



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**

**DIRECCIÓN ACADÉMICA DE POSTGRADO**

**TEMUCO - CHILE**

### **I IDENTIFICACIÓN DEL CURSO**

Nombre Curso :	:	Física de Radiaciones
Código :	:	MFM-130
Programa :	:	Magister en Física Médica
Horas :	:	Cuatro por semana por 16 semanas (equivalentes)
Calidad :	:	Obligatoria
Tipo de formación :	:	Especializada
Carácter :	:	Teórico- Practico
Régimen :	:	Anual, Tutorial
Semestre que se imparte :	:	Primero (Primer Nivel)
Año académico :	:	Primero

### **II DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA**

La asignatura Física de Radiaciones es una asignatura teórica con 4 horas semanales que contribuye a la formación de especialidad de los estudiantes del Programa de Magister en Física Médica. Esta asignatura pretende entregar a los alumnos los elementos fundamentales de la Física asociada a las radiaciones fundamentalmente ionizantes les permitan comprender su generación, los diferentes mecanismo de interacción de la radiación con la materia. En el desarrollo de esta asignatura se presentan y se explican los conceptos fundamentales, los postulados y las teorías básicas en que se sustenta la Física de Radiaciones, contrastándolos con las evidencias experimentales disponibles.

### **III OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA**

Los objetivos fundamentales del curso pueden resumirse como:

1. Introducir al estudiante de las interacciones fundamentales, la transferencia de energía y en general el problema de transporte de radiaciones en medios materiales.
2. Conocer el uso de radiaciones ionizantes y no ionizantes en la medicina.
3. Introducir al estudiante a la teoría de los sistemas utilizados para producir esas radiaciones y aquellos empleados en su detección y registro.
4. Introducir al estudiante a la teoría de la determinación de dosis absorbidas.
5. Introducir al estudiante en principales mecanismos de detección de la radiación.

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de:

- I. Entender la fenomenología básica.
- II. Hacer cálculos de dificultad elemental e intermedia, donde pueda apoyarse para reunir suficientes elementos de juicio en la toma de decisiones asociadas a situaciones prácticas.
- III. Manejar la literatura relevante del área.

## IV RECURSOS METODOLOGICOS

Clases presenciales expositivas donde se presentarán los conceptos principales y fundamentales de la Física de Radiaciones. Además los alumnos tendrán clases de laboratorio en donde se le mostrara y participaran de modo practico algunos experimentos asociados a la interacción de la radiación con la materia. Los alumnos deben realizar un trabajo individual de búsqueda de información, lectura de artículos, libros internet, etc, para exponer de un modo oral. Se considera además la entrega de material de apoyo como guía de las clases teóricas y la profundización de los diversos temas a través del desarrollo de ejercicios prácticos.

## V EVALUACIÓN

Tres pruebas escritas 60%, laboratorios con informes 10% (asistencia obligatoria), 1 exposición oral de práctica de laboratorio elegidas o tema a fin 15%, ejercicios tarea 15%, todas a las actividades son obligatorias. .

## VI CONTENIDO

### 1. Radiaciones y Magnitudes Fundamentales

#### 1.1. Radiaciones no ionizante

- 1.1.1. Luz visible,
- 1.1.2. Calor, sonido y campos electromagnéticos,

#### 1.2. Radiaciones ionizante

- 1.2.1. Directamente ionizante
- 1.2.2. Indirectamente ionizantes
- 1.2.3. Fuentes de radiaciones ionizantes: radionúclidos, generadores de rayos-X, generadores de neutrones, reactores y aceleradores.

#### 1.3. Magnitudes fundamentales

- 1.3.1. Número de Partículas y Energía Radiante
- 1.3.2. Fluencia de partículas y de energía
- 1.3.3. Tasa de fluencia de partículas y de energía
- 1.3.4. Radiancia de partículas y de energía
- 1.3.5. Espectro de energía

#### 1.4. Kerma

- 1.4.1. Definición
- 1.4.2. Kerma de colisión y radiación

#### 1.5. Absorción de energía de un campo de radiación

- 1.5.1. Energía impartida,
- 1.5.2. Energía transferida
- 1.5.3. Energía transferida neta
- 1.5.4. Exposición.
- 1.5.5. Definición de dosis absorbida.

### 2. Atenuación

#### 2.1. Coeficientes de interacción

- 2.1.1. Coeficientes de atenuación,
- 2.1.2. Coeficientes de transferencia de energía
- 2.1.3. Coeficientes de absorción de energía

#### 2.2. Camino libre medio

#### 2.3. Atenuación

- 2.3.1. Atenuación exponencial simple.
- 2.3.2. Atenuación exponencial para modos múltiples de absorción.
- 2.3.3. Haces mono energéticas y poli energéticas.
- 2.3.4. Atenuación de haces angostos y anchos.
- 2.3.5. Efectos espectrales en atenuación.

