudiantes identifiquen sus áreas de investigación y sus directores de tesis durante los primeros dos semestres. En casos que el Director de Tesis sea identificado desde el inicio del programa, se espera que el doctorando inicie sus trabajos de investigación bajo su dirección (Trabajos de investigación I y II de la malla curricular). En el caso que el Director de Tesis no sea identificado al inicio del programa, el Director de Programa le asignará un profesor asesor al estudiante, en diálogo con el doctorando y los miembros del Comité de Programa. El profesor asesor ayudará al estudiante a seleccionar los cursos electivos y será su punto de contacto

con el programa hasta que el estudiante identifique su Director de Tesis, con quién preparará el Proyecto de Tesis, el cual debe ser presentado durante el tercer semestre.

El ciclo lectivo inicial está diseñado para brindar una formación integral en el campo de la astrofísica. Cada uno de los cursos principales (de 8 créditos) de la malla (**Astrofísica de Sistemas Planetarios, Astrofísica Estelar y Galáctica, y Astrofísica extragaláctica**) se ofrecerá una vez cada 3 semestres. Estos cursos están pensados para entregar una visión general de las tres grandes áreas del programa de doctorado, y podrán ser tomados en cualquier orden. El curso de Astrofísica Estelar y Galáctica es obligatorio para todos los estudiantes ya que es fundamental para todas las líneas de investigación del doctorado, desde los sistemas planetarios a la astronomía extagaláctica. A sugerencia del profesor guía, los cursos de Astrofísica de Sistemas Planetarios y Astrofísica Extragaláctica pueden ser reemplazados por cursos optativos especializados (también de 8 créditos) que sean más acordes a los intereses y/o necesidades académicas del estudiante.

La estrategia de evaluación de los cursos será definida por cada profesor y debe ser claramente indicada en el programa de la asignatura. Sin embargo, **cada curso de 8 créditos** tendrá en general un mínimo de dos evaluaciones, que permitan al estudiante entender de manera progresiva lo que se espera de él y cuáles son las exigencias correspondientes a cada curso. En el programa de curso se especificarán los criterios de aprobación (en términos de nota, puntaje u otro indicador); además, se exigirá un mínimo de 70% de asistencia o más, en el caso que se señale expresamente en el programa.

Los "**Trabajos de Investigación I y II**" (16 créditos cada uno) de la malla curricular permitirán a los estudiantes familiarizarse con las distintas dimensiones de la investigación astronómica: estudio bibliográfico, identificación de problemas no resueltos y formas de abordarlos, desarrollo de propuestas de observación, técnicas y herramientas de análisis de datos, análisis y discusión crítica de los resultados, y presentación de los resultados en revistas especializadas y exposiciones orales. También se espera que los Trabajos de Investigación desarrollados durante los primeros semestres ayuden a los estudiantes a identificar y definir sus proyectos de tesis. La evaluación de estos módulos será en base a un informe escrito de las actividades de investigación y una presentación oral que se desarrollará durante un seminario al final del semestre donde todos los alumnos del programa (tanto de del ciclo inicial como del final) presentarán sus últimos avances en investigación.

Los módulos "**Tópicos de Astrofísica I, II, y III**" (6 créditos cada uno) entregarán una visión amplia de la astrofísica moderna en base a la discusión de la literatura reciente y las presentaciones de charlistas invitados a los coloquios de astronomía UDP, y al mismo tiempo, ayudarán a los estudiantes a desarrollar habilidades académicas relevantes, como la capacidad de participar en discusiones científicas y la capacidad de exponer oralmente su trabajo. La evaluación será en base a las presentaciones de los alumnos y a las discusiones durante las reuniones. También se evaluarán informes escritos sobre los temas presentados en los coloquios organizados por el Núcleo de Astronomía UDP

El módulo "**Proyecto de Tesis**" (de 16 créditos) está pensado para que el doctorando, bajo la guía de su Director de Tesis, prepare su proyecto de tesis, el cual será el **Examen de Calificación.**

El **Proyecto de Tesis** será un trabajo escrito en inglés y deberá incluir los siguientes elementos:

a) Definición del problema, hipótesis o preguntas a resolver.
b) Revisión crítica de la literatura especializada, marco teórico y estado del arte en el área de estudio.
c) Metodología de investigación.
d) Cronograma de actividades, con especial énfasis en hitos importantes como la obtención de datos y la publicación de resultados.

La **evaluación del proyecto de tesis** consistirá en el análisis del proyecto escrito y de una posterior defensa oral por parte del estudiante. Luego de la defensa oral, también en inglés, el comité de tesis decidirá por mayoría simple si el examen es aprobado o reprobado. En caso de reprobar, el estudiante tendrá una segunda oportunidad de rendirlo dentro de un plazo de 6 meses.

Una vez aprobado el examen de calificación el estudiante entrará a ciclo final de desarrollo de tesis en calidad de **"candidato a doctor".**

Ciclo final

El ciclo final de desarrollo de tesis tiene una duración de 5 semestres y culmina con la defensa de tesis en el octavo semestre. El trabajo de tesis es mayormente autónomo, pero contempla reuniones periódicas con el Director de Tesis.

Como parte de los **módulos de Tesis Doctoral** (I, II, III, IV y V, de 30 créditos cada uno), el doctorando deberá presentar informes escritos semestrales detallando los avances en su proyecto de tesis. Los informes escritos serán compartidos con todos los miembros del Comité de Defensa para que evalúen el progreso en el trabajo de tesis y envíen sus apreciaciones y sugerencias al estudiante y al Director de Tesis. El doctorando también deberá presentar sus avances en forma oral durante el **seminario** dedicado para tal fin que se llevará a cabo al finalizar cada semestre. También se espera que, durante el ciclo final, el doctorando amplíe sus **redes internacionales** mediante pasantías en el extranjero, presentaciones en reuniones internacionales y/o colaboraciones con investigadores extranjeros durante el desarrollo de sus proyectos de investigación.

