



# Grado en Física (curso 2025-26)

|                                    |                 |                |                                       |              |          |             |    |
|------------------------------------|-----------------|----------------|---------------------------------------|--------------|----------|-------------|----|
| <b>Geomagnetismo y Gravimetría</b> |                 | <b>Código</b>  | 800557                                | <b>Curso</b> | 4º       | <b>Sem.</b> | 1º |
| <b>Módulo</b>                      | Física Aplicada | <b>Materia</b> | Física de la Atmósfera y de la Tierra | <b>Tipo</b>  | optativo |             |    |

|                           | Total | Teóricos | Práct./Semin. | Lab. |
|---------------------------|-------|----------|---------------|------|
| <b>Créditos ECTS:</b>     | 6     | 4.2      | 1.8           |      |
| <b>Horas presenciales</b> | 45    | 31       | 11            | 3    |

| Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conocer los campos gravitatorio y magnético de la Tierra y su influencia en todas las observaciones y fenómenos físicos.                                                                   |
| Breve descripción de contenidos                                                                                                                                                            |
| Campo magnético interno y externo, gravimetría. Descripción matemática. Forma de la Tierra. Variaciones del campo magnético terrestre. Origen del campo magnético terrestre. Aplicaciones. |
| Conocimientos previos necesarios                                                                                                                                                           |
| Conocimientos básicos impartidos en el Grado en <i>Física</i> sobre electricidad y magnetismo, mecánica y ecuaciones diferenciales.                                                        |

|                                 |                                 |          |               |                                                            |     |
|---------------------------------|---------------------------------|----------|---------------|------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Profesor/a coordinador/a</b> | Francisco Javier Pavon Carrasco |          |               | <b>Dpto.</b>                                               | FTA |
|                                 | <b>Despacho</b>                 | 04.106.0 | <b>e-mail</b> | <a href="mailto:fjpavon@fis.ucm.es">fjpavon@fis.ucm.es</a> |     |

| Teoría/Prácticas/Seminarios - Detalle de horarios y profesorado |      |     |             |                                 |       |       |
|-----------------------------------------------------------------|------|-----|-------------|---------------------------------|-------|-------|
| Grupo                                                           | Aula | Día | Horario     | Profesor                        | horas | Dpto. |
| A                                                               | 14   | M,J | 12.00-13.30 | Francisco Javier Pavón Carrasco | 42    | FTA   |

| Laboratorios - Detalle de horarios y profesorado |                 |                                           |                             |       |       |
|--------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------|-----------------------------|-------|-------|
| Grupo                                            | Lugar           | sesiones                                  | Profesor                    | horas | Dpto. |
| L1                                               | A<br>determinar | 21/10/2024; 25/11/2024,<br>12.00 - 13.30h | Mario Serrano Sánchez-Bravo | 3     | FTA   |
| L2                                               |                 | 21/10/2024; 25/11/2024,<br>12.00 - 13.30h | Martín Beongoechea Albalá   | 3     |       |

| Tutorías |                                 |                                                                                                 |                                                            |          |
|----------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------|
| Grupo    | Profesor                        | horarios                                                                                        | e-mail                                                     | Lugar    |
| A        | Francisco Javier Pavón Carrasco | 1er sem: L y X: 12:30-14:00 + 3h online<br>2º sem: M: 10:30-12:00 J: 12:30-14.00<br>+ 3h online | <a href="mailto:fjpavon@fis.ucm.es">fjpavon@fis.ucm.es</a> | 04.106.0 |

| Programa de la asignatura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1. Introducción.</b><br/>Sistemas de coordenadas. La esfera celeste.</p> <p><b>2. Fundamentos de la teoría del potencial.</b><br/>Ecuación de Laplace. Desarrollo en armónicos esféricos del potencial de la gravedad y del potencial geomagnético. Problemas de contorno: teorema de Stokes y principio de Dirichlet.</p> <p><b>3. Campo de la gravedad.</b><br/>Elipsoide internacional. Potencial normal y gravedad teórica. Potencial anómalo. Ondulaciones del geoide. Ecuación fundamental de la Geodesia Física. Anomalías de la gravedad e isostáticas. Efecto indirecto de las reducciones de la gravedad. Altitudes geodésicas.</p> <p><b>4. Satélites artificiales.</b><br/>Perturbación de órbitas Keplerianas y parámetros orbitales. Determinación de los armónicos zonales. Altimetría por satélite. Sistemas de posicionamiento global.</p> <p><b>5. Rotación de la Tierra.</b><br/>Precesión y nutación del eje de rotación. Variaciones en los parámetros orbitales. Movimiento libre del polo.</p> <p><b>6. Mareas terrestres.</b><br/>Potencial elevador de las mareas. Geometría de las mareas. Mareas terrestres. Números de Love y Shida.</p> <p><b>7. Campo geomagnético.</b><br/>Campos constituyentes. Características del campo principal y su variación secular. Campo cortical. Modelos geomagnéticos de referencia basados en observaciones de satélites y observatorios geofísicos: familias IGRF, CHAOS y WDMAM.</p> <p><b>8. Magnetización de la materia y aplicaciones del paleomagnetismo.</b><br/>Superparamagnetismo y teoría de Néel. Procesos de adquisición de remanencia magnética natural. Aplicaciones del paleomagnetismo.</p> <p><b>9. Pasado del campo geomagnético principal.</b><br/>Campo geomagnético promediado. Curvas de Deriva Polar. Inversiones y excursiones geomagnéticas. Reconstrucciones del campo geomagnético basadas en paleomagnetismo.</p> <p><b>10. Interacción Tierra-Sol.</b><br/>Características de la ionosfera y magnetosfera. Teoría de Chapman. Viento solar. Cinturones de Van Allen. Meteorología espacial.</p> <p><b>11. Origen del Campo magnético terrestre.</b><br/>Introducción a la magnetohidrodinámica. Teorema del flujo congelado. Números adimensionales. Teoría de la geodinamo.</p> <p><b>12. Planetología comparada.</b><br/>Planetas terrestres. Planetas gigantes. Parámetros dinámicos. Estructura comparada. Dinamos planetarias.</p> |

