



NACIONAL



RESOLUCION 55/2008
AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR (A.R.N.)

Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. Reconocimiento de la carrera de Física Médica como formación teórica suficiente para postulantes a permisos individuales para especialistas físicos en radioterapia.
del 21/05/2008; Boletín Oficial 06/06/2008

VISTO la Ley Nacional de Actividad Nuclear N°24.804, su Decreto Reglamentario N°1390/98, la Norma AR 8.11.3 "Permisos Individuales para Especialistas y Técnicos en Física de la Radioterapia", la Resolución del Directorio N°4/03, el Expediente N°95/07 del Registro Central, lo actuado por la GERENCIA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA, FISICA Y SALVAGUARDIAS - SUBGERENCIA CONTROL DE INSTALACIONES CLASE II Y III, y

CONSIDERANDO:

Que mediante la Resolución citada en el VISTO, se aceptó a los fines de reconocer el título de especialistas en física de la radioterapia, las carreras de grado o postgrado en cuyos programas se hallen incluidos como mínimo, los contenidos del programa del Instituto de Tecnología Nuclear Dan Beninson - CNEA UNSAM, ex Instituto de Estudios Nucleares (IDEN).

Que la Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Exactas ha solicitado el reconocimiento de la carrera de Física Médica, que contempla los contenidos mínimos requeridos por esta ARN para tal fin.

Que la GERENCIA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA, FISICA Y SALVAGUARDIAS - SUBGERENCIA CONTROL DE INSTALACIONES RADIATIVAS CLASE II Y III ha recomendado al CONSEJO ASESOR EN APLICACIONES DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES IONIZANTES (CAAR), el reconocimiento de la carrera de Física Médica presentada por la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata.

Que respecto de la misma el CAAR ha realizado la evaluación de los contenidos correspondientes, recomendando en su Acta N°756 el reconocimiento de la carrera de Física Médica de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de La Plata, como formación teórica suficiente para que sus egresados inicien las prácticas requeridas para la obtención de un permiso individual para especialista físico en radioterapia.

Que la SUBGERENCIA DE ASUNTOS JURIDICOS ha tomado la intervención que le compete.

Que el Directorio de la AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR es competente para el dictado del presente acto conforme lo establece el Artículo 22, inciso e) de la Ley N°24.804.

Por ello, en su reunión del día 13 de mayo de 2008 (Acta N°6).

EL DIRECTORIO
DE LA AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR
RESOLVIO:

Artículo 1° - Reconocer la carrera de Física Médica de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata como formación teórica suficiente para postulantes a

permisos individuales para especialistas físicos en radioterapia.

Art. 2° - Establecer que la GERENCIA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA, FISICA Y SALVAGUARDIAS evaluará periódicamente el plan de estudios y el programa de las materias específicas cuyo contenido y carga horaria están indicados en el Anexo de la presente Resolución y establecerá de ser necesaria, las modificaciones pertinentes.

Art. 3° - Establecer que la vigencia del reconocimiento de la Carrera de Física Médica estará sujeta al cumplimiento por parte de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNIVERSIDAD DE LA PLATA de los siguientes requisitos:

- Obtener el acuerdo de la AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR ante cualquier cambio de las condiciones que sirvieron de base para otorgar el conocimiento de la misma.
- Informar la nómina de alumnos que aprobaron el curso.

Art. 4° - Comuníquese a la SECRETARIA GENERAL, al CONSEJO ASESOR EN APLICACIONES DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES IONIZANTES (CAAR) y a la GERENCIA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA, FISICA Y SALVAGUARDIAS a sus efectos, dése a la DIRECCION NACIONAL DEL REGISTRO OFICIAL para su publicación en el BOLETIN OFICIAL de la REPUBLICA ARGENTINA, publíquese en el Boletín de este Organismo y archívese en el REGISTRO CENTRAL.

Francisco Spano.

ANEXO A LA RESOLUCION N°55/08 EL NUCLEO Y SUS RADIACIONES

Repaso

Dispersión de partículas, Relatividad, Rayos X.