La **tesis de doctorado** deberá ser un trabajo de investigación original que aporte al desarrollo de la disciplina. Se espera que el tenor de este trabajo sea equivalente a 2 artículos de primer autor publicables en revistas ISI/WoS especializadas. Es decir, que el contenido de la tesis pueda ser publicada en 2 artículos ISI de primer autor, independientemente de si estos artículos hayan sido publicados, aceptados, enviados o se encuentren muy cerca de ser enviados. Los elementos del trabajo de tesis deben estar claramente relacionados entre sí, y deben considerar un resumen inicial, una sección de introducción al conjunto del trabajo de tesis y una sección de conclusiones generales. Al menos uno de los artículos de la tesis debe estar aceptado para su publicación al momento de la graduación.

Evaluación de Proyecto de Tesis: La tesis será evaluada por un Comité de Defensa que constará de 5 miembros (incluido el Director de Tesis) todos ellos con el grado de doctor y expertos en el tema de la tesis doctoral o en parte de la misma. El Comité de Defensa se constituirá dentro de los 3 meses de la aprobación del proyecto de tesis y se espera que este se reúna al menos una vez por año con el estudiante, para evaluar el progreso de su trabajo. Durante el octavo semestre, el doctorando enviará la tesis doctoral al Comité de Defensa. La defensa del trabajo de tesis será una presentación oral en idioma inglés de parte del doctorando seguida por una sesión de preguntas de parte de los miembros del Comité de Defensa.

2.8. Requisitos de graduación y nota final de grado

Los **requisitos de graduación** son los siguientes:

1) Haber aprobado (o convalidado) todos los elementos de la malla vigente
2) Aprobar el examen de calificación
3) Aprobar los dos componentes de la defensa de tesis: trabajo escrito y presentación oral.
4) Tener al menos un artículo de primer autor publicado o aceptado en una revista internacional especializada.

La **nota final del grado** de doctor considerará solamente la tesis y se calculará del siguiente modo:

- 50% nota de Informe de Tesis (*DAFINFTE1)*
- 50% nota de la Defensa oral (*DAFDEFTE1)*

2.9. Magíster en Astrofísica

Los estudiantes podrán optar a la certificación intermedia de **Magíster en Astrofísica,** una vez finalizado el ciclo inicial del programa. Para recibir el grado de Magíster, el estudiante deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1) Aprobar todas las actividades curriculares del ciclo inicial, con excepción del examen de calificación. Es decir, haber acumulado un total de 90 créditos en base a los cursos, seminarios y proyectos de investigación.
2) Presentar los resultados de sus Trabajos de Investigación desarrollados durante los 3 primeros semestres, en un informe escrito que tendrá formato de Tesis de Magíster. Este informe deberá ser aprobado o rechazado por mayoría simple del Comité Académico del Programa.

La **nota final del grado de Magíster** será el promedio de las notas asignadas por los miembros de Comité Académico.

III. TABLA DE ASIGNATURAS

Semestre 1							
Código	**Nombre del curso o actividad**	**Requisitos**	**Carácter**	**Duración (semanas)**	**Horas presenciales Totales**	**Créditos**	**Escala de evaluación**
DAF0001	Astrofísica estelar y galáctica	S/R	Obligatorio	18	36	8	Aprobado/reprobado
DAF0002	Tópicos de Astrofísica I	S/R	Obligatorio	18	36	6	Aprobado/reprobado
DAF0003	Trabajo de investigación I	S/R	Obligatorio	18	72	16	Aprobado/reprobado
				Total:	***144***	***30***	

Semestre 2							
Código	**Nombre del curso o actividad**	**Requisitos**	**Carácter**	**Duración (semanas)**	**Horas presenciales Totales**	**Créditos**	**Escala de evaluación**
AF0004	Astrofísica de sistemas planetarios	S/R	Optativo	18	36	8	Aprobado/reprobado
DAF0005	Tópicos de Astrofísica II	DAF0002	Obligatorio	18	36	6	Aprobado/reprobado
DAF0006	Trabajo de investigación II	DAF0003	Obligatorio	18	72	16	Aprobado/reprobado
				Total:	***144***	***30***	

Semestre 3							
Código	**Nombre del curso o actividad**	**Requisitos**	**Carácter**	**Duración (semanas)**	**Horas presenciales Totales**	**Créditos**	**Escala de evaluación**
DAF0007	Astrofísica extragaláctica	S/R	Optativo	18	36	8	Aprobado/reprobado
DAF0008	Tópicos de Astrofísica III	DAF0005	Obligatorio	18	36	6	Aprobado/reprobado
DAF0009	Proyecto de tesis	DAF0006	Obligatorio	18	72	16	Aprobado/reprobado
DAFEXCAL1	Examen de calificación	90 créditos	Obligatorio	1	2	0	Aprobado/reprobado
				Total:	***146***	***30***	

Semestre 4							
Código	**Nombre del curso o actividad**	**Requisitos**	**Carácter**	**Duración (semanas)**	**Horas presenciales Totales**	**Créditos**	**Escala de evaluación**
DAF0010	Tesis Doctoral I	DAFEXCAL1	Obligatorio	18	36	30	Aprobado/reprobado
				Total:	***36***	***30***	

Semestre 5							
Código	**Nombre del curso o actividad**	**Requisitos**	**Carácter**	**Duración (semanas)**	**Horas presenciales Totales**	**Créditos**	**Escala de evaluación**
DAF0011	Tesis Doctoral II	DAF0010	Obligatorio	18	36	30	Aprobado/reprobado
				Total:	***36***	***30***	

Semestre 6							
Código	**Nombre del curso o actividad**	**Requisitos**	**Carácter**	**Duración (semanas)**	**Horas presenciales Totales**	**Créditos**	**Escala de evaluación**
DAF0012	Tesis Doctoral III	DAF0011	Obligatorio	18	36	30	Aprobado/reprobado
				Total:	***36***	***30***	

