



CURSO DE DOSIMETRÍA EN RADIOTERAPIA

PROGRAMA 2025

Unidad 1: REPASO DE CONCEPTOS MATEMATICOS

Propiedades . Interpretación de la recta numérica . Operaciones posibles en cada caso. Polinomios . Clasificación . Valor numérico . Operaciones con polinomios. Factorización . Operaciones con expresiones algebraicas racionales . Operaciones con radicales. Conjuntos . Definición por comprensión y extensión . Conjuntos numéricos . Representaciones gráficas . Conjuntos especiales . Inclusión . Potencia de un conjunto . Operaciones con conjuntos. Producto cartesiano. Relaciones. Alcance y rango . Dominio e imagen . Propiedades . Relaciones de equivalencia . Función . Dominio e imagen . Representaciones gráficas . Función polinómica . Funciones de primer y segundo grado de una variable . Representación gráfica . Ecuaciones e inecuaciones . Resolución de ecuaciones e inecuaciones de primer grado . Sistemas lineales con dos y tres incógnitas . Ecuaciones de segundo grado . Sistemas mixtos . Relación analítica y gráfica. Funciones trigonométricas . Definiciones . Representación gráfica . Relaciones fundamentales . Reducción al primer cuadrante . Funciones trigonométricas de la suma y diferencia de dos ángulos; del ángulo doble y del ángulo de la mitad . Resolución de ecuaciones trigonométricas .

Unidad 2: UNIDADES FISICAS

Metodología de la Física . Fenómenos . Observación . Hipótesis . Experimentación . Medición . Leyes y teorías . Definición operacional de una magnitud física . Magnitudes Números naturales . Números enteros . Números Racionales . Números Reales . escalares y vectoriales . Relaciones entre magnitudes físicas . Representaciones gráficas . Errores experimentales . Error de apreciación . Error absoluto, relativo y porcentual. Expresión del resultado de una medición física. Cinemática . Sistemas de referencia . Definición de vector posición, vector desplazamiento, trayectoria . Movimiento rectilíneo uniforme . Velocidad . Gráficas horarias . Movimiento rectilíneo uniformemente variado . Velocidad media e instantánea . Aceleración . Caída libre . Tiro vertical . Movimiento circular uniforme . Velocidad angular y tangencial . Aceleración normal y angular . Tiro oblicuo. Dinámica . Principios de inercia, de masa y de acción y reacción . Ley de gravitación universal . Interacción gravitacional . Relación entre peso, masa y aceleración de la gravedad . Interacción elástica . Fuerza de rozamiento . Impulso y cantidad de movimiento . Trabajo mecánico . Potencia . Energía mecánica . Energía potencial y cinética . Fuerzas conservativas y disipativas . Principio de conservación de la energía mecánica . Sistema de unidades . SIMELA.

Unidad 3: CONCEPTOS BÁSICOS DE FÍSICA ATÓMICA

Estructura de la materia. El átomo. Radiación electromagnética. Radiactividad. Constante de Decaimiento. Actividad. Unidades. Vida media. Período de semidesintegración. Desintegración alfa. Desintegración beta y su espectro. Emisión gamma. Decaimiento por positrones y captura electrónica. Conversión interna. Radiación natural y fuentes radiactivas artificiales. Radiación directa e indirectamente ionizante.

Unidad 4: INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA

Ionización. Descripción de haces de fotones. Atenuación de haces de fotones. Coeficiente de atenuación lineal. Coeficiente de atenuación másico. Energía transferida y energía absorbida. Interacción de los fotones con la materia. Efecto fotoeléctrico. Efecto Compton. Dispersión coherente e incoherente. Dependencia del efecto Compton con la energía y el número atómico. Producción de pares. Importancia relativa de los diferentes tipos de interacciones. Interacción de partículas pesadas cargadas con la materia. Interacción de electrones con la materia. Rango de electrones y bremsstrahlung. Espectro de energía de electrones en un medio. Poder de frenado medio y restringido. Transferencia lineal de energía.

Magnitudes de aplicación en protección radiológica y sus unidades: dosis absorbida, dosis equivalente y dosis efectiva. Magnitudes operacionales: dosis equivalente personal y dosis equivalente ambiental.

