

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
ASIGNATURA: Elementos de Cálculo Dosimétrico para Hadronterapia y Campo Mixto.	AÑO: 2025
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 5° año 1° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Física	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

La asignatura es de carácter teórico-práctico, con fuerte carga en la ejercitación utilizando recurso informático así como trabajos experimentales de laboratorio.

Se incluye estudio del comportamiento de la interacción entre partículas pesadas de interés para aplicaciones biomédicas, incorporando herramientas de programación y elementos teórico-prácticos para el transporte y colisión de radiación.

La carga horaria se distribuye en 2 (dos) clases semanales de 2 horas cada una, y se prevé que los estudiantes requieran de otras 2 horas semanales para estudio y ejercitación propia.

Este curso de Especialidad en Física trata sobre dosimetría avanzada, una temática transversal a áreas de física de radiaciones y dosimetría, está diseñado para proporcionar a los estudiantes una comprensión profunda y completa de la física subyacente a la interacción de la radiación con la materia, así como de las aplicaciones de estas disciplinas en la medicina y la radioterapia. Los fundamentos de este curso se enfocan en profundizar y especializar sobre temáticas de física nuclear, la interacción de partículas cargadas con la materia, la dosimetría y la radiobiología, y se enfocan en la aplicación de estas disciplinas biomédicas.

Los contenidos de este curso constituyen un marco completo para profundizar conocimientos y capacidades operativas en áreas como: estructura nuclear, interacción de partículas cargadas con la materia, dosimetría y la radiobiología, en contextos de aplicaciones biomédicas. Se destaca que el abordaje incluye el desarrollo de habilidades prácticas en la simulación de procesos de radiación, el análisis de datos y la aplicación de técnicas de dosimetría y radiobiología. Por tanto, al finalizar este curso, los estudiantes estarán formados con una comprensión profunda y completa de la física de radiaciones de partículas pesadas y su aplicación en la medicina y la terapia.

Objetivos generales: Profundizar la formación de los estudiantes en el área de la dosimetría avanzada y los abordajes propios de las condiciones de campos mixtos desarrollando las capacidades para una comprensión teórica junto a habilidades y experiencia experimentales de laboratorio e instrumentación y en el manejo de metodologías computacionales para la los complejos requerimientos en terapia con hadrones y, en general, campos mixtos.

Objetivos específicos:

- Proporcionar al estudiante los conceptos teóricos sobre dosimetría avanzada.
- Proporcionar al estudiante las herramientas teórico-prácticas para diseñar e implementar rutinas básicas de simulación Monte Carlo para la resolución de problemas de cálculo numérico en aplicaciones de dosimetría de campo mixto.
- Proporcionar al estudiante conocimientos y experiencia en experimentación para dosimetría de campos mixtos.

CONTENIDO

MODULO I: Propiedades generales del núcleo atómico

1.1.. Evolución del modelo nuclear

1.2.. Evidencia experimental en el desarrollo histórico de la física nuclear

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

1.2.1.. Separación electromagnética de iones

1.2.2.. Abundancia natural de isótopos

1.3.. Separación de isótopos

1.4.. Estabilidad nuclear

1.5.. Características de las fuerzas nucleares

1.6.. Compendio de propiedades nucleares

1.7.. Masa y energía de ligadura nuclear

1.8.. Barrera de potencial nuclear

1.9.. Modelo nuclear de Von Weizsäcker

1.10.. Spin y momentos nucleares

1.11.. Ejercitación del Capítulo I

1.11.1.. Conceptos básicos de programación

MODULO II: Problema de dos cuerpos para nucleones según la energía

2.1.. Deuterio en potencial central

2.2.. Scattering $n_0 - p^+$

2.3.. Scattering $p^+ - p^+$

2.4.. Comparación del modelo con datos experimentales

2.5.. Agregado: Repaso de potenciales cuánticos

2.6.. Problema de dos cuerpos a energías intermedias

2.7.. Scattering $n_0 - p^+$ para energías entre 10 y 30 MeV

2.8.. Scattering $n_0 - p^+$ para energías superiores a 30 MeV

2.9.. Scattering $p^+ - p^+$ para altas energías

2.10.. Modelo de Yukawa de intercambio de piones

2.11.. Cálculo de Secciones Eficaces de interacción $n_0 - p^+$ a energías intermedias

