

**Relativitat General i Cosmologia**

Codi: 103946

Crèdits: 6

Titulació	Típus	Curs	Semestre
2500097 Física	OT	4	0

**Professor de contacte**

Nom: Eduard Massó Soler

Correu electrònic: Eduard.Masso@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: anglès (eng)

Grup íntegre en anglès: Sí

Grup íntegre en català: No

Grup íntegre en espanyol: No

**Prerequisits**

És recomanable haver cursat Mecànica Teòrica i Sistemes no lineals, i Electrodinàmica i Radiació Sincrotró.

Recommendation: Theoretical Mechanics, Electrodynamics, Synchrotron radiation.

**Objectius**

To learn the physical basis of General Relativity (GR) as well as the most important gravitational phenomena that are described with it. This goal requires mastering tensorial calculus. The classical tests of GR and the familiarization with the most important spacetimes are also included as part of the course.

**Competències**

- Aplicar els principis fonamentals a l'estudi qualitatiu i quantitatiu de les diferents àrees particulars de la física
- Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals
- Conèixer les bases d'alguns temes avançats incloent desenvolupaments actuals en la frontera de la física sobre els quals poder-se formar posteriorment amb més profunditat
- Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom
- Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua
- Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia (especialment en anglès), bases de dades i col·laborant amb altres professionals
- Formular i abordar problemes físics identificant els principis més rellevants i utilitzant aproximacions, si fos necessari, per arribar a una solució que ha de ser presentada explicitant hipòtesis i aproximacions
- Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
- Planejar i realitzar, utilitzant els mètodes apropiats, un estudi o recerca teòrica i interpretar i presentar-ne els resultats
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, fer servir correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics
- Respectar la diversitat i pluralitat d'idees, persones i situacions
- Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte

- Treballar en grup, assumint responsabilitats compartides e interaccionant professional i constructivament amb altres amb absolut respecte als seus drets.
- Utilitzar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionant les eines apropiades, construint models adequats, interpretant resultats i comparant críticament amb l'experimentació i l'observació

## Resultats d'aprenentatge

1. Calcular el tensor de curvatura.
2. Calcular el tensor d'energia-moment de distribucions senzilles de matèria.
3. Calcular l'efecte de corriments al vermell i la deflexió de la llum produïts per un camp gravitatori.
4. Calcular les geodèsiques en un espai corb.
5. Calcular trajectòries de partícules en camps gravitatoris resolent l'equació de les geodèsiques.
6. Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals.
7. Descriure els conceptes bàsics del coneixement actual de l'estructura i evolució de l'univers.
8. Descriure les característiques del camp gravitatori generat per estrelles i forats negres així com els efectes que produeixen.
9. Descriure les ones gravitacionals i les seves propietats característiques.
10. Descriure l'evidència experimental de l'existència d'ones gravitatòries.
11. Descriure l'evidència experimental en favor de la relativitat general i el principi d'equivalència en observacions terrestres i astrofísiques.
12. Descriure l'evidència observacional en favor de la cosmologia del big bang.
13. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
14. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva, tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua.
15. Establir les bases per descriure l'evaporació i la termodinàmica dels forats negres.
16. Fer treballs acadèmics de manera independent usant bibliografia (especialment en anglès), bases de dades i col·laborant amb altres professionals.
17. Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
18. Obtenir el límit newtonià de les equacions d'Einstein amb fonts febles no relativistes.
19. Obtenir les forces de marea a partir del tensor de curvatura.
20. Obtenir magnituds físiques mesurades per diferents observadors a partir de mètriques pseudoriemannianes.
21. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
22. Relacionar la relativitat general i l'electromagnetisme establint-ne les similituds i diferències.
23. Respectar la diversitat i la pluralitat d'idees, persones i situacions.
24. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
25. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
26. Utilitzar equacions covariants i el càlcul tensorial.
27. Utilitzar la geometria diferencial per implementar el principi d'equivalència.
28. Utilitzar l'aproximació de simetria esfèrica en l'estudi d'estrelles i forats negres.
29. Utilitzar l'aproximació d'homogeneïtat i isotropia per descriure l'evolució i estructura de l'univers a gran escala.
30. Utilitzar les equacions d'Einstein linealitzades per descriure camps gravitatoris febles, incloent-hi la generació, propagació i detecció d'ones gravitatòries.
31. Utilitzar les simetries de l'espai-temps per resoldre problemes de dinàmica i cinemàtica relativista.

## Continguts

Special Relativity

The Equivalence Principle

Tensors in curved space

Einstein's equations

Spherical symmetry. Black holes

Weak fields. Gravitational radiation

Cosmology

## Metodologia

El format de l'assignatura sera de sessions de teoria i de problemes intercalades.

Es proporcionaran llistats de problemes de cada capítol per resoldre individualment o en grup amb el propòsit que l'estudiant consolidi els coneixements que s'expliquen a la part de teoria. Les solucions dels problemes es discutiran conjuntament amb el professor de problemes.

Els estudiants hauran de resoldre individualment en un temps limitat i entregar una selecció de problemes de cada capítol que contabilitza a la nota final.

Finalment, els estudiants s'hauran de preparar per dues proves de síntesi escrites: un parcial durant el curs i una prova final en acabar el curs amb dret a repesca.

Aquesta assignatura s'impartirà en ANGLÈS. Tot el material docent, incloent problemes i exàmens, es distribuirà als estudiants redactat en anglès. Els estudiants són lliures de respondre'ls en català, castellà o anglès, si bé es recomanada l'última opció.

## Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
<b>Tipus: Dirigides</b>			
Classe de problemes	15	0,6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Classe de teoria	30	1,2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31
<b>Tipus: Autònomes</b>			
Discussio i treball en grup	50	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Estudi de bases teòriques	44	1,76	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31

## Avaluació

2 entregues + 2 examens

## Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Entrega 1	20%	2	0,08	1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31

Entrega 2	20%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Examen	15%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Examen Final	45%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31

## Bibliografía

- E. Massó, "Notes on GR" (Available in Campus Virtual)
- B.F. Schutz, A First Course in General Relativity, Cambridge Univ Press, 2009.
- J.B. Hartle, Gravity: an introduction to Einstein's General Relativity, Addison-Wesley, 2003.
- R.J.A. Lambourne, Relativity, gravitation and cosmology, Cambridge Univ Press, 2010.
- S. Weinberg, Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity, J. Wiley & Sons, 1972.