

**Relativitat General i Cosmologia**

Codi: 103946  
Crèdits: 6

Titulació	Típus	Curs	Semestre
2500097 Física	OT	4	0

**Professor/a 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 d'energia-moment de distribucions senzilles de matèria.
2. Calcular el tensor de curvatura.
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 l'evidència experimental de l'existència d'ones gravitatòries.
9. Descriure l'evidència experimental en favor de la relativitat general i el principi d'equivalència en observacions terrestres i astrofísiques.
10. Descriure l'evidència observacional en favor de la cosmologia del big bang.
11. Descriure les característiques del camp gravitatori generat per estrelles i forats negres així com els efectes que produeixen.
12. Descriure les ones gravitacionals i les seves propietats característiques.
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 l'aproximació d'homogeneïtat i isotropia per descriure l'evolució i estructura de l'univers a gran escala.
28. Utilitzar l'aproximació de simetria esfèrica en l'estudi d'estrelles i forats negres.
29. Utilitzar la geometria diferencial per implementar el principi d'equivalència.
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

This course will be given entirely in English. All the course material (problems, homework and exams) will be distributed in English and students will be encouraged to do all the exercises/exams in English, although in Catalan or Spanish will also be accepted and assessed with the same criteria.

This course will consist of theory and problem classes. There will be an equilibrium among work at class and at home.

Problem lists will be given to be solved individually or in groups. The solutions to the problems will be discussed in the problem classes.

The students will solve individually and hand in after a limited time a selection of 'homework' problems that will count for the final course mark.

The students will have to prepare 2 written exams: a mid-term exam and a final exam, the latter of which can be re-taken once.

## 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, 11, 12, 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>			
Discussió i treball en grup	48	1,92	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	50	2	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

There will be a resit exam for students that: a) have done Exam 1 and Exam 2 and b) have failed the course with a mark of at least 3.5 (over 10).

Details on this exam will be announced in due course.

Students not attending Exam 2 will have the mark "Not presented - no evaluable"

## Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Entrega (Homework)	15%	1	0,04	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
Examen 1	35%	2	0,08	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 2	50%	2	0,08	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 Recuperació	85%	2	0,08	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

## Bibliografia

- 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.