

21-22

MÁSTER UNIVERSITARIO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



FUNDAMENTOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR

CÓDIGO 28806108

UNED

21-22

FUNDAMENTOS DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA NUCLEAR
CÓDIGO 28806108

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA
ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
PRÁCTICAS DE LABORATORIO

| | |
|---------------------------|---|
| Nombre de la asignatura | FUNDAMENTOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR |
| Código | 28806108 |
| Curso académico | 2021/2022 |
| Título en que se imparte | MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL |
| Tipo | CONTENIDOS |
| Nº ETCS | 5 |
| Horas | 125.0 |
| Periodo | SEMESTRE 1 |
| Idiomas en que se imparte | CASTELLANO |

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La asignatura Fundamentos de Ciencia y Tecnología Nuclear del Máster Universitario en INGENIERÍA INDUSTRIAL tiene por objetivo el introducir al estudiante en el campo de las distintas tecnologías para la explotación de los fenómenos nucleares así como en los conceptos y principios básicos en que se fundamentan. La asignatura se imparte desde el departamento de Ingeniería Energética.

En esta asignatura se estudian en primer lugar los conceptos y principios básicos de la fenomenología de los procesos nucleares y de la producción e interacción de las radiaciones ionizantes. Esta primera parte es la que podríamos considerar una introducción a los temas fundamentales de la ciencia nuclear.

Posteriormente la asignatura se orienta a describir y fundamentar las tecnologías que sustentan las principales aplicaciones de los procesos nucleares y las radiaciones. Esta parte es la que podríamos considerar como una introducción a las distintas tecnologías nucleares y de aplicación de la radiación. A este respecto se presta especial atención a las aplicaciones energéticas de los procesos nucleares, y para ello se describe la fuente de energía de fisión nuclear y distintas tecnologías concebidas para explotar su aprovechamiento, desde las actuales a las avanzadas y todavía no implementadas. También se introducen las bases de la fuente de energía de fusión nuclear y de algunas de las tecnologías más prometedoras encaminadas a lograr su aprovechamiento para la producción de energía eléctrica. Por otra parte, se aborda también el estudio de las aplicaciones no energéticas, orientadas a campos tales como la industria, la investigación y sobre todo la medicina.

En el curso se subraya la idea de que, si bien las aplicaciones de las reacciones nucleares y la radiación son potencialmente muy beneficiosas, desgraciadamente no están exentas de riesgos, debidas a la presencia de productos radiactivos y radiaciones que pueden interaccionar con la naturaleza y las personas, y producir daños biológicos. En este contexto se introducen los conceptos fundamentales de la cultura de la seguridad nuclear, se plantean las estrategias ligadas a la gestión de los posibles residuos radiactivos que se generan en las distintas aplicaciones, y se presentan algunas de las cuestiones a tener en cuenta para evaluar las posibilidades de alcanzar una energía nuclear sostenible.

En relación con los estudiantes que pudieran estar interesados en cursar la Especialidad de INGENIERIA NUCLEAR del máster, indicarles que la asignatura Fundamentos de Ciencia y Tecnología Nuclear ofrece los conocimientos básicos recomendados para afrontar con éxito el estudio de las tres asignaturas específicas de la especialidad: Tecnologías de la Energía

Nuclear, Tecnologías de la Gestión de Residuos Radiactivos y Tecnología y Aplicaciones de las Fuentes de Radiación y Aceleradores. Por otra parte, las capacidades y competencias adquiridas en el aprendizaje de estas asignaturas se podrán aplicar en el Trabajo de Fin de Máster, que será un trabajo que se desarrollará asociado a una de las líneas del Grupo de investigación en tecnologías de sistemas nucleares de fusión y fuentes de irradiación (grupo TECF3IR de la UNED) o a una de las empresas del sector nuclear. Además del grupo de investigación citado, se ha constituido un grupo multidisciplinar en temas de innovación educativa y cambio de cultura en el sector nuclear: INOOC (Innovative Open Online Culture in the Nuclear Field), con posibilidad de incorporar alumnos para desarrollar el Proyecto Fin de Máster.

En el contexto de la I+D+i, señalar que dentro de los grandes retos hacia los que se quiere orientar la actividad de I+D+i en Europa y España durante los próximos años, las aplicaciones de los procesos nucleares y las fuentes de radiación tienen una cabida muy significativa en varios de ellos. Ver a este respecto documentos sobre:

1. EU research and innovation strategic plan, Horizon Europe (2021-2024)
2. European Atomic Energy Community (EURATOM) programme, Horizon Europe, for nuclear research and training activities (2021-2025)
3. Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027
4. Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (2021-23)

Como en ellos puede observarse, las contribuciones esperadas a los retos de energía y salud son muy relevantes.