#### 2.4. Factor de build up.

#### 2.5. Teorema de reciprocidad

### 3. Equilibrio de radiación

#### 3.1. Introducción

#### 3.2. Equilibrio de radiación.

#### 3.3. Equilibrio de partículas cargadas (CPE)

- 3.3.1. CPE para una fuente radiactiva distribuida
- 3.3.2. El CPE para las radiaciones indirectamente ionizantes de fuentes externa
- 3.3.3. CPE en la medición de la exposición
- 3.3.4. Relación de dosis absorbida con la exposición de rayos fotones

#### 3.4. Causas de la falla de CPE

- 3.4.1. Proximidad a una fuente
- 3.4.2. Proximidad a una inhomogeneidad del medio
- 3.4.3. Radiación de alta energía
- 3.5. **Equilibrio transitorio de partículas cargadas (TCPE).**

#### 4. **Interacción de Fotones con la Materia**

- 4.1. **Mecanismos de Interacción**
- 4.2. **Sección eficaz**
  - 4.2.1. Sección eficaz total
  - 4.2.2. Sección eficaz diferencial
- 4.3. **Efecto Compton**
  - 4.3.1. La dispersión Thomson
  - 4.3.2. Sección Eficaz Klein-Nishina
  - 4.3.3. Sección eficaz de transferencia de Energía para el efecto Compton
- 3.4 **Efecto Fotoeléctrico**
  - 3.4.1. Cinemática del efecto fotoeléctrico
  - 3.4.2. Sección eficaz de interacción para el efecto fotoeléctrico
  - 3.4.3. Sección eficaz para la energía transferida en el efecto fotoeléctrico.
  - 3.4.4. Efectos Consecuentes al Efecto Foto eléctrico: El efecto Auger y Fluorescencia de Rayos-X.
  - 3.4.5. Energía media transferida a partículas cargadas por evento foto eléctrico.
- 4.4. **Producción de Pares**
  - 4.4.1. Producción de pares en el campo de fuerza de Coulomb nuclear
  - 4.4.2. Producción de pares en el campo de un electrón
  - 4.4.3. Coeficiente de transferencia de energía en formación de pares
- 4.5. **Dispersión Coherente e Interacciones Foto Nucleares**
- 4.6. **Coeficiente totales para la atenuación**
  - 4.6.1. Coeficiente másico de transferencia de energía
  - 4.6.2. Coeficiente de absorción de másico de energía
  - 4.6.3. Coeficiente de compuestos mixtos

#### 5. **Interacción de Partículas Cargadas con la materia**

- 5.1. **Tipos de interacciones**
  - 5.1.1. Colisiones blandas (Soft)  $b > a$
  - 5.1.2. Colisiones fuerte (Knock-On)  $b \approx a$
  - 5.1.3. Colisiones con el campo nuclear externo  $b \ll a$
  - 5.1.4. Interacciones nucleares con partículas pesadas
- 5.2. **Poder de frenado (stopping power).**
  - 5.2.1. Deducción del término de interacción general
  - 5.2.2. El término de colisión blanda
  - 5.2.3. El termino de colisión dura para partículas pesadas
  - 5.2.4. Dependencias: del medio de frenado, de la velocidad de la partícula, de la carga eléctrica, de la masa.
  - 5.2.5. Consideraciones Relativistas
  - 5.2.6. Correcciones de Capa
- 5.3. **Stopping power de colisión másico para electrones y positrones**
  - 5.3.1. Corrección de Polarización o Efecto Densidad
  - 5.3.2. Stopping power radiativo (bremsstrahlung) másico
  - 5.3.3. Producción de radiación
  - 5.3.4. Stopping power en compuestos
  - 5.3.5. Stopping power restringido (LED)
- 5.4. **Alcance**
  - 5.4.1. Definición
  - 5.4.2. Alcance CSDA
  - 5.4.3. Alcance Proyectado
  - 5.4.4. Desorden y dispersión múltiple
  - 5.4.5. Alcance de electrones.

