

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

Codi	34270
Nom	Relativitat i cosmologia
Cicle	Grau
Crèdits ECTS	4.5
Curs acadèmic	2020 - 2021

Titulació/titulacions

Titulació	Centre	Curs	Període
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	4	Segon quadrimestre

Matèries

Titulació	Matèria	Caràcter
1105 - Grau en Física	16 - Complementos de Física	Optativa

Coordinació

Nom	Departament
FONT RODA, JOSE ANTONIO	16 - Astronomia i Astrofísica

RESUM

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), axí 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 necessitaren 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 tòpics 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 estimulants gran quantitat d'estudis i especulacions.
- En l'altra direcció, l'estudi de la gravitació a escales quàntiques ha esdevingut un altre tòpic 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.

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

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

COMPETÈNCIES

1105 - Grau en Física

- Posseir i comprendre els fonaments de la física en els aspectes teòrics i experimentals, així com el bagatge matemàtic necessari per a la seua formulació.
- Saber aplicar els coneixements adquirits a l'activitat professional, saber resoldre problemes i elaborar i defensar arguments, recolzant-se en els dits coneixements.
- Ser capaç de reunir i interpretar dades rellevants per emetre judicis.
- Ser capaç de transmetre informació, idees, problemes i solucions tant a un públic especialitzat com no especialitzat.
- Desenvolupament d'habilitats d'aprenentatge necessàries per emprendre estudis posteriors amb un elevat grau d'autonomia.
- Resolució de problemes: ser capaç d'avaluar clarament els ordres de magnitud, de desenvolupar una percepció de les situacions que són físicament diferents però que mostren analogies, per permetre, doncs, l'ús de solucions conegudes a problemes nous.



- Modelització i resolució de problemes: ser capaç d'identificar els elements essencials d'un procés/situació i d'establir-ne un model de treball. Ser capaç de realitzar les aproximacions requerides amb l'objecte de reduir un problema fins a un nivell manejable. Pensament crític per construir models físics.
- Investigació bàsica i aplicada: adquirir una comprensió de la naturalesa de la investigació física, de les formes en què es du a terme, i de com la investigació en física és aplicable a molts camps diferents, per exemple l'enginyeria; habilitat per dissenyar procediments experimentals i/o teòrics per: (i) resoldre els problemes corrents en la investigació acadèmica o industrial; (ii) millorar els resultats existents.
- Destreses generals i específiques en llengües estrangeres: haver millorat el domini de l'anglès (o d'una altra llengua estrangera d'interès) mitjançant: accés a bibliografia fonamental, comunicació oral i escrita (anglès científicotècnic), cursos, estudis a l'estranger, reconeixement de crèdits en universitats estrangeres etc.
- Cerca de bibliografia: ser capaç de buscar i utilitzar bibliografia en física i altra bibliografia tècnica, així com qualsevol font d'informació rellevant per a treballs d'investigació i desenvolupament tècnic de projectes.
- Capacitat d'aprenentatge: ser capaç d'iniciar-se en nous camps de la física i de la ciència i la tecnologia en general, a través de l'estudi independent.
- Comunicació oral i escrita: ser capaç de transmetre informació, idees, problemes i solucions mitjançant l'argumentació i el raonament propis de l'activitat científica, utilitzant els conceptes i les eines bàsiques de la física.
- Cultura general en física: haver-se familiaritzat amb els aspectes més importants de la matèria i amb enfocaments que inclouen i relacionen diferents àrees de la física.

RESULTATS DE L'APRENTATGE

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.

Altres propis de la titulació:



- Desenrotllar 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.
- Desenrotllar 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.

DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

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. Energía i 3-moment respecte un observador inercial. Tensors de Minkowski i element de volum.

2. El principi de equivalència.

El principi de equivalència d'Einstein. Interpretació geomètrica del desplaçament al roig gravitatori. L'hipòtesi cronomètrica.

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. Geodèsiques.

Les geodèsiques com a corbes extremals. Equació de les geodèsiques. Geodèsiques nul·les, geodèsiques temporals i principi de equivalència. Simetries e integrals primeres de les geodèsiques. Vectors de Killing.



5. Connexió mètrica.

Derivada covariant de camps vectorials. Derivada covariant de camps tensorials. Connexió mètrica.

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.

7. Les equacions dEinstein.

El tensor energia-moment. Conservació local del tensor energia-moment. Les equacions dEinstein.

8. Les equacions dEinstein linealitzades.

Perturbacions de Minkowski en coordenades harmòniques. El límit newtonià.

9. La mètrica de Schwarzschild.

Geometria de la solució de Schwarzschild. Geodèsiques temporals i nul·les. Extensió de Penrose-Lemaître. Forat negre.

10. Radiació gravitacional.

Ones gravitacionals en el buit. Polarització de les ones. Fonament dels detectors. Emissió de radiació.

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 de evolució. Matèria i energia fosca.



VOLUM DE TREBALL

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	45,00	100
	0,00	100
Lectures de material complementari	22,50	0
Preparació de classes de teoria	22,50	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	22,50	0
TOTAL	112,50	

METODOLOGIA DOCENT

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 "imaginariis", 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 exposaràn 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.

AVALUACIÓ

Els sistemes d'avaluació són els següents:

1) **Exàmens escrits** (80%): una part avaluarà la comprensió dels aspectes teòric-conceptuals i el formalisme de l'assignatura, tant mitjançant preguntes teòriques com a través de qüestions conceptuals i numèriques o casos particulars senzills. Altra part valorarà la capacitat d'aplicació del formalisme, mitjançant la resolució de problemes, així com la capacitat crítica respecte als resultats obtinguts. En ambdues parts es valoraran una correcta argumentació i una adequada justificació.

2) **Avaluació contínua** (20%): valoració de treballs i problemes presentats pels estudiants, qüestions proposades i discutides en l'aula, presentació oral de problemes resolts o qualsevol altre mètode que supose una interacció entre docents i estudiants.



REFERÈNCIES

Bàsiques

- "Gravity. An introduction to Einsteins general relativity". J.B. Hartle, Addison Wesley 2003.
- "Relativity and Cosmology". Wolfgang Rindler, Oxford 2005
- General Relativity. Woodhouse N.M.J. Springer 2007

Complementàries

- 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
- "General relativity". Bob. Wald 1995
- La relativité générale. Une approche geometrique Malcolm Ludvigsen Dunod, 2000
- Gravity from the ground up Bernard Schutz. Cambridge. 2003.
- New perspectives in astrophysical cosmology Martin Rees. Cambridge. 1995-2000.

ADDENDA COVID-19

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

ADDENDA GENÈRICA A la GUIA DOCENT

D'acord amb els nous ajustos de la docència de les titulacions oficials de la UVEG per a l'inici del segon quadrimestre del curs 2020-21, i que es recull en la resolució de la rectora de la Universitat de València, de 28 de gener de 2021, <https://links.uv.es/8kXO6vG> afegim aquesta addenda genèrica a les Guies Docents de les assignatures de segon quadrimestre:

METODOLOGIA DOCENT:

Durant el mes de febrer 2021, la docència de teories i seminaris-treballs tutelats, passen a modalitat de videoconferència síncrona impartida en l'horari fixat per l'assignatura i el grup.

A partir de l'1 de març, se seguirà la modalitat docent indicada en la Guia Docent i a les modalitats docents aprovades en les Comissions Acadèmiques de Títol dels mesos de juliol 2020 i novembre 2020, respectivament, tret que les autoritats sanitàries i Rectorat indiquin una nova reducció de presencialitat, en aquest cas es tornaria a la modalitat de videoconferència síncrona.