A nivel contextual, merece la pena hacer constar dos tipos de hechos: i) en España más del 20% de la energía eléctrica producida durante los últimos años ha sido de origen nuclear, en concreto, en el año 2020, ha sido entorno al 22%, formando parte de la denominada energía de base, y ii) el enorme avance que en medicina han supuesto la gran variedad de pruebas de diagnóstico y tratamiento basadas en las propiedades nucleares de la materia.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Los conocimientos de física, cálculo y ecuaciones diferenciales que el alumno habrá adquirido cursando las asignaturas del grado correspondiente.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono
Facultad
Departamento

JAVIER SANZ GOZALO
jsanz@ind.uned.es
91398-6463
ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
INGENIERÍA ENERGÉTICA

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono

FRANCISCO M. OGANDO SERRANO
fogando@ind.uned.es
91398-8223

| | |
|--------------------|---|
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |
| Nombre y Apellidos | MIREIA PIERA CARRETE |
| Correo Electrónico | mpiera@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-6471 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |
| Nombre y Apellidos | MERCEDES ALONSO RAMOS (Coordinador de asignatura) |
| Correo Electrónico | malonso@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-6464 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |
| Nombre y Apellidos | RAFAEL JUAREZ MAÑAS |
| Correo Electrónico | rjuarez@ind.uned.es |
| Teléfono | 91398-8223 |
| Facultad | ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES |
| Departamento | INGENIERÍA ENERGÉTICA |

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La tutorización se realizará fundamentalmente en línea, mediante la participación en los Foros de Debate de la plataforma virtual, si bien también pueden enviarse desde esta misma plataforma correos electrónicos a los distintos profesores del equipo docente.

Además, el equipo docente de la asignatura tiene asignados unos días de atención al estudiante donde el alumno podrá contactar personalmente o por teléfono con los profesores y consultarles lo que considere oportuno para resolver las dudas que se le planteen en el estudio de la asignatura. A continuación, se da la información para contactar con los profesores, indicando en cada bloque temático el profesor responsable.

En caso de comunicación por correo postal, la dirección de envío es la siguiente (precedida del nombre del profesor correspondiente):

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

E.T.S.I.Industriales

Departamento de Ingeniería Energética

C/ Juan del Rosal 12

28040 Madrid

Bloque 1

| | |
|---------------------|-------------------------|
| Profesor: | D. Javier Sanz Gozalo |
| Horario de guardia: | Jueves de 16 a 20 horas |
| Teléfono: | 91398 6463/8223 |
| Despacho: | 2.18 |
| Correo electrónico: | jsanz@ind.uned.es |

Bloque 2

Profesor: Dña. Mireia Piera Carreté
Horario de guardia: Lunes de 16 a 20 horas
Teléfono: 91398 6471
Despacho: 2.21
Correo electrónico: mpiera@ind.uned.es

Bloque 3

Profesor: D. Francisco Ogando Serrano
Horario de guardia: Jueves de 16 a 20 horas
Teléfono: 91398 8223
Despacho: 0.15
Correo electrónico: fogando@ind.uned.es

Bloque 4

Profesor: D. Mercedes Alonso Ramos
Horario de guardia: Miércoles de 10 a 14 horas.
Teléfono: 91398 6464
Despacho: 0.18
Correo electrónico: malonso@ind.uned.es

Bloque 5

Profesor: D. Rafael Juárez Mañas
Horario de guardia: Jueves de 10 a 14 horas
Teléfono: 91398 8223
Despacho: 0.15
Correo electrónico: rjuarez@ind.uned.es

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE**Competencias Básicas:**

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

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación

de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan 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

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.

Competencias Generales:

CG1 - Iniciativa y motivación

CG2 - Planificación y organización

CG3 - Manejo adecuado del tiempo

CG4 - Análisis y síntesis

CG5 - Aplicación de los conocimientos a la práctica

CG6 - Resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos

CG7 - Pensamiento creativo

CG8 - Razonamiento crítico

CG9 - Toma de decisiones

CG10 - Seguimiento, monitorización y evaluación del trabajo propio o de otros

CG11 - Aplicación de medidas de mejora

CG12 - Innovación

CG13 - Comunicación y expresión escrita

CG14 - Comunicación y expresión oral

CG15 - Comunicación y expresión en otras lenguas

CG16 - Comunicación y expresión matemática, científica y tecnológica

CG17 - Competencia en el uso de las TIC

CG18 - Competencia en la búsqueda de la información relevante

CG19 - Competencia en la gestión y organización de la información

CG20 - Competencia en la recolección de datos, el manejo de bases de datos y su presentación

CG21 - Habilidad para coordinarse con el trabajo de otros

CG22 - Habilidad para negociar de forma eficaz

CG23 - Habilidad para la mediación y resolución de conflictos

CG24 - Habilidad para coordinar grupos de trabajo

CG25 - Liderazgo

CG26 - Conocimiento y práctica de las reglas del trabajo académico

CG27 - Compromiso ético y ética profesional

CG28 - Conocimiento, respeto y fomento de los valores fundamentales de las sociedades democráticas

CG29 - Tener conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de: métodos matemáticos, analíticos y numéricos en la ingeniería, ingeniería eléctrica, ingeniería energética, ingeniería química, ingeniería mecánica, mecánica de medios continuos, mecánica de fluidos, electrónica industrial, automática, fabricación, materiales, métodos cuantitativos de gestión, informática industrial, urbanismo, infraestructuras, etc.

CG36 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el

ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.

Competencias Específicas:

CE1 - Conocimiento y capacidad para el análisis y diseño de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

CE6 - Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía.

