

# Universitat Politècnica de Catalunya – Universitat de Barcelona

## Máster oficial de Ingeniería en Energía

### *Ficha de descripción de asignatura*

<b>Asignatura</b>		Física del Reactor Nuclear		<b>Código:</b>	
				<b>Versión:</b> <b>2</b>	
<b>Tipo:</b>	Optativa	<b>Créditos totales ECTS:</b>	5	<b>Horas/semana totales:</b>	8
<b>Idioma:</b>	Catalán	<b>Créditos presenciales Teoría:</b>	1,2	<b>Horas/semana presenciales Teoría:</b>	1,8
<b>Horas/crédito:</b>	25	<b>Créditos presenciales Problemas:</b>	0,8	<b>Horas/semana presenciales Problemas:</b>	1,2
<b>Cuatrimestre:</b>	3º	<b>Créditos presenciales Laboratorio:</b>	0	<b>Horas/semana presenciales Laboratorio:</b>	0
<b>Nivel:</b>		<b>Créditos no presenciales:</b>	3	<b>Horas/semana no presenciales:</b>	5
<b>Coordinador:</b>	Lluís Batet				
<b>Profesores:</b>	Lluís Batet, Alfredo de Blas, Francesc Reventós				
<b>Horario y lugar de tutorías:</b>	y Hora: a convenir (cita por e-mail) de Lugar: Secció d'Enginyeria Nuclear (Dept. Física i Enginyeria Nuclear) – ETSEIB, pabellón C				
<b>Prerrequisitos:</b>					
<b>Correquisitos:</b>					
<b>Objetivos generales:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar al estudiante una visión de los fenómenos que permiten la generación de potencia térmica en un reactor nuclear de fisión o de las condiciones en que esta generación es posible.</li> <li>- Proporcionar las herramientas analíticas que permiten calcular la distribución espacial y la evolución temporal de la producción de potencia en el núcleo de un reactor de fisión</li> <li>- Presentar cualitativa y cuantitativamente los fenómenos dinámicos que afectan a la multiplicación de neutrones en el núcleo del reactor, estableciendo un vínculo con los contenidos de la Termohidráulica.</li> </ul>				
<b>Objetivos específicos de cada tema:</b>	Al acabar cada uno de los temas el estudiante será capaz de: Tema 0: Introducción Describir la composición de la materia y la relación entre masa y energía Describir los principios que permiten obtener energía de una reacción nuclear Describir los principios básicos de funcionamiento de una central nuclear y enumerar sus sistemas principales Tema 1: Reacciones nucleares, reacciones neutrónicas. Enumerar los diferentes tipos de reacciones nucleares con neutrones Explicar qué es una sección eficaz microscópica y describir su significado físico Explicar la dependencia energética de las secciones eficaces y el fenómeno de la resonancia Describir el concepto de “grupo de neutrones” Tema 2: La fisión nuclear. Productos de la fisión. Describir las principales características de la fisión y enumerar los diferentes productos de la fisión Clasificar las especies nucleares respecto de su facilidad para sufrir una reacción de fisión Explicar la importancia de la forma como se distribuye la energía de fisión entre los productos Tema 3: Transporte de neutrones en un medio material. La ecuación de difusión Explicar las diferencias entre flujo y corriente de neutrones Explicar los términos que intervienen en las reacciones de balance de neutrones Describir las particularidades de la teoría de la difusión de neutrones Tema 4: Moderación y termalización de neutrones. Los neutrones térmicos. Describir el proceso que sigue un neutrón desde que nace de una fisión hasta que desaparece del sistema Describir el espectro energético de los neutrones en un reactor nuclear Explicar el efecto de la temperatura sobre la probabilidad de escape a las resonancias Analizar los fenómenos que hacen que el espectro de los neutrones térmicos se aparte del de Maxwell-Boltzmann Calcular parámetros de grupo para los neutrones térmicos Resolver la ecuación de difusión de los neutrones con dos grupos Tema 5: Teoría del reactor nuclear. Criticidad.				

Explicar la fórmula de los cuatro factores  
 Resolver la ecuación del reactor para dos grupos de neutrones  
 Analizar los términos que aparecen en la condición de criticidad de un reactor desnudo y de uno con reflector  
 Explicar los efectos que tiene una configuración heterogénea respecto de una homogénea en la criticidad  
 Tema 6: Cinética del reactor.  
 Explicar la importancia de los neutrones retardados en un reactor  
 Explicar los términos que aparecen en la ecuación in-hour  
 Describir las soluciones de la ecuación in-hour a diferentes perturbaciones de la reactividad  
 Tema 7: Dinámica del reactor.  
 Describir los diferentes fenómenos que pueden modificar la reactividad del reactor  
 Analizar diferentes casos de variación de reactividad con realimentación  
 Describir el efecto que tiene la evolución isotópica del combustible sobre el análisis  
 Analizar un libro de curvas de un reactor  
 Tema 8: Métodos multigrupos. Códigos de cálculo.  
 Calcular parámetros de grupo  
 Explicar métodos numéricos de resolución de la ecuación de difusión multigrupo  
 Analizar la realimentación provocada por el acoplamiento neutrónico-termohidráulico

**Objetivos** Análisis numérico de sistemas complejos

**transversales:** Trabajo en equipo

**Programa de Teoría:**

Tema 0: Introducción.

