

**FITXA IDENTIFICATIVA****Dades de l'Assignatura**

Codi	43296
Nom	Astrofísica estel·lar
Cicle	Màster
Crèdits ECTS	6.0
Curs acadèmic	2023 - 2024

Titulació/titulacions

Titulació	Centre	Curs	Període
2150 - M.U. Física Avançada 12-V.2	Facultat de Física	1	Primer quadrimestre

Matèries

Titulació	Matèria	Caràcter
2150 - M.U. Física Avançada 12-V.2	3 - Astrofísica avançada	Optativa

Coordinació

Nom	Departament
ALOY TORAS, MIGUEL ANGEL	16 - Astronomia i Astrofísica

RESUM

Conceptes bàsics de Física Estel·lar. Etapes evolutives avançades i evolució després de la Seqüència Principal. Nanes Blanques. Estels de Neutrons. Astrofísica de Forats Negres. Supernoves i Col·lapse Estel·lar. Progenitors d'Erupcions de Rajos Gamma. Acreció en Astrofísica.

CONEIXEMENTS PREVIS**Relació amb altres assignatures de la mateixa titulació**

No heu especificat les restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

**Altres tipus de requisits**

Els alumnes haurien d'haver cursat una assignatura equivalent a la d'Astrofísica de tercer del grau de física, així com haver pres com a optativa la Relativitat i Cosmologia de cambrà de grau de física. En tot cas, si aquestes assignatures no han estat cursades, l'estudiant hauria de posseir els següents coneixements previs:

1. Anàlisi matemàtica i rudiments de física de fluids.
2. Evolució estel·lar bàsica.
3. Mecànica Hamiltoniana i Lagrangiana.
4. Relativitat Especial i General.
5. Camps elèctrics

COMPETÈNCIES**2150 - M.U. Física Avançada 12-V.2**

- Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seua capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seua àrea d'estudi.
- Que els estudiants siguen capaços d'integrar coneixements i afrontar la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, incloga reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
- Que els estudiants sàpiguen comunicar les conclusions (i els coneixements i les raons últimes que les sustenten) a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.
- Que els estudiants posseïsquen les habilitats d'aprenentatge que els permeten continuar estudiant d'una forma que haurà de ser en gran manera autodirigida o autònoma.
- Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.
- Ser capaços d'obtenir i de seleccionar la informació i les fonts rellevants per a la resolució de problemes, elaboració d'estratègies i assessorament a clients.
- Ser capaç de gestionar informació de distintes fonts bibliogràfiques especialitzades utilitzant principalment bases de dades i publicacions internacionals en llengua anglesa.
- Saber organitzar-se per a planificar i desenvolupar el treball dins d'un equip amb eficàcia i eficiència.
- Ostentar la preparació per a prendre decisions correctes en l'elecció de tasques i en la seua ordenació temporal en la seua labor investigadora i/o professional."
- Posseir la capacitat per al desenvolupament d'una aptitud crítica davant de l'aprenentatge que li porte a plantejar-se nous problemes des de perspectives no convencionals.
- Estar en disposició per a seguir els estudis de doctorat i la realització d'un projecte de tesi doctoral.



- Comprendre d'una forma sistemàtica el camp d'estudi de la Física i el domini de les habilitats i mètodes d'investigació relacionats amb el dit camp.
- Concebre, dissenyar, posar en pràctica i adoptar un procés substancial d'investigació amb serietat acadèmica.
- Realitzar una anàlisi crítica, avaluació i síntesi d'idees noves i complexes en l'àrea de la Física.
- Analitzar una situació complexa extraient quals són les quantitats físiques rellevants i ser capaç de reduir-la a un model parametritzat.
- Avaluar la validesa d'un model o teoria proposat per altres membres de la comunitat científica.
- Saber modelitzar matemàticament els problemes físics senzills nous, connectats amb problemes coneguts. Ser capaç d'expressar en termes matemàtics noves idees.
- Elaborar una memòria clara i concisa dels resultats del seu treball i de les conclusions obtingudes en l'àrea de la Física.
- Exposar i defensar públicament el desenrotllament, resultats i conclusions del seu treball en l'àrea de la Física.
- Comprendre els fonaments teòrics de la física estel·lar i com es formen i evolucionen les estrelles a partir d'aplicació de les lleis de la física.
- Comprendre la fase terminal de les estrelles que conduïx a la formació d'objectes compactes (nanes blanques, estrelles de neutrons o forats negres) incloent el col·lapse estel·lar que precedix a la formació d'estos objectes, incloent també fenòmens com les supernoves i les erupcions de rajos gamma.