CE16 - Capacidad para la gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación tecnológica.

CE23 - Conocimientos y capacidades para realizar certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Conocer y fundamentar el uso de los procesos nucleares para aplicaciones energéticas y no energéticas
- Conocer las características generales de tecnologías nucleares comercializadas para producción de electricidad. Centrales de agua ligera.
- Conocer distintos sistemas para la producción de radionucleidos y radiaciones ionizantes, así como sus aplicaciones en la industria y en la medicina.
- Conocer los distintos tipos de riesgos y el impacto medioambiental asociados al uso de las instalaciones nucleares y radiactivas en general, y de las centrales nucleares en particular.

CONTENIDOS

BLOQUE 1. Introducción a la Ingeniería Nuclear y fundamentos teóricos en los que se basa.

En este bloque al ser de ciencia, se hablará de fenómenos sin hacer mención alguna a si tendrán o no utilización práctica. Será un bloque temático de ciencia muy básica, el tratamiento de los fenómenos será fundamentalmente descriptivo, se introducirán los conceptos básicos de la ciencia/física nuclear, y aprovecharemos para recalcar como estos quedan fuera del campo de la física clásica.

Los dos fenómenos tratados en este bloque han sido seleccionados por haber dado lugar al desarrollo de aplicaciones tecnológicas: radiactividad y radiación, por una parte, y de reacciones nucleares por otra.

Tema 1. Estructura de la materia y formas de energía.

1.1 Introducción: materia y energía.

1.2 Materia

1.3 La energía: concepto y propiedades.

- 1.4 Formas de energía: cinética, potencial, térmica, química y nuclear
- 1.5 Radiación electromagnética.
- 1.6 Introducción a la mecánica relativista: equivalencia masa-energía y leyes de conservación.
 - 1.6.1 Dinámica de una partícula material.
 - 1.6.2 Unidades de masa y energía: equivalencia entre ellas.
 - 1.6.3 Dinámica de una partícula sin masa.
 - 1.6.4 Sistema aislado de partículas: leyes de conservación en colisiones y desintegraciones.
 - 1.6.5 Energía de enlace de un sistema.

Tema 2. La naturaleza atómica y nuclear de la materia.

- 2.1 Composición de átomos y núcleos: propiedades generales.
- 2.2 Los elementos químicos y los isótopos.
- 2.3 Peso atómico, mol y densidad atómica.
- 2.4 Energía del átomo y del núcleo: estados excitados y radiación.
- 2.5 Energía de enlace del núcleo y del átomo.
- 2.6 Fuerzas en la naturaleza y fuerzas entre nucleones.

Tema 3. Radiactividad y reacciones nucleares.

- 3.1 Estabilidad nuclear y desintegración radiactiva.
 - 3.1.1 Procesos de desintegración radiactiva.
 - 3.1.2 Ley fundamental de la desintegración radiactiva: cálculos de radiactividad.
 - 3.1.3 Radiactividad natural y artificial.
- 3.2 Reacciones nucleares
 - 3.2.1 Introducción.
 - 3.2.2 Cinemática de una reacción nuclear.
 - 3.2.3 Sección eficaz microscópica. Tasas de reacción
 - 3.2.4 Sección eficaz macroscópica y recorrido libre medio
 - 3.2.5 Variación de la sección eficaz con la energía. Modelo del núcleo compuesto

Tema 4. Interacción de la radiación con la materia.

- 4.1 Partículas cargadas.
 - 4.1.1 Mecanismos de interacción: magnitudes caracterizadoras de la pérdida de energía y la penetración en la materia
 - 4.1.2 Interacción de las partículas alfa con la materia.
 - 4.1.3 Interacción de las partículas beta con la materia.
 - 4.1.4 Fragmentos de la reacción de fisión.
- 4.2 Interacción de los rayos X y gamma con la materia.
 - 4.2.1 Modos de interacción
 - 4.2.2 Algunas implicaciones prácticas asociadas a la fenomenología de los procesos.
 - 4.2.3 Atenuación y absorción de la radiación electromagnética.

4.2.4 Deposición de energía.

4.3 Interacción de los neutrones

4.3.1 Reacciones nucleares con neutrones

4.3.2 Clasificación de reacciones y secciones eficaces.

4.3.3 Tasas de reacción con un flujo de neutrones polienergético.

Tema 5. Fisión nuclear.

5.1 Fisión espontánea y fisión inducida

5.2 Nucleidos fisionables por neutrones.

5.3 Secciones eficaces de fisión inducida por neutrones

5.4 Productos emitidos durante las distintas fases del proceso de fisión inducida por neutrones

5.4.1 Productos de fisión

5.4.2 Neutrones de fisión: inmediatos y diferidos.

5.5 Energía liberada en la fisión: energía total y energía útil.

Tema 6. Fusión nuclear.

