



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**  
**DIRECCIÓN ACADÉMICA DE POSTGRADO**

Programa de la Asignatura

**I.- IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA**

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Nombre de la Asignatura</b>       | : FÍSICA DE LA RADIOTERAPIA                           |
| <b>Código</b>                        | : MFM 150   |
| <b>Programa (Doc. Mg. Esp)</b>       | : Magister en Física Médica                           |
| <b>Horas, Módulos</b>                | : Cuatro por semana por 16 semanas (equivalentes)     |
| <b>Calidad</b>                       | : Obligatoria   |
| <b>Tipo de formación</b>             | : Especializada                                       |
| <b>Carácter (Teor., Práct., T/P)</b> | : Teórico- Práctico                                   |
| <b>Régimen</b>                       | : Anual, Presencial                                   |
| <b>Académicos participantes</b>      | : Mauricio Santibañez, Mauro Valente y José Velásquez |

**II.- DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA**

La asignatura Física de la Radioterapia es una asignatura teórica-práctica 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 la radioterapia que les permitan comprender de un modo teórico práctico las diferentes equipos de generación de radiación ionizante, la utilización clínica de haces de fotones y electrones, y la planificación de tratamiento y controles de calidad en radioterapia.

**III.- OBJETIVOS**

Los objetivos fundamentales del curso pueden resumirse como:

- (1) Poner en contacto al estudiante con los equipamientos utilizados en radioterapia y entender los principios físicos de su funcionamiento, diseño básico, criterios de control de calidad, calibración de equipos, uso de simuladores computacionales y fantomas.
- (2) Introducir al estudiante al manejo de los haces de fotones, cálculo de distribución de dosis y planificación de tratamiento correspondiente.
- (3) Introducir al estudiante al manejo de haces de electrones, cálculo de distribución de dosis y planificación de tratamiento correspondiente.
- (4) Conocer los diferentes modos de cálculo de dosis usados en radioterapia.

**IV.- RECURSOS METODOLÓGICOS**

Clases expositivas donde se presentarán los conceptos principales y fundamentales de la física en la radioterapia. Además los alumnos tendrán clases y actividades prácticas en un centro clínico en donde se le mostrara y participaran de modo práctico en algunas experiencias asociados a instrumentación clínica, calibración, dosis en profundidad, planificación de un tratamiento etc. Los alumnos deben realizar un trabajo individual de búsqueda de información, lectura de artículos, libros internet, etc, para exponer de un modo oral un tema relacionado a Radioterapia. Se considera además la entrega de material de apoyo como guía de las clases teóricas y la profundización de los diversos temas a través de las experiencias prácticas.

## V.- EVALUACION

Las evaluaciones serán divididas en 3 etapas distintas del curso, la primera etapa corresponderá a los fundamentos y conceptos físicos, en donde la evaluación consistirá en un informe y una prueba escrita, que ponderaran un 33% de la nota del curso. La segunda etapa corresponderá a las actividades clínicas prácticas, que serán evaluadas por medio de una evaluación oral de los conceptos estudiados y una evaluación experimental, que ponderaran un 34% de la nota del curso. La tercera etapa corresponderá a los fundamentos específicos del estudio de haces en radioterapia, que serán evaluados por medio de una evaluación escrita que ponderara un 33% del curso. Todas a las actividades son obligatorias.

## VI.- CONTENIDOS

### **1. Fundamentos teóricos de unidades de rayos X de ortovoltaje**

- 1.1 Modelo básico de emisión de un filamento
- 1.2 Ley de Richardson Dushman y corriente de evaporación
- 1.3 Emitancia del filamento en función de la corriente suministrada
- 1.4 Potencial de Child Langmuir y corriente de saturación
- 1.5 Eficiencia de producción de Bremsstrahlung
- 1.6 Emisión Fluorescente característica
- 1.7 Ley de Kramer para el espectro de rayos X
- 1.8 Aspectos de construcción y geometría de un tubo de rayos X
- 1.9 Efecto de corrección "Spot Focal"
- 1.10 Efecto "Heel" en tubos de reflexión

### **2. Fundamentos teóricos de unidades de megavoltajes de rayos X y electrones**

- 2.1 Generadores de Van der Graff
- 2.2 Fuentes de isótopos artificiales
- 2.3 Fundamentos físicos del Microtron
- 2.4 Fundamentos físicos del Ciclotron
- 2.5 Fundamentos físicos de un LINAC
- 2.6 Descripción física del Magnetron y del Klystron
- 2.7 Descripción física de la guía de ondas
- 2.8 Colimadores y filtros y focalizadores

### **3. Introducción a la Instrumentación y conceptos básicos en campos clínicos**

- 3.1. Principios y fundamentos de cámaras de ionización y electrómetros
- 3.2. Funcionamiento, manipulación y usos prácticos de fantasmas e Instrumental de apoyo
- 3.3. Conceptos generales de cálculos dosimétricos.
- 3.4. Descripción general de parámetros para el cálculo de la dosis.