Semestre 7							
Código	**Nombre del curso o actividad**	**Requisitos**	**Carácter**	**Duración (semanas)**	**Horas presenciales Totales**	**Créditos**	**Escala de evaluación**
DAF0013	Tesis Doctoral IV	DAF0012	Obligatorio	18	36	30	Aprobado/reprobado
				Total:	***36***	***30***	

Semestre 8							
Código	**Nombre del curso o actividad**	**Requisitos**	**Carácter**	**Duración (semanas)**	**Horas presenciales Totales**	**Créditos**	**Escala de evaluación**
DAF0014	Tesis Doctoral V	DAF0013	Obligatorio	18	36	30	Aprobado/reprobado
DAFINFTE1	Informe Tesis	DAF0014	Obligatorio	0	0	0	1 a 7 (min 4)
DAFDEFTE1	Defensa de Tesis	DAFINFTE1	Obligatorio	1	2	0	1 a 7 (min 4)
				Total:	**38**	**30**	

IV. SEGUIMIENTO A LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIO

El presente plan de estudio será sujeto a un proceso permanente de monitoreo y eventual revisión. Habrá reuniones semestrales del claustro para discutir las eventuales modificaciones que las distintas asignaturas o la malla en su conjunto. Estas reuniones se efectuarán preferentemente al término de cada semestre (durante los meses de Diciembre/Enero y Julio/Agosto).

Para efectos de seguimiento y autorregulación, el Comité Académico recogerá la siguiente información:

- Resultados de encuestas a los estudiantes (Opinión de estudiantes en Encuesta de evaluación docente, Encuestas DAI, etc.).
- Muestras de trabajos de estudiantes (evaluaciones de los cursos, trabajos de investigación, presentaciones en seminarios semestrales, etc.).
- Revisión de los Proyectos de Tesis y análisis de resultados del examen de candidatura.
- Seguimiento al plan de trabajo de cada estudiante e informe semestral de avances en la tesis (elaborados por los estudiantes como parte de los módulos de tesis).
- Trabajos de tesis que hayan sido enviados para su evaluación al comité de Defensa.
- Informes de los Comité de Defensa sobre las tesis presentadas.

El Director (eventualmente con todos o algunos miembros del Comité Académico) se reunirá con los estudiantes semestralmente para discutir los avances en los cursos y recoger sus inquietudes y sugerencias respecto a cursos específicos y al diseño general del programa.

V. PROGRAMAS DE ASIGNATURA.

Astrofísica estelar y galáctica **8 créditos**
Breve descripción del curso: Curso general diseñado para todos los estudiantes del programa, ya que la astrofísica estelar es fundamental para todas las líneas de investigación del doctorado, desde los sistemas planetarios a la astronomía extagaláctica. Este curso será ofrecido al menos una vez cada 3 semestres.
Objetivos de aprendizaje: Conocer el marco teórico de todos los momentos y condiciones de la vida de una estrella, desde su nacimiento hasta su muerte. Este marco teórico será complementado con las fuentes observacionales que se disponen hoy en día para avanzar con los aspectos teóricos aún no solucionados. Familiarizarse con los textos y ecuaciones fundamentales del tema. Familiarizarse con todos los tipos de estrellas que se conocen hoy en el Universo.
Contenidos: • El diagrama HR y los diferentes tipos de estrellas que existen • Teoría de formación estelar • Teoría de estructura y evolución estelar • Teoría de estructura atmosférica • Estrellas binarias y su interacción • Muerte de estrellas
Metodología y evaluación: El curso será una combinación de clases presenciales con desarrollo de ecuaciones y discusión de resultados históricos y de vanguardia. Evaluaciones serán basadas en materia pasada en curso, además de presentaciones de forma escrita y oral acerca de un tema en particular que será investigado durante todo el semestre. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • "Stellar Structure and Evolution", R. Kippenhahn, A. Weigert, & A. Weiss, Springer, 2nd. Edition, 2012 • "Theory of Stellar Atmospheres", I. Hubeny & D. Mihalas, Princeton University Press, 2015 • "Understanding Stellar Evolution", H. Lamers & E. Levesque, IOP Publishing, 2017 • "An Introduction to Close Binary Stars", R. Hilditch, Cambridge University Press, 2001

Astrofísica de Sistemas Planetarios 8 créditos
Breve descripción del curso: Curso diseñado para brindar los contenidos generales del área de la Astrofísica de Sistemas Planetarios. El curso está pensado para todos los estudiantes interesados en desarrollar su tesis de doctorado en esta área, independientemente de la sub-área de especialización. Este curso será ofrecido al menos una vez cada 3 semestres.
Objetivos de aprendizaje: Conocer el marco teórico y los problemas fundamentales en el área de la Astrofísica de Sistemas planetarios, tanto desde el punto de vista teórico como observacional. A diferencia de los cursos avanzados de las diversas sub-áreas, se pondrá más énfasis en los aspectos generales de la Astrofísica de Sistemas planetarios, que en los problemas especializados de cada sub-área.
Contenidos: • El Sistema Solar y sus componentes. • La formación de estrellas de baja masa y sus discos protoplanetarios. • Modelo de acreción nucleada e inestabilidad gravitacional. • Estudios teóricos y observacionales de discos protoplanetarios y discos de escombros • Técnicas de detección de planetas extra-solares (velocidades radiales, tránsitos, lentes gravitacionales y detección directa) • La caracterización de planetas extra-solares • La demografía de sistemas planetarios en la Galaxia. • La evolución de sistemas planetarios.
Metodología y evaluación: La metodología del curso será una combinación de clases presenciales y reuniones de discusión. Evaluación será en base a las reuniones de discusión, trabajos escritos y presentaciones orales de parte de los estudiantes. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: Los siguientes libros y "review articles', entre otros • "Planetary Sciences", de Pater, I. & J. Lissauer, J. Cambridge University Press. • "Astrophysics of Planet Formation", Armitage, P. Cambridge University Press • "Protostars and Planets VI", Henrik Beuther, Ralf S. Klessen, Cornelis P. Dullemond, and Thomas Henning (eds.), University of Arizona Press, Tucson • "Planet Formation", Lisauer, J. 1993, ARA&A, 31, 129 • "Theory of Giant Planets", Hubbard, W., Burrows, A. & Lamine, J. 2002, ARA&A, • 40, 103 • "Protoplanetary Disks and Their Evolution", Williams, J. & Cieza, L. 2011, ARA&A, 49, 67 • "The Occurrence and Architecture of Exoplanetary Systems", Winn, J & Fabrycky, D. 2015, ARA&A, 43, 409 • "Implications of Extrasolar Planets for Understanding Planet Formation", Bodenheimer, P. & Lin, D. 2002, ARE&PS, 30, 131