Unidad 5: DOSIMETRÍA

Dosimetría de pacientes:

Concepto físico de Kerma y Dosis. Relación entre kerma, exposición y dosis absorbida. Constante específica gamma. Determinación de la tasa de dosis y tasa de exposición de fuentes puntuales gamma. Resolución de problemas con y sin blindajes interpuesto. Determinación de la dosis acumulada para fuentes puntuales. Teoría de la cavidad de Bragg-Gray. Equilibrio electrónico. Medición de la dosis absorbida por dosímetros termoluminiscentes (TLD) y dosimetría por película: consideraciones generales.

Dosimetría Ocupacional:

Dosis equivalente personal. Dosis equivalente ambiental. Dosimetría de la contaminación interna. Período Físico y Biológico. Sistema de cálculo en dosimetría interna ocupacional. Límite anual de incorporación para trabajadores y público.

Unidad 6: INSTRUMENTACIÓN PARA DOSIMETRÍA

Instrumentación con fines de Calibración del haz y Protección Radiológica del Paciente:

Medición de la radiación ionizante. Exposición. Cámara de ionización de aire libre. Cámara de pared: características deseadas de una cámara. Electrómetros. Cámaras plano-paralelas. Diodos semiconductores. Cámara de pozo para braquiterapia. Eficiencia de colección. Saturación. Condiciones ambientales. Medición de exposición.

Dosimetría filmica radiográfica y radiocrómica. Equipamiento de dosimetría *in vivo*. Sistemas automáticos de barrido de haces. Equipamiento dosimétrico para control de calidad. Equipos dosimétricos para IMRT y radiocirugía.

Instrumentación con fines de Protección Radiológica:

Medición de la tasa de dosis absorbida, tasa de dosis equivalente personal y tasa de dosis equivalente ambiental. Cámaras de ionización. Contadores proporcionales. Tubos Geiger-Müller. Detectores de centelleo sólido y centelleo líquido. Detectores termoluminiscentes (TLD), de película y OSL.

Detectores para la medición de la contaminación superficial.

Sistemas de determinación de la incorporación de radionucleidos.

Unidad 7: PRODUCCIÓN DE RAYOS X Y PROPIEDADES DE EQUIPOS DE RAYOS X

El tubo de rayos X. Ánodo. Cátodo. Circuito básico de RX. Física de la producción de RX. Radiación de frenado. RX característicos. Espectro de energía de los RX. Características operativas de los equipos de RX. Calidad de los haces de RX. Capa Hemirreductora. Filtros. Voltaje pico. Factores que influyen en la calidad del haz de radiación. Unidades de kilovoltaje: terapia superficial y ortovoltaje o terapia en profundidad. Terapia de megavoltaje. Acelerador lineal.

Unidad 8: CALIBRACIÓN DE UN EQUIPO DE UN ACELERADOR LINEAL

Calibración dosimétrica de un Acelerador Lineal en condiciones de referencia y en fantoma de agua según protocolo Colección de Informes Técnicos Nro. TRS 398 del OIEA.

Controles dosimétricos rutinarios.

Intercomparaciones dosimétricas entre centros y verificaciones postales de dosis mediante TLD. con el Centro Regional de Referencia de Dosis (CRRD). Dosimetría *in vivo*.

Unidad 09: DOSIMETRÍA DE FUENTES LINEALES

Descripción y uso de fuentes selladas utilizadas en braquiterapia. Constante de tasa de exposición. Especificación de la actividad de las fuentes: tasa de exposición y kerma en aire a una distancia determinada. Distribución de dosis en fuentes lineales.

Cálculo de dosis de fuentes lineales (tubos, agujas y alambres): aplicadores vaginales, intrauterinos, moldes e implantes planares. Terapia intersticial e intracavitaria. Sistema de Paterson-Parker y Sistema de París.

Alta Tasa de Dosis (HDR):

Garantía de Calidad en la Planificación y administración del Tratamiento en Braquiterapia

Garantía de calidad de las fuentes y de equipos, calibración de las fuentes.

Descripción de equipos de HDR y su aplicación clínica. Aplicadores. Nociones sobre su funcionamiento y planificación de tratamientos.

Unidad 10: TERAPIA ESTÁTICA

Definición de volumen blanco, volumen de tratamiento y volumen irradiado.

Concepto físico y definición de las funciones de radioterapia: PDD, TAR, PSF, TMR, TPR, OF.

Variación de las mismas con el tamaño de campo, DFS, energía y profundidad.