2.12.. Corrimiento de fase como evidencia de scattering $n_0 - p^+$

2.13.. Ecuación integral del Scattering

2.14.. Ondas parciales en potencial $V(r)$ y corrimiento de fase

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

2.15..Cálculo de la sección eficaz

2.15.1.. Estado fundamental del deuterio 3 S1

2.16..Ejercitación del Capítulo II

2.16.1.. Elementos de estadística y conceptos de modelos nucleares

2.16.2.. Scattering de nucleones

2.16.3.. Corrimiento de fase y sección eficaz

MODULO III: Tracking de partículas y transporte de radiación

3.1.. Repaso de colisión entre partículas cargadas

3.2.. Transporte de radiación y metodologías de integración numérica

3.2.1.. Técnicas numéricas Monte Carlo para evaluar integrales definidas

3.3.. Cantidades importantes en transporte de partículas

3.3.1.. Tracking y etapas en el modelado de transporte de radiación

3.4.. Aproximaciones para el transporte de fotones en medios materiales

3.5.. Penetración y alcance de partículas cargadas en la materia

3.6.. Pérdida de energía de partículas cargadas a nivel macroscópico

3.7.. Modelo de Bethe-Fano para pérdida de energía

3.7.1.. Sección eficaz de Rutherford

3.7.2.. Sección eficaz de colisión de Bethe-Fano

3.8.. Funciones acumulativas y cálculo de momentos en agua

3.9.. Aplicaciones: 1 H y 12 C

3.10..Pérdida y depósito de energía a nivel microscópico

3.10.1.. Pérdida estocástica de energía en células

MODULO IV: Poder de frenado y energía media de excitación de iones

4.0.1.. Poder de frenado electrónico

4.0.2.. Poder de frenado nuclear

4.1.. Poder de frenado en agua para iones de hidrógeno

4.1.1.. Rango en agua y energía media de ionización

4.2.. Derivación de la energía de excitación

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

4.3.. Ejercitación del Capítulo IV

MODULO V: Interacción de partículas cargadas en material biológico

5.1.. Elementos de Radioquímica

5.2.. Relación empírica energía-rango para iones terapéuticos

5.3.. Aproximaciones para Stopping Power para iones terapéuticos

5.4.. Relación empírica entre energía y rango de CSDA

5.5.. Consideraciones dosimétricas para haces de iones pesados

5.5.1.. Tratamiento simplificado del Efecto densidad

5.6.. Ejercitación del Capítulo V

MODULO VI: Radioactividad natural y decaimiento nuclear

6.1.. Teoría continua: una substancia

6.2.. Teoría continua y Branching

6.3.. Unidades de Radioactividad y aspectos dosimétricos

6.4.. Teoría general de Radioactividad

6.5.. Decaimiento nuclear alfa

6.5.1.. Estructura del espectro de emisión alfa

6.5.2.. Ligadura virtual

6.6.. Decaimiento nuclear beta

6.6.1.. Medición de energías de rayos β

6.6.2.. Teoría de la emisión β

6.6.3.. Teoría de Fermi de la Emisión β

6.6.4.. Decaimiento muónico

6.6.5.. Evidencia sobre Neutrino-Antineutrino

6.6.6.. Conservación de la paridad en emisión β

6.6.7.. Decaimiento nuclear Gamma

6.6.8.. Reglas de Selección y Probabilidad de transición Gamma

6.7.. Elementos básicos de programación y ejercitación del Capítulo VI

6.7.1.. Radioactividad y decaimiento nuclear

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

6.8.. Ejercitación del Capítulo VI

MODULO VII: Reacciones nucleares y fuentes de neutrones

7.1.. Introducción y generalidades de reacciones nucleares

7.2.. Canales nucleares de reacción

7.3.. Relaciones energéticas

7.4.. Sección eficaz para neutrones

7.5.. El modelo de núcleo compuesto

7.6.. Núcleo compuesto y experimentos

7.7.. Teoría de dispersión de Breit-Wigner

7.8.. Estados nucleares de excitación

7.9.. Reacciones Foto-nucleares

7.10.. Reacciones nucleares con iones pesados

7.11.. Fuentes de neutrones

