



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

53001374 - Simulación Molecular: De Algoritmos A Aplicaciones

PLAN DE ESTUDIOS

05BC - Master Universitario En Ingeniería Química

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	8
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53001374 - Simulación Molecular: de Algoritmos a Aplicaciones
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Segundo curso
Semestre	Cuarto semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05BC - Master Universitario en Ingeniería Química
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Aikaterini Foteinopoulou	Materiales	k.foteinopoulou@upm.es	L - 09:30 - 10:30
Nikolaos Karagiannis (Coordinador/a)	Materiales	n.karayiannis@upm.es	M - 11:00 - 13:00

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Martinez Fernandez, Daniel	daniel.martinez.fernandez@upm.es	Karagiannis, Nikolaos

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Química no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Programación Básica
- Química Física
- Métodos Numéricos

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CE1 - Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia, y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas técnicos.

CE3 - Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas.

CE4 - Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución, incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado, y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño

CG1 - Capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía, para formular y resolver problemas complejos en procesos, equipos, instalaciones y servicios, en los que la materia experimente cambios en su composición, estado o contenido energético, característicos de la industria química y de otros sectores relacionados entre los que se encuentran el farmacéutico, biotecnológico, materiales, energético, alimentario o medioambiental.

CG10 - Adaptarse a los cambios, siendo capaz de aplicar tecnologías nuevas y avanzadas y otros progresos relevantes, con iniciativa y espíritu emprendedor.

CG11 - Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión

CG4 - Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología

CG5 - Saber establecer modelos matemáticos y desarrollarlos mediante la informática apropiada, como base científica y tecnológica para el diseño de nuevos productos, procesos, sistemas y servicios, y para la optimización de otros ya desarrollados

CG9 - Comunicar y discutir propuestas y conclusiones en foros multilingües, especializados y no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades

CT1 - Uso de la lengua inglesa

CT3 - Creatividad

CT7 - Trabajos en contextos internacionales

4.2. Resultados del aprendizaje

RA167 - aplicar métodos estocásticos para simular sistemas atómicos o de partículas

RA36 - Comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

El curso se centra en el uso de la simulación molecular para aplicaciones modernas relacionadas con la ingeniería química.

Se espera que los estudiantes:

-) aprendan a trabajar en el sistema operativo Linux, que incluye secuencias de comandos (scripting), acceso remoto, envío de trabajos y compilación de códigos de programación.
-) aprendan lenguaje de programación de alto nivel (principalmente fortran), para escribir, depurar (debug) y ejecutar algoritmos avanzados.
-) entiendan los fundamentos de las simulaciones por ordenadores con un enfoque especial en conceptos como celda de simulación, convención de imagen mínima, condiciones de contorno periódicas, números aleatorios.
-) obtener conocimientos prácticos y fundamentales de física estadística relacionados con la simulación molecular.
-) aprender los métodos Monte Carlo (MC) y Molecular Dynamics (MD) para la simulación de sistemas de muchos cuerpos (many-body systems).
-) aprender a analizar los resultados de la simulación (procesamiento posterior a la simulación).
-) obtener conocimientos prácticos sobre software de visualización de última generación (énfasis en VMD) para la producción de imágenes y videos interactivos de alta calidad.

La evaluación progresiva implica la finalización de un conjunto de trabajos en clase (a veces en equipo), tareas y

un proyecto final. Ambos partes de evaluación no son recuperables.

La asignatura se imparte completamente en inglés. Se considera esencial para proyectos de master (TFM) en el Laboratorio de Simulación de Materiales (LSM).

5.2. Temario de la asignatura

1. Introduction (Introducción)
 - 1.1. Basic Definitions (Definiciones Basicas)
 - 1.2. Molecular Modeling (Modelado Molecular)
 - 1.3. Molecular Simulation (Simulación Molecular)
 - 1.4. Software, Programming Languages, Compilers (Software, Lenguajes de Programación, Compiladores)
 - 1.5. Bibliography (Bibliografía)
2. Introduction to the Linux Operating System (Introducción al Sistema Operativo Linux)
 - 2.1. The SSH and SFTP Protocols (Los Protocolos SSH y SFTP)
 - 2.2. Important Linux Commands (Comandos Importantes de Linux)
 - 2.3. Scripts and Batch Jobs (Scripts y Batch Jobs)
3. Appendix: Fortran (Apéndice: Fortran)
 - 3.1. The Fortran Programming Language (El Lenguaje de Programación Fortran)
 - 3.1.1. Compilers - Windows and Linux OS (Compiladores (SO Windows y Linux))
 - 3.1.2. Basic Commands (Comandos Básicos)
 - 3.1.3. Examples: Scientific Problems (Ejemplos: Problemas Científicos)
4. Interaction Potential (Potencial de Interacción)
 - 4.1. Hard-Sphere Model (Modelo de Esferas Duras)
 - 4.2. Square-Well Model (Modelo de Pozo Cuadrado)
 - 4.3. Soft-Sphere Model (Modelo de Esferas Blandas)
 - 4.4. Lennard-Jones Model (Modelo Lennard-Jones)
 - 4.5. Long-range Interactions (Interacciones de Largo Alcance)

