

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

Codi	43298
Nom	Relativitat general
Cicle	Màster
Crèdits ECTS	6.0
Curs acadèmic	2021 - 2022

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
FONT RODA, JOSE ANTONIO	16 - Astronomia i Astrofísica
MORALES LLADOSA, JUAN ANTONIO	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

2150 - M.U. Física Avançada 12-V.2

- 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 desenrotllament, resultats i conclusions del seu treball en l'àrea de la Física.
- Comprendre els aspectes formals i l'aparell matemàtic de la relativitat general, i desenrotllar la capacitat d'intuïció espaciotemporal en quatre dimensions.



RESULTATS DE L'APRENTATGE

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: inspiri, 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. Geometria lorentziana.

- (a) L'espai-temps de Minkowski.
- (b) Caràcter causal de subespais.
- (c) Referencials i coordenades d'espai-temps.

2. Sistemes d'observadors.

- (a) Observador local. Magnituds relatives.
- (b) Desplaçament espectral gravitatori.
- (c) Transport de Fermi-Walker.
- (d) Acceleració, rotació, distorsió i expansió d'una congruència temporal.

3. Sistemes de posicionament relativista.

- (a) Sistemes de localització.
- (b) Sistemes de posicionament relativista. Coordenades d'emissió
- (c) Sistemes de posicionament autolocalitzants.



4. Formalisme de Cartan

- (a) Curvatura i torsió d'una connexió lineal.
- (b) Formes de torsió y de curvatura.
- (c) Equacions de Cartan.

5. Curvatura de l'espai-temps.

- (a) Curvatura i tensor de Weyl. Tensor de Cotton. Identitats de Bianchi.
- (b) Identitats de Ricci: evolució de l'expansió i la distorsió.
- (c) Mètriques conformes. Caracterització dels espais conformement plans.

6. Isometries.

- (a) Camps de Killing. Camp gravitatori estacionari.
- (d) Àlgebra de Lie dels camps de Killing. Simetria maximal.
- (c) Espai-temps amb simetria esfèrica. Mètriques de Robertson-Walker.

7. Formalisme evolutiu de la Relativitat.

- (a) Foliacions espacials. Mètrica induïda i curvatura extrínseca.
- (b) Funció pas i vector desplaçament.
- (c) Expressió de la mètrica en coordenades adaptades a la foliació.
- (d) Equacions d'Einstein en formalisme evolutiu. Variables dinàmiques.

8. Relativitat Numèrica.

- (a) Breu introducció històrica de la Relativitat Numèrica.
- (b) Equacions d' Einstein adaptades a un enfocament numèric. Formulació 3 + 1.
- (c) Hidrodinàmica i MHD (magnetohidrodinàmica) relativista numèrica.
- (d) Esquemes d'alta resolució de captura de xocs.

9. Aplicacions de la Relativitat Numèrica: Astrofísica Relativista.

- (a) Estels relativistes en rotació.
- (b) Col·lapse gravitatori.
- (c) Acreció sobre forats negres.
- (d) Col·lisió de forats negres, i d'estels de neutrons.

**10. Radiació gravitatòria**

- (a) Camps gravitatoris febles. Ones gravitatòries.
- (b) Fonts de radiació gravitatòria.
- (c) 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

- E.ourgoulhon, Relativité Restreinte des particules à l'Astrophysique (EDP Sciences, CNRS Éditions, 2010). Versión en inglés: Special Relativity in General frames (Springer-Verlag, 2013), accesible en Éricourgoulhon homepage: <http://luth.obspm.fr/~luthier/gourgoulhon/>
- 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.
- 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

- S. Weinberg, Gravitation and Cosmology (Wiley, New York, 1972).
- L. Landau and E. M. Lifshitz, The Classical Theory of Fields, (Elsevier, Amsterdam, Fourth ed., 1975. Reprinted, 2007).
- 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).
- M. Alcubierre, Introduction to 3+1 Numerical Relativity, Oxford University Press (2008).
- 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 (2015) 1530006 (78 pages).
- J. D. Norton, General covariance and the foundations of general relativity: eighth decades of dispute, Rep. Prog. Phys. 56 (1993) 791-858. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0034-4885/56/7/001/meta>

ADDENDA COVID-19

Aquesta addenda només s'activarà si la situació sanitària ho requereix i previ acord del Consell de Govern