Uso de compensadores de tejido. Filtros en cuña. Factor de transmisión de cuña. Efecto en la calidad del haz. Resolución de problemas.

Concepto de dosis. Curvas de isodosis; modificación de las mismas por presencia de cuña, bloques e inhomogeneidad.

Planificación de tratamientos en terapia estática para equipos de RX, de cobaltoterapia y acelerador lineal con fotones. Contaminación electrónica en haces de fotones.

Planificación de tratamientos para campos opuestos y paralelos y campos oblicuos. Dosis en piel.

Dosimetría relativa en órganos críticos. Cálculo de técnicas isocéntrica y a DFS extendida.

Fraccionamiento de dosis. Concepto de TDF. Modelo Lineal Cuadrático.

Radioterapia de intensidad modulada (IMRT) con haces de fotones de alta energía: dispensa con banco de hojas múltiples y con filtros compensadores. Cálculo de los tratamientos radiantes mediante el uso de planificadores computarizados. Algoritmos de radioterapia inversa. Nociones y generalidades de SBRT y SRS.

Unidad 11: EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Nociones sobre anatomía, histología y fisiología humana. Clasificación de tumores: caracterización histológica y morfológica. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Efecto de las radiaciones ionizantes sobre el ADN. Reparación del ADN. Muerte celular por radiación. Radiobiología. Curvas de supervivencia celular. Modelo Lineal Cuadrático. Teoría de fraccionamiento. EBR, efecto de tasa de dosis y efecto oxígeno. Radiosensibilidad de distintos tipos de células. Complicaciones clínicas más frecuentes en los tratamientos.

Efectos a nivel del organismo. Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes: efectos determinísticos: irradiación a todo el cuerpo y localizada. Síndrome agudo de radiación, efectos determinísticos tardíos. Efectos estocásticos somáticos. Mecanismo de oncogénesis. Curvas de probabilidad de efecto vs dosis para alta TLE y baja TLE. Estudios epidemiológicos. Efectos estocásticos hereditarios. Efectos de la irradiación prenatal. Irradiación y embarazo.

Dosimetría Biológica. Conceptos indicadores y Dosímetros biológicos: biofísicos, bioquímicos, citogenéticos. La Dosimetría Biológica en distintos escenarios de sobreexposición y evaluación: individual y a gran escala, a todo el cuerpo y localizada, inmediata y retrospectiva.

Unidad 12: DOSIMETRÍA DE ELECTRONES

Espectro energético de electrones. Rango práctico. Energía media, máxima y más probable, energía en profundidad. Distribución de dosis en profundidad. Curva de isodosis para electrones. Colimación del haz de electrones. Planificación de tratamientos con electrones.

Características del uso clínico de haces de electrones. Problemas de campos adyacentes.

Determinación de la dosis absorbida según protocolo Colección de Informes Técnicos Nro. 398 del OIEA. Cámara de ionización y fantoma.

Unidad 13: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

a) Fundamentos de la Protección Radiológica

El Sistema Internacional de Protección Radiológica. Principios de la PR: Justificación de la Práctica, optimización de la protección y límites individuales de Dosis y riesgo.

Restricciones de dosis y niveles de referencia.

Tipos de exposición: exposición ocupacional, exposición del público, exposición médica.

Protección Radiológica operativa: distancia, tiempo y blindaje.

Cálculo de blindajes en instalaciones de braquiterapia y de teleterapia. Carga de trabajo y su consecuencia sobre la protección radiológica. Implicancias de las nuevas tecnologías en los cálculos de blindaje (IMRT).

Protección Radiológica Ocupacional

Áreas de trabajo: supervisadas y controladas. Señalización, control de accesos.

Vigilancia radiológica individual y de área.

Capacitación del personal en la instalación. Registros.

b) Exposiciones Médicas

Tipos de personas sometidas a exposiciones médicas: pacientes sometidos a prácticas diagnósticas o terapéuticas, personas involucradas en el cuidado de pacientes con material radiactivo, voluntarios en programas de investigación biomédicas.

Dosis colectivas involucradas en exposiciones médicas.

Protección Radiológica de paciente en las Aplicaciones Médicas.

Componentes del Sistema de Radioprotección aplicable a las exposiciones médicas en prácticas diagnósticas y terapéuticas, justificación y optimización en medicina. Responsabilidades.