6.1 Introducción: La fusión nuclear

6.2 Principios de la fusión nuclear

6.2.1. Reacción de fusión nuclear

6.2.2. Balance energético

6.2.3. Temperatura de ignición

6.2.4. Criterio de Lawson

BLOQUE 2. Aplicación de la fisión nuclear a la producción de energía eléctrica

Bloque dedicado al estudio de la producción de energía eléctrica a partir de la reacción de fisión nuclear, empezando por definir los diversos parámetros nucleares en los que se basa la ingeniería nuclear para la producción de energía eléctrica, para estudiar a continuación la tipología de las centrales nucleares y sus magnitudes básicas y terminar este bloque con el estudio del ciclo del combustible nuclear.

Tema 7. Concepto de reactor nuclear de fisión. Fisión en cadena autosostenida con neutrones.

7.1 Concepto de ciclo neutrónico

7.2 Concepto de criticidad.

7.3 Factor de multiplicación de un medio infinito

7.4 Reactor finito: k efectiva

7.5 Evolución temporal de la población neutrónica

7.6 Potencia del reactor

7.6.1 Potencia neutrónica

7.6.2 Quemado. Consumo de combustible.

7.6.3 Potencia residual

Tema 8. Central nuclear: conversión de la energía nuclear en energía eléctrica.

8.1 Introducción

8.2 Tipología de reactores

8.2.1 Reactores de agua a presión

8.2.2 Reactores de agua en ebullición

8.2.3 Reactores de grafito-gas

8.2.4 Reactores de agua pesada

8.2.5 Reactores rápidos

8.2.6 Reactores híbridos

8.3 Magnitudes básicas de los reactores nucleares

8.3.1 Criticidad y quemado

8.3.2 Autoestabilidad del reactor

8.3.3 Conversión y reproducción en el combustible nuclear

8.4 Sistemas de seguridad

8.4.1 Sistemas relativos a la radiactividad

8.4.2 Sistemas de protección del reactor contra la reactividad

Tema 9. El ciclo de combustible nuclear. Fases pre y post-reactor.

9.1 Introducción

9.2 Descripción básica del ciclo del combustible

a) Materias primas y concentrados

b) Conversión

c) Enriquecimiento

d) Reconversión

e) Fabricación

f) Quemado en el reactor

g) Almacenamiento de combustible irradiado

h) Reelaboración Reactores de agua a presión

i) Refabricación

j) Gestión de residuos

9.3 Alternativas al ciclo del combustible

a) Materias primas

b) Reactores

c) Otras alternativas

9.4 Diseño del reactor y diseño de ciclos

a) Especificaciones nominales del reactor

b) Distribución de potencia y factores asociados

c) Cociente mínimo de flujo calorífico

- d) No fusión del combustible
- e) Coeficientes de reactividad
- f) Quemado
- g) Otros criterios

BLOQUE 3. Aplicaciones de radionucleidos y radiaciones en campos diferentes del energético: sistemas para su producción, uso y detección

Se inicia en este bloque un repaso por las principales aplicaciones no energéticas de las radiaciones ionizantes en medicina e industria. Las aplicaciones energéticas, con mucho las más importantes hoy en día, han sido ya tratadas extensamente en el bloque 2 de este mismo texto. El enfoque que se ha pretendido dar a esta sección tiene el objetivo de que el estudiante consiga una cultura general sobre la diversidad de posibilidades prácticas que plantean las radiaciones ionizantes. Esta cultura sobre el tema puede aportar dos beneficios fundamentales:

- Se tendrá una información más precisa de cara a formarse un juicio crítico sobre el papel de las radiaciones ionizantes en el mundo actual.
- Se logrará una noción básica de multitud de aplicaciones que, de cara al futuro laboral, puede representar una ventaja si se trabaja en todo el sector laboral entorno a las mismas. Toda la maquinaria de la que se va a tratar tiene utilización diaria en nuestra sociedad actual. Esto genera todo un sector laboral en su entorno, desde las fases de diseño, comercialización, mantenimiento y uso. Si bien el uso médico puede caer fuera de esta titulación de ingeniería, sí que nos afecta directamente el resto de los sectores.

Tema 10. Aceleradores de partículas.

- 10.1 Introducción
- 10.2 Fundamentos de la aceleración de partículas
- 10.3 Esquemas prácticos de aceleración de partículas
- 10.4 Grandes aceleradores de investigación

Tema 11. Aplicaciones médicas de los radionucleidos y radiaciones ionizantes.

- 11.1 Introducción
- 11.2 Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes
- 11.3 Aplicaciones médicas de diagnóstico
- 11.4 Aplicaciones médicas de terapia

Tema 12. Producción de radionucleidos y aplicaciones de los mismos y de las radiaciones ionizantes en la industria.

- 12.1 Introducción.
- 12.2 Producción de isótopos radiactivos
- 12.3 Esterilización
- 12.4 Ensayos no destructivos

12.5 Generación de energía

12.6 Otras aplicaciones industriales de las radiaciones ionizantes

Tema 13. Sistemas de detección y medida de la radiación.

