

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

Codi	43298
Nom	Relativitat General
Cicle	Màster
Crèdits ECTS	6.0
Curs acadèmic	2023 - 2024

Titulació/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	3 - Astrofísica avançada	Optativa

Coordinació

Nom	Departament
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.

COMPETÈNCIES (RD 1393/2007) // RESULTATS DE L'APRENENTATGE (RD 822/2021)

2150 - Màster Universitari en 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 parametrizat.
- 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.
- Comprender los aspectos formales y el aparato matemático de la relatividad general, y ?desarrollar la capacidad de intuición espaciotemporal en cuatro dimensiones.

**RESULTATS D'APRENTATGE (RD 1393/2007) // SENSE CONTINGUT (RD 822/2021)**

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 tetrada 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 corbats. 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
TOTAL	150,00	

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.

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))