

Guía docente

240NU215 - 240NU215 - Simulación Monte Carlo del Transporte de la Radiación

Última modificación: 13/03/2025

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona

Unidad que imparte: 748 - FIS - Departamento de Física.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA NUCLEAR (Plan 2012). (Asignatura optativa).

Curso: 2025

Créditos ECTS: 4.5

Idiomas: Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: JOSEP SEMPLAU ROMA

Otros:

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Específicas:

1. Capacidad de hacer uso de forma eficaz, comprender el funcionamiento y rangos de validez, e interpretar los resultados de códigos de cálculo del transporte de radiación electromagnética, partículas cargadas y neutrones.
2. Conocimiento de los mecanismos de interacción de la radiación ionizante con la materia y su relación con los diferentes fenómenos y aplicaciones de interés en la tecnología nuclear.

METODOLOGÍAS DOCENTES

La asignatura se basa profundamente en una metodología basada en una combinación de las clases magistrales y los ejercicios prácticos. Durante las sesiones de clase, el profesor introduce conceptos fundamentales y la manera en que estos conceptos han de ser utilizados para poder resolver problemas prácticos, por ejemplo: como llevar a cabo simulaciones de ordenador en realidad.

Los ejercicios son de dos tipos diferentes. El primero incluye ejercicios que pretenden ayudar a los estudiantes a aprender los conceptos que hay detrás del método Monte Carlo, estimulando su habilidad para entender las características básicas y que es específico de cada tipo de aplicación. En la mayoría de los casos, los ejercicios en el primer grupo no requieren de la ejecución de ninguna simulación. La segunda parte, más extensa, está basada en una serie de sesiones presenciales donde los estudiantes deberán simular diversos casos.

Durante esta parte, se aplicarán tanto la metodología de autoaprendizaje como la de aprendizaje cooperativo, dependiendo del caso.

Addendum:

As a result of the public health emergency declared for the COVID-19 epidemic of 2020, the methodology will be adapted to the new situation. This includes, but may not be limited to, teaching remotely using virtual meeting software platforms, increase in the number of asynchronous assignments to be submitted by students, etc.

These changes will be in place only during the spring semester of 2020.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al final del semestre, los estudiantes deberán ser capaces de:

- Presentar las ideas básicas que hay detrás del método de Monte Carlo (MC)
- Describir las metodologías y herramientas utilizadas de códigos basados en la metodología Monte Carlo para realizar los cálculos
- Describir las características básicas de los modelos físicos en los códigos MC que son utilizados para la simulación del transporte de radiación, con énfasis en el transporte de fotones, partículas cargadas y neutrones.
- Funcionar eficientemente con el código MC PENELOPE/penEasy
- Utilizar código MC para simular algunos problemas elementales relacionados con aplicaciones médicas e industriales

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo pequeño	4,5	4.00
Horas grupo grande	36,0	32.00
Horas aprendizaje autónomo	72,0	64.00

Dedicación total: 112.5 h

CONTENIDOS

1. Principios del método Monte Carlo

Descripción:

Después de una corta perspectiva histórica, se introducirán los siguientes conceptos: generadores de números pseudo-aleatorios; elementos de probabilidad teórica; muestras de distribución de probabilidades; estadísticas e incertidumbre

Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo mediano/Prácticas: 4h

Aprendizaje autónomo: 4h

2. Simulación MC del transporte de radiación

Descripción:

Se introducen las peculiaridades de la simulación MC cuando están aplicadas al problema de descripción del transporte de radiación: la física del transporte se presenta como un ejemplo del proceso de Poisson. Los principios de las metodologías de reducción de variancia se discuten y se analiza al detalle la implementación práctica de un número limitado de estas técnicas

Dedicación: 5h

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

3. Transporte de fotones y partículas cargadas

Descripción:

Se describen las propiedades físicas del transporte de fotones, electrones, positrones, protones y otras partículas fuertemente cargadas. Se describen en profundidad los mecanismos de interacción dominante y las diferentes secciones transversales asociadas (y los modelos utilizados para describirlos) para algunas de estas interacciones.

Se explican múltiples teorías de dispersión para partículas cargadas, así como su aplicación en métodos de simulación resumidos. El equilibrio entre velocidad y precisión se discute y se proporciona un criterio de cuantificación como herramienta para escoger los valores principales de parámetros que son relevantes para un problema de simulación dado.

Dedicación: 7h

Grupo grande/Teoría: 3h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

4. El código MC PENELOPE/penEASY

Descripción:

Se describe el código MC PENELOPE para la simulación del transporte de fotones y electrones. Esto incluye: generación de los archivos de datos de materiales, definición de geometrías complejas, adaptación de los archivos de entrada para definir las fuentes de radiación, cantidades a ser contabilizadas y para dirigir la simulación; interpretación de los archivos de salida y la representación gráfica de los resultados; identificación de los problemas potenciales, excepciones y limitaciones prácticas de la simulación.

