

GUÍA DOCENT

RELATIVITAT I COSMOLOGIA

Grau en Física

Quart curs

I.- DADES INICIALS D' IDENTIFICACIÓ

Nom de l'assignatura:	Relativitat i Cosmologia
Nom de la Matèria	Complements de Física
Crèdits ECTS	4.5
Caràcter:	Optativa, quadrimestral
Titulació:	Graduat-Graduada en Física

II.- INTRODUCCIÓ A L' ASSIGNATURA

L'assignatura Relativitat i Cosmologia, optativa quadrimestral de quart curs del Grau de Física, te assignades 4.5 crèdits (30 hores de classes teòriques i 15 hores de sessions de treball).

L'assignatura és una introducció a la teoria de l'espai-temps en presència de gravitació, és dir a la teoria d'Einstein de la gravitació, també coneguda com teoria de la relativitat general (RG). El llenguatge bàsic d'aquesta teoria és la geometria riemanniana (els espais corbats), així doncs aquesta assignatura serà també una introducció a les nocions bàsiques dels espais corbats. L'estudi de la RG pot continuarse en el programa del master de física avançada.

La RG està vigent en un rang molt ample d'escala espacial:

- L'enginyeria relacionada amb el GPS (dol) o el Galileo (Eu) necessita tindre en compte correccions relativistes, igual que es necessiten per explicar el avançament del periheli de Mercuri.
- L'evolució d'objectes de gran massa, el col.lapse estelar, la formació de forats negres i els processos energètics per ells produïts són temes habituals de l'astrofísica relativista en els que la R.G. és necessària.
- Les lents gravitacionals són una conseqüència inevitable de RG que ha trobat una aplicació important en la detecció de matèria fosca en zones molt allunyades.
- L'expansió accelerada de l'Univers detectada en l'observació de supernoves llunyanes ha posat de manifest una component misteriosa d'energia, desconeguda per el moment (energia fosca), que està estimulant gran quantitat d'estudis i especulacions.
- En l'altra direcció, l'estudi de la gravitació a escales quàntiques ha esdevingut un altre tema teòric important.
- Per últim, senyalem que així com l'accelerador LHC pot obrir perspectives a la física de partícules, els detectors d'ones gravitacionals ja construïts, ho poden fer també per a la física de la gravitació.

III.- VOLUM DE TREBALL

En la consideració del volum de treball s'ha tingut en compte un període lectiu anual de 30 setmanes. L'equivalència és d'un crèdit ECTS=25 h de treball de l'estudiant.

TIPUS D'ACTIVITAT	DESCRIPCIÓ	HORES
Classes teòriques	2 hores/setm. x 15 setm.	30
Seminari de R i C	Sesions de treball a càrrec dels estudiants. 1 h./setm. x 15 setm.	15
Preparació de treballs		10
Estudi		40
Preparació d'exàmens		10
Assistència a tutoríes		4
Realització d'exàmens:		4
TOTAL VOLUM DE TREBALL		113

IV.- OBJECTIUS GENERALS

Presentar, simultàniament, una introducció a la geometria diferencial dels espais corbats i a la teoria de la relativitat general.

V.- CONTINGUTS MÍNIMS

Tema 1 – Relativitat especial.

Tema 2 – El principi d'equivalència.

Tema 3 – Espai-temps corbat.

Tema 4 – Geodèsiques.

Tema 5 – Connexió mètrica.

Tema 6 – Curvatura i geodèsiques.

Tema 7- Les equacions d'Einstein

Tema 8- Les equacions d'Einstein linealitzades

Tema 9- La mètrica de Schwarzschild

Tema 10- Radiació gravitatoria

Tema 11- Models cosmològics

VI.- DESTRESES

S'espera aconseguir un nivell fonamental en l'ús de la teoria d'Einstein de la gravitació. A tal fi s'adquirirà un nivell bàsic en els punts més rellevants de la geometria dels espais corbats, i la seua relació amb la física de la gravitació:

- Càlcul tensorial: algebraic i diferencial.
- Les propietats geomètriques i les conseqüències físiques de tres espais mètrics bàsics : Schwarzschild, Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker, i ones gravitacionals linealitzades, que conduiran a: el fenomen forat negre, els models cosmològics i la generació i anàlisi de la radiació gravitacional respectivament.
- Les geodèsiques temporals i nul·les i el problema del moviment de les partícules prova i dels raigs de llum. Famílies de geodèsiques , l'equació de desviació i el corresponent significat físic.
- Tot plegat ha de proporcionar una destresa en la visió geomètrica, que es materialitzarà en l'ús de diagrames espais temporals, en la discussió dels problemes físics.

VII.- HABILITATS TRANSVERSALS O SOCIALS

- Desenvolupar la capacitat de raonament crític i l'aplicació del mètode científic.
- Ser capaç d'identificar problemes, incloent les semblances amb altres la solució de les quals és coneguda, i idear estratègies per a la seua solució.
- Desenvolupar la capacitat de planificar i organitzar el propi aprenentatge, basant-se en el treball individual, a partir de la bibliografia i altres fonts d'informació.
- Avaluar les diferents causes d'un fenomen i la seua importància relativa.
- Identificar els elements essencials d'una situació complexa, realitzar les aproximacions necessàries per a construir models simplificats que ho descriuen i poder així entendre el seu comportament en altres situacions.
- Ser capaç d'efectuar una posada al dia de la informació existent sobre un problema concret, ordenar-la i analitzar-la.
- Fomentar la capacitat per a treballar en equip a l'hora d'abordar problemes complexos que requereixen col·laboració amb altres persones.
- Potenciar l'adquisició de recursos d'expressió oral i escrita per a dur a terme una argumentació científica clara i coherent.
- Estimular la capacitat de comunicació dels conceptes físics involucrats en un problema per mitjà d'expressió oral i escrita.
- Potenciar la comprensió i l'ús de les noves tecnologies de la informació.