13.1 Introducción

13.2 Detectores de ionización gaseosa

13.3 Detectores de semiconductor

13.4 Detectores de centelleo y termoluminiscencia.

BLOQUE 4. Riesgos derivados de la utilización civil de los procesos nucleares: salud, impacto medio ambiental, proliferación. Medios para hacerlos frente

Este bloque habla de los temas relacionados con los riesgos debidos al uso civil de los procesos nucleares. Primero se trata de introducir la Protección Radiológica, disciplina que se ocupa de la medida de las dosis de radiación y del establecimiento de los límites correspondientes. Posteriormente la Seguridad Nuclear, centrada concretamente en las Centrales Nucleares, se presenta como la materia que estudia las condiciones que han de cumplir este tipo de instalaciones para considerarse seguras. Dentro de este contexto de la Seguridad Nuclear es de vital importancia el papel que juega el factor humano y organizacional, y por ello se da especial relevancia a lo que llamamos la Cultura de Seguridad Nuclear. La gestión de residuos radiactivos también forma parte de las consecuencias medioambientales del uso pacífico de la energía nuclear. Finalmente, se introduce el concepto de proliferación de armas nucleares y las medidas en relación con su prevención.

Tema 14. Protección Radiológica.

14.1 Introducción

14.2 Fuentes naturales y artificiales de radiaciones y radiactividad

14.3 Unidades de dosis de radiación

14.4 El objetivo y los principios básicos de la protección radiológica. El establecimiento de los límites de dosis

14.5 El cálculo de la dosis

14.6 Exposición interna

14.7 Medios físicos para la protección frente a las radiaciones ionizantes

14.8 El estudio del impacto radiológico

14.9 Los nuevos estándares de protección radiológica

14.10 Protección contra radiaciones no ionizantes

14.11 Resumen y conclusiones

Tema 15. Seguridad de instalaciones nucleares y radiactivas.

15.1 Introducción

15.2 La "defensa en profundidad" como principio de seguridad nuclear

- 15.3 La seguridad en el diseño
- 15.4 La calidad de la construcción
- 15.5 La explotación segura
- 15.6 La seguridad de las otras instalaciones nucleares
- 15.7 La garantía de la seguridad
- 15.8 La Escala Internacional de Eventos Nucleares
- 15.9 El accidente de Three Mile Island. Lecciones aprendidas
- 15.10 El accidente de Chernobyl
- 15.11 El accidente de Fukushima Daiichi

Tema 16. La Cultura de Seguridad Nuclear

- 16.1 Introducción (UNIT 1: Introduction)
- 16.2 Características diferenciadoras de la energía nuclear (UNIT 2: Nuclear energy differentiating characteristics)
- 16.3 Filosofía básica de la Seguridad Nuclear (UNIT 3: Basic philosophy)
- 16.4 ¿Cómo afecta mi trabajo a la seguridad? (UNIT 4: How my work affects safety?)
- 16.5 Evolución del concepto de Defensa en profundidad (UNIT 5: Defense-in-depth concept evolution)
- 16.6 El reciclaje del Uranio y Plutonio de origen militar en centrales eléctricas
- 16.7 Resumen y conclusiones

Tema 17. Gestión de residuos radiactivos.

- 17.1 Introducción
- 17.2 Origen de los residuos radiactivos
- 17.3 Clasificación de los residuos radiactivos
- 17.4 La generación de residuos radiactivos en el ciclo del combustible nuclear
- 17.5 El transporte de los residuos radiactivos
- 17.6 Gestión de los residuos de media y baja actividad (RMBA)
- 17.7 Gestión de residuos de alta actividad. El combustible gastado
- 17.8 El desmantelamiento de las centrales nucleares. El caso de la C.N. de Vandellós I

Tema 18. Diferenciación entre los usos civiles y militares de los procesos nucleares.

La no proliferación y las salvaguardias.

- 18.1 Diferenciación entre los usos civiles y militares de los procesos nucleares
- 18.2 Explosivos nucleares
- 18.3 La cooperación internacional en materia de proliferación
- 18.4 El Tratado de No Proliferación (NPT) y las salvaguardias
- 18.5 Materiales fisibles y su uso militar
- 18.6 El reciclaje del Uranio y Plutonio de origen militar en centrales eléctricas
- 18.7 Resumen y conclusiones

BLOQUE 5. Perspectivas futuras de la ingeniería nuclear

El quinto y último bloque se centra en el estudio de las posibilidades futuras de la energía nuclear para el abastecimiento energético, pero primeramente se introducen unas nociones más generales sobre los aspectos económicos, estratégicos y medioambientales de la opción nuclear en el marco de la planificación energética. La atención se centra en hablar de reactores avanzados de fisión, de tercera y cuarta generación, sistemas transmutadores y reactores de fusión.

Tema 19. La energía nuclear en la planificación energética: aspectos económicos, medioambientales y estratégicos.

19.1 Introducción

19.2 Aspecto económico

19.2.1 Costes internos o directos

19.2.2 Costes externos o externalidades

19.3 Aspecto estratégico

19.4 Aspecto medioambiental

19.4.1 Protección radiológica

19.4.2 Seguridad nuclear

19.4.3 Gestión de residuos radiactivos

19.5 Conclusiones

Tema 20. Reactores avanzados de fisión nuclear: objetivos de la tercera y cuarta generación de centrales nucleares.