### **4. Protocolos y ejecución de códigos de control de calidad clínico (Módulo clínico-experimental)**

- 4.1 Análisis del protocolo código AIEA-1151
- 4.2 Análisis del protocolo código TRS-398
- 4.3 Análisis del protocolo código TRS-277
- 4.4 Protocolos complementarios: AAPM y Doc 1
- 4.5 Controles diarios, mensuales y anuales
- 4.6 Controles de imágenes, mecánicos, seguridad y dosimétricos
- 4.7 Determinación de dosis absorbida en agua según TRS 398 para dosimetría relativa
- 4.8 Determinación de dosis absorbida en agua según TRS 398 para dosimetría Absoluta

### **5. Métodos, modelos y fundamentos de planificación clínica (Módulo clínico-experimental)**

- 5.1 Modelo Pencil Beam
- 5.2 Modelo Convolution
- 5.3 Modelo Clarkson
- 5.4 Modelo Superposition

- 5.5 Utilización de simuladores clínicos TPS comerciales y open source
- 5.6 Marcación de volúmenes y puntos de interés
- 5.7 Punto ICRU
- 5.8 Compresión de pesos de los haces, accesorios (cuñas, bolus)
- 5.9 Unidades de monitoreo y tiempos de tratamiento para terapia externa
- 5.10 Histogramas Dosis Volumen

## **6. Fundamentos de Haces de fotones para radioterapia, parte I:**

- 6.1. Distribución de dosis y análisis de dispersión de fotones.
- 6.2. Fantomas, distribución de dosis en profundidad, porcentaje de dosis en profundidad (% DD, Percentage Depth Dose).
- 6.3. Dependencia de la calidad del haz con la profundidad.
- 6.4. Formación de la dosis inicial.
- 6.5. Efecto del tamaño y la forma del campo. Dependencia de la distancia fuente superficie (SSD, Source-Surface Distance).
- 6.6. Razón tejido-aire (TAR, Tissue-Air Ratio), efecto de la distancia, variación con la energía, profundidad y tamaño del campo.
- 6.7. Factor retrodispersor (BSF, Backscatter Factor). Relación entre el TAR y el %DD. Conversión del %DD de una SSD a otra, según el método TAR.
- 6.8. Cálculo de dosis en terapia rotacional. Razón aire-dispersor (SAR, Scatter-Air Ratio).

## **7. Fundamentos de Haces de fotones para radioterapia, parte II:**

- 7.1. Factor de corrección por dispersión del colimador (Sc). Factor de corrección por dispersión del fantoma (Sp) .
- 7.2. Razón tejido-fantoma (TPR, Tissue-Phantom Ratio) y razón tejido-máximo (TMR, Tissue-Maximum Ratio).
- 7.3. Propiedades del TMR. Razón dispersor-máximo (SMR, Scatter-Maximum Ratio).
- 7.4. Aplicaciones prácticas. Cálculos para el acelerador. Técnica SSD. Técnica isocéntrica.  
Cálculos para  $^{60}\text{Co}$ .
- 7.5. Campos con geometría irregular.
- 7.6. Variación de la SSD dentro del campo.
- 7.7. Uso de herramientas computacionales y programas.
- 7.8. Otros métodos prácticos para calcular la distribución de dosis en profundidad.  
Punto fuera del eje. Punto fuera del campo.
- 7.9. Punto bajo el bloque. Obtención de (Sp).
- 7.10. Obtención del TMR. Obtención del SMR.

## **8. Terapia con haces de electrones:**

- 8.1. Interacciones de los electrones, pérdidas por colisión, pérdidas por radiación, Dosis absorbida.
- 8.2. Dispersión de electrones, especificación y medida de la energía, energía más probable, energía media.
- 8.3. Energía y profundidad, determinación de la dosis absorbida.
- 8.4. Calibración del haz, cámara de ionización, fantoma. Profundidad de referencia y tamaño del campo.
- 8.5. Voltaje de la cámara, efectos de polaridad de la cámara.
- 8.6. Corrección por perturbación o reposición, Corrección por desplazamiento.
- 8.7. Cálculo de dosis absorbida, método de  $C_e$ , método  $N_{g,s}$ .
- 8.8. Distribución de dosis en profundidad.
- 8.9. Características de los haces clínicos de electrones.
  - 8.9.1. Curvas de dosis en profundidad sobre el eje central.
  - 8.9.2. Curvas de isodosis.
  - 8.9.3. Aplanamiento y simetría del campo.
  - 8.9.4. Colimación del haz.
  - 8.9.5. Dependencia del tamaño del campo, SFD (Source-to-FilmDistance) efectiva.

8.9.6. Contaminación con rayos-X

8.10. Planificación del tratamiento.

8.10.1. Selección de la energía y tamaño del campo.

8.10.2. Correcciones: oblicuidad del haz y por brechas de aire. Inhomogeneidades del tejido, hueso, pulmón otras. Uso de bolus y absorbentes.