Astrofísica Extragaláctica 8 créditos
Breve descripción del curso: Este curso general presentará una perspectiva contemporánea de la astrofísica extragaláctica, enfocado en los desafíos actuales en esta área. Se discutirán los elementos básicos de formación y estructura galáctica desde una perspectiva observacional, con una base teórica sólida. Este curso será ofrecido al menos una vez cada 3 semestres.
Objetivos de aprendizaje: Este curso tiene como objetivo presentar los paradigmas actuales en la investigación de la formación y evolución de galaxias. Se tratarán diversos temas de la astrofísica extragaláctica observacional, con un trasfondo teórico, intentando abordar la evolución de las galaxias desde su formación hasta su etapa final pasiva.
Contenidos: • Formación de la Vía Láctea • Formación de esferoides y discos • Galaxias en el Universo cercano y distante • Evolución de Galaxias • Núcleos Activos de Galaxias (AGN) y acreción. • Crecimiento de estructura a gran escala • Lentes gravitacionales
Metodología y evaluación: La metodología del curso estará basada en clases presenciales, lecturas y discusión de artículos científicos relevantes. Las evaluaciones consistirán en exámenes tradicionales, discusión y presentaciones de artículos. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: Galaxy Formation and Evolution, H. Mo, F. Van den Bosch, S. White, Cambridge Univ. Press 2010 • Extragalactic Astronomy and Cosmology: An Introduction, P. Schneider, Springer 2014 • Galaxies and Cosmology, F. Combes, P. Boissé, A. Mazure, A. Blanchard, Springer 2001

Tópicos de Astrofísica I, II y III 6 créditos cada uno
Breve descripción del módulo: Curso en base a la participación de los estudiante en las discusiones de e-prints (disponibles en https://arxiv.org/archive/astro-ph antes de su publicación en sus revistas respectivas) y en los coloquios organizados por el Núcleo de astronomía UDP. El curso está pensado para todos los alumnos del doctorado y cuenta con instancias de interacción con investigadores postdoctorales, académicos y charlistas invitados. Este curso se repite durante los tres semestres del ciclo lectivo inicial.
Objetivos de aprendizaje: Ser capaz de analizar en detalle los artículos más recientes de la literatura de una diversidad de tópicos en astrofísica. Obtener una visión integral de la astrofísica moderna en base a discusiones de la literatura reciente y las presentaciones de charlistas invitados a los coloquios de astronomía UDP. Mejorar capacidades de presentar charlas, liderar discusiones, y preparar respuestas a preguntas sobre diversos tópicos en la astrofísica actual (principalmente en idioma inglés).
Contenidos: • Sistemas planetarios • Arqueología Galáctica • Evolución estelar • Objetos transientes • El medio interestelar de Galaxias • Núcleos Activos de Galaxias • Evolución de Galaxias • Cosmología
Metodología y evaluación: Evaluación será en base a las presentaciones de los alumnos y preguntas/discusión durante las reuniones de astro-ph. También se evaluarán informes escritos sobre los temas presentados en los coloquios organizados por el Núcleo de Astronomía UDP. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • E-prints recientes disponible en https://arxiv.org/archive/astro-ph • Literatura contenida en las presentaciones de charlistas invitados.

Trabajo de investigación I y II 16 créditos cada uno
Breve descripción del módulo: Curso en base al desarrollo de un proyecto de investigación guiado por un académico del claustro, colaborador o visitante. El trabajo puede ser un proyecto autocontenido o parte de un estudio más extenso. El proyecto puede ser semestral o extenderse hasta 2 semestres. El curso está pensado para todos los alumnos del doctorado y se repite durante los 2 primeros semestres del ciclo lectivo inicial. El curso está pensado para entregar herramientas y desarrollar habilidades que faciliten la formulación y ejecución de un trabajo de tesis.
Objetivos de aprendizaje: familiarizarse con las distintas dimensiones de la investigación astronómica: estudio bibliográfico, identificación de problemas no resueltos y formas de abordarlos, desarrollo de propuestas de observación, técnicas y herramientas de análisis de datos, análisis y discusión crítica de los resultados, presentación de los resultados en revistas especializadas y presentaciones orales.
Contenidos: los contenidos serán definidos por el profesor del curso y el estudiante al comenzar un semestre, mediante la elaboración de un plan de trabajo semestral (contemplando la posibilidad de una extensión en futuros semestres, si corresponde).
Metodología y evaluación: El trabajo es mayormente autónomo, pero contempla reuniones semanales con el profesor. La evaluación será en base a un informe escrito de las actividades de investigación y una presentación oral que se desarrollará durante un seminario al final del semestre. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • La bibliografía será definida según el proyecto de investigación