Normas de diseño de equipos para terapia con fuentes selladas y aceleradores lineales de electrones.

Procedimientos de seguridad radiológica en la operación de instalaciones de braquiterapia y teleterapia. Códigos de práctica. Calibración de equipos de tratamiento. Dosimetría del paciente.

Garantía de Calidad en la Exposición Médica. Restricciones de dosis en investigación biomédicas.

Protección radiológica de la paciente embarazada. Alta de pacientes con implantes permanentes.

Cultura de la Seguridad en las aplicaciones médicas.

Accidentes radiológicos con fuentes médicas.

Análisis de casos. Lecciones aprendidas. Emergencias radiológicas. Manejo de personas irradiadas.

Prevención de Accidentes en radioterapia. Concepto de Matriz de Riesgo.

Unidad 14: GESTIÓN DE RESIDUOS Y TRANSPORTE DE MATERIALES RADIATIVOS

Definición y clasificación general de residuos radiactivos. Prácticas que los generan. Gestión de residuos radiactivos. Residuos de alta, media y baja. Concepto de exención. Gestión de residuos generados en la práctica médica diagnóstica y terapéutica.

Reglamento del transporte seguro de material radiactivo. Embalajes. Índice de transporte. Señalización para el transporte de material radiactivo. Norma AR 10.16.1.

Unidad 15: MARCO REGULATORIO

Normas internacionales y nacionales de protección radiológica para la operación de equipos de teleterapia y braquiterapia. Normas argentinas para el uso de radioisótopos y equipos de irradiación en aplicaciones médicas.

Sistema de regulación nacional: Autoridad Regulatoria Nuclear. Funciones, alcances. Normas Regulatorias.

Norma Básica de Seguridad Radiológica AR 10.1.1.

Requisitos para obtener permisos individuales para el ejercicio de prácticas médicas utilizando radiaciones ionizantes para médicos (Norma AR 8.11.1: Permisos individuales para el empleo de material radiactivo o radiaciones ionizantes en seres humanos y AR 8.11.2: Requisitos mínimos de formación clínica activa para la obtención de permisos individuales con fines médicos) y para Físicos y Técnicos en Física de la Radioterapia: AR 8.11.3: Permisos individuales para especialistas y técnicos en física de la radioterapia).

Requisitos para licenciar instalaciones médicas que utilicen radiaciones ionizantes: Normas AR 8.2.1: Uso de fuentes selladas en braquiterapia, AR 8.2.2: Operación de aceleradores lineales de uso médico, AR 8.2.3: Operación de instalaciones de Cobaltoterapia.

Responsabilidades del titular de la licencia y del responsable por la seguridad radiológica. Normativa actualizada. Instrucciones para solicitar permisos individuales, poniéndose énfasis en la comunicación de inicio de prácticas y características que debe reunir el preceptor.

Sistema de Gestión para la Seguridad en las Instalaciones y Prácticas en Radioterapia. (Norma AR 10.6.1)

Cultura de la Seguridad. Mejorando la Cultura de la Seguridad en las Aplicaciones Médicas: Documento Conjunto WHO-IAEA-IOMP-IRPA (2024)

Bibliografía de referencia:

a) Conceptos básicos/dosimetría/dosimetría externa/blindajes/detectores

- F. H. Attix. 1986. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. John Wiley and Sons.
- Faiz M. Khan. 1994. The Physics of Radiation Therapy. Second Edition. Williams & Wilkins.
- H. E. Johns and J. R. Cunningham. 1983. The Physics of Radiology. Fourth edition. Charles C. Thomas.
- E.B. Podgorsak Technical Editor. International Atomic Energy Agency, 2005. RADIATION ONCOLOGY PHYSICS: A HANDBOOK FOR TEACHERS AND STUDENTS.
- ICRU Report 60: Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation.
- ICRU Report 57: Conversion Coefficients for use in Radiological Protection Against External Radiation.
- ICRP 107: Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations.
- Knoll, Glenn. Radiation Detection and measurement. Wiley, 1999.

b) Efectos Biológicos

- UNSCEAR 2001 “Hereditary Effects of Radiation”.
- UNSCEAR 2006 “Effects of ionizing radiation”. Vol. I Annex A.
- Epidemiological studies of radiation and cancer. . Vol. II Annex C: Non-targeted and delayed effects of exposure of ionizing radiation.
- UNSCEAR 2008: “Sources and effects of ionizing radiation”. Vol II Annex D- Health effects due to radiation from the Chernobyl accident.
- ICRP Publicación 103- The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection.
- IAEA “Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students”. TRAINING COURSE SERIES TCS-42-2010.