Módulo I

A. Radiaciones nucleares

Modelos atómicos. Isótopos, isótonos, isóbaros, isómeros. Tabla de isótopos. Partículas de la Física Nuclear y de la Física de Altas energías. Estabilidad nuclear. Modelos nucleares. Núcleos inestables: ley de desintegración radiactiva. Unidades de actividad. Actividad específica. Uso de las radiaciones en Medicina. Factor de decaimiento, curva universal. Fluctuaciones en el decaimiento radioactivo. Emisiones nucleares: emisión α , β^+ , β^- , captura electrónica, radiación de aniquilación, radiación gamma y conversión interna, radiación X y electrones Auger, neutrones y fragmentos de fisión. Esquemas de desintegración. Datación con ^{14}C . Radioactividad natural: series e isótopos. Filiación. Equilibrio ideal, transiente y secular. Producción de radioisótopos por irradiación. Los radionucleídos de la Medicina Nuclear. Energética de las desintegraciones radiactivas.

B. Propiedades nucleares

Radio nuclear. Energía de ligadura. Impulso angular y momento dipolar magnético. Momento cuadrupolar eléctrico. Paridad. Estadística.

Módulo II

Interacción de las radiaciones nucleares con la materia

Sección eficaz. Camino medio libre. Pérdida de energía de partículas cargadas pesadas por colisiones atómicas: teorías de Bohr y de Bethe-Bloch. Poder frenador y poder frenador másico. Rango. Straggling de energía. Pérdida de energía de electrones y positrones. Pérdida por colisión y por radiación. Energía crítica. Longitud de radiación. Rango. Absorción de electrones β . Straggling de energía. Dispersión elástica con los núcleos. La interacción de fotones. Efecto fotoeléctrico. Dispersión Compton. Producción de pares. Dispersión de Rayleigh y de Thomson. Reacciones fotonucleares. Camino medio libre. Coeficientes de atenuación y absorción lineales y másicos. Efectos que siguen a las interacciones de fotones. La interacción de neutrones. Moderación de los neutrones.

Módulo III

La detección de la radiación

Características generales de los detectores: sensibilidad, respuesta, resolución en energía, eficiencia, tiempo de respuesta y tiempo muerto. Medida del tiempo muerto por el método de las dos fuentes. Detectores de ionización gaseosos. Fenómenos de ionización,

recombinación y transporte. Detectores de centelleo: características. Luminiscencia. Respuesta rápida y lenta. Centelladores orgánicos. Cristales inorgánicos: fluorescencia y fosforescencia. Altura de pulso a la salida del fotomultiplicador: absorción de la energía incidente, conversión luminiscente, transmisión luminosa y emisión fotoelectrónica y secundaria. Dependencia de la luminiscencia con la temperatura. Discriminación de la forma del pulso. Eficiencia para las distintas radiaciones. Detectores semiconductores: propiedades básicas. Semiconductores intrínsecos. Concentración de portadores, movilidad, recombinación y atrapamiento. Semiconductores dopados. Características de detección de los semiconductores tipo "p" y "n". Detectores de germanio intrínseco: espectroscopía gamma. Condiciones de operación.

Módulo IV

Dosimetría y protección radiológica. Efectos de la radiación

Terminología de la dosimetría. Unidades. Dosis de exposición y velocidad de dosis de exposición. Dosis absorbida. Relación dosis de exposición, dosis absorbida y actividad de la muestra. Transferencia de energía lineal (LET). Factor de peso de la radiación. Efectividad biológica relativa (RBE). Factor de calidad de la radiación. Dosis equivalente y dosis equivalente efectiva, colectiva y comprometida. Fuentes de radiación naturales y artificiales. Las problemáticas del radón y de la energía nucleoelectrónica. Dosis típicas de fuentes comunes en el medio ambiente. Dosis altas y de bajo nivel. Efectos tardíos. Dosis permisible máxima (DPM). Dosis aceptables en Radioterapia. Blindajes. Seguridad para la radiación en el Laboratorio. Elementos de Radiobiología. Teoría del target. Respuesta y cura en tejidos.

Módulo V

Un repaso desde la óptica del uso médico de las radiaciones

Clasificación de las radiaciones. Radiaciones ionizantes en Medicina. Producción de vacancias. Interacción de electrones: relación entre poder frenador y dosis, eficiencia de bremsstrahlung, poder frenador y LET, poder frenador másico restringido, poder dispersor másico. Interacción de fotones: half-value layer y tenth-value layer. Energía transferida y energía absorbida.

Módulo VI

A. Principios dosimétricos, cantidades y unidades

Poder frenador restringido. HVL y TVL. Coeficientes de transferencia y absorción. Rendimiento de bremsstrahlung. Efectos que siguen a la interacción de fotones. Fluencia de fotones y de energía. Kerma, cema y dosis absorbida. Dosis acumulada. Caso de radionucleídos de vida media corta. Constante específica de radiación gamma. Poder frenador. Relaciones entre las cantidades dosimétricas. Equilibrio electrónico. Teoría de la cavidad de Gragg-Gray y de Spencer-Attix.