Proyecto de Tesis
Breve descripción del curso/módulo: módulo para el desarrollo del Proyecto de Tesis (normalmente) durante el tercer semestre. Se preparará tanto el documento escrito como la presentación oral durante la defensa del proyecto.
Objetivos de aprendizaje: desarrollar el proyecto de tesis. Se debe tener en cuenta que la tesis de doctorado deberá ser un trabajo de investigación original que aporte al desarrollo de la disciplina, cuyo tenor sea equivalente a 2 artículos de primer autor publicables en revistas ISI/WoS especializadas. La tesis de doctorado debe demostrar la capacidad del doctorando de realizar investigación original y autónoma y generar nuevos conocimientos en el campo de la astrofísica.
Contenidos: **El proyecto de tesis será un trabajo escrito en inglés y debe contener los siguientes elementos:** a. Definición del problema, hipótesis o preguntas a resolver. b. Revisión crítica de la literatura especializada, marco teórico y estado del arte en el área de estudio. c. Metodología de investigación. d. Cronograma de actividades, con especial énfasis en hitos importantes como la obtención de datos y la publicación de resultados.
Metodología y evaluación: El trabajo es mayormente autónomo, pero contempla reuniones semanales con el director de tesis. La evaluación del módulo es en base al Examen de Calificación y consistirá del análisis del proyecto escrito (en inglés) y de una posterior defensa oral por parte del estudiante. Luego de la defensa oral, también en inglés, el Comité de Tesis decidirá por mayoría simple si el examen es aprobado o reprobado.

Bibliografía: • La bibliografía será definida según el proyecto de investigación

Tesis Doctoral I a V
Breve descripción del módulo: módulo para el desarrollo del trabajo de tesis. El módulo se repite durante los 5 semestres del ciclo final del programa de doctorado. El trabajo es mayormente autónomo, pero contempla reuniones periódicas (preferentemente semanales) con el director de tesis.
Objetivos de aprendizaje: desarrollar trabajo de tesis. La tesis de doctorado deberá ser un trabajo de investigación original que aporte al desarrollo de la disciplina, cuyo tenor sea equivalente a 2 artículos de primer autor publicables en revistas ISI/WoS especializadas. La tesis de doctorado debe demostrar la capacidad del doctorando de realizar investigación original y autónoma y generar nuevos conocimientos en el campo de la astrofísica.
Contenidos: los contenidos del módulo serán definidos por el profesor guía y el estudiante al comenzar un semestre, mediante la elaboración de un plan de trabajo semestral (contemplando la posibilidad de una extensión en futuros semestres, si corresponde).
Metodología y evaluación: La evaluación será en base a un informe escrito de las actividades de investigación del semestre y una presentación oral que se desarrollará durante un seminario al final del semestre. El informe escrito será compartido con todos los miembros del Comité de Defensa para que evalúen el progreso en el trabajo de tesis y envíen sus apreciaciones y sugerencias al estudiante y director de tesis. Las calificaciones del módulo serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • La bibliografía será definida según el proyecto de investigación

CURSOS OPTATIVOS QUE PODRÁ OFRECER EL PROGRAMA

Procesos Radiativos **8 créditos**
Breve descripción del curso: Curso optativo donde se cubrirán los conceptos principales sobre procesos radiativos con un énfasis en aplicaciones astrofísicas.
Objetivos de aprendizaje: Brindar a los alumnos una revisión profunda de los fundamentos relacionados a procesos radiativos en objetos astronómicos. Este curso podrá ser de utilidad para todos los alumnos, sin importar su área de especialización.
Contenidos: • Fundamentos de Transferencia Radiativa • Revisión de las ecuaciones de Maxwell y polarización • Radiación Libre-Libre (Bremsstrahlung) • Radiación de Sincrotrón • Scattering de Compton • Procesos de emisión y absorción atómicos y moleculares
Metodología y evaluación: La metodología del curso estará basada en clases presenciales, lecturas y reuniones de discusión. Las evaluaciones consistirán en exámenes tradicionales y tareas. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • "Radiative Processes in Astrophysics", G.B. Rybicki & Alan P. Lightman, editorial Wiley-VCH, 2004 • "Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium", B.T. Draine, editorial Princeton University Press, 2011

Astrofísica de las altas energías **8 créditos**
Breve descripción del curso: Curso optativo y especializado donde se cubrirán los conceptos principales sobre la astrofísica de las altas energías, desde los rayos X hasta los rayos gamma.
Objetivos de aprendizaje: Brindar a los estudiantes a un entendimiento profundo del estado actual de la astrofísica de las altas energías (rayos X y gamma). El curso cubrirá la emisión X/gamma de fuentes en el sistema solar, estrellas, galaxias, agujeros negros y grupo de galaxias, y podrá ser de utilidad para todos los alumnos, sin importar su área de especialización.
Contenidos: • Ópticas en los rayos X/Gamma • Detectores de rayos X/Gamma • Análisis de datos en rayos X/gamma • Principios de estadística por el análisis de datos en los rayos X/gamma • Fuentes de rayos X/Gamma: desde el sistema solar hasta las galaxias más lejanas • Espectroscopia en los rayos X
Metodología y evaluación: La metodología del curso estará basada en clases presenciales, lecturas y reuniones de discusión. Las evaluaciones consistirán en exámenes tradicionales y tareas. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.

Bibliografía:

- "Handbook of X-ray Astronomy", Keith Arnaud, Randall Smith, Aneta Siemiginowska, Cambridge Observing Handbooks for Research Astronomers, 2011.
- "Gamma-Ray Astrophysics: New Insight Into the Universe", Carl E. Fichtel, Jacob I. Trombka, editorial NASA Goddard Space Flight Center 2015.

Radioastronomía
8 créditos

Breve descripción del curso: En este curso optativo se cubrirán los conceptos fundamentales de la radioastronomía e interferometría, y los fenómenos astrofísicos generalmente observados en radio frecuencias. Se hará énfasis en un enfoque observacional, y en el procesamiento de datos con radio telescopios.

Objetivos de aprendizaje: Se entregará una visión general de los conceptos principales relacionados con la radioastronomía, incluyendo conceptos y teoría de radio antenas e interferometría. Se revisarán los procesos radiatívos observados en radio frecuencias con énfasis en los fenómenos astrofísicos. Se entregarán además herramientas para el procesamiento de datos obtenidos con radio telescopios en general y ALMA en particular.