20.1 Introducción

20.2 Reactores de tercera generación

20.2.1 Plan estratégico

20.2.2 Conceptos de reactores avanzados

20.2.3 El reactor EPR

20.2.4 El reactor AP600

20.2.5 El reactor GT-MHR

20.3 Reactores de cuarta generación

20.3.1 El reactor de agua supercrítico (SCWR)

20.3.2 El reactor de muy alta temperatura (VHTR)

20.3.3 El reactor rápido refrigerado al sodio (SFR)

20.3.4 El reactor rápido refrigerado por gas (GFR)

20.3.5 El reactor rápido refrigerado por plomo (LFR)

20.3.6 El reactor de sales fundidos (MSR)

Tema 21. Sistemas transmutadores de residuos nucleares.

- 21.1 Introducción
- 21.2 El papel de la transmutación en la gestión de residuos
 - 21.2.1 Residuos de vida larga del combustible irradiado
 - 21.2.2 La transmutación dentro del ciclo de combustible
- 21.3 Principios de la transmutación
 - 21.3.1 Reacciones de transmutación
- 21.4 Sistemas transmutadores
 - 21.4.1 La reacción de espalación
 - 21.4.2 Reactores subcríticos asistidos por acelerador

Tema 22. Aprovechamiento de la reacción de fusión nuclear para la producción de energía eléctrica. Conceptos de reactores de fusión

- 22.1 El ciclo de combustible de fusión
 - 22.1.1 Reacciones de fusión
 - 22.1.2 Combustible
 - 22.1.3 Recursos energéticos
- 22.2 Fusión por confinamiento magnético (FCM)
 - 22.2.1 Confinamiento del plasma
 - 22.2.2 Calentamiento del plasma
 - 22.2.3 Reactor de fusión por confinamiento magnético
- 22.3 Fusión por confinamiento inercial (FCI)
 - 22.3.1 Principales fases del proceso de fusión en confinamiento inercial
 - 22.3.2 Método de irradiación
 - 22.3.3 Cápsula de combustible

METODOLOGÍA

La metodología utilizada es la característica de la UNED, enseñanza a distancia apoyada en el uso de las tecnologías de información y comunicación. La bibliografía básica está especialmente diseñada para facilitar al alumno la asimilación de los contenidos de manera autónoma.

Las actividades de seguimiento y evaluación continua se realizarán este curso a través de las Pruebas de Evaluación Continua (PEC) a distancia.

Por otra parte, la prueba presencial personal y las prácticas presenciales serán indicadoras del nivel global de asimilación alcanzado por el estudiante al finalizar el periodo de aprendizaje de la asignatura.

Las pruebas de evaluación continua tienen carácter obligatorio y se realizarán paulatinamente a lo largo del curso. Están pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de asimilación en cada uno de los bloques en que se estructura la asignatura.

Las prácticas presenciales obligatorias tienen como objetivo fundamental que el alumno

entre en contacto con las instalaciones de carácter nuclear y vean in situ la enorme complejidad, desarrollo tecnológico y la seguridad de esas instalaciones. En caso de establecer las prácticas en los locales del Departamento de Ingeniería Energética, el objetivo será afianzar y extender conocimientos clave vinculados a la asignatura.

La labor personal y continuada del alumno es imprescindible para el proceso de aprendizaje, siendo fundamental la asimilación de los nuevos conceptos.

El reparto de la dedicación del estudiante a las diferentes actividades formativas es el siguiente:

- 15 horas de interacción con el docente, parte teórica
- 15 horas de interacción con el docente, parte práctica
- 40 horas de trabajo autónomo, parte teórica
- 30 horas de trabajo autónomo, parte práctica

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

| | |
|---------------------------------|----------------------|
| Tipo de examen | Examen de desarrollo |
| Preguntas desarrollo | 8 |
| Duración del examen | 120 (minutos) |
| Material permitido en el examen | |

Ningún tipo de material.

Criterios de evaluación

| | |
|--|----|
| % del examen sobre la nota final | 80 |
| Nota del examen para aprobar sin PEC | |
| Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC | |
| Nota mínima en el examen para sumar la PEC | 4 |

Comentarios y observaciones

No es posible aprobar la asignatura, independientemente de la nota en el examen, sin haber realizado tanto las PEC como las prácticas presenciales con una evaluación mínima de 4 en cada una de ellas.

El número de preguntas de examen es orientativo, puede variar ligeramente en cada examen.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

| | |
|-------------------------|----|
| Requiere Presencialidad | Si |
| Descripción | |

La prueba presencial personal será indicadora del nivel global de asimilación alcanzado por el estudiante al finalizar el periodo de aprendizaje de la asignatura.

Criterios de evaluación

El estudiante debe considerar que si bien todos los temas que forman parte del temario son igualmente importantes hay que tener en cuenta que unos requieren un estudio más profundo que otros.

El examen consiste en cinco partes una por cada uno de los bloques en que está dividida la asignatura. Las preguntas del Bloque 1 computarán un 30% en la nota del examen, y las del resto de los Bloques (2-5) el 70% restante, repartido de forma igualitaria..

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final 80%
 Fecha aproximada de entrega 30/02/2022
 Comentarios y observaciones

Ver fecha exacta consultando el calendario de las pruebas presenciales de las asignaturas del primer semestre del máster.

