

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
NANOTECNOLOGÍAS: FÍSICA Y APLICACIONES	FÍSICA DE NANOESCALA/Fluidos nanoestructurados. Propiedades reológicas	2015-2016	2º	6	Optativa
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Antonio Molina Cuevas (AM)</li> <li>Juan de Dios García López-Durán (JD)</li> <li>Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda(JV)</li> </ul>			Departamento de Física Aplicada, 1ª planta Edificio de Física, Facultad de Ciencias. Despachos nº: 4 (AM); 13 (JD); 11 (JV) Correos electrónicos: <a href="mailto:amolina@ugr.es">amolina@ugr.es</a> ; <a href="mailto:jdgarcia@ugr.es">jdgarcia@ugr.es</a> ; <a href="mailto:jvicente@ugr.es">jvicente@ugr.es</a>		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>		
			AM - Lunes 9 - 12 h; miércoles 10 - 12 h; viernes 13 - 14 h. JD - Martes, miércoles, jueves 11:30 - 13:30 h JV - Martes, miércoles, jueves 12:30 - 14:30 h		
<b>MÁSTER EN EL QUE SE IMPARTE</b>			<b>OTROS MÁSTER A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</b>		
Máster en Física: radiaciones, nanotecnología, partículas y astrofísica			Física y Matemáticas (FISYMAT)		
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>					
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)</b>					
Ecuaciones constitutivas de fluidos newtonianos y sólidos elásticos. Viscoelasticidad. Métodos experimentales en Reología. Reología de fluidos complejos. Reología de materiales biológicos compuestos.					
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</b>					
Básicas CG1. Capacidad de aplicación de conocimientos adquiridos, para la resolución de problemas en entornos					



nuevos o poco conocidos. En particular, el estudiante debe ser capaz de enfrentarse a situaciones multidisciplinares o involucrando diferentes campos de la Física.

CG2. Capacidad crítica y de integración de conocimientos. El estudiante deberá ser capaz de enfrentarse a la complejidad, y formular juicios o sugerir modos de resolución incluso si la información disponible es incompleta.

CG3. Capacidad de trabajo en equipo. Deberá integrar su trabajo en el interés de un proyecto común.

CG4. Capacidad de comunicación. Como resultado del proceso de aprendizaje, deberá aprender a utilizar sus potencialidades personales para presentar sus resultados o los de su grupo ante cualquier auditorio. Adquisición del convencimiento de que su conocimiento del trabajo realizado le convierte de inmediato en foco de interés y atención.

CG5. Capacidad de generación de propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.

#### Transversales

CT1. Capacidad de razonamiento crítico: el estudiante debe ser capaz de distinguir aquellos aspectos de su trabajo o del de otros que suponen innovación y avance.

CT3. Capacidad de automotivación. Forma parte de la madurez que debe alcanzarse en el proceso formativo a estos niveles: las dificultades han de enfrentarse con decisión y confianza.

#### Específicas

CE1. Capacidad de interpretar datos procedentes de la observación experimental o la simulación numérica.

CE2. Consideración rigurosa de las limitaciones e incertidumbres en los resultados, y de los métodos que pueden aplicarse para minimizarlas.

CE3. Capacidad de profundizar en los distintos campos de la Física, y de identificar los aspectos que se encuentran en los límites del conocimiento.

CE4. Adquisición de habilidades y conocimientos acerca de las técnicas de caracterización de materiales a cualquier escala, especialmente micro- y nanométrica.

CE6. Capacidad de imaginar nuevas aplicaciones de materiales y de elaborar técnicas para su preparación con las propiedades necesarias.

### **OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)**

El alumno será capaz de:

- Comprender el significado físico de las magnitudes que describen la deformación y flujo de materiales bajo la acción de esfuerzos mecánicos.
- Describir fenomenológicamente el flujo de líquidos no-newtonianos y conocer las ecuaciones constitutivas que describen su comportamiento.
- Describir fenomenológicamente la deformación y flujo de materiales viscoelásticos y las ecuaciones constitutivas y modelos que describen su comportamiento.
- Preparación de fluidos nanoestructurados.
- Medir la viscosidad de fluidos utilizando viscosímetros rotacionales.
- Medir los módulos mecánicos que describen el comportamiento de materiales viscoelásticos.
- Reconocer fenómenos de deformación/flujo no-lineales de interés tecnológico.
- Relacionar el comportamiento de materiales viscoelásticos con la estructura microscópica de fluidos o sólidos complejos.
- Aplicar lo anterior a suspensiones, emulsiones y polímeros de interés industrial y biomédico.



## TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

### TEMARIO TEÓRICO:

#### I) ECUACIONES CONSTITUTIVAS DE FLUIDOS NEWTONIANOS Y SÓLIDOS ELÁSTICOS.

Bases físicas de los fluidos. Descripción Lagrangiana y Euleriana. El sólido elástico. Modelos del cuerpo elástico lineal. Parámetros de Lamé. Energía elástica. Ecuaciones de Navier. Modelo de fluido ideal. Ecuaciones de Euler y de Lamb-Gromeka. Modelo de fluido lineal viscoso. Primero y segundo coeficiente de viscosidad. Ecuaciones de Navier-Stokes.

#### II) VISCOELASTICIDAD. MÉTODOS EXPERIMENTALES EN REOLOGÍA

LÍQUIDOS NO-NEWTONIANOS. Líquidos no-newtonianos con propiedades independientes del tiempo. Líquidos no-newtonianos con propiedades dependientes del tiempo: Tixotropía y reopexia. Métodos experimentales: Viscosimetría.