Contenidos:

- Fundamentos de Radiación
- Conceptos básicos de Radioastronomía
- Radio Telescopios
- Radio Interferometría
- Radiación Free-Free y Sincrotrón
- Pulsares, Líneas Espectrales y Polvo Cósmico
- Procesamiento de Datos

Metodología y evaluación: La metodología del curso estará basada en clases presenciales, proyectos, lecturas y reuniones de discusión. Las evaluaciones consistirán en exámenes tradicionales y trabajos relacionados con procesamiento de datos astronómicos de radio observatorios contemporáneos. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.

Bibliografía:

- Essential Radio Astronomy, J. Condon & S. M. Ransom, Princeton University Press
- Tools of Radio Astronomy, T. Wilson, K. Rohlfs, S. Huettemeister, Springer 2009
- Fundamentals of Radio Astronomy, J. M. Marr, R. Snell, S. Kurtz, CRC Press 2016
- Synthesis Imaging in Radio Astronomy II, G. B. Taylor, C. L. Carilli & R. A. Perley
- Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy, A. R. Thompson, J. M. Moran and G. W. Swenson Jr., Springer Open 2017
- An Introduction to Radio Astronomy, B. F. Burke and F. Graham-Smith, Cambridge University Press 2010
- "Radiative Processes in Astrophysics", G.B. Rybicki & Alan P. Lightman, editorial Wiley-VCH, 2004
- Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium", B.T. Draine, editorial Princeton University Press, 2011

Técnicas astronómicas y detección planetaria **8 créditos**
Breve descripción del curso: Curso optativo donde se cubrirán los conceptos principales sobre técnicas astronómicas en el óptico y el infrarrojo cercano, con especial énfasis en las técnicas de búsqueda y estudio de planetas extrasolares. El curso será de utilidad tanto para los estudiantes que quieran hacer su tesis en el área de planetas extrasolares o en otras áreas que utilicen observaciones en longitudes de ondas ópticas e infrarrojas cercanas.
Objetivos de aprendizaje: Se entregará una visión general de las principales técnicas observacionales en el óptico e infrarrojo. Se compartirá con los alumnos los conocimientos sobre los exoplanetas, los métodos de búsqueda y estudio, los instrumentos instalados en tierra y en el espacio dedicados a la búsqueda de exoplanetas.
Contenidos: • Fundamentos de la fotometría y la espectroscopia • Instrumentación infrarroja y visible, análisis de datos. • Tránsitos • Velocidades Radiales • Lentes gravitacionales • Imágenes Directas • Astrometría • La demografía de planetas extasolares
Metodología y evaluación: La metodología del curso estará basada en clases presenciales, proyectos, lecturas y reuniones de discusión. Las evaluaciones consistirán en exámenes tradicionales y tareas. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • "Exoplanets", S. Seager, University of Arizona Press, 2010 • "Planetary Sciences", I. de Pater & J. Lissauer, Cambridge University Press, 2016

Formación Planetaria 8 créditos
Breve descripción del curso: Curso optativo y especializado diseñado para estudiantes que consideren desarrollar su tesis de doctorado en el área de la formación de sistemas planetarios.
Objetivos de aprendizaje: Conocer el marco teórico y los problemas de frontera en el área de formación planetaria, tanto desde el punto de vista teórico como observacional. Familiarizarse con la literatura más reciente en el área. Ayudar a identificar posibles proyectos de tesis.
Contenidos: • La formación de estrellas de baja masa y sus discos protoplanetarios • Modelo de acreción nucleada • Modelo de inestabilidad gravitacional • La evolución de discos protoplanetarios • Estudios observacionales de discos protoplanetarios • Modelos teóricos de discos protoplanetarios • Discos de escombros • Conexiones con estudios del Sistema Solar • Conexiones con el estudio de planetas extra-solares
Metodología y evaluación: La metodología del curso será una combinación de clases presenciales y reuniones de discusión. Evaluación será en base a las reuniones de discusión, trabajos escritos y presentaciones orales de parte de los estudiantes. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: Publicaciones recientes del área en revistas especializadas y los siguientes libros y "review articles', entre otros: • "Astrophysics of Planet Formation", Armitage, P. Cambridge University Press. • "Protostars and Planets VI", Henrik Beuther, Ralf S. Klessen, Cornelis P. Dullemond, and Thomas Henning (eds.), University of Arizona Press, Tucson • "Planet Formation", Lisauer, J. 1993, ARA&A, 31, 129 • "Theory of Giant Planets", Hubbard, W., Burrows, A. & Lunine, J. 2002, ARA&A, • 40, 103 • "Protoplanetary Disks and Their Evolution", Williams, J. & Cieza, L. 2011, ARA&A, 49, 67 • "The Occurrence and Architecture of Exoplanetary Systems", Winn, J & Fabrycky, D. 2015, ARA&A, 43, 409