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si,PEC no presencial

Descripción

Las pruebas de evaluación continua tienen carácter obligatorio y se recomienda realizarlas paulatinamente a lo largo del curso. Están pensadas para que los estudiantes puedan contrastar su proceso de asimilación en cada uno de los bloques en que se estructura la asignatura.

El estudiante debe realizar cinco PEC, correspondientes a cada uno de los bloques, que se recomienda que desarrolle a medida que vaya estudiando los contenidos de la asignatura.

Criterios de evaluación

Se debe obtener una nota igual o superior a 4 puntos en las PEC para poder aprobar la asignatura.

Las PEC del Bloque 1 computarán un 30% en la nota total de las PEC, y las del resto de los Bloques (2-5) el 70% restante, repartido de forma igualitaria.

Ponderación de la PEC en la nota final 10%
 Fecha aproximada de entrega 12/01/2022
 Comentarios y observaciones

Al inicio del curso virtual se pondrán todos los enunciados de las PEC a disposición de los estudiantes en el apartado "Trabajos" del curso virtual.

En el plan de trabajo se pondrá un calendario con la información sobre las fechas recomendadas para la entrega de la PEC de cada bloque, y la fecha límite para la entrega de todas ellas en las convocatorias ordinaria y extraordinaria.

Posteriormente a la calificación de la asignatura en convocatoria ordinaria se abrirá de nuevo el plazo de entrega de las PEC para la convocatoria de septiembre, con la fecha aproximada de entrega del 28/08/2022

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si,presencial

Descripción

Prácticas presenciales

Estas prácticas consisten o bien en una visita a una Instalación Nuclear, o bien prácticas en los locales del Departamento de Ingeniería Energética de la ETS Ingenieros Industriales. Se realizarán en principio en el periodo de prácticas de las asignaturas del primer semestre del máster en el mes de febrero.

No hay sesión de prácticas en el mes de septiembre. Por lo tanto, y dado el carácter obligatorio de las mismas, cualquiera que sea el plan que el alumno tenga de examinarse (febrero/septiembre) siempre tendrá que realizar las prácticas en el mes de febrero.

Las prácticas presenciales obligatorias tienen como objetivo fundamental que el alumno entre en contacto con las instalaciones de carácter nuclear y vean in situ la enorme complejidad, desarrollo tecnológico y la seguridad de esas instalaciones. En caso de establecer las prácticas en los locales del Departamento de Ingeniería Energética, el objetivo será afianzar y extender conocimientos clave vinculados a la asignatura.

Criterios de evaluación

Se debe obtener una nota igual o superior a 4 puntos para poder aprobar la asignatura.

Ponderación en la nota final 10%

Fecha aproximada de entrega 30/02/2022

Comentarios y observaciones

Consultar fecha en el calendario de prácticas del máster para asignaturas del primer semestre cuando esté disponible.

Con antelación a la realización de las prácticas, los alumnos recibirán toda la información necesaria sobre las mismas: actividades y material de apoyo. Esa misma información aparecerá en el curso virtual de la asignatura.

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La evaluación de la asignatura se realizará en función de las siguientes actividades, todas ellas obligatorias.

Prueba Presencial (PruP).

Práctica Presencial (PraP).

Pruebas de Evaluación Continua (PEC).

La nota final de la asignatura se calcula de acuerdo a los siguientes criterios:

1. La asignatura se aprueba si se obtiene una calificación global igual o superior a cinco, pero además se fija como condicionante adicional para la superación de la misma, el haber obtenido un mínimo de 4 puntos sobre 10 cada una de las anteriores actividades.

2. Si se supera el condicionante mencionado, el cálculo de la nota final de la asignatura se hace de acuerdo a la siguiente fórmula:

Nota (final) = 0,1 xPraP + 0,1 xPEC + 0,8 xPruP

***La Nota asociada a cualquier actividad se puntúa de 0 a 10.**

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

MATERIAL PARA LA PARTE TEÓRICA

Para la preparación de la asignatura se utilizará como texto base:

Título: FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA NUCLEAR

Autor/es: SANZ, J.; PIERA, M.; OGANDO, F.; SAUVAN, P. y ALONSO, M.

Este texto estará disponible para el curso presente en formato electrónico en la plataforma virtual.

Este libro, escrito y revisado por el equipo docente, está estructurado con los mismos temas que constituyen los contenidos de la asignatura. Es un texto pensado para estudiantes que por vez primera se enfrentan a cuestiones relacionadas con la ingeniería nuclear, cubriendo por tanto todos los conceptos básicos en el campo de la ciencia nuclear que se necesitan para abordar la asignatura. Se trata de un material muy extenso, por lo que en la parte restringida de la sección de contenidos de esta guía se darán las orientaciones al estudio pertinentes, limitando y priorizando sus contenidos de cara a la preparación de las pruebas presenciales.

Además, del texto base se utilizará para la preparación del tema 16 del Bloque 4 el siguiente material básico:

MOOC: NOOC II Understanding Nuclear Safety Culture. Disponible en la plataforma de MOOCs UNED Abierta. Producido por UNED y Tecnatom. Directores: Mercedes Alonso Ramos (UNED) y Fernando González González (Tecnatom). Edición permanente iniciada en 2020.