VIII.- TEMARI I PLANIFICACIÓ TEMPORAL

La planificació que es mostra a continuació és lògicament orientativa ja que, depenent del ritme d'adquisició de competències dels alumnes i del grau de maduresa dels seus coneixements previs, pot resultar convenient (o necessari) reajustar el cronograma següent.

TEMARI	Num. horas
Tema 1 – Relativitat especial. Estructura afí de l'espai-temps. Bases inercials. Cons de llum, rectes temporals i espacials. Un model de rellotge geomètric. Quadrivector moment. Energia i 3-moment respecte un observador inercial. Tensors de Minkowski i element de volum.	2
Tema 2 – El principi d'equivalència. El principi d'equivalència d'Einstein. Interpretació geomètrica del desplaçament al roig gravitatori. L'hipòtesi cronomètrica.	1
Tema 3 – Espai-temps corbat. Varietat Lorentziana 4-dimensional. Espai tangent. Camps tensorials. Tensor mètric. Base coordinada. Bases ortonormals i sistemes localment inercials. Hipersuperfícies espacials. Hipersuperfícies nul·les.	4
Tema 4 – Geodèsiques. Les geodèsiques com a corbes extremals. Equació de les geodèsiques. Geodèsiques nul·les, geodèsiques temporals i principi d'equivalència. Simetries e integrals primeres de les geodèsiques. Vectors de Killing.	3
Tema 5 – Connexió mètrica. Derivada covariant de camps vectorials. Derivada covariant de camps tensorials. Connexió mètrica.	2
Tema 6 – Curvatura i geodèsiques. El tensor de curvatura de Riemann. Equació de la desviació de les geodèsiques (EDG). EDG en un sistema localment inercial. Relació amb les forces de marea newtonianes.	3
Tema 7- Les equacions d'Einstein: El tensor energia-moment. Conservació local del tensor energia-moment. Les equacions d'Einstein.	2
Tema 8- Les equacions d'Einstein linealitzades. Perturbacions de Minkowski en coordenades harmòniques. El límit newtonià.	1
Tema 9- La mètrica de Schwarzschild: Geometria de la solució de Schwarzschild. Geodèsiques temporals i nul·les. Extensió de Filkenstein- Lemaitre. Forat negre.	4
Tema 10- Radiació gravitatoria. Ones gravitatories en el buit. Polarització de les ones. Fonament dels detectors. Emissió de radiació.	4
Tema 11- Models cosmològics. Espai-temps homogenis e isotrops. Espais amb curvatura zero, positiva i negativa. Desplaçament al roig cosmològic. L'horitzó. Models amb singularitat inicial. Equacions d'evolució. Matèria fosca i energia fosca.	4

IX.- BIBLIOGRAFIA DE REFERÈNCIA

Bibliografia de teoria:

a) bàsica

- "Gravity. An introduction to Einstein's general relativity". J.B. Hartle, Addison Wesley 2003.
- "Relativity and Cosmology". Wolfgang Rindler, Oxford 2005
- "Relativity. An introduction to special and general relativity". Hans Stephany
- Cambridge. U.P. 2005.
- "Spacetime and geometry". Sean M. Carroll. Addison Wesley. 2003
- "General relativity an introduction to physicists". Hobson, M.P., Efstathiou G.P., Lasenby, A.N.
- Cambridge 2006
- "A first course in general relativity". Bernard Schutz 1985

b) més avançada

- "General relativity". Bob. Wald 1995
- "La relativité générale. Une approche geometrique" Malcolm Ludvigsen Dunod, 2000

c) Sense matemàtiques

- "Gravity from the ground up". Bernard Schutz. Cambridge. 2003.
- "New perspectives in astrophysical cosmology". Martin Rees. Cambridge. 1995-2000.

X.- CONEIXEMENTS PREVIS

Es recomana cursar "RiC" després d'haver cursat les matèries bàsiques de "Física", y "Matemàtiques".

XI.- METODOLOGIA

L'assignatura constarà de dos tipus de classes ben diferenciades:

- a) El desenvolupament matemàtic s'anirà fent gradualment, acompanyat de la discussió del problema físic gravitatori. Es prestarà poca atenció a la resolució de les equacions d'Einstein per obtenir mètriques de l'espai-temps, front a la comprensió de les conseqüències que es deriven d'elles. S'estudiaràn: mètriques amb simetria esfèrica, les de màxima simetria i les perturbacions de Minkowski. Han d'ésser abundants els exemples, la discussió de paradoxes i d'experiments "imaginari", per posar de manifest la influència de la gravitació en les relacions espai-temporals. Sembla que l'estil del llibre de Hartle es convenient.

- b) Sessons de treball (1 h per setmana)

L'hora del seminari de RiC estarà a càrrec dels estudiants. Individualment o per grups molt reduïts exposaran la solució a qüestions i problemes seleccionats durant el desenvolupament de la teoria. Es demanarà que previament hagin discutit els problemes amb el professor de l'assignatura.

XII.- EVALUACIÓ DE L' APRENENTATGE

Informació sobre l'evaluació d'aquesta assignatura:

- 1) Un examen, que consistirà en la resolució de problemes i qüestions, permetint la consulta de llibres o d'apunts.
- 2) Els problemes i qüestions treballats durant el curs, en les classes teòriques i en els seminaris, definiran el nivell de l'examen. La participació dels estudiants durant el curs serà tinguda en compte.