Espectrometría infrarroja y submilimetrica de laboratorio para astrofísica 8 créditos
Breve descripción del curso/módulo: Curso optativo y especializado. Este curso está diseñado para estudiantes que quieran realizar su tesis de doctorado utilizando el Laboratorio de Polvo Cósmico de la UDP. El curso se enfocará principalmente en los fundamentos teóricos y las principales técnicas experimentales de laboratorio de espectrometría infrarroja.
Objetivos de aprendizaje: Conocer en profundidad los fundamentos teóricos y las técnicas experimentales de espectrometría infrarroja y submilimetrica con énfasis en astronomía y las ciencias planetarias. Familiarizarse con las operaciones del espectrómetro Bruker Vertex 80V y las técnicas de preparación de muestras en laboratorio.
Contenidos: • Fundamentos de espectrometría y radiación • Aspectos teóricos de espectrometría infrarroja • Técnicas experimentales de espectrometría infrarroja • Tipos de espectrómetros y alcances de la caracterización con espectrometría infrarroja • Espectrometría infrarroja en astronomía: aplicaciones en discos proto-planetarios, sistemas planetarios y meteoritos • Métodos de preparación y caracterización de muestras para espectrometría infrarroja de laboratorio • Otras técnicas experimentales y sus alcances en astronomía: espectrometría Raman, Rayos X, UV-VIS, microscopía electrónica, etc.
Metodología y evaluación: El curso consistirá en clases presenciales, experiencias de laboratorio (desarrolladas por los alumnos), seminarios, discusiones y lecturas. Las evaluaciones medirán los conocimientos teóricos y experimentales de los alumnos a través de tareas escritas y trabajos de laboratorio. Las calificaciones del curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • "Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications", Stuart, Wiley, 2005. • "Dust in the Galactic Environment", D. Whittet, IOP Publishing, 2003. • "Protoplanetary Dust: Astrophysical and Cosmochemical Perspectives", D. Apal & D. Lauretta, Cambridge, 2010. • "Dust from collisions: A way to probe the composition of exo-planets?", A. Morlok et al, Icarus 239 (2014) 1–14. • "Mid-infrared spectroscopy of components in chondrites: Search for processed materials in young Solar Systems and comets", A. Morlok et al, Icarus 231 (2014) 338–355. • "Mid-infrared spectra of differentiated meteorites (achondrites): Comparison with astronomical observations of dust in protoplanetary and debris disks", A. Morlok et al, Icarus 219 (2012) 48–56. • "Transmission infrared spectra (2-25 mm) of carbonaceous chondrites (CI, CM, CV-CK, CR, C2 ungrouped): Mineralogy, water, and asteroidal processes", P. Beck et al, Icarus 229 (2014) 263–267.

Arqueología Galáctica 8 créditos
Breve descripción del curso: Curso optativo y especializado diseñado para estudiantes que consideren desarrollar su tesis de doctorado en temas donde el conocimiento de la Via Láctea sea fundamental, ya sea en estudios de evolución y estructura de galaxias espirales, como en estudios de evolución química y/o evolución y estructura estelar.
Objetivos de aprendizaje: Conocer el marco teórico de todas las componentes galácticas, considerando no solo su distribución espacial y dinámica, sino que también su formación y evolución. Este marco teórico será complementado con las fuentes observaciones que se disponen hoy en día para avanzar con los aspectos teóricos aun no solucionados. En ese sentido, es importante tratar el aspecto químico como un ingrediente fundamental, por lo que se le dará énfasis a aprender los métodos de determinaciones de abundancias químicas en estrellas y la teoría de nucleosíntesis. Se pretende dar énfasis a ciertos tipos estelares dependiendo de la dirección que se quiera tomar en la tesis.
Contenidos • Introducción a las diferentes componentes galácticas • Formación y evolución de la Vía Láctea desde un punto cosmológico • Estructura galáctica desde un punto dinámico • Evolución de los elementos químicos • Análisis espectral de estrellas de baja masa
Metodología y evaluación: El curso será una combinación de clases presenciales con desarrollo de ecuaciones y discusión de resultados históricos y de vanguardia. Evaluaciones serán basados en materia pasada en curso, además de presentaciones de forma escrita y oral acerca de un tema en particular que será investigado durante todo el semestre. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • Galactic Dynamics, Binney and Tremaine, IBSN: 978-0691130279, Princeton Series • Galactic Astronomy, Binney, IBSN: 978-0691025650, Princeton Series • The observation and analysis of stellar photospheres, Gray, IBSN: 978-0521066815, Cambridge • Nucleosynthesis and chemical evolution of Galaxies, Pagel, IBSN: 978-0521840309, Cambridge • Galaxy Formation and evolution, Ho, van den Boesch, White, IBSN: 978-0521857932, Cambridge

Transientes 8 créditos
Breve descripción del curso: Curso optativo y especializado diseñado para estudiantes que consideren desarrollar su tesis de doctorado en el área de supernovas y otros objetos transientes energéticos observados en galaxias.
Objetivos de aprendizaje: Conocer el marco teórico y observacional de un rango amplio de objetos transientes energéticos en galaxias, incluyendo explosiones de supernova, transientes intermedios entre novas y supernovas, disrupciones de estrellas por agujeros negros supermasivos, explosiones de rayos gamma, fusiones de estrellas normales, y fuentes electromagnéticas conectadas con emisión de ondas gravitacionales. Familiarizarse con la literatura reciente.
Contenidos: • Supernovas termonucleares • Supernovas de colapso gravitatorio • Transientes intermedios entre novas y supernovas • Supernovas super-luminosas • Explosiones de rayos gamma • Transientes relacionados a la fusión de estrellas normales y estrellas compactas • Disrupciones de estrellas por agujeros negros supermasivos
Metodología y evaluación: La metodología del curso será una combinación de clases presenciales y reuniones de discusión. Evaluación será en base a las reuniones de discusión, trabajos escritos y presentaciones orales de parte de los estudiantes. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: Estará basado en libros recientes y artículos de la literatura (originales y de review). • "Supernova Explosions", D. Branch & J. Craig Wheeler, Springer, 2017 • "Supernovae and Nucleosynthesis", D. Arnett, Princeton University Press., 1996 • "Gravitation", C. Misner, K. Thorne & J. Wheeler, Princeton University Press., 2017 • "Handbook of Supernovae", Ed. A. Alsabti, P. Murdin, Springer, 2017 • "The evolution and explosion of massive stars", S. Woosley, A. Heger, & T. Weaver, Reviews of Modern Physics, 2002, 74, 1015 • "The Supernva Gamma-Ray Burst Connection", S. Woosley & J. Bloom, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, 2006, 55, 507 • "Type Ia Supernova Explosion Models", W. Hillenbrandt & J. Neimeyer, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, 2000, 38, 191 • "Observational Clues to the Progenitors of Type Ia Supernovae", D. Maoz, F. Mannucci, & G. Nelemans, Annual Review of Astronomy & Astrophysics, 2014, 52, 107 • "Kilonovae", B. Metzger, Living Reviews in Relativity, 2017, 20, 3 • "The disruption of stars by supermassive black holes: Status of observations", S. Komossa, Journal of High Energy Physics, 2015, 7, 148