- 4.6. From Atoms to Molecules (De Átomos a Moléculas)
- 5. Simulation Cell (Celda de Simulación)
 - 5.1. System Size
 - 5.1.1. Surface Effects
 - 5.1.2. Periodic Boundary Conditions
 - 5.1.3. Minimum Image Convention
 - 5.2. Random Numbers
 - 5.2.1. Generation
 - 5.2.2. Sampling
- 6. Statistical Physics (Física Estadística)
 - 6.1. State of Equilibrium
 - 6.2. Entropy
 - 6.3. Microstates and Macrostates
 - 6.4. Phase Space
 - 6.5. Statistical Ensemble
- 7. Monte Carlo (Monte Carlo)
 - 7.1. Numerical Method
 - 7.2. Ensemble Average
 - 7.3. Importance Sampling
 - 7.4. Markov Chain
 - 7.5. Metropolis Monte Carlo
 - 7.6. Molecular Systems
- 8. Molecular Dynamics (Dinámica Molecular)
 - 8.1. Equations of Motion
 - 8.2. Time Integration
 - 8.2.1. Gear Predictor-Corrector
 - 8.3. Velocity Components
 - 8.3.1. Gaussian Distribution
 - 8.4. M.D. Algorithms

8.4.1. Verlet

8.4.2. Leap-Frog Verlet

8.4.3. Velocity Verlet

9. Post-Simulation Analysis (Análisis Posterior a la Simulación)

9.1. Standard Post-Processing (Posprocesamiento Estándar)

9.2. Visualization of System Configurations (Visualización de Configuraciones del Sistema)

10. Applications in Research (Aplicaciones en Investigación)

10.1. Entanglements in Polymers: From Believing to Observing (Enredos en Polímeros: de Creer a Observar)

10.2. Prediction of Magnetization through Monte Carlo Simulations (Predicción de Magnetización a través de Simulaciones Monte Carlo)

10.3. Simu-D: A Simulator-Descriptor Software (Simu-D: un Software Simulador-Descriptor)

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Chapter 1: Basic Concepts Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Computer Practice Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2	Introduction to Linux Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Examples and problems related to working, compiling and executing jobs in linux. Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
3	Programming with Fortran Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Examples and problems related to coding with Fortran Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
4	Interaction Potential (I) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Interaction Potential: Exercises Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
5	Interaction Potential (II) Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Interaction Potential: Exercises (II) Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:30
6	Simulation Cell (I) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Interaction Potential: Simulation Cell (I) Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
7	Simulation Cell (II) Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	Interaction Potential: Simulation Cell (II) Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
8	Statistical Physics Duración: 05:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
9	Monte Carlo (I) Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Monte Carlo: Algorithm (I) Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

10		Monte Carlo: Algorithm (I) Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
11	Molecular Dynamics Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Molecular Dynamics: Algorithm (I) Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12		Post-Simulation Analysis Learning the VMD visualization software. Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
13		Application: The Ising Model Duración: 04:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
14	Molecular Simulation: Applications Duración: 04:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
15	Molecular Simulation: Applications (II) Duración: 04:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
16		Molecular Simulation: Applications Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativos con el curso TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 01:00
17				Examen final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00 Proyecto Final EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:30	10%	/ 10	
3	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	10%	/ 10	CT1 CG5 CT3 CG11
4	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	01:00	10%	/ 10	
5	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:30	10%	/ 10	
6	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	10%	/ 10	CT1 CE4
10	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	20%	/ 10	CG10 CT1
13	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	%	/ 10	CT7 CE3 CT1 CG9
16	Trabajo en clase y en casa para resolver problemas relativas con el curso	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	01:00	30%	/ 10	CG1 CG4 CB10 CE1

17	Proyecto Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	30%	/ 10	
----	----------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	------	--

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	100%	/ 10	CT1

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

1. La asignatura se imparte en Inglés
2. Aplicaciones relacionadas con los problemas industriales actuales al nivel molecular - atómico
3. Aprendizaje de técnicas computacionales de última generación
4. Aprender a trabajar en un entorno internacional

Se selecciona la evaluación progresiva como único método de evaluación.

La evaluación se compone de trabajos en clase (classworks) en cada sesión que NO son recuperables. Estos van acompañados de un conjunto de tareas para casa (homeworks).

Siempre que sea posible los trabajos de clase corresponden a trabajos en equipo (teamworks).

Un proyecto final tiene un peso del 20% y las colecciones de trabajos de clase y tareas tienen un peso del 80%.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Faires and Burden, Numerical Methods (2013)	Bibliografía	Numerical Methods
scientific articles	Bibliografía	scientific articles on Monte Carlo and Molecular Dynamics
scientific articles	Bibliografía	Articles related to applications (polymer rheology, barrier properties of materials, ets)
Mandl, Statistical Physics (1978)	Bibliografía	Statistical Physics
Allen and Tildesley, Computer Simulation of Liquids (2003)	Bibliografía	Molecular Simulation
Fortran Compiler	Equipamiento	Fortran Compiler
V.M.D	Equipamiento	VMD: visualization program
Allen and Tildesley, Computer Simulation of Liquids, 2nd edition (2017)	Bibliografía	version nueva (2017) del libro

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

Idioma principal del curso: **Inglés** / main language of the course: **English**