c) Protección Radiológica

- ICRP Publicación 103- The 2007 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection., 2007.
- ICRP Publicación 105:Radiological Protection in Medicine , 2007.
- ICRP Publicación 90 :Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus), 2003.
- ICRP Publicación 84 :Pregnancy and medical radiation, 2000.
- OIEA Colección Normas de Seguridad N° RS-G-1.1. Protección radiológica ocupacional. Guía de Seguridad , 1999.
- OIEA Colección Normas de Seguridad N° RS-G-1.3. Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes externas de radiación. Guía de Seguridad, 1999.
- NCRP report 151: Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X and Gamma –ray Radiotherapy Facilities, 2005.
- NCRP report 144: Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities.
- NCRP report 70: Neutron Contamination for Medical Electron Accelerator . Rev.2005.
- OIEA Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.2: Evaluación de la Exposición Ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos . Guía de seguridad , 1999.
- OIEA- Guía de Seguridad N° 115.
- IAEA General Safety Requirements Part 3 , INTERIM EDITION Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, 2011.

d) Accidentes

- ICRP Publicación 112 “ Preventing Accidental Exposures from New External Beam Radiation Therapy Technologies”.
- ICRP Publicación 97 “Prevention of High-dose-rate Brachytherapy Accidents”.
- ICRP Publicación 88: “ Prevention of Accidental Exposures to patient undergoing Radiation Therapy”.
- ICRP Publicación 98 “Radiation Safety Aspects of Brachytherapy for Prostate Cancer using Permanently Implanted Sources.
- IAEA TECDOC Series N° 1583: “Commissioning of Radiotherapy Treatment Planning Systems: Testing for Typical External Beam Treatment Techniques.
- Aspectos Físicos de la Garantía de Calidad en Radioterapia, Protocolo de Control de Calidad OIEA, Viena , 2000. IAEA TECDOC-1151.

e) Transporte y Gestión de Residuos

- Norma AR 10.16.1- Revisión 1: “Transporte Seguro de Materiales Radiactivos.
- Reglamento para el transporte Seguro de Materiales Radiactivos. Requisitos. Colección Normas de Seguridad N° TS-R-1 del OIEA. Edición de 1996 (Revisada).
- Norma AR 10.12.1- Revisión 2: Gestión de Residuos Radiactivos.

-

f) Normativa:

- Autoridad Regulatoria Nuclear, Normas Básicas de Seguridad Radiológica AR 10.1.1 Revisión 3, Buenos Aires, ARN, 2001.
- Autoridad Regulatoria Nuclear, \$Operación de Instalaciones de Telecobaltoterapia. Norma AR 8.2.3, Revisión 3., Buenos Aires, ARN, 2002.
- Autoridad Regulatoria Nuclear, Operación de Aceleradores Lineales de Uso Médico, Norma AR 8.2.2 Revisión 1, Buenos Aires, ARN 2002.
- Autoridad Regulatoria Nuclear, “Uso de Fuentes selladas en Braquiterapia., Norma AR 8.2.1 , Revisión 0, Buenos Aires, ARN, 1995.
- Permisos individuales para el empleo de material radiactivo o radiaciones ionizantes en seres humanos. Norma AR 8.11.1. Revisión 2, Buenos Aires, ARN, 2006.
- Requisitos mínimos de formación clínica para la obtención de permisos individuales con fines médicos. Norma AR 8.11.2 Revisión 0, Buenos Aires, ARN, 2002.
- Permisos individuales para Especialistas y Técnicos en Física de la Radioterapia. Norma AR 8.11.3. Revisión 0. Buenos Aires, ARN, 2006.
- Gestión de residuos radiactivos-Norma AR 10.12.1-Rev.3. Buenos Aires ARN
- Transporte de material radiactivo-Norma AR 10.16.1-Rev.3 Buenos Aires ARN
- Sistema de Gestión para la Seguridad en las Instalaciones y Prácticas en Radioterapia. Norma AR 10.6.1- Rev.0
- Norma de seguridad física de fuentes selladas-AR 10-13.2.Rev.0.Buenos Aires-ARN