Núcleos de Galaxias Activos (AGN) 8 créditos
Breve descripción del curso/módulo: Curso optativo y especializado donde se cubrirán los fundamentos físicos y observacionales sobre los Núcleos de Galaxias Activos, más conocidos como AGN por sus siglas en inglés, también como las teorías y descubrimientos recientes de sus propiedades.
Objetivos de aprendizaje: Brindar a los alumnos una revisión profunda de los procesos físicos asociados a los AGN y de sus propiedades observacionales.
Contenidos: • Propiedades y Clasificaciones Observacionales de los AGN • Agujeros Negros Supermasivos y Discos de Acreción • Estructura de un AGN y mecanismos de emisión a través del espectro electromagnético • Regiones de líneas de emisión anchas y delgadas • Formación y Evolución de AGN y su relación con las galaxias huésped
Metodología y evaluación: La metodología del curso estará basada en clases presenciales, lecturas y reuniones de discusión. Las evaluaciones consistirán en exámenes tradicionales y tareas. Las calificaciones de curso serán aprobado/reprobado.
Bibliografía: • "The Physics and Evolution of Active Galactic Nuclei", H. Netzer, editorial Cambridge, 2013 • "Active Galactic Nuclei", B.M. Peterson, editorial Cambridge, 1997 • "Active Galactic Nuclei", J.H. Krolik, editorial Princeton University Press, 1999 • "Black Hole Astrophysics", D.L. Meier, editorial Springer, 2012

Relatividad General, gravedad y agujeros negros. 8 créditos
Breve descripción del curso/módulo: Este curso optativo donde presentará una perspectiva de la Relatividad General con aplicación astrofísica. Los focos del curso son las propiedades de los agujeros negros y las ondas gravitacionales. El curso abordará mayormente aspectos teóricos, pero también algunos observacionales.
Objetivos de aprendizaje: Este curso tiene como objetivo presentar las bases de la Relatividad General que son necesarias para la investigación y el estudio de artículos científicos contemporáneos. Se discutirán las fundaciones teóricas del espacio-tiempo en contextos astrofísicamente relevantes, con un énfasis en los agujeros negros y las ondas de gravitacionales.
Contenidos: • Introducción básica a las herramientas de la Geometría Diferencial • Espacio-tiempo de Newton, Minkowski y Einstein • Propiedades del agujero negro de Schwarzschild y Kerr-Newman • Soluciones de Agujeros Negros en la Teoría de la Relatividad General. • Movimiento de partículas en las cercanías de un Agujero Negro. . • Ondas gravitacionales en la aproximación lineal y su análogo electo-magnético • Propagación de campos en el background de un Agujero Negro. Modos cuasinormales. • Termodinámica de Agujeros Negros. • Teorías Alternativas de la Gravitación.
Metodología y evaluación: La metodología del curso estará basada en clases presenciales, lecturas y reuniones de discusión. Las evaluaciones consistirán en tareas y pruebas. La calificación del curso será aprobado o reprobado.
Bibliografía: • Gravitation, C Misner, K Thorne, A Wheeler, H.W. Freeman & Company, 1972 • General Relativity, R. Wald, The University of Chicago Press, 1984 • Numerical Relativity, T. Baumgarte, S. Shapiro, Cambridge Univ. Press 2010 • Introducing Einstein's Relativity, R. d'Inverno, Carendon Press Oxford, 199 • "The Mathematical Theory of Black Holes", S Chandrasekhar, Oxford Science Publications, 1992. • "Gravitation", Misner, Thorne and Wheeler, Princeton University Press, 2017.

Cosmología 8 créditos
Breve descripción del curso/módulo: Este curso optativo presentará una introducción de la Cosmología contemporánea. Un foco del curso son los aspectos observacionales de modelos cosmológicos y cómo se pueden distinguir entre los diferentes modelos en base a observables invariantes. Otro foco del curso es la teoría de las perturbaciones cosmológicos de la Relatividad General y su relación con la radiación de fondo de microondas.
Objetivos de aprendizaje: Este curso tiene como objetivo presentar las ideas básicas de la Cosmología que son necesarias para la investigación y el estudio de artículos científicos del área. En el curso se presentan los fundamentos físicos para establecer un modelo cosmológico basado en el entendimiento del espacio-tiempo, de la termodinámica, del electromagnetismo y la física cuántica. También se introducen las herramientas matemáticas para analizar las observaciones del espectro de la radiación de fondo de microondas.
Contenidos: • Introducción a las herramientas necesarias de la Geometría Diferencial • Cosmología en el Espacio-tiempo de Newton y en el de Einstein • Propiedades de los modelos Lemaitre-Friedmann-Robertson-Walker • Peldaño de las distancias cosmológicos • Extensiones de la Relatividad General y sus implicaciones cosmológicos • Teoría de perturbaciones cosmológicos y la radiación de fondo de microondas • Teoría de inflación y modelos numéricos por la Cosmología
Metodología y evaluación: La metodología del curso estará basada en clases presenciales, lecturas y reuniones de discusión. Las evaluaciones consistirán en tareas y pruebas. La calificación de curso será aprobado o reprobado.
Bibliografía: • Gravitation, C Misner, K Thorne, A Wheeler, H.W. Freeman & Company, 1972 • Cosmolocial Physics, J. Peacock, Cambridge Univ. Press 1998 • Principles of Physical Cosmology, J. Peebles, Princeton Univ. Press 1993 • Physical Foundation of Cosmology, V. Mukhanov, Cambridge Univ. Press 2005