

Guia docent

240NU215 - 240NU215 - Simulació Monte Carlo del Transport de la Radiació

Última modificació: 13/03/2025

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona

Unitat que imparteix: 748 - FIS - Departament de Física.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA NUCLEAR (Pla 2012). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 4.5

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSEP SEMPLAU ROMA

Altres:

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

1. Capacitat de fer ús de forma eficaç, comprendre el funcionament i rangs de validesa, i interpretar els resultats de codis de càlcul del transport de radiació electromagnètica, partícules carregades i neutrons.
2. Coneixement dels mecanismes d'interacció de la radiació ionitzant amb la matèria i la seva relació amb els diferents fenòmens i aplicacions d'interès en la tecnologia nuclear.

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura es basa profundament en una metodologia basada en una combinació de les classes magistrals i els exercicis pràctics. Durant les sessions de classe, el Professor introdueix conceptes fonamentals i la manera en que aquests conceptes han de ser utilitzats per a poder resoldre problemes pràctics, per exemple: com portar a terme simulacions en ordinador en la realitat.

Els exercicis són de dos tipus diferents. El primer inclou exercicis que pretenen ajudar als estudiants a aprendre els conceptes que hi ha darrera del mètode Monte Carlo, estimulant la seva habilitat per a entendre les característiques bàsiques i què és específic de cada tipus d'aplicació. En la majoria dels casos, els exercicis en el primer grup no requereixen de l'execució de cap simulació. La segona part, més extensa, està basada en una sèrie de sessions presencials on els estudiants hauran de simular diversos casos. Durant aquesta part, s'aplicaran tant la metodologia d'autoaprenentatge com la de l'aprenentatge cooperatiu, depenent del cas.

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.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Al final del semestre, els estudiants hauran de ser capaços de:

- Presentar les idees fonamentals darrera del mètode de Monte Carlo (MC)
- Descriure les metodologies i eines utilitzades de codis basats en la metodologia Monte Carlo per a realitzar els càlculs
- Descriure les característiques bàsiques dels models físics en els codis MC que són utilitzades per a la simulació del transport de radiació, amb èmfasis al transport de fotons, partícules carregades i neutrons.
- Funcionar eficientment amb el codi MC PENELOPE/penEasy
- Utilitzar codi MC per a simular alguns problemes elementals relacionats amb aplicacions mèdiques i industrials

HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	72,0	64.00
Hores grup gran	36,0	32.00
Hores grup petit	4,5	4.00

Dedicació total: 112.5 h

CONTINGUTS

1. Principis del mètode de Monte Carlo

Descripció:

Després d'una curta perspectiva històrica, s'introduiran els següents conceptes: generadors de nombres pseudo-aleatoris; elements de probabilitat teòrica; mostres de distribució de probabilitats; estadístiques i incertesa

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup mitjà/Pràctiques: 4h

Aprenentatge autònom: 4h

2. Simulació MC del transport de radiació

Descripció:

S'introdueixen les peculiaritats de la simulació MC quan estan aplicades al problema de descripció del transport de radiació: la física del transport és presentada com a un exemple d'un procés de Poisson. Els principis de les metodologies de reducció de variància són discutides i la implementació pràctica d'un nombre limitat d'aquestes tècniques és analitzat al detall

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 1h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 2h

3. Transport de fotons i partícules carregades

Descripció:

Es descriuen les propietats físiques del transport de fotons, electrons, positrons, protons i altres partícules carregades fortament. Es descriuen en profunditat els mecanismes d'interacció dominant i les diferents seccions transversals associades (i els models utilitzats per a descriure'ls) per a algunes d'aquestes interaccions. S'expliquen múltiples teories de dispersió per a partícules carregades, així com la seva aplicació en mètodes de simulació resumits. L'equilibri entre velocitat i precisió és discutit i es dona criteri de quantificació com a eina per a escollir els principals valors del transport de paràmetres que són rellevants per a un problema de simulació donat.

Dedicació: 7h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 2h

4. El codi MC PENELOPE/penEasy

Descripció:

Es descriu el codi MC PENELOPE per la simulació del transport de fotons i electrons. Això inclou: generació dels arxius de dades de material, definició de geometries complexes, adaptació dels arxius d'entrada per a definir les fonts de radiació, quantitats a ser contabilitzades i per a dirigir la simulació; interpretació dels arxius de sortida i la representació gràfica dels resultats; identificació dels problemes potencials, excepcions i limitacions pràctiques de la simulació

Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 1h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 10h

5. Transport de neutrons

Descripció:

Es descriuen les interaccions de neutrons i s'introdueixen les bases de dades per a la seva determinació. Un codi de simulació (MCNP o GEANT) també serà descrit en un nivell introductori.

S'analitzaran les diferències en el transport de les partícules carregades i de les partícules neutres

Dedicació: 5h

Grup gran/Teoria: 1h

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 2h

ACTIVITATS

1. DISTRIBUCIÓ DE LA DOSI EN UN ESPECTRE D'AIGUA

Descripció:

- Calcular la distribució de la dosi produïda pel raig de radiació en un espectre semi-infinit d'aigua
- Observar l'efecte de no transportar segones partícules
- Canviar el transport físic per a estudiar la influència de l'interacció de mecanismes particulars en el transport de radiació

Dedicació: 18h

Aprenentatge autònom: 13h

Grup petit/Laboratori: 5h

2. ESPECTOMETRIA DE RAIGS GAMMA

Descripció:

- Calcular la distribució del cas de la deposició d'energia (això és, l'espectre) produït per una font Co-60 en un detector NaI
- Analitzar les diferents regions de l'espectre i identificar l'origen dels pics produïts
- Introduir una circonvolució sobre la marxa de $p(E)$ gaussiana per tenir en compte l'ampliació dels pics observats en un detector real

Dedicació: 18h

Grup petit/Laboratori: 5h

Grup petit/Laboratori: 13h

3. ACCELERADOR HEAD

Descripció:

- Generar l'Arxiu de Fase Espial (AFE) per a un simple model linac. El AFE conté l'estat de totes les partícules que surten de l'accelerador head.
- Aprendre com configurar una font amb un espectre gaussià
- Utilitzar un AFE per a obtenir una distribució de dosi.
- Practicar l'ús de tècniques de reducció de variancia: força d'interacció i separació de partícules.

Dedicació: 18h

Grup petit/Laboratori: 5h

Grup petit/Laboratori: 13h

4. GEOMETRIES VOXELITZADES

Descripció:

- Treballar amb geometries voxelitzades
- Combinar geometries quadrícules i voxelitzades en una única simulació

Dedicació: 18h

Aprenentatge autònom: 13h

Grup petit/Laboratori: 5h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

L'avaluació estarà basada en tres elements:

Informes escrits de les tasques a realitzar (pes = 25%)

Presentacions orals dels exercicis (pes relatiu = 25%)

Exàmen final (pes relatiu = 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.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Kalos, Malvin H; Whitlock, Paula A. Monte Carlo methods [en línia]. 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 línia]. 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.

Complementària:

- 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 línia]. 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 línia]. Leicester: University of Leicester, 2005 [Consulta: 09/12/2013]. Disponible a: http://www.star.le.ac.uk/~cgp/prof77.html#tth_sEc1.

RECURSOS

Altres recursos:

Fortran90 for Fortran77 Programmers / Clive Page : <http://www.star.le.ac.uk/~cgp/f90course/f90.pdf>