RESULTATS DE L'APRENTATGE

En finalitzar el procés d'ensenyament-aprenentatge l'estudiant haurà après a:

1. Seleccionar i utilitzar correctament diferents fonts d'informació tant en format tradicional com a electrònic.
2. Conèixer les bases d'arxius pròpies del camp: NASA-ADS, *spires, *arXiv.
3. Manejar i interpretar correctament dades físiques quantitatives i qualitatives que donen validesa a les teories conegudes en el camp.
4. Analitzar informació dels sistemes físics.
5. Preparar documents i informes presentats en un text escrit de forma comprensible organitzada, documentada i il·lustrada.
6. Articular un discurs oral, estructurat, coherent, amb bona dicció i ocupació de vocabulari tècnic.
7. Comprendre els arguments utilitzats en el camp de l'Astronomia i Astrofísica.
8. Comprendre la descripció matemàtica dels processos físics que governen la formació i evolució dels objectes celestes tant a escala estel·lar com a cosmològica.
9. Ser capaç de desenvolupar i manejar les tècniques matemàtiques per a l'aplicació, en casos senzills, de les equacions d'Einstein de la gravitació.



DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

1. Introducció i conceptes bàsics

Lluminositats i magnituds aparents. Masses i ràdios estel·lars. Relació Massa-Lluminositat. Temperatures estel·lars. Tipus espectrals. Diagrames de Herszprung-Russell. Poblacions estel·lars. El Sol: magnituds fonamentals. Equacions d'estructura estellar. El teorema del Virial.

2. Resum evolució estel·lar

Resumirem les trajectòries evolutives més representatives dels estels en funció de les seves masses. Quatre trajectòries evolutives separades i paradigmàtiques seran considerades: estels de baixa massa, estels de massa intermèdia, estels massius i estels supermassius.

3. Nanes blanques.

Equacions d'estat. Estructura i estabilitat. Refredament. Nanes blanques en sistemes binaris: supernoves termonuclears.

4. Estels de neutrons.

Equacions d'estat. Estructura i estabilitat. Púlsars. Magnetosferes d'estels de neutrons. Proto-estels de neutrons. Refredament. Estels de neutrons en sistemes binaris.

5. Supernoves i col·lapse estel·lar

Propietats observacionals d'explosions supernova. Relació entre el col·lapse estellar i les supernoves hidrodinàmiques. Física del col·lapse. Fase de rebot. Fase post-rebot. Aspectes bàsics per a la supervivència del xoc després del rebot. El mecanisme d'explosió retardat. Convecció i rotació com a elements que ajuden a explotar una supernova. El paper del camp magnètic en el mecanisme d'explosió de supernoves.

6. Nucleosíntesi estel·lar.

Es mostrarà com les estrelles han intervingut en la síntesi de la majoria dels elements químics que coneixem, a excepció dels elements primordials.

7. Forats negres.

Solucions a les equacions d'Einstein de tipus forat negre: Schwarzschild i Kerr. Dinàmica de partícules prova al voltant de forats negres. Espectre de masses. Evidències observacionals de l'existència de forats negres.



8. Acreció en astrofísica

Introduïrem un concepte essencial en astrofísica: l'acreció com a resultat del transport de moment angular. En aquest primer tema sobre accreió s'introduiran conceptes bàsics com el potencial de Roche. Considerarem el cas d'acreció en sistemes binaris i estudiarem en profunditat el cas d'acreció en discos geomètricament prims. El model bàsic de disc de Shakura-Sunyaev serà introduït. Es mostraran les propietats físiques dels discos d'acreció i es classificaran els diferents fluxos d'acreció en funció de les seves propietats.

Es proporcionarà a l'estudiant una visió àmplia dels escenaris astrofísics en els quals l'acreció és l'element clau per convertir energia gravitatòria en altres tipus d'energia que donen lloc a multitud de fenomenologies observades. Es desenvoluparan els conceptes necessaris per entendre els processos d'acreció estacionària, fent èmfasi en els casos en els quals l'objecte central (acretor) sigui un objecte compacte (típicament un forat negre). Considerarem els mecanismes més rellevants d'extracció d'energia a partir de processos d'acreció, en particular el mecanisme de Blandford-Znajek.