VISCOELASTICIDAD LINEAL. Ecuación constitutiva general. Módulos viscoelásticos. Modelos viscoelásticos: Modelos de Kelvin-Voigt y de Maxwell generalizados. Materiales viscoelásticos lineales en régimen oscilatorio. Métodos experimentales.

FENÓMENOS VISCOELÁSTICOS NO-LINEALES. Fenómenos no-lineales. Origen y naturaleza de las diferencias entre esfuerzos normales ( $N_1$  y  $N_2$ ). Comportamiento típico y efectos observables de  $N_1$  y  $N_2$ : efecto Weissenberg; efecto sifón; hinchamiento de vena líquida; vórtices en procesos de mezcla. Métodos de medida de  $N_1$  y  $N_2$ .

#### III) REOLOGÍA DE FLUIDOS COMPLEJOS

Coloides y suspensiones. Efectos hidrodinámicos y esferas duras. Fluidos complejos estables (repulsivos) e inestables (atractivos). Tixotropía y esfuerzo umbral. Espesamiento y dilatancia. Reometría de suspensiones. Modelización estructural. Simulaciones a nivel de partícula. Reología interfacial. Fluidos complejos avanzados (partículas no esféricas; medios viscoelásticos; ferrofluidica; electro- y magneto-reología). Técnicas avanzadas (flujos confinados no convencionales, tribo-reología y microrreología).

#### IV) REOLOGÍA DE MATERIALES BIOLÓGICOS COMPUESTOS

Líquidos y geles poliméricos. Biopolímeros. Tejidos biológicos. Efecto de incrustaciones en matrices poliméricas. Técnicas experimentales: macrorreología; microrreología de células vivas; nanoindentación en matrices extracelulares.

### TEMARIO PRÁCTICO:

#### Seminarios-Trabajos monográficos:

- Simulación computacional en fluidos complejos.
- Reología de emulsiones, suspensiones, y líquidos y geles poliméricos.
- Reología de productos farmacéuticos y cosméticos: cremas, pomadas, geles.
- Reología de asfaltos, aceites, grasas, lubricantes multigrado.
- Reología de derivados de la industria química: pinturas, tinta, papel, cerámicas, detergentes líquidos.
- Fluidos electrorreológicos y magnetorreológicos.
- Reología de biopolímeros.

#### Prácticas de Laboratorio:

En cada trabajo monográfico se deben realizar medidas con un reómetro de las propiedades del material



elegido:

- Medidas en estado estacionario: viscosidad, esfuerzo umbral.
- Medidas bajo esfuerzo de cizalla oscilante: módulos viscoelásticos.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Barnes, H. A., J. F. Hutton, K. Walters. An Introduction to Rheology. Elsevier. Amsterdam. 1989.
- Kundu, P. K., I. M. Cohen. Fluid Mechanics. Elsevier. Amsterdam. 2008.
- Lakes, R. Viscoelastic Materials. Cambridge University Press. 2009.
- Larson, R. G. The Structure and Rheology of Complex Fluids. Oxford University Press. Nueva York. 1999.
- Macosko, C. W. Rheology. Principles, Measurements, and Applications. VCH. Nueva York. 1994.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Christensen, R. M. Mechanics of Composite Materials: Krieger Publishing Company. 1991.
- Huilgol, R. R., N. Phan-Thien. Fluid Mechanics of Viscoelasticity. Elsevier. Amsterdam. 1997.
- Hunter, R. J. Foundations of Colloid Science. Clarendon Press. Oxford. 1987.
- Owens, R., T. N. Phillips. Computational Rheology. Imperial College Press. Londres. 2002.
- Schramm, G. A Practical Approach to Rheology and Rheometry. Gebrüder Haake GmbH. Kalsruhe. 1994.
- Steffe, J. F. Rheological methods in food process engineering. Freeman Press. East Lansing, MI (USA). 1996.

## ENLACES RECOMENDADOS

## METODOLOGÍA DOCENTE

- Clases magistrales.
- Resolución de ejercicios.
- Trabajos monográficos dirigidos por el profesor.
- Prácticas de laboratorio. Elaboración de informes.

## PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Primer cuatrimestre	Temas del temario	Actividades presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)				Actividades no presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)			
		Sesiones teóricas (horas)	Sesiones prácticas – (horas)	Exposiciones y seminarios (horas)	Exámenes (horas)	Tutorías individuales (horas)	Tutorías colectivas (horas)	Estudio y trabajo individual del alumno (horas)	Trabajo en grupo (horas)



<b>Semana 1</b>										
<b>Semana 2</b>										
<b>Semana 3</b>										
<b>Semana 4</b>										
<b>Semana 5</b>										
<b>Semana 6</b>										
<b>Semana 7</b>										
<b>Semana 8</b>										
<b>Semana 9</b>										
<b>Semana 10</b>										
<b>Semana 11</b>										
<b>Semana 12</b>										
<b>Semana 13</b>										
<b>Semana 14</b>										
<b>Semana 15</b>										
<b>Semana 16</b>										
<b>Semana 17</b>										
<b>Semana 18</b>										
<b>Semana 19</b>										
<b>Semana 20</b>										
<b>Total horas</b>										

**EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)**

1. Examen final escrito. Ponderación mínima: 20 %. Ponderación máxima: 50 %.
2. Trabajo de laboratorio: resultados obtenidos, dedicación y aprovechamiento, capacidad de trabajo en equipo. Ponderación mínima: 15 %. Ponderación máxima: 40 %.



- 
3. Evaluación de trabajos propuestos y seminarios realizados por los alumnos. Ponderación mínima: 15 %.  
Ponderación máxima: 40 %.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

