



## FITXA IDENTIFICATIVA

### DADES DE L'ASSIGNATURA

**Codi:** 43298

**Nom:** Relativitat General

**Cicle:** Màster Universitari Oficial

**Crèdits ECTS:** 6

**Curs acadèmic:** 2025-26

### TITULACIONS

Titulació	Centre	Curs	Període
2150 - Màster Universitari en Física Avançada	Facultat de Física	1	Primer quadrimestre

### MATÈRIES

Titulació	Matèria	Caràcter
2150 - Màster Universitari en Física Avançada	Astrofísica avançada	OPTATIVA

### COORDINACIÓ

SANCHIS GUAL NICOLAS

CERDA DURAN PABLO

## RESUM

Fonaments de la Relativitat. Observadors en un camp gravitatori. Formulació de les lleis físiques en un espai corbat. Tensor d'energia. Hidrodinàmica relativista. Equacions de Maxwell. Equacions d'Einstein. Linealització. Isometries i camps de Killing. Simetria esfèrica. Solucions exactes. 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 les equacions fonamentals. Forats negres més enllà de la relativitat general i teories modificades de la gravetat. Radiació gravitacional.

## CONEIXEMENTS PREVIS

### RELACIÓ AMB ALTRES ASSIGNATURES DE LA MATEIXA TITULACIÓ

No s'ha especificat 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.

## COMPETÈNCIES / RESULTATS D' APRENENTATGE

-

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.

Comprender los aspectos formales y el aparato matemático de la relatividad general, y desarrollar la capacidad de intuición espaciotemporal en cuatro dimensiones.

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.

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.

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.

Que els estudiants posseïsquen les habilitats d'aprenentatge que els permeten continuar estudiant d'una forma que haurà de ser en gran manera autòdrida o autònoma.

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.

Realitzar una anàlisi crítica, avaluació i síntesi d'idees noves i complexes en l'àrea de la Física.

Saber modelitzar matemàticament els problemes físics senzills nous, connectats amb problemes coneguts. Ser capaç d'expressar en termes matemàtics noves idees.

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.

## DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS



## 1. Introducció a la relativitat general

Introducció. Relativitat especial. Principi d'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. Forats negres més enllà de la relativitat general i teories modificades de la gravetat

Simplicitat de les solucions de forats negres en la relativitat general i teoremes del "no-hair". Teories modificades de la gravetat. Implicacions astrofísiques de la física més enllà del model estàndard. Restriccions observacionals sobre la física fonamental, observacions d'ones gravitacionals i electromagnètiques. Extensió de la formulació 3+1 en teories més enllà de la Relativitat General.

## 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 (HORES)

#### ACTIVITATS PRESENCIALS

Activitat	Hores
Teoria	39,50
Seminari	2,50
Altres activitats	4,00
<b>Total hores</b>	<b>46,00</b>

#### ACTIVITATS NO PRESENCIALS

Activitat	Hores
Assistència a altres activitats	4,00



Elaboració de treballs individuals o en grup	15,00
Estudi i treball autònom	0,00
Preparació de classes	35,00
Preparació d'activitats d'avaluació	15,00
Resolució de casos pràctics	35,00
<b>Total hores</b>	<b>104,00</b>

## METODOLOGIA DOCENT

MD1 - Classes teòriques lliçó magistral participativa.

MD5 - Seminaris.

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.

Aquest sistema d'avaluació s'aplica tant a la primera com a la segona convocatòria.

## BIBLIOGRAFIA

Referències bàsiques:

N. Straumann, General Relativity and Relativistic Astrophysics, Springer-Verlag, Berlin (1984)

R. d'Inverno, Introducing Einstein's Relativity, Clarendon Press, Oxford (1998)

R. M. Wald, General Relativity, The University of Chicago Press, Chicago (1984)

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)

#### Referències Complementaries

W. Rindler, Relativity, Special, General, and Cosmological, Oxford University Press, 2a ed. (2006)

E.ourgoulhon, 3+1 Formalism in General Relativity, Springer-Verlag, Berlin (2012)

S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, Wiley, New York (1972)

H. Stephani, General Relativity, Cambridge University Press, Cambridge (1982)

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).