VOLUM DE TREBALL

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	39,00	100
Altres activitats	4,00	100
Seminaris	3,00	100
Assistència a esdeveniments i activitats externes	3,00	0
Elaboració de treballs en grup	15,00	0
Elaboració de treballs individuals	10,00	0
Estudi i treball autònom	20,00	0
Lectures de material complementari	10,00	0
Preparació d'activitats d'avaluació	10,00	0
Preparació de classes de teoria	15,00	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	20,00	0
Resolució de casos pràctics	6,00	0
TOTAL	155,00	

METODOLOGIA DOCENT

- MD1 – Classes teòriques lliçó magistral participativa.
- MD3 – Resolució de problemes.
- MD4 – Problemes.
- MD5 – Seminaris.
- MD8 – Conferències d'experts.



AVALUACIÓ

SE1 – Exàmens escrits sobre les classes de teoria i pràctiques: basats en els resultats de l'aprenentatge i en els objectius específics de cada assignatura.

SE3 – Avaluació contínua de l'estudiant en les classes de teoria i pràctiques: assistència participativa i realització d'exercicis a l'aula.

SE5 – Avaluació de les activitats no presencials relacionades amb les classes de teoria i pràctiques: memòries i/o informes de les pràctiques lliurats.

SE7 – Presentació oral i exposició de treballs a l'aula.

REFERÈNCIES

Bàsiques

- Referència b1: Kippenhahn, R. Weigert, H., Stellar Structure and Evolution. Second Edition, Springer-Verlag, Berlin (1991)
- Referència b2: Karttunen et al., Fundamental Astronomy. Fifth Edition., Springer-Verlag, Berlin (2007)
- Referència b3: Janka, H.-T., Conditions for shock revival by neutrino heating in core-collapse supernovae, A&A, 368, 527 (2001)
- Referència b4: Filippenko, A., Optical spectra of Supernovae, ARAA, 35, 309 (1997)
- Referència b5: Vedrenne, G. & Atteia, J.L., Gamma-Ray Bursts: The brightest explosions in the Universe. Springer; Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK (2009)
- Referència b6: Shapiro, S.L., Teukolsky, S.A., Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars. John Wiley and Sons, Nueva York (1983)
- Referència b7: M. Camenzind, Compact Objects in Astrophysics: White Dwarfs, Neutron Stars and Black Holes, Springer-Verlag, Berlin (2005)
- Referència b8: Frank, J., King, A. Raine, D., Accretion Power in Astrophysics. Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge (1992)

Complementàries

- Referència c1: Arnett, D., Supernovae and Nucleosynthesis. Princeton University Press (1996)
- Referència c2: Clayton D.D., Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis. Chicago University Press (1983)
- Referència c3: G.S. Bisnovatyi-Kogan, Stellar Physics II, Springer-Verlag Berlín (2001)



- Referencia c4: T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics (vol. I: Astrophysical Processes; vol. II: Stars and Stellar Systems) Cambridge University Press (2001)
- Referencia c5: LeVeque, R.J., Mihalas, E., Dorfi, E.A., Müller, E. Computational Methods for Astrophysical Fluid Flow: Saas-Fee Advanced Course 27. Lecture Notes 1997. Swiss Society for Astrophysics and Astronomy (Saas-Fee Advanced Courses) Springer, 1998
- Referencia c6: Piran, T., The physics of gamma-ray bursts, Reviews of Modern Physics, 76, 1143 (2005)
- Referencia c7: N.K. Glendenning, Compact Stars: Nuclear Physics, Particle Physics, and General Relativity, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin (2000)
- Referencia c8: Mészáros, P., High-Energy Radiation from Magnetized Neutron Stars. The University of Chicago Press (1992)
- Referencia c9: Boettcher, M., Harris, D.E., Krawczynski, H., Relativistic Jets from Active Galactic Nuclei, Wiley-VCH, Weinheim (2012)
- Referencia c10: C.W. Misner, K.S. Thorne, J.A. Wheeler, Gravitation. W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA (1973)