



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS DE MINAS

Ríos Rosas, 21
28003 MADRID.

DEPARTAMENTO DE
SISTEMAS ENERGÉTICOS

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

TECNOLOGÍA NUCLEAR I

Curso : 4º
Cuatrimestre : 2º
Carácter : Optativa

Créditos totales
Teóricos : 3
Prácticos : 3

PLAN DE ESTUDIOS 1996

Edición 1: 2000-09-22

TECNOLOGÍA NUCLEAR I: PROGRAMA

a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS

BLOQUE 1: Fisión. Moderación y difusión de neutrones

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1 Comprender las interacciones de los neutrones con la materia.*
- 1.2 Comprender la dependencia de las secciones eficaces respecto de la energía de los neutrones.*
- 1.3 Comprender el mecanismo de la fisión nuclear y el concepto de criticidad y moderación.*
- 1.4 Relacionar el espectro energético de un reactor nuclear con las secciones eficaces del combustible.*
- 1.5 Relacionar los conceptos de moderación y difusión con la evolución de los neutrones en un reactor.*
- 1.6 Diferenciar las distintas opciones que permiten desarrollar reactores nucleares de potencia.*

CONTENIDOS

1.1: INTERACCIONES DE LOS NEUTRONES CON LA MATERIA

- Introducción.
- Propiedades y clasificación de los neutrones.
- Generación de neutrones.
- Interacción de los neutrones con la materia. Dispersión y absorción neutrónica.

1.2: SECCIONES EFICACES DE LAS REACCIONES NUCLEARES

- Sección eficaz macroscópica y microscópica.
- Dependencia de las secciones eficaces respecto de la energía de los neutrones.
- Secciones eficaces de los materiales nucleares.
- Tasas de reacción.

1.3: FISIÓN

- Mecanismo de la fisión.
- Análisis energético del proceso de fisión.
- Productos de fisión. Rendimiento de fisión.
- Neutrones instantáneos y diferidos.
- Fotones producidos en la fisión.
- Calor residual.

1.4: CONCEPTOS BÁSICOS DE LA NEUTRÓNICA

- Reacción en cadena.
- Factor de multiplicación. Reactividad.
- Masa crítica, reflector, enriquecimiento, moderación.
- Espectro energético neutrónico en los reactores nucleares térmicos y rápidos.
- Quemado del combustible.
- Factor de conversión.

- Reactores convertidores y reproductores.

1.5: MODERACIÓN Y DIFUSIÓN DE NEUTRONES

- Mecanismo de moderación. Pérdida de energía por choque.
- Poder de moderación. Relación de moderación.
- Longitud de moderación. Longitud de difusión.

BLOQUE 2: Factor de multiplicación

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1 Conocer el ciclo de vida neutrónico.

2.2 Analizar el factor de multiplicación de un reactor en función de la evolución de la población neutrónica (ciclo de vida neutrónico).

2.3 Analizar la dependencia del factor de multiplicación respecto de los parámetros básicos del reactor.

CONTENIDOS

2.1: FÓRMULA DE LOS SEIS FACTORES.

- Conceptos de fuga, captura y captura en resonancias.
- Probabilidad de permanencia de los neutrones en el reactor.
- Factor de multiplicación. Fórmula de los seis factores.

2.2: DEPENDENCIA DEL FACTOR DE MULTIPLICACIÓN RESPECTO DE LOS PARÁMETROS BÁSICOS DEL REACTOR

- Dependencia respecto de la relación moderador/combustible.
- Dependencia respecto a la concentración de boro en un reactor de agua ligera (LWR).
- Dependencia respecto del enriquecimiento.

BLOQUE 3: Materiales nucleares. Tipos de reactores

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.1 Diferenciar las características de los distintos tipos de materiales de un reactor nuclear.

3.2 Diferenciar las diferentes tecnologías de generación térmica nuclear en función del combustible, el moderador y el refrigerante, grado de quemado, potencia específica, etc.

CONTENIDOS

3.1: TIPOS DE MATERIALES EMPLEADOS EN LOS REACTORES NUCLEARES

- Combustible, refrigerante, moderador, vaina, elementos de control y materiales estructurales
- Factores a tener en cuenta en la selección de materiales.

3.2: DESCRIPCIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE REACTORES

- Reactores de potencia: PWR, BWR, CANDU, CGR, AGR, HTR, THTR, RMBK, FBR.
- Otros reactores: SMR, OCR, MSR, HWCGR.