La estructura de la materia. El núcleo  
 Definiciones, generalidades  
 Equivalencia masa-energía. La energía de enlace.  
 Estabilidad e inestabilidad nuclear. La radioactividad.  
 Principios de funcionamiento del reactor nuclear. La reacción de fisión en cadena

Tema 1: Reacciones nucleares, reacciones neutrónicas.

Reacciones nucleares. Reacciones nucleares con neutrones  
 Secciones eficaces  
 Variación de las secciones eficaces con la energía. Resonancias  
 Concepto de grupo de neutrones: neutrones térmicos, neutrones rápidos

Tema 2: La fisión nuclear. Los productos de la fisión.

La fisión nuclear, modelos  
 Clasificación de los núcleidos según la reacción de fisión  
 Secciones eficaces de fisión de los nucleidos  
 Fragmentos y productos de fisión  
 Neutrones de fisión  
 Energía de fisión

Tema 3: Transporte de neutrones en un medio material. La ecuación de difusión

Introducción: concepto de densidad, flujo y corriente de neutrones, tasa de reacción  
 Ecuación del transporte de neutrones  
 Ecuación de continuidad  
 Ley de Fick y ecuación de difusión de los neutrones  
 Soluciones a la ecuación de difusión de los neutrones  
 Significado físico de las soluciones de la ecuación de difusión: área de difusión

Tema 4: Moderación y termalización de neutrones. Los neutrones térmicos.

Dispersión de neutrones. El choque moderador  
 Espectro energético de los neutrones durante la moderación  
 Absorción resonante. Probabilidad de escape a las resonancias  
 Termalización de neutrones

Neutrones térmicos, espectro de Maxwell-Boltzmann, otras aproximaciones al espectro energético  
 Parámetros de grupo de los neutrones térmicos  
 Ecuación de difusión de los neutrones térmicos  
 Ecuación de difusión con dos grupos de neutrones

**Tema 5: Teoría del reactor nuclear. Criticidad.**

El medio multiplicador  
 Ecuación del reactor para un grupo de neutrones  
 Fórmula de los cuatro factores  
 Criticidad en un reactor térmico. Ecuación con dos grupos  
 Reflectores  
 Reactores heterogéneos

**Tema 6: Cinética del reactor.**

Neutrones instantáneos y retardados  
 Cambios en el coeficiente de multiplicación: control, quema, venenos, temperatura, accidentes  
 Ecuación in-hour  
 Respuesta del reactor: soluciones de la ecuación in-hour  
 Reactividad y período estable

**Tema 7: Dinámica del reactor.**

Realimentación por temperatura  
 Envenenamiento por productos de fisión  
 Efecto del boro  
 Quema del combustible  
 Balance de reactividad  
 Análisis de conjunto  
 Evolución isotópica del combustible  
 Libro de curvas de un reactor

**Tema 8: Métodos multigrupos. Códigos de cálculo.**

Parámetros de grupo  
 Métodos de cálculo numérico. Discretización  
 Acoplamiento neutrónico-termohidráulico

**Prácticas de Laboratorio:**

Pendiente de confirmación (si las hay, se modificará ligeramente el calendario)

**Actividades No Presenciales:**

Resolución individual y en grupo de ejercicios y cuestiones abiertas.

**Carga semanal del estudiante en horas:**

Tipo de actividad / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Teoría	3	3	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		27
Prácticas																
Problemas				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1		18
Actividad no presencial				5		6				5		6				22
Trabajo individual	5	5			5		5		4		5		5		4	38
Trabajo en grupo			6					6						5		16
Pruebas y exámenes									2						2	4
Otras actividades																
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>125</b>

**Metodología docente:**

Una parte importante de los conceptos se introducirán en sesiones de teoría y sesiones de ejercicios asistidos.

El estudiante habrá de resolver en casa una serie de ejercicios propuestos, así como cuestiones teóricas diversas que pondrán a prueba su capacidad de asimilar nuevos conocimientos y la capacidad de análisis.

Una parte del trabajo no presencial se realizará en grupo

**Bibliografía Básica:**

Lamarsh & Baratta, Introduction to Nuclear Engineering, Prentice Hall, 2001 (segunda edición)  
 Duderstadt & Hamilton, Nuclear Reactor Analysis, John Wiley & Sons, 1976

**Bibliografía Complementaria:**

<b>Criterio de evaluación:</b>		
Controles parciales: 10 %	Ejercicios/problemas: 20%	Último control: 20 %
No presencial: 30%	Prácticas: %	Otras pruebas: 20%
<b>Métodos de evaluación:</b>		
Se evaluará al estudiante en base a su seguimiento y aprovechamiento del curso, de acuerdo con la distribución señalada en el apartado anterior. En el apartado “otras pruebas” se tendrá en cuenta la participación en las clases de teoría y problemas.		