

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

<b>Codi</b>	43298
<b>Nom</b>	Relativitat General
<b>Cicle</b>	Màster
<b>Crèdits ECTS</b>	6.0
<b>Curs acadèmic</b>	2024 - 2025

**Titulació/titulacions**

<b>Titulació</b>	<b>Centre</b>	<b>Curs</b>	<b>Període</b>
2150 - M.U. Física Avançada	Facultat de Física	1	Primer quadrimestre

**Matèries**

<b>Titulació</b>	<b>Matèria</b>	<b>Caràcter</b>
2150 - M.U. Física Avançada	3 - Astrofísica avançada	Optativa

**Coordinació**

<b>Nom</b>	<b>Departament</b>
CERDA DURAN, PABLO	16 - Astronomia i Astrofísica
SANCHIS GUAL, NICOLAS	16 - Astronomia i Astrofísica

**RESUM**

Fonaments de Relativitat. Observadors en un camp gravitatori. Formulació de las lleis físiques en espais corbats. Tensors d'energia. Hidrodinàmica relativista. Equacions de Maxwell. Equacions d'Einstein. Linealització. Isometries i camps de Killing. Simetria esfèrica. Solucions exactes. La geometria de Schwarzschild: extensions i generalitzacions. Col·lapse gravitatori esfèric. Formació de forats negres: propietats característiques. Formalisme evolutiu de la Relativitat. Formulació 3+1 de las equacions fonamentals. Relativitat Numèrica: aplicacions en Astrofísica Relativista. Radiació gravitatòria.

**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

Haver cursat l'assignatura "Relativitat i Cosmologia" del grau de Física, o altra amb continguts similars.

### 2150 - M.U. Física Avançada

- 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.
- 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 desenvolupament, resultats i conclusions del seu treball en l'àrea de la Física.
- Comprender los aspectos formales y el aparato matemático de la relatividad general, y desarrollar la capacidad de intuición espaciotemporal en cuatro dimensiones.

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

1. Seleccionar i utilitzar correctament diferents fonts d'informació tant en format tradicional com electrònic. Conèixer les bases d'arxius pròpies del camp: inspi, spires, arXiv.
2. Manejar i interpretar correctament dades físiques quantitatives i qualitatives que donen validesa a les teories conegudes en el camp.



3. Analitzar informació dels sistemes físics.
4. Preparar documents i informes presentats en un text escrit de forma comprensible organitzada, documentada i il·lustrada.
5. Articular un discurs oral, estructurat, coherent, amb bona dicció i ocupació de vocabulari tècnic.
6. Comprendre els arguments utilitzats en el camp de l'Astronomia i Astrofísica.
7. Comprendre la descripció matemàtica dels processos físics que governen la formació i evolució dels objectes celestes tant a escala estel·lar com cosmològica.
8. Utilitzar a nivell bàsic instrumentació astronòmica professional. Aproximació al fet observacional.
9. Comprendre la metodologia de l'elaboració, interpretació i utilització de catàlegs d'objectes celestes.
10. 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 a la relativitat general

Introducció. Relativitat especial. Principi de equivalència. Varietats curvades. Observadors en un espai-temps corbat. Tensor energia-moment. Equacions d'Einstein. Formalisme de la tétrada de Cartan.

### 2. Forats negres

Isometries i camps de Killing. Mètriques de Schwarzschild i Kerr. Altres mètriques.

### 3. Formalisme evolutiu de les equacions d'Einstein

Formalisme evolutiu. Formulació 3+1. Formulacions de les equacions d'Einstein: ADM, BSSN i FCF. Massa, energia i moment angular. Altres formulacions: formulació característica i formulació harmònica. Exemples de relativitat numèrica: punctures i excisió. Col·lapse crític de Choptuik.

### 4. Hidrodinàmica i electrodinàmica en un espai-temps corbat

Formulació de les lleis físiques en espais temps corbs. Tensor d'energia-moment. Hidrodinàmica relativista. Col·lapse gravitatori esfèric i formació de forats negres. Electrodinàmica relativista. Magneto-hidrodinàmica relativista. Exemples de relativitat numèrica.

### 5. Radiació gravitatòria

Equacions d'Einstein linealitzades. Solucions de buit. Generació d'ones gravitatòries. Fonts de radiació gravitatòria. Detecció d'ones gravitatòries.