B. Instrumentos de medida de la radiación. Cantidades operacionales para el monitoreo de las radiaciones. Medidores de peritaje: cámaras de ionización, contadores proporcionales, detectores de neutrones, contadores Geiger Müller, detectores de centelleo y semiconductores. Calibración de monitores. Propiedades de los monitores. Monitores individuales: calibración y propiedades.

B. Dosímetros de radiación

Propiedades generales. Cámaras de ionización plana y cilíndrica. Dosimetría de films y luminiscente. Patrones primarios.

FISICA DE LA MEDICINA NUCLEAR

1. Introducción

1.1. El problema de la imagen en Medicina Nuclear.

1.2. Funcionamiento de un Servicio de Medicina Nuclear

1.3. El problema de las fuentes abiertas

2. Activímetros

2.1. Tipo de activímetros.

2.2. Diagrama de funcionamiento. Rendimiento.

2.3. Fondo. Exactitud. Precisión. Linealidad.

2.4. Generadores ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

3. Cámara Gamma
 - 3.1. Diagrama de bloque.
 - 3.2. Colimadores. Parámetros característicos y criterios de diseño.
 - 3.3. Cristal detector. Características.
 - 3.4. Proceso de obtención de la imagen (Principio Auger). Asociación Cámara Gamma-Computadora.
 - 3.5. Espectros de energía.
 - 3.6. Densidad de información. Relación señal/mido.
 - 3.7. Imágenes estáticas, dinámicas y sincronizadas con señal de ECG.
 - 3.8. Parámetros de adquisición y procesamiento de la imagen. Filtros de alisamiento
 - 3.9. Resolución espacial, energética y temporal.
 - 3.10. Contraste de lesiones frías y calientes
4. SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)
 - 4.1. Diagrama de bloque. Gantry.
 - 4.2. Nuevos desarrollos tecnológicos en SPECT.
 - 4.3. Algoritmos de reconstrucción tomográfica.
 - 4.4. Filtros. Parámetros característicos. Frecuencia de Nyquist. Relación con las características de la imagen.
 - 4.5. Parámetros de adquisición y procesamiento. Relaciones de interdependencia.
 - 4.6. Relación señal/ruido.
 - 4.7. Algoritmos de corrección de atenuación.
 - 4.8. Estudios sincronizados con señal de ECG.
5. PET (Tomografía por Emisión de Positrones)
 - 5.1. Isótopos emisores de positrones de interés en Medicina Nuclear
 - 5.2. Principio de detección del PET. Principio de Generación de la imagen
 - 5.3. Esquema funcional.
 - 5.4. Parámetros característicos
 - 5.5. Fuentes de transmisión. Corrección del fenómeno de la atenuación
 - 5.6. Ciclotrón. Generadores.
 - 5.7. Sistemas híbridos o PET no dedicado.
6. Control de Calidad
 - 6.1. Concepto de control de calidad. Protocolos NEMA. TEC-DOC (IAEA)
 - 6.2. Parámetros característicos de una Cámara Gamma, SPECT y PET. Determinación y Frecuencias
 - 6.3. Fuentes y Fantomas
7. Radioterapia Metabólica
 - 7.1. Radionucleídos para Radioterapia metabólica. Controles de calidad. Farmacodinamia y farmacocinética. Radiofármacos metabolizables.
 - 7.2. Cálculos de dosis. Dosis efectiva. Modelos biocinéticos. Modelos para radiofármacos buscadores de hueso.

FISICA DE LA RADIOTERAPIA

Repaso de conceptos básicos: estructura atómica, interacción de la radiación con la materia. Efectos biológicos.

Dosimetría, magnitudes y unidades: Kerma, dosis absorbida, stopping power, relaciones entre cantidades dosimétricas. Teoría de la cavidad. Bragg Gray y Spencer Attix. Stopping power ratios.

Dosímetros para radioterapia: Características, propiedades. Dosímetros en base a cámara de ionización: cámaras cilíndricas, cámaras plano paralelas, cámaras para Braquiterapia. Film dosímetros, dosímetros termoluminiscentes, películas radiocrómicas, dosímetros semiconductores, nuevos tipos de detectores. Patrones primarios. Trazabilidad.