7.12.. Termalización (slowing down) de neutrones

7.13.. Fisión y fusión nuclear: conceptos básicos

7.14.. Reacciones nucleares inducidas por neutrones

7.14.1.. Energías bajas e intermedias para núcleos intermedios

7.14.2.. Energías bajas para núcleos pesados

7.14.3.. Energías intermedias para núcleos pesados

7.14.4.. Energías altas para núcleos pesados e intermedios

7.14.5.. Energías muy altas para núcleos pesados e intermedios

7.15.. Reacciones de iones pesados

7.16.. Elementos básicos de programación y ejercitación del Capítulo VII

7.16.1.. Reacciones nucleares y fuentes de neutrones

7.17.. Ejercitación del Capítulo VII

MODULO VIII: Detectores de radiación para hadrones

8.1.. Detectores gaseosos

8.2.. Detectores de estado sólido

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

8.2.1.. Detectores semiconductores

8.2.2.. Detectores centelladores

8.2.3.. Detectores termoluminiscentes

8.2.4.. Detectores de emulsión

8.3.. Detección de partículas cargadas pesadas

8.3.1.. Utilización de detectores para partículas cargadas pesadas

8.4.. Detección de neutrones

8.4.1.. Detección de neutrones térmicos

8.4.2.. Contadores de fisión

8.4.3.. Contadores de ^3He

8.4.4.. Detección de neutrones rápidos

8.5.. Elementos básicos de programación y ejercitación del Capítulo VIII

8.5.1.. Detectores de radiación para hadrones

8.6.. Ejercitación del Capítulo VIII

MODULO IX: Radiobiología para haces de iones

9.1..Radiobiología: Introducción

9.2..Sobrevida celular

9.3..Modelo Lineal-Cuadrático y eficiencia radiobiológica

9.4..Mediciones de supervivencia celular

9.5.. Ejercitación del Capítulo IX

MODULO X: Elementos de tracking y simulación de neutrones

10.1..Introducción: Tracking de partículas: neutrones

10.2..Modelos de tracking para neutrones

10.3..Modelado Monte Carlo de transporte de neutrones

10.4..Trabajo de aplicación: Transporte de neutrones

10.5.. Ejercitación del Capítulo X

MODULO XI:Radioprotección: Aplicaciones

11.1..Introducción: Radioprotección

11.2..Modelo para blindajes para aparatos de RX en radiodiagnóstico

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

11.3..Cálculo blindajes para aparatos de RX en radiodiagnóstico

11.4..Trabajo de aplicación: Elementos de Radiodiagnóstico

11.5.. Ejercitación del Capítulo XI

MODULO XII: Transporte y depósito de energía para haces de protones y carbono

12.1..Trabajo de aplicación: Haces de 1 H y 12 C

MODULO XIII: BNCT: dosimetría de campo mixto

13.1..Introducción BNCT

13.2..Uso de técnica de cálculo Monte Carlo para BNCT

13.3..Información teórica y experimental

13.3.1.. La técnica dosimétrica FriXy

13.4..Trabajo de Ejercitación: BNCT y dosimetría de campo mixto

MODULO XIV: Detectores de radiación estudiados con técnicas Monte Carlo

14.1..Introducción al estudio de detectores

14.2..Trabajo de Ejercitación: Estudio y caracterización de un detector tipo pozo

14.3..Trabajo de Ejercitación: Estudio y caracterización de detectores de estado sólido

14.4..Trabajo de Ejercitación: Estudio y caracterización de una cámara de ionización

MODULO XV: Cálculos de radiobiología

15.1..Efectos radiobiológicos a partir de dosimetría física

15.2..Isoefectos radiobiológicos

15.3..Trabajo de aplicación: Radiobiología

MODULO XVI: Generación y procesamiento de imágenes médicas

16.1..Aplicación: Radiografía digital y tomografía computada

16.2..Tomografía por emisión de positrones

16.3..Dosimetría e imágenes

16.4..Neutrografía

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA:

ELEMENTOS DE CÁLCULO DOSIMÉTRICO PARA HADRONTERAPIA Y CAMPOS MIXTOS
por M. Valente (Ed. 2014, 2015, 2020, 2022)