BLOQUE 4: Reactores de agua ligera

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.1 Conocer de forma detallada los componentes de los reactores de agua ligera.*
- 4.2 Comprender las diferencias entre los sistemas avanzados y los convencionales.*

CONTENIDOS

4.1: REACTORES DE AGUA A PRESIÓN (PWR)

- Componentes de los sistemas primario: Vasija, núcleo, elementos combustibles, barras de control, bombas, presionador y generadores de vapor.
- Componentes de los sistemas secundario.
- Sistemas de salvaguardia y su actuación en caso de accidente.

4.2: REACTORES DE AGUA EN EBULLICIÓN (BWR)

- Vasija, núcleo, elementos combustibles y barras de control.
- Lazos de recirculación.
- Sistemas de salvaguardia.

4.3: REACTORES AVANZADOS DE AGUA LIGERA (ALWR)

- Filosofía de seguridad.
- Diferencias con los reactores convencionales.
- Sistemas de salvaguardia.

BLOQUE 5: Diseño de reactores

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.1 Diferenciar las distintas teorías que permiten describir el comportamiento de los neutrones.*
- 5.2 Comprender el significado de los términos que aparecen en las ecuaciones de las distintas teorías.*
- 5.3 Calcular la constante de multiplicación y las distribuciones de flujo neutrónico y potencia en el reactor.*
- 5.4 Comprender el impacto de los reflectores, el enriquecimiento y el quemado del combustible en el perfil del flujo neutrónico y la potencia.*

CONTENIDOS

5.1: TEORÍA DEL TRANSPORTE

- Reactor virtual.
- Tratamiento de la variable angular mediante la teoría de la difusión.

5.2: TEORÍA DE LA DIFUSIÓN MULTIGRUPO

- Cálculos de criticidad y perfil del flujo neutrónico.
- Impacto de los reflectores, el enriquecimiento y el quemado del combustible en el perfil del flujo neutrónico y la potencia.

5.3: ESQUEMAS DE RECARGA

- Esquemas clásicos *out-in*.
- Esquemas de bajas fugas.

b) BIBLIOGRAFÍA

BÁSICA:

- GENERAL ELECTRIC. *BWR/6. General Description of a Boiling Water Reactor*. General Electric, San José (California), 1980.
- GLASSTONE, S.; SESONSKE, A. *Nuclear Reactor Engineering*. Chapman & Hall, 4ª Edición, Nueva York, 1994.
- LAMARSH, J. R. *Introduction to Nuclear Engineering*. Addison Wesley, Reading, MA, 1983.
- QUERAL, C.; MULAS, J. *Apuntes de la asignatura*. Madrid, 2000.
- WESTINGHOUSE. *Descripción del SNGV Westinghouse*, Westinghouse Nuclear Española, Madrid, 1983.

COMPLEMENTARIA:

- DUDERSTADT, J.; HAMILTON, L. *Nuclear Reactor Analysis*. John Wiley & Sons Inc. Nueva York, 1976.
- KNIEF, R. A. *Nuclear Engineering*. Taylor & Francis, 2ª Edición, Washington, 1992.
- MARSHALL, W. *Nuclear Power Technology*. Oxford Science Publications, Nueva York, 1983.
- MARTÍNEZ-VAL, J.M.; PIERA, M. *Reactores Nucleares*. Sección de Publicaciones de la ETSI de Industriales de Madrid, UPM, Madrid, 1997.

c) PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS

No hay.

d) MÉTODO DE EVALUACIÓN

La nota de la asignatura se compone de las notas de examen – Teoría (T) y ejercicio práctico (E), puntuando cada una sobre diez –, de ejercicios propuestos y de los trabajos propuestos. La nota no podrá ser superior o igual a cinco (aprobado) si la calificación de una de las partes, T o E , es inferior a tres. Los ejercicios propuestos de forma aleatoria al final de clase podrán subir la nota en un punto según la fórmula expuesta más abajo, siempre que la nota del examen sea igual o superior a cinco. La nota final podrá ser complementada con trabajos opcionales, que requieren un informe y que serán evaluados, una vez aptos con 1 punto cada uno. Este complemento (P_{extra}) sólo se aplica cuando la nota final de la asignatura es mayor o igual a cinco.

$$N = \frac{T + E}{2} + \frac{nea}{nte} + P_{extra}$$

Siendo: N = Nota de la asignatura. T = Examen de teoría. E = Ejercicio práctico. nea = número de ejercicios de clase aptos. nte = número total de ejercicios propuestos. P_{extra} = número de trabajos personales aptos (puntos extra).