Equipos para radioterapia externa: Equipos y unidades de rayos X. Equipos y unidades de rayos gamma. Aceleradores de partículas, aceleradores lineales, generadores de protones e iones pesados. Simuladores. Normativa internacional relevante para el diseño (Normas ISO e IEC)

Dosimetría básica en radioterapia externa con fotones: aspectos físicos y dosimétricos.

Rendimiento. Parámetros energéticos. Dosis de entrada, región de build-up, profundidad de máxima dosis, dosis de salida, equilibrio electrónico, influencia del tamaño de campo, Sc y Sp. Dosis en profundidad. PDD. TAR. SAR. TMR. SMR. Off axis factor. Planicidad y simetría. Curvas de isodosis. Compensación por inhomogeneidad, incidencia oblicua y missing tissue. Método de Clarkson. Mediciones relativas. Equipos y métodos. Corrección por apertura y cierre en máquinas de telecobaltoterapia.

Dosimetría clínica en radioterapia externa con fotones: definición de volúmenes. ICRU 50. Especificación y normalización de dosis. Adquisición de datos de paciente. Simulación real y virtual. Curvas de isodosis. Cuñas, bolus y compensadores.

Corrección por inhomogeneidades. Combinaciones de haces. Evaluación del plan de tratamiento: histogramas dosis volumen, estadísticas. Reconstrucciones multiplanares, BEV, criterios de evaluación. Comparación de protocolos.

Aspectos físicos y clínicos en la radioterapia con electrones: Curvas de rendimiento, interacción de los electrones con el medio, ley de inversa de cuadrado, build-up. PDD. Incidencia oblicua. Rango terapéutico. Especificación de la energía en haces de electrones. Consideraciones clínicas. Campos irregulares y corrección por inhomogeneidades. Planificación de tratamientos con electrones. cámaras de ionización, maniqués, calibración de dosímetros y evaluación de factores de influencia. Especificación de la calidad del haz. Protocolos de calibración (IAEA 398, etc.). Errores e incertidumbres, clasificación de incertidumbres, incertidumbres en la cadena de calibración.

Aceptación y puesta en servicio: equipamiento necesario. Especificaciones técnicas para la adquisición de equipos. Pruebas de aceptación: concepto, ensayos mecánicos, de seguridad y dosimétricos. Pruebas de puesta en servicio en generadores de fotones y electrones.

Sistemas computarizados de planificación de tratamientos en radioterapia externa: Algoritmos de cálculo, procesos involucrados, hardware. Métodos de adquisición de datos de máquina y modelado del haz. Adquisición de datos de paciente. Puesta en servicio y aseguramiento de la calidad.

Aseguramiento de la calidad en radioterapia de haces externos: Terminología. Accidentes en radioterapia. Requerimientos de exactitud en radioterapia. Sistemas de QA. Programas de calidad aplicables a los equipos. Publicación IAEA TRS 1151: Aspectos físicos de la garantía de calidad en radioterapia. Programa de QA en la administración del tratamiento. Controles periódicos, planillas de pacientes, imágenes portales, dosimetría in vivo. Registro y verificación. Auditorías de Calidad. Mantenimiento preventivo y correctivo.

Aspectos físicos y clínicos de la Braquiterapia: Características y especificaciones de las fuentes. Modalidades: Braquiterapia ginecológica, intersticial, sistemas de carga diferida remota, implantes permanentes, aplicadores oculares, Braquiterapia endovascular. Especificación de dosis: ICRU 38; ICRU 58. AAPM-TG 43. Métodos de cálculo. Puesta en servicio de sistemas computados de planificación para Braquiterapia. Aceptación y puesta en servicio de fuentes: ensayos y calibración. Programa de calidad.

Procedimientos y técnicas especiales: Irradiación estereotáctica, Irradiación corporal total (TBI), irradiación total de piel con electrones (Total Skin Electron Irradiation - TSEI), radioterapia intra operatoria (IORT), radioterapia conformada, intensidad modulada (IMRT), radioterapia guiada por imágenes (IGRT), técnicas experimentales.

FISICA DE LA SALUD: Protección Radiológica y Radiofísica Sanitaria

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes: efectos estocásticos y deterministas. Modelos de proyección del riesgo. Síndrome Agudo de Irradiación (SAR). Efectos deterministas por exposición localizada. Estudios epidemiológicos. Efectos de irradiación prenatal.