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

- F. Kahn. The physics of the radiation therapy 3ra. Ed., Editorial Lippincott Williams & Wil, 2003.
- S. Cherry, J. Sorrenson and M. Phelps. Physics in nuclear medicine. Editorial Saunders, Philadelphia Third Edition 2003.
- F. Salvat, J. Fernández-Varea and J. Sempau. PENELOPE, an algorithm and computing code for Monte Carlo simulation of electronphoton showers. Editorial NEA, France 2003.
- F. Attix. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. Editorial John Wiley and Sons, 1986.
- M. Valente Física nuclear con aplicaciones Notas del curso de especialidad en FaMAF 2008. (disponible en: <http://www.famaf.unc.edu.ar/~valente>)
- M. Valente Elementos de calculo dosimetrico para hadronterapia y campos mixtos Notas del curso de posgrado en FaMAF 2010-2011-2012. (disponible en: <http://www.famaf.unc.edu.ar/~valente>)
- M. Valente y P. Perez Dosimetria y radiobiologia. Notas para curso de grado, Uiversidad de Catamarca., 2011. (disponible en: <http://www.famaf.unc.edu.ar/~valente>)
- M. Valente. Física de la Radioterapia. Notas para curso de posgrado universidad de la Frontera, Chile 2009-2010-2011-2012. (disponible en: <http://www.famaf.unc.edu.ar/~valente>)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- M. Mariani, E. Vanossi, G. Gambarini, M. Carrara, M.Valente. Preliminary results from polymer gel dosimeter for absorbed dose imaging in radiotherapy. RADIATION PHYSICS AND CHEMISTRY Vol. 76 Issue: 8 Number: 9 Pages: from 1507 to 1510 Year: 2007.
- G. Gambarini, D. Brusa, M. Carrara , G. Castellano, M. Mariani, S. Tomatis, M. Valente E. Vanossi. Dose Imaging in radiotherapy photon fields with Fricke and Normoxic-polymer Gels. JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES Volume: 41 Issue: 1 Number: 1 Pages: from 466 to 474 Year: 2006.
- G. Castellano D. Brusa, M. Carrara, G. Gambarini, M.Valente. An optimized Monte Carlo (PENELOPE) code for the characterization of gel-layer detectors in radiotherapy. NUCLEAR INSTRUMENTS ANDMETHODS IN PHYSICS RESEARCH A - ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPAMENT Volume: 580 Pages: from 502 to 505 Year: 2007.
- R. Bevilacqua, G. Giannini, F. Calligaris, D. Fonatanarosa, F. Longo, G. Scian, P. Torato, K. Vittor, E. Vallazza, M.Severgnini, R. Vidimari, G. Bartesaghi, V. Conti, V. Mascagna, C. Perboni, M. Prest, G. Gambarini, S. Gay, M. Valente, et. al. PhoNesS: A novel approach to BNCT with conventional radiotherapy accelerators. NUCLEAR INSTRUMENTS ANDMETHODS IN PHYSICS RESEARCH A - ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPAMENT Volume: 572 Issue: 1 Number: 1 Pages: from 231 a 232 Year: 2007.
- G. Gambarini, R.Moss, M. Mariani, M. Carrara, G. Daquino, V. Nievaart, M. Valente. Gel dosimeters as useful dose and thermal-fluence detectors in boron neutron capture (BNCT). JOURNAL OF RADIATION EFFECTS AND DEFECTS IN SOLIDS (ISSN 1042-0150 print/ISSN 1029-4953 on-line) Volume:162 Number: 10-11 Year: 2007.
- M. Valente, E. Aon, M. Brunetto, G. Castellano,F. Gallivanone, G. Gambarini. Gel dosimetry measurements and Monte Carlo modeling for external radiotherapy photon beams. Comparison with a treatment planning system dose distribution. NUCLEAR INSTRUMENTS ANDMETHODS IN PHYSICS RESEARCH A - ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPAMENT Volume: 580 Pages: from 497 to 501 Year: 2007.
- S. Tomatis, M. Carrara, G. Gambarini, R. Marchesini and M. Valente. Gel-layer dosimetry for dose verification in intensity modulated radiation therapy. NUCLEAR INSTRUMENTS ANDMETHODS IN PHYSICS RESEARCH A - ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPAMENT Volume: 580 Pages: from 506 to 509 Year: 2007.
- G. Gambarini S. Agosteo S Altieri S. Bortolussi M. Carrara S. Gay C. Petrovich G. Rosi M.

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

Valente. Dose distributions in phantoms irradiated in thermal columns of different nuclear reactors.
RADIATION PROTECTION DOSIMETRY Volume: 123 Number: 4 Year: 2007.

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

- Dos (2) evaluaciones parciales.
- Realización y aprobación de los 6 (seis) informes de trabajos prácticos.
- Las evaluaciones parciales serán sobre contenidos teórico-prácticos.
- El examen final contará de una evaluación escrita sobre contenidos teórico-prácticos, y una exposición oral sobre la profundización de un tema de aplicación.

REGULARIDAD

ASISTENCIA

Asistencia al 70% de la totalidad de las horas previstas, tanto teóricas como prácticas.

EXÁMENES PARCIALES

Aprobación de 2 exámenes parciales, con calificación mayor o igual a 4, correspondiente a un 60%.

TRABAJOS PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Entrega y aprobación del 60% de los trabajos prácticos (al menos 4 (cuatro) de los 6 (seis) trabajos prácticos) en las fechas convenidas.

PROMOCIÓN

No se contempla regimen de promoción

CORRELATIVIDADES

Especialidad 1: Fundamentos de Física Médica