## VII.- BIBLIOGRAFIA

1. Wiedemann, H., Particle Accelerator Physics, Volume I: Basic Principles and Linear Beam Dynamics, Volume II: Nonlinear and Higher Order Beam Dynamics. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1993.
2. Khan, F., The Physics of Radiation Therapy, Williams and Wilkins, 1984.
3. Theory and applications of electron tubes, Herbert J Reich, 1944.
4. Lawson, J. D., The Physics of Charged-Particle Beams, Oxford University Press, Oxford, UK, 1978.
5. Leo, W. R., Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1987.
6. Miller, R. B., An Introduction to the Physics of Intense Charged Particle Beams, Plenum Press, New York, New York, U.S.A., 1982.
7. AAPM, Report no. 13, Physical Aspects of Quality Assurance in Radiation Therapy, American Institute of Physics, New York, New York, USA, 1984.
8. AAPM, Report no. 19, Neutron Measurements Around High Energy X-Ray Radiotherapy Machines, American Institute of Physics, New York, New York, USA, 1987.
9. AAPM, Report no. 23, Total Skin Electron Therapy Technique and Dosimetry, American Institute of Physics, New York, New York, USA, 1988.
10. AAPM Task Group 21, A Protocol for the Determination of Absorbed Dose from High Energy Photon and Electron Beams, Medical Physics **10** no. 6 (1983) 741-771.
11. Akhiezer, A. I. and N. F. Shul'ga, High-Energy Electrodynamics in Matter, Gordon and Breach Publishers, Luxembourg, 1996.
12. Artsimovich, L. A. and S. Y. Lukyanov, Motion of Charged Particles in Electric and Magnetic Fields, MIR Publishers, Moscow, Rusia, 1980.
13. Atlas of Radiation Dose Distributions, Volumes I, II, III, IV and V, different years, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
14. Attix, F., W. Roesch and E. Tochilin, (editors), Radiation Dosimetry, Vols. I, II and III, Academic Press, New York, New York, USA, 1986.
15. Attix, F., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, John Wiley and Sons, New York, New York, USA, 1986.
16. Avendaño Cervantes, G. E., Fundamentos técnicos de la radiología y tomografía computarizada, Editorial Diana, México, 1993.
17. Bentel, G. C., Radiation Therapy Planning, second edition, McGraw-Hill, New York, New York, USA, 1992.
18. Berquest, T., R. Ehmen and G. May, Pocket Atlas or MRI Body Anatomy, Raven Press, New York, New York, USA, 1987.
19. Cember, H., Introduction to Health Physics, second edition, Pergamon Press, London, UK, 1983.
20. Chilton, A., J. K. Shultis, R. E. Faw, Principles of Radiation Shielding, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1984.
21. DeVita, V., S. Hellman and S. Rosenberg, Cancer: Principles and Practice of Oncology, volumes I and II, second edition, J. B. Lippincott, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 1985.
22. Dobbs, J., A. Barret and D. Ash, Practical Radiotherapy Planning, Arnold, London, UK, 1999.
23. Farago, P. S., Free-Electron Physics, Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, UK, 1970.
24. Gibbons, J. P. (Editor), Monitor Unit Calculations for External Photon and Electron Beams, Advanced Medical publishing, Madison, Wisconsin, USA, 2000.

25. Gilbert, H. and A. Kagan, Modern Radiation Oncology: Classic Literature and Current Management, Harper and Row, New York, New York, 1978.
26. Greene, D. and P. C. Williams, Linear Accelerators for Radiation Therapy, Institute of Physics, Bristol, UK, 1997.
27. Greening, J., Fundamentals of Radiation Dosimetry, Adam Hilger, Boston, Massachusetts, USA, 1981.
28. Hendee, W., E. Chaney and R. Rossi, Radiological Physics Equipment and Quality Control, Year Book Medical publishers, Chicago, Illinois, USA, 1977.
29. Horton, J. Handbook of Radiation Therapy Physics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1987.
30. IAEA Report no. 277, Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice, IAEA, Vienna, Austria, 1987.
31. Johns, H. E., J. R. Cunningham, The Physics of Radiology, fourth edition, Charles Thomas, Springfield, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 1983.
32. Klevenhagen, S. C., Physics and Dosimetry of Therapy Electron Beams, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, USA, 1993.
33. Knoll, G. F., Radiation Detection and Measurement, third edition, John Wiley and Sons, New York, New York, USA, 2000.
34. Metcalfe, P., T. Kron and P. Hoban, The Physics of Radiotherapy, X-rays from Linear Accelerators, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, USA, 1997.
35. Podgorsak E. B. Radiation Oncology Physics IAEA, Viena 2005
36. Shahabi, S. (Editor), Blackburn's Introduction to Clinical Radiation Therapy Physics, Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, USA, 1989.
37. Webb, S., The Physics of Three-Dimensional Radiation Therapy, Conformal Radiotherapy, Radiosurgery and Treatment Planning, Institute of Physics, Bristol, UK, 1993.