Magnitudes y unidades radiológicas. Magnitudes básicas: dosis absorbida, dosis absorbida media en un órgano, dosis equivalentes en un órgano, dosis efectiva, dosis efectiva comprometida. Irradiación y contaminación. Factores de ponderación de la radiación w_R , factor de ponderación de la sensibilidad de los diferentes órganos w_T , factor dosimétrico $h(g)$. Magnitudes operacionales: dosis equivalente individual, dosis equivalente ambiental, dosis equivalente superficial. Modelos de incorporación; relación entre magnitudes básicas y operacionales.

Filosofía de la radioprotección: concepto de detrimento, Justificación Optimización y Limitación de dosis individuales. Exposiciones potenciales e intervenciones. Restricciones de dosis. Exposición médica, ocupacional y de miembros del público. Caso especial de trabajadoras embarazadas. Radioprotección para fuentes abiertas. Programa de protección radiológica y sistema de calidad en radioterapia.

Instituciones internacionales: recomendaciones, normas y regulaciones. ICRP; International Basic Safety Standards. Ley Nuclear. Ley de Rayos X. Recomendaciones del ICRP. Normas Autoridad Regulatoria Nuclear. Autorizaciones y habilitación en radioterapia, medicina nuclear y rayos X.

Equipos y generadores de fuentes de radiación: equipamiento médico para diagnóstico y tratamiento. Equipos de rayos X: radiografía, radioscopia, tomografía computada; intervencionismo. Equipos de medicina nuclear: cámara gamma, SPECT, PET. Equipos de telecobaltoterapia y aceleradores lineales de electrones. Principio de funcionamiento. Equipos y fuentes para Braquiterapia. Fuentes abiertas, selladas y sólidas no dispersables. Seguridad de fuentes y equipos. Normas y ensayos aplicables. Protocolos de calibración en aire y agua.

Dosimetría de fuentes de radiación. Cálculo de dosis por irradiación con fuentes radiactivas. Cálculo por exposición con equipos de rayos X. Dosis al paciente y dosis del operador. Dosis de referencia en el paciente (BSS 115).

Blindaje: cálculos básicos para rayos X rayos Gamma y neutrones, curvas de transmisión, diseño de instalaciones. Capa hemi reductora y deci reductora. Ejemplos de cálculo para radiología y radioterapia; recintos de irradiación, salas de internación, depósitos de fuentes, contenedores para almacenamiento de fuente. Normas de diseño.

Medición y detección de la radiación: detectores gaseosos, centelladores, semiconductores, termoluminiscentes, film monitores. Usos y características; calibración. Monitores portátiles e instrumentos para vigilancia ocupacional. Calibración de equipos, detectores y dosímetros. Estrategias de mantenimiento de los equipos.

Criterios operacionales de radioprotección: clasificación de áreas: áreas controladas y supervisadas. Procedimientos operativos; delimitación y señalización; defensa en profundidad, cultura de la seguridad. Sistemas y procedimientos para prevención de la contaminación: cajas de guantes, filtros, campanas, protección personal. Monitoraje de áreas potencialmente contaminadas. Límites derivados y secundarios. Tecnología de los blindajes: blindajes estructurales y móviles; pantallas, ladrillos, etc. Criterios operacionales específicos para radioterapia, medicina nuclear y radiología. Almacenamiento del material y de residuos radioactivos. Técnicas de descontaminación. Gestión de residuos. Transporte de material radiactivo. Contabilidad e inventario de fuentes.

Exposiciones médicas. Grupos expuestos y aplicabilidad de los principios de Justificación, Optimización y Limitación de las dosis individuales. Restricciones de dosis para acompañantes, visitantes o cuidadores de pacientes. Altas de pacientes. Niveles orientativos o de referencia.

Criterios de protección del paciente en radiodiagnóstico y radioterapia.

Accidentes radiológicos. Descripción de accidentes en radioterapia, medicina nuclear y radiología intervencionista. Criterios de prevención, detección e intervención aplicables.

Radiaciones no ionizantes: Efectos biológicos, Ondas electromagnéticas, UV, VIS, IR. Laser. Ondas ultrasónicas. Ondas de choque. Aplicaciones en medicina.

LABORATORIO EN FISICA DE LA RADIACION

Esta asignatura es el complemento de la formación teórica desarrollada en la asignatura FISICA DE LA RADIOTERAPIA.