Dedicación: 13h

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 10h

5. Transporte de neutrones

Descripción:

Se describen las interacciones de neutrones y se introducen las bases de datos para su determinación. Un código de simulación (MCNP o GEANT) se describirá también en un nivel introductorio.

Se analizarán las diferencias en el transporte de las partículas cargadas y de las partículas neutras

Dedicación: 5h

Grupo grande/Teoría: 1h

Grupo mediano/Prácticas: 2h

Aprendizaje autónomo: 2h

ACTIVIDADES

1. DISTRIBUCIÓN DE DOSI EN UN ESPECTRO DE AGUA

Descripción:

- Calcular la distribución de la dosis producida por el rayo de radiación en un espectro semi infinito de agua
- Observar el efecto de no transportar segundas partículas
- Cambiar el transporte físico para estudiar la influencia de la interacción de mecanismos particulares en el transporte de radiación

Dedicación: 18h

Aprendizaje autónomo: 13h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

2. ESPECTOMETRIA DE RAYOS GAMMA

Descripción:

- Calcular la distribución del caso de la deposición de energía (esto es, el espectro) producido por una fuente Co-60 en un detector NaI
- Analizar las diferentes regiones del espectro e identificar el origen de los picos producidos
- Introducir una circonvolución sobre la marcha de $p(E)$ gaussiano para tener en cuenta la ampliación de los picos observados en un detector real

Dedicación: 18h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 13h

3. ACCELERADOR HEAD

Descripción:

- Generar el Archivo de Fase Espacial (AFE) para un modelo simple linac. El AFE contiene el estado de todas las partículas que salen del acelerador head.
- Aprender a como configurar una fuente con un espectro gaussiano
- Utilizar un AFE para obtener una distribución de dosis
- Practicar el uso de técnicas de reducción de variancia: fuerza de interacción y separación de partículas

Dedicación: 18h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

Grupo pequeño/Laboratorio: 13h

4. GEOMETRÍAS VOXELIZADAS

Descripción:

- Trabajar con geometrías voxelizadas
- Combinar geometrías cuadrículas y voxelizadas en una única simulación

Dedicación: 18h

Aprendizaje autónomo: 13h

Grupo pequeño/Laboratorio: 5h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

La evaluación se basará en tres elementos:

informes escritos en las tareas a realizar (peso=25%)

Presentaciones orales de los ejercicios (peso relativo =25%)

Examen final (peso relativo =50%)

Addendum:

As a result of the public health emergency declared for the COVID-19 epidemic of 2020, the assessment method will be adapted to the new situation. This implies that: (i) Oral presentations will be done remotely, using the technical resources provided by the UPC whenever necessary; (ii) exams will be held remotely using the technical resources provided by the UPC such as, e.g., the virtual campus. The weights of the different activities on the final mark are not altered by these changes.

These changes will be in place only during the spring semester of 2020.

BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Kalos, Malvin H; Whitlock, Paula A. Monte Carlo methods [en línea]. 2nd rev. ed. Weinheim: Wiley-Blackwell, cop. 2008 [Consulta: 27/05/2020]. Disponible a: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527626212>. ISBN 9783527407606.
- Francesc Salvat, Francesc ; Fernández-Varea, José María ; Sempau, Josep. PENELOPE-2008: A Code System for Monte Carlo Simulation of Electron and Photon Transport [en línea]. Issy-les-Moulineaux, France: OECD Nuclear Energy Agency, 2009 [Consulta: 09/12/2013]. Disponible a: <https://www.oecd-neo.org/science/pubs/2009/nea6416-penelope.pdf>. ISBN 9789264990661.

Complementaria:

- Jenkins, Theodore M; Nelson, Walter R; Rindi, Alessandro. Monte Carlo transport of electrons and photons. New York: Plenum Press, cop. 1988. ISBN 9780470177945.
- Bielajew, A.F. Fundamentals of the Monte Carlo method for neutral and charged particle transport [en línea]. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan, 2001 [Consulta: 29/10/2025]. Disponible a: <http://www-personal.umich.edu/~bielajew/MCBook/book.pdf>.
- Page, Clive G.. Professional Programmer's Guide to Fortran77 [en línea]. Leicester: University of Leicester, 2005 [Consulta: 29/10/2025].

09/12/2013]. Disponible a: http://www.star.le.ac.uk/~cgp/prof77.html#tth_sEc1.