## VOLUM DE TREBALL

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	39,50	100
Altres activitats	4,00	100
Seminaris	2,50	100
Preparació de classes de teoria	52,00	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	52,00	0
<b>TOTAL</b>	<b>150,00</b>	

## METODOLOGIA DOCENT

MD1 - Classes teòriques lliçó magistral participativa.

MD5 – Seminaries.

MD6 – Visita a instal·lacions científiques externes i empreses

MD8 – Conferències d'experts.

## AVALUACIÓ

- 1) Qualificació de l'examen escrit sobre els continguts de l'assignatura i les pràctiques (50%).
- 2) Assistència a les classes presencials i realització de les pràctiques en hores no presencials (50%).

Per obtenir una avaluació global positiva (major o igual que 5 sobre 10) es requereix que cadascuna de les qualificacions anteriors siga major o igual que 3 sobre 10.

## REFERÈNCIES

### Bàsiques

- N. Straumann, General Relativity and Relativistic Astrophysics, Springer-Verlag, Berlin (1984)
- H. Stephani, General Relativity, Cambridge University Press, Cambridge (1982)
- R. d'Inverno, Introducing Einstein's Relativity, Clarendon Press, Oxford (1998)



- W. Rindler, *Relativity, Special, General, and Cosmological*, Oxford University Press, 2a ed. (2006)
- R. M. Wald, *General Relativity*, The University of Chicago Press, Chicago (1984)
- E.ourgoulhon, *3+1 Formalism and bases of Numerical Relativity*, Lecture Notes in Physics 846, Springer (2012) [arXiv: gr-qc/0703035]
- M. Alcubierre, *Introduction to 3+1 Numerical Relativity*, Oxford University Press (2008).
- T. W. Baumgarte and S. L. Shapiro, *Numerical Relativity. Solving Einstein's Equations on the Computer*, Cambridge Univ. Press (2010)
- L. Rezzolla and O. Zanotti, *Relativistic Hydrodynamics*, Oxford University Press, (2013)

### Complementàries

- E.ourgoulhon, *3+1 Formalism in General Relativity*, Springer-Verlag, Berlin (2012)
- S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*, Wiley, New York (1972)
- F. de Felice, C. J. S. Clarke, *Relativity on Curved Manifolds*, Cambridge U.P., Cambridge (1990)
- L. P. Hughston, K. P. Tod, *An Introduction to General Relativity*, Cambridge U. P. (1990)
- J. Plebanski, A. Krasinski, *An Introduction to General Relativity and Cosmology*, Cambridge U. P. (2006)
- H. Stephani, D. Kramer, M. MacCallum, C. Hoenselaers and E. Herlt, *Exact Solutions to Einstein's Field Equations*, Second edition, Cambridge Univ. Press (2003)
- L. P. Eisenhart, *Riemannian Geometry*, Princeton U.P., Princeton (1949)
- Y. Choquet Bruhat, *General Relativity and the Einstein Equations*, Oxford University Press (2008).
- J. A. Font, *Numerical hydrodynamics and magneto-hydrodynamics in general relativity*, Living Reviews in Relativity, 7 (2008) [<http://www.livingreviews.org/lrr-2008-7>]
- L. Smarr and J.W. York, Jr., *Kinematical conditions in the construction of spacetime.*, Phys. Rev. D. 17, 2529-2551 (1978).
- J.W. York, Jr. *The initial value problem and dynamics*, en *Sources of Gravitational Radiation*" edited by L. Smarr, Cambridge Univ. Press: Cambridge (1979) pp. 175-201.
- J. Winicour, *Characteristic evolution and matching*, Living Reviews in Relativity, 3 (2009)[<http://www.livingreviews.org/lrr-2009-3>]
- *New frontiers in Numerical Relativity*, M. Campanelli and L. Rezzolla Eds., *Classical and Quantum Gravity*, 24 12 (2007)
- C. Heinicke and F. Hehl, *Schwarzschild and Kerr solutions of Einstein's field equation: An Introduction*, *International Journal of Modern Physics D*, Vol. 24, No 2 1530006 (2015)
- J. D. Norton, *General covariance and the foundations of general relativity: eighth decades of dispute*, *Rep. Prog. Phys.* 56, 791-858(1993)



- 
- L. Landau and E. M. Lifshitz, The Classical Theory of Fields, (Elsevier, Amsterdam, Fourth ed., 1975. Reprinted (2007))
- 

ESBORRANY