Los trabajos prácticos tendrán lugar en Servicios de Radioterapia que posean los distintos equipos de Radioterapia Externa e Interna, así como equipamiento dosimétrico, planificadores, simuladores, etc. Para ello se hará provecho del apoyo que por Convenios establecidos a tal fin brindan algunos Centros de Salud existentes en las ciudades de La Plata y Buenos Aires. Los temas a desarrollar son: operación de los equipos existentes, diseño y confección de protecciones, conformadores de haces, calibración de haces de fotones y electrones, aceptación y puesta en servicio de equipamiento, pruebas de

aceptación, sistemas computarizados de planificación de tratamientos, adquisición de datos, calidad. En todas las actividades propuestas se procurará la adaptación del Físico Médico a su interacción con médicos y pacientes.

LISTA DE TRABAJOS PRACTICOS

1. Calibración de haces de fotones (Cobalto)
2. Calibración de haces de Rayos X de alta energía
3. Calibración de haces de Rayos X de baja energía (equipos de ortovoltaje, terapia superficial).
4. Calibración de haces de electrones.
5. Comisionamiento y control de calidad de equipos de terapia externa.
6. Comisionamiento y control de calidad de simuladores de tratamiento.
7. Planificación computada: algoritmos; uso clínico.
8. Planificación computada: evaluación y comisionamiento.
9. Práctica clínica en simulación de tratamientos.
10. Práctica clínica en braquiterapia de baja tasa de dosis.
11. Práctica clínica en braquiterapia de alta tasa de dosis.
12. Comisionamiento y control de calidad equipos de braquiterapia de alta tasa de dosis.

LABORATORIO EN MEDICINA NUCLEAR

Objetivos y contenidos

1. Proveer experiencia clínica y práctica en medicina nuclear a través de sesiones de laboratorio en un servicio de medicina nuclear donde se apliquen estas técnicas físicas.
2. Familiarizar al estudiante con la calibración de varios tipos de equipos de uso corriente en terapia y diagnóstico de medicina nuclear.

Trabajos Prácticos

A.- Cámara Gamma

En todos los casos que sea posible las determinaciones se efectuarán como parámetros extrínsecos e intrínsecos.

Trabajo Práctico N°1:

Uniformidad Planar. Dependencia con la energía del isótopo y los colimadores. Influencia sobre la calidad de la imagen. Formas de evaluación de la uniformidad planar.

Trabajo Práctico N°2:

Resolución Espacial Planar. Dependencia de la energía del isótopo, los colimadores y dependencia con el medio dispersor y la distancia fuente - detector.

Trabajo Práctico N°3:

Resolución en Energía. Dependencia del isótopo y la calidad del cristal.

Trabajo Práctico N°4:

Resolución Temporal. Determinación del Máximo Número de Cuentas.

Trabajo Práctico N°5:

Contraste. Formas de evaluación. Dependencia del número de cuentas, del tamaño de matriz, del medio dispersor y de la ventana de energía.

B.- SPECT

Trabajo Práctico N°6

Determinación de la uniformidad tomográfica. Dependencia con la uniformidad planar.

Trabajo Práctico N°7

Determinación del centro de rotación. Influencia de sus desajustes sobre la calidad de las imágenes. Determinación automática y manual.

Trabajo Práctico N°8

Para el caso de SPECT con dos cabezales, determinación de los parámetros característicos de cada cabezal y evaluación de la influencia de las diferencias entre ambos.

Trabajo Práctico N°9

Determinación de los parámetros característicos del sistema como cámara gamma y comprobación de la influencia de dichos parámetros sobre la calidad de las imágenes.

Trabajo Práctico N°10

Determinación de la variación de los parámetros con la rotación del/los cabezales. En particular se analizará la variación de la uniformidad planar para diferentes ángulos del

cabezal.

Trabajo Práctico N°11

Determinación de la performance del sistema. Mediante la adquisición de imágenes de un fantoma tomográfico, evaluación de la uniformidad tomográfica, y contraste tomográfico.

C.- PET

Trabajo Práctico N°12

Determinación de la fracción de radiación dispersa.

Trabajo Práctico N°13

Determinación del pico NEC (Noise equivalent count).

Trabajo Práctico N°14

Determinación de la uniformidad tomográfica, resolución espacial.

Trabajo Práctico N°15

Determinación del contraste de lesiones frías y calientes.

Trabajo Práctico N°16

Determinación del SUV (Standard Uptake Value).