Se trata de un curso gratuito, abierto y masivo en inglés, producido en el marco del proyecto europeo Euratom H2020 ANNETTE, que pertenece al grupo de MOOCs "Introducing Safety Culture and its application to the nuclear field"

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

La bibliografía complementaria que se cita a continuación no es necesaria para el aprendizaje de la asignatura, pero sí es recomendable para ampliar la cultura nuclear sobre los temas que se tratan en la asignatura.

MOOC: NOOC II Understanding Nuclear Safety Culture. Disponible en la plataforma de MOOCs UNED Abierta. Producido por UNED y Tecnatom. Directores: Mercedes Alonso Ramos (UNED) y Fernando González González (Tecnatom). Edición permanente iniciada en 2020.

Se trata de un curso gratuito, abierto y masivo en inglés, producido en el marco del proyecto europeo Euratom H2020 ANNETTE, que pertenece al grupo de MOOCs "Introducing Safety Culture and its application to the nuclear field"

Título: 222 Cuestiones sobre la energía. Edit. Foro de la Industria Nuclear Española, 2001, Madrid.

Autor/es: BARRACHINA, M y otros

Editorial: EI FORO NUCLEAR

Este libro está disponible en formato electrónico a través de la plataforma aLF. Puede enviarse por correo ordinario a los alumnos interesados en formato físico, habiéndose puesto a nuestra disposición por cortesía de EI FORO NUCLEAR.

En este texto se presentan los interrogantes que más comúnmente se plantean sobre el tema energético y sobre el papel que la energía nuclear y sus aplicaciones desempeñan en nuestra sociedad. Las cuestiones que se discuten son las fundamentales a la hora de evaluar el problema de la necesidad de utilizar fuentes energéticas respetuosas con el medio ambiente y compatibles con un crecimiento sostenible.

Por tanto, se ajusta fielmente a los objetivos que se pretenden conseguir en el curso.

Presenta una estructura bastante similar a la del texto base. Muchas de las preguntas que sobre el tema nuclear se plantean, se tratan con más amplitud en el texto base. Otras relacionadas con otras fuentes energéticas distintas a la nuclear, y que apenas se desarrollan en el texto base, son sin embargo fundamentales a la hora de que el alumno encuadre a la energía nuclear en el marco general de las todas las demás fuentes energéticas, comprendiendo sus similitudes y diferencias, ventajas y desventajas.

Título: REACTORES NUCLEARES

ISBN (13): 9788474841190

Autor/es: Piera, Mireia; Martínez-Val Peñalosa, José M^a

Editorial: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. Madrid. Ed. Sección de Publicaciones de la ETSII de la UPM. (Tel.: 91 336 30 68)

Este libro de tecnología nuclear de fisión es de contenido avanzado, y aunque no necesario para el aprendizaje de esta asignatura, es uno de los libros en español más recomendables

para el desarrollo de la especialidad de Ingeniería Nuclear.

También se recomienda el CD-ROM multimedia:

Título: EL PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL: PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE FUTURO (2005)

ISBN (13): 9788436251937

Autor/es: ALONSO, M., LECHÓN, Y., MANSO, R., EMBID, M., ALPAÑÉS, D. y GONZÁLEZ, A;

Editorial: UNED

Premio al mejor material didáctico audiovisual del Consejo Social de la UNED, convocatoria 2008. Este CD quiere promover el debate energético en nuestra aldea global: los costes externos de la energía, la gestión de los residuos radioactivos y la mejora de la misma mediante la transmutación, el cambio climático y el papel de la energía nuclear en relación con el desarrollo sostenible. Aunque algunas partes de este material ya no son de actualidad, los conceptos básicos que se dan sobre temas nucleares son muy pertinentes para comprender mejor la asignatura.

Título: Introducción a la física atómica y nuclear

Autor/es: SANZ, J.; SAUVAN, P.

Este texto es de contenido avanzado, y aunque no necesario para el aprendizaje de esta asignatura, se recomienda para aquellos estudiantes que quieran introducirse en la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica y de su aplicación a ciertos problemas del mundo atómico y nuclear.

El libro no ha sido publicado aún, pero está disponible en formato electrónico en la plataforma virtual.

En el apartado *Recursos de apoyo y Webgrafía* se dan indicaciones sobre programas de radio, así como otros recursos para el aprendizaje recomendados.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Curso virtual:

Es fundamental para el desarrollo de la asignatura que el alumno utilice la Plataforma virtual.

Cualquier material complementario adicional que se pueda publicar o aconsejar se encontrará en dicha Plataforma. El alumno puede enviar sus consultas a los distintos foros de debate, o por correo electrónico a la atención de cualquiera de los profesores de la asignatura

Programas de radio grabados por el equipo docente:

En el curso virtual de la asignatura se comunicará al alumno la temática del programa que se emita, así como la significación del mismo en el contexto de la asignatura. Además, podrá

encontrar una relación de los programas emitidos con los enlaces adecuados.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Es obligatorio realizar prácticas presenciales de esta asignatura.

En el apartado “Sistema de evaluación” de esta guía está la información completa sobre estas prácticas.

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.