| Bibliografía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Básica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Clauser. Introduction to Geophysics. Springer. 2024 (1ª Edición).</li> <li>• Merrill, R.T, M. McElhinny y P. McFadden. The Magnetic Field of the Earth, Academic Press, Boston. 1996,</li> <li>• Parkinson, W.D. Introduction to Geomagnetism, Elsevier, Amsterdam. 1983,</li> <li>• Torge, W. Gravimetry. Walter de Gruyter. Berlin, 1989.</li> <li>• Udías, A. y J. Mezcua. Fundamentos de Geofísica. Alianza Universidad Textos. 1997</li> </ul> <p><b>Complementaria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bufo, E., Pro, C. y A. Udías. Problemas resueltos de Geofísica. Pearson Educación, S.A. 2010.</li> <li>• Campbell, W.H., Introduction to Geomagnetic Fields, Cambridge University Press, Cambridge. 1997</li> <li>• Heiskanen, W. y Moritz, H. Geodesia Física. Instituto Geográfico Nacional. 1985.</li> <li>• Jacobs, J.A. (Editor), Geomagnetism, Academic Press, Londres. 1991</li> <li>• Ratcliffe, J.A. An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge University Press, 1972.</li> </ul> |

| Recursos en internet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Campus Virtual de la UCM.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="https://vires.services">https://vires.services</a>. VirES: Earth's magnetic field as observed by Swarm: data and models.</li> <li>• <a href="https://arxiv.org/abs/1902.08098">https://arxiv.org/abs/1902.08098</a>. Spatial And Temporal Changes Of The Geomagnetic Field: Insights From Forward And Inverse Core Field Models. Gillet, N. (2019). CNRS, ISTERre.</li> <li>• <a href="https://www.asg.ed.tum.de/iapg/forschung/schwerefeld/goco/">https://www.asg.ed.tum.de/iapg/forschung/schwerefeld/goco/</a>. GOCO: Modelo geopotencial Gravity Observation Combination</li> <li>• <a href="http://icgem.gfz-potsdam.de/home">http://icgem.gfz-potsdam.de/home</a>. International Centre for Global Earth Models (ICGEM).</li> </ul> |

| Metodología                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos del campo geomagnético y de la gravedad de la Tierra.</li> <li>• Clases prácticas de problemas que se irán intercalando con las lecciones teóricas de manera que se complementen adecuadamente.</li> <li>• Prácticas: Se llevarán a cabo 2 prácticas en las que se analizarán supuestos prácticos.<br/>P1: Análisis del campo de gravedad y P2: Análisis del campo geomagnético.<br/>Ambas prácticas se realizarán en las aulas de informática.</li> <li>• Seminarios: las lecciones se verán complementadas con el estudio de casos reales de actualidad o de referencia (discusión de artículos de referencia, aplicaciones, etc).</li> </ul> |

| Evaluación                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----|
| <b>Realización de exámenes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Peso:</b> | 70% |
| El examen consistirá en una serie de cuestiones teóricas y prácticas (de nivel similar a las resueltas en clase). La calificación obtenida será Nexamen.                                                                                                                                                      |              |     |
| <b>Otras actividades de evaluación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Peso:</b> | 30% |
| A lo largo del curso el alumno entregará de forma individual los problemas, actividades e informes de prácticas, así como cuestiones que le indique el profesor en las fechas que éste determine. Los informes de prácticas se podrán entregar solo si se ha asistido a las sesiones indicadas en el apartado |              |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| de Laboratorios.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Calificación final</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>La calificación final será la mejor de las dos opciones siguientes:</p> <p><math>CFinal = 0.7 \cdot Nexamen + 0.3 \cdot NOtrasActiv</math> (es necesario que <math>Nexamen \geq 4</math>).</p> <p><math>CFinal = Nexamen</math> (es necesario que <math>Nexamen \geq 5</math>).</p> <p>Donde <math>NOtrasActiv</math> es la calificación correspondiente a Otras Actividades y <math>Nexamen</math> la obtenida en la realización del examen (ambas evaluadas sobre 10). La calificación de la convocatoria extraordinaria de junio/julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación (<math>NOtrasActiv</math> se conserva para dicha convocatoria).</p> |