#### 6. **Absorción de un haz de partículas cargadas**

- 6.1. **Dosis en láminas delgadas**
  - 6.1.1. El caso más simple
  - 6.1.2. Estimación de la energía perdida de los rayos- $\delta$
  - 6.1.3. Estimación del trazo de prolongación debido a la dispersión
- 6.2. **Dosis media en láminas gruesas**
  - 6.2.1. Dosis debido a partículas pesadas
  - 6.2.2. Dosis debido a electrones
  - 6.2.3. Dosis media de máximo rango proyectado
  - 6.2.4. Retrodispersión de electrones.
- 6.3. **Dosis vs profundidad en haces de partículas cargadas**
  - 6.3.1. La curva de Bragg
- 6.4. **Dosis versus profundidad para haces de electrones**

#### 6.5. Dosis absorbida en medios radioactivos

- 6.5.1. Procesos de desintegración radioactiva en condiciones de equilibrio de radiación y particularmente en condiciones de equilibrio de partículas cargadas en medios radioactivos.
- 6.5.2. Estimación de las dosis absorbidas.

#### 7. Teoría de Cavidades

- 7.1. Teoría de Bragg-Gray (BG)
- 7.2. Corolario de la relación BG
  - 7.2.1. Primer corolario de BG
  - 7.2.2. Segundo corolario de BG
- 7.3. Derivación de Spencer's de la Teoría BG
- 7.4. Teoría de Burlin
- 7.5. Mediciones de dosis (Protocolos)

### VII LABORATORIOS

Laboratorio 1: Conocimiento empírico y caracterización de fuentes radiación: fuentes radioactivas, tubo de rayos-X, Acelerador lineal de electrones, etc. (visitas a centros), Obtención de un espectro de radiación X y mediciones de un campo de radiación, dosis en aire y en agua (**2ª semana**).

Laboratorio 2: Experimentos de atenuación, en haz ancho y estrecho con laminas de distinto espesor y distinto material, determinación de los coeficientes de atenuación a una dada energía y material, (**4ª semana**).

Laboratorio 3: Analizar condiciones experimentales para lograr CPE y RE y condiciones en donde se rompe el CPE. (**7ª semana**).

Laboratorio 4: Experimentos con Efecto Compton, efecto fotoeléctrico con rayos-X, midiendo las longitudes de onda mínimas ( Duane Hunt) y las líneas K de emisión fluorescentes (**9ª semana**).

Laboratorio 5: Detección de partículas cargadas y mediciones de alcance. (**12ª semana**).

Laboratorio 6: Mediciones dosis con diferentes cámaras de ionización en haces de fotones (**16ª semana**).

### VIII BIBLIOGRAFÍA

#### Básica

1. Attix, F., *Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*, John Wiley and Sons, New York, New York, USA, 1986
2. Johns, H. and J. Cunningham, *The Physics of Radiology*, fourth edition, Charles C. Thomas, Springfield, Illinois, USA, 1983
3. Khan Faiz *The Physics of Radiation Therapy*, Lippincott Williams & Wilking, Third Edition 2005.
4. Turner J.E. *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*, Third Edition. 2007

#### Complementaria

5. Podgorsak E. B. *Radiation Oncology Physics* IAEA, Viena. 2005.
6. Attix, F., W. Roesch and E. Tochilin, (editors), *Radiation Dosimetry, Vols. I, II and III*, Academic Press, New York, New York, USA, 1986
7. Hendee William R. *Radiation Therapy Physics*, Wiley Liss, Third Edition 2005
8. Knoll, G. F., *Radiation Detection and Measurement*, third edition, John Wiley and Sons, New York, New York, USA, 2000
9. Leo, W. R., *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1987
10. Varier, K. Muraleedhara, *Nuclear radiation detection, measurements and analysis*, 2009
11. Mayles, Philip, *Handbook of radiotherapy physics: Theory and practice*. 2007
12. Johns, Harold, *Cunningham John, The physics of radiology*. 1983
13. Cottingham, W.N., Greenwood, D.A., *An introduction to Nuclear Physics*. 2001
14. Heyde, K., *Basic ideas and concepts in nuclear physics*. 2004
15. Kleinknecht, Konrad, *Detectors for particle radiation*. 1998
16. Bromberg, C., Das, A. Ferbel, T., *Introduction to nuclear and particle physics*. 2006
17. Barbosa, A., Marechal, B. Polycarpo, E., *Scientific instrumentation for physics research*. 2007
18. Beiser, A., *Concepto de física moderna*, 1973
19. Stacy, R.W., Williams, D.T., Wordem, R.E., McMorris, R.O., *Principios de biofísica y de física médica*
20. Remizov, A.N, *Física médica y biológica*. 1991
21. Philip, Nelson, *Física biológica: Energía, información, vida*. 2005

22. Avery, The quantum theory of atoms molecules and photons. 1972