RADIOBIOLOGIA Y DOSIMETRIA

I.- Introducción

Datos históricos sobre el descubrimiento de la radiactividad, y evolución de la radiobiología. Interacción de las radiaciones ionizantes con la materia viva. Conceptos básicos de los efectos sobre la salud humana de las radiaciones ionizantes.

II.- Magnitudes y unidades radiológicas

Dosis absorbida, transferencia lineal de energía, eficacia biológica relativa (RBE), factores de calidad y dosis equivalente.

III.- Elementos de Biología Molecular y Celular

Estructura del ADN. Mecanismos genéticos básicos: transcripción, traducción, replicación. Regulación de la expresión genética. Mecanismos de muerte celular: muerte mitótica, apoptosis y necrosis. Telómeros y senescencia celular.

IV.- Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

Secuencia entre absorción de energía y consecuencias biológicas. Efectos deterministas y estocásticos. Efectos de las radiaciones ionizantes sobre el tejido normal. Organización tisular, respuesta de los tejidos flexibles y jerarquizados. Concepto de dosis umbral, de tolerancia y DL50. Síndrome agudo de radiación, síndrome cutáneo radioinducido. Carcinogénesis radioinducida. Efectos en células de la línea germinal. Defectos congénitos.

V.- Efectos celulares de las radiaciones ionizantes.

Respuesta celular a las radiaciones ionizantes. Radiosensibilidad. Sus modificadores químicos: radioprotectores, radiosensibilizadores (implicancias en radioterapia). Factores que modifican la respuesta celular: efecto oxígeno, concepto de OER.

Relación dosis-efecto. Curvas de supervivencia celular. Modelo LQ. Valores de a y de b.

Efectos consecuentes a exposiciones a dosis bajas: Efecto "bystander". Respuesta Radioadaptativa.

VI.- Efectos genéticos de las radiaciones ionizantes

Efectos sobre la molécula de agua. Efecto directo e indirecto y tipos de daño producidos sobre la molécula de DNA. Mecanismos de reparación del daño radioinducido: BER, NER, recombinación homóloga y NHEJ. Apoptosis radioinducida. Daño inicial y residual: influencia de la dosis, tasa de dosis y calidad de la radiación. Alteraciones cromosómicas inducidas. Inestabilidad Genómica. Factores genéticos y epigenéticos.

VII. - Genética y cáncer

Bases genéticas del cáncer humano. Oncogenes. Genes supresores de tumores. Genes Mutadores. Alteraciones cromosómicas y cáncer. Radiosensibilidad individual. Patologías humanas asociadas a hipersensibilidad a RI.

VIII.- Dosimetría biológica

Metodologías utilizadas en los estudios de dosimetría biológica: Cromosomas dicéntricos, micronúcleos, Curvas dosis-efecto, estimación de irradiaciones parciales, dosimetría retrospectiva.

IX.- Radiobiología clínica

Radiodiagnóstico, Radioterapia, fraccionamiento de la dosis y técnicas de tratamiento. Tejidos con respuesta temprana y tardía. Importancia de la dosis en el tratamiento.

Elementos de radiobiología específicos aplicables al campo de la radioterapia:

probabilidad de control del tumor, probabilidad de complicación al tejido normal. Cinética de proliferación tumoral. Hipoxia-reoxigenación, redistribución en el ciclo, repoblación. Fraccionamiento y protracción. Efecto volumen, TD50 y TCD50. Dosis isoeffecto. Modelo de Ellis. Dosis biológicamente efectiva. Evaluación de radiosensibilidad tumoral: ensayos clonogénicos y no clonogénicos. Test predictivos de radiosensibilidad de células normales.

PLAN DE ESTUDIOS

Carrera de Grado - Física Médica

Título: Licenciado en Física Médica (5 años de duración)

Ciclo Básico: Primer a tercer año. Ciclo superior: Cuarto y quinto año.

Todas las materias son cuatrimestrales, excepto Biofísica y el Trabajo de Diploma, que son anuales.

Ciclo Básico

Año	Cuatrim	Asignatura	Horas/semana			Correlativas
			Teo	Pra.	Tot.	
1°	1° (30 h/s)	01 Física General I	4	3	7	
		02 Física Experimental I	3	4	7	
		03 Álgebra	4	4	8	
		04 Análisis Matemático I	4	4	8	
	2° (30 h/s)	05 Física General II	4	3	7	01,02,03,04
		06 Física Experimental II	3	4	7	01,02,03,04
		07 Análisis Matemático II	4	4	8	03,04
		08 Química I	4	4	8	03,04
2°	1° (30 h/s)	09 Física General III	3	4	7	05,06
		10 Física Experimental III	3	4	7	05,06
		11 Biología	4	4	8	08
		12 Química II	4	4	8	08
	2° (29 h/s)	13 Electromagnetismo	4	4	8	07,09,10
		14 Computación	3	4	7	07,09
		15 Matemáticas Especiales	4	3	7	07
		16 Química III	4	3	7	11,12
3°	1° (29 h/s)	17 Física Cuántica	4	4	8	13,15
		18 Probabilidades y Estadística	3	3	6	14
		19 Electrónica	3	4	7	09,15
		20 Anatomía e Histología	4	4	8	11
	2° (29 h/s)	21 Física Estadística	4	3	7	13,15,18
		22 Fisiología	4	4	8	20
		23 El núcleo y sus radiaciones	4	3	7	17
		24 Análisis de Señales	4	3	7	15,18

Ciclo Superior

Año	Cuatrim.	Asignatura	Horas/semana			Correlativas
			Teo.	Pra.	Tot.	
4°	1° (29 h/s)	25 Biofísica (anual)	2	1	3	16,21,22
		26 Física de la Salud	4	3	7	23
		27 Radiobiología y Dosimetría	3	3	6	22,23
		28 Física de la Radioterapia	3	2	5	23
		29 Laborat. en Física de la Radiación	2	6	8	23
	2° (28 h/s)	25 Biofísica (anual)	2	1	3	16,21,22
		30 Técnicas en Radioanálisis	2	2	4	16,23
		31 Física de la Medicina Nuclear	3	2	5	26,27
		32 Fundamentos de Láser	2	1	3	17,21
		33 Física de las Imágenes Médicas (a) Medicina Nuclear	3	2	5	22, 24 26,27
34 Laborat. en (b) Imágenes Médicas	2	6	8	22,24		
5°	(26 h/s)	35 Optativa 1	-	-	6	4° año completo
		36 Optativa 2	-	-	6	
		37 TRABAJO DE DIPLOMA (anual)	-	-	20	

Carga horaria semanal y total de las asignaturas

Año	Cuatrim.	Asignatura	Horas/semana			Horas totales	Horas anuales
			Teo.	Pra.	Tot.		
1°	1°	01 Física General I	4	3	7	105	900
		02 Física Experimental I	3	4	7	105	
		03 Álgebra	4	4	8	120	
		04 Análisis Matemático I	4	4	8	120	
	2°	05 Física General II	4	3	7	105	
		06 Física Experimental II	3	4	7	105	
		07 Análisis Matemático II	4	4	8	120	
		08 Química I	4	4	8	120	
2°	1°	09 Física General III	3	4	7	105	885
		10 Física Experimental III	3	4	7	105	
		11 Biología	4	4	8	120	
		12 Química II	4	4	8	120	
	2°	13 Electromagnetismo	4	4	8	120	
		14 Computación	3	4	7	105	
		15 Matemáticas Especiales	4	3	7	105	
		16 Química III	4	3	7	105	
3°	1°	17 Física Cuántica	4	4	8	120	870
		18 Probabilidades y Estadística	3	3	6	90	
		19 Electrónica	3	4	7	105	
		20 Anatomía e Histología	4	4	8	120	
	2°	21 Física Estadística	4	3	7	105	
		22 Fisiología	4	4	8	120	
		23 El núcleo y sus radiaciones	4	3	7	105	
		24 Análisis de Señales	4	3	7	105	
4°	1°	25 Biofísica (<i>anual</i>)	2	1	3	45	855
		26 Física de la Salud	4	3	7	105	
		27 Radiobiología y Dosimetría	3	3	6	90	
		28 Física de la Radioterapia	3	2	5	75	
		29 Lab. en Física de la Radiación	2	6	8	120	
	2°	25 Biofísica (<i>anual</i>)	2	1	3	45	
		30 Técnicas en Radioanálisis	2	2	4	60	
		31 Física de la Medicina Nuclear	3	2	5	75	
		32 Fundamentos de Láser	2	1	3	45	
		33 Física de las Imágenes Médicas	3	2	5	75	
34 Lab. en (a)Medicina Nuclear (b)Imágenes Médicas	2	6	8	120			
5°		35 Optativa 1	-	-	6	90	780
		36 Optativa 2	-	-	6	90	
		37 TRABAJO DE DIPLOMA (<i>anual